

公告本

申請日期	89.6.22
案 號	89112279
類 別	G05B 19/418

A4
C4

484043

(以上各欄由本局填註)

發 明 專 利 說 明 書		
一、發明 新 型 名 稱	中 文	用於微電子製造的運轉-運轉控制器
	英 文	RUN-TO-RUN CONTROLLER FOR USE IN MICROELECTRONIC FABRICATION
二、發明 創 件 人	姓 名	1.凱文 D. 史都達 2.布萊德利 D. 史考姿 3.康斯坦堤諾 沙卡利
	國 籍	1.2.美國 3.希臘
	住、居所	1.美國亞歷桑那州鳳凰城市北22路7606號 2.美國亞歷桑那州鳳凰城市北16大道20638號 3.美國亞歷桑那州堪德勒市西伊凡豪街3516號
三、申請人	姓 名 (名稱)	美商山米工程公司
	國 籍	美國
	住、居所 (事務所)	美國亞歷桑那州鳳凰城市西香格里拉路2340號
	代 表 人 姓 名	韋恩 凱文 傑克森

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

(由本局填寫)

承辦人代碼：
大 類：
I P C 分類：

A6
B6

本案已向：

國 (地區)	申請專利，申請日期：	案號：	， ☐ 有 ☐ 無主張優先權
美國	1999年6月22日	60/140,434	☒ 有 ☐ 無主張優先權
美國	1999年12月3日	60/168,984	☒ 有 ☐ 無主張優先權

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

六、申請專利範圍¹

發明背景

1) 發明領域

本發明之領域有關微電子電路製造，且更特別地有關用於控制微電子電路製程之方法及裝置。

2) 背景

諸如該等從半導體晶圓所製造之微電子電路及/或組件之品質係直接地相依於使用於其製造之過程的一致性；更特定地，此等電路及/或組件的生產需要可複製之蝕刻，沉積，擴散，及清洗過程，失敗於維持該等過程之控制於所界定之製造公差內會造成降低的產量及降低之用於製造設施的有利性。

在典型之情況中，製程會呈現緩慢的飄移而改變產品之批次-批次特性，該等效應常常由於輕微的變化於一或多個處理工具在其中處理不同批次之時間上的操作。此外，在大規模操作中，相同處理操作會執行於相同形式之複數處理工具之上而平行處理產品之諸批次；通常地，相同之方法係使用來同時地控制複數相類似之處理工具的操作。然而，當相較於其他相類似之處理工具所處理之產品時，在其中個別工具響應於該方法參數以執行該過程之方式中的小量變化可激烈地影響所產生之產品性能。

傳統地，此問題已由操作人員利用統計之過程控制(SPC)概念予以人工地處置，更特別地，操作人員會監視產品輸出當作執行過程方法於特定工具上的結果而用力拉扯該方法以用於接著之產品運轉。然而，在許多例子中，該等過

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

線

五、發明說明 (²)

程方法可數以百計，因此，監視及調整該等方法以用於過程飄移會極耗時，有誤差傾向及缺少準確性。

用於監視批次過程之常用方法論係利用商用或內部發展之SPC軟體封裝中之x條/s或x條/r圖表。一般地，所分布之過程資料係典型地利用一組規則(諸如西方電氣)予以自動地監視而確定是否該過程係"在控制中"，人工調查及調整該過程係必要於一旦確定資料點將失去控制時。大比例之該等調整係完成來補償屬於過程裝置飄移的運轉-運轉變化。不幸地，利用根據SPC圖表之人工調整的過程會有許多問題，典型之晶圓製造廠可具有約2500個線上SPC圖表；若使用所有之西方電氣規則且若每天僅兩個新的點添加至各圖表時，則估計每天將有平均82個假的警報。由於報告於此例中之安全大小，僅具有最大有效過程傾向於維持，然而，在若干例中，相反係真實的且對於圖表給予太多的關心，導致依序地造成過程中之"振鈴"的資料點的過調整。當輪班或個人均試圖補償相互之過程調整時，額外的過程變化可導入於輪班或個人之間，而複合該問題。

本發明已認知上述問題且已發展出一種適合使用於微電子製造設施中之進步的運轉-運轉控制器。

發明概述

在一觀點中本發明提供一種進步之用於微電子製造的運轉-運轉控制器。

在一實施例中，用以控制製程之進步的運轉-運轉控制器包含：處理工具之組合；度量衡制工具之組合，用以從該

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂
線

五、發明說明 (3)

等處理工具取得度量衡制測量；以及監督站，用以管理及控制該等處理工具，該監督站包含：一界面，用以接收來自該等度量衡制工具的度量衡制資料；以及若干可變參數表，各參數表用於各該等處理工具，共同地結合於製造方法，該監督站亦含有一或更多的內部模型，該等模型使所接收之度量衡制資料相關連於一或更多變數以用於處理工具且其可修正儲存於可變參數表中之變數而利用回饋及/或前饋控制程式來控制該等處理工具，在某些實施例中，前饋控制程式可使用於調整製程目標以用於閉路回饋控制。

在較佳實施例中，該監督站具有使用者界面，藉該使用者界面可根據系統之實驗或預測行為來互動地選取不同的回饋或前饋模型格式(單一或多重變化的)。該監督站亦可准許使用者利用其本身之模型以用於運轉-運轉控制。

進一步之變化例，修正例及替換性之實施例亦描述於本文中。

圖式簡單說明

第1A圖係硬體平台之概略方塊圖，其上可執行本發明之運轉-運轉控制器；

第1B圖係另一硬體平台之概略方塊圖，其上可執行本發明之運轉-運轉控制器；

第2圖係圖示，描繪可使用來執行本發明之運轉-運轉控制器的軟體組件之一實施例；

第3及4圖係圖表，描繪當本發明之運轉-運轉控制器施加於典型之溼式氧化物沉積過程時之實施結果；

五、發明說明 (4)

第5圖係方塊圖，描繪結合於不同處理工具之可變參數表(VPTs)之更新，以使用於運轉-運轉控制過程；

第6圖係方塊圖，描繪根據如本文中所描述之較佳實施例的運轉-運轉控制過程之流程；

第7圖係圖示，顯示較佳之可變參數表(VPT)之內容；以及

第8圖係流程圖，從替換性之透視來描繪第6圖之運轉-運轉控制過程。

較佳實施例之詳細說明

一種進步之運轉-運轉控制器(ARRC)系統係陳述於此處，該系統提供正式之方法論的方法調整以補償逐漸的過程飄移及/或上游之過程變化，此功能會協助有效地降低過程維護及調整所需之工程時間。

可使用來實施所揭示之ARRC系統的處理平台架構之一實施例係描述於第1A圖中。在所描繪之實施例中，大致地顯示於20處之平台架構包含製造監督者工作站(FSW)25，一或更多之裝置監督者工作站(ESW)30，一或更多之處理工具35，以及一或更多之方法論工具40。

FSW 25監視及控制微電子製造設施之整個操作，一或更多操作者可監視使用於全部製造設施之所有或實質部分之工具的操作。根據FSW 25處所監視之操作，操作者可控制工具組合，且進一步地指引將在產品之製造中由一或更多工具組合所使用之處理方法。

大致地，裝置工具組合係顯示於第1A圖之45處，該裝置

五、發明說明 (5)

工具組合45含有以共用之ESW 30連接以用於雙邊通訊之一或更多之處理工具35，處理工具35通常係相同形式，例如所有之處理工具35可為爐。然而，將理解的是該等處理工具35可含有不同的工具形式，該等工具形式將根據將執行於工件之上以製造最終產品之過程的形式而定。

較佳地，ESW 30係建構接受來自FSW 25之處理方法且以該等處理方法之執行來指引處理工具35。在其中處理工具35係相同工具形式之該等例子中，FSW 25可提供單一之處理方法於ESW 30，該方法將同時地由所有處理工具35使用以用平行之批次處理。替換性地，ESW 30可接收不同的方法用於一或更多的處理工具35；在該例中，處理工具35可為相同或不同形式之工具。

操作工具35易遭受單一方法在超過一工具上之執行的內部工具偏差以及易遭受單一方法在所有時間之執行中的運轉-運轉之內部工具偏差。所以例如描繪於第5圖中之ESW 30含有與各處理工具35相結合之可變參數表(VPT)，該VPT 37含有由給定之處理工具使用於處理方法之執行中的參數，該VPT 37之參數係根據所結合之工具35的特定特徵而定，因此將繁煩地不同於該等相同形式之工具之間。概言之，各製程包含一或更多方法(每一過程步驟一方法)，且各方法將涉及一或更多之處理工具35，各處理工具35具有VPT 37以用於所有之過程方法。

VPT 37之參數係根據用於相結合之處理工具所實施之特定過程的度量衡制資料來計算及更新。為此目的，第1A圖

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂
線

五、發明說明 (6)

描繪一或更多度量衡制測量單元40之使用，該等度量衡制測量單元40會接收來自一或更多個別工具35之工件且測量由處理工具35所處理之工件的物理特徵。在所描繪之實施例中，使用複數之度量衡制測量單元40a-40d，各度量衡制測量單元係個別地相結合於該等處理工具之一；然而，將理解的是，此一對一之對應關係並非絕對必要的，而是根據所使用之特定處理工具，一或更多的處理工具35可使用單一度量衡制測量單元以爲了節省成本及空間。

在操作中，如第5圖中所描繪，微電子工件36係自各處理工具35運輸至相對應之度量衡制測量單元40，描繪於線50處之此運輸可含有工件36之自動或人工運輸，各度量衡制測量單元40係設計測量由相結合之處理工具35所處理之該工件36的一或更多的物理及/或電氣特徵；接著，使測量資料沿著例如通訊匯流排55或類似物而有用於ESW 30；一旦該測量資料已由度量衡制測量單元40提供時，ESW 30可更新用於處理工件36之特定工具35之由度量衡制測量單元40所測量之VPT 37。

第1B圖描繪可使用於其中採用至少兩ESWs 30a及30b之該等例子中之另一系統架構，第一ESW 30a較佳地係結合於一或更多的處理工具35而第二ESW 30b則較佳地使用來控制一或更多的度量衡制測量單元40，第二ESW 30b沿著通訊匯流排60或類似物傳送度量衡制資料至第一ESW 30a；接著，利用該ESW 30a所接收之度量衡制資料來計算及/或調整結合於處理工具35a-35d之VPTs 37。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂 線

五、發明說明 (7)

較佳地，該進步之運轉-運轉控制器(ARRC)系統提供一種用於方法調整之正式方法論來補償逐漸的過程飄移(回饋控制)及上游之過程變化(前饋控制)。此外，操作之其他控制模式可使用諸如結合之回饋/前饋控制及可調整之回饋控制，如第6圖中所描繪，稍後將描述於本文中。在各例中，該功能會有效地降低用於過程維護及調整所需之工程時間。

在回饋控制之情況中，該ARRC系統會較佳地透過根據來自目前過程之所測量之過程結果的所有VPT(例如第5圖中所顯示之VPT 37)之參數來提供方法之自動調整，此自動調整係部分地藉由來自過去經驗，第一原理或實驗之設計使該過程模型化。具有此一模型，控制器可作成有關何等參數會透過VPT改變於方法中而維持所要之過程目標的智慧型決定。

在前饋控制的情況中，ARRC系統可利用來自前一過程步驟之度量衡制測量而完成調整於過程目標或過程變數(方法參數)以修正處理序列中之上游問題，此係藉經驗上地使兩過程測量間之關係或使來自先前過程之過程與目前過程中之方法參數間之關係模型化來完成。

第2圖描繪典型的軟體架構，用於度量衡制資訊的交換及用於VPT表37(參閱第5圖)之參數的計算/更新。第2圖中所描繪之ARRC系統較佳地係設計取得利用諸如CORBA之標準界面的通訊架構的所有優點，此架構准許度量衡制資訊交換於具有或不具有FSW之ESW之間，因為度量衡制要

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

五、發明說明 (8)

求較佳地CORBA目標；接著，所有度量衡制資訊可局部地儲存於與處理工具相結合之ESW上且可經由通訊架構由任一其他之ESW在前饋控制之情況中予以接達。在此等例中，度量衡制並不儲存於FSW之上，因此會避免單點之故障。

現將說明有關度量衡制獲得，儲存及維護的進一步細節；之後，將描述有關利用該度量衡制資料之運轉-運轉控制。

度量衡制資料(亦即，過程測量)之獲得可困難於許多原因，例如特定之度量衡制測量單元可不具有外部通訊。在此等例中，必須進行過程結果的人工進入；然而，人工進入係冗長而高度地易招致資料進入誤差，且非取得系統中之度量衡制資訊的較佳方式。實施此系統之另一障礙在於以時間方式之過程測量的獲得，在從最後運轉取得結果之前或使該等結果有用於ESW之前，在任何處可能從1小時至數日。因為各製造設施以不同方式儲存及分析過程結果，故相當需要提供標準界面來獲取此資訊而無需寫入特定之碼用於各客戶。第2圖中所描繪之軟體架構係設計來克服或減輕上述障礙，各功能性模組之說明，例如有關度量衡制獲取，儲存及維護將描述如下。

參閱第2圖，度量衡制經紀人70係使用來管理所有由ARRC控制器75所提供之度量衡制獲取之要求，來自ARRC控制器75之各度量衡制獲取要求係相結合於界定獲取該等度量衡制之結果的度量衡制之圖。一旦獲取度量衡制資訊，則與日期，時間，工具，小型規格，批ID及運轉號碼

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂 線

五、發明說明 (9)

一起儲存於度量衡制資料庫85之中。當發生時，亦將告知要求之ARRC控制器75度量衡制結果之獲取。

該度量衡制之圖係交通工具而允許使用者界定獲取過程測量的方法以及其中它們呈現之格式，該使用者可界定晶圓及現場(過程測量位置)以及界定更特定之名稱以用於度量衡制之點。

獲得過程測量結果之種種自動方法可使用及界定於度量衡制之圖中。參閱第2圖，例如該等自動方法含有下列：

GEM界面90-標準GEM界面可配置以傳送過程測量至高性能資料庫之內且提供該等測量到ARRC系統，此方法大致地需要使用者在製造設施處寫入客戶碼以界面其過程測量資料庫至諸如ESW之監督工作站；

CIM架構(CORBA界面)95-此界面係配置用於具有符合Sematech之APC架構之過程測量工具或SPC資料庫之客戶。用於CIM架構95，該ESW 30會預約CORBA目標而當測量它們時自動地獲得過程測量；

ESW度量衡制工具界面100-此界面係配置於製造設施處以用於希望直接地連接ESW至度量衡制工具供運轉-運轉控制目的之使用者；以及

SMC結果-此界面允許連接於統計之機器控制應用，該應用會利用裝置之實時間測量來提供自動的故障偵測，通常來自此應用之計算會提供至ARRC系統當作來自實時間感應器之測量。

除了上述自動之度量衡制獲取方法，該ARRC系統亦可採

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂
線

五、發明說明 (10)

用人工度量衡制進入界面105。此處，使用者界面係配置而人工地進入度量衡制工具之過程測量以用於不具有中央SPC資料庫或具有不含外部通訊能力之過程測量工具的製造設施。雖大致地並非獲取度量衡制資料的最有效方式，但此功能特別地有用於希望確認ARRC系統之功能的使用者而無需交付資源以編碼GEM或CORBA符合界面來建立與度量衡制工具或SPC資料庫之連接。

較佳地，人工度量衡制進入界面105允許使用者選取開放式度量衡制要求且接著輸入新資料，較佳地在UNIX®環境中，該使用者界面視窗較佳地含有可渦捲之開放式度量衡制要求之表及顯示關於下列各要求之資訊：日期，時間，工具，批ID及方法名稱。因為可具有許多開放式度量衡制要求，故可利用下列三域使查尋變窄：工具，方法名稱及批ID，可輸入由星號所緊隨之任一名稱或部分名稱以自動地過濾有效之選取，在所有度量衡制之值已輸入用於特定要求時，將告知ARRC控制器75資料之獲取且可因此而處理該資料。

度量衡制資料庫85較佳地係以獨占，平坦檔資料庫之形式，雖亦可使用其他資料庫結構(例如關係資料庫)來取代。該度量衡制資料庫85係使用來儲存及維持過程測量結果；大致地，該等值並不儲存於ESW 30之標準資料庫之中，因為ESW 30之標準資料庫常需儲存10倍長於儲存在標準ESW資料庫中之實時間過程資料之測量資訊。較佳地應使充裕之過程測量有用於過程之統計分析及有用於允許該

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂 線

五、發明說明 (11)

過程堅實的模型化。分離之資料庫整理及維護操作亦可配置於度量衡制資料庫。

各ESW 30可包含諸如銷售自亞利桑納州鳳凰城之SEMY工程公司的形式之裝置監督工作站，整合運轉-運轉功能於此一工作站可要求添加若干手段於現有之ESW軟體。較佳地，實施係藉結合運轉-運轉控制方法110於VPT中所界定之值而完成，此結合過程允許使用者界定可調整之變數於各個個別工具之方法中。

在處理工具35與ESW間之相互作用係由工具伺服器115控制；依序地，工具伺服器115會與ARRC控制器75互動。

該ESW 30可提供視覺之接達於VPT，含有參數之顯示，可視之最小及最大範圍，每步驟之最大改變量，每參數之接達準位及指定於單元之參數形式(參閱第7圖)。因此，該ESW 30會以允許使用者選取將計算/更新各可變參數之方法的界面來增大VPT；藉此，若希求時，使用者可界定出訂製之運轉-運轉程式供各參數用。各VPT參數係指定有下列ARRC調整方法之一：僅回饋，可調整之回饋，組合之回饋/前饋，僅前饋，或全無。在較佳之ARRC系統中，具有4種可行之調整模式有效於各調整方法，其係：

自動的-此模式將根據模型及控制器之建議完成改變於可變參數；

人工驗證-此模式將請求操作者批准所建議之可變參數改變；

人工的-此模式將從過程模型及控制器預測過程結果而不

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

線

五、發明說明 (12)

作成調整於可變參數，此模式可有用於測試模型的確實性而無需執行該過程，此模式亦將允許操作者人工地批准及作成建議之可變參數改變，此模式操作之目的允許操作者在自動地完成調整之前以該過程模型及控制器所作成之調整而呈舒適；

資料收集-此模式係使用於僅獲取需用於前饋過程之過程測量資料，其中上游之處理工具係連接於ESW且並不具有界定之回饋控制器。

ARRC控制器75互動於工具伺服器115，ARRC方法110，度量衡制資料庫85，及度量衡制經紀人70。在度量衡制資料庫85利用度量衡制經紀人70之過程測量結果的接收之後或同時，執行ARRC方法110之離線處理係背景軟體過程，該離線處理會協助避免在下載可調整之方法之前歸因於ARRC計算或過程測量的獲取之延遲。

現將隨時參閱第6圖之方塊圖來提供運轉-運轉控制方法之進一步說明。如先前所示，許多裝置係有效於度量衡制資料之獲取及度量衡制之圖的產生。例如獲得過程測量結果之自動方法含有標準化之GEM界面90，CIM架構(CORBA)界面95，或ESW度量衡制工具界面100的使用。同時，該ARRC系統亦可採用人工度量衡進入界面105，來自該等度量衡制獲取技術之資訊係供應至一組之度量衡制之圖205，如所示，該度量衡制之圖205的組合係允許使用者界定獲取該等過程測量的方法以及界定其中顯示它們之格式的交通工具，例如該使用者可利用度量衡制之圖205

五、發明說明 (13)

來界定晶圓及現場(過程測量位置)之數目以及界定更特定之名稱以用於度量衡制之點。

在運轉過程之前，是否由第6圖中之控制點界定步驟207所描繪之回饋或前饋(或兩者)，使用者會設定控制點以用於ARRC系統所使用之不同過程參數。控制點的設定係部分之較大機制；透過該機制，使用者會同時界定過程模型(特定地用於回饋方法)及適應程式以用於所選取之VPT參數，該控制點界定係提供使使用者組合任何或所有之由單一度量衡制之圖所界定之過程測量為該運轉-運轉控制計算使用來測定該過程之單一值。為此目的，使用者首先選取度量衡制之圖供控制點之界定用，相類似於微軟Excel之公式編輯器可配置使使用者組合任何或所有值為單一值；所有典型之數學操作較佳地係有效，除了諸如平均值，標準偏差，中線及範圍之外；使用者可從度量衡制之圖所界定之表來選取各測量。

半導體過程之模型化可分布自極複雜之偏微分方程式至兩過程變數間之簡單關係。然而，大多數控制系統可有效地利用簡單之模型來描述其控制之實體的現象，因為複雜之模型通常會增加計算之需要及造成較慢的系統性能。

為提供使用者有彈性範圍之處理可行性，種種ARRC模型110(亦即，模型格式)可使有效於使用者以適應地或循環地使過程模型化及控制該過程，最佳之模型格式可經驗地利用例如初始之"黃金資料組"來確定，為此目的，使用者可人工地輸入一矩陣之黃金資料組過程測量及控制變數，利

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂
線

五、發明說明 (14)

用此實驗之過程資料，可使用最小平方系統識別程來確定該等模型參數，過程雜訊及模型整體性矩陣可顯示來定量模型之品質，信心準位指示亦將根據該模型預測實際現象有多好而提供使用者以給予使用者該模型可靠性之感覺，整個模型選取過程可為反覆之過程，其中使用者會在發現一種準確地代表該過程者之前嘗試若干模型結構。

在一實施例中，模型適應採用結合無用區及參數約束之修正的衰落記憶體最小平方程式，該等修正與執行該等參數之整個或部分調整的能力意指減輕由於評估飄移之潛在問題，此等問題可發生於當使用於評估之輸入-輸出資料並未提供充分資訊(激勵)來確定所有模型參數，例如正常的生產資料。基本之控制程式可為使用來解決非線性方程式之梯度-牛頓等級(gradient-Newton class)，牛頓程式具有接近解決的優異收斂特性但可易招致雜訊。為此理由，該程式較佳地係以"無用區"非線性增益調整來修正而允許使用者調整靈敏度於雜訊。此修正之主要優點係其允許快速響應於大的干擾而不會增加穩態變化。更高層次之控制器亦可使用來補償更嚴重的過程飄移，缺設之控制參數係自動地根據模型及輸入-輸出資料組而計算，該等參數可完全地由使用者予以調整以改良控制動作；過程度量衡工具模擬器亦提供以進一步地使回饋控制器之操作可見及學習如何調整控制參數來協助使用者在執行實際過程測試運轉之前取得所希求之行爲。

在本案較佳實施例中，至少下列模型結構或模型格式選

五、發明說明 (15)

用係提供於使用者以用於互動的選取：線性(2參數模型-亦即，斜率及y-截距)，二次的(3參數模型)及三次的(4參數模型)。該等模型可為單一輸入，單一輸出(SISO)或多重輸入，多重輸出(MIMO)；該等模型亦可界定為伴隨有選擇性地適應該等參數之能力的最小平方適應性，梯度適應性或非適應性(亦即，保持斜率恆常而在所有時間向上及向下地偏移y-截距)。適應之模型會根據所接收之目前的度量衡制資訊來自動地改變模型參數而自動地補償過程之飄移，可使用循環控制器來控制用於靜態模型之過程，外部插入容量(參閱第6圖中之模型/控制器插入221)亦可利用例如MATLAB之配置而允許使用者界定其本身模型，適應性程式及控制器。

此外，產生自"黃金資料組"之"黃金模型"可恢復為已適應所有時間之模型之情況中，此恢復可自動地藉預防性維護應用所觸發。

大致地，回饋方法會提供所希求之過程目標以及由過程規格所界定之最小及最大規格限制，該最小及最大度量衡制限制會協助保護該系統以免於使用假的測量。若一或更多的度量衡制之值在該等限制之外部時，則可程式規劃該系統或使用抑或拋棄該等個別之度量衡制的值；此外，若該度量衡制資料之範圍超出預定之最大範圍值，則可程式規劃該系統以拋棄所有該等度量衡制資訊為無效。

在相同觀點中，可根據所偵測之假的度量衡制之值的數目來程式規劃該ARRC系統以實行警告及/或停止限制；萬

五、發明說明 (16)

一超出停止限時則例如所有用於該工具之未來運轉可接著阻斷，或可提供警告於使用者；若在警告之情況中，可告知該使用者該等假的度量衡制之值的數目已過多而可誌入該警告於審計存底檔之中；若在VPT中之可變參數值係在其本身之預定最小與最大限制之外部時，可界定停止於該過程之上或簡單地調整該可變參數值至最小限制或最大限制而不管其係最接近於範圍外部之值。

在若干例中，由於從未獲取度量衡制，故可界定警告限制以警告使用者具有錯識於度量制之獲取(測量工具係向下，SPC資料庫故障，網路問題等)，可使用停止及暫停限制使得所有未來之運轉阻斷或運轉-運轉控制將不使用。

如先前在本文中所示者，該ARRC系統較佳地提供方法以用於方法調整而補償逐漸之過程飄移(回饋控制)以及上游之過程變化(回饋控制)，以及可行地補償操作之其他控制模式，諸如組合之回饋/前饋控制及可調整之回饋控制。在回饋控制之情況中，如第6圖中所示，該回饋控制程式220係根據內部模型/控制器結構或模型/控制器插頭221而利用產生自控制點界定207之過程結果來實行。如第6圖中下一步驟225所示，在回饋控制程式220之應用後，該ARRC系統較佳地根據過程結果透過所有VPT 37之參數提供該方法之自動調整。

進一步之保護以免於遭受假的度量衡制係根據從工具上之過程最後運轉起之消逝時間而配置，此種保護以免於遭受假的度量衡制係特別有用於結合尚未在特定工具上運轉

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂
線

五、發明說明 (17)

實質之週期時間的過程。當從工具上之其他过程的最後運轉起之預定週期時間已消逝時，由於在時間上之處理工具中之改變，使用在最後運轉模型中之模型無效將係可能的。

從操作之觀點而言，"僅回饋"處理開始於當工具伺服器115(參閱第2圖)接收到將由一或更多處理工具35執行之處理方法。在下載方法之後，工具伺服器115會告知ARRC控制器75何者過程測量會預期於過程運轉完成時，且進一步告知那些相關之ARRC方法110將使用來更新VPT。若違反ARRC方法中之預定條件時亦可作成規定來阻止隨後之下載。較佳地，凌駕阻止下載之告知需要可確信之接達。

工具伺服器115或GEM主界面90將自動地告知ARRC控制器75已下載方法至工具且具有相關之ARRC方法，ARRC控制器75監視過程之開始及結束事件且確定並沒有會發生在運轉期間之中止情形；一旦已確定該過程運轉會成功地完成時，則從ARRC方法110摘取度量衡制之圖的界定以確定應期待那些過程結果。當接收到過程結果時，則在背景中計算ARRC方法。倘若ARRC方法110作成改變於VPT參數且需要使用者批准時，則所有改變會儲存於暫時檔之中直到收到批准為止，否則將自動地完成VPT改變。

在前饋控制之例中，ARRC系統可使用來自前一過程步驟之度量衡制之測量以作成調整於過程目標或過程變數(方法參數)以修正處理序列中之上游的問題。為執行此形式之調整，所需的是使兩過程測量間或來自上一過程之過程測量

五、發明說明 (18)

與目前過程中之方法參數間之關係在經驗上模型化。

從實施及組態之觀點來看，ARRC前饋方法極類似於ARRC回饋方法。概略言之，ARRC前饋方法可描述為降格之ARRC回饋方法。然而，在該ARRC前饋方法中，並沒有目標過程值也沒有上方及下方規格限制，因為該模型扮演順序過程間之關係操作者。此外，沒有閉路調節模式，因為其功能係使用來獲取過程測量以用於相對於下游過程之前饋控制。沒有度量衡制限制功能之運轉限制與運轉數目間的時間亦不存在，因為大致地度量衡制係一直需要於前饋控制度量衡制之中。

對於前饋方法，控制點界定編輯器係強化有特定域以界定度量衡制資訊正來自那一個上游過程。過程模型編輯器並不具有界定前饋方法之適應模型或循環控制器之能力，因為使用於前饋控制之該等模型係完全地開路。

當使用"僅前饋"方法時，若配置的話，工具伺服器115(參閱第2圖)或替換性地，GEM主界面90會告知ARRC控制器75以獲取特地之度量衡制資料自上游度量衡制工具及執行前饋程式。倘若度量衡制記錄無效時，則將阻止下載直到獲取其為止；一旦檢索出度量衡制記錄時，將計算ARRC方法及更新VPT參數。

當使用組合之回饋/前饋時，可利用來自前饋控制方法210之輸出以調整用於回饋控制方法220之過程目標，如第6圖中所描繪。

在持續地執行上述任一ARRC方法之後，則會記錄下列資

五、發明說明 (19)

訊：VPT參數值，度量衡制目標，所計算之控制點及新的模型參數。所有由ARRC方法所產生之警告及停止事件係儲存於審計存底檔之中且亦在工具狀態應用中顯示於使用者。該等警告可清除於工具狀態應用或ARRC狀態應用中；然而，該等停止事件僅可凌駕於ARRC狀態應用中(如下節中所解說)。任何對於VPT參數之調整亦誌入於該審計存底檔之中。

ARRC狀態顯示可配置以觀視連接於現行區中之所有工具的目前狀態(亦即，OK，警告，或阻止下載)，此應用會以觀視所有開放之度量衡制請求以及所有目前ARRC系統事件之能力來顯示該工具的目前狀態。由此視窗，可凌駕所有ARRC系統阻止下載事件以使該工具回到線上；所有警告及阻止下載事件亦可視於工具狀態顯示中且亦可清除於該處，所有ARRC系統事件(警告，阻止下載，調整等)亦記錄於該審計存底檔之中。

第8圖係流程圖，從替換性之透視來描繪第6圖之運轉-運轉控制過程。在第8圖中所描繪之運轉-運轉過程800中，可利用前饋及回饋控制來控制過程工具(第8圖中所指定之過程工具B)之操作。在運轉-運轉過程800之第一步驟801之中，第一過程工具(指定之過程工具A)會根據從結合有特定方法之可變參數表(VPT)下載於工具之過程變數來執行處理；在下一步驟802中，第一度量衡制工具(所指定之度量衡制工具A)會根據過程工具A之本質來測量該過程工具A之適當輸出；來自度量衡制工具A之測量係收集於步驟

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

線

五、發明說明 (20)

803 中，例如根據任一先前參照第6圖所描繪之度量衡制獲取方法；在下一步驟804中，用於即將來臨之前饋及/或回饋之運轉-運轉程式的過程控制點(亦即，目標)係根據儲存於該等度量衡制之圖中的資訊予以設定；在下一步驟805中，所選取之前饋控制程式係由ESW 30所施加而產生前饋控制模型之輸出；在步驟806中，該等輸出係使用來調整該等過程目標以用於即將來臨之回饋控制程式，在一觀點中，該前饋控制程式會提供產生用於由閉路回饋控制迴路所控制之過程的"可變"過程目標之能力。

一旦該過程目標已根據該前饋控制程式予以調整時，則該運轉-運轉控制器之回饋控制程式可施加於步驟807中；在下一步驟中，用於該方法之過程變數或參數係調整於可變參數表(VPT)中，以及該等更新之變數或參數係下載於過程工具B；在步驟809中，過程工具B利用與該過程方法相結合之變數或參數來執行其指定之任務；在下一步驟810中，第二度量衡制工具(指定之度量衡制工具B)係使用根據該度量衡制工具B之本質來測量該度量衡制工具B之適當輸出；來自度量衡制工具B之度量衡制資料係獲取於下一步驟811中，例如根據先前在本文所描述之任何度量衡制獲取方法；根據所獲取之度量衡制資料，用於回饋控制程式之過程控制點係調整於步驟812中；接著，閉路回饋控制過程回到步驟807，其中再次施加回饋控制程式，該回饋控制程式持續以閉路形式來控制用於過程工具B的過程目標，但該過程目標可根據過程工具A之所測量輸出及

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

線

五、發明說明 (21)

第8圖之步驟805中所述之前饋控制程式予以週期性地調整。

根據度量衡制資料及過程調整機制，該ARRC系統可在不同頻率處完成過程調整。對於批次工具而言，該ARRC系統較佳地以批次-批次為基礎來調整該等參數。對於單一晶圓而言，該ARRC系統可根據批-批及若需要時，晶圓-晶圓為基礎來調整該等參數。

具有額外之軟體應用以有效於分析該等該ARRC方法之過去特性亦係效的。為此目的，該ESW 30可配置有ARRC歷史性分析應用，該ARRC歷史性分析應用允許使用者藉選取工具，區，方法名稱及相關之可變參數來觀視單一ARRC方法之結果。用於回饋方法，圖表會圖形地顯示目標值，模型預測，實際測量，以及警告及阻止下載限制；較佳地，該圖表係彩色編碼的。用於前饋方法，圖表會圖形地顯示出在時間上作成下一過程之調整(階梯步驟圖表。在回饋及前饋二者之中，彩色之事件方形物可置於圖表之底部處而在調整完成之時間點以及例如當警告或阻止下載事件發生時之點處。當使用者鍵音在該等方形物上之時，另一視窗會出現而顯示特定事件之細節。

上述系統已持續地施加於溼式氧化過程中且已顯示改善其準確性及均勻性之能力。雖本質上係多重變化，但在溼式氧化過程中所面對之控制問題可降低為一組數目之問題而允許使用簡單及可靠之ARRC控制方法。用於運轉-運轉控制之實施，ARRC系統會提供整合及適用之工具來執行

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂 線

五、發明說明 (22)

模型化，適應性及控制。

在此溼式氧化過程中，氧化矽層係經由溼式氧化過程而成長於擴散爐內部之許多晶圓之上；在此過程中，矽晶圓係在高溫處暴露於藉由火焰或火炬燃燒控制之氫氣及氧氣混合氣所產生之蒸氣；該等晶圓係裝載於爐內且在給定溫度處處理一指定之時間週期。實時間控制器係使用以橫過晶圓載物之三個相異位置處所取得的熱偶測量而維持處理溫度於選取值之處。當完成該過程，氧化物成長係測量於橫過晶圓載物之四個位置處。影響該成長之過程參數含有處理時間及三個溫度區設定點，目的在於調整該等處理參數以爲了均勻地維持所要之氧化物成長於晶圓載物上。

相關於此問題之一困難性在於過程模型之複雜性，含對稱性之損失，此係由於火炬所產生之來源區中的額外熱量及在裝載區中之熱損失。此外，過程特徵會因所處理晶圓之數目而變化(例如由於熱偶飄移或元件降格)。爲補償模型化誤差及緩慢之過程飄移，以上述方式所建構之運轉-運轉控制器係採用來調整"控制輸入"(氧化時間及溫度設定點)，利用在各運轉之後的成長測量作爲度量衡制輸入及簡單之過程模型而調整界定於VPT中之方法參數。

說明溼式氧化過程爲回饋控制問題，ARRC系統會試圖計算及改善"控制輸入"之值以驅動及維持過程輸出值於所要的準位。就用辭而言，回饋控制考慮"過程"或"系統"，其給定"輸入"而產生"輸出"，該輸入或控制係可調處以完成改變於輸出中之信號，該輸出係可使用來界定過程之所要

五、發明說明 (23)

操作之重要信號，所要之操作常可藉比較該過程之輸出於"目標"或"參考"值予以定量，例如在溼式氧化回饋控制問題中，控制之輸入為氧化之時間及氧化溫度；輸出則為測量於過程完成時在晶圓載物不同位置處的氧化物厚度，而參考值係所要之氧化物厚度之值。

用於氧化過程，可認為整個溫度彈道為控制輸入，當然此將相當不便，例如其增加了問題之空間性及困難性；相反地，若溫度係由局部之實時間控制器保持於指定值時則可簡單地藉溫度設定點之單一數目來取代整個軌道，藉此公式所得之模型的準確性會根據局部實時間控制器的能力來維持設定點溫度而不管任何進入該過程之擾動。

數學地，輸入與輸出間之關係取無記憶體非線性之形式，

$$y_i = f[u_k]$$

其中 $f[.]$ 係一般非線性函數。在此架構中，控制目標可界定為選取 u_k 使得 y_k 保持接近於預定所要之值 r_k ，其中 k 係表示運轉數目之指數。當然所有數學模型，特別係簡單的，僅可作為實際過程之近似值。結果，控制輸入之標稱值(例如藉解該方程式 $f[u_k] - r_k = 0$ 來計算)將僅近似地滿足控制目標。此外，在過程中之擾動或改變(例如由於老化)會不利地影響模型品質及導致誤差 $r_k - y_k$ 之增加。

有兩個互補之方法來補償此情勢，一係利用近似模型來

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂 線

五、發明說明 (24)

計算近似之修正而最後驅動誤差於零；此係稱為控制輸入改善；另一方法係改善模型品質，稱為模型改良，且使用新的模型來計算新的控制輸入。該等ARRC方法可使用來實施該兩方法，然而，方法之選擇係問題相依的，例如兩者均具有會潛在地產生所不希求之響應的限制。

在本實例中之ARRC方法的設計會根據適應系統識別及參數評估之理論來執行模型改良，以及根據回饋控制及數值最佳化之理論來執行控制輸入之改善。在此大致形式中，ARRC方法之實施含有4個步驟：模型開發，控制輸入之初始化，模型改良及控制輸入之更新。根據使用者之喜好，該等步驟可以以若干不同順序來實施以控制例如過程監視，單模型化，非適應控制及適應控制之過程輸出。在該4個基本步驟上之若干註解將解說於下。

關於模型開發，實施於典型之ARRC系統中之模型結構係係具有完整或部分可調整參數之單輸入，單輸出多項式模型。概言之，該過程模型取下一形式：

$$y_k = f[u_k, \theta]$$

其中(u，y)係輸入-輸出配對以及θ係可調整參數之向量。用於計算之方便性及可靠性，函數f(.,θ)係選擇為線性或仿射於該等參數θ中，此允許使用簡單及可靠之最小平方計算以評估來自資料之模型參數。雖然更多之一般模型結構確實地可行於上述之ARRC系統架構之內，但簡單

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂
線

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

五、發明說明 (25)

之模型常足夠用於所打算之應用。此處，操作範圍常足夠地小以允許藉仿射函數來良好地評估輸入/輸出過程之行爲。

在模型化的步驟中，使用者所選取之模型結構的參數係評估來適合一組之輸入/輸出配對。該評估係利用最小平方方法來執行，稍微修正以用於數值之固定。配合所評估之模型參數，計算一組適合之誤差(RMS及正規化之RMS)。該等會界定適合之品質於一方式中，即，允許易於選取最合適之模型及避免"過參數化"。應注意的是，過參數化不僅根據下面過程之特徵而且同樣地根據可能之輸入的範圍。該等適合誤差之測量亦提供導引用於控制及/或適應臨限(無用區)之選取，使得當輸出變化係在正常之雜訊準位時不採取動作。最後，在此階段中，"調節性"變換係計算供使用於適應及控制步驟中，該等變換在改善數值計算之可靠性及收斂速度中係重要的。

關於控制輸入之更新，控制輸入之計算利用涵蓋於梯度/牛頓程式之等級中的程式以用於解非線性方程式，該牛頓型程式具有接近於解答之優異的收斂性質且該收斂並未非常靈敏於模型之不精確，只要該模型之導數(df/du)"接近"於實際過程之導數即可。而且，若干修正可完成於此典型之應用中，含有當作旋鈕以調整該方法對於雜訊之"增益"參數。該控制輸入之更新的大致形式係

$$u_{x+1} = u_x + \gamma_x \omega_{x*} \varepsilon_{x*} / (1 + \gamma_x \omega_{x*}' \omega_{x*})$$

五、發明說明 (26)

其中 $e_{c,k} = \text{Dzn}[r_k - y_k]$, $w_{c,k} = df/du[u_k, \theta_k]$ 。 $\text{Dzn}[\cdot]$ 表示無用區之非線性，其臨限值係根據模型開發階段中所計算之RMS準位予以選取。增益 r_c 則經由下式從誤差計算出：

$$\gamma_c = \gamma (e_{c,k} / \gamma_{dz})^2 / \left(1 + \left(e_{c,k} / \gamma_{dz} \right)^2 \right)$$

其中 $y > 0$ 以及 r_{dz} 係根據雜訊RMS準位所選取之臨限參數，此非線性之增益的界定有效地扮演平滑的無用區，其主要之屬性係在於當誤差大之時，則控制之更新會以高增益(等於 r) 來完成；當誤差小且其大部分之促成係由於雜訊時，則該等更新會以有效地扮演低通濾波器及預防過度之控制輸入調整之低增益予以達成。

該控制輸入之更新方法可使用於兩模式中，在正常操作期間，僅反覆執行一步驟；另一方面，該反覆係允許收斂(控制初始化)以用於維護操作之後的第一步驟。

在適應系統之設計中的另一步驟在於參數更新方法之選取，含有可撓性，雜訊所感應之參數飄移，收斂之速度及雜訊濾除特性間的平衡。使用來執行該等模型參數之更新的ARRC方法係結合無用區及參數限制之修正之衰落記憶體最小平方，該參數更新方法之大致形式係如下：

$$\theta_{k+1} = \Pi \left\{ \theta_k + \gamma_p P_k^{-1} w_{p,k} e_{p,k} / \left(1 + \gamma_p w_{p,k}' P_k^{-1} w_{p,k} \right) \right\}$$
$$P_{k+1} = \alpha P_k + (1 - \alpha) Q + \gamma_p \alpha w_{p,k} w_{p,k}'$$

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂 線

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

五、發明說明 (27)

其中 $e_{p,k} = Dzn[y_k - W_{p,k}' \theta_k]$, $w_{p,k} = df/d\theta[u_k, \theta_k]$; 適應增益 r_p 之計算係類似於控制增益 ; $\Pi(\dots)$ 表示參數限制組上之傾斜投射之操作者 ; Q 係小的正值定矩陣 , 作用為確保 P_k 係一直非單數且 $\alpha \in [0,1]$ 係忽略因數。

該無用區藉忽略含有極少新資訊之資料而作為 " 資訊篩選 " 機制 , 參數限制一直具有範圍之形式於可接受之參數平估值之上且作用為增加該程式抵抗雜訊所感應之參數飄移的剛性。

無用區之臨限 , 參數限制及比較 / 調節的變數可由使用者在初始模型化狀態期間予以選取 , 尤其 , 參數調節變換有助於降低 Hessian P 的條件數目 , 且因而改善該參數評估器之收斂性質 , 然而當它們會增加程式對雜訊之易招致性之時應小心地施加它們 ; 此外 , 參數限制可藉物理原理予以激發 (例如 df/du 之符號) 。

如先前所述 , ARRC 方法係使用來控制溼式氧化過程 , 此過程之主要特徵之一係由於熱梯度橫切該爐而損失對稱性 , 造成沿著晶圓載物之非均勻的氧化物厚度分布 , 此情勢之一般補償在於利用在三個加熱區中之不同的溫度設定點而補償氧化速率之易變 ; 稱為 " 溫度傾斜法 " 之此程序常需擴充之實驗及週期之重調整 , 藉此來選取其為良好之候選者而審查運轉 - 運轉控制之好處。

用於此濕式氧化例中之過程 , 該等控制輸入係氧化時間及兩個末端區溫度設定點 , 而中心區之設定點係保持於 950°C , 4 片測試晶圓係使用於各運轉中且氧化物厚度係測

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝
訂
線

五、發明說明 (28)

量於各測試晶圓上之不同位置處。利用標準之實驗設計，一組23個初步測量會取得以用於不同之輸入，從該等輸入可建立初步模型。藉該等測量所導引，過程輸入及輸出係界定如下：

$y(1)$ =用於中間兩測試晶圓的平均氧化物厚度，

$y(2)$ 及 $y(3)$ =兩側邊測試晶圓的平均氧化物厚度與 $y(1)$ 間之差異(埃)，及

$u(1)$ =處理時間(分鐘)， $u(2)$ 及 $u(3)$ =側邊區設定點距中心區之溫度差異($^{\circ}\text{C}$)。

在該等界定後的理論基礎在於取得具有正交支配及合理條件化之Hessian，該等正交支配並非必要，但可協助藉一組數量控制問題使其接近而簡化了多重可變之控制問題。

ARRC方法接著藉處理總共33車而各200片晶圓而測試，非適應控制器係使用於開始之22車而適應控制器則使用於最後11車。在所有例中，目標係1000埃之氧化物厚度於所有處理區之中。為證明控制器的收斂性質，選取初始之處理時間來產生15%厚度誤差而所有溫度設定點均相同，測試結果係顯示於第3及4圖中。在極短之瞬間之後，該厚度誤差會呈可與正常雜訊準位相比擬，而且，控制輸入之更新會合理地平順。較佳地，該等結果比較於相同過程之正常操作資料，其中執行SPC為主之方法。因此，明顯的是上述進步之運轉-運轉控制方法會以產生準確及可預測之過程結果而提供有效之優點。

其他實例亦描繪結合上述進步之運轉-運轉控制技術，利

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

線

五、發明說明 (29)

用各回饋及前饋控制技術及兩者。使用於該ARRC系統可在生產環境之許多區域中有效地改善過程性能及生產率，例如在化學機械拋光(CMP)操作中，可調整拋光時間來控制該膜的殘留厚度，拋光時間可根據過程之穩定性而改變於晶圓之間或批次之間。當需要晶圓-晶圓調整時，將需要原處之度量衡制而及時地提供測量以緊靠該迴路。而且若了解該過程飄移時，則可使用回饋模型來預測及調整批次中各晶圓所需之拋光時間，該拋光時間可根據模型評估值利用ARRC系統所實施之回饋控制程式而改變自晶圓至晶圓，且接著在完成該批次之後以度量衡制來驗證。回饋控制器亦可使用於ARRC系統之內以自動地補償研磨漿中之改變及拋光墊之降格。

如另一實例，擴散過程可獲益自採用此處所描述之運轉-運轉控制技術。有時候，擴散過程會需要同時地調整多重變數，例如低壓化學氣相沉積(LPCVD)批次過程典型地需要溫度及時間調整。採用ARRC系統內之回饋控制器可使用來調整末端區溫度以使處理於爐之中心及爐之末端區中之晶圓間的厚度差異最小化；該回饋控制器亦可調整沉積時間以對準該過程於所欲之厚度目標處。簡單之模型係有效於線性LPCVD沉積過程及非線性氧化過程之中。

完成於ARRC系統之情況內的回饋調整亦係有效於蝕刻過程中控制關鍵尺寸(CD)線寬。同時，許多蝕刻過程會使用原處之末端點偵測，一旦已建立末端點時，該方法將持續地蝕刻該膜以用於預先界定之過蝕刻時間。末端點時間及

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

線

五、發明說明 (30)

過蝕刻時間的影響係以膜厚及CDs來測量，在ARRC系統內之自動回饋控制可施加以調整末端點驅動過程中之定時的蝕刻過程或過蝕刻時間。相對於諸如蝕刻時間，氣體流動及功率之蝕刻過程參數之所去除膜厚與CDs間的關係可利用ARRC系統予以模型化及控制。

雖然過程可利用回饋控制度量衡制來產生可重複之結果，但該等過程結果亦可根據晶圓的初始狀態。根據此初始狀態之自動調整可以以前饋模型來達成；若使用前饋控制程式時，所控制之該過程會本質較佳地穩定或者會使用有效的回饋機制(例如ARRC系統回饋控制程式)來提供穩定性。

其中前饋控制機制有效之一實例在於蝕刻時間的調整以去除層間電介質供通孔互連之用，此形式之蝕刻過程一般無法以原處末端點偵測來控制，因為所去除之小量的膜不能提供所需之信號強度。取代地，該過程較佳地係使其在第一次嘗試時去除所有的膜；大致地，該膜之初始厚度需選取目標以用於該過程，此資訊可以藉具有前饋過程之ARRC系統來提供，其中測量初始之膜厚，依序地設定目標供回饋控制迴路用以用於去除層間電介質。

其中在ARRC系統之情況內的前饋控制將有效的另一實例係在於化學機械拋光(CMP)過程中，在該等過程中，典型地在初始之表面材料中會具有變化，依序地在拋光後會產生相類似的變化，藉由在拋光之前測量該晶圓，在ARRC系統內之前饋控制器可使用在各運轉之前調整回饋控制器

五、發明說明 (31)

目標(將拋光之材料量)，以排除或至少使此變化會在拋光之後最小化。

其中在ARRC系統之情況內的前饋控制將有效的又一實例，可控制犧牲氧化物層成長之前布植障壁之變化來改善電晶體及相類似半導體裝置。關於此點，在製程中布植障壁之變化會不利地完成電晶體之增益。在典型的製造實例中，氧化物及氮化物層係成長及沉積在晶圓之上；利用微影術及蝕刻過程，溝渠係形成於氮化物層之中；在形成溝渠中會過蝕刻氮化物而造成若干初始氧化物層之去除；犧牲氧化物層係成長在溝渠中於此初始氧化物上而製成障壁以用於布植步驟。由於氮化物之過蝕刻，所以此布植障壁之大小會從運轉至運轉變化的；利用ARRC系統內之前饋控制程式，由氧化及氮化物蝕刻步驟所造成之將到來的變化可藉首先在氮化物蝕刻後測量初始氧化物層，及接著利用前饋控制器來調整回饋控制器在犧牲氧化物過程上之目標以維持更一致的布植障壁而最小化。

在微影區域中，可使用由ARRC系統所實施之前饋控制從晶圓到晶圓地計算對齊參數，藉此提供改良之可行性以用於利用回饋控制來處理下游。典型地有六至八個參數可以以第一級模型來預測。傾斜亦可予以調整，但一般地需要更為複雜之模型。

雖揭示較佳實施例於本文中，但許多變化例係可行的而涵蓋在本發明之觀念及範疇之內，該等變化例將呈明顯於一般熟練於本項技術者在檢查本文中之規格及圖式之後。

五、發明說明 (³²)

因此，除了在任何附錄之申請專利範圍的精神及範疇內之外，本發明將不會受到限制。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

線

四、中文發明摘要 (發明之名稱：用於微電子製造的運轉-運轉控制器)

一種用於控制製造過程之自動化運轉-運轉控制器，包含：一組處理工具；一組度量衡制工具，用以從該等處理工具取得度量衡制測量；以及監督站，用以管理及控制該等處理工具，該監督站包含：一界面，用以接收來自該等度量衡制工具的度量衡制資料；以及多個可變參數表，各參數表用於各該等處理工具，共同地與製造過程之配方有關，該監督站亦含有一或更多的內部模型，該等模型使所接收之度量衡制資料相關連於用於一處理工具之一或更多變數，且該等模型可修正儲存於可變參數表中之變數，以利用回饋及/或前饋控制程式來控制該等處理工具，在特定實施例中，前饋控制程式可使用於調整製程目標以用於閉路反饋控制，該監督站可具有使用者界面，藉該使用者界

英文發明摘要 (發明之名稱：RUN-TO-RUN CONTROLLER FOR USE IN MICROELECTRONIC FABRICATION)

A automated run-to-run controller for controlling manufacturing processes comprises set of processing tools, a set of metrology tools for taking metrology measurements from the processing tools, and a supervising station for managing and controlling the processing tools. The supervising station comprises an interface for receiving metrology data from the metrology tools and a number of variable parameter tables, one for each of the processing tools, collectively associated with a manufacturing process recipe. The supervising station also includes one or more internal models which relate received metrology data to one or more variables for a processing tool, and which can modify variables stored in the variable parameter table to control the process tools using feedback and/or feed-forward control algorithms. Feed-forward control algorithms may, in certain embodiments, be used to adjust process targets for closed loop feedback control. The supervising station may have a user interface by which different feedback or feed-forward model formats (single or multi-variate) may be interactively selected based upon experimental or predicted behavior of the system, and may also permit users to utilize their own models for run-to-run control.

(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

四、中文發明摘要 (發明之名稱：)

面可根據系統之實驗或預測行為來互動地選取不同的回饋或前饋模型格式(單一或多重變化的)，且該監督站亦可允許使用者利用其本身之模型以用於運轉-運轉控制。

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

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

(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

1. 一種用於控制製造過程之運轉-運轉控制器，包含：
 - 複數個處理工具；
 - 複數個度量衡制工具，用於監視該等處理工具之操作；以及
 - 監督站，該監督站包含：
 - 一界面，用於接收來自各該等度量衡制工具之度量衡制資料；
 - 一記憶體；
 - 複數個可變參數表，用於各該等處理工具，係儲存於該記憶體之中，該等可變參數表共同地與製造過程或配方有關；以及
 - 至少一模型結構，使所接收之度量衡制資料相關連於一或更多該等可變參數之一或更多變數，藉此，該等變數係根據該至少一模型結構，來修正以響應所接收之度量衡制資料。
2. 如申請專利範圍第1項之運轉-運轉控制器，其中該至少一模型結構包含回饋控制模型。
3. 如申請專利範圍第1項之運轉-運轉控制器，其中該至少一模型結構包含前饋控制模型。
4. 如申請專利範圍第1項之運轉-運轉控制器，其中該至少一模型結構包含回饋控制模型與前饋控制模型二者。
5. 如申請專利範圍第4項之運轉-運轉控制器，其中該監督站尚包含與該回饋控制模型相關之目標設定點，該監督站根據該回饋控制模型之輸出來調整該目標設定點。

六、申請專利範圍

6. 如申請專利範圍第1項之運轉-運轉控制器，尚包含使用者界面，用於選取產生該至少一模型結構之一或更多模型格式。
7. 如申請專利範圍第6項之運轉-運轉控制器，其中該一或更多模型格式可互動地選取自複數之預定模型格式，該等預定模型格式包含線性模型格式，二次模型格式及三次模型格式。
8. 如申請專利範圍第7項之運轉-運轉控制器，其中一衰減記憶體最小平方演算法係使用次確定用於來自實驗資料之該至少一模型結構之模型參數。
9. 如申請專利範圍第8項之運轉-運轉控制器，其中該至少一模型結構係使用者可以無用區非線性增益調整來調整。
10. 如申請專利範圍第8項之運轉-運轉控制器，其中該至少一模型結構可為使用者界定為最小平方適應，梯度適應或非適應。
11. 如申請專利範圍第8項之運轉-運轉控制器，其中過程雜訊及用於該至少一模型結構之模型整體度量係藉該使用者界面來顯示。
12. 如申請專利範圍第8項之運轉-運轉控制器，其中用於該至少一模型結構之該等模型參數係使用者可調整於運轉之間。
13. 如申請專利範圍第7項之運轉-運轉控制器，其中該至少一模型結構包含一多輸入，多輸出模型。

六、申請專利範圍

14. 如申請專利範圍第1項之運轉-運轉控制器，尚包含用於從外部插入單元接收該至少一模型結構之界面。
15. 如申請專利範圍第1項之運轉-運轉控制器，其中所有或部分之各可變參數表係在該處理工具之操作之前下載到其相對應之處理工具，以及其中修正以響應該所接收之度量衡制資料的該等變數係自動地下載至該等處理工具無需使用者介入。
16. 一種製造過程之控制方法，包含下列步驟：
 - (a)從複數個可變參數表下載變數至複數個處理工具；
 - (b)根據該等所下載之變數來操作該等處理工具；
 - (c)在監督站接收來自複數度量衡制工具之度量衡制資料而監視該等處理工具之操作；
 - (d)施加該度量衡制資料至相關連該度量衡制資料於該等變數的至少一模型結構，及藉此產生輸出；以及
 - (e)更新一或更多該等可變參數表以響應於該輸出。
17. 如申請專利範圍第16項之方法，其中係反覆著步驟(a)至(e)以實現該製程之運轉-運轉控制。
18. 如申請專利範圍第16項之方法，其中步驟(d)包含施加該度量衡制資料至回饋模型之步驟。
19. 如申請專利範圍第16項之方法，其中步驟(d)包含施加該度量衡制資料至前饋模型之步驟。
20. 如申請專利範圍第16項之方法，其中步驟(d)包含施加該度量衡制資料至回饋模型及前饋模型二者之步驟。
21. 如申請專利範圍第16項之方法，其中步驟(c)包含自動

(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

- 地轉移該度量衡制資料自該等度量衡制工具至該監督站的步驟。
22. 如申請專利範圍第16項之方法，尚包含設定目標設定點以用於該至少一模型結構之步驟。
23. 如申請專利範圍第22項之方法，其中步驟(e)包含調整該一或更多該等可變參數表，以響應該輸出與該目標設定點之間的比較。
24. 如申請專利範圍第16項之方法，其中各該等可變參數表係確實地與該等處理工具之一相結合。
25. 如申請專利範圍第16項之方法，其中各該等度量衡制工具係確實地與該等處理工具之一相結合。
26. 如申請專利範圍第16項之方法，尚包含經由使用者界面從複數之預定模型格式互動地選取該至少一模型結構之步驟。
27. 如申請專利範圍第26項之方法，其中該等預定模型格式包含線性模型格式，二次模型格式及三次模型格式。
28. 如申請專利範圍第27項之方法，尚包含利用衰落記憶體最小平方程式從實驗資料來確定模型參數以用於該至少一模型結構之步驟。
29. 如申請專利範圍第27項之方法，尚包含在運轉之間調整該等模型參數以用於該至少一模型結構之步驟。
30. 如申請專利範圍第26項之方法，其中該至少一模型結構可為使用者界定為最小平方適應，梯度適應或非適應。
31. 如申請專利範圍第26項之方法，尚包含顯示過程雜訊及

六、申請專利範圍

模型整體矩陣於該使用者界面處。

32. 如申請專利範圍第26項之方法，其中該至少一模型結構包含一多輸入，多輸出模型。

33. 一種用於控制製程之運轉-運轉控制器，包含：

第一處理工具；

第一度量衡制工具；用於從該第一處理工具取得度量衡制資料；

第二處理工具；

第二度量衡制工具，用於從該第二處理工具取得度量衡制資料；以及

監督站，該監督站包含：

界面，用於接收來自該第一度量衡制工具之該度量衡制資料；以及

第一模型結構，使來自該第一度量衡制工具之該度量衡制資料相關連於該第二處理工具之目標設定點；

第二模型結構，使用於以回饋控制迴路之該第二處理工具的控制操作中；以及

第一可變參數表，用於該第一處理工具，及第二可變參數表，用於該第二處理工具；

其中所有或部分之各第一可變參數表係在該第一處理工具之操作之前下載到該第一處理工具，及其中所有或部分之各第二可變參數表係在該第二處理工具之操作之前下載到該第二處理工具，及其中該第二可變參數表中之一或更多變數係修正以響應於施加該第一模型結構

(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

至該所接收之度量衡制資料。

34. 如申請專利範圍第33項之運轉-運轉控制器，其中該監督站調整該第二可變參數表中之表參數以響應來自該第二度量衡制工具之度量衡制資料以爲了維持該第二處理工具之操作於所欲之目標點。
35. 如申請專利範圍第33項之運轉-運轉控制器，尚包含界面，用於接收來自外部插入單元之該第一模型結構或該第二模型結構，或兩者。
36. 如申請專利範圍第33項之運轉-運轉控制器，尚包含使用者界面，用於選取產生該第一模型結構之複數預定模型格式之一。
37. 如申請專利範圍第36項之運轉-運轉控制器，其中該複數之預定模型格式含有線性模型格式，二次模型格式及三次模型格式。
38. 一種製程之控制方法，包含下列步驟：
- (a)從相關於第一處理工具之第一度量衡制工具取得度量衡制資料；
 - (b)施加該度量衡制資料至相關連該度量衡制資料於第二處理工具之目標設定點的第一模型結構；
 - (c)修正可變參數表中的一或更多變數以用於該第二處理工具；
 - (d)下載該一或更多變數到該第二處理工具；以及
 - (e)根據該等下載之變數來操作該第二處理工具。
39. 如申請專利範圍第38項之方法，其中係反覆著步驟(a)

(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

至(e)以實現該製程之運轉-運轉控制。

40. 如申請專利範圍第39項之方法，尚包含下列步驟：

從相關於該第二處理工具之第二度量衡制工具取得度量衡制資料；

施加來自該第二度量衡制工具之該度量衡制資料至使來自該第二度量衡制工具，該第二度量衡制工具使該度量衡制資料相關連於該第二處理工具之該目標設定點的第二模型結構；以及

修正該可變參數表中之一或更多變數以用於該第二處理工具。

41. 如申請專利範圍第40項之方法，其中施加來自該第二度量衡制工具之該度量衡制資料至該模型結構之該步驟包含施加來自該第二度量衡制工具之該度量衡制資料至回饋模型。

42. 如申請專利範圍第40項之方法，尚包含經由使用者界面從複數模型格式中選取產生該第二模型結構之模型格式之步驟。

43. 如申請專利範圍第42項之方法，其中該複數之模型格式包含線性模型格式，二次模型格式及三次模型格式。

44. 一種用於管理製程之運轉-運轉控制的監督站，包含：

一界面，用於接收來自複數之度量衡制工具之度量衡制資料；

一記憶體，該記憶體儲存複數之輸出控制變數以用於控制複數之處理工具的操作；以及

(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

至少一處理器，用於執行一或更多過程以用於根據所接收之度量衡制資料及一或更多控制模型來調整該等輸出控制變數而控制該等度量衡制工具，該等控制模型可選取自該記憶體中所儲存之複數的控制模型格式。

45. 如申請專利範圍第44項之監督站，其中控制模型係分別地選取以用於各處理工具，各控制模型使若干或所有所接收之度量衡制資料相關連於輸出控制變數以用於根據選取供特定處理工具之控制模型的特定處理工具。
46. 如申請專利範圍第45項之監督站，尚包含複數之可變參數表，各用於各該等處理工具，儲存於該記憶體之中，該等可變參數表共同地相結合於製程方法。
47. 如申請專利範圍第46項之監督站，其中各控制模型使若干或所有所接收之度量衡制資料相關連於該等可變參數表之一的一或更多變數以用於控制模型之相對應處理工具，藉此，根據該控制模型來修正該等變數以響應於所接收之度量衡制資料。
48. 如申請專利範圍第47項之監督站，其中所有或部分之各可變參數表係在該處理工具之操作前下載至其相對應之處理工具，以及其中修正以響應於該所接收之度量衡制資料之該等變數係自動地下載於該等處理工具而無需使用者介入。
49. 如申請專利範圍第44項之監督站，其中該等控制模型格式含有回饋控制模型。
50. 如申請專利範圍第49項之監督站，其中該等控制模型格

六、申請專利範圍

式含有正饋控制模型。

- 51. 如申請專利範圍第44項之監督站，其中該等控制模型格式含有組合之回饋控制模型及正饋控制模型。
- 52. 如申請專利範圍第51項之監督站，尚包含目標設定點，相結合於該回饋控制模型，該監督站根據該前饋控制模型之輸出來調整該目標設定點。
- 53. 如申請專利範圍第44項之監督站，尚包含使用者界面，用於從有效之控制模型格式選取控制模型以用於各處理工具。
- 54. 如申請專利範圍第44項之監督站，其中該等控制模型格式含有線性模型格式，二次模型格式及三次模型格式。
- 55. 如申請專利範圍第44項之監督站，尚包含界面，用於從外部插入單元接收一或更多的控制模型格式。
- 56. 如申請專利範圍第44項之監督站，其中所有或部分之各可變參數表係在該處理工具之操作前下載至其相對應之處理工具，以及其中修正以響應於該所接收之度量衡制資料之該等變數係自動地下載於該等處理工具而無需使用者介入。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

89112279

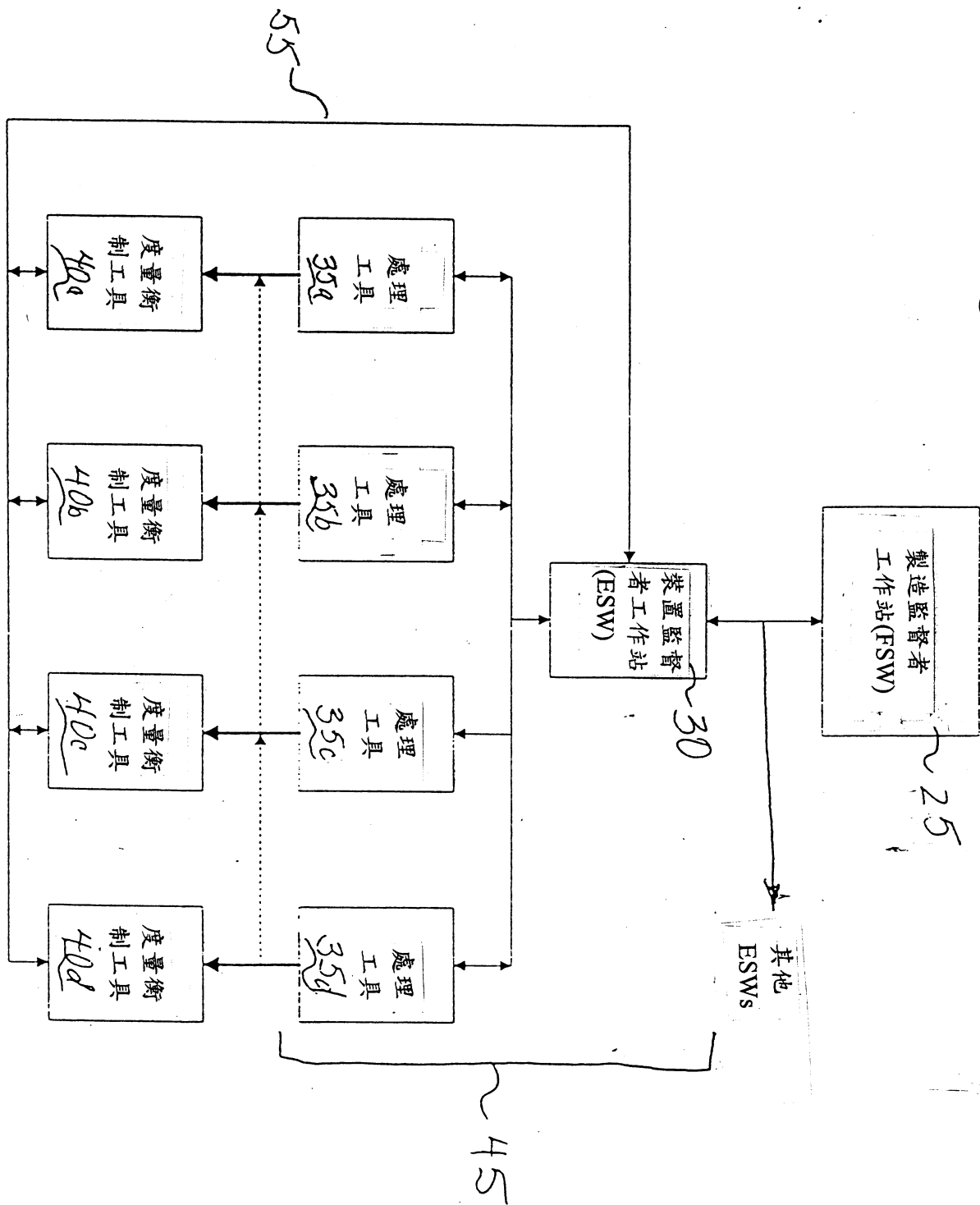


圖 1A

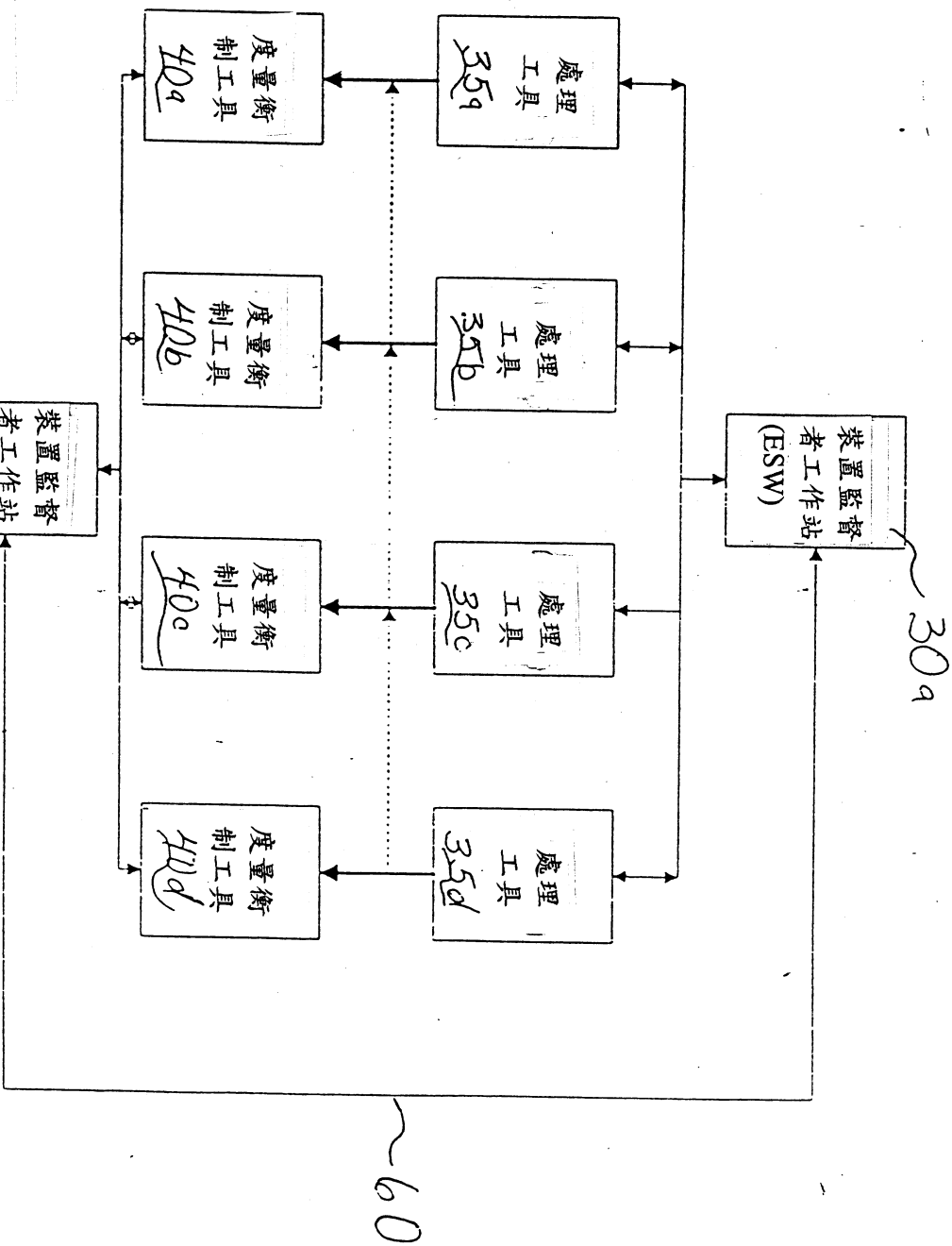


圖 1B

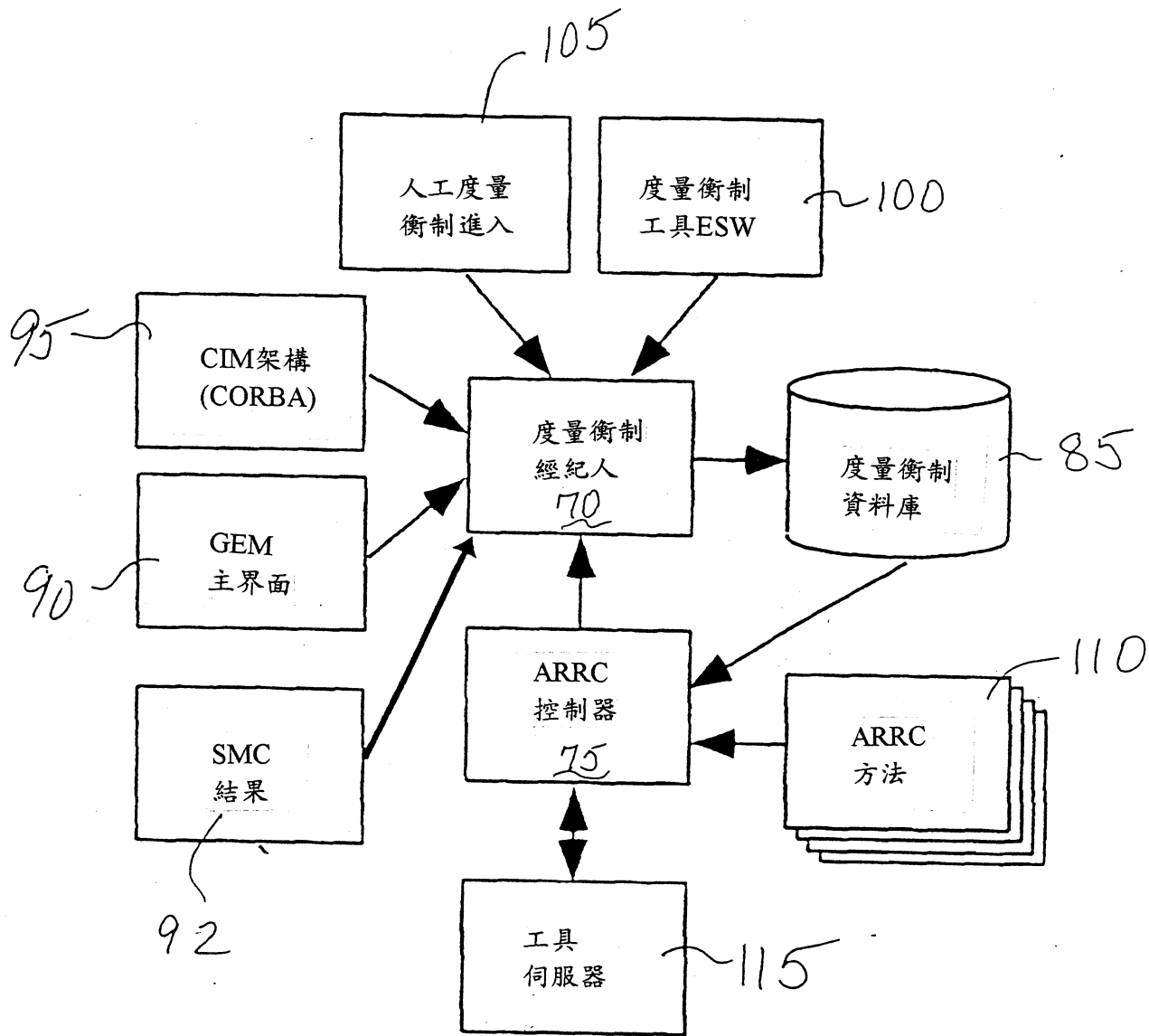
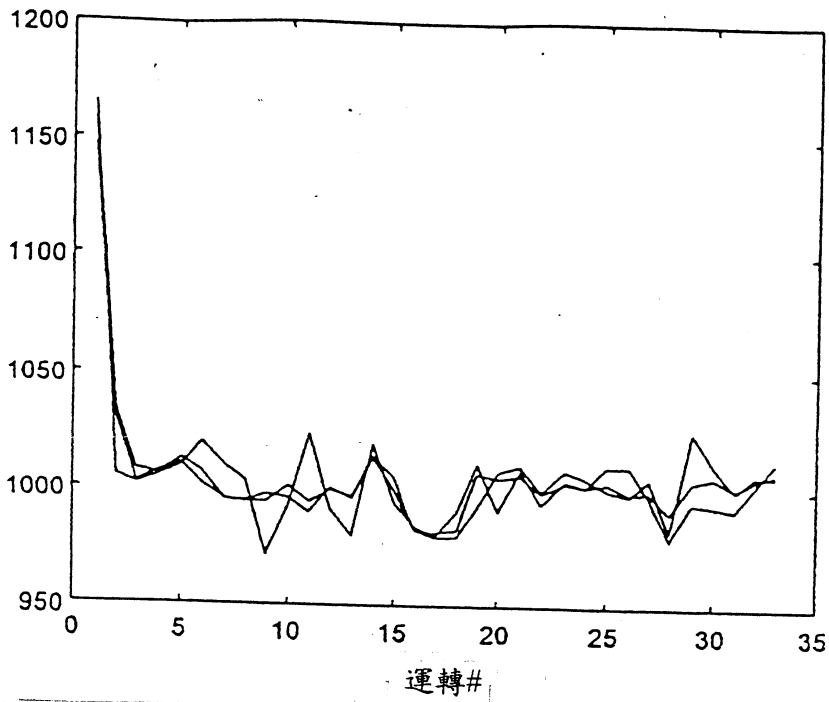
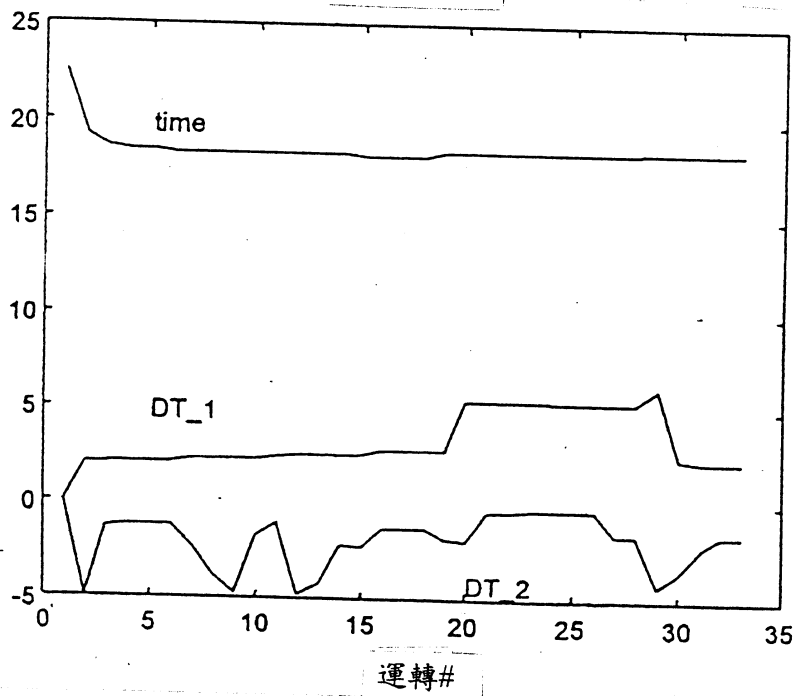


圖2



用於三區之氧化物厚度；樣品1-22：非適應
控制；樣品22-33：適應控制

圖3



控制輸入(時間，側邊區之差動溫度)

圖4

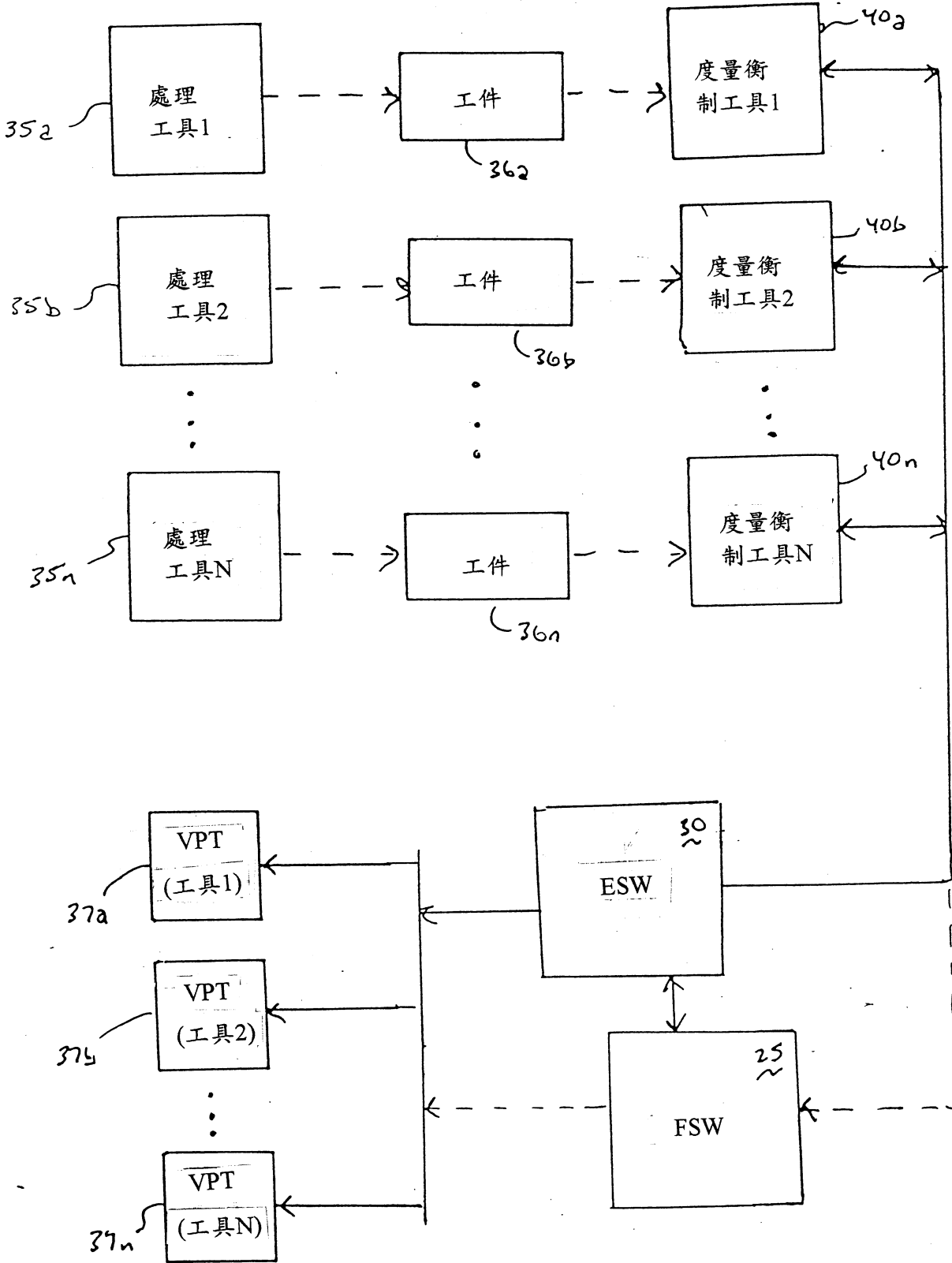


圖5

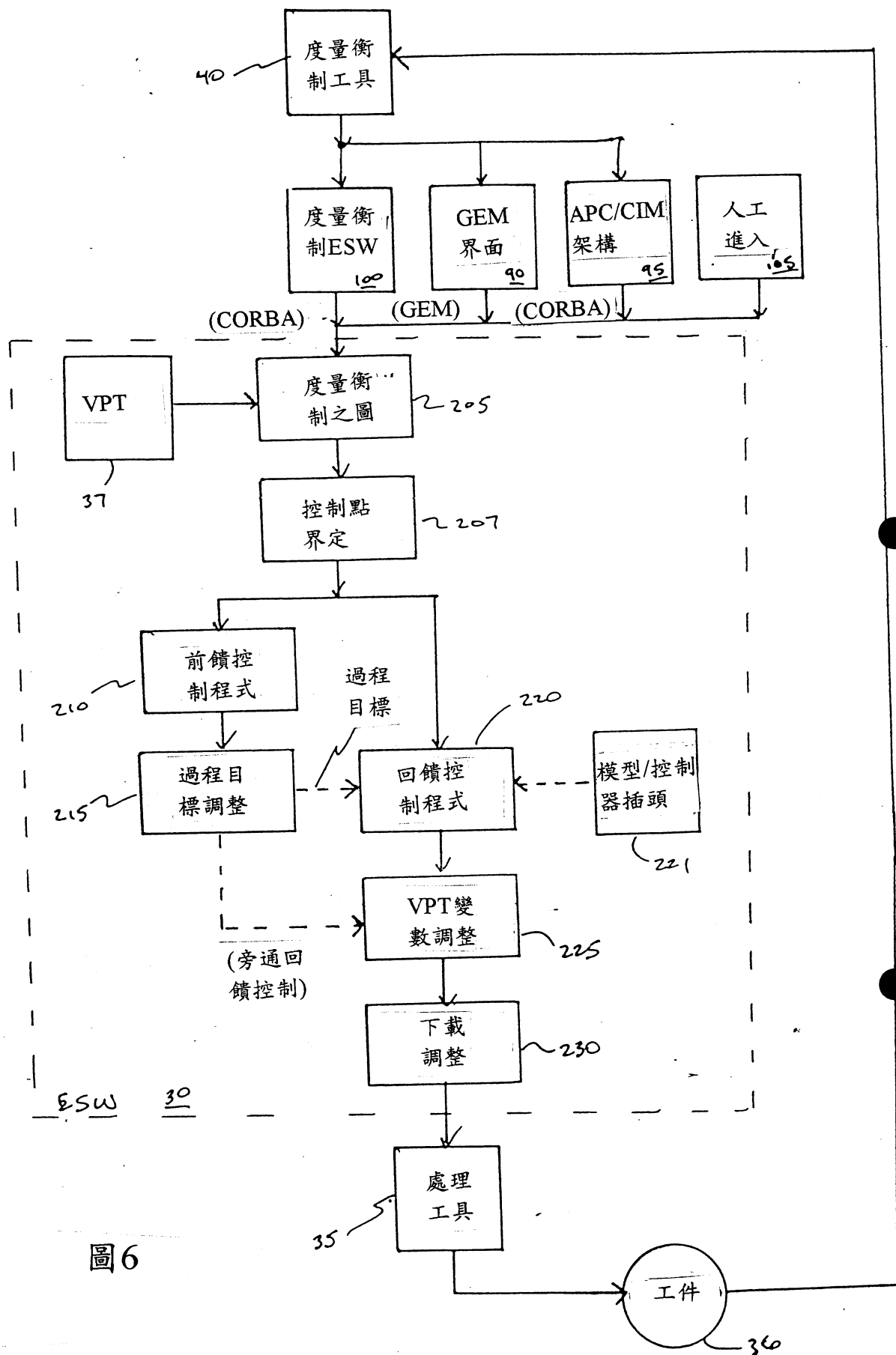


圖6

VPT格式

變數	最小值	最大值	格式	最大值△	缺設	接達

0
6

圖7

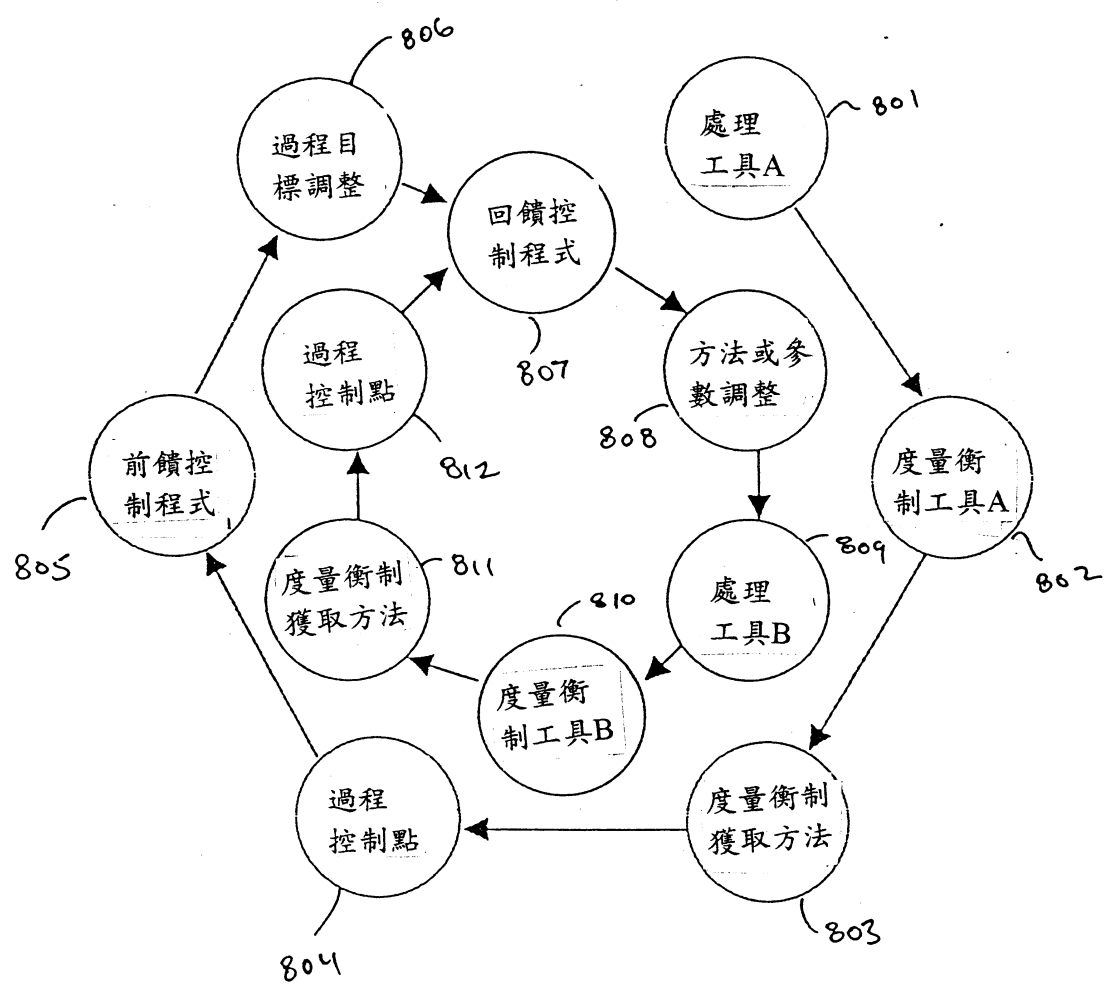


圖8

89112279

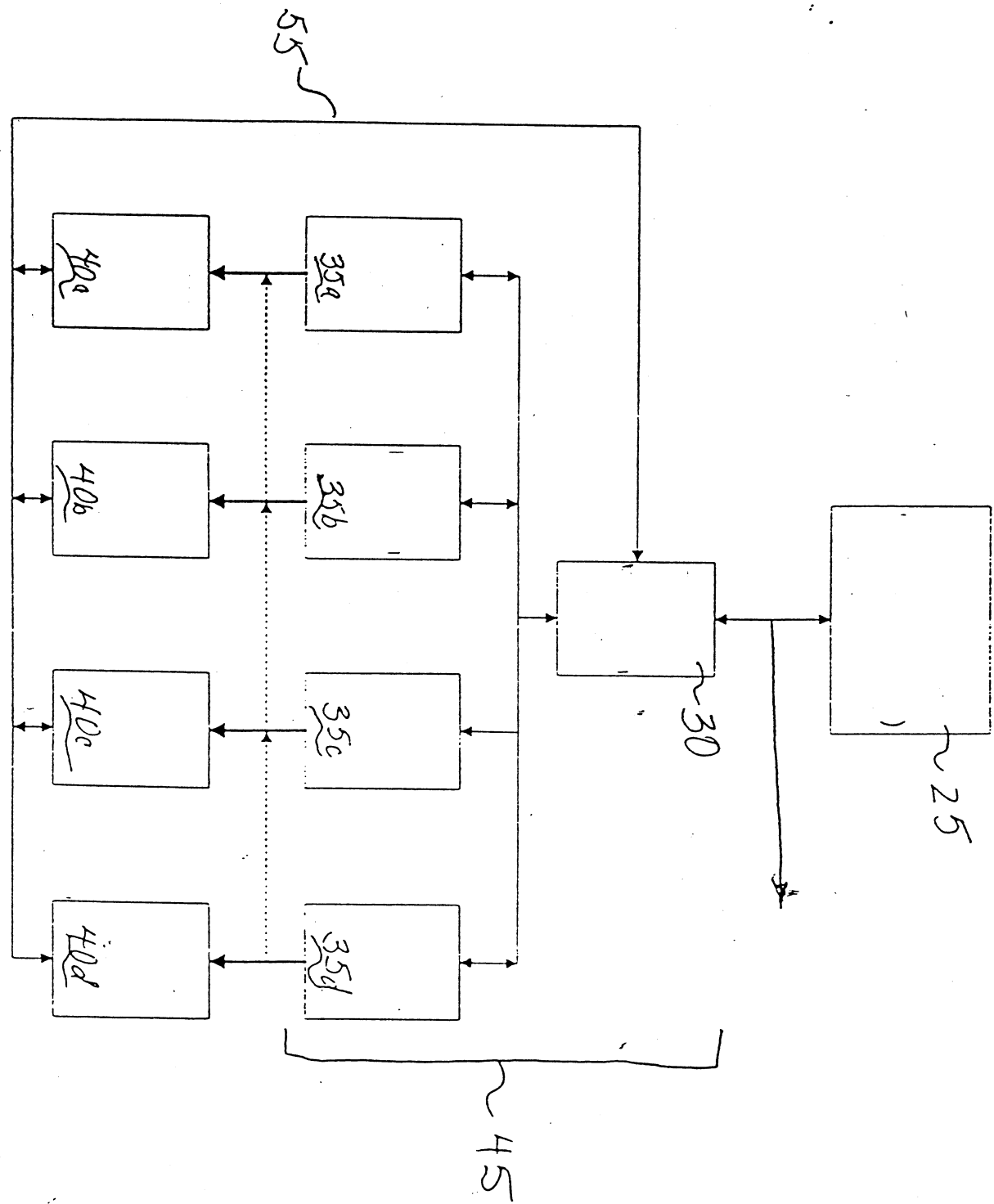


圖 1A

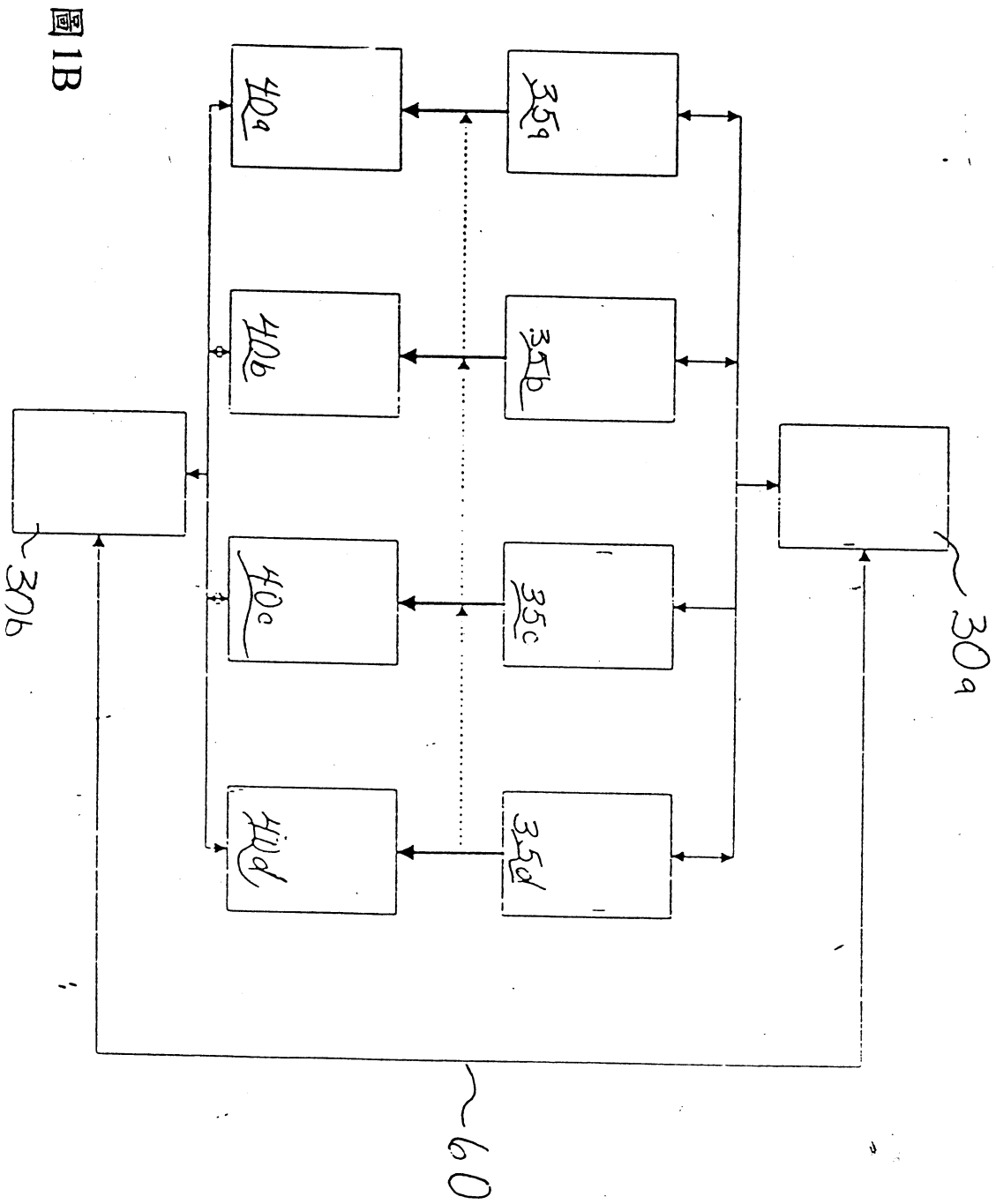


圖 1B

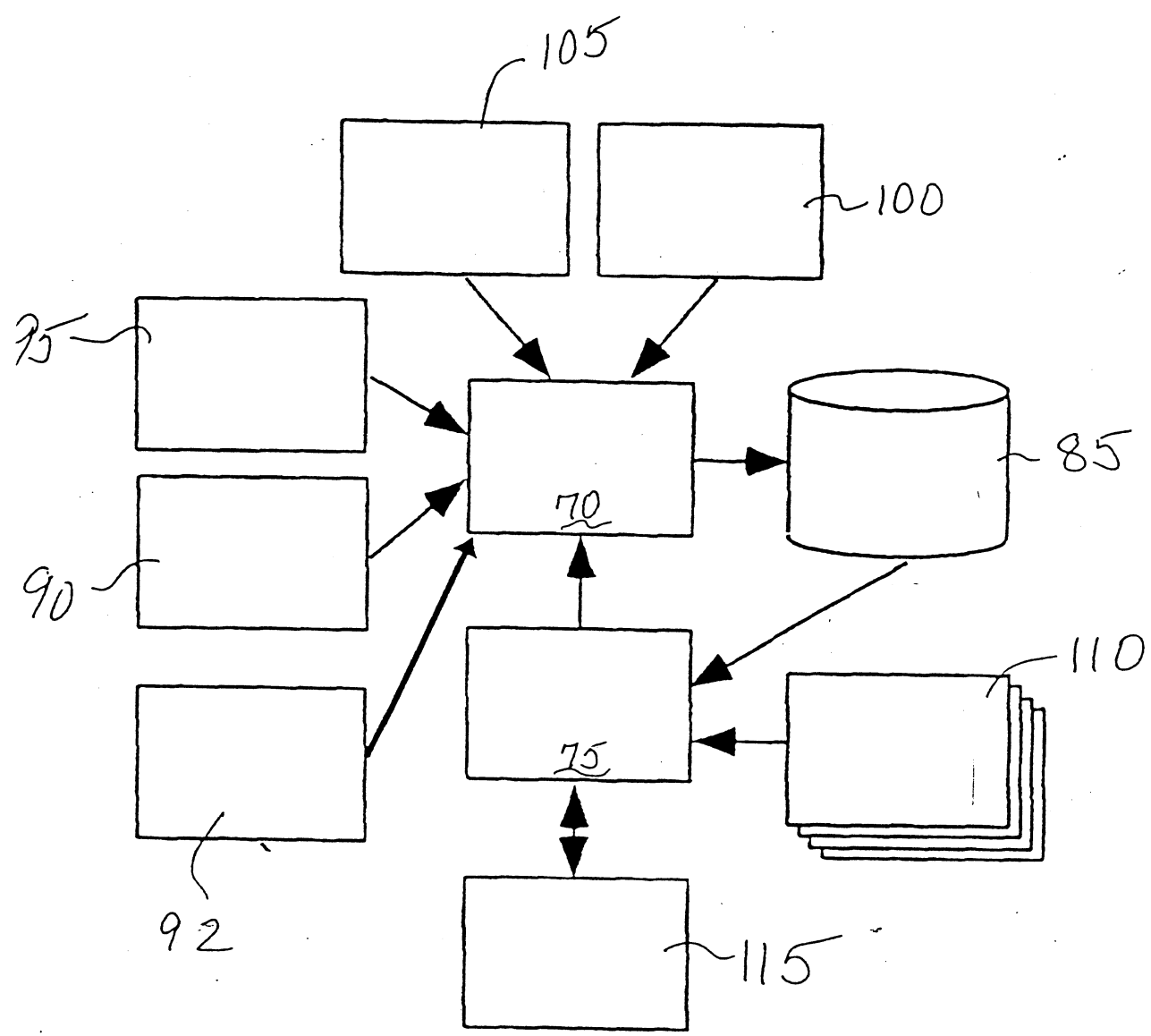


圖2

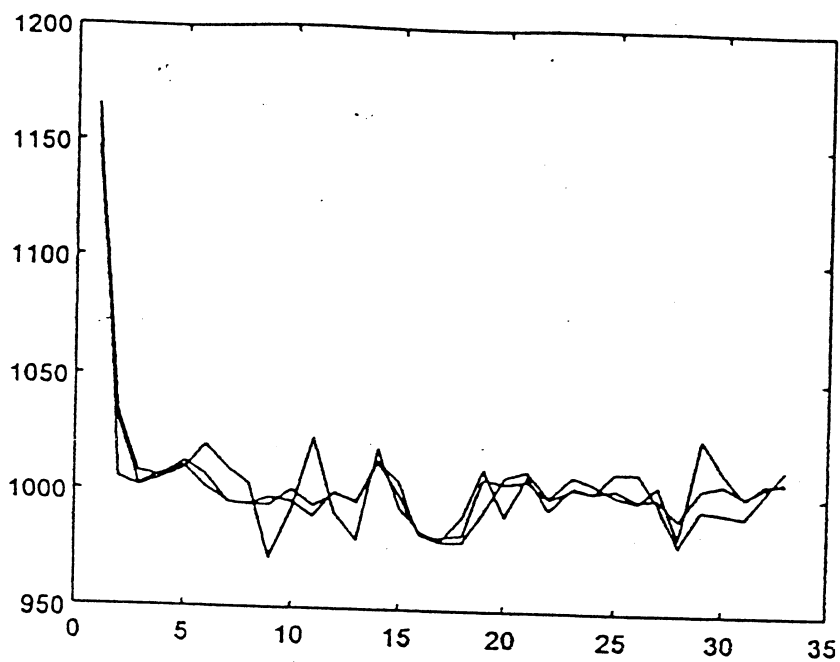


圖3

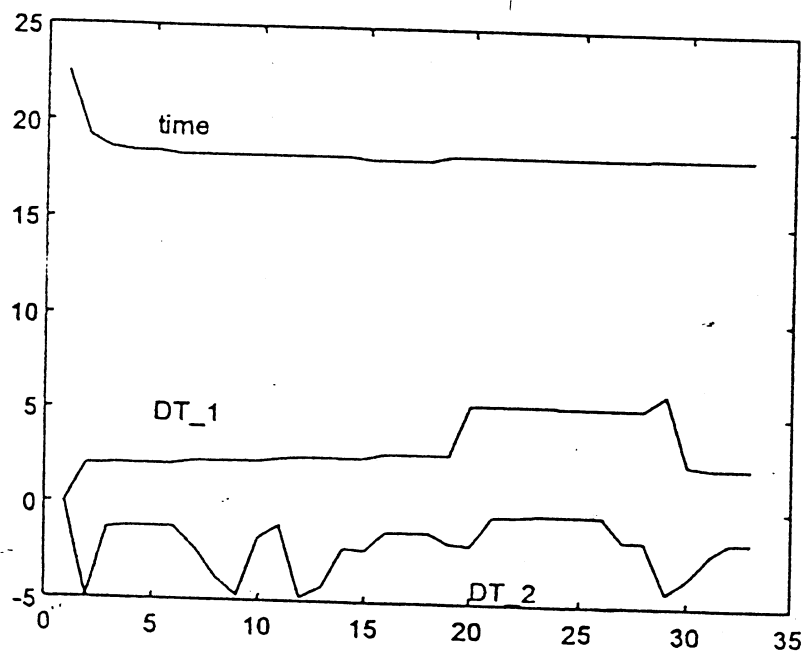


圖4

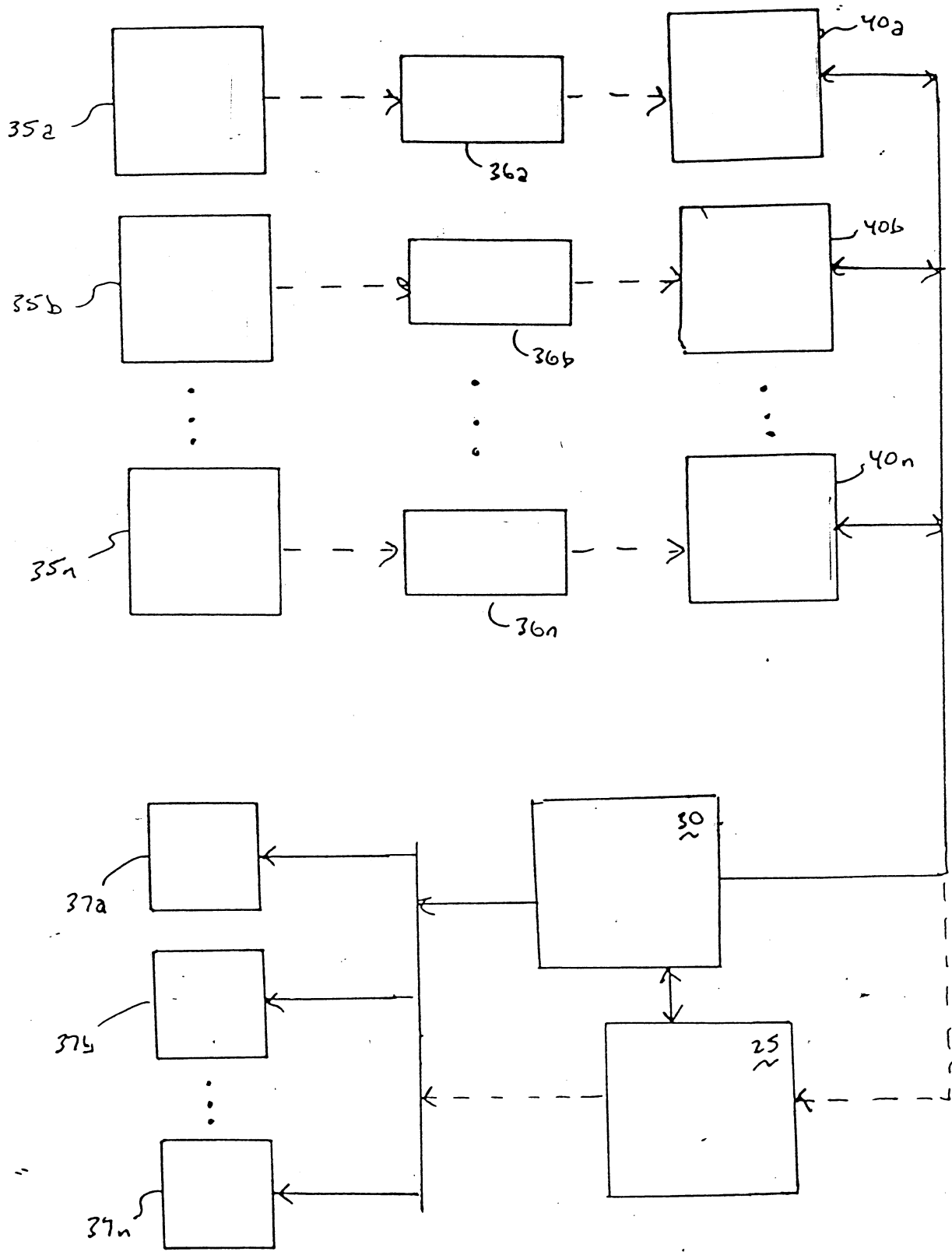


圖5



0
0
6

圖7

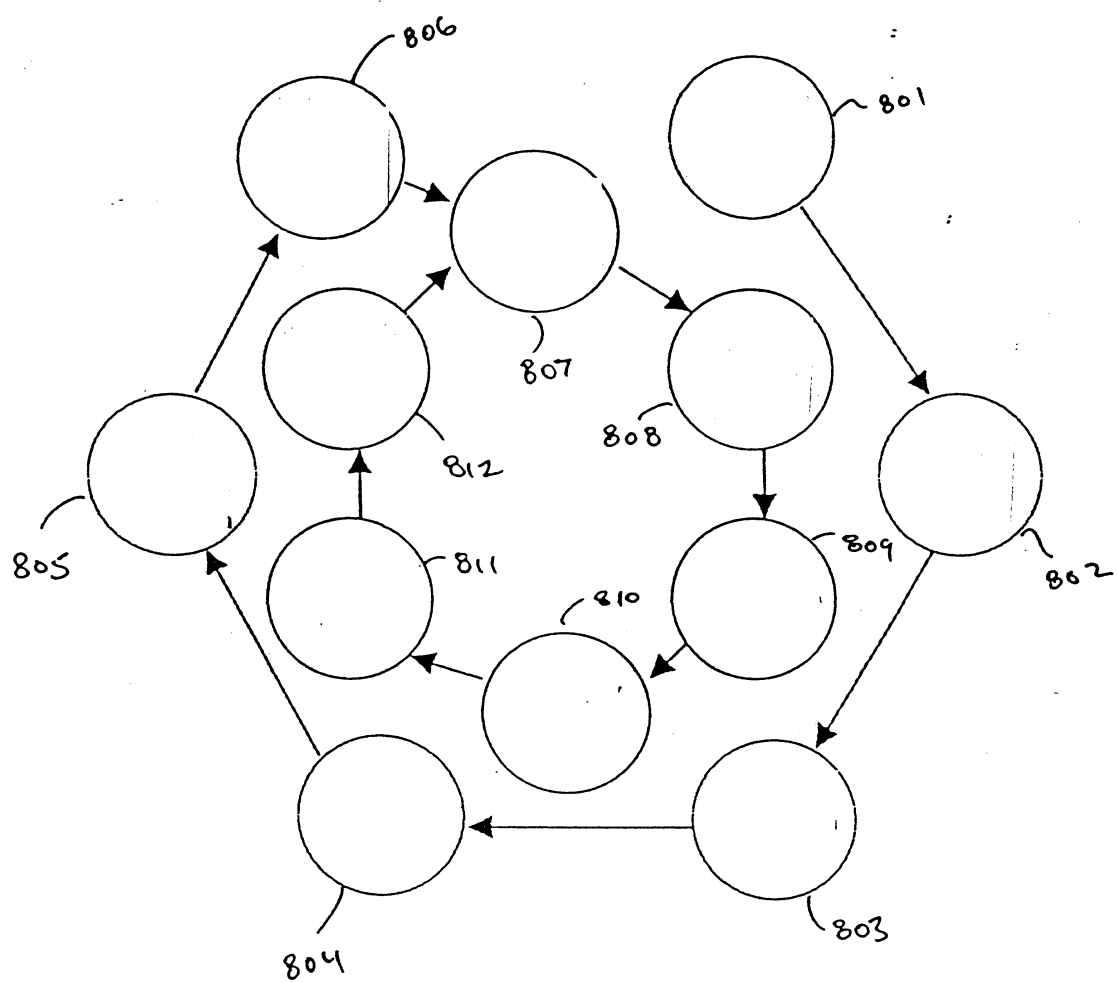


圖8