

公告本

申請日期	91-9-4
案 號	91120136
類 別	G06F 17/60

A4
C4

(以上各欄由本局填註)

發明專利說明書 I223761

一、發明 名稱	中 文	依據不確定狀態之評估編排製造計畫之方法與裝置
	英 文	METHOD AND APPARATUS FOR SCHEDULING BASED ON STATE ESTIMATION UNCERTAINTIES
二、發明 創作人	姓 名	1.亞歷山大 J·帕沙丁 ALEXANDER J. PASADYN
	國 籍	美國
	住、居所	1.美國·德州 78745·奧斯汀·蒲公英路 8717 號 8717 Dandelion Trail, Austin, TX 78745, U.S.A.
三、申請人	姓 名 (名稱)	高級微裝置公司 ADVANCED MICRO DEVICES, INC.
	國 籍	美國
	住、居所 (事務所)	美國·加州 94088-3453 桑尼威·第 1AMD 區·M/S 68· 郵政信箱 3453 號 One AMD Place, P.O. Box 3453, Sunnyvale, Mail Stop 68, CA, 94088-3453, U.S.A.
	代 表 人 姓 名	理查·J·諾迪 RICHARD J. RODDY

(由本局填寫)

承辦人代碼：
大類：
I P C 分類：

A6
B6

本案已向：
美 國(地區)申請專利，申請日期： 案號： ，☐有 ☐無主張優先權

2001 年 9 月 13 日 60/318,792 (主張優先權)

2002 年 7 月 31 日 10/210,753 (主張優先權)

有關微生物已寄存於： ，寄存日期： ，寄存號碼：

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁各欄)

裝

訂

線

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

五、發明說明(1)

[發明所屬之技術領域]

本發明大體上係關於半導體元件製造之領域，詳言之，係關於半導體製造系統之狀態評估與編排製造。

[先前技術]

半導體元件製造通常是運用相同的裝備，但是以各種不同之處理狀態來考慮很多不同的產品之製造方式。然而由於製程狀況的特性與原料的高成本，所以於製程作業中非常困難，甚至不可能得到測量主要製程之變數值。生產晶圓是依據一組技術方法(recipes)，以整批處理的方式運用處理工具來生產，該技術方法會指定執行該處理工具需要之參數，例如壓力、溫度與處理時間。測量通常是在處理步驟已經完成以後，才判定該整批處理是否符合其規範。兩次處理對比(run-to-run)控制之方法是利用每一次處理生產過程之後所產生的測量資料，以便為下一次的處理生產過程來決定技術方法裡更好的設定。然而這種測量時常會由許多不同的可能的來源之變化所混淆，使得此等工作更為困難。

半導體元件製造的特點是運用昂貴的裝備、原始材料，於一個整批處理的環境下創造微觀的細微結構(feature)。在這一個環境裡，晶圓的批次是取決於一系列以創造功能部分為首要目的之單元執行作業。於整個執行作業過程裡，極端的處理狀態與用關鍵尺寸建構之細微結構一直重複進行著。這些狀況強調，欲測量在原位置的重要品質變數值是非常困難的(在很多情形下甚至不可能)。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (2)

基本上，是在處理整個批次之後，才會測量需要的變數值。可惜的是，通常不可能回頭重新執行一個作業，以便更正錯誤處理之批次。因此，需要有效的處理控制，來確保每一次的處理生產過程都是依照預先之計劃進行。

半導體製造的兩次處理對比控制方法是一種批次控制，每一個批次可能小到只是一個晶圓，或者是大到數批的晶圓。兩次處理對比控制器的標準輸出是一個處理技術方法。這技術方法會定義“低層級”控制器之設定點，並且將之建立於處理工具中。這種處理方式，使得兩次處理對比控制器可以運用定義處理需要之變數值，例如溫度、壓力、流量與處理時間，以便監督工具控制器。此工具控制器則管理以驅使這些變數能夠維持於必要的所需值。通常，設立之兩次處理對比控制包含有反饋迴路，該反饋迴路會依據處理後測量之批次性質來調整該技術方法的參數值。基本上，兩次處理對比控制器的工作是來保證每一個批次可以達到其線內(inline)目標。線內目標是參考晶圓只有完成某些他們的處理步驟時，所作的測量值。線內目標是設計於製造生產線之結束，產生功能部分時提供指導方針。

兩次處理對比控制器對於分離部分之製造過程具有很多固有的複雜性。不同於其設備輸出可以混合在一起來製造特定產品之連續製程，兩次處理對比控制器的每一產出物部分的品質及性能都必須正確的符合其功能需求。在這要求結果下，則必須運用積極性之控制法則，因為製造

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (3)

之限制不允許控制器於製造過程趨向目標時，產生一系列的非目標性的批次處理。如果系統模式可以作正確的預測，則控制方法就可以相當地積極。這是因為控制器之穩定性有繫於模式之穩定性，以便與實際系統之處理行為相符。一個太過積極而造成表現模式錯誤和其他不確定性的控制器，會實際上呈現較差的性能，並且造成不穩定。這種情況可能發生，因為控制器是依據其產出之改變可能影響製造處理所作的假設，以便作製造處理的決策。就系統之基本物理特性而言，小數量輸入更改變動品質影響通常可以輕易瞭解與預測。另一方面，更大量、更劇烈的更改變動會弄亂生產處理，其引進的動態值，會更快速地超過生產處理所能操控。如果對於生產處理有較佳的瞭解，那麼就可以更快速和更有效率地作更改變動。

可以使用之最積極的控制器，是設備逆轉，或者是非週期性之控制器。這種控制器會嘗試正式拒斥任何測量過之輸入干擾，並且針對每一個批次處理之準確目標來設定控制器的參數。參數可以藉由取代進入到處理模式之需要輸出，並且直接解答用為輸入，而決定其數值。比較謹慎的控制行為，可以藉由強制允許有多麼快速之輸入變數的變更之限制而獲得。

因為對於製造過程很重要的處理進展以及其他變數，可能隨著時間遷移而有變化，一個成功的控制器應該是隨著處理狀態之變動，而可以適當地調整。此種自調之控制器之基礎，為系統辨識技術。系統辨識技術著重於決

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (4)

定一個具有相同輸出-輸入特徵的模式，並且可能是研讀中具有相同特性之模式結構之實際系統。在很多實際的應用中，對於還處於研讀中的處理程序，取得一個正確模式形式幾乎是不可行的。因此，連線(online)系統辨識是時常採用參數評估問題之形式。在這一規劃下，預先決定模式之形式，而模式參數則會依照處理資料而遞迴地更新。當隨著時間評估之模式改變參數時，可以看到改變處理狀態。

於微電子製造過程中，應用統計處理控制(SPC)至處理輸出是一種標準施行方式。SPC也可以應用於自動控制系統下之輸出。這些輸出不只包括處理的控制輸出，而且還包括由控制器所使用之預測方法得到之實際處理的測量誤差。一般而言，運用SPC技術牽涉到設定有關變數之限制，並且對於那些超越偏離這些限制的處理作調查。正如同其名稱，統計處理控制非常偏重於處理相關之處理變數來作為分發資料根據。有些不同的統計則可以監控以確保製造處理保持平穩。這些技術是設計用來指示某一處理是否是在控制中執行，但是當該處理失控時該如何因應則交由工程師來決定。

這些SPC技術可以表現出使自動控制器保持執行於控制限制內處理的能力。當超越了限制時，該處理或者自動控制器二者之一就必須作調整。然而實際處理和干擾隨時在改變著，因此實際上不必就所有相關的處理變數保持不變。更甚者，有很多系統是沒有辦法隨心所欲地經常控

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (5)

制所需之重要的測量。對於這些系統，可能有些測量會是分離而無法辨識的，原因是他們根本沒有測量。本文中，對於處理變數的固定式限制並不是經常有意義的。理想的解決方法是有一個可以偵測到處理的變化，並且負責來自自我調整的自動控制器。這樣的自動控制器在品質輸出的控制限制還尚未違犯之前，就已經調整其處理作業。這一個控制器必須辨識自己使用的模式以防該模式成為失效狀況，故它必須時常處理新的測量資料，以便為重建處理模式保留住機會。

在一個不確定狀況環境下，要成就適當的執行能力，控制系統對於處理之更改必須作反應。自調的控制技術是一類的控制設計，其中控制器會自動調整其模式參數，並且對處理本身所觀察的改變來作調和之工作。這些技術通常是依賴在線上模式參數之估測，以及控制器之設定值也是連續地調整以便符合由測量得來的現用之系統模式。當系統之真實模式很複雜或是高次時，自調控制是很有用的，因為控制法則可以建立於具有可調整參數的較簡單模式。這些控制器是可以由各種設計方法而獲得，包括極位配置技術與二次方程式成本函數之最小化。自調控制技術具有使能達成提前控制之觀念，譬如使用於研讀中系統是非常複雜或是缺乏瞭解時之最佳控制情形。

對於指定之系統具有操控輸入和定量之性能目標，則可使用最佳控制理論來找出最好的一組輸入值。最佳控制問題是用來決定該組之輸入值，使目標函數成為最小化(或

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (6)

者是最大化)，以便滿足系統模式之限制，和任何額外的處理需求。以數學方式表示，可以下列的公式來說明，其中 x 代表處理狀態， u 代表操作的輸入值， t 代表時間， f 則是代表目標函數，並且 g_i 是解答之一系列限制條件。

$$\min_{u} f(x, u, t) \quad (1)$$

$$g_i(x, u, t) \geq 0 \quad (2)$$

對於某些類型之系統而言，這樣的作法能夠良好地解答控制問題。最佳控制的一個優點就是控制目標能夠很清楚地定義。運用解答來評估目標函數提供了控制器之期望的性能定量化測量。當這技術與前述之自調技術配合運用時，即使當系統改變超過了時間，最佳控制亦可以符合控制目標。此最佳控制公式屬於非常通用的，並不只限制於本文說明之簡易系統。限制方程式 g_i 通常包括微分方程式或者是差分方程式，該等方程式管理處理以及加諸於該處理輸入與狀態的操作限制。對於大部分之實際處理，上述問題時常造成一組非線性微分方程式帶有混合之邊界條件。

對於一些簡單的處理模式已導出了最佳解答。此等問題的一個類型是線性(L)模式以及附帶有在模式中高斯(G)雜訊的二次方程式(Q)目標函數，亦稱之為 LQG 問題。對於這些系統，可以推衍出最佳控制器。一般而言，真實系統必須算出其近似值，並且必須使用一個次最佳控制器。這是因為系統的真實模式時常都是未知的，或者是太複雜了，以致於使得最佳控制器無法選擇一個接近型式之解

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (7)

答。一般解法是公式化成為 LQG 問題，並且使用相對之線性控制器。

使用於自調控制之一種方法為次佳之趨近方法，其中該處理模式假定為具有簡單模式形式，但是模式之參數值則為未確定或者是隨時間改變。在這個公式中，用於所選擇的模式形式之最佳控制法則可以用未知模式之參數來推衍出。因此可以用系統辨識技術來決定模式參數值，該模式參數值可以對觀察系統行為作最好的詮釋。

於此情況，控制器擁有一個對於目前操作點之類似值推算得準確的模式。當處理作業前進到其他操作點時，會更新模式參數，致使控制器之功能保持有效率運作。最主要的限制是模式必須符合有關之目前區域的實際處理作業之輸出-輸入行為。那些不是由模式所產生之干擾與動態現象將會影響控制器的穩定性。該控制器必須能夠智慧的反應參數估測之誤差，以及於模式參數中需要變更之於處理作業中之實際改變。自調控制器會於每一次取樣後，遞歸的估測模式參數，然後控制行動將會依照新的估測參數值來作計算。

自調控制方法有很多不同的做法。本文前述的是一種間接做法，其控制行動是依據估測模式參數值計算得來。在直接自調控制方法裡，控制法則其本身的參數(例如獲益(gain))是從測量誤差值來遞歸的計算。最佳自調控制器嚐試利用一個公式來解決雙控制問題，該公式以處理之同時控制與辨識為目標。一個充分提前的控制器能夠提供描

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (8)

述所需處理之特點，並且“探測”處理作業以取得較佳的參數估測。

自調控制器依賴系統辨識技術來銜接所選擇之模式形式與實際模式之間的差距，該實際模式由選擇用於模式形式中之所有的參數之適當值而用於控制。系統辨識技術則分為兩個主要領域(例如離線與連線)，完全取決於辨識資料之取得過程是否為於系統執行時的即時資料。

離線系統辨識設計檢查達成於一個模式時之一組全部的處理輸入與輸出資料。這種設計很有彈性，因為可以試驗各樣不同的模式形式，其優點是可以一次分析所有的處理資料。這樣的系統甚至可以運用例如人工神經網路(ANN)模式，而不必具有規定的結構。離線系統辨識設計的主要限制就是它無法預測未來該模式會如何改變。

連線系統辨識技術則是於研讀中的處理正在執行運作時，進行檢查工作。它們是運用處理測量，並且遞歸的更新一個預定形式的系統模式。估測器會觀察系統，並且於所選擇的模式結構裡調整其模式參數。通常，估測器並沒有一組全部資料可供研讀作業，只能夠抓取已經完成的測量值。然而，連線系統辨識設計有一個明顯超越離線方法的優點。連線方法能夠快速反應處理作業的改變。處理作業的改變是表現誤差於模式參數值。如果處理作業的改變是隨著時間平緩的更改，則連線系統辨識方法可以隨著處理之改變調整其模式，因此預測誤差就會保持很小。

一般指數式加權移動平均(EWMA)過濾技術可以運用

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (9)

於遞歸參數估測。以下一個新的參數估測式是由運用加權式結合依據目前測量之參數估測，以及目前參數估測而得到如下的公式：

$$\tilde{x}_{k+1} = \lambda x_{k+1} + (1 - \lambda) \tilde{x}_k, \quad (3)$$

此處 x 是測量值， $\tilde{x}$ 則是估測。

所選擇的 EWMA 加權參數， λ 會影響估測器的反應是緩慢的(對於緩慢移位處理作業)，或者是快速的(對於經過快速改變的處理作業)。所以對於加權參數不同的選擇會影響於不同環境下使用參數估測之控制器的穩定性。

為能夠使用連線遞歸方式來有效地估測模式參數，則必須要有一些處理作業的特徵。於自動控制方法下來辨識一個處理作業是頗為繁複的，因為控制器的動作會遮蔽住處理作業的基礎行為。通常，處理作業的輸入值必須以獨特地辨識模式參數之方式來變化更改。這種需求稱之為持續性激勵。此時產生一個難題，因為當處理作業在期望之操作點達到平穩狀況時，滿足一個典型控制目標會降低激勵的次數。

自調控制技術可以應用到兩次處理對比控制的批次處理作業。系統模式預測每一個批次的處理行為，以及系統的批次到批次之間如何變化。控制器的責任是對每一個批次選擇最佳之輸入設定值。在實際的製造環境裡，處理狀態持續地改變，所以系統模式必須規律地更新。為達到對每一個批次都有最佳的輸入值，控制器必須藉由調整模式參數以因應隨時改變的處理狀態。利用每一次新的有效

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (10)

資料到達時能解決系統辨識問題，即可以達到此目的。

半導體製造中兩次處理對比批次控制通常因為具有多重產品以及多重處理工具而變得複雜。於半導體製造中時常會發生這些情形，但他們對於在例如聚合物產品的其他批次處理環境中也是一個問題。每一個批次符合其要求規格是很重要的，但是要不斷地在產品與工具之間切換，以便選擇合適之技術方法設定值是很困難的。連線系統辨識與自調控制可以協助，使得這個問題較可操控。當然，控制器之成功是取決於干擾的性質、系統輸入以及控制器本身的設計。

茲考慮一個可以線性化模式之處理作業，作為一個簡單的例子，

$$x=rt. \quad \text{-----}(4)$$

於時間 t 後之反應內容得到為 x ， r 是速率，已知該等數據會隨著變動的處理狀態而波動。其目標是期望的反應程度 x^* 。每一次執行後新的速率 r 估測會依據執行之結果製造出來。在很多應用環境下，可以很快地觀察出不同的產品具有非常明顯不同的反應速率。然而，即使只生產一種產品，速率可能隨著批次之間而飄移不定。這可能是因為反應器之積垢、耗用原料的劣化或者是處理洩漏所造成的。

如果只有單純的用兩次處理對比來追蹤對於 r 之估測，則是無法接受的，因為每一次轉換到不同產品時可以視為一個步驟的改變。每一次產品轉換，速率估測會慢慢

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (11)

地移向隨著幾次的執行過程後的新觀察速率值。反應器的積垢會隨著幾次的執行過程而使得速率繼續減慢。可以使用 EWMA 來過濾由每次的執行所表現的速率資料，並且用過濾之數值作為速率估測。當第二種產品開始執行時，其表現的速率與第一種產品的速率值大不相同，並且過濾器會使得狀態估測隨著時間慢慢的察覺。而狀態估測會因此落後觀察值，尤其是當生產產品轉換的時候。估測狀態與實際狀態之間的差異就是造成運用此估測結果之控制器錯失目標的原因。

本領域之先前技藝已導向觀察器排程之概念。在這個公式中，一個模式是由與產品無關之工具狀態(x)發展出來。該工具狀態是用於此工具的本質速率。此速率的任何改變會影響該工具執行的所有產品。

$$x_{k+1} = Ax_k + Bu_k \quad (5)$$

處理狀態 x 利用如下輸出公式來寫映產品狀態 y：

$$y_k = Cx_k \quad (6)$$

然後，此估測器會用來追蹤工具狀態 x，而不是產品狀態 y。Kalman 最佳過濾方程式的檢視會指出最佳觀察器之獲益是一個輸出寫映 C 的函數。所以利用離線分析，可重複生產產品之相依性可以量化而達到速率 r 的一個新模式，其中 r_0 是處理工具的“本質速率”，而 k_p 是產品相關的修正係數。

$$r = r_0 k_p \quad (7)$$

然後觀察器利用產品相關的修正係數 k_p 來調整觀察

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (¹²)

速率，得到估測 r_0 而不是 r 。當於產品相關的修正係數能夠明確獲知之狀況時，以上描述的設計可以很正常的工作。不管任何產品之生產執行，只要觀察處理工具操作作業改變即可。然而，在實際的製造生產環境下，會發生一些複雜事情。例如，就原始原料以及處理工具之停機時間而言，有一些處理工具於新產品出現時，試驗的代價非常地高。這樣的衝激使得產品相關的各因數不能時常可以獲知一個前定值(priori)，因此假設 k_p (因此 C 亦然)是一個已知值，這樣並不是必然地安全。

上述之方法是觀察單一個參數(r_0)，但是必須尋找一個快速方法來獲得新的估測 k_p 值。理論上，可以利用觀察每一次執行作業之速率值，並且因此更新模式參數，而達到目標。然而於實務上，會有觀察性之考量出現。每一次執行作業的結果就是測量得到的 r 表現速率，此速率會為 r_0 與 k_p 所困惑干擾，因此任何的估測設計必須能夠利用有效的資料，以便調整所有之需要參數。

要從資料(r)來估測 r_0 與 k_p ，可使用前述的方程式與 Taylor 系列近似值，

$$\Delta r = r_0 \times \Delta k_p + k_p \times \Delta r_0. \quad (8)$$

r 值的明顯改變可以由估測 r_0 與 k_p 之改變來表示。所以必須將這些變化作分類(使用變化數值技術之分析方法)來決定如何於兩個參數之間分佈這些誤差值。

一個簡單分佈誤差值的方法是應用線性濾波器於各參數。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

結

五、發明說明 (13)

$$r_{0,new} = r_{0,meas} \lambda_r + r_{0,last} (1 - \lambda_r) \quad (9)$$

$$k_{p,new} = k_{p,meas} \lambda_k + k_{p,last} (1 - \lambda_k) \quad (10)$$

λ 值的變化是依照參數的估測之可靠性反應而得到。其中的 r_0 是預期會變化， λ_r 值就會提高；而 k_p 值如果是有誤差時，則 λ_k 值也會提高。

就一個已經順利生產產品的例子來說，對於 k_p 值的準確度的可靠性很高。此外，已知 r_0 隨著時間浮動不定，因此應用 $\lambda_r \gg \lambda_k$ 的關係式。另一方面，就新產品而言，對於 k_p 值之可靠度比較低。 k_p 值的非準確度對於速率所造成的影響，比起 r_0 值的干擾或者浮動不定的影響還要嚴重，因此設定 $\lambda_k \gg \lambda_r$ 的條件。

然而這個易懂的技術會受到限制，因為它的概念需要一個標準化之設計，但是其數值很難予以質量化。更加上，並不是每一次都可以依次解開個別參數之模式方程式。

一個成功的控制器對於以上描述各種處理形式，是可以應付這種同時辨識與控制之雙重問題。而製造大量輸入變更，或者執行非生產性實驗值會比較容易瞭解處理程序，但是如此正好與控制器之首要目的直接相反。在緊密跟蹤目標與協助描繪處理特徵兩者之間作處理抉擇，是一種斟酌取捨的觀念，因為兩者之目標是互相衝突的。

運用於大量、多重產品之半導體製造之兩次處理對比控制，並不能輕易融和進入處理控制之傳統方法的架構裡面。傳統方法定義了包括一組特定的狀況、輸入與輸出資

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (14)

料之處理模式。於一些情形下，該模式是固定的，而於其他情形下，則是隨著時間改變。於各時間步級(time step)，輸入與干擾會影響狀態，並可以測量輸出。然後，控制器會作更新，處理重複進行著。然而這種方法並不會經常成功的一個原因，就是通常情形都是多重處理工具以及多重產品。現代之微電子製造設備都有共同的實施情況，就在每個處理工具於執行運作時都有很多不同產品與處理作業並行運作，主要是因為處理工具與高額資本成本有關，以及生產設備之有限容量。此外，處理作業之所有的重要測量，只是每一次執行製造過程的一個子集合而已。因此如何在此環境中決定控制器之更新動作可能是一個挑戰性的任務。

一個兩次處理對比控制器依賴具有一個處理模式可以於每一次執行之間作持續性的更正。當處理工具同時執行很多處理工作時，卻是相當不同的狀況，控制器可能有意想不到的執行行為，因為對一個新處理工作的更改可能出現極大的干擾。此外，對於一個特定處理工作可能需要好幾次的連續執行才能夠使得控制器平穩下來，但是製造時的限制卻可能使其無法實現。在最佳狀況時，無論處理工作出現的先後順序是如何排列，控制器會對必須於處理工具上執行的所有處理工作決定出最佳的設定。

在自調控制技術的策略下，一個連線系統之辨識設計是跟隨著控制器一起執行，並且不斷地調整模式以便模擬系統的真正行為動作。這種情形之下很艱難的任務是在很

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (15)

多的可能性(參數，偏差估測)之中決定何者是輸出值中的觀察得到之誤差的來源。在半導體製造過程中，共同的問題是這些誤差是應該歸屬處理工具的差異或者是產品的差異。

本發明直接地克服，或者是至少降低了上述的一個或者更多問題所造成的影響。

[發明內容]

本發明的一個觀點是著眼於用於監視控制製造系統的方法。此方法包括定義對於製造系統所做的一個多重的觀察狀態。產生用於觀察狀態之狀態估測。對於每一個狀態估測產生一個不確定性值。接收在製造系統中關聯於實體之測量資料。狀態估測會依據測量資料以及關聯於該狀態估測之不確定性值來作更新。該不確定性值可能也會用來影響排程之決定。

本發明的另一個觀點是著眼於用於監視製造系統的一個系統。此系統包括控制器組構成用來定義關聯於製造系統的複數個觀察狀態，產生用於觀察狀態之狀態估測，產生對於各狀態估測之不確定性值，接收於製造系統中關聯於實體的測量資料，並根據關聯於狀況估測之測量資料和不確定性值來更新狀況估測。該系統亦可包括排序控制器，組構成用來根據不確定性值之預測更改，而作排程決定。

[實施方式]

可以參照下列說明並配合所附圖式而明瞭本發明，其

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (16)

中相同之參考號碼係對應於相同之元件。

雖然本發明可作各樣的修正與變更形式，但已用圖式方式例示了特定的實施例，並作了詳細之說明。然而應瞭解到，該等特定實施例之說明並不欲用來限制本發明為所揭示的某些特定形式，相反地，在不違背本發明所附申請專利範圍內所界定之精神和範圍情況下，各種的修飾、等效和變更，皆應屬於本發明之範圍。

下文中將說明本發明之範例實施例。為了清楚起見，本說明書中並非將所有實際施行本發明之特徵，均作了說明。當然應瞭解到，在開發任何此種真實的實施例時，必須作出許多與實施相關之決定，以便達到發明者的特定目標，譬如符合隨著實施例的不同而有所變化的與系統相關及與商業相關之限制條件。此外，我們應當瞭解，此種開發工作可能是複雜且耗時的，然而，仍將是一種對此項技藝具有一般知識者在參閱本發明揭示事項之後可從事之例行工作。

茲參照第 1 圖提供說明製造系統 10 時的簡化區塊圖。在此所示實施例中，製造系統 10 調適以製造半導體元件。雖然本發明是用來描述應用於半導體製造設施，但本發明並不受到限制，也許可以應用到其他製造環境。本文所描述的技術可以應用到多樣的工件或者是製造項目，包括但不限於：微處理器、記憶體裝置、數位訊號處理器、特殊應用積體電路(ASIC)，或者其它類似的元件。本技術也可以應用到非半導體元件的工件或製造項目。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (17)

網路 20 連接了製造系統 10 時的不同部門，允許他們之間互相交換訊息。這個例示的製造系統 10 包括複數個處理工具 30 至 80。每一個處理工具 30 至 80 可以跟一個介接到網路 20 之電腦(圖中未顯示)耦接。處理工具 30 至 80 以相類似的工具分類成組，由字尾的文字來表示。例如，處理工具 30A 至 30C 一組代表一個特定種類的工具如化學機械平面化工具。一個特定的晶圓或許多的晶圓當正在製造時前進經過處理工具 30 至 80，每一個處理工具 30 至 80 在製造處理的流程中執行特定的功能。半導體元件製造環境的範例處理工具包括測量工具、微影術步進器、蝕刻工具、沉積工具、研磨工具、快速溫度處理工具、植入工具等等。處理工具 30 至 80 僅是為了說明的目地而將之顯示於同一個等級和檔案群。在實際執行時這些工具可能被安排成任何之順序或分類。此外，這些工具在特別群組下其間的連接只是代表連接到網路 20，而不是工具之間的互連。

製造執行系統(MES)伺服器 90 指導製造系統 10 的高階操作。製造執行系統伺服器 90 監督於製造系統 10 中的各種實體(亦即：各批次，處理工具 30 至 80)之狀況，並且經由處理流程來控制製造物件(例如：半導體晶圓批次)之流程。資料庫伺服器 100 提供用來儲存於處理流程中製造之不同實體和物件的狀態相關之資料。資料庫伺服器 100 可以將資訊儲存在一個或更多個資料儲存器 110。這些資料可包括處理前和處理後之測量資料、工具狀態、

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (18)

批次優先權等等。

部份的本發明以及相對應的細節描述可以用軟體、或者在電腦記憶體內於資料位元之操作之演算法和符號表示來表現。這些描述和表示係為此技藝方面的一般技術人員用來有效地將其工作內容傳達至此技藝方面之其他技術人員。本文中所用的演算法一詞，如其一般所使用者，係構想成自我持續性序列步驟而達到希望的結果。這些步驟就是須實際操作的實際數量。通常，雖然並非是必須的，這些數量是以光學、電或者磁性訊號，並且以可儲存、傳輸、結合、比較、及其他操作的形式來表現。主要在一般的使用上有時候會很方便地將這些訊號參考成為位元、數值、元素、符號、字元、項目(terms)、號碼，或類似者。

但須切記的是所有的這些以及類似的項目將與適當的實際數量相關，且只是應用於這些數量之方便的標誌。除非特別說明，否則或者從討論中可得知，例如是『處理』或者是『計算』或『核算』或『決定』或『顯示』或相類似之項目，都是表示電腦系統或相類似的電子計算元件之動作和處理，該電腦系統或電子計算元件處理並轉換在電腦系統之暫存器和記憶體內表現為實際的電子數量之資料，成為在電腦系統之暫存器或記憶體或其他此種資訊儲存、傳輸或顯示裝置中類似表現為實際數量之其他的資料。

適合應用在製造系統 10 的範例資訊交換和處理控制架構(architecture)，就是“先進處理控制(APC)”架構，例

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (19)

如可以使用由 KLA-Tencor 公司所提供的 Catalyst 系統來建構完成。這個 Catalyst 系統使用“半導體裝備和原料國際 (SEMI) 電腦整合製造 (CIM) 架構”所相容的系統技術，並根據“先進處理控制 (APC) 架構”。CIM (用於 CIM 架構範圍結構之 SEMI E81-0699-暫訂規範) 和 APC (用於 CIM 架構先進處理控制組件之 SEMI E93-0999-暫訂規範) 的規範是由總部設在美國加州 Mountain View 的 SEMI 所公開提供的。

製造系統 10 亦包括執行在工作站 140 的控制器 130。下文中將更詳細說明，控制器 130 決定製造系統 10 中的各樣的處理工具之操作程序設定。本文中所用到的縮寫以及符號術語將彙總於下附錄 A。

第 1 圖中於各不同電腦或工作站中處理和資料儲存功能之分佈，係通常用來引導提供獨立以及中央式資料儲存。當然也可以使用不同數量之電腦和不同的安排。

接著參照第 2 圖，其為第 1 圖中的製造系統 10 的部份之簡化區塊圖。在例示的實施例中，製造系統 10 的部份包括有與控制器 130 介接並組構成用來於三個不同的產品 (A、B、和 C) 執行處理之第一和第二個處理工具 200 和 210。選用處理工具 200、210 和產品之數量，僅為了方便討論。當然，也可以使用其他數量的處理工具 200、210 以及產品。由處理工具 200、210 所執行的處理作業也可以執行於任何的產品／處理工具之組合。控制器 130 包括有控制法則組件 132，以及觀察器組件 134。觀察器組件

五、發明說明 (20)

估測並且更新製造系統 10 的狀況。控制法則組件使用這個狀態訊息來決定用於處理工具 200、210 的操作程序參數。

使用線性形式並且假設所有組合都有單一的“標稱”點，能由下列之公式說明由對於各內容標稱移位之偏差量。

$$y_{1A} = r_0 f_0 t + r_1 f_0 t_0 + r_0 f_A t_0 \quad (11)$$

$$y_{1B} = r_0 f_0 t + r_1 f_0 t_0 + r_0 f_B t_0 \quad (12)$$

$$y_{1C} = r_0 f_0 t + r_1 f_0 t_0 + r_0 f_C t_0 \quad (13)$$

$$y_{2A} = r_0 f_0 t + r_2 f_0 t_0 + r_0 f_A t_0 \quad (14)$$

$$y_{2B} = r_0 f_0 t + r_2 f_0 t_0 + r_0 f_B t_0 \quad (15)$$

$$y_{2C} = r_0 f_0 t + r_2 f_0 t_0 + r_0 f_C t_0 \quad (16)$$

其中的下標“1”代表處理工具 200，而下標“2”代表處理工具 210。

整個系統可以結合成為單一狀況-空間模式。

$$\begin{bmatrix} x_{adj} \\ r_1 \\ r_2 \\ f_A \\ f_B \\ f_C \end{bmatrix}_{k+1} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_{adj} \\ r_1 \\ r_2 \\ f_A \\ f_B \\ f_C \end{bmatrix}_k + \begin{bmatrix} r_0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} [t] \quad (17)$$

$$\begin{bmatrix} y_{1A} \\ y_{1B} \\ y_{1C} \\ y_{2A} \\ y_{2B} \\ y_{2C} \end{bmatrix}_k = \begin{bmatrix} 1 & f_0 t_0 & 0 & r_0 t_0 & 0 & 0 \\ 1 & f_0 t_0 & 0 & 0 & r_0 t_0 & 0 \\ 1 & f_0 t_0 & 0 & 0 & 0 & r_0 t_0 \\ 1 & 0 & f_0 t_0 & r_0 t_0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & f_0 t_0 & 0 & r_0 t_0 & 0 \\ 1 & 0 & f_0 t_0 & 0 & 0 & r_0 t_0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_{adj} \\ r_1 \\ r_2 \\ f_A \\ f_B \\ f_C \end{bmatrix}_k \quad (18)$$

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (21)

其中的狀況包括調整(x_{adj})，工具偏差(r_1 和 r_2)，和產品偏差(f_A 、 f_B 、和 f_C)。這一個模式是假設所有的產品／處理工具的結合同時使用相同的輸入設定並行執行。雖然這種情形可能不會實際發生，但是從瞭解的觀點對於不同的處理內容互動極有幫助。例如，非常明確的單一的產品因素 f_A 使用在產品A的所有執行，而無關於處理工具。

此處計算之可觀察性測試，

$$O^T = \begin{bmatrix} 1 & f_0 t_0 & 0 & r_0 t_0 & 0 & 0 \\ 1 & f_0 t_0 & 0 & 0 & r_0 t_0 & 0 \\ 1 & f_0 t_0 & 0 & 0 & 0 & r_0 t_0 \\ 1 & 0 & f_0 t_0 & r_0 t_0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & f_0 t_0 & 0 & r_0 t_0 & 0 \\ 1 & 0 & f_0 t_0 & 0 & 0 & r_0 t_0 \\ 0 & f_0 t_0 & 0 & r_0 t_0 & 0 & 0 \\ 0 & f_0 t_0 & 0 & 0 & r_0 t_0 & 0 \\ 0 & f_0 t_0 & 0 & 0 & 0 & r_0 t_0 \\ 0 & 0 & f_0 t_0 & r_0 t_0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & f_0 t_0 & 0 & r_0 t_0 & 0 \\ 0 & 0 & f_0 t_0 & 0 & 0 & r_0 t_0 \end{bmatrix}, \quad (19)$$

為欠缺 1 階層(rank)，所以這個系統無法以現有的形式來觀察。造成這種情形的原因是因為所有的執行由一個產品偏差以及處理工具偏差所混亂。需要額外的限制去鎖定一個偏差或另外一個偏差。一個增加額外的測量至該系統的方法包含使用品質經驗。在此等事件期間，會在裝備上執行標準測試，該裝備可包括特別準備的“參考”批次處理。當這些測試在遍及整個處理工具群給予標準化，如此就可以方便地來宣稱這些特別的執行並沒有產品特定的偏

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

結

五、發明說明 (22)

差。如此意味著工具偏差可以直接於特定工具測試過程中測量得知。當選擇不實施這些實驗的時候，也可以簡單的來選擇一個具有(已知的)偏差之參考工具或產品。這方法最主要的缺點是在持續改變的製造環境中，可能很難來辨識一個參考工具或產品。然而重點是，找出使系統為可以觀察之方法。唯一的方法是增加必須的輸出(測量值)，增加限制(有效地減少狀態數目)，或者改變模式的形式成為完全不同的樣子。

在上述例子中，工具品質將由下列說明之公式而表現出二個新情況。

$$y_1 = r_1 \quad \text{-----}(20)$$

$$y_2 = r_2 \quad \text{-----}(21)$$

其中 y_1 和 y_2 表示分別於工具 200(即，1)和 210(即，2)之品質評鑑期間觀察從標稱移位的偏差量。若將品質經驗增加到範例系統，則此組合系統之新的輸出公式為：

$$\begin{bmatrix} y_{1A} \\ y_{1B} \\ y_{1C} \\ y_{2A} \\ y_{2B} \\ y_{2C} \\ y_1 \\ y_2 \end{bmatrix}_k = \begin{bmatrix} 1 & f_0 t_0 & 0 & r_0 t_0 & 0 & 0 \\ 1 & f_0 t_0 & 0 & 0 & r_0 t_0 & 0 \\ 1 & f_0 t_0 & 0 & 0 & 0 & r_0 t_0 \\ 1 & 0 & f_0 t_0 & r_0 t_0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & f_0 t_0 & 0 & r_0 t_0 & 0 \\ 1 & 0 & f_0 t_0 & 0 & 0 & r_0 t_0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_{adj} \\ r_1 \\ r_2 \\ f_A \\ f_B \\ f_C \end{bmatrix}_k \quad (23)$$

對此新系統之可觀察性矩陣為：

五、發明說明 (23)

$$O^T = \begin{bmatrix} 1 & f_0 t_0 & 0 & r_0 t_0 & 0 & 0 \\ 1 & f_0 t_0 & 0 & 0 & r_0 t_0 & 0 \\ 1 & f_0 t_0 & 0 & 0 & 0 & r_0 t_0 \\ 1 & 0 & f_0 t_0 & r_0 t_0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & f_0 t_0 & 0 & r_0 t_0 & 0 \\ 1 & 0 & f_0 t_0 & 0 & 0 & r_0 t_0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & f_0 t_0 & 0 & r_0 t_0 & 0 & 0 \\ 0 & f_0 t_0 & 0 & 0 & r_0 t_0 & 0 \\ 0 & f_0 t_0 & 0 & 0 & 0 & r_0 t_0 \\ 0 & 0 & f_0 t_0 & r_0 t_0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & f_0 t_0 & 0 & r_0 t_0 & 0 \\ 0 & 0 & f_0 t_0 & 0 & 0 & r_0 t_0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

(24)

為全階層，故此系統是可觀察的。然而，此處系統仍是虛構的情況下，所有可能的處理情形都可能同時發生。在實務上，一次產生一個處理情況。於每一次處理之後都需要決定適當的方法來更新模式狀態。

就架構上而言，本系統類似於實際系統其不同的測量是取樣於不同的頻率。在這種系統之下，當具備有不同組合之測量值時，可觀察性就會隨時間改變。雖然基本固有的要求是系統的觀察必須在限制之情況下，但是其中所有可能測量必須在各時間步級中執行。

如同上述公式之說明，可能有一個分離時間系統模式，其中只有一部份的可能測量值是在各時間步級執行的。於此系統中，每當新的測量值到達時，必須作狀態更新，盡可能將得到的新測量值整合成為狀況估測。通常，

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (²⁴)

預測誤差(介於測量值與預測輸出值間之偏差)會驅使變化至狀況估測。於本說明實施例中，主要研究的情形是有一測量值其會受到一個以上狀態的影響。

就概念上而言，這種問題是不可能解決的，因為一個單一已知測量值必須用來更新一個以上的未知狀態。然而，於本說明實施例中，控制器 130 運用額外可取得的資訊來處理狀態更新。於本文以下之詳細說明中，觀察器組件 134 維持所有狀態之估測，以及對這些估測所做的必然測量，然後提出一個統計分析數值以便在預測之測量值中，決定何種狀況是最可能造成觀察誤差。

現在將討論焦點集中於觀察器組件 134 的設計。由瞭解最佳控制理論獲得的主要益處是，可以從系統中得知所有控制動作皆能夠分離。這一個通則使得控制器 130 的調整成為直覺可能。例如，控制法則組件 132 的反應可能比較緩慢而不會影響狀況估測執行程序。控制法則組件 132 可以運用系統 10 之狀態的最佳訊息以便作其必須做的決策。後續的討論將集中於狀態估測問題。如果這問題得到解決，則任何類型之控制法則都可以運用在狀況估測上而得到益處。

以下的討論是探討，不是所有測量動作都可以於各時間步級之情形來執行狀態更新的問題。除了半導體製造生產線之控制之外，這種系統也可以運用於某些變數較之其他參數更頻繁取樣之傳統的化學處理。例如，一個流量測量器可以持續產生流率測量值，但是組成分析卻可能只需

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

結

五、發明說明 (25)

要每幾個小時作一次即可。

只有依據部分的資訊，必須做出最佳的猜測系統狀態的實際數值之決定。第一步是確保系統於各時間步級所做的可能測量值都可以觀察得知，正如上文所述。

系統狀態除了系統模式中獲知的已知效果外，通常都是受到雜訊與干擾影響之未知的數量。從分析的觀點來看，每一個系統狀態可視為一個連續之隨機變數。為了便於說明，茲假設每一個都是以一些變數 σ^2 ，正常分佈於其目前之估測。

在估測執行程序的初始點，所有的變數都依據一個處理之實驗分析而起始至狀態值。每一個狀態之或然率密度函數如下：

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{(x-x^-)^2}{2\sigma^2}\right), \quad (25)$$

此處 x^- 是平均值， σ^2 則是變數。這個函數之圖形顯示於第 3A 圖中。

對於一個隨機變數之 n 維向量，其或然率密度公式如下：

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{(2\pi)^n \det V}} \exp\left(-\frac{1}{2}(x-x^-)^T V^{-1}(x-x^-)\right), \quad (26)$$

此處 x^- 是平均值之向量， V 則是由以下列公式所得之協方差(covariance)矩陣：

$$V = E((x-x^-)(x-x^-)^T) \quad (27)$$

此多因次或然率密度函數的圖形示之於第 3B 圖。如

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (26)

果狀態之間的互相依存性於初始點並不瞭解，則 V 將只會是狀態估測之變數的對角式矩陣。

假如測量是於特定之時間步級執行，則必須具備所有狀況之期望值。這個執行程序將會以一個簡單的實例情況來說明然後產生。例如假設一個系統具有兩個狀態如下表示：

$$\mathbf{x} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} \quad (28)$$

還有一個輸出公式如下：

$$y = Cx \quad (29)$$

此處

$$C = \begin{bmatrix} a_1 & a_2 \\ b_1 & b_2 \end{bmatrix} \quad (30)$$

於任何指定之時間步級， $x_1 \sim$ 與 $x_2 \sim$ 是狀態之目前估測，而 σ_1 與 σ_2 是關聯於這些估測的變數。假定這些狀態是互相獨立的，並且正常分佈於估測，則其或然率密度函數如下：

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{4\pi^2 \sigma_1 \sigma_2}} \exp \left(-\frac{(x_1 - \hat{x}_1)^2}{2\sigma_1^2} - \frac{(x_2 - \hat{x}_2)^2}{2\sigma_2^2} \right) \quad (31)$$

這個輸出矩陣包含兩個測量值，但是如果只得到一個而已，則必須作狀態更新。根據以上的公式，第一次測量所得之預測值是：

$$y_1 \sim = a_1 x_1 \hat{+} a_2 x_2 \hat{+} \quad (32)$$

如果 $y_{1,m}$ 之測量值獲得為 y_1 ，則預測誤差是：

004737

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (27)

$$e_{y_1} = y_1^{\wedge} - y_{1,m}. \quad (33)$$

觀察器組件 134 把此預測誤差分佈至 x_1 狀態和 x_2 狀態。

因為該測量數值暗示了線 1，則可完成該分佈，

$$y_{1,m} = a_1 x_1 + a_2 x_2, \quad (34)$$

是包含在狀態之或然率密度函數已定義之空間內。投影在線 1 之結合或然率密度函數提供於接收測量數值後之或然率分佈之指示。該線 1 可以設想為於第 3B 圖之平面 p 與或然率密度函數之間的交叉線。

欲計算狀態之期望值，令 $(x_{1,0}, x_{2,0})$ 代表對於線 1 上最近 $(x_1^{\wedge}, x_2^{\wedge})$ 的一點。選擇這一點是因為方便且對任何線 1 都存在。在這裡取得的點就是以下問題之解答：

$$\min_{x_1, x_2} (x_1 - x_1^{\wedge})^2 + (x_2 - x_2^{\wedge})^2 \quad (35)$$

$$a_1 x_1 + a_2 x_2 = y_{1,m}. \quad (36)$$

若 $a_2 \neq 0$ ，則

$$-\frac{a_1 x_1}{a_2} + \frac{y_{1,m}}{a_2} = x_2. \quad (37)$$

將此式代入到公式(35)產生：

$$\min_{x_1, x_2} (x_1 - x_1^{\wedge})^2 + \left(-\frac{a_1 x_1}{a_2} + \frac{y_{1,m}}{a_2} - x_2^{\wedge} \right)^2. \quad (38)$$

將關於 x_1 的導出數設定為零，產生：

$$2(x_1 - x_1^{\wedge}) + 2 \left(-\frac{a_1 x_1}{a_2} + \frac{y_{1,m}}{a_2} - x_2^{\wedge} \right) \frac{-a_1}{a_2} = 0. \quad (39)$$

群組 x_1 之項產生：

004788

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

結

五、發明說明 (28)

$$x_1 \left(1 + \frac{a_1^2}{a_2^2} \right) - \hat{x}_1 - \frac{a_1 y_1}{a_2^2} + \frac{a_1 \hat{x}_2}{a_2} = 0. \quad (40)$$

因此，

$$x_1 = \frac{\hat{x}_1 + \frac{a_1 y_1}{a_2^2} - \frac{a_1 \hat{x}_2}{a_2}}{1 + \frac{a_1^2}{a_2^2}} = \frac{a_2^2 \hat{x}_1 + a_1 y_1 - a_1 a_2 \hat{x}_2}{a_1^2 + a_2^2}. \quad (41)$$

由於對稱得到，

$$x_2 = \frac{a_1^2 \hat{x}_2 + a_2 y_1 - a_2 a_1 \hat{x}_1}{a_1^2 + a_2^2}. \quad (42)$$

所以，

$$(x_{1,0}, x_{2,0}) = \left(\frac{a_2^2 \hat{x}_1 + a_1 y_1 - a_1 a_2 \hat{x}_2}{a_1^2 + a_2^2}, \frac{a_1^2 \hat{x}_2 + a_2 y_1 - a_2 a_1 \hat{x}_1}{a_1^2 + a_2^2} \right) \quad (43)$$

線 1 可以用以下公式 t 來參數化：

$$x_1(t) = x_{1,0} + a_2 t \quad (44)$$

$$x_2(t) = x_{2,0} - a_1 t \quad (45)$$

現在，沿著線 1 之或然率密度函數之非正常化積分數 k 可以用以下公式來定義：

$$k_l = \int_l \frac{1}{\sqrt{4\pi^2 \sigma_1 \sigma_2}} \exp \left(-\frac{(x_1 - \hat{x}_1)^2}{2\sigma_1^2} - \frac{(x_2 - \hat{x}_2)^2}{2\sigma_2^2} \right) dl, \quad (46)$$

或者，

$$k_l = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{4\pi^2 \sigma_1 \sigma_2}} \exp \left(-\frac{(x_1(t) - \hat{x}_1)^2}{2\sigma_1^2} - \frac{(x_2(t) - \hat{x}_2)^2}{2\sigma_2^2} \right) dt. \quad (47)$$

然後可由下式獲得對 t 的期望值：

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (29)

$$t_{\text{exp}} = \frac{1}{k_1} \int_{-\infty}^{\infty} t \frac{1}{\sqrt{4\pi^2 \sigma_1 \sigma_2}} \exp \left(-\frac{(x_1(t) - \hat{x}_1)^2}{2\sigma_1^2} - \frac{(x_2(t) - \hat{x}_2)^2}{2\sigma_2^2} \right) dt, \quad (48)$$

以及狀態之期望值係：

$$x_1 = x_{1,0} + a_2 t_{\text{exp}} \quad (49)$$

$$x_2 = x_{2,0} - a_1 t_{\text{exp}}. \quad (50)$$

概念上，更新將以對於具有更不確定性(變量 (variance))之參數狀態估測所作之改變變大之方式，來分佈兩個狀態之間的預測誤差。這是因為在線 1 上之預料點由具有“較寬的”或然率密度之參數估測來支配，此圖示於第 3B 圖中。切割穿過或然率密度函數之平面 p 代表為 x_1 和 x_2 函數之包含於新的測量值的資訊。具有或然率密度函數之平面 p 之相交線，為賦與的新的資訊之或然率分佈。

上述的討論與分離的 Kalman 濾波器之導出有類似的目標。希望能用不明確的資料來獲得較佳的參數估計。Kalman 濾波器可以用許多不同的方法取得。當於 Kalman 濾波器導出時上述的公式把測量值資訊(1)看作絕對值，其載有不確定性值正如同狀態估測所做的一樣。就數學上來說，雖然於 Kalman 濾波器公式中線 1 作用為如上述之限制，但是該線 1 對應於減到最小之目標函數中之劣化項。用 Kalman 濾波器處理問題之方法此處將作較詳細之說明，而且是一種比較普遍用來估測問題之方法。

茲考慮一系統用 x^- 作為狀態估測現時的向量，P 為用於狀態估測誤差協方差矩陣，和 Y 為測量值向量，由

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (30)

下列公式表示：

$$y=Cx+v \quad \text{-----}(51)$$

其中 v 代表具有零平均值及協方差矩陣 R 之隨機測量誤差。

以上述的系統來說，分離的 Kalman 濾波器實質上最小化性能指標：

$$J = \frac{1}{2} \left((x - \bar{x})^T P^{-1} (x - \bar{x}) + (y - Cx)^T R^{-1} (y - Cx) \right), \quad (52)$$

而將 x 到達新的狀況估計之向量。

雖然劣化改變了現有估測信心為高之狀態估測，但此加權最少平方性能指標把預測誤差減到最小。這樣容易判決協方差矩陣 P 是不是只含變量之對角線的矩陣。高信心狀態估測將有低的變量，所以 P^{-1} 之相對項值很大。此外，如果接到多個之測量值，則依照他們的信心水準（由矩陣 R 之變量項目來決定），在目標函數中將他們加權。

值得注意的是如果 R 項之大小為非常小，則新的 x 值必須清楚地說明測量值 y ，因為對於大 R^{-1} 而 $(y - Cx)$ 之各項會嚴重地劣化。如果 R 為很小，則於測量向量 y 之不確定性就很小。於極端情況下，解答趨近於狀況估測結果落於由公式 (34) 測量所定義之線（或平面）上之情形。公式 (52) 描繪之最佳化可以把微分函數 dJ 設定成零，以分析作解答。

$$dJ = dx^T P^{-1} (x - \bar{x}) - (Cdx)^T R^{-1} (y - Cx). \quad (53)$$

如此，

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

線

五、發明說明 (31)

$$0 = dx^T [P^{-1}(x - x^-) - C^T R^{-1}(y - Cx)] \quad (54)$$

因為 dx 可以任意地變化，則括弧內的項必須為零，而且可以用代數方法來解答最理想的 x 值。

$$0 = P^{-1}x - P^{-1}x^- - C^T R^{-1}y + C^T R^{-1}Cx \quad (55)$$

$$0 = (P^{-1} + C^T R^{-1}C)x - P^{-1}x^- - C^T R^{-1}y \quad (56)$$

$$(P^{-1} + C^T R^{-1}C)x = P^{-1}x^- + C^T R^{-1}y + C^T R^{-1}x^- - C^T R^{-1}x^- \quad (57)$$

$$(P^{-1} + C^T R^{-1}C)x = (P^{-1} + C^T R^{-1}C)x^- + C^T R^{-1}y - C^T R^{-1}Cx^- \quad (58)$$

$$x = x^- + (P^{-1} + C^T R^{-1}C)^{-1} C^T R^{-1}(y - Cx^-) \quad (59)$$

於上述說明之二個可變數情形，

$$C = [a_1 \ a_2] \quad (60)$$

和

$$P = \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & 0 \\ 0 & \sigma_2^2 \end{bmatrix} \quad (61)$$

因為只有一個測量值，所以矩陣 R 就只有單項 R 。

因此對於此情況，

$$x = x^- + \left(\begin{bmatrix} \frac{1}{\sigma_1^2} & 0 \\ 0 & \frac{1}{\sigma_2^2} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{1}{R} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 & a_2 \end{bmatrix} \right)^{-1} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{1}{R} \end{bmatrix} [y - Cx^-] \quad (62)$$

公式 (62) 可以進一步簡化成：

$$x = x^- + \begin{bmatrix} \frac{\sigma_1^2 a_1^2 + R}{\sigma_1^2 R} & \frac{a_1 a_2}{R} \\ \frac{a_1 a_2}{R} & \frac{\sigma_2^2 a_2^2 + R}{\sigma_2^2 R} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{1}{R} \end{bmatrix} [y - Cx^-] \quad (63)$$

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

結

五、發明說明 (32)

$$\mathbf{x} = \mathbf{x}^- + \frac{\sigma_1^2 \sigma_2^2 R}{\sigma_1^2 a_1^2 + \sigma_2^2 a_2^2 + R} \begin{bmatrix} \frac{\sigma_2^2 a_2^2 + R}{\sigma_2^2 R} & -\frac{a_1 a_2}{R} \\ -\frac{a_1 a_2}{R} & \frac{\sigma_1^2 a_1^2 + R}{\sigma_1^2 R} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} \left[\frac{1}{R} \right] [\mathbf{y} - \mathbf{C}\mathbf{x}^-] \quad (64)$$

$$\mathbf{x} = \mathbf{x}^- + \frac{\sigma_1^2 \sigma_2^2 R}{\sigma_1^2 a_1^2 + \sigma_2^2 a_2^2 + R} \begin{bmatrix} \frac{a_1}{\sigma_2^2 R} \\ \frac{a_2}{\sigma_1^2 R} \end{bmatrix} [\mathbf{y} - \mathbf{C}\mathbf{x}^-] \quad (65)$$

$$\mathbf{x} = \mathbf{x}^- + \frac{1}{\sigma_1^2 a_1^2 + \sigma_2^2 a_2^2 + R} \begin{bmatrix} a_1 \sigma_1^2 \\ a_2 \sigma_2^2 \end{bmatrix} [\mathbf{y} - \mathbf{C}\mathbf{x}^-]. \quad (66)$$

此結果證明了於狀態估測和測量之不確定性如何影響了更新。

於僅獲得了測量之子集(subset)之情況，於公式(52)中之 $\mathbf{y}$ 、 $\mathbf{R}$ 、和 $\mathbf{C}$ 可代之以減少之形式(version)。此處 $\mathbf{y}_r$ 是所獲得之測量之向量， $\mathbf{C}_r$ 包含了於給予所獲得之測量值之 $\mathbf{C}$ 中之各列，而 $\mathbf{R}_r$ 為用於此減少之測量值組之協方差矩陣。於此情況，狀態更新由下列公式所賦予：

$$\mathbf{x} = \mathbf{x}^- + (\mathbf{P}^{-1} + \mathbf{C}_r^T \mathbf{R}_r^{-1} \mathbf{C}_r)^{-1} \mathbf{C}_r^T \mathbf{R}_r^{-1} (\mathbf{y}_r - \mathbf{C}_r \mathbf{x}^-). \quad (67)$$

當取得了不同之測量值時，有效之 $\mathbf{C}$ 和 $\mathbf{R}$ 矩陣改變。因為有效之輸出矩陣並非為常數，則變量估測(以及因此之有效更新加權)未曾到達穩定狀態，甚至當控制器 130 處理了許的次步驟。當此處理結合改變時，觀察器組件 134 持續地改變其獲益。

狀態及協方差估測更新於二個不同的時間：於處理時間和當測量資訊到達時間。於處理時間之更新是使用已知系統模式之預測更新。於此情況，係假設模式誤差具有零

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (33)

平均值和已知之協方差。現有狀態和協方差估測通過狀態轉變矩陣而到達新的估測。於測量步驟之更新(革新)計算由解答敘述於公式(52)之問題而測量獲得之新資訊。

x 於時間之進展由下列公式取得：

$$\mathbf{x}_{k+1} = \mathbf{A}_k \mathbf{x}_k + \mathbf{B}_k \mathbf{u}_k + \mathbf{G}_k \mathbf{w}_k \quad (68)$$

其中 $\mathbf{u}_k$ 是處理輸入而 $\mathbf{w}_k$ 是具有零平均值和協方差矩陣 $\mathbf{Q}$ 之隨機處理誤差。如上所述，測量係取自於：

$$\mathbf{y}_k = \mathbf{C}_k \mathbf{x}_k + \mathbf{v}_k, \quad (69)$$

其中 $\mathbf{v}$ 代表具有零平均值和協方差矩陣 $\mathbf{R}$ 之隨機測量誤差。

處理可於任何時間進行，使用下列公式而更新狀態估測和誤差協方差：

$$\mathbf{x}_{new} = \mathbf{A} \mathbf{x}_{old} + \mathbf{B} \mathbf{u} \quad (70)$$

$$\mathbf{P}_{new} = \mathbf{A} \mathbf{P}_{old} \mathbf{A}^T + \mathbf{G} \mathbf{Q} \mathbf{G}^T \quad (71)$$

這些公式更新 $\mathbf{x}$ 之估測而假設沒有雜訊，但是包含於 $\mathbf{P}$ 之不確定性增加。於任何時間可取得測量值，使用下列公式而更新狀態估測和誤差協方差：

$$\mathbf{x}_{new} = \mathbf{x}_{old} + (\mathbf{P}_{old}^{-1} + \mathbf{C}^T \mathbf{R}^{-1} \mathbf{C})^{-1} \mathbf{C}^T \mathbf{R}^{-1} (\mathbf{y} - \mathbf{C} \mathbf{x}_{old}) \quad (72)$$

$$\mathbf{P}_{new} = (\mathbf{P}_{old}^{-1} + \mathbf{C}^T \mathbf{R}^{-1} \mathbf{C})^{-1}. \quad (73)$$

這些公式確保 $\mathbf{x}$ 之新的估測反應測量資料，和包含於 $\mathbf{P}$ 中之不確定性增加。值得注意的是，測量更新改變於誤差協方差矩陣中之非對角線項。這些項根據過去的測量而

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (³⁴)

保持記憶狀態如何彼此相關。

如此於每個時間步級後，隨著狀態評估而更新誤差協方差矩陣。通常，當額外的測量減少不確定性，但處理步驟增加不確定性(協方差)。事實上是，作成測量之不同的組合而導致了於協方差矩陣中之不同的型式。

可藉由使用替代矩陣 A、B、和 C 之模式公式之偏微分矩陣，而處理非線性系統。一般而言，相同的分析仍然使用，而處理模式於各時間步級線性化現有之操作。

於非線性化情況，模式公式為現有的和未來狀態值之間之更一般關係。

$$\mathbf{x}_{k+1} = \mathbf{f}(\mathbf{x}_k, \mathbf{u}_k) \quad (74)$$

$$\mathbf{y}_k = \mathbf{h}(\mathbf{x}_k) \quad (75)$$

於指定之時間步級，能線性化這些公式而從線性模式中創造對應之項目。

$$\mathbf{A} \approx \begin{bmatrix} \frac{\partial f_1}{\partial x_1} & \frac{\partial f_1}{\partial x_2} & \dots \\ \frac{\partial f_2}{\partial x_1} & \frac{\partial f_2}{\partial x_2} & \dots \\ \vdots & \vdots & \ddots \end{bmatrix} \quad (76)$$

$$\mathbf{B} \approx \begin{bmatrix} \frac{\partial f_1}{\partial u_1} & \frac{\partial f_1}{\partial u_2} & \dots \\ \frac{\partial f_2}{\partial u_1} & \frac{\partial f_2}{\partial u_2} & \dots \\ \vdots & \vdots & \ddots \end{bmatrix} \quad (77)$$

五、發明說明 (35)

$$C \approx \begin{bmatrix} \frac{\partial h_1}{\partial x_1} & \frac{\partial h_1}{\partial x_2} & \dots \\ \frac{\partial h_2}{\partial x_1} & \frac{\partial h_2}{\partial x_2} & \dots \\ \vdots & \vdots & \ddots \end{bmatrix} \quad (78)$$

以下之討論概述根據將使用於具有多重處理內含之兩次處理對比(run-to-run)控制情形之 Kalman 濾波器的估測算式之使用。算式使用狀態估測向量 x_k^- 和包含在誤差協方差矩陣中之不確定性資訊 P_k^- 。當於計算對於特定之處理之設定之時間時，觀察器組件 134 必須首先驗證應用於此處理之狀態和測量。因為對於處理之目標是要完成系統輸出之特定值，控制器 130 必須計算對於指定內含之寫映 C_r 之有效輸出。

由提供之更正輸出寫映和現有之狀態估算，控制法則組件 132 能夠計算處理輸入並允許處理該處理。亦於此時，觀察器組件 134 計算對於處理後狀態 $x_{k+1}^{\wedge}$ 和使用此處理模式之協方差 $P_{k+1}^{\wedge}$ 估算值。使用此有效輸出矩陣，觀察器組件 134 亦能夠預測輸出 $y_{k+1}^{\wedge}$ 。

於處理後，觀察器組件 134 接收測量值 $y_{k+1}^{\wedge}$ 。觀察器組件 134 能伴隨著新的測量使用現有狀態和協方差估測來使公式(52)極小化。如此造成了新值 $x_{k+1}^{\wedge}$ 和 $P_{k+1}^{\wedge}$ 。當加上了新產品或工具 200、201 時，必須將他們的狀態估測加到已經儲存和更新之狀態值。

由於改變了譬如加上新產品或工具 200、201 之處理

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (36)

狀況，則可能改變由觀察器組件 134 追蹤之狀態數目。這些改變最好盡可能少擾亂控制器 130。欲達成此最小之擾亂，關於此新狀態之資訊併入現有之狀態向量和誤差協方差矩陣。於選擇對於狀態估測之適當的初始猜測以後，新的元素增加到狀態向量以追蹤新的狀態。此外，新的列和行增加到誤差協方差矩陣。這些於協方差矩陣之新的元素除了協方差項目外，其餘全部能夠用零初始，該協方差項目將設定得相對的高以指示新的狀態未良好特徵化。

調整參數包括對於模式不確定性(於系統模式公式中之 G 和 Q 矩陣)和測量之估測的雜訊性質。而且，必須決定對於新狀態之初始猜測和狀態估測協方差。藉由選擇於新狀態估測中對於不確定性之高初始猜測，觀察器組件 134 將被迫以最佳之方式將其更新，直到他更接近匹配現有之狀態之性能為止。

選擇的 R 矩陣影響有多快估算設計能反應至測量資料。較大值導致更慢之反應。選擇之 G 和 Q 矩陣影響於不同之模式狀態中之相關的不確定性有多快隨著處理增加。這些因素能用來引起估測設計支持更新某些參數，較之於其他的參數。

最佳調協及公平模式形式，非常依賴於處理狀況。對於指定之一組處理狀況，沒有完美的控制器，而是僅有最佳之控制器。對於預期之擾亂有良好的瞭解，則可導致於這些環境下有良好的執行設計。

於上述之狀態估測設計，有兩次改變了狀態和不確定

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (37)

性估測。這些是於處理時間和於測量時間之更新所作的預期。以更正方式操作，狀態估測算式維持著所有處理之全部經歷，該等處理已由包括所有相關於他們的已知測量所處理過。於處理之前和於處理之後所取得之具有測量值之以批次取向的處理環境，對於測量值將可能予以延遲或甚至整個跳過。必須確定狀態估測器以更正方式組合著其接收之資訊成為正確的處理經歷。

原則上，可能保留著系統之全部的處理經歷，包括對於各處理執行之輸入和輸出。然後，當測量值到達時，其僅插入於經歷中於適當的點。能夠藉由開始原來的猜測和重複透過於經歷中之各時間步級，而計算出所有之現有的狀態估算值。

此種方法需要非常大之資料儲存容量。然而，並非總是需要儲存所有之此資料以計算該更正之現用狀態估測。於具有 100% 度量之系統中(對於每一處理測量之所有變數)，最終將測量由所有處理之結果。若於處理步驟建立了處理之記錄，則於資訊變得有效時可以用測量資料更新記錄。

從經歷表之初始開始並繼續著直到第一個非測量之處理為止之所有的全部記錄(有效之處理和度量資料)，能夠將之損棄而成用於表之處理“初始猜測”。此可藉由施行對於各記錄之預測更新和測量更新而完成。若沒有製作處理記錄，則不能處理任何事情，如此就沒有機會獲得不對應於仍在表中之處理事件的測量值。如此降低了經歷表

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (38)

至僅仍有測量錯失的時間週期。

於操作限制條件不允許每一個處理皆受測量之情況下，需要定義終止時間。很久尚未測量之終止時間的處理，以假定他們將不會受到測量而予放棄。此允許說明於上之標準損毀繼續著，甚至在不完全度量之情況下。一個未受測量之處理，當他損毀時，僅具有所為之前兆的更新。

上述的調整允許控制器處理測量資料為一連續流，即使資料能稍後真正到達，而有時全然未到達。下列的例子顯示對於多個工具和產品處理之控制器將如何操控之一典型的情況。於此情況中，假定有充分的工具和產品名稱來決定於各處理中那一個模式狀態受到影響。表 1 顯示了對於此情況之表列處理事件。

表 1-處理事件：情況 1

事件識別號	批次識別號	說明	控制器動作
1	1	於工具 1 處理產品 A	預測狀態
2	1	測量	更新狀態
3	2	於工具 2 處理產品 A	預測狀態
4	2	測量	更新狀態
5	3	於工具 2 處理產品 B	預測狀態
6	3	測量	更新狀態
7	4	於工具 1 處理產品 B	預測狀態
8	4	測量	更新狀態

若處理以表 1 中所述之次序進行，則完全沒有經歷之資訊需要儲存。各事件能以表中所述之正常方法來更新控

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (39)

制器狀態。此處，必須儲存之僅有的資料包含於 x^* 中，此 x^* 表示 “處理全部” 此組狀態和不確定性估測。用各事件更新對於 x^* 之值，然後捨棄事件資料。

然而，若處理發生於如下表 2 中所述，則觀察器組件 134 必須決定如何來解釋各新的資料件(piece)。處理測量事件並非如前述般簡單，因為測量資訊已經過期了。很清楚地知道，觀察器組件 134 仍需要用各新的測量來作狀態更新，但是他不能僅根據於最近測量的新的狀態值，因為新的資訊參考於發生在過去的操作。解決方法是儲存所有的事件資訊，而使得全部之經歷資料能夠結構成為有用的資訊。然後當不再需要時，方將資訊捨棄。

表 2-處理事件：情況 2

事件識別號	批次識別號	說明	控制器動作
1	1	於工具 1 處理產品 A	預測狀態
2	2	於工具 2 處理產品 A	預測狀態
3	3	於工具 2 處理產品 B	
4	2	測量	更新狀態
5	1	測量	更新狀態
6	4	於工具 1 處理產品 B	預測狀態
7	4	測量	更新狀態

令 x^0 表示在包括任何儲存之事件之前之狀態和不確定性估測組。然後能夠藉由應用所需的更新，初始於 x^0 並且反覆進行於整個儲存事件而計算 x^* 。

對於表 2 中之首先事件，不需依靠其他資訊。因此，

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (⁴⁰)

可以預測狀態估測而更新 x^0 。於此情況 x^* 等於 x^0 ，並捨棄事件資料。

於表 2 中之次三個事件(2-4)為不完全的，因為跳過了較早批次之測量步驟。於此情況， x^0 維持常數，而將對於三個事件的資料加到由觀察器組件 134 所維持的內部經歷。於下表 3 中說明此經歷。應注意已知錯失之事件以“N/A”來表示。現在，可以藉由初始於 x^0 並且反覆進行於表 3 中之此三個事件而計算 x^* 。

表 3-控制器內部經歷(事件 2-4)

事件識別號	批次識別號	說明	控制器動作
N/A	1	測量	更新狀態
2	2	於工具 2 處 理產品 A	預測狀態
4	2	測量	更新狀態
3	3	於工具 2 處 理產品 B	預測狀態

當次一個事件(5)到達時，觀察器組件 134 具有對於目前所有批次之全部資料組，因此能夠更新 x^0 。其中內部經歷包含了列於表 4 中之事件。觀察器組件 134 能夠藉由反覆這些事件而更新 x^0 。然後安全地捨棄此等事件資料。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (41)

表 4-控制器內部經歷(事件 2-5)

事件識別號	批次識別號	說明	控制器動作
5	1	測量	更新狀態
2	2	於工具 2 處理產品 A	預測狀態
4	2	測量	更新狀態
3	3	於工具 2 處理產品 B	預測狀態

因為未曾測量批次 3，因此次二個事件(6-7)是不完全的。如前面所述，觀察器組件 134 將他們加到其內部經歷，如第 5 表中所示，而並不更新 x^0 。如上所述，可以定義對於到達資料之可允許的時間視窗。若經過了足夠的時間，觀察器組件 134 能夠假定批次 3 測量資料將不會到達，則其能夠藉由將從事件 6 和 7 來的資料損毀入 x^0 ，而遭處理。

表 5-控制器內部經歷(事件 6-7)

事件識別號	批次識別號	說明	控制器動作
N/A	3	測量	更新狀態
6	4	於工具 1 處理產品 B	預測狀態
7	4	測量	更新狀態

根據上述之分析，於測量矩陣中之各元素為等於一個或多個狀態之函數的隨機變數。因此，可以定義一個用於測量之向量的預測值或然率密度函數。若 x 具有誤差協方差矩陣 P ，而輸出之預測給定為 Cx ，則對於預測之輸出之協方差指定為 $CPCT^T$ 。此協方差矩陣可用來構成使用公式(26)之用於預測輸出的或然率密度函數。

然後能將計算用於預測之測量的可靠區間與特定的

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝
訂
線

五、發明說明 (⁴²)

操作限制作比較，以決定必須留在操作限制內之處理和取樣需求。此比較給予控制器 130 一個用於估測其本身性能之度量和可能的對使用者警告，或甚至採取行動以事前預防問題的發生。

於此討論中，已顯示了一個對於此使用不確定項目之統計基礎，以驅使狀態更新。描述更新之技術敘述於一模式，甚至當他們的直接測量為無效時。討論現表現用於許多不同操作狀況之組合的模擬資料和一些對於其他控制方法的比較。

設計上述狀態估測設計以分析具有幾個於任何給定時間僅使用部分之所需資料之變化源的大系統。下列討論說明幾個模擬，該模擬顯示狀態估測設計如何反應於不同的處理狀況。首先，建立基本情況以證明控制器 130 於正常狀況下施行。然後，依序的加進複雜條件以建立更真實的操作狀況。亦與使用具相同挑戰性資料之不同控制器(圖中未顯示)作性能比較。

於此段將說明初始測試環境，而於其餘的測試中所作的一些基本假設將根據所獲得的結果而予證實。研究改變處理狀況之確實效果，選擇一個簡單的兩次處理對比設備模式。此設備模式是進展處理數之分離時間模式。發生於各批次處理期間的連續時間效果，整合表現整個批次之平均特徵。依照此設備模式，輸出僅相等於輸入加上設備偏差。該設備偏差不受由選擇輸入值之任何方式之影響。

因為下列處理模擬幾種不同之產品和不同的處理工

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (⁴³)

具之使用，因此必須決定變化的來源俾便選擇適當的系統估測。於實際應用上，此包含了有效處理資料之詳細的分析，但是於此例中，假設偏差係由處理工具和由處理之產品所組成。

就模擬而言，產品不僅參照為可茲區別的產品，而且也參照為一般類之特徵，該等特徵使於工具上之一個處理不同於另一個。換言之，於實際環境之各產品/層之組合於此模擬中將為不同之“產品”。

對於特定工具和產品之處理模式能夠寫成：

$$y = x_{t_i} + x_{p_j} + u, \quad (79)$$

其中 y 為輸出， x_{t_i} 和 x_{p_j} 是工具和產品偏差值，而 u 是選擇之處理輸入。目標是一個特定值 y 。對於多數之模擬，選擇零值作為目標。進一步假設是工具品質事件可有效取得並能夠對每個工具 i 直接測量 x_{t_i} 。此假設之品質事件造成於此系統中為可觀察的。

使用傳統之分離時間狀態空間模式，包括用來處理和度量雜訊之項目。

$$\mathbf{x}_{k+1} = \mathbf{A}_k \mathbf{x}_k + \mathbf{B}_k \mathbf{u}_k + \mathbf{G}_k \mathbf{w}_k, \quad (80)$$

$$\mathbf{y}_k = \mathbf{C}_k \mathbf{x}_k + \mathbf{v}_k. \quad (81)$$

$$\mathbf{x} = [x_{adj} \ x_{t_1} \ x_{t_2} \ \cdots \ x_{t_m} \ x_{p_1} \ x_{p_2} \ \cdots \ x_{p_n}]^T \quad (82)$$

其中 x_{adj} 為調整狀態，而所有的工具和產品用各別之元素來追蹤。向量 w 和 v 分別表示處理雜訊和測量雜訊，而他們皆假設為用零均值之正常分佈。雜訊向量使用於控

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (44)

制模式以便各假設能作成於狀態估測常式(routine)。於此模擬中，除了雜訊項外，其他的擾亂加至模式。這些其他的擾亂藉由將控制器 130 以不預期之方式直接修正各狀態，而影響此系統。

此狀態轉換矩陣為 $m+n+1$ 大小之方形矩陣，如下公式所示：

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & 1 \end{bmatrix}, \quad (83)$$

該矩陣顯示所有之工具和產品參數為表面上穩態的。假設處理輸入僅影響 x_{adj} ，因此其有 $m+n+1$ 乘 1 階層之大小，而具有如下式之結果：

$$B = [1 \ 0 \ \cdots \ 0]^T. \quad (84)$$

對於處理之完全輸出矩陣($mn+m$ 乘 $m+n+1$ 階層大小)，如下式所示：

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (45)

$$C = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & \cdots & 0 & 1 & 0 & \cdots & 0 \\ 1 & 1 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 1 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & 1 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 1 \\ \\ 1 & 0 & 1 & \cdots & 0 & 1 & 0 & \cdots & 0 \\ 1 & 0 & 1 & \cdots & 0 & 0 & 1 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & 0 & 1 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 1 \\ \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \\ 1 & 0 & 0 & \cdots & 1 & 1 & 0 & \cdots & 0 \\ 1 & 0 & 0 & \cdots & 1 & 0 & 1 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & 0 & 0 & \cdots & 1 & 0 & 0 & \cdots & 1 \\ \\ 1 & 1 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ 1 & 0 & 1 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & 0 & 0 & \cdots & 1 & 0 & 0 & \cdots & 0 \end{bmatrix}, \quad (85)$$

該式得到可觀察之系統。於各模擬處理中，僅由輸出矩陣中之一列是活動的。此種減少之輸出矩陣子集合表示為 C_{eff} 。

於此說明之模擬使用了三個主要組件，該等組件僅限於使用某些方法溝通。主要組件是模擬驅動器 136，該模擬驅動器 136 負責用來根據控制移動而維持“真實”參數值並計算“測量值”。雖然模擬驅動器 136 示之於第 2 圖中，但是他通常不會用於實際的施行，然其有助於對下列說明之瞭解。控制法則組件 132 根據由模擬驅動器 136 提

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (46)

供之工具和產品識別號碼(ID)，負責計算使用於各處理之設定。觀察器組件 134 根據由模擬驅動器計算之測量資訊，負責更新狀態估測。此彈性運用允許使用於設備有不同的模式，較之於控制器 130 其本身之使用，但是為了容易說明，此能力不使用於這些初始模擬。

於這些初始模式中，使用了具有 10 個工具和 10 個不同產品之設備。各工具和產品指定了唯一的偏差，而因此於此模式中具有 20 個偏差狀態。此外，各偏差指定了其本身之擾亂性質，包括雜訊和漂移。於各狀態之雜訊約略有小於不同狀態之各值之間平均差之大小量級。相似數量的雜訊加至各取得的測量值。選擇表面上穩定的處理以突顯狀態估測。當狀態未正常地移動時，較容易觀察到擾亂的效果。

首先，由選擇於隨機處理之產品和工具而產生處理訊號資料組，該等所有之工具和產品具有相等的或然率。此資料組儲存為對於各處理之工具識別號(ID)、產品識別號、和真實狀態之經歷。對於此模擬中之各處理，模擬驅動器送出產品和工具識別號、目標、和對於特別處理至控制法則組件 132 之唯一的 ID。控制法則組件 132 回到選擇之處理輸入並負責維持其關於各處理之本身的資訊組。然後此模擬驅動器 136 根據給予的輸入和真實狀態，計算處理輸出。然後此輸出伴隨著用於此處理之唯一的 ID 通過控制器 130 之觀察器組件 134。觀察器組件 134 根據供應之輸出資料更新用於控制器 130 之狀態估測。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (47)

因為此討論的焦點是在於狀態估測，對於施行而由控制法則組件 132 選擇非常簡單的控制法則。控制法則組件 132 使用對於現用工具和產品偏差之狀態估測，並使用設備轉換以解得將輸出置於目標之輸入。當然，於實際的施行中，可以使用不同的控制法則變化。使用此控制法則，從目標之輸出偏移顯示使用於此狀態估測之誤差。

觀察器組件 134 之設計包含許多可使用於調諧之可調整參數。如上所述，這些參數處理研讀中此系統之假設雜訊性質。於此等模擬中，作了許多之假設。首先，假設所有之測量有相等的可靠度，因此包含於 R_{eff} 矩陣中之變化估測總是相同。於實際的製造設備，由關於某些產品來之測量工具和資訊之維修資訊，可以提供不同的值。其他的假設處理此處理雜訊。於此處理模式中之雜訊項目於整個模擬中是不變的。設定 G 和 Q 矩陣而使得雜訊無關於影響不同的狀態，而工具狀態較之於產品狀態有更多雜訊。再者，於實際的應用上，必須使用離線分析以決定這些值。依照此模式，雜訊影響所有之狀態，甚至對應於不活動於此現正處理之工具和產品之各狀態。

這些雜訊估測為部分模式和並不相關於插入於當處理之模擬之實際的雜訊。可以操控此估測以達成不同的結果。舉例而言，若觀察器太慢了，則可以將處理雜訊項目設得較高。然後因為參數將具有更不確定性，則觀察器組件 134 對於狀態估測將作更大之調整。

對於控制器 130 之第一個測試是用關於將要確定之系

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (48)

統狀態之無資訊開始，該確定能夠帶領此系統於控制下。理想的狀態包含了雜訊和些許數量之偏移。第 4 圖顯示當控制器 130 設於具有 10 個工具和 10 個產品之處理時之輸出之圖形。控制器 130 不具有關於狀態值之先前的資訊，而此控制器 130 能夠很快地學習他們並帶領該處理於控制下。

用控制器之所有的狀態估測為零而初始控制器。亦具有初始協方差矩陣。此處，使用對角矩陣作為具有所選擇以代表於各狀態初始不確定性值之開始點。因為工具差別時能更優異地生產差異性產品，則對於產品狀態之初始變化設定得要較工具狀態為高。

如第 4 圖中所示，控制器 130 於約處理 25 次後消除了大部分之誤差，而控制器 130 於此情況後處理於穩定的操作狀態。於此輸出之穩定的雜訊位準約等於藉由模擬驅動器 136 而插入於處理狀態之雜訊的大小。控制器 130 用 20 個未知之狀態開始，而此控制器 130 於大約許多次處理後確認他們全部都合理地良好。

雖然能夠顯示控制器 130 能夠完成此任務是很重要的，但是他是在不能夠顯示實際產品環境的情況下。能夠使用離線分析以決定對於控制器 130 狀態之合理的初始猜測。若於控制器 130 佈置之前而用工具和產品之此組合來執行處理，則控制器 130 之觀察器組件 134 於開始控制器 130 之前能夠根據產生之資料處理以建立更正之狀態估測。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (49)

當現有的產品漸漸消失用盡時，對於新產品的引進緩慢而耗費時間那是常有的事情。於此例子中，如前述之總共有 10 個工具和 10 個產品，但是對於模擬的規則卻是不同。於開始時所有的 10 個工具為有效，但是產品慢慢地隨著時間而加上。起初，僅有一個產品為有效，但是每處理 100 次後一個新的產品加入到此混合組中。第 5 圖中顯示控制器 130 之反應，該圖中顯示當 10 個產品漸次加到 10 個工具時，有效組合工具和產品偏差之圖形。對於每次處理，從可使用之組中隨機的選擇處理之產品和使用之工具。當輸入 u 保持為零時，繪出輸出 y ，而得到第 5 圖之圖形。

當新的產品首先加上時，各新的產品表現為干擾，但是控制器 130 很快地解決此干擾。整批標示的新產品於實際製造環境中將確定生產而沒有任何之準備，那將是不可能的。於許多情況中，當新的產品引入時，能夠處理部分的批次以提供控制器 130 適當的資訊。於其他情況中，工程師可具有足夠的知識以對於新狀態有效地選擇合理的初始猜測。

直覺上，當新的產品出現時，初始狀態有很高的可能性是錯誤的。對於此理由，若的確控制器 130 未相合於目標，則將調整新產品的狀態。於控制演算法，此可藉由特定對於新狀態之初始協方差估測而完成。當加上了新的狀態時，具有初始狀態估測之新的元素插入於狀態向量中，而新的列和行加到誤差協方差矩陣。於此等模擬中，於協

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (50)

方差矩陣中之新的列和行，除了對角線元素外全都是零。此元素設定對於狀態之初始協方差狀態估測。對於此初始估測特定一較高值意謂著新的狀態將從使用了新狀態之首次處理而吸收更多之誤差。

後續的測試情況將以穩態系統開始，並假定控制器 130 開始接近更正狀態值。於此方式中，可沒有必須於各次再學習作初始狀態評估之觀察器組件 134，而可注入和分析個別之干擾。於此段中產生和使用一系列的標準干擾作為用於控制器 130 之處理訊號。於各情況，系統開始於穩態操作點，而控制器 130 具有現用狀態估測。首先測試控制器 130 反應於步級(step)干擾、斜坡(ramp)干擾、和目標改變之能力。然後，顯示更困難之挑戰譬如測量落後、錯失測量，以瞭解控制器 130 於更實際情況面之強度。

值得注意的是於此處研讀狀況下之干擾包含了可重複和系統之效果。通常，亦有隨機和不可預測之出現雜訊之高頻組件，因為他們不由選擇之處理模式之元素獲取。觀察器組件 134 僅能偵測於選擇之模式形式範圍內之變化，和控制器 130 之目標是要消除他們。

有許多之事件能造成明顯立即之於工具性能之偏移。步級干擾是用來測試濾波器和控制器之共同訊號。就術學上來說，步級干擾表現為步級函數：

$$\delta_k(t)=0, \quad t < k \quad (86)$$

$$\delta_k(t)=1, \quad t \geq k \quad (87)$$

模擬驅動器 136 於 100 次處理後將步級干擾加到其中

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (51)

一個工具狀態，以確定控制器正確地排除不希望之干擾。於譬如此系統之多重處理設定，步級干擾不像傳統處理之向前直進式。於簡單的系統中，從出現的時間開始直到已作了更正為止，步級干擾都維持於可見情況。然而，於此處研讀情況下之系統，控制器 130 於每個時間步級觀察不同狀態之組合。干擾僅偶然地顯示，因為他僅當使用於不安狀態時為可見。

如於第 6 圖中所示，控制器能夠平衡於處理 100 之步級干擾。有多於一個“峰值”於圖形上這是因為控制器 130 必須決定是否干擾是在產品或工具狀態上，而料想之工具和產品於再使用之前會有少數之處理通過。當控制器不正確地預測一個處理之結果時，他不立即顯示那一個狀態估測是錯誤的。如上所述，觀察器組件 134 使用對於參數不確定性現有之估測，以分派至參數之誤差。直覺上，隔離於錯誤之狀態，必須使用共用工具狀態或產品狀態其中任一之後續處理。各後續處理呈現較少程度的干擾。

表現於 Kalman 估測設計之誤差協方差矩陣包含狀態如何相關之資訊。於此情況，當步級干擾首次出現時，觀察器組件 134 不知道使用之工具狀態或產品狀態是否是於誤差內。然而，觀察器組件 134 依照他們的相關不確定性而分佈二個狀態之間的誤差，意謂著一個狀態估測為部分地於干擾情況不正確地移至僅單一狀態。然而，亦調整包含相關此二個狀態之於誤差協方差矩陣內之交插項。此調整本質上提供了資訊至觀察器組件 134，該觀察器組件 134

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (52)

於一旦適當的資訊變得有效時，能夠用來修復不正確移動之狀態估測。

此回填的資訊是觀察器組件 134 有用的特性。如前面已提及的，用於多處理環境之共同狀態和參數估側設計係根據分割的資料。分割的資料之特徵是一個測量僅影響其自身的相匹對者。例如，由一個參數之新測量來的資訊，不能用來確定或拒斥於不同之參數觀察之訊號。此組合之估測設計能夠以此方式共用資料，雖然，其意謂著需要較少之測量來達成適當的狀態估測。

此技術之很好使用之另一個例子是，品質資料之使用。當於工具維修或其他的分離事件後，雖然施行了於實際設備之許多品質事件，但是其可能使用品質事件來支持狀態估測。當偵測到主要干擾時，觀察器組件 134 的確必須分配不同狀態之間的誤差。然而，立即於受影響之工具處理品質測試，能夠有助於最小化於控制器 130 上干擾之衝擊。品質事件是關聯於特定處理工具之狀態的直接測量。直覺上，此將證明觀察之誤差是否是由於工具問題或產品問題。因為協方差矩陣記憶已作了何種調整，而於測量了工具狀態後，此二個受影響之狀態將移至正確值。

表現於第 7 圖之模擬除了於發現干擾後立即強迫要求工具品質之情況外，其係與第 6 圖之模擬相同。於此情況干擾很快地遭到拒斥。

亦有許多之環境其中於此處理中可表現斜坡、或連續的偏移。於此模擬中，其中一個工具是處理 100 和 400 之

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (53)

間的斜坡偏移。於控制器 130，此型之干擾表現為從目標之持續偏差，甚至當狀態估測為連續地更新時。目前於所有之模擬已有小數量之偏移，但是於此情況，偏移的大小為太大了。

如第 8 圖中所示，控制器 130 能夠某些程度地平衡此干擾。通常，此為一困難的干擾而欲予拒斥，然於偏移之長度期間整個的控制器性能劣化。由擴大狀態矩陣而控制器能特別地調整以拒斥此種干擾，使得於此模式中包含斜坡干擾，但此情形造成與其他型式之干擾於性能上的斟酌取捨。此特殊之控制器更適合於處理步級干擾。於此模擬中一個大小的斜坡干擾通常指示主要工具問題和最可能造成停工。

於實際的製造環境中，於處理次一批次之產品之前，並非總可能等待測量結果。測量能花費相當的時間因為必須分別拾起晶圓，而通常於預定度量之各晶圓上要檢查幾個位置。保持處理工具忙錄是很重要的，因此於各批次完成後他們必須繼續前進和盡可能快速地再開始處理。因此，測量能夠落後處理步驟之後幾個處理。此並非時間延遲處理之直接進行的例子，因為該延遲並非是固定的。當他們完成後，測量到達，而控制器 130 必須盡可能快速地將他們列入計算。

於此連續的測試中，再使用由較早測試之處理資料集合，但是並不立即將測量送到觀察器組件 134。取而代之，測量固定地落後於處理後一固定之處理次數。描述於第 9

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (54)

圖中之模擬具有於該測量之延遲之 10 次處理，而描述於第 10 圖中之模擬具有 30 次處理之延遲。

於這些測試中，控制器 130 仍能夠拒斥步級干擾，但是延遲了反應，因為直到測量到達為止仍未看到誤差。比較此情況而不測量延遲，有更多次之處理喪失了他們的目標，而具有較長延遲之測試於干擾後花了較長之時間設定。當以習知的單一輸入/單一輸出處理，若測量延遲太久了，則控制器 130 將無效果。

並非總是可能於每一個處理步驟於每一個批次重要的來控制測量性質。此為許多因素之結果。首先，於特定處理操作後由批次測量晶圓，會增加該等晶圓將在設備中之時間。所需之正確的特徵化必須與需要移動材料盡可能快地通過生產線相平衡。僅測量那些需要建立代表取樣的材料。而且，於給定的時間週期取得的測量次數，將決定必須表現於設備中之度量工具的數目。因為工具通常都非常昂貴，因此這也是一種限制。

因此，可能執行處理其中控制器 130 必須計算各設定，但是未曾從測量系統接收回授。於模擬之環境中，能測量狀況之衝擊，因為模擬驅動器 136 總是能夠判定錯失的測量將具有什麼資訊，並且將他們加到控制器輸出之表中。於這些模擬中，使用了由上述之步級干擾情況，但是控制器 130 僅接收三分之一之測量。

第 11 圖顯示輸出如何出現於控制器 130，而第 12 圖顯示實際的輸出，包括了未看到之控制器 130 之批次。可

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (55)

見到於控制器 130 之測量，與描繪於第 6 圖中之完全測量情況合理良好地相比較。然而，在步級干擾之時間附近許多的未測量之批次從目標離開。事實上是於圖形上有三個峰值是重合的，但與每三個測量中僅取用了一個之事實並不相關。於此特定情況中，由擾亂影響之第三個處理為首先測量的一個。第 13 圖顯示與第 11 和 12 圖之情況相同的情形，但是具有不同的移動之測量(即，不同之第三測量未由控制器 130 接收)。如第 13 圖中所示，當移動不同之測量時，控制器 130 之整個性能改變了。

依於處理狀況，不同之變數可能較容易或較困難觀察。於下列段落中，將說明用相似之設定至較早之測試之一系列之測試，但是具有不同之處理規則和狀況。於這些測試之設計情況企圖採用實際的限制於處理之操作。讀取之變數包括設備大小、產品優先權、和商務作業規則。

實際的製造設備具有大數目之工具和產品。於 20 個工具和 50 個產品之範圍值為用於處理區域之合理值。產品之數目能取得非常大，因為各處理區域包含了於其處理流程中於許多不同點之批次。形成於指定產品之各層能夠不同動作正如同不同產品般，只要相關於狀態估測演算法。此處模擬處理包含了 10 個工具和 50 個產品。於此大系統中至步級干擾之控制器 120 之反應係繪示於第 14 圖中。

第 14 圖之圖形非常相似於第 6 圖中所示 10x10 系統之圖形。控制器 130 能夠快速地辨識違反狀態並拒斥干

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (⁵⁶)

擾。此結果是重要的因為其顯示了狀態估測常式之能力，來按比例地放大非常大之系統。

用來解決關聯於此大數目之產品和工具之問題的一個技術是於交換之前，使處理於特定的工具上之特定的產品盡可能保持長時間。此技術共同稱之為工具專用，並公平地普遍使用。於工具較產品多之情況下，其減少控制問題從大的多變問題成為許多較簡單之單一變數問題。對於各工具產品之組合，僅需要追蹤組合之狀態，而於各工具產品之組合之間沒有共用之資訊。通常產品較工具更多，如此工具專用於交換之間特定產品之長時間處理。

然而，工具專用包含了斟酌取捨。藉由限制所指定的允許處理之批次的可能使用工具，而使得工具專用設計減少彈性。當特定產品之產量為有關係時，工具專用能引起不可接受之延遲。而且，當必須取出工具服務時(甚至是暫時性的)，就發生了問題。處理於特殊工具之產品必須移至另一個工具，而必須對於新的組合於經驗上找出適當的處理設定。

此處所說明之參數估測設計受工具專用之影響，因為專用引致某些工具和產品狀態之組合較之其他的組合更為共用。直覺上，若指定的產品總是處理於相同的工具，則對於定出工具和產品於狀態估測之誤差間的差異，變得更為困難。說明之次二個模擬使用上述使用之 10 個工具和 50 個產品步級改變資料組，但是改變迫使專用的程度。

第 15 圖顯示當於 10 個工具和 50 個產品處理之控制

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (57)

器 130 反應於處理 100 處之未預期之步級干擾時之反應。於模擬期間，短時間之工具專用繼續處理由僅 25% 時間交換於不同的工具而得到益處。第 16 圖顯示得利於較長之工具專用期間之情況(即，僅有 10% 之交換時間)。

第 15 和 16 圖之模擬結果顯示於控制輸出上有許多的峰值，具有較長處理決定之峰值為更優異的。各峰值由交換至不同之工具/產品組合而引起。由對照可知，步級干擾較之於前述之情況被更快速地拒斥。其他值得注意之有用的事情是，各峰值之間，雜訊位準較之於前述之模擬降低了。理想上，控制器 130 將於所有的時間達成此減少之雜訊位準，但是此是不可避免之斟酌取捨的一部分。將於下作更詳細討論之，當專用是有效時，定義於此等測試之系統是不可觀察的。於偵測處理期間，測量由結合了工具狀態和產品狀態而獲得。每當偵測到輸出誤差時，控制器 130 必須調整工具狀態和產品狀態其中之一或二者，然無法判定那一個真正造成了此誤差。當於交換時，有高的或然率至少一個狀態估測具有顯著之誤差。因此，工具專用屬一種斟酌取捨，當不可避免之交換發生時，接受具有較大不確定性之成本的短期間獲益。

於次一個設計情況是測試一個典型的製造情形，其中一個特定的產品較之其他的產品更經常出現。於此設計情況的目標是，說明於主要產品之長處理時間期間，並未“忘記”次要產品。再者，當從次要產品交換返回時，將不會干擾主要產品。於此 10 個工具和 10 個產品模擬期間，超

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (58)

過一半之處理為單一產品。其他 9 個產品為平均地分佈於其他處理之間。當於前示模擬中，步級干擾影響於處理 100 之其中一個工具。如於第 17 圖中所示，控制器 130 有效地操控此狀況。

從堅固和穩定性之觀點來看，考慮到二個主要的觀念。傳統上，該觀念是要確定控制動作和狀態更新不要有侵犯性，免得他們造成使處理變得不穩定之方式而反應於雜訊或更新的測量。此分析非常依靠選用之特殊的控制法則，和將如何好好表現此真正的處理之模式。因為製造應用需要非常積極的控制法則，此討論將焦點放在狀態估測其本身的穩定性和將如何追蹤真正的狀態上。

於傳統的於各時間步級所作相同測量之時間不變可觀察處理，使用於 Kalman 估測設計之誤差協方差矩陣最終將到達穩定狀態。於此穩定狀態，由於於處理之本身固有之雜訊而增加的不確定性，會精確地平衡減少由於測量而引起之不確定性。只要於處理中不確定性之模式非常精確，則協方差矩陣之對角線項提供於各狀態估測之對於不確定性之穩定狀態值。此意味著除此之外之非預期之處理干擾，此於控制處理輸出中之不確定性是很已知的。此處適當的處理特徵是重要的，因為這些結果僅於若對於固有的處理雜訊非常瞭解時才有意義。

當於輸出矩陣會改變之處理中使用了 Kalman 狀態估測，則誤差協方差矩陣不能到達穩定的狀態。每次輸出矩陣改變，則不同之狀態估測之間的相關不確定性會改變。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (⁵⁹)

即使不能到達穩定的狀態，但能夠將參數估測中之不確定性予以界限也是很重要的。此允許於受控制之處理輸出中之不確定性能好好地界限維持住。很清楚地知道，必須作足夠之測量以確保參數估測不確定性維持於可接受之水準。下一個說明之部分是要詳細說明此不確定性將如何用處理狀況和測量之不同的型式來改變。

自調控制方法之系統參數估測部分係由閉迴路系統辨識設計組構成。閉迴路系統辨識可能是困難的因為控制器 130 能夠顯著地改變處理之明顯的輸入-輸出動作。若控制器 130 正良好地工作著，則處理用非常小之變化執行於就近的目標。於此情況，很困難觀察動態的系統。

用於閉迴路系統辨識之共同的方法是使用持續的激勵限制。一般的概念是確保處理狀況為充分地可變以激勵於選擇之模式形式中所有之模式。當控制器 130 正執行於目標之處理而沒有任何干擾時，則於處理狀態有非常小之移動，而很難(或有時甚至不可能)觀察動態系統。

持續的激勵可拒斥小擾亂進入操作之變數，而使得於處理目標附近能以小成本變動而使動態變得可觀察。如設計實驗之相同的方法去盯住處理輸入也是可能的。當設計一個實驗以估測模式參數，選擇之輸入點係企圖檢查模式形式之所有可能的模式。若處理總是要用與實驗相似的輸入來處理，則可以證明此將獲得於模式參數之最佳的可能估測。

應用標準的持續激勵技術於遍及於批次處理環境之

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (60)

許多的處理系統和模式，並非為直接了當的。於許多之情況，將要估測之狀態變數並不會由共同選擇之輸入變數直接地影響。一個共同的例子是時序的處理，其中欲估測之狀態為額定的，而操控著處理時間。由於反應器積垢或可耗損地劣化，則選擇之處理時間能的確具有對於未來處理之處理速率之影響。然而，對於速率差變得值得注意時，則須好好地調整時間於標準操作範圍外。

有些處理可以使用標準持續激勵技術，但是對於許多之處理，多少必須使用某些不同之方法。因為設於每個批次之高重要性達到其目標，則當使其處理大部分時間為非干擾於目標時，可探查出用於選擇激勵處理之時間的技術。

實現並非所有於製造環境中獲得之資料皆為相同的，那是很重要的。有些資料更具資訊價值因為資料之品質係相依於測量了什麼和在什麼狀況下取得測量。資料之資訊內容係相依於觀察器正試圖從資料中習得什麼。舉例而言，於指定之壓力下重複測量溫度則清楚地顯示了溫度之度數，但是他們並不提供任何能悉查於不同之壓力下溫度會有多少度之資訊。

根據所選用之模式形式，不同之輸入訊號能突顯出不同的模式和頻率範圍。於下一段中將要說明的是，欲要良好地控制一個處理，則必須於正確的時間具有正確的資訊。只有在深思熟慮下瞭解了處理，才能導致正確地知道需要什麼資訊之知識。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (61)

可以使用對於可觀察性狀況之標準測試，由可提供之資訊觀點，來比較定位感測器之不同的策略。甚至當系統為可觀察時，亦有對於可容易估測參數之變化的程度。可觀察性矩陣之條件數可提供透悉這些效果。此處使用測試觀察性之技術來比較於不同操作狀況下之估測能力。

一個簡單的例子說明當施行閉迴路辨識時結合著處理控制而有良好資訊之重要性。茲考慮一個簡單的處理除非施加了輸入，則輸出停留於不變。其目的是要快速地反應目標不變，但是於輸入之獲益以不可預期之方式變動著。

於下公式描述處理，

$$y_{k+1} = f(y_k, b_k, u_k) = y_k + b_k u_k, \quad (88)$$

其中 b_k 是未知之獲益(於時間 k 有效)而 u_k 是施加之輸入。

因為 b 是未知之參數，其必須增加作為對於估測目的之額外狀態。可藉由線性化圍繞著現用操作點之系統而使用標準的 Kalman 估測設計。此當由下列公式所述而完成：

$$\begin{bmatrix} x \\ b \end{bmatrix}_{k+1} \approx \begin{bmatrix} \frac{\delta f}{\delta x} & \frac{\delta f}{\delta b} \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ b \end{bmatrix}_k + \begin{bmatrix} \frac{\delta f}{\delta u} \\ 0 \end{bmatrix} [u]_k \quad (89)$$

$$[y]_k = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}_k \quad (90)$$

需注意 $\delta f / \delta x_k = 1$ ， $\delta f / \delta b_k = u_k$ ，和 $\delta f / \delta u_k = b_k$ 。對於此系統，可觀察性測試矩陣示之如下：

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (62)

$$O = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 0 & u_k \end{bmatrix}. \quad (91)$$

因此，僅當 u_k 不為零時此系統方為可觀察。這是重要的，因為穩定狀態操作點於零具有 u 。僅當 u 保持離開零時方可辨識未知之參數 b ，此即藉由持續的激勵於控制器上的限制而欲達成者。此簡單的例子說明了持續激勵狀況如何能夠相關於可觀察性狀況。

一般而言，允許狀態估測器處理於不可觀察點將導致不可預期之結果。然而，萬一有干擾的話，則須作迴授控制。Kalman 估測設計將保持估測慢慢地移動，因為估測僅移動於需要解釋測量之量。

於下列的模擬中，上述之處理用不同的激勵狀況來執行處理。首先一個處理是沒有使用激勵。第二個處理施加了持續的激勵限制。第三個處理僅於小部分的時間強加上了激勵。於所有的情況，由控制法則組件 132 而使用設備轉換，而 Kalman 估測器使用於觀察器組件 134。於模擬過程中，獲益 b 的真正值為如第 18 圖中所示的斜波。因為設備轉換用作為控制法則，則於狀態估測之誤差為立即可見為於控制之輸出之誤差。

於第 19 圖中所示之第一個模擬，一直到目標改變為止並沒有施加輸入。因為獲益已經改變了，則對於會使新目標受影響之第一個時間步級，有一個顯著的從目標之偏離。於大部分的模擬期間，當沒有方法觀察未知之獲益時，控制器 130 缺乏資訊。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (63)

如第 20 圖中所示之於第二個模擬中，應用了持續的激勵限制。此處，有足夠之輸入於各時間步級之改變，而使得能估測獲益。當目標改變時，控制器 130 以較先前情況為少之誤差來作交換。然而，干擾已經引入遍及了整個模擬，使得獲益顯現。

可觀察性測試矩陣之階層共同用來測試觀察性。當此矩陣具全階層時，局限了其狀況數。於第一個模擬中，因為矩陣變成階層欠缺，則可觀察性測試矩陣之狀況數趨向於無限。由對照可知，於持續的激勵下，狀況數良好地停留在合理的限制內。第 21 圖追蹤用於第二模擬之可觀察性測試矩陣的狀況數。另一個有用的資訊件是用於狀態估測常式之誤差協方差矩陣的軌跡(trace)(對角線元素的和)。此軌跡提供了於協方差矩陣中明顯不確定性之全部的測量。第 22 和 23 圖分別顯示對於第一和第二模擬之此值。

於第 24 圖中所示之第三個模擬，係假設當目標改變將發生時已提前知曉了。於此情況，不須干擾此處理直到需要關於此獲益之資訊為止。此處每個事情平穩地處理直到目標改變已迫切為止。目標改變仍然正確地發生，而此處理未被干擾直到需要資訊為止。

激勵處理習得關於參數之情況係與嚐試獲得使用了純均方誤差標的之控制器相違背。於半導體製造中，不同種類的執行功能導致了其本身的問題。通常，製造之裝置對於多數的線內目標具有容許偏差(tolerance)。只要測量

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (⁶⁴)

值為合理地接近目標值，則裝置將適當地工作。於容許偏差範圍內，於裝置之最後輸出特徵有非常小的可注意到之差值。然而，有非常急速的拋棄過往(drop-off past)，此時裝置僅不工作。如此之一個例子是於處理層之校直製造電接觸。能夠具有藉由處理於容許偏差範圍內之所有資料點為良好和外側之所有資料點為不好之模擬此行為之執行功能。此種之施行模擬非常匹配包含持續激勵之觀察設計，因為激勵能使得當於安全停留於容許偏差範圍內時引發學習。

資料點的數目不僅為決定控制器 130 之效力的事情。各處理模擬具有相同數目之相同輸出有效測量。資料的次序和實際值影響了資訊內容。於什麼狀況下獲取資料也是很重要的。

並不須於所有的時間有完全的資訊。於第二個模擬中，於所有的時間處理獲益的正確值為已知。然而，第三個模擬僅於某些時間能夠用已知獲益來良好地控制處理。

於實際的處理中，經常可能於關於即將發生的目標改變之前，就先知道。然而，處理亦將接受未知之干擾。於此二個情況，具有足夠的資訊快速地驅動處理至目標值那是很重要的。因此，學習知道關於處理之每一件事情和令其處理而沒有干擾之間，清楚地有一個平衡點。

於上述例子中，顯示誤差協方差矩陣和可觀察性測試矩陣之狀況數之二個軌跡，其可為有效處理資訊之數量的指示器。可以使用這些值來建立使控制器 130 能用來保持

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (⁶⁵)

處理可觀察之激勵限制。

茲參照第 31 圖，提供了用來排程於製造系統活動之方法的簡化流程圖。於方塊 300，定義了關聯於製造系統之複數個觀察之狀態。於方塊 310，產生用於觀察之狀態。於方塊 320，產生用於狀態估測之不確定性值。於方塊 330，辨識於製造系統中用於施行活動之複數個候選排程。於方塊 340，根據候選排程預測於不確定性值之改變。於方塊 350，根據於不確定性值之預測改變而選擇其中一個候選排程。

現在將討論的焦點放在使用上述辨識的資訊，以作成對於製造系統 10 之排程決定。於分離部件製造，各批次是在目標上並防止處理之有意干擾，那是很重要的。此外，假定對於一個處理之處理輸入不影響任何後續的處理之處理模式，那是常見的。因此，以另外的方法來看辨識問題，是有益的。於此技術中，顯示了非傳統的操作變數來影響於相似方法的處理於標準持續激勵。

前段說明之於正確的時間具有正確的資訊，那是很重要的。各情況具有相同數目之資料點，但是結果卻是大不相同。清楚地瞭解到，能夠定義由正確資料外插這些發現值至更有用的位置之意義，那是很有用的。

此段企圖找出一些方法來量化於正確的時間具有正確的資訊之理念。舉例而言，直覺上透過一處理於企圖處理一個重要產品之前，所有的適當資訊將是有效的。然而，一貫而客觀地應用此學理，知道什麼資訊是重要的和將如

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (66)

何去使用他，那是很有幫助的。將於下作更詳細之說明，建立了數學上的目標函數，能夠簡明地表示出所作決定之輸出項的期望值。由比較對於不同選擇動作之適當建立之目標函數之值，即可能達成滿足上述需要之解答。

當使用 Kalman 估測設計之有效的協方差矩陣，則能提供有價值的洞察。此矩陣之對角線元素測量於其對應之狀態估測之現有的不確定量。由處理次序和選擇之測量而完全地決定協方差之估測。當系統前進到次一個時間步級時，於各狀態的不確定性將引致誤差協方差矩陣對於下列公式而更新：

$$P_{new} = A P A^T + G Q G^T. \quad (92)$$

當取得一測量時(使用特定的 C_r 和 R_r)，依照下式而更新誤差協方差：

$$P_{new} = (P_{old}^{-1} + C^T R^{-1} C)^{-1}. \quad (93)$$

此等公式並不依靠測量之或於處理之現用狀態的實際的數值。他們僅定義測量特予之一些關於基層系統結構之假設的不同數量之效果。

追蹤協方差矩陣之項是複雜的動作。這是因為已知關於不同變數之間關係的每一樣事情，都列入了計算。測量一個變數影響了將處理之其他相關變數之未來如何測量。

一個非常簡單的範例系統說明了這些概念。茲考慮具有二個狀態和二個測量之表面上靜止的處理，當由下列公式說明。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (67)

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}_{k+1} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}_k \quad (94)$$

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \end{bmatrix}_k = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}_k \quad (95)$$

此系統能考慮說明為一簡單的處理，其中 x_1 是一個可測量之工具狀態，而 x_2 是一個沒效之直接測量之產品參數。於任何情況，能夠盡可能辨識此二個參數，以及直接測量僅於他們其中之一有效，那是很重要的。

於各下列一系列模擬中，取得相等數目之 y_1 和 y_2 測量值。於各新的模擬中，改變測量次序以判定其於誤差協方差的效果。前述之 Kalman 濾波器式設計用作為具有所有雜訊和於整體起始協方差估測之狀態估測器。繪示對於此二狀態之協方差項目對於各情況之圖形。對於此二測量之有效測量寫映矩陣由下列公式來說明。

$$[y_1]_k = C_1 x_k = [1 \ 0] \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}_k \quad (96)$$

$$[y_2]_k = C_2 x_k = [1 \ 1] \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}_k \quad (97)$$

於第一個模擬中，首先施行第 25 圖中所示之所有之 y_2 測量。因為由此二個狀態而影響了測量，和並沒有關於此等狀態相關值之資訊，二個狀態之不確定性經由首先半個的模擬而穩定地增加。於第二個半個模擬中，獲得 y_1 測量值。因為此是 x_1 之直接測量，則相關於該狀態之不確定性快速地下降。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

終

五、發明說明 (68)

然而，因為沒有關於 x_2 之資訊，則其不確定性快速地成長。應注意於表中具有最低總不確定性的點，正是於半程點後之處理，此為很重要的。此處，提供了關於 x_1 真實值之資訊的第一位元，和協方差已經包含了關於 x_1 和 x_2 如何相關之資訊。

於第 26 圖中所示之第二個模擬中，首先作所有之 y_1 測量，其結果是相似於前面的狀況。當測量 y_1 時，於 x_1 估測之不確定性停留為低而 x_2 快速地爬升。當測量 y_2 時，於此二個估測之不確定性上升。再者，具有最低總不確定性之點是在轉換位置(switchover)。每當僅取得一個測量時，總不確定性繼續生長直到取得了補充測量值為止。

顯示於第 27 圖之第三個模擬係利用首先二個模擬之一些發現資料。此處，於 y_1 和 y_2 之間交替地測量。固定地分享資訊允許此二個參數估測之不確定性維持於低。因為用於此處理之狀態轉移矩陣是相同的矩陣，則用於此簡單系統之可觀察性測試矩陣表示為：

$$O = [C^T] \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}. \quad (98)$$

對於此系統，需要 2 階層，而此矩陣滿足該限制。然而，若其中任一測量不是有效的，則此系統將為不可觀察。這是為何當僅其中一個測量用於長時間週期時，不確定性會成長的原因。表 6 總結了以協方差平均值來表現的結果。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (69)

表 6-處理次序相依結果

測試配置	平均協方差 1	平均協方差 2
產品首先	3.9	11.1
品質首先	4.2	10.9
混合	1.0	1.9

於一個典型的製造設備，將有更多的產品和許多較少的品質處理。然而，處理和測量次序影響了參數估測的品質之概念並沒有改變。測試顯示的是，特定種類之處理之長時間延展減少了估測器試圖辨識所有之處理參數之整體的效率。當有多個變化的來源時，施行僅單一型之處理不允許估測設計於不同之誤差來源之間作區別。此系列的測試對於經常之產品和工具交換可以由參數估測關點而較佳之此一概念，提供了理論上的基礎。

前述之模擬建議可以在一組之資料中提高資訊量的品質。亦清楚瞭解到所獲得之資訊的品質係與資料的數量完全無關。資訊的值非常依於精心設計之系統的性質。於一個完全靜止而沒有干擾的系統中，新的資訊並非要如此嚴格。一旦系統的性質決定了以後，任何的新資料僅作為確認用。然而，於一個具有可能干擾之動態系統中，總是需要有更新的資訊。當知道了更多關於此系統後，就更容易辨識干擾。

誤差協方差矩陣是一個需要更多資訊之有用而方便的指示器。適當的初始處理特徵引導了於系統中雜訊量之正確的估測，而協方差矩陣之演進取得這些估測。協方差矩陣之演進並不依於測量之資料值。伴隨著建立於模式中

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (70)

之系統雜訊特徵化，僅測量之次序和選擇影響著協方差矩陣。

每一個處理或測量事件以已知方式影響著狀態估測 $x_1^{\wedge}$ 和協方差矩陣 P_x 。 P_x 的軌跡(對角線元素的和)提供於此狀態估測中不確定性值之總數的測量。前述之均方根估測常式企圖藉由改變此等狀態估測而極小化誤差協方差矩陣之軌跡。就他們將如何影響 P_x 的軌跡而言，現在可以著重於處理決定。

下列段落由透悉他們將如何與資訊品質有關，而檢查一些共同的處理決定。並不把焦點放在一般的兩次處理對比(run-to-run)之處理設訂，譬如技術方法(recipes)設定點，此段將代之以著重於整個的趨勢。調查處理次序和工具選擇之衝擊對於他們關於此系統之有效資訊的影響。

僅將重點放在，半導體製造設備之最後目標，盡可能以最小成本而快速地獲得工作產品。可以驗證幾個能以數學方式表示之(可能衝突)目標。一些共同目標綜合如下：

- 使產出率最大(時間最短)
- 盡量少使用原材料
- 使從線內目標之均方偏離最小
- 使從線內目標之總分離物(gross outlier)最少

直覺上，很顯然的，可以從這些目標之間作斟酌取捨。於一種極端的情況，於處理於各單元操作之各批次之產品材料之前，能夠執行處理特殊的經驗，俾使得獲知所有的重要參數。反之，若迄今沒有處理之經驗和於產品上

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (71)

未取得測量值，則材料能最快速地從門內取出。於實務上，如工作上之平衡偏移需要改變。一個理想的控制系統將能夠於非常高層級的瞭解並反應這些改變要求。

許多的處理決定對於狀態估測演算法之可取得資訊是有效果的。此處將說明少數之關鍵決定，伴隨著特定於他們能如何最佳化以支援狀態估測。一個很明顯的決定是要測量那一個批次。於許多兩次處理對比控制應用中，測量所有重要的控制於每一個批次的參數，那是不實際的。取得測量值使用了可能的製造時間，而於某些情況，亦需要額外的材料(譬如引導晶圓)。對於這些理由，於工業設置中之兩次處理對比控制器可以具有減少組之可用於工作之處理測量。很清楚地知道可有利地選擇該組提供了關於處理之最多資訊之測量，和整個的成本將適當地減少。

一般而言，使用規則式的方法以選擇取樣計劃。於這些方法中，檢核一系列的標準以決定是否將測量指定的批次。舉例而言，於各維修事件、特定產品之所有批次、和未由早先規則所包含的每三個批次後，可以指定測量處理於各工具之第一批次。

雖然這些計劃很容易施行，但是很難瞭解他們將如何實際影響該處理。此處所說明的方法係基於目標函數。定義一目標函數能用來比較一個計劃與另一個計劃，並判斷那一個計劃比較好。

另外一個重要決定是其本身的處理次序。於具有不確定性和受到干擾之處理環境中，當處理各批次時，改變處

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (72)

理(和測量)之次序會改變有效的資訊。處理於不同之處理工具之分配材料，對於可取得之有效資訊有很大的影響。此影響將更詳細說明於下。

於狀態誤差協方差矩陣就排程決定之效果而言，可分析這些排程決定的每一個。然而，應注意到亦有其他的效果，那是很有用的。改變處理次序或工具分配會衝擊到生產力，因此將下游結果列入計算則是有幫助的。此處使用之策略是首先要個別地分析這些處理決定的每一個。然後，呈現出於實際使用中滿足於各組合情況的更一般規劃。

對於指定之處理計劃(工具分配和處理次序)，對於測量總數有一個限制。只要能滿足該限制，則可自由地選用特定的測量。於處理區域，一個處理之或等待將要處理之其任一種情況之所有的材料，定義一隊列之可能測量。此隊列定義用於選擇演算法之預定水平線，並假定有 n 長度。

定義 2 進位變數之向量 u ，以各元素 u_i 對應於隊列中之一個批次。於此向量中，1 表示將要測量的批次，而 0 表示將不受測量的批次。對於向量 u 指定的選擇，能使用處理模式以演進協方差矩陣經過列入計算所有處理和選擇之測量之整個預測水平線。

就特定的協方差矩陣 P 而言，令 $J(P)$ 定義性能指標。一範例指標將是 P 之軌跡。於誤差協方差矩陣中對角線元素之和是於特定估測之不確定性之量的極佳測量值。或

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (73)

者，對應於特定參數之值能夠相當根據任意的關係而增多或減少加權。

令 $fn(u)$ 參考為根據輸入向量 u 計算之性能指標值之預定水平線經過所有時間步級之和。此目標函數之值依於基礎系統模式之結構和雜訊參數之選擇值。而且，依於協方差矩陣中於解決最佳化時間之現用值，可獲得不同的結果。此是直覺上瞭解的，因為於不同的時間，極為需要不同的測量。

現在，能夠定義最佳化問題以確認適當的測量。於特定的例子中，若 c 表示於隊列中允許受測量之批次的數目，則下列公式數學上定義此問題：

$$\min_u f_n(u) \quad (99)$$

$$\sum_{i=1}^n u_i \leq c \quad (100)$$

$$u_i \in \{0, 1\}. \quad (101)$$

解決最佳化問題之向量 u 把參數估測中之不確定性降至最小，而滿足於測量之最大數之限制。

對於指定的處理和取樣計劃，於欲受處理之材料之次序具有一些彈性。於此區域內有一隊列的材料等著受處理，而只要符合了某些限制條件，即可從隊列中以任何之次序選擇批次。如前面所顯示的，誤差協方差矩陣是路徑相依的。當各處理將要執行時，改變處理之次序對於可取得的資訊能有影響。因此，誤差協方差矩陣可再用來驅策

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (74)

最佳化之問題。可以預定那些批次將受測量和那些批次僅受處理而不作測量。

茲再假定批次之隊列有 n 之長度。定義整數變數之向量 u ，以各元素 u_i 對應於隊列中之一個批次。於此向量中，當批次將處理時，各元素 i 之值 u_i 表示時間步級。基於此理由，必須限制向量 u 將包含 1 和 n 之間的所有整數。

就特定的協方差矩陣 P 而言，能再定義性能指標 $J(P)$ ，而為了選擇處理次序之目的，將合理地選擇 P 之軌跡，雖然可調整加權使某些參數較之其他的參數更重要。

令 $f_n(u)$ 參考為根據輸入向量 u 計算之性能指標值之預定水平線經過所有時間步級之和。如上所述，此目標函數之值依於系統模式和於 P 矩陣中之初始值。如上述之情況，能定義最佳化之問題以決定適當選擇之輸入向量 u 。

$$\min_u f_n(u)$$

(102)

$$u_i \in \{0, 1, 2, \dots, n\}$$

(103)

$$u_i \neq u_j \quad (i \neq j).$$

(104)

對於要處理的指定材料組，必須選擇用於處理之適當的工具。很自然地，因為生產量和生產力之關係，存在著限制條件。然而，在限制之界限範圍內，對於某些工具可以選擇某些材料以獲益關於系統之更多知識。就不同的產品和工具而言，有許多之啟示能夠表示所指定追縱參數不

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (75)

確定性的架構。就事實上某些參數較之於其他的參數有較高之可靠度，從工作的體驗上能感覺到，須用更可信賴的或現有的狀態資訊來處理於工具上更重要或關鍵的產品。

由辨識的觀點來看，可以藉由於工具上處理良好之特徵產品，而習得關於未知的工具。反之，於高度信心瞭解的工具上處理新的產品，能快速地幫助習得關於新產品。此段中將嚐試更客觀地定義這些規則。

欲檢驗此問題就不得不考慮到於總設備生產力之複雜性。傳統上係以最短時間目標來決定工具排程。於此測試研究中，將用簡單的限制來操控生產力關係，但是通常此僅為大的最佳化問題的另一部分。事實上，其他的研發人員已經研究使用模式預測控制公式化表述來最佳化生產力和貨品清單。

如於前述之情況，有 n 批次之隊列等候於處理區之處理。對於各批次之產品為已知，並預定是否將測量該批次。若處理工具編號從 1 至 k ，則可用對應於隊列中一個批次之各元素 u_i 來定義整變數之向量 u 。於此向量中，各元素 i 之值 u_i 表示批次將處理之工具。

就特定的協方差矩陣 P 而言，能再定義性能指標 $J(P)$ 。於決定那一個處理工具將執行的情況，和能調整加權以使某些參數較之於其他參數更重要之前，可再使用 P 之軌跡。

令 $fn(u)$ 參考為根據輸入向量 u 計算之性能指標值之預定水平線經過所有時間步級之和。再者，目標函數之值

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (76)

依於系統模式和於 P 矩陣中之初始值。如上述之情況，能定義最佳化之問題以決定適當選擇之輸入向量 u。

$$\min_{\mathbf{u}} f_n(\mathbf{u})$$

(105)

$$u_i \in \{0, 1, 2, \dots, k\}$$

(106)

於此段中，顯示了較所獲得的資料量有更多之狀態估測。茲說明欲量化於資料組中之資訊量之方法。可以使用這些方法來作將引導更多對於狀態估測有效之資訊的處理決定。下列之討論將這些最後的幾個設計情況聯合成對於所需資料之相干策略。此策略藉由提供新資訊之穩定和可信賴資訊流而施行此不確定性式狀態估測。

包含之前述例子設計情況處理各決定，和他們於狀態和參數估測之效果。當各情況於實際產品設備於其本身適合值得研究時，他們必須全部同時考慮。下列之討論將說明用於資訊收集和參數估測之所需全盤計劃。

作為初步之步驟，首先證明譬如排程和取樣之處理決定，能夠使用需要之狀態估測演算法作為指導而下決定。對於此理由，使用了上述之最佳化問題而顯示許多的模擬處理。於各此等測試設計情況，用相同的方法而初始設備和狀態評估演算法。於每一個此等測試設計情況，研究不同的處理決定。

限制可能解答的數目和允許容易瞭解的情況，具有三個處理工具和三個產品之系統由模擬驅動器 136 所特定。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (77)

如於較早之情況，係假定產品和工具之間僅有重要的變化來源不同。於模擬期間，隨機雜訊和輕微的偏移加到狀態中。於各設計狀況，控制器 130 開始並沒有系統狀態知識，和處理了 200 個時間步級以完全地設定。次 20 個處理為受到測試。所有的測試使用了如基本情況之相同的處理組。表 7 顯示使用於所有設計情況之基本配置。

表 7-處理決定基本情況處理綜覽

處理	工具	產品
1	2	1
2	3	2
3	2	2
4	1	2
5	3	(品質(qual))
6	2	2
7	3	2
8	1	3
9	3	1
10	1	3
11	3	3
12	1	3
13	2	1
14	1	2
15	1	3
16	3	2
17	3	3
18	3	1
19	1	2
20	2	3

第一組之測試係處理選擇之最佳取樣計劃。測試的目標是要選擇測量之處理，而使得於所有參數估測之不確定性能減至最小。此可由使用定義於公式 102 之目標函數和其相關限制所完成。目標函數之估測是非線性、反覆的處

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝
訂
線

五、發明說明 (78)

理。一旦選定了輸入向量 u ，則可使用處理模式來經由時間而向前推演協方差矩陣。

對於此問題，限制(公式 103 和 104)完全定義了可施行之解答空間。本質上，必須在可能之 n 個中選出 c 測量值。因為處理次序是固定的，則選擇之測量的次序並沒有關係，只要他們全部在處理開始之前已選擇了就可以了。此意謂著定義之可行的候選排程之數目已由下式所給予：

$$\frac{n!}{(n-c)!c!}$$

(107)

對於總共 20 個之處理，可藉由徹底搜尋可行的區域而解決此最佳化之問題。下列表 8 總括了幾個不同之 c 值之測試結果。

表 8-最佳化測試取樣之綜覽

c	取樣	目標值
1	5	932
2	5、8	811
3	5、6、8	708
4	2、4、5、6	678
6	4、5、6、11、12、13	551
8	4、5、6、7、10、11、13、14	488
10	4、5、6、7、10、11、13、14、16	444
16	1、2、3、4、5、6、7、8、9、11、12、13、14、15、16、18	385
20	(全部)	375

從這些處理中可立即顯現幾個結果。首先，於各解決方法中皆表現出具有處理 5 之工具品質處理。此特定的處

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (⁷⁹)

理於鎖住參數之真實值時最有幫助。其次，演算法支持接近於測量開始之測量處理。此是直覺上可瞭解的因為於每次處理增加了不確定性。藉由測量接近於開始之更多的處理，估測器能保持平均不確定性記錄。用較少測量值之處理說明了演算法嚐試學習關於整個系統。藉由取樣包含了整個工具和產品範圍之幾個處理，估測演算法能夠具有完全的系統概念。

值得注意的是目標函數之值的極限為高於大約 10 個測量值。此更清楚地說明於第 28 圖中。此建議實際使用之演算法將辨識不提供足夠的新資訊來證明他們於時間和資源的成本是適當之測量。

第二組之測試處理選擇之處理次序。此處，預定了將要測量之處理，但是能在給定的批次隊列內任意地安排處理次序。再者，目標是將參數估測中之不確定性降至最小。在公式 103 和 104 中之限制定義了一組之可施行之解答。藉由於一時間從隊列中選擇一個批次而決定次序，直到所有的處理已完成了為止。因為此問題有 $n!$ 可能的解答 (即，候選的排程)，則解答空間之徹底搜尋是不切實際的。

對於這些測試處理，使用了次最佳方法來限制候選排程之數目，並取得能夠充分說明關鍵點之近似解答。並不嚐試包含整個的解答空間，而可解決一系列之 n 個較簡單之問題。對於各處理，選擇了提供最立即改進目標之一個批次。重複此處理直到所有的批次處理了為止。

處理此測試，必須預定取樣計劃。用改變數量之資訊

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝
訂
線

五、發明說明 (80)

來測試，處理測試進行測量每一個批次、每一個其他批次、
每一個第三批次、每一個第四批次、和每一個第五批次。
知道當將進行測量時，控制器 130 必須決定最大化有效資
訊之處理次序。

下列表 9 表示了處理次序研讀之結果。於各測試中，
使用新次序所獲得之目標之值，與表現於表 7 中使用內設
次序所獲得之值相比較。於各測試中，對於較佳處理次序
之解答相當地改進了目標函數值。

表 9-次序最佳化測試之綜覽

允許之取樣	於目標值之 %改進
20	19.8
10	20.4
7	17.6
5	15.9
4	15.9

最後一組之測試處理工具分配問題。此處，預定了對
於一組批次之處理次序和取樣計劃。目標是藉由對於隊列
中各批次選擇最適當的處理工具，而極小化於參數估測中
之不確定性。於公式 105 和 106 中之限制定義一組可行之
解答。

以 n 批次之隊列和總共 k 個工具，則有 k^n 個可能之
解答。當可能之解答數以問題之大小而按指數而增加時，
則解答空間之徹底搜尋通常是不實際的。如上所述，用次
最佳方法由限制候選排程之數目而達成適當的解答。

對於各處理，選用將於目標函數獲得最大改進之工

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

五、發明說明 (81)

具。因此，解決了一系列 n 個較簡單之問題以決定何處來處理所有的批次。下列表 10 顯示由演算法決定之處理次序。

表 10-工具分配處理綜覽

處理	工具	產品
1	1	1
2	3	2
3	2	2
4	3	2
5	3	(品質(qual))
6	2	2
7	1	2
8	2	3
9	3	1
10	2	3
11	3	3
12	1	3
13	2	1
14	2	2
15	1	3
16	3	2
17	2	3
18	3	1
19	1	2
20	1	3

於工具之批次的分配獲得大約 10%於目標函數值之改進。然而，有一些更衝激之結果。第 29 圖比較當使用內設工具分配計劃和最佳化計劃時，控制演算法之模擬輸出誤差。因為於具有相對小評估不確定性之工具來處理具有高參數估測不確定性之產品，則大數量之可變性以最佳化方式移動。

此模擬之一個重要特徵是沒有規定公平使用工具之

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝
訂

五、發明說明 (82)

限制。此結果顯示將處理公平地分配於所有包含之所有工具之間之演算法。對於此之理由是對於指定之工具於參數評估的不確定性隨著時間而增加，即使是未選用該工具。因此該演算法必須使用所有的工具，俾使得可有效取得足夠的資訊，含蓋所有的工具使保持不確定性低。

如於前段所示，譬如工具排程和取樣計劃之製造處理決定，對於有效施行處理控制之能力，具有非常實際的效果。再者，顯示了這些決定變數之適當操作能改進控制輸出。當決定變數不直接影響控制器 130 操作之處理變數時，他們影響可有效取得於控制器 130 用來更新其狀態和參數估測之資訊的數量和品質。對於以模式為基礎之控制器，模式參數之不同值引導到目標函數之不同的值，而因此選用不同的處理輸入。

使用誤差協方差矩陣可有效於 Kalman 狀態估測設計，此製造決定顯示於控制器 130 中之不同的參數估測具有相關不確定性之明確的關係。能建立模式將處理決定相關於他們在參數估測中於不確定性之影響。依於參數估測中現有之信心，採取特定的測量或執行特定的處理工具，能具有很不同之效果。

關於此點，可方便地將處理模式從監督排程模式中分離出，如第 30 圖中所示。處理模式 300 施行低層級處理模式 310，該處理模式 310 描述當操作輸入時，如何影響了處理變數。處理變數包括技術方法之設定、測量批次性質、和變化的來源。於此模式中，批次為未知直到他們出

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (⁸³)

現為止，於此點，他們的性質決定他們將如何由處理裝備所影響。排程控制器 320 施行監督、排程模式 330，而無關於詳細說明如何處理批次。或可取而代之，其僅處理經過設備之材料的移動。

決定一系列分離事件之環境。這些事件包括處理之批次、高品質之工具、和受測量之批次。對於這些事件中之每一個，可使用處理模式 310 以決定於實際處理狀態之預期影響以及於參數估測之不確定性。可使用高層級排程模式 330 以決定於貨品清單層級、循環時間、和工具使用事件之影響。

此處使用多層級控制策略。上述及由處理控制器 300 施行之狀態估測技術很適合用來解決決定給予了所有的可取得的處理資訊之最佳參數估測之問題。此狀態估測不具有關於將處理之材料或將接收什麼測量之次序的輸入，但是他能夠有效地處理到達之資訊。

於次一個層級，排程控制器 320 藉由分析候選的排程符合幾個目標而操控排程。除了確定有效使用了處理工具和材料於合理的時間量通過設備外，排程控制器 320 必須確定較低階層處理控制器 300 和其狀態估測演算法接收適當的資訊。

此串聯的設計允許具有各控制器 300、320 之模組設計，該等控制器 300、320 為最適合的操控任務。甚至較高層級工廠最佳化控制器 340 可提供用於排程控制器 320 以定義目標。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (84)

至排程模式 330 之輸入為處理決定。於給定的時間步級，要作許多的決定。為了簡化之目的，假定所有的處理花費了相同的時間量，並且他們全部都同時開始和結束。此允許於決定變數之簡化。若有一隊列之 n_b 批次於處理區域等候處理，則於指定之時間步級，必須決定有那些批次於時間步級期間於處理區域將於所有的工具作處理。若於處理區域中有 n_t 個工具，則向量 u 之 n_t 個元素定義將處理於工具之各批次。概括而言，於隊列中之各批次不全然必須為產品批次。工具品質和其他此等事件亦能適合於相同的架構。需要第二輸入向量 v ，亦為長度 n_t ，來特定是否將測量描述於 u 之各處理。

對於於時間步級選擇之決定向量(即，候選排程)，可計算用於處理狀態估測器於誤差斜方差矩陣之效果。如於前述之例子中，就於此矩陣中操作而言，能定義目標函數。

模式預測控制器(MPC)公式化能提供用來解答上述於實際情況之最佳化問題的優越媒介。當模擬能用預定之材料隊列於已知環境中處理時，實際的製造設備更複雜。處理狀況總是受到改變，而由控制器所作的決定能依照工作之需要而予撤銷。使用 MPC 公式，每次解答最佳化問題時，僅施行了第一決定。於新的資訊變得可使用後，再度解答了問題。此設計非常適合操縱於設備中之快速改變狀況。

MPC 於檢驗現在的改變將如何影響未來的處理之前，能留意幾個時間步級。使用 MPC 公式，定義了他們

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (85)

將如何改變之系統狀態和模式。當使用由處理控制器 300 使用之狀態誤差協方差矩陣來決定，各狀態僅為參數估測不確定性值。他們將如何改變之模式，係由公式決定，該等公式決定當處理和測量各批次時，協方差矩陣將如何改變。

由排程控制器 320 所接收的“測量”，為施行實際的處理決定後，於由處理控制器 300 所提供之協方差矩陣中之新值。因為外側之影響，實際處理決定也許匹配，或也許不匹配所需要之排程控制器 320 之決定。

MPC 方法之另外主要的好處，是包括了於決定之限制的能力。由使用預定之水平線，而可以使用經過長時間週期測量之譬如材料百分比之複雜的限制。等待處理之批次於工具分配、取樣、和時間之限制，能夠全部插入此非常一般的架構中。

對於此聯合處理和工廠控制策略，有許多之好處。傳統上，當工作需要指令時，已作了排程，以少的或沒有分析加至於處理控制之衝激。處理控制是在工廠約束之限制條件內必須作之某些事情。用所需之處理控制整合所需之排程對於如此處所列示之二者有幾個明顯的優點。

一般而言，取得測量以確保能正確地處理批次。藉由允許處理控制器具有輸入於取樣計劃，使用對於此處理之不確定性之瞭解而選擇相關的測量。因為於參數評估之不確定性直接轉譯成於處理輸出之不確定性，則可能減少測量值至需要確保所有之處理輸出是在適當的容許偏差內。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (86)

此不僅節省了時間，而且也限制了必須表現之測量工具的數目。當然，當輸出不確定性變得太高時，亦能建議排程控制器 330 小心地選擇測量值。其有適當的資料作通知決定，關於那一個可能的測量將提供最大的利益。

排程最佳化之另一個應用範例是“重要”批次之處理。一個特定的批次可基於各種理由而標示為高優先權批次(例如，預定之性能特徵、測試批次，等等)。對於如此批次可希望相關於該指定批次之最佳化處理。不確定性分析可應用於包括目標批次之不同的候選排程，而當選擇了處理目標批次時，候選排程具有最低之不確定性。

排程控制器 330 亦能選擇用於譬如工具品質之特殊事件的時間。這些事件通常使用於裝備維修，但是他們亦能用來增進資料之品質。排程控制器 330 具有知道何時用於工具狀態之估測之參數具有顯著的不確定性之有效資訊。當過去之維修品質將提供關於工具參數之狀態的更新資訊時，此是執行於工具上維修之好的時間。此種之動作能減少停工時間，並當他們真正需要時，可藉由排程事件而改進控制輸出。

早期探討之排程和取樣最佳化問題落於困難數學問題類中。首先，目標函數之估測極為非線性處理。甚至當低階層處理模式為線性時，依於接收之測量資料於誤差協方差矩陣之更新需要矩陣反轉技術。事實上決定變數為分離值而非連續值，而使此問題進一步變得複雜。找出連續非線性函數之極值之共同方法，是取得關於獨立變數之導

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (87)

數。一般而言，這些極值不對應於由系統限制所允許之分離變數之分離值，因此必須使用更複雜之搜尋方法。

如早於此段所說明之模擬處理，當系統大小增大時，由直向前進搜尋設計所需之目標函數估測之數目，快速地變成天文數字。由將此問題分割成小件並結合稍後將作模擬之解答，而能發現一些助益。此外，可以從可行之解答而工作，應用獲得之其他可行解答之小改變，看看是否改進了目標值。這些方法的缺點是，不保證搜尋全部的最佳值。所需之最正確解答和具有於合理時間量解答之間必須達成平衡。當決定於大工場中之處理排程時，必須將大數量之因素列入計算。

於一個實施例中，可定義單一目標功能和相關的限制以包含所有的關係。目標將符合許多具有不同方面專門技術之不同部分的需要。舉例來說，就將產生多少處理資訊而言，當控制工程師能夠說明特定批次之重要性時，操作搜尋專家更關心該批次要等候多久去處理，和如何將該批次更有效率地移動通過生產線。此外，工程師嚐試改進處理也許需要於某些具有特殊設定之工具上處理某些批次。建立符合所有這些需求之單一目標，需要各有關方面之相關重要的規格。

一個替代的方法是具有就各部分之需求而特製之分離的系統。這些系統之每一部分能夠容易地決定此等最可能看到之處理決定。然後監督系統負責解決衝突。如於前段中所提及的，以規則為基礎之系統共同用來排程產品處

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (88)

理。這些系統通常設計成用少的關於兩次處理對比控制應用之需求，而將延遲和成本降至最小。用此種之系統整合勢必影響於現有設備中之排程。

此處所說明之技術表現了有力的方法瞭解操縱許多於大尺寸半導體製造工廠中同時動作之不同的處理。此結合系統模式之研就加強了於不同處理之間能共用大的處理資料之事實。當裝備、產品、和處理之間的差別時常較單一處理之兩次處理對比波動更大時，結合模式藉由使用從於時間的幾次處理來的資料，連續捕獲不同區域之處理之間的差。此方法的關鍵好處是不同的處理內容之間資訊共用，而使得當偵測到錯誤時，系統模式非常快速地更新。

其他主要的結果是，於狀態和參數估測演算法中，瞭解於估測中不確定性之量與獲得估側值其本身同等的重要。提出根據估測信心位準之遞迴狀態估測常式以執行更新，即使當僅有一部分之所希望之測量資料為有效時。說明並解決了譬如延遲和漏失測量之實際測量問題。結果是健全的設計可應用於製造設備許多不同之處理。

於所含之有效資料和有用資料之間作區別。狀態估測設計之性能係非常依於所接收之資訊的品質。辨識狀態估測誤差協方差矩陣作為於估測中不確定性之指示器，而於矩陣中測量之效果解釋為於估測中不確定性的測量影響。

譬如批次排程、工具分配、和取樣計劃之處理決定已顯示對於控制器性能具有效果。使用包含於誤差協方差矩陣中之參數估測不確定性資訊，這些處理決定能最佳化以

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

統

五、發明說明 (89)

給予更適合的處理控制結果。模擬結果證明了於狀態估測中之可測量改進，和控制輸出性能能藉由使用從處理控制器來的資訊而達成，以幫助作較佳之排程和取樣決定。此外，顯示狀態估測演算法能辨識提供了稍微資訊之測量，俾使得這些測量可能被跳過。

揭示於上之特殊實施例僅作說明用，而本發明可作修飾以及以不同之方式實施，但是對於此技藝方面之一般技術人員而言於閱讀習得本說明書後，當可瞭解本發明可以諸多等效方式實施。再者，除了以下之申請專利範圍中說明之外，並不欲對其中所示之構造或設計之細部作限制。因此，當可明證以上揭露之特定實施例可作更改或修飾，而所有此等變化皆係考慮在本發明之精神和範圍內。由此，本發明提出下列之申請專利範圍請求保護。

[圖式簡單說明]

第 1 圖是依照本發明之一個說明實施例，製造系統的簡化區塊圖；

第 2 圖是第 1 圖之製造系統一部份之簡化區塊圖；

第 3A 和 3B 圖是例示或然率密度函數之圖示；

第 4 圖到第 29 圖顯示第 1 圖之控制器於各種情況下性能之圖示；以及

第 30 圖表示依照本發明之另一個實施例，包括處理控制器和排程控制器之系統的區塊圖；以及

第 31 圖表示依照本發明之又另一個實施例，於製造系統中用於排程活動方法的簡化流程圖。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (90)

- | | |
|------------|-----------------|
| 10 製造系統 | 20 網路 |
| 30 至 80 工具 | 30A 至 30C 工具 |
| 90 伺服器 | 100 資料庫伺服器 |
| 110 資料儲存器 | 130 控制器 |
| 132 控制法則組件 | 134 觀察器組件 |
| 136 模擬驅動器 | 140 工作站 |
| 200、210 工具 | 300 處理模式(處理控制器) |
| 310 處理模式 | 320 排程控制器 |
| 330 排程模式 | 340 工廠最佳化控制器 |

附錄 A-術語表

縮寫詞

- LQG 線性附帶有高斯雜訊之二次方程式 (Linear Quadratic Gauaaian)
- MPC 模式預測控制 (Model Predictive Control)
- MSE 均方誤差 (Mean Squared Error)
- SISO 單輸入 (Single Input) , 單輸出 (Single Output)
- SPC 統計處理控制 (Statistical Process Control)

符號

- A 於狀態空間模式中之自動相關項
- B 於狀態空間模式中之輸入效應項
- C 於狀態空間模式中之輸出寫映項
- C_r 減少之(有效的)輸出寫映矩陣
- G 於狀態空間模式中之雜訊效應項

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (91)

L	觀察器增益矩陣
O	可觀察性矩陣
P	狀態誤差協方差
Q	模式處理誤差協方差矩陣
R	測量協方差矩陣
R_r	減少之(有效的)測量協方差矩陣
u	系統輸入向量
v	測量誤差向量
w	處理誤差向量
x	系統狀態向量
$x^{\wedge}$	系統狀態向量之估測
x_{old}	事件前之系統狀態向量之估測
x_{new}	事件後之系統狀態向量之估測
y	系統輸出向量

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

四、中文發明摘要（發明之名稱：依據不確定狀態之評估編排製造計劃之方法與裝置）

一種監視製造系統(10)之方法，包括定義關聯於製造系統(10)之複數個觀察狀態。產生用於觀察狀態之狀態估測。對於各狀態估測產生一個不確定性值。接收在製造系統(10)中關聯於實體之測量資料。狀態估測會依據測量資料以及關聯於該狀態估測之不確定性值來作更新。一種用於監視製造系統(10)的系統包括控制器(130)，該控制器組構成用來定義關聯於製造系統(10)的複數個觀察狀態，產生用於觀察狀態之狀態估測，產生對於各狀態估測之不確定性值，接收於製造系統(10)中關聯於實體的測量資料，並根據關聯於狀況估測之測量資料和不確定性值來更新狀況估測。該不確定性值亦可用來影響排程決定。

英文發明摘要（發明之名稱：

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁各欄）

裝

訂

線

四、中文發明摘要（發明之名稱：

）

本案代表圖：第 1 圖

10 製造系統

20 網路

30A 至 80C 工具

100 資料庫伺服器

110 資料儲存器

130 控制器

140 工作站

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁各欄）

裝

訂

線

英文發明摘要（發明之名稱：

）

六、申請專利範圍

1. 一種監視製造系統(10)之方法，包括：

定義關聯於該製造系統(10)之複數個觀察之狀態；

產生對於此觀察之狀態的狀態估測；

產生對於各該狀態估測之不確定性值；

接收關聯於該製造系統(10)中實體之測量資料；

以及

根據關聯於該狀態估測之該測量資料和該不確定性值而更新該狀態估測。

2. 如申請專利範圍第1項之方法，進一步包括：

產生包括狀態估測之狀態估測向量；以及

產生關聯於該狀態估測向量之協方差矩陣，該狀態估測向量包括定義該不確定性值之對角線項和定義狀態之間相互依存關係之非對角線項。

3. 如申請專利範圍第1項之方法，進一步包括：

於製造系統(10)中施行處理步驟；以及

根據該處理步驟和關聯之不確定性值來更新各狀態估測。

4. 如申請專利範圍第1項之方法，其中該製造系統包括組構成用來處理複數個產品之複數個工具(30至80)，以及定義該複數個觀察之狀態進一步包括定義工具狀態和產品狀態其中之一種。

5. 如申請專利範圍第2項之方法，進一步包括：

辨識關聯於該製造系統(10)之額外的觀察之狀態

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

六、申請專利範圍

態；

對於該額外的觀察之狀態產生初始狀態估測；

將該初始狀態估測與該狀態估測向量合併；

對於該額外的觀察之狀態產生初始協方差估測；

以及

將該初始協方差估測與該協方差矩陣合併。

6. 如申請專利範圍第1項之方法，進一步包括：

於第一時間辨識一組之初始狀態估測；

維持於第一時間後發生之關聯於該製造系統(10)

之一隊列事件，該等事件包括處理事件和測量事件；

接收第一測量事件；

辨識關聯於該第一測量事件之處理事件之其中的一個；

選擇於辨識處理事件後發生之事件；以及

根據該第一測量事件和該選擇之事件組，反覆更新初始狀態估測。

7. 如申請專利範圍第1項之方法，進一步包括：

根據該測量資料產生第一輸出寫映；

根據該第一輸出寫映、該測量資料、和該關聯之不確定性值，更新該狀態估測；

接收於該第一處理事件後發生之關聯於第二處理事件之第二測量；

根據該第二測量產生第二輸出寫映；以及

根據該第二輸出寫映、該第二測量、和該關聯之

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

六、申請專利範圍

不確定性值，更新該狀態估測。

8. 如申請專利範圍第1項之方法，進一步包括：

辨識於該製造系統中用來施行活動之複數個候選排程；

根據該候選排程，預測於不確定性值之改變；以及

根據於不確定性值之預定的改變，選擇其中一個候選排程。

9. 如申請專利範圍第8項之方法，其中產生該複數個候選排程進一步包括：

排程複數個處理活動；以及

排程複數個關聯於處理活動之子集合之度量活動，各候選排程具有處理活動之不同的子集合。

10. 如申請專利範圍第8項之方法，其中產生該複數個候選排程進一步包括排程複數個處理活動，各候選排程具有對於處理活動之不同的次序。

11. 如申請專利範圍第8項之方法，其中產生該複數個候選排程進一步包括：

辨識複數個處理活動；

辨識複數個能施行該處理活動之處理工具；以及

產生具有不同之選擇用來施行該處理活動之處理工具之各候選排程。

12. 如申請專利範圍第8項之方法，進一步包括：

根據該不確定性值之預測之改變，產生關聯於各

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

六、申請專利範圍

候選排程之不確定性度量；以及

選擇具有最低不確定性度量之候選排程。

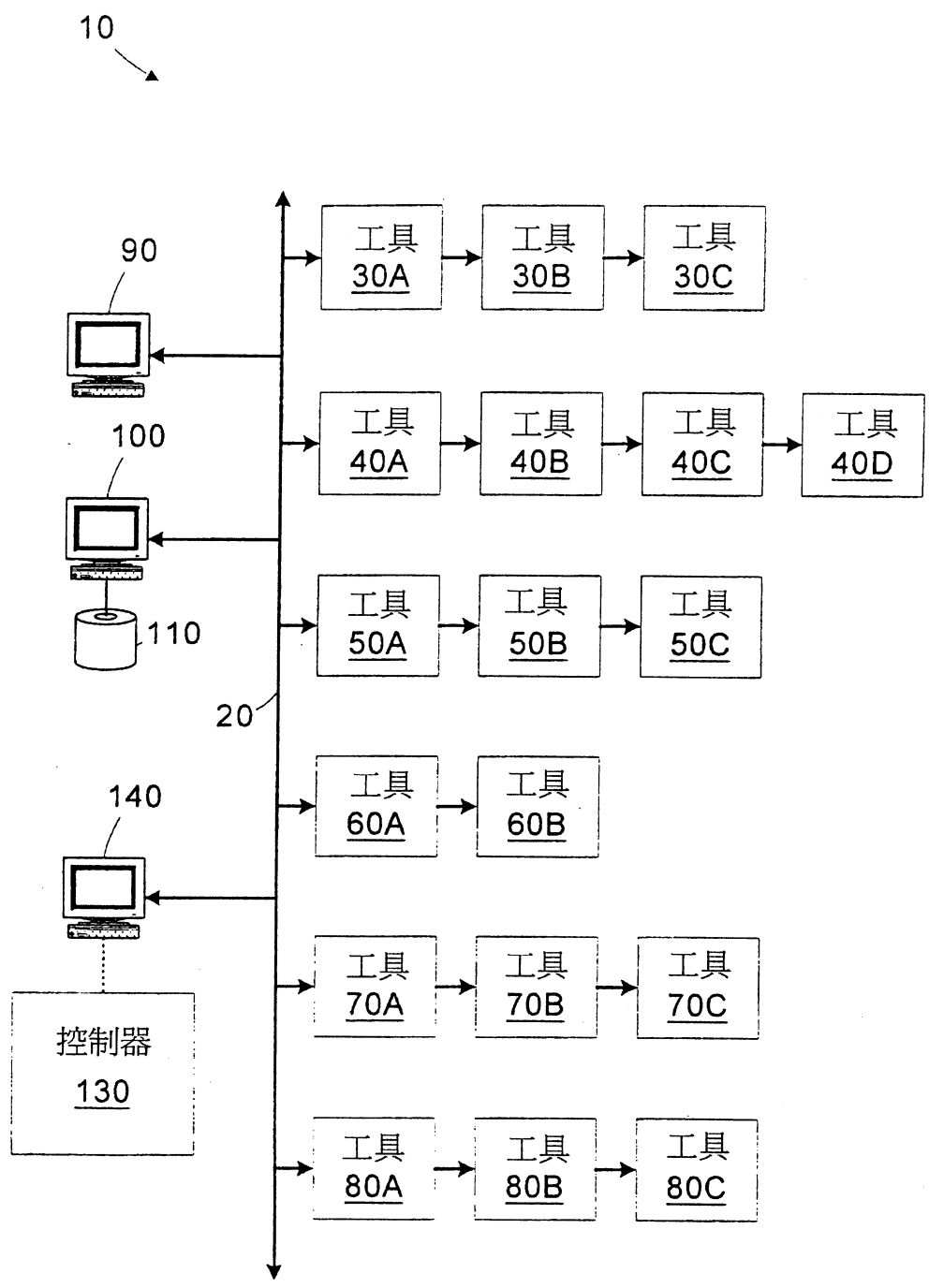
13. 如申請專利範圍第8項之方法，其中各候選排程包括優先處理活動，而根據於不確定性值之預測改變之選擇之其中一個候選排程，進一步包括當施行該優先處理活動時，選擇其中一個具有最低不確定性之候選排程。
14. 一種用來監視製造系統(10)之系統，包括控制器(130)，該控制器(130)組構成用來定義關聯於該製造系統(10)的複數個觀察狀態，產生用於觀察狀態之狀態估測，產生對於各狀態估測之不確定性值，接收於製造系統(10)中關聯於實體的測量資料，並根據關聯於該狀況估測之測量資料和不確定性值來更新狀況估測。
15. 如申請專利範圍第14項之系統，其中該控制器(130)進一步配置成用來產生包括狀態估測之狀態估測向量，和關聯於該狀態估測向量之協方差矩陣，該協方差矩陣包括定義該不確定性值之對角線項和定義狀態之間相互依存關係之非對角線項。
16. 如申請專利範圍第14項之系統，進一步包括排程控制器(320)，配置成用來辨識於該製造系統(10)中用來施行活動之複數個候選排程，根據該候選排程預測於不確定性值之改變，並根據於該不確定性值之該預測之改變，選擇其中一個該候選排程。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

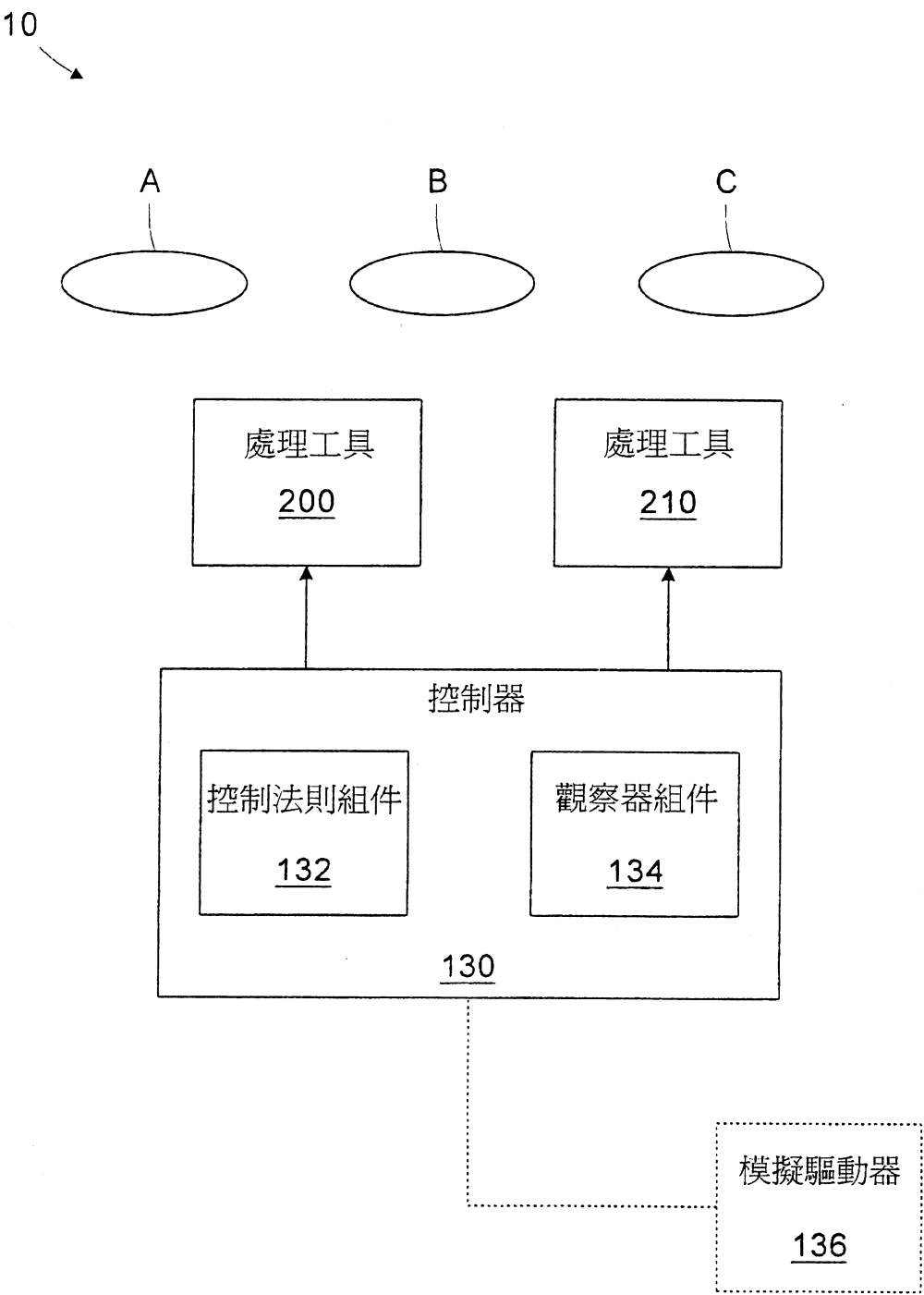
裝

訂

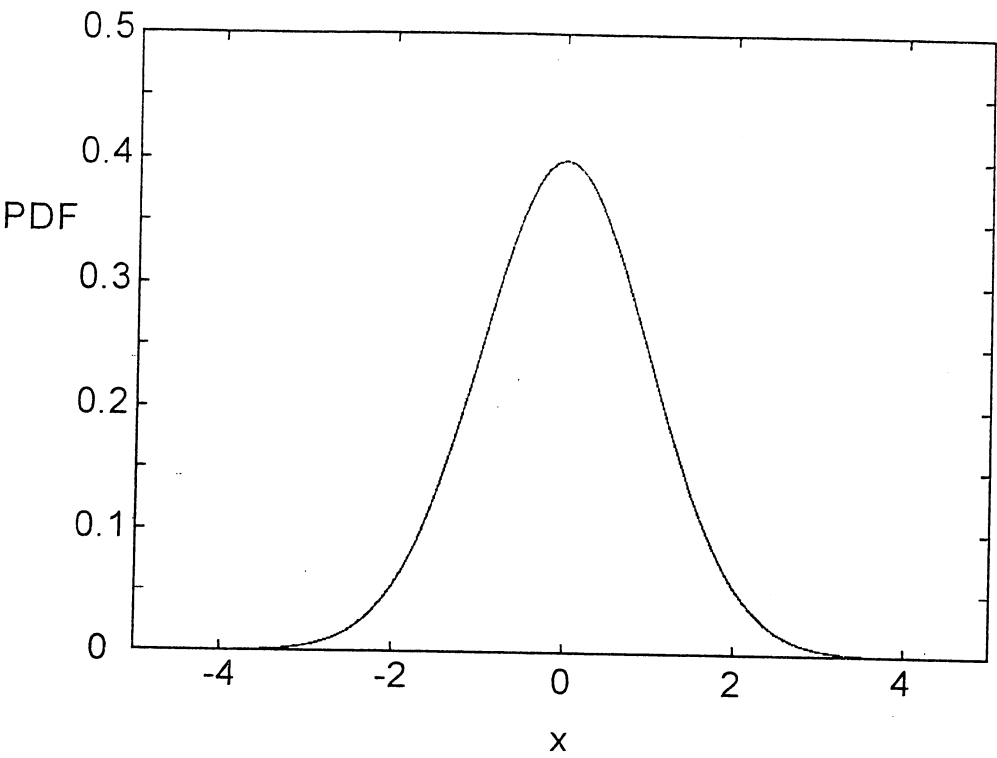
線



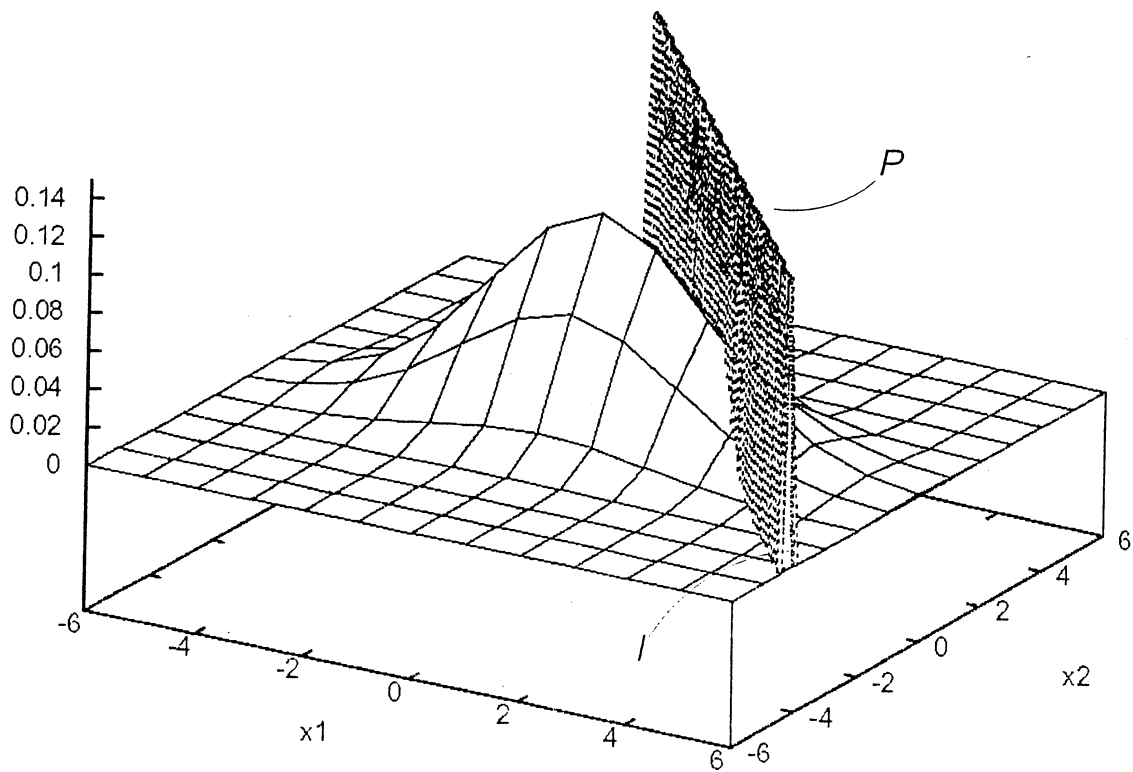
第1圖



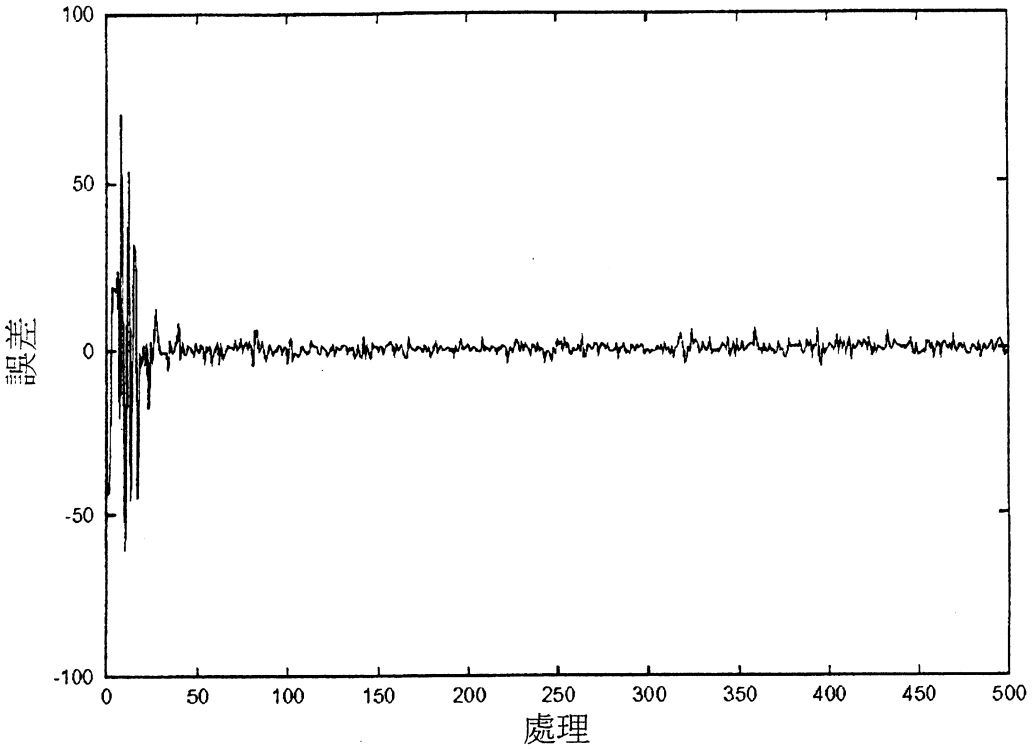
第2圖



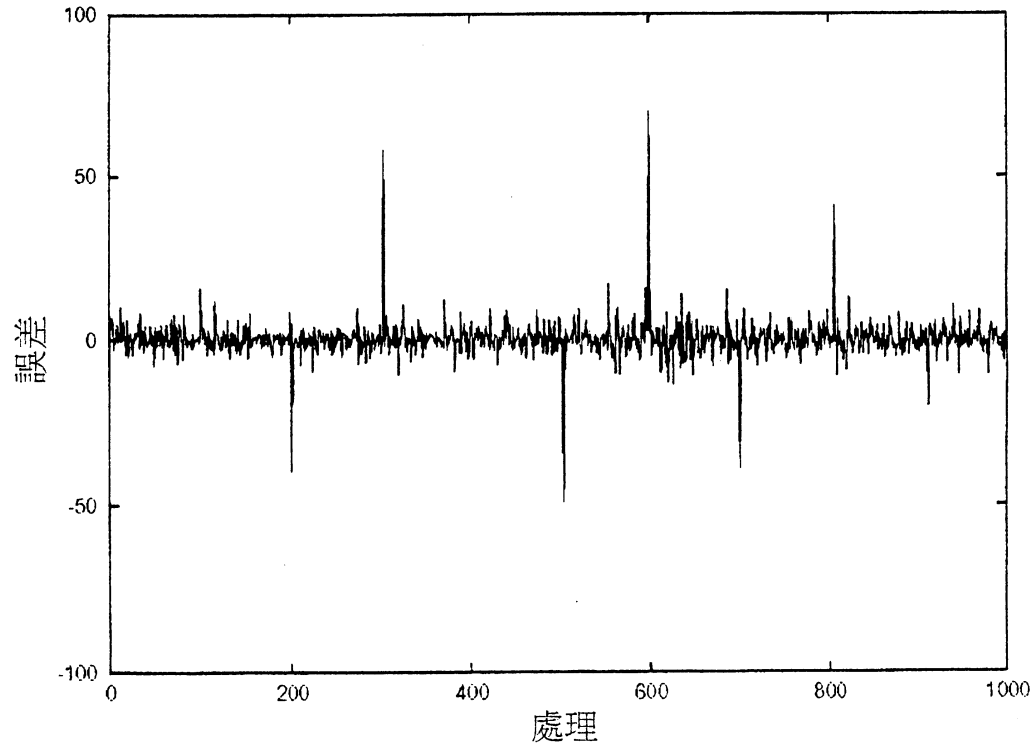
第 3A圖



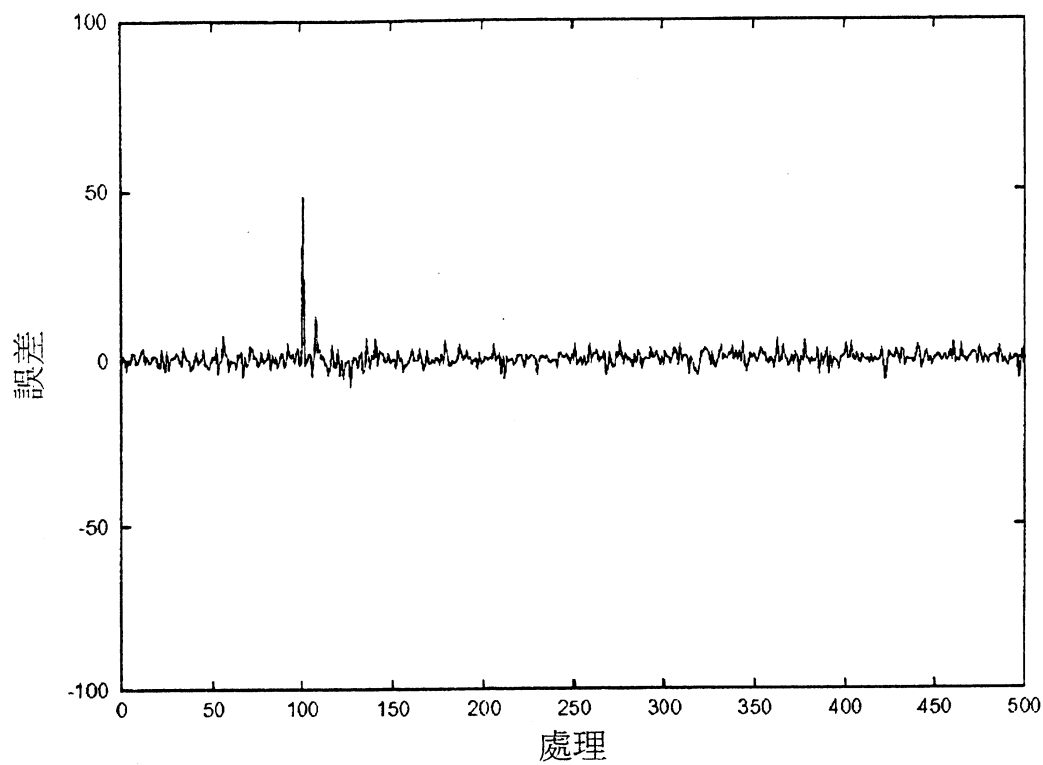
第 3B圖



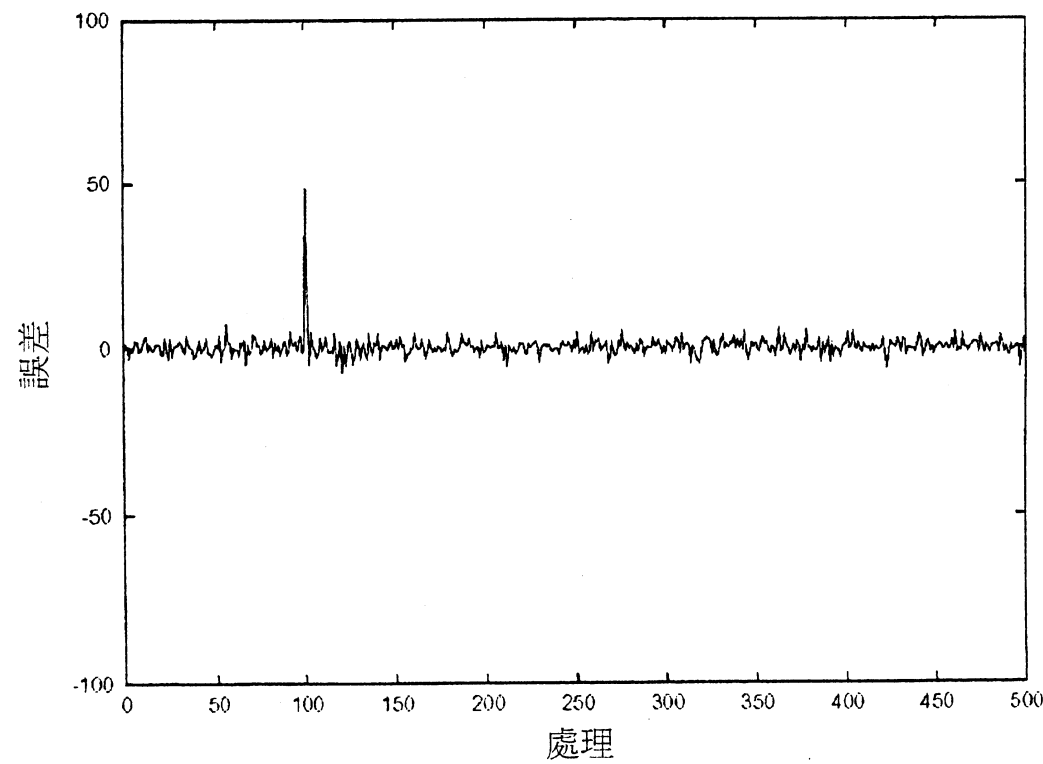
第4圖



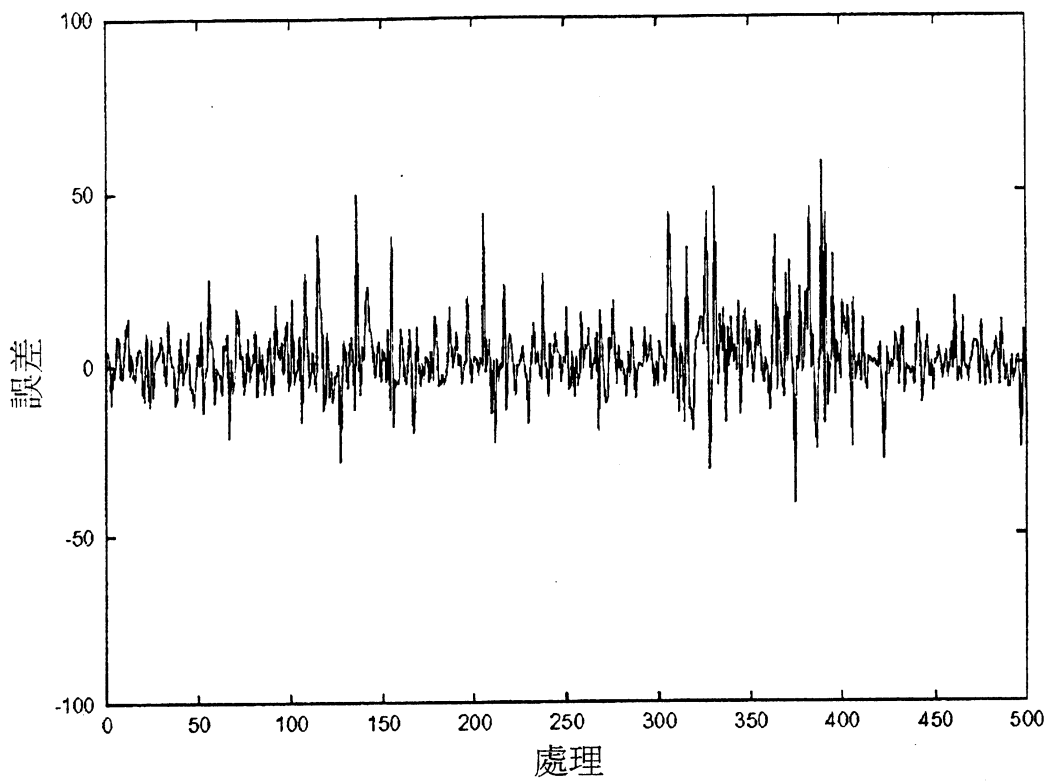
第5圖



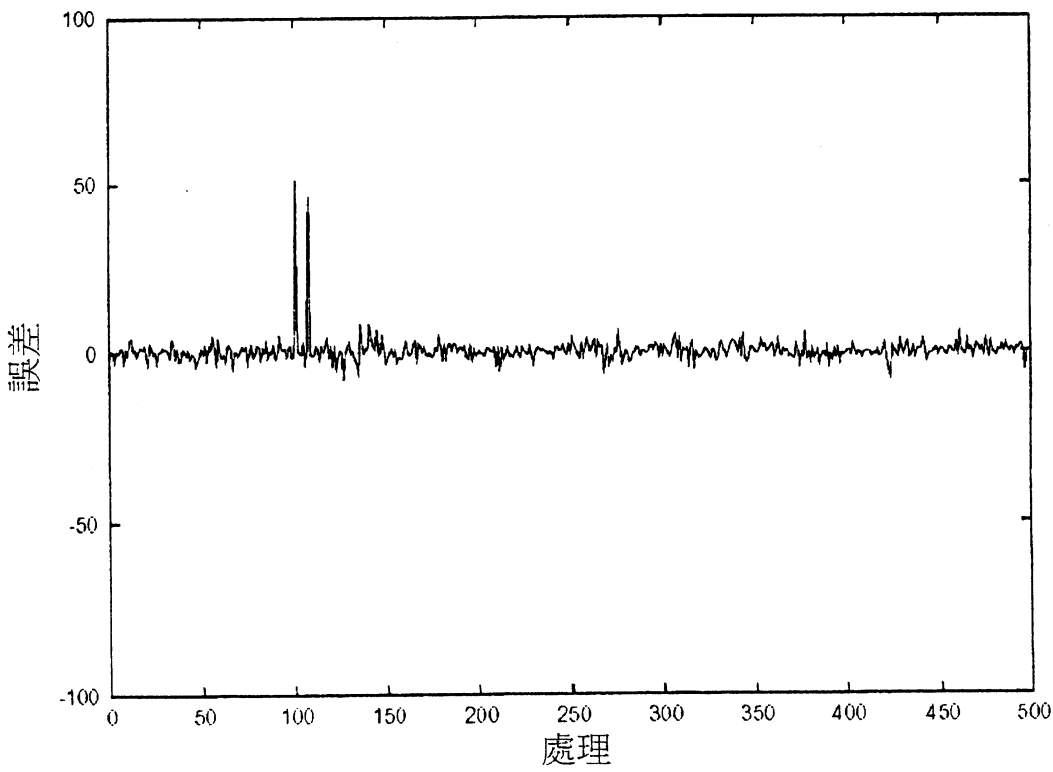
第6圖



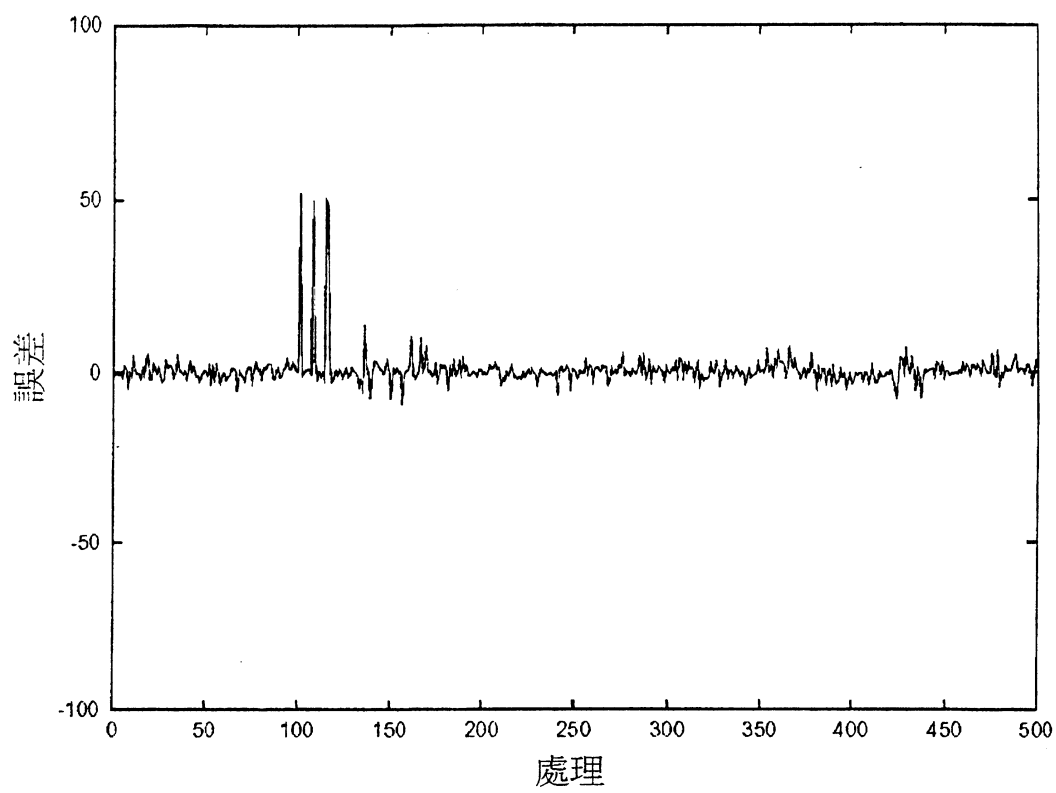
第7圖



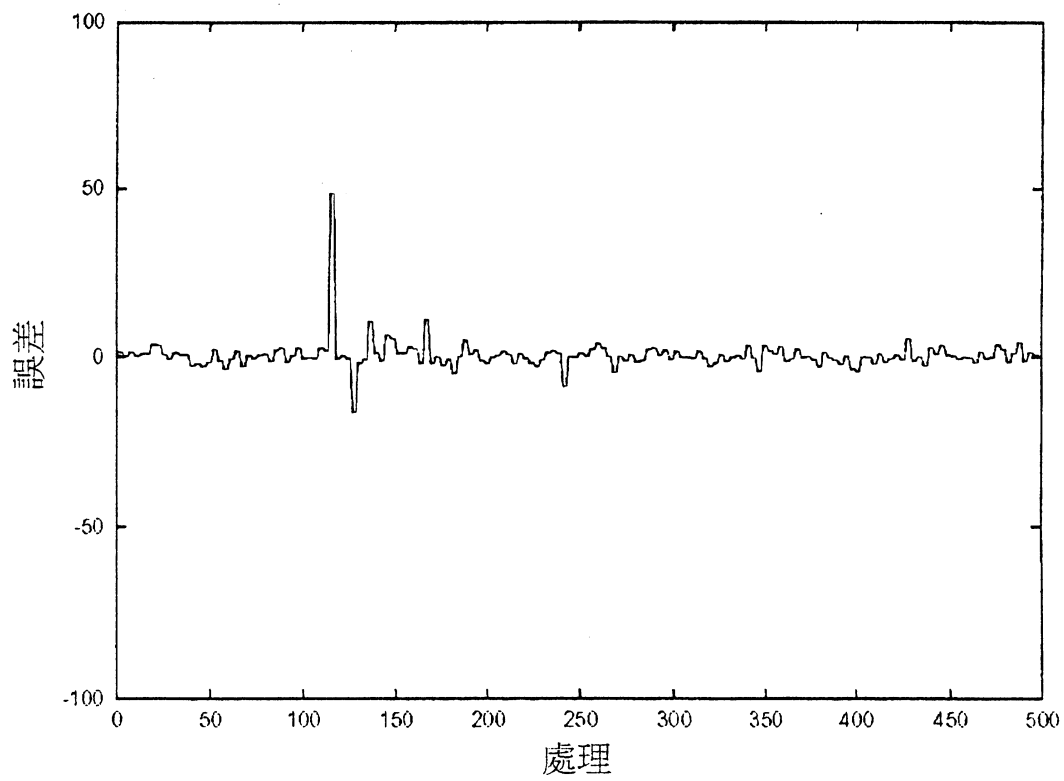
第8圖



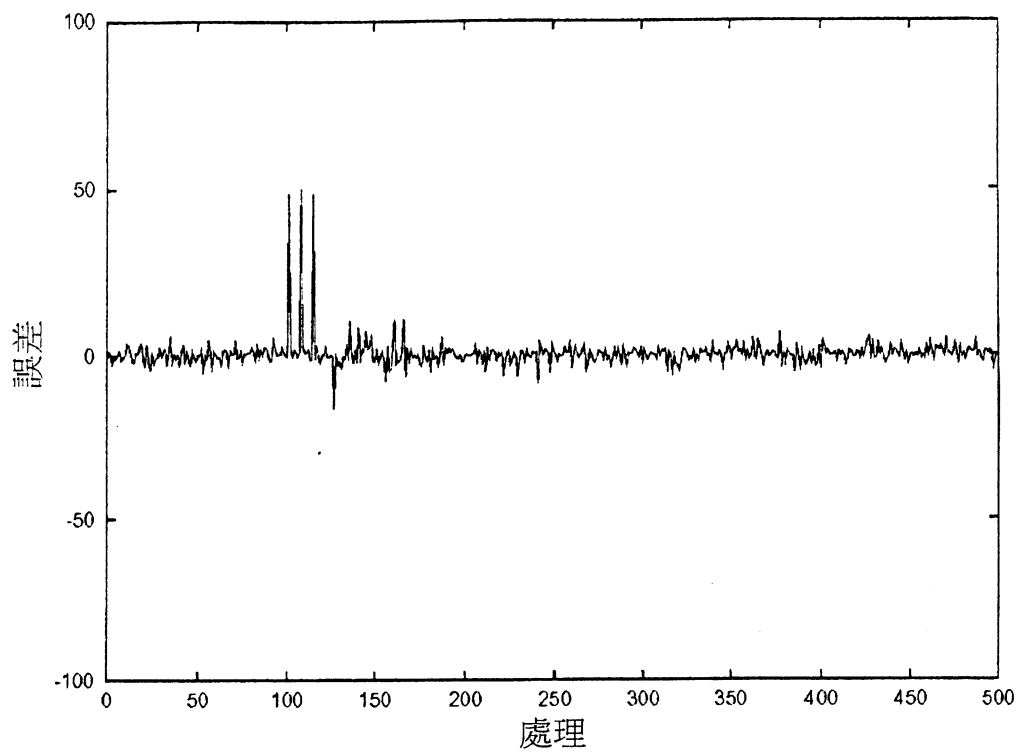
第9圖



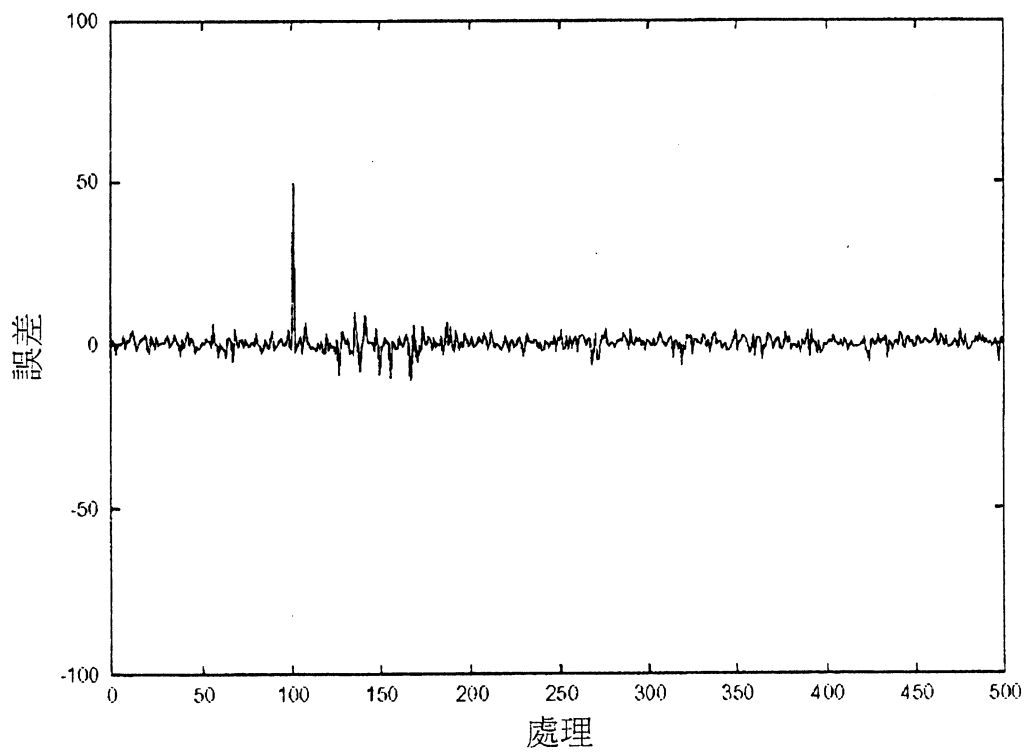
第10圖



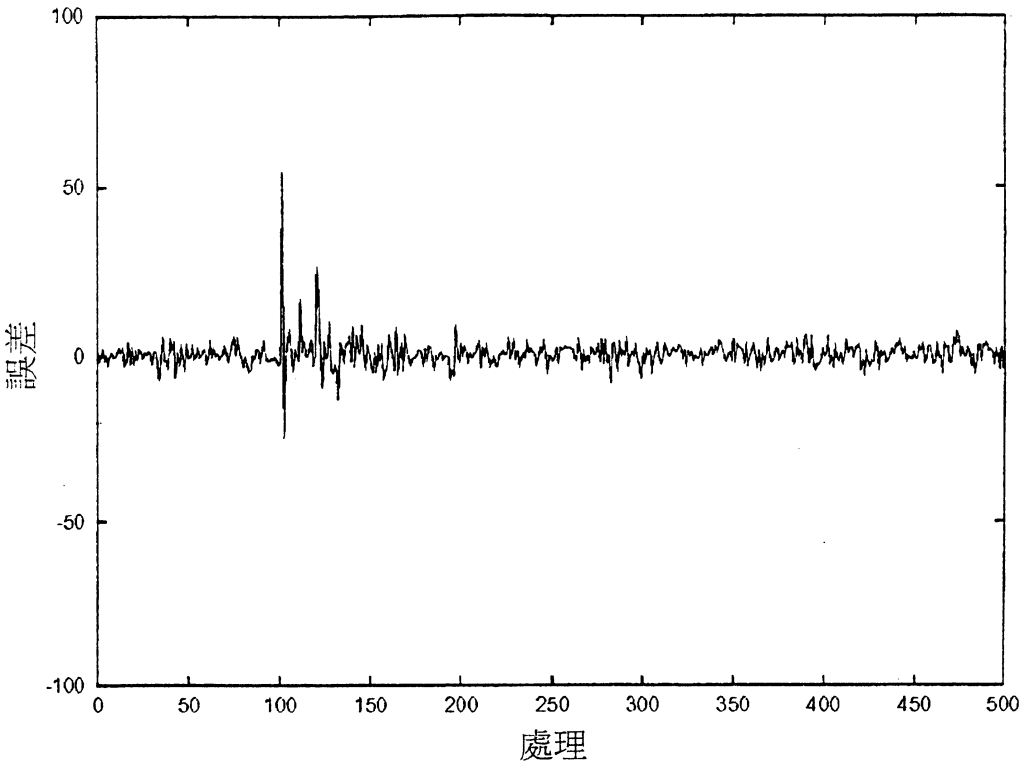
第11圖



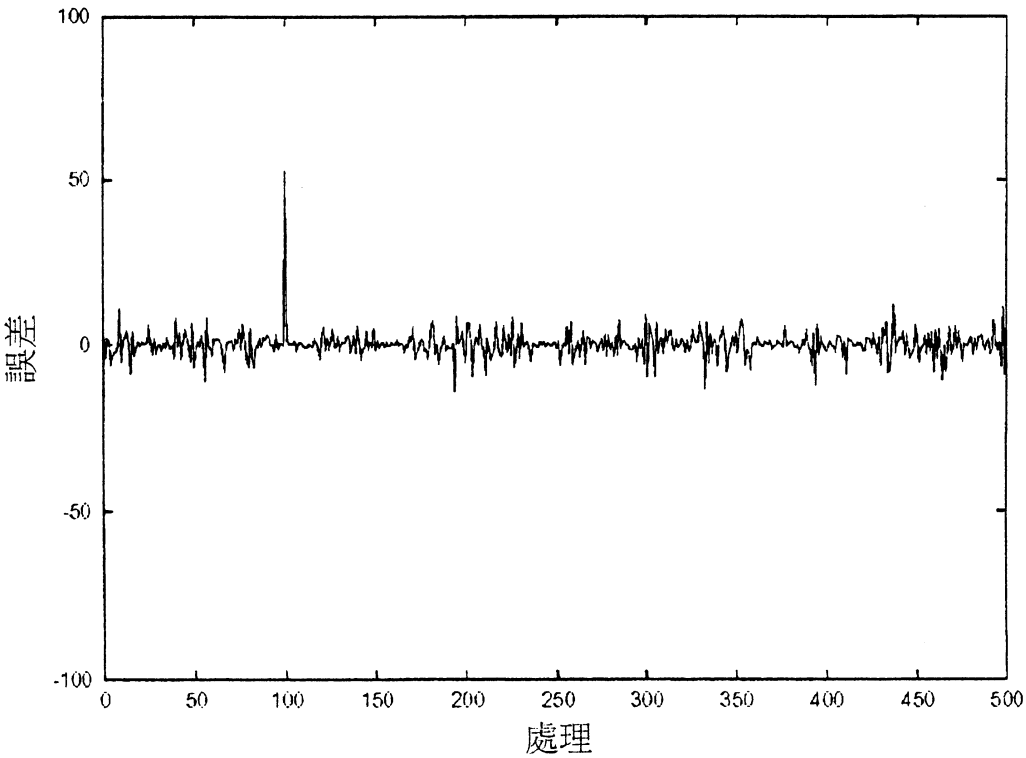
第12圖



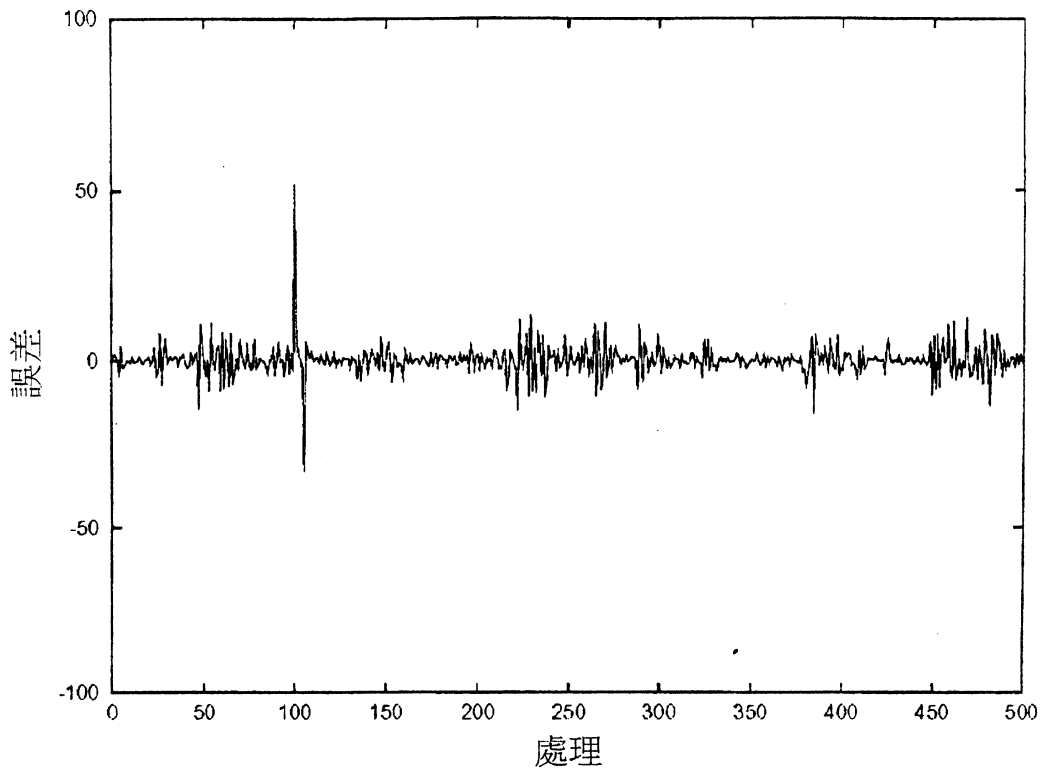
第13圖



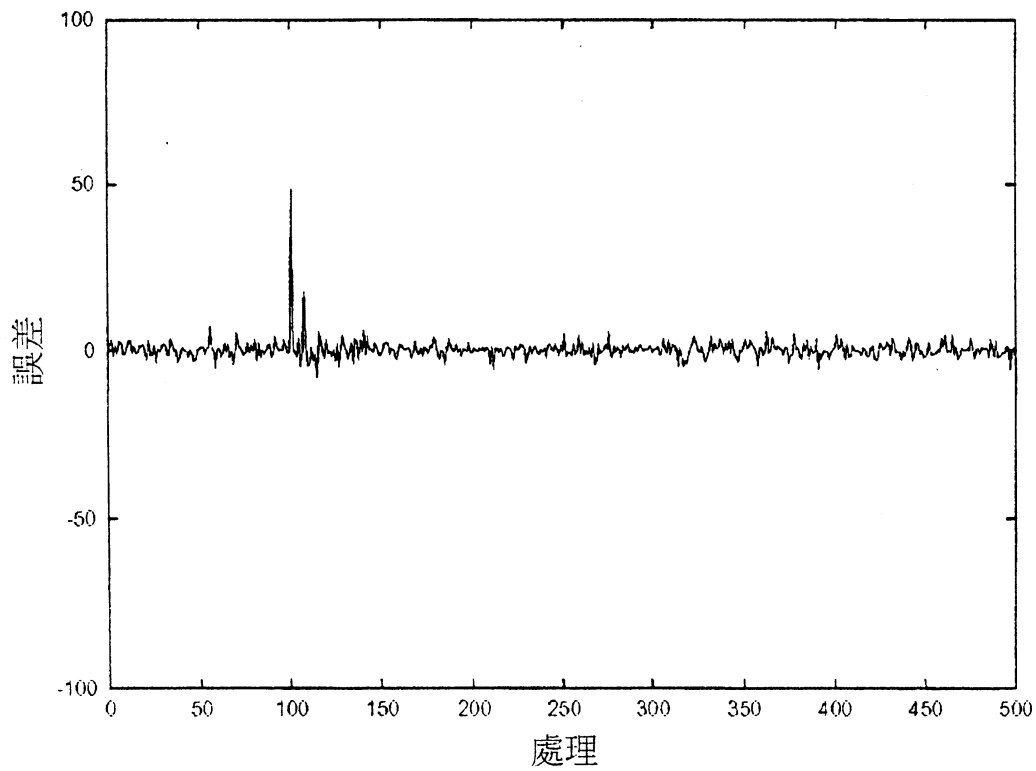
第14圖



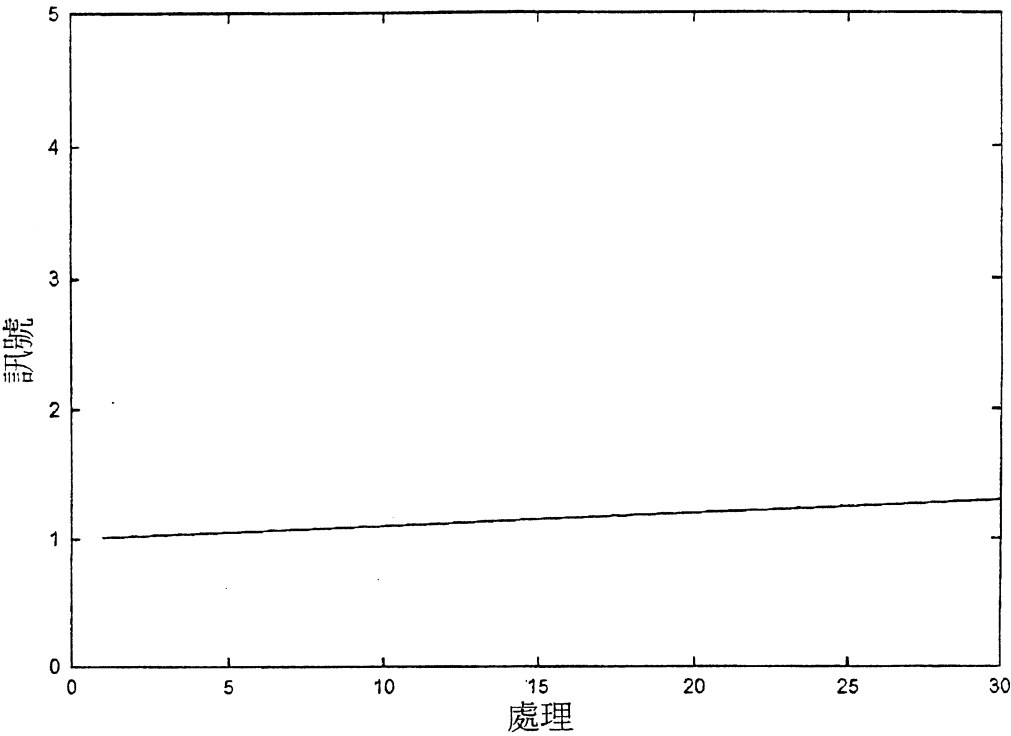
第15圖



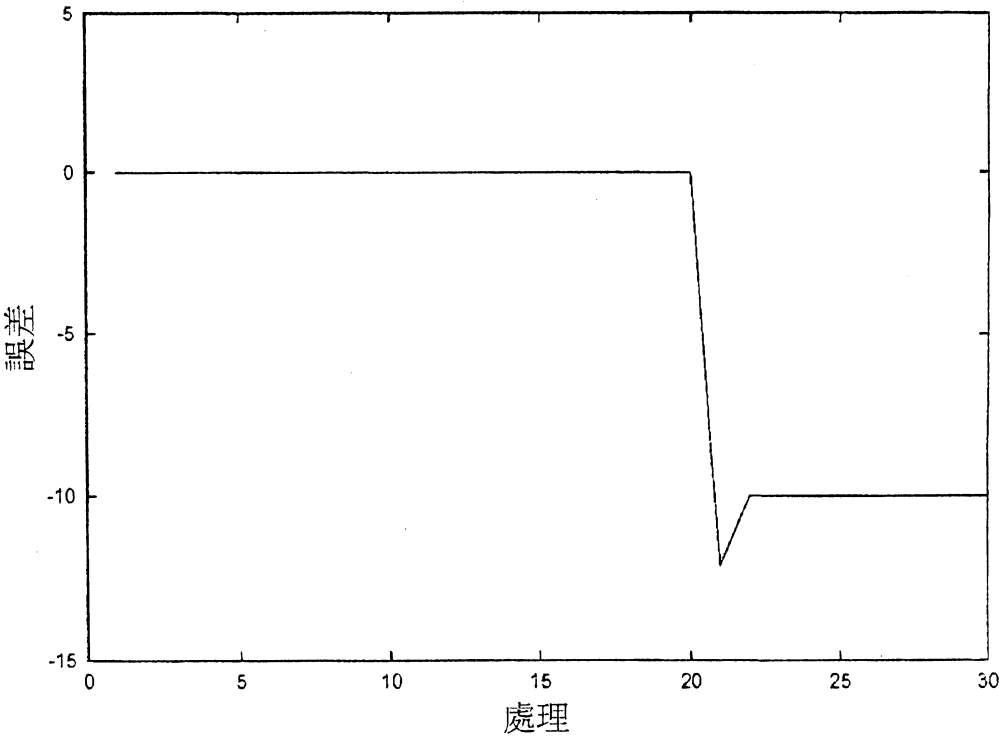
第16圖



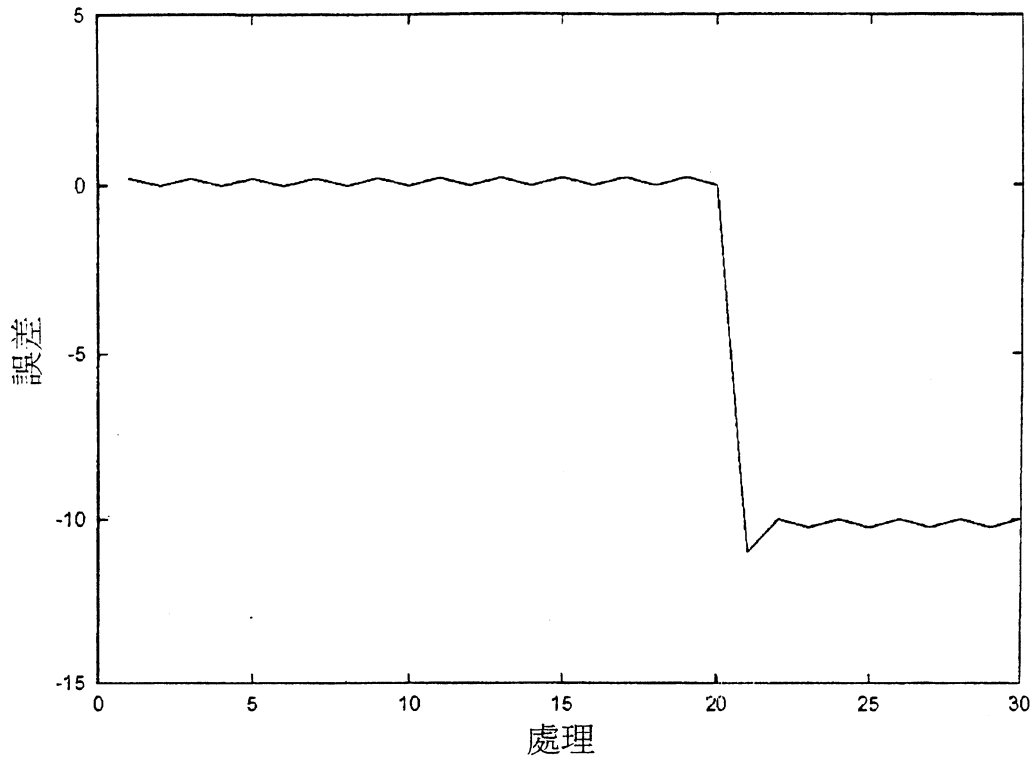
第17圖



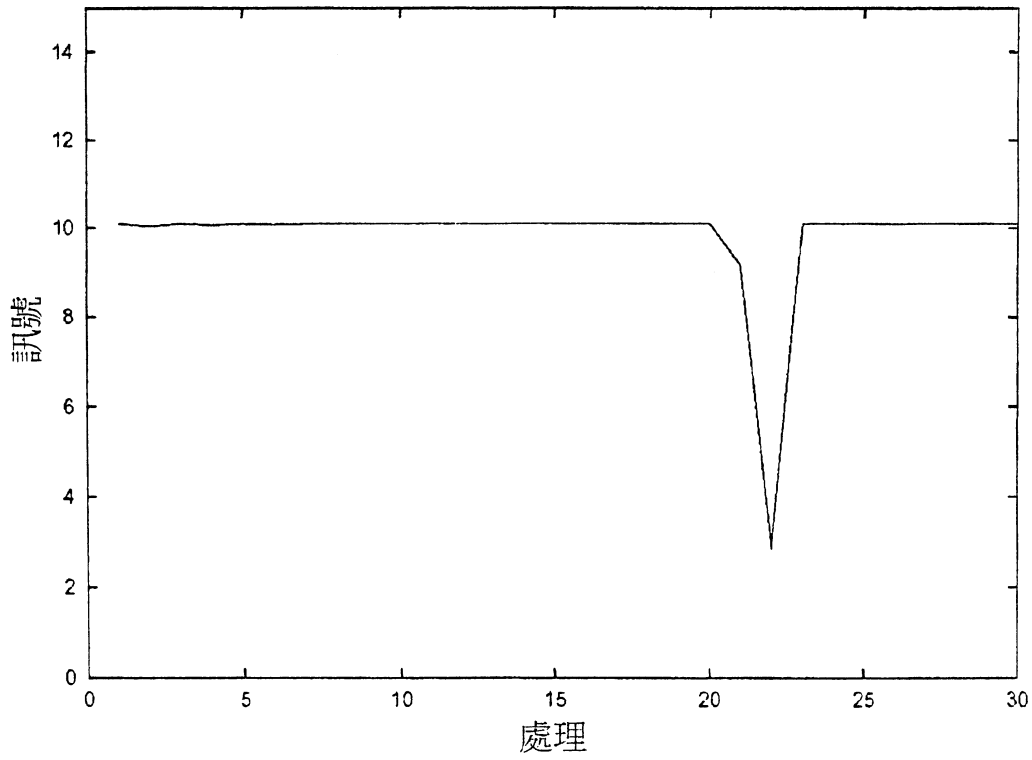
第18圖



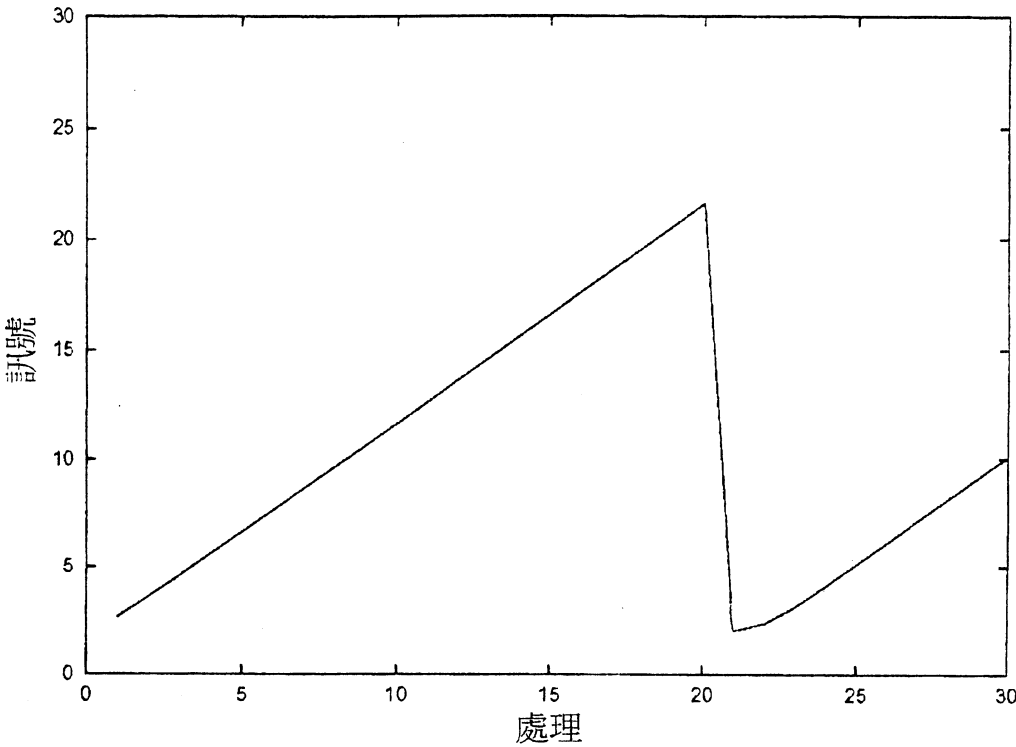
第19圖



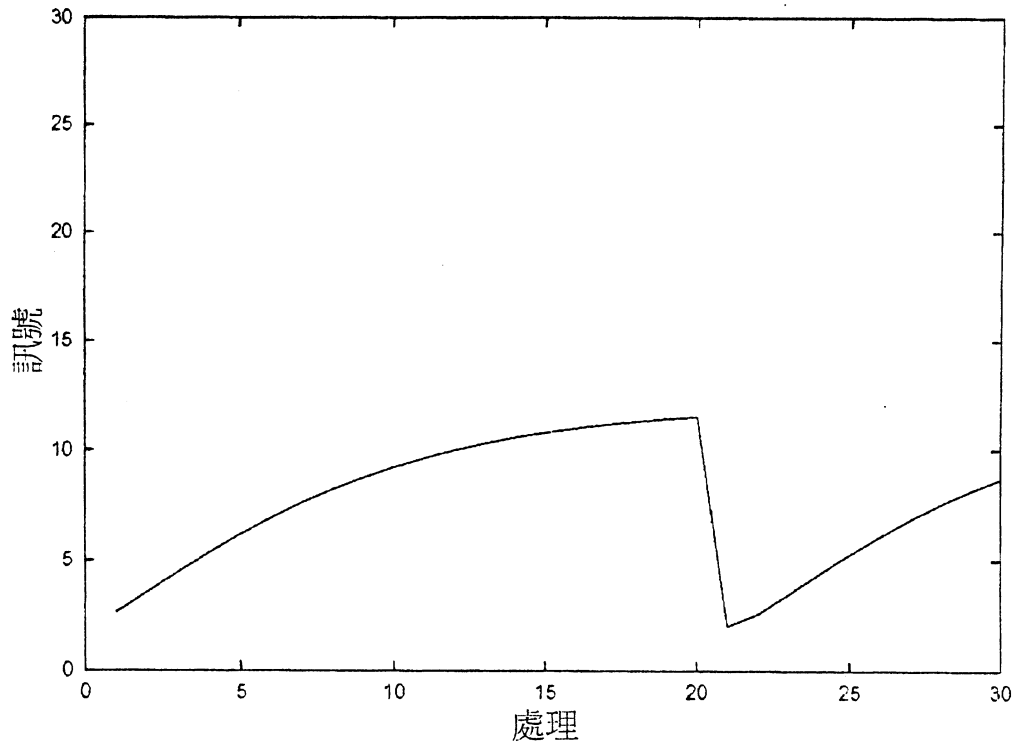
第20圖



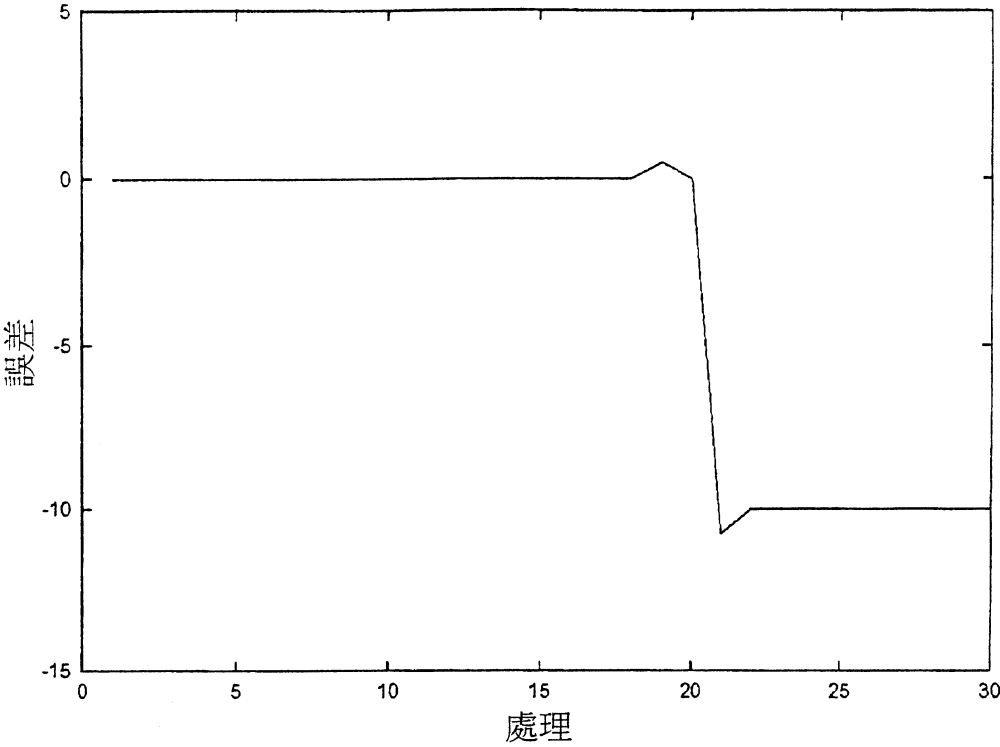
第21圖



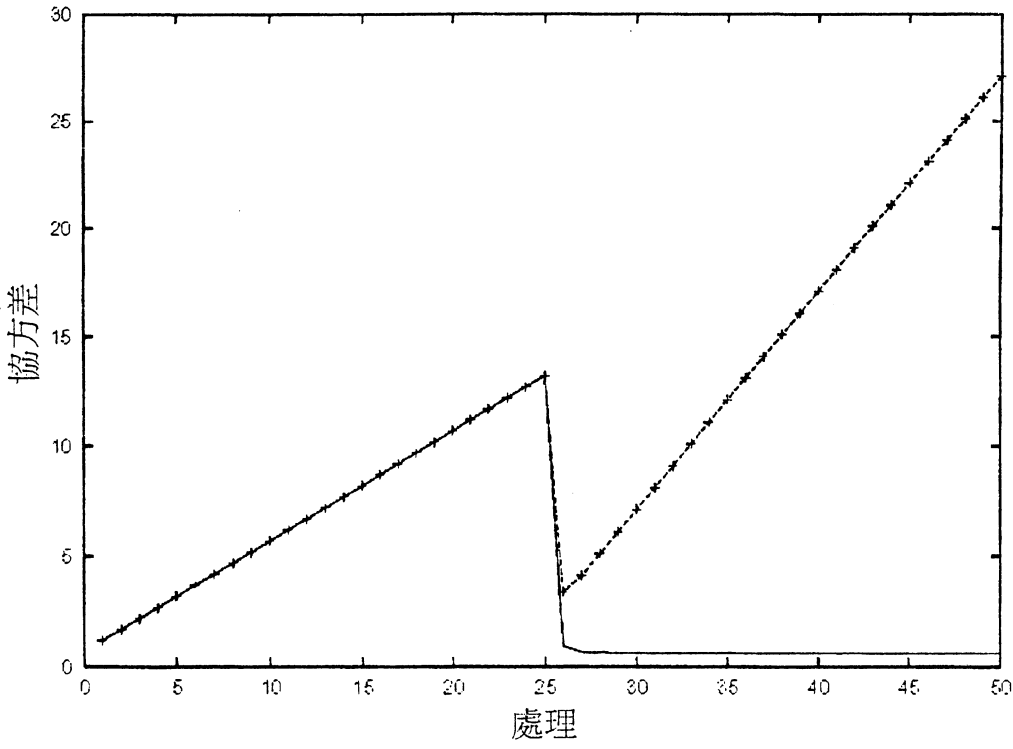
第22圖



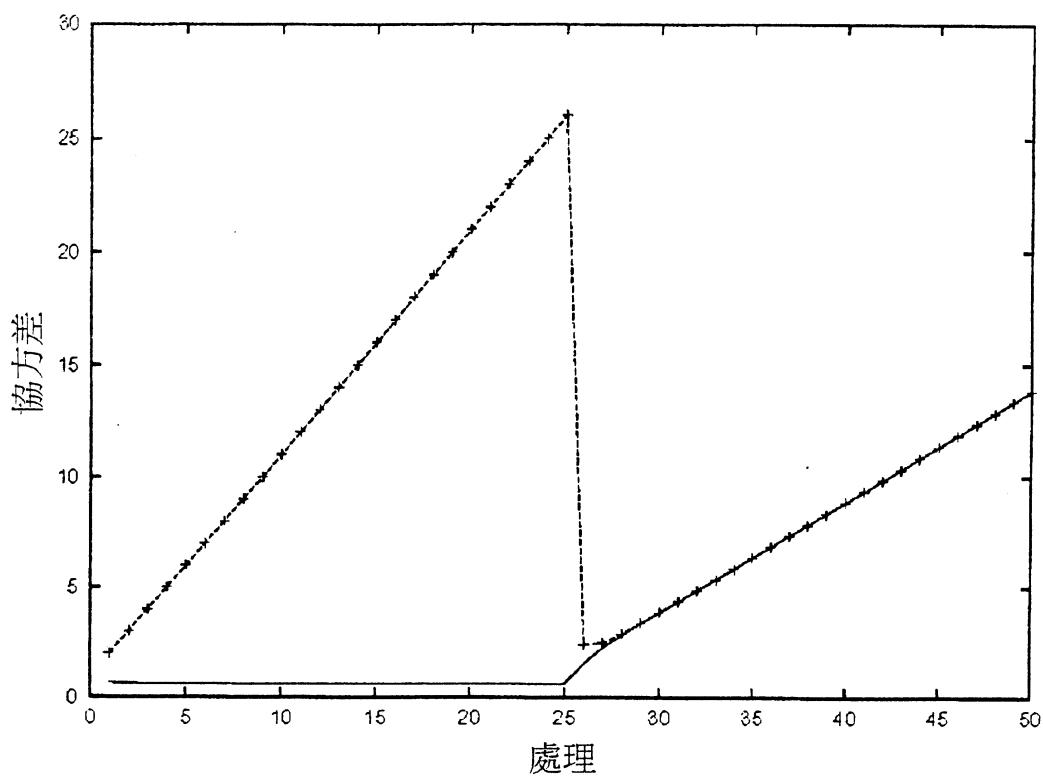
第23圖



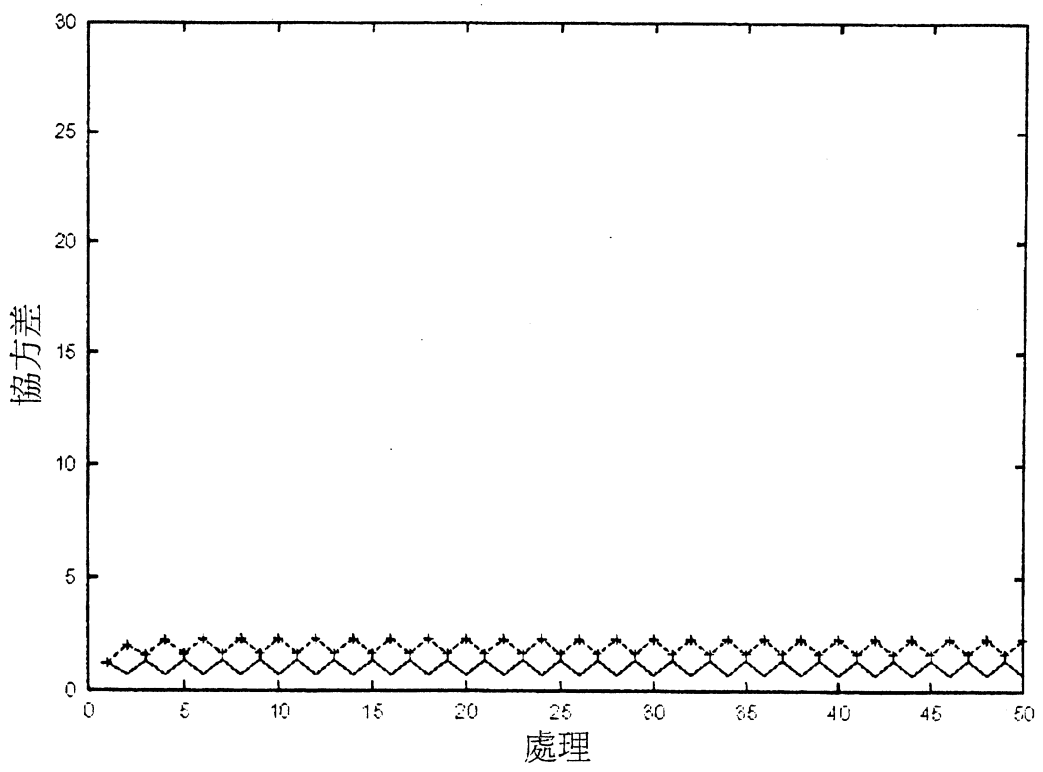
第24圖



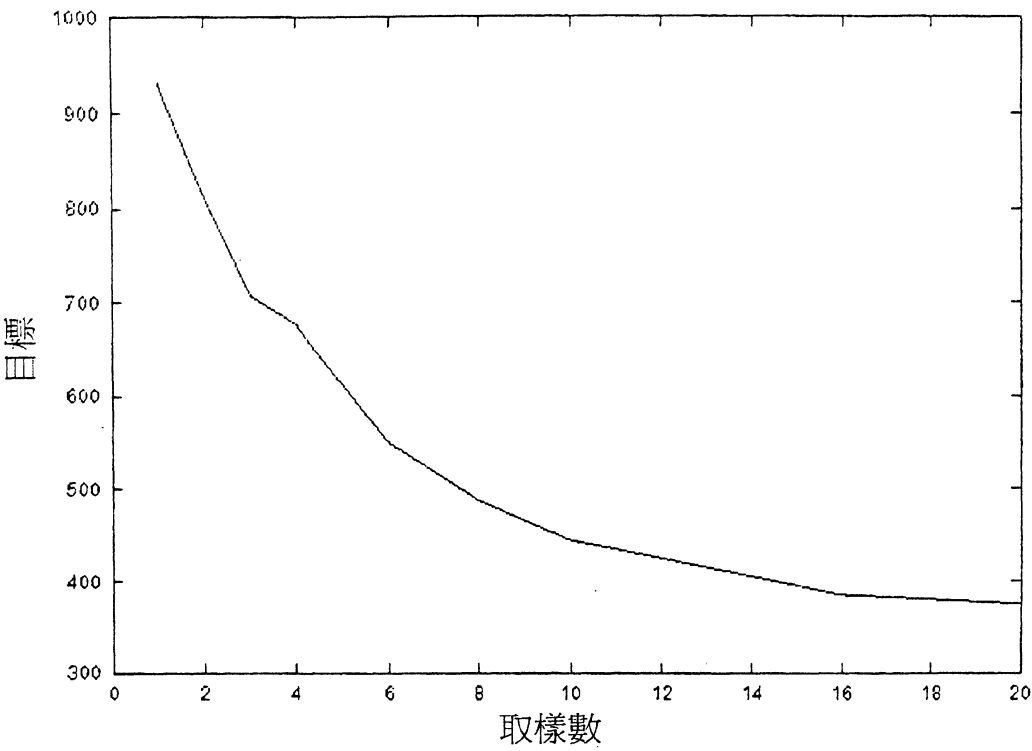
第25圖



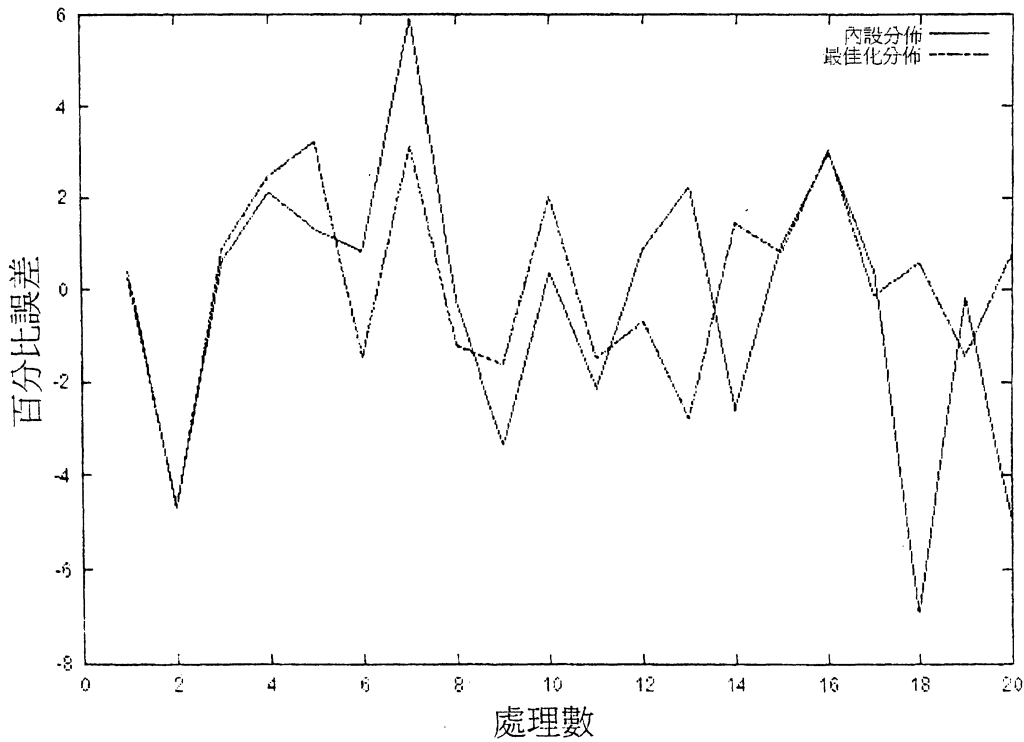
第26圖



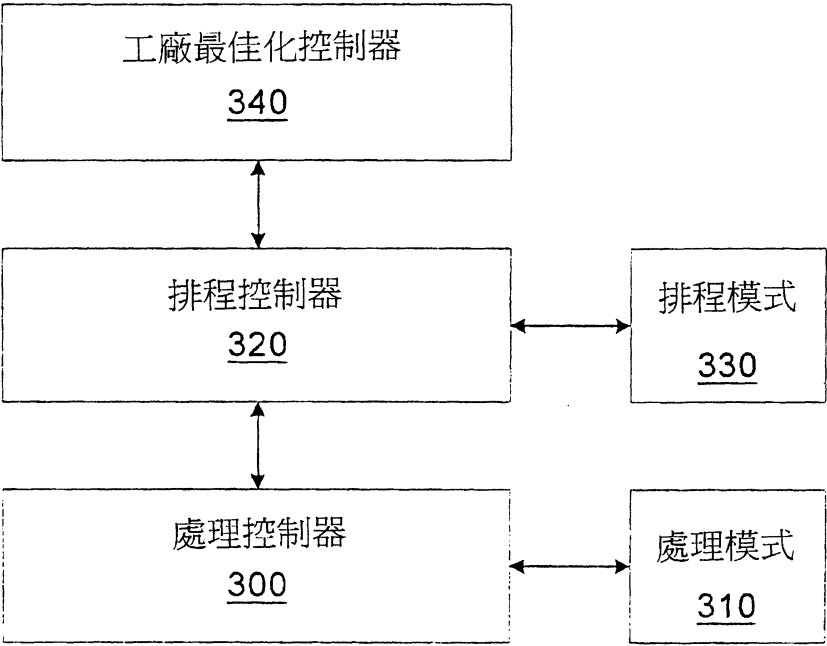
第27圖



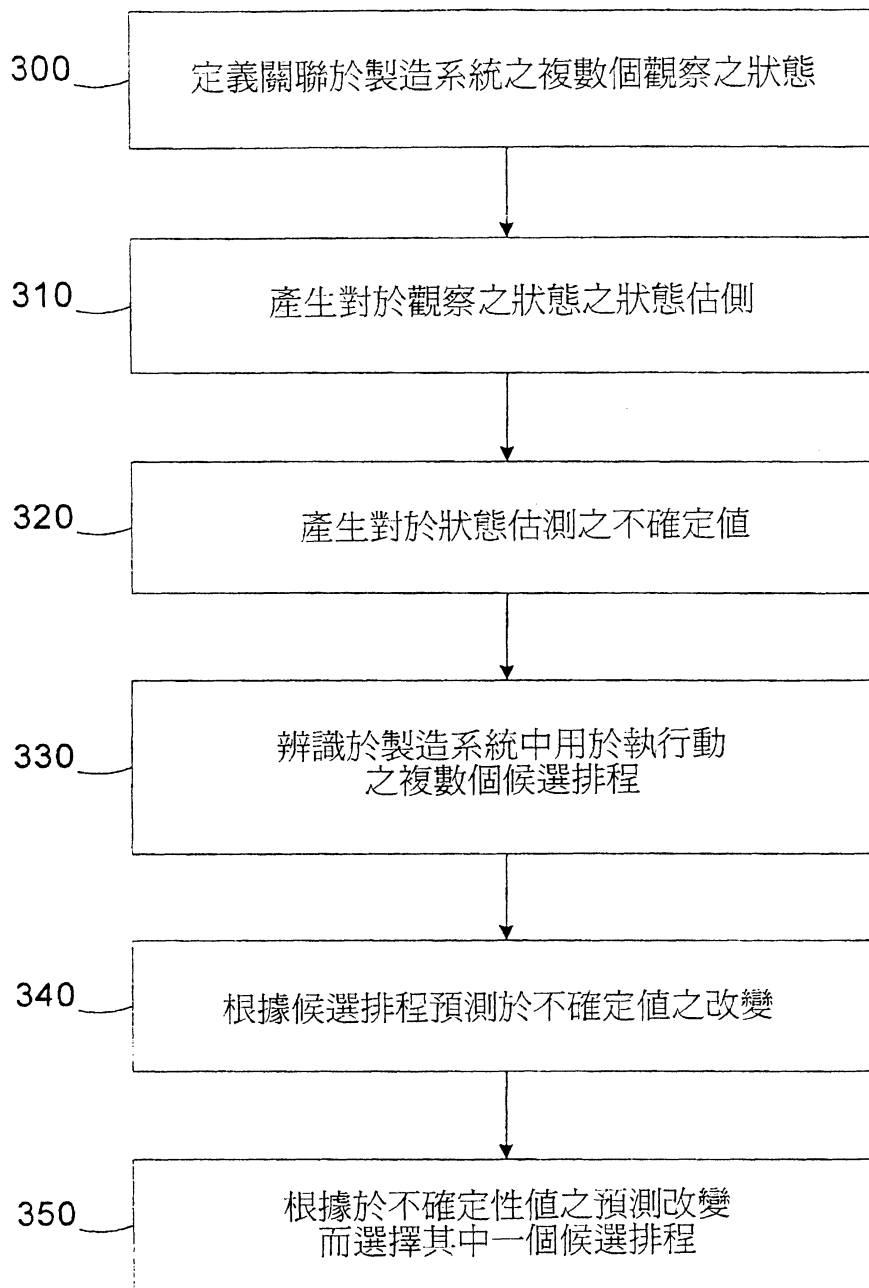
第28圖



第29圖



第30圖



第31圖