

#### 四、聲明事項：

主張專利法第二十二條第二項  第一款或  第二款規定之事實，其事實發生日期為： 年 月 日。

申請前已向下列國家（地區）申請專利：

【格式請依：受理國家（地區）、申請日、申請案號 順序註記】

有主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

1. 美國 U.S.A., 2004/7/10 , 60/586,892

無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

主張專利法第二十九條第一項國內優先權：

【格式請依：申請日、申請案號 順序註記】

主張專利法第三十條生物材料：

須寄存生物材料者：

國內生物材料 【格式請依：寄存機構、日期、號碼 順序註記】

國外生物材料 【格式請依：寄存國家、機構、日期、號碼 順序註記】

不須寄存生物材料者：

所屬技術領域中具有通常知識者易於獲得時，不須寄存。

## 九、發明說明：

### 【發明所屬之技術領域】

本發明有關半導體之方法及裝置，更特別有關用於製程之維護、診斷以及優化之方法及裝置。

### 【先前技術】

於現代用於處理工件(workpiece)之製造設備，例如半導體晶圓、平面顯示器基板以及微影遮罩(lithography mask)，缺少現場工件量測，用於工件處理工具中的重要腔室元件，於製程中須密切地加以監控。通常，這些元件中的每一個為了符合績效在規格內，會定期地排定預防性的維護。

就由半導體晶圓製造半導體元件的應用而言，重要的關鍵尺寸(critical dimensions; CDs)以及晶圓良率，係於定期地工具操作期間，經常地量測；任何的偏差會小心地由有經驗的生產人員加以分析，以確認有缺陷的製程腔室元件。此一問題排除程序(troubleshooting process)係耗費時間、人力以及材料等。

對於很敏感的度量設備，電漿環境會是很嚴苛的。高射頻(RF)功率與腐蝕性的化學製品，將會破壞任何位在這些環境的材料。這被位在腔室內的材料正常的消耗所廣泛的展現，對於這個理由被視為消耗品。不過，當半導體工業需要較小的關鍵尺寸，較嚴格的電漿製程控制方案需要現場做電漿的監控，現在已變成一個必要措施。特別是，極端的應用，例如高寬高比(high aspect ratio; HAR)介電

(dielectric)應用以及次 90 奈米多晶矽閘極 (sub-90 nm polysilicon gate)，需要能夠精確地量測有關於蝕刻 (etching) 製程的小信號，不管已存在於此環境下固有的雜訊。

於半導體製造期間的蝕刻製程的績效，係為各種的交互機制所強烈的影響，包括有化學反應、反應性離子蝕刻 (reactive ion etching)、薄膜沈積以及光罩蝕刻 (mask erosion)。所有這些製程均對溫度很敏感，因此可讓溫度成為一種使用於電漿腔室內以及晶圓上的多種問題偵測工具。特別的是，晶圓內以及批次 (run-to-run) 的溫度變化能夠直接連結到關鍵的蝕刻腔室元件的失效，例如靜電式晶圓座 (electrostatic chuck; ESC)、射頻產生器以及質量流量控制器 (mass-flow controller; MFCs)。於晶圓表面的溫度曲線的量測，提供有關該晶圓表面（例如，處理區域）上的反應資訊。

有需要改進的方法以及裝置，以用於監控、最佳化、偵測錯誤及/或評估用於工件處理的製程工具的元件或次元件的運作績效。特別重要的應用實例有例如：半導體晶圓的處理、平面顯示器的處理以及微影遮罩處理等的應用。亦有需要改進的方法以及裝置，適合用來描述製程及製程工具的特性。

### 【發明內容】

本發明的一態樣包括一種方法，用於監控制程、最佳化製程以及處理工件用的製程工具的績效問題診斷。本發明的另一態樣包括一種系統，配置成用於監控制程、最佳化

製程以及處理工件用的製程工具的績效問題診斷。本發明的一實施例包括一種可於電腦執行的軟體程式，用於處理工件用的製程工具的績效最佳化。本發明的另一實施例包括一種可於電腦執行的軟體程式，用於處理工件用的製程工具的績效問題診斷。本發明的另一實施例包括一種可於電腦執行的軟體程式，用於處理工件用的製程工具的績效評估。

吾人應瞭解，本發明並未限制在提出於下文說明或圖示中的元件詳細結構及配置的相關應用。本發明能夠以其他實施例以及實行方式，以不同的方法加以實施。此外，吾人亦應瞭解，此間所使用的措辭及術語，僅為說明上的目的，不應視作限制條件。

就本發明而言，所屬技術領域之知識者應體會到，本發明所揭示的概念，可能很容易用來作為設計其他結構、方法以及系統的基礎，以實現本發明的各種態樣。因此，重要的是，在不背離本發明的精神以及範圍的情況下，申請專利範圍應被視作包含上述均等結構。

在考慮下面特定具體實施例的詳細說明並結合附圖後，本發明的上述以及其他特徵與優點，將會變得非常明顯。

### 【實施方式】

本發明稍後將參考後附圖示做一完整的說明，該等圖示係展現本發明較佳實施例及/或結果。無論如何，本發明可以多種不同形式具體實現，並且不應解釋為限制到此間所

提出之實施例，更確切地說，所提供的這些實施例係使得揭露更為完整與完全，並且完全地將本發明的範圍表達給熟悉本發明之技藝者。於本說明書內相似的元件將採用相似的標號。

作為說明上的目的，本發明的各種裝置、方法以及電腦程式產品，將於下文敘述及說明，主要有關於例如使用在製造半導體元件之基板的製程及裝置。無論如何，本發明的裝置、方法以及電腦程式產品，能夠以多種用於處理工件的不同形式的設備及製程加以使用，係為非常明顯。舉例來說，該等裝置、方法以及電腦程式產品可使用於例如電漿沈積 (plasma deposition) 製程、電漿退火 (plasma annealing) 製程、電漿灰化 (plasma ashing) 製程、濺鍍 (sputtering) 製程、濺鍍沈積 (sputter deposition) 製程、化學氣相沉積 (chemical vapor deposition) 製程、退火 (annealing) 製程、用於微影製程的曝光後烘烤 (post-exposure bake) 製程、化學機械平坦化 (chemical mechanical planarization) 製程、基板拋光 (substrate polishing) 製程以及其他使用於製造例如電子元件、光學元件、平面顯示器以及微影遮罩等產品之製程。

此外，儘管本發明的一較佳實施例已用來操作溫度曲線（也就是說，溫度數據作為位置與時間的函數），吾人應瞭解，本發明之實施例並未限制到溫度曲線。熟悉本發明之技藝者在考慮下文所做的教示後將會非常清楚，此間所教示技術的延伸將導致本發明額外的實施例，包括操作除了溫度之外的變數，或甚至是多種不同變數的組合。舉例來

說，本發明以輝光放電電漿 (glow discharge plasma) 用來處理基板之實施例，可包括例如電漿電位、離子能、離子密度、溫度、壓力、光輻射、放電、離子通量、熱通量以及蝕刻率 (etch rate) 等變數。就另一實例而言，本發明以化學機械平坦化之製程用來處理基板之實施例，可包括例如壓力、壓力分佈、溫度、溫度分佈以及旋轉速度等變數。上述列舉之變數並非完整無遺漏，僅作為顯示之實例用。

現請參考第 1A 圖，其顯示根據本發明一實施例之系統 50。系統 50 配置有至少下列一個：製程監控、製程最佳化、錯誤偵測 (fault detection) 以及用於處理工件之一個或多個的製程工具與製程的錯誤識別 (fault identification)。如第 1A 圖所示之系統 50，其展現本發明的一較佳實施例。吾人應瞭解，顯示於第 1A 圖中的所有元件對於本發明的其他實施例來說並非需要。

顯示於第 1A 圖之系統 50 包括一記憶體 55，可為例如能夠於資料結構 (data structure) 中儲存資訊之電腦資訊儲存記憶體，該資料結構可為例如用於本發明較佳實施例中之資訊資料庫 (database)。吾人應瞭解，本發明之實施例並未限制於資訊資料庫的使用。該資訊可視情況儲存於資料結構中，例如儲存於一個或多個列表 (list)、陣列 (array)、表格 (table)、關連式資料庫 (relational database)、階層式資料庫 (hierarchical database) 以及其他為熟悉本發明之技藝者所熟知的資料結構。

系統 50 亦包括一試驗設計 (design of experiment; DOE)

模組 60、一資料源 65、一擾動模型建立器 (perturbation model builder)70 以及一資料分析模組 (data analysis module)75。試驗設計模組 60 配置成用以產生一試驗設計，以用以描述製程及製程工具的特性。試驗設計模組 60 係與記憶體 55 相連接，用以擷取為準備該試驗設計之資訊，以及用以將該試驗設計儲存於記憶體 55 中。資料源 65 配置成用以提供製程資料，該製程資料係為該試驗設計所獲得。於一實施例中，這些元件係如第 1A 圖所示實質上相互連接。較特別的是，試驗設計模組 60 係與記憶體 55 相連接，以便允許資料於兩者間傳遞。從記憶體 55 所獲得的資訊用在試驗設計之類型的實例有製程配方 (process recipe)、製程條件範圍以及製程工具識別資訊。該試驗設計的細節可視情況儲存於記憶體 55 中。

該從模組 60 所獲得的試驗設計提供用來操作一選出來的製程工具的製程設定。於執行該試驗設計期間，製程參數的量測值係收集到資料源 65 中。就本發明的較佳實施例而言，資料源 65 包含一能夠量測製程參數的資料收集系統，該等參數係為一工件於製程中所經歷到的。一較佳資料收集系統係為一實質上自律感應裝置 (autonomous sensor apparatus)，其包含：一底座，配置成具有類似工件的性質；複數個感應器，配置於該底座上；及一資訊處理器，與該等感應器相連接，用以接收來自該等感應器的信號。該資訊處理器配置成可與記憶體 55 做資料通訊。較佳地，該感應裝置亦具有資料儲存能力。該感應裝置配置成用以量測實質上相等於該工件所經歷到的製程參數。該感應裝置的

詳細說明可見於美國專利第 6,691,068 號。

在另一實施例中，資料源 65 包括一個或多個包含於製程工具的感應器，以便量測製程參數資料。通常於製造過程中以此方式使用感應器。就此一實施例而言，資料源 65 配置成使得製程參數資料可被傳遞到記憶體 55。

本發明的另一實施例則包含有資料源 65，配置為記憶體 55 的一部份。換句話說，資料源 65 包含可儲存於記憶體 55 中的資料。儲存於包含資料源 65 的記憶體 55 中的資料，可視情況從上文所述之感應裝置獲得、可從一個或多個包含於上文所述的製程工具中的感應器獲得，亦可從某些其他方法或裝置獲得。

來自資料源 65 的參數量測值係提供給擾動模型建立器 70，該建立器 70 係使用該參數資料建立該擾動模型。來自資料源 65 的資料最好為空間解析資料、時間解析資料或兩者的組合。誠如一種選擇，來自資料源 65 的參數量測值可被應用在資料分析模組 75 上，用做最初資料處理。最初資料處理的實例包括資料確認 (validation) 與資料篩選 (screening)，使得僅重要的資料可用來做進一步的處理。被確認與篩選的資料可接著於模組 70 中用來建立擾動模型。另一選擇為，由該擾動模型所產生的結果，其亦可包括反應率 (responsivity)，該等結果應用到資料分析模組 75，以用來將來自該擾動模型的結果做確認與篩選。換句話說，擾動模型建立器 70 可與資料源 65 直接連接，或者是擾動模型建立器可藉由資料分析模組 75 而與資料源 65



非直接連接。資料分析模組 75 可視情況配置成為了分析直接來自資料源 65 的資料，或者是與該擾動模型建立器 70 互動式連接。顯然地，本發明的實施例有為數眾多的組態。在考慮本發明所做的揭示之後，本發明的其他實施例對於熟悉本發明之技藝者來說，將會變得明顯。

擾動模型建立器 70 配置成為了提供一可展現製程及製程工具績效的擾動模型。就較佳實施例而言，來自該擾動模型的輸出轉化形成為反應率，包括每一個關鍵製程變數的效應圖(effect map)。就本揭示的目的而言，術語「反應率」界定為有條件的強度(magnitude)以及形狀(shape)的意義，或者有被特定之控制參數與製程工具組態的製程設定所產生的結果的意義。於另外的實施例中，對每一個效應的均勻性或強度所下的確定，可用於顯示及複習。就較佳實施例而言，試驗設計、參數量測、擾動模型以及使用該擾動模型所得的反應率，皆儲存於記憶體 55 中，以作為儲存於記憶體 55 中的資訊資料庫的一部份。

儲存於記憶體 55 中的資訊資料庫，係將來自試驗設計模組 60、資料源 65、擾動模型建立器 70 以及資料分析模組 75 的資訊，與製程配方以及製程工具資訊相關連。例如一種選擇，用於該資訊資料庫的資料主體能夠為了複數個工具、複數個製程或者是以上兩者而被累積。例如另一種選擇，該資料主體可包括經過一段時間所收集而來的資訊，應用在例如顯現趨勢、統計製程管制(statistical process control)以及歷史工具績效(historical tool performance)等應用。另一種選擇為，該資料主體可包括用於較佳製程的

資料，該等製程可為業界所稱的「黃金製程」(golden process)以及例如是最佳製程。該資料主體可包括用於已知失效的資料，以便為失效識別與診斷提供失效的特性描述。

例如一種選擇，顯示於第 1A 圖的系統 50 可包括一比較模組 80、一最佳化模組 85 以及一圖形使用者界面 (graphical user interface) 95 中的至少一個。本發明的最佳實施例包括第 1A 圖中的所有元件。

比較模組 80 係與記憶體 55 相連接，以便存取 (access) 該資料庫。比較模組 80 配置成用以對儲存於該資料庫中的資料對應形態進行比較。該等比較可藉儲存於該資料庫中的資料進行，或者是資料可由除了該作為比較的資料庫的其他來源提供。於較佳實施例中，該等比較包括使用來自該擾動模型的反應率。於一較佳實施例中，該等比較係於一個或多個用於另外兩組資料的資訊因子 (information factor) 間進行。

就本發明的一實施例而言，該比較模組配置成用來進行比較，以便確認是否製程及製程工具於預定的規格內係可運作的。就本發明的另一實施例而言，該比較模組配置成用來比較所儲存的資訊，以便確認該等製程以及製程工具中的至少一個所具有的錯誤。

最佳化模組 85 係與記憶體 55 相連接，以便存取該資料庫。最佳化模組 85 配置成用以實行製程設定、製程參數或兩者組合的最佳化。該最佳化係依據一組或多組儲存於該資料庫中的資料間之差異。該最佳化可視情況依據多組儲

存於該資料庫之資料以及多組來自除了該資料庫資料之外的資料間之差異。例如一種選擇，該最佳化可實行於製程參數量測值、擾動模型、例如獲得自該擾動模型的反應率之擾動模型結果、資訊因子，或者是上述間的組合。於較佳實施例中，該最佳化製程包括使用來自該擾動模型的反應率。於一更佳實施例中，該最佳化製程包括使用資訊因子。就本發明的一實施例而言，該最佳化模組配置成用以調整至少一個控制參數，該控制參數係用於該等製程以及製程工具中的至少一個，以作為預定最佳化標準 (optimization criteria) 函數以及該記憶體中之資訊比較的函數。

圖形使用者界面 95 係與記憶體 55 相連接，以便存取該資料庫。界面 95 配置成為了提供圖形化界面，以及分析該資料庫中的資料。界面 95 亦提供使用者存取該資料庫中的資料，用以視需要擷取資訊以及輸入資訊。

於本發明的一實施例中，記憶體 55 係與一電腦或電腦網路相連接，用以執行電腦程式。再者，試驗設計模組 60 包含一電腦程式，資料分析模組 75 包含一電腦程式，擾動模型建立器 70 包含一電腦程式，比較模組 80 包含一電腦程式，以及最佳化模組 85 包含一電腦程式。該等電腦程式係設置成可於電腦或電腦網路上執行。於本發明的另一實施例中，試驗設計模組 60、資料分析模組 75、擾動模型建立器 70、比較模組 80 以及最佳化模組 85 包含電腦程式，其編碼成電腦可讀取的媒體。

於考慮本發明之揭示後，熟悉本發明之技藝者將瞭解，根據本發明之實施例，各種廣泛的組態將可使用。顯示於第 1A 圖實施例之元件，僅提供一個示範性的實施例。另一個示範性實施例則顯示於第 1B 圖中。

顯示於第 1B 圖之實施例係實質上與顯示於第 1A 圖之實施例相同，具有包括於第 1A 圖實施例之相關元件。較特別的是，顯示於第 1B 圖之實施例包括：一記憶體 55，配置成用以儲存一資訊資料庫；一試驗設計模組 60；一資料源 65；一資料分析模組 75；及一擾動模型建立器 70。顯示於第 1B 圖之實施例係配置成使得記憶體 55 可直接使用試驗設計模組 60、資料源 65、資料分析模組 75 及擾動模型建立器 70。於此設置中，記憶體 55 扮演著一用於資訊存取與交換之中間點。顯示於第 1B 圖之實施例另包括描述於第 1A 圖實施例之可選用的元件。顯示於第 1B 圖之可選用元件為：一比較模組 80、一最佳化模組 85 及一圖形使用者界面 95。該等可選用模組係以實質上描述於第 1A 圖實施例中相同的方式與記憶體 55 相連接。

本發明另一態樣係為一方法。於一實施例中，該方法使用一類似於第 1A 圖所述之系統。吾人應瞭解，於第 1A 圖所示實施例之各種修改，亦能夠根據本發明用來執行各種方法。

現請參考第 1C 圖，其顯示根據本發明之方法的概觀流程圖。流程圖的第一步驟係為步驟 105，其包括建構一擾動模型。該擾動模型可視情況為製程腔室 (process

chamber)，特別是用於例如用來處理基板的一電漿處理工具、一化學機械平坦化工具或一光學曝光工具。該擾動模型可設計成用於特殊形式的電漿反應器。較佳地，該模型可藉由收集現場基板準位(substrate-level)資料來實驗上取得。該模型係使用模型化方法(modeling method)建構，例如描述於申請於 2003 年 5 月 8 日的美國專利申請第 60/469,377 號，以及申請於 2003 年 9 月 26 日的美國專利申請第 10/673,049 號，上述專利申請案皆於此併入本文參考。當應用在複雜的製程應用，例如電漿製程時，該模型亦包括交互作用項(interaction term)，以能更完整地描述該製程之作用。

於一較佳實施例中，該擾動模型係為了一基線(baseline)製程與製程工具而建構，使得該製程與製程工具的績效夠藉使用該模型而展現。本發明的較佳實施例係對一製程工具模型化(model)時間與空間參數反應率。於多種情況下，某些製程工具的元件具有一個清楚的空間簽章(spatial signature)，亦即一組關聯的參數特性。較佳地，反應率為基線製程及製程工具而產生。於建構擾動模型 105 後，可有兩個選擇。

根據本發明一實施例，其中一個選擇係為使用擾動模型而應用在例如監控製程及製程工具，以及應用在例如錯誤偵測及錯誤診斷。就某些實施例而言，接著步驟 105 的步驟係為步驟 110，其包含步驟：分析介於基線製程擾動模型與挑選出的一組資料之間的偏差，該組資料可為例如實驗量測值以及例如一擾動模型，該擾動模型可為例如用在

另一製程的擾動模型，或例如是在一不同時間運作的相同製程。

下一步驟是步驟 115，其包含識別可能的偏差硬體次系統以及例如製程參數的偏差，該等製程參數的偏差造成該基線擾動模型與該挑選出的資料組之間的偏差。各種方法可用來識別該等偏差。於本發明的一實施例中，該等擾動模型包括對於基板的时间與空間反應率。

接著建構擾動模型 105 步驟的第二個選擇是使用該基線擾動模型，用以對一製程及製程工具最佳化。此選擇包括步驟 120，該步驟 120 包括提供至少一個執行目標 (performance objective) 或最佳化限制。該模型可被應用於最佳化一參數曲線及/或製程結果，以實質上製造任何所想要的空間形狀。一般的執行目標的實例包括，但非限制到：  
1) 將整個工件，例如一半導體晶圓的所有偏差最小化；  
2) 引入一特殊的非均勻性，以實現所想要的結果；及  
3) 對一工件製造出最終的預定結果。接著步驟 120 為步驟 125，其包括藉由至少一個執行目標或限制，使用該擾動模型得出最佳化的控制參數、最佳化的製程設定以及上述的組合。用於本發明實施例的某些應用的模型可能會太複雜，以致於無法以線性的最佳化方法處理。就上述應用而言，本發明的實施例包括非線性疊代法 (iterative method)，用來建立該模型。兩個合適的非線性疊代法實例為局部最佳化器 (local optimizer)，例如雷文柏格-馬括特方法 (Levenberg-Marquardt methods)，以及全域最佳化器 (global optimizer)，例如使用模擬控溫 (simulated annealing) 技

術的最佳化器。

現請參考第 2 圖，其顯示本發明一實施例之流程圖 130。流程圖 130 係有關一種產生包含在一資訊資料庫之資料的方法，該資訊資料庫係儲存在電腦記憶體 55。顯示於第 2 圖之流程圖適合使用在具有例如描述於第 1A 及 1B 圖之系統。較佳地，該資訊資料庫已經包括有例如：製程及製程工具識別資訊、製程配方以及製程工具硬體配置等資訊。於流程圖 130 的第一步驟為步驟 132，其包括挑選一製程及製程工具。下一個為步驟 135，其包含依據該挑選出的製程及製程工具，準備一試驗設計。該試驗設計被準備成為了指定需要收集足夠的資訊以描述該製程及製程工具特性的試驗。接著步驟 135 為步驟 138，其包括執行該試驗設計以收集試驗設計的資料。由於該擾動模型係依據真正的試驗結果，本發明較佳實施例包括步驟 140，其包含實行該等試驗設計結果的確認與篩選。此意謂著為試驗設計所收集而來的資料被測試，以確定是否該等挑選出的參數在提供該製程及製程工具的代表性結果係顯著的。例如本發明某些實施例的一種選擇，演算法(algorithm)被包含以對整個晶圓的每一點產生信賴區間(confidence interval)，使得該等演算法可接著用來評估任何統計上顯著誤差的可能性。未作出顯著貢獻的參數及資料的量測值，亦即未顯現該製程之反應，被篩選出且未使用在該擾動模型。於步驟 140 之後為步驟 145，其包含依據來自該試驗設計且已被確認及篩選的資料，建立起該擾動模型。

該擾動模型係儲存在記憶體 55，作為該資訊資料庫的

一部分。例如一種選擇，用於試驗設計資料收集而來自該試驗設計的資料以及參數量測值，可被儲存在記憶體 55，作為該資料庫的一部分。於一較佳實施例中，由該擾動模型所得到的反應率被儲存，以作為該資料庫以及記憶體 55 的一部分。

顯示於第 2 圖的步驟可被重複，以獲得用於多種製程及製程工具之資訊資料庫，該資訊可為例如用於基線或標準製程及製程工具之資訊、用於較佳或最佳製程及製程工具之資訊，以及用於具有已知缺陷的製程及製程工具之資訊。

現請參考第 3 圖，其顯示本發明一實施例之流程圖 150。顯示於第 3 圖之流程圖適合使用在具有例如描述於第 1A 及 1B 圖之系統。流程圖 150 係有關一種產生包含在一資訊資料庫之資料的方法，該資訊資料庫係儲存在電腦記憶體 55。較佳地，該資訊資料庫已經包括有例如：製程及製程工具識別資訊、製程配方以及製程工具硬體配置等資訊。於流程圖 150 的第一步驟為步驟 155，其包括挑選一製程及製程工具。下一個為步驟 160，其包含依據該挑選出的製程及製程工具，準備一試驗設計。該試驗設計被準備成為了指定需要收集足夠的資訊以描述該製程及製程工具特性的試驗。接著步驟 160 為步驟 165，其包括執行該試驗設計以收集試驗設計的資料。本發明較佳實施例包括步驟 170，其包含實行該等試驗設計結果的確認與篩選。此意謂著為試驗設計所收集而來的資料被測試，以確定是否該等挑選出的參數在提供該製程的代表性結果係顯著的。未作出顯著貢獻的參數及資料的量測值，亦即未顯現



該製程之反應，被篩選出且未使用在該擾動模型。於步驟 170 之後為步驟 175，其包含依據來自該試驗設計且已被確認及篩選的資料，建立起該擾動模型。該擾動模型係儲存在記憶體 55，作為該資訊資料庫的一部份。例如一種選擇，用於試驗設計資料收集而來自該試驗設計的資料以及參數量測值，可被儲存在記憶體 55，作為該資料庫的一部份。於一較佳實施例中，由該擾動模型所得到的反應率被儲存，作為該資料庫以及記憶體 55 的一部份。

流程圖 150 另包含步驟 180，其包含收集資訊因子。就顯示於第 3 圖之實施例而言，該等資訊因子被收集，以用於從該擾動模型所得到的結果。該等資訊因子被儲存在記憶體 55，作為該資訊資料庫的一部份。該等資訊因子的使用以作為製程管制以及最佳化方法的一部份，到目前為止並未被使用。在較佳實施例中，該等資訊因子係為數字數值 (numerical value)，被分派成提供該製程資訊的描述性特性描述，該製程資訊可為例如製程量測值、製程結果以及擾動模型反應率。該等資訊因子被挑選出，以為了用來比較資料組而無須使用所有的資料點；比較係依據用在資料的該等資訊因子而進行。例如本發明較佳實施例的一種選擇，來自步驟 180 的資訊因子被儲存在記憶體 55，作為該資訊資料庫的一部份。

根據本發明一實施例，資訊因子係以有關於資料源的儲存經驗資訊來加以確定。資訊因子將包含討論中資訊源的空間及強度態樣。此資訊與統計方法結合，以將該資訊簡化為統計有效數字，再簡化成人類可瞭解之資訊及/或電腦

中所收集到的試驗設計資料。第 4 圖顯示介於步驟 165 與步驟 170 之間的步驟 220。該等資訊因子除了對用於試驗設計結果所收集到的資料進行直接確認與篩選之外，還可於步驟 170 確認與篩選。該等經確認與篩選後的資訊因子接著用來建立於步驟 175 中的擾動模型。該擾動模型被儲存於記憶體 55 中，作為該資訊資料庫的一部份。例如一種選擇，用於試驗設計資料收集而來自該試驗設計的資料以及參數量測值，可被儲存在記憶體 55，作為該資料庫的一部分。於一較佳實施例中，由該擾動模型所得到的反應率被儲存，作為該資料庫以及記憶體 55 的一部分。於本發明的較佳實施例中，該等資訊因子亦被儲存於記憶體 55 中。

現請參考第 5 圖，其顯示本發明一實施例之流程圖 250。顯示於第 5 圖之流程圖適合使用在具有例如描述於第 1A 圖之系統。流程圖 250 係有關一種產生包含在一資訊資料庫之資料的方法，該資訊資料庫係儲存在電腦記憶體 55。顯示於第 5 圖之實施例類似第 4 圖所述之實施例。顯示於第 5 圖之實施例包括步驟 155、步驟 160、步驟 165、步驟 170 以及步驟 175，上述步驟係實質上與顯示於第 4 圖實施例之步驟相同。顯示於第 5 圖之實施例包括一步驟 280，其包含對擾動模型資料施加一模板(template)，以便允許對其他擾動模型的主體進行自動化的擾動模型比較。資料探勘(data mining)可接著被完成，以決定相關的資訊因子，作為進一步分析。再者，步驟 285 包括對在步驟 280 中所獲得的資料實行資料探勘，以便獲得資訊因子。該等儲存於記憶體 55 中的資訊因子，作為資訊資料庫的一部

本發明若干實施例的比較規則的實例，在經減法運算後 (subtraction operation) 所展現的數值係有差異。另一個比較規則的實例為經除法運算 (division operation) 後所展現的比值 (ratio) 係有差異。比較規則可包括可接受差異的範圍。換句話說，比較規則可包括項目的規格，例如多大的差異將構成重大的偏差。

例如一個實例，一半導體晶圓於一電漿工具中的處理係為同中心的 (concentric)，該電漿工具包含藉著位在背面的氦氣流，即一般的氦氣背面冷卻 (Helium Back Side Cooling; He BSC) 效應用來控制晶圓溫度的靜電式晶圓座 (electrostatic chuck)。此意謂著其製造出量測值，例如晶圓溫度的同中心圖 (concentric map)。若參數曲線有顯著的偏移，例如如果氦氣背面冷卻 (He BSC) 於整個晶圓上顯示一傾斜效應，該方法將確認氦氣背面冷卻出現一些問題。本發明對此應用的一個實施例包括一演算法，用於對從基線模型所觀察到的模型進行資料的減法及/或除法運算。

步驟 305 的結果係輸出至步驟 320，該步驟 320 包括顯示比較及/或匹配結果。較佳地，於一圖形顯示中，步驟 320 係取出該等比較結果並給該方法的使用者。當然，步驟 320 並非必要的步驟，但對本發明的某些實施例來說，卻是較佳的。流程圖 300 另包括步驟 325，其包含依據該比較提供一個決定或指令 (instruction)。一般而言，該決定或指令對於特定的應用而言係預定的；不同的決定或指令藉由設計者的指定來指明。

流程圖 300 顯示步驟 310，其係提供參考資料給步驟 305 處理。該提供參考資料的步驟可視情況包含從儲存於記憶體 55 中的資訊資料庫擷取資料。換句話說，該資料的比較可使用來自記憶體 55 中的資料庫的資料進行。就本發明的某些實施例而言，擷取來自記憶體 55 中的資料係較佳的。例如另一選擇，該提供比較規則的步驟，即步驟 315，可包含從儲存於記憶體 55 中的資訊資料庫擷取比較規則，除了具有來自另一來源的比較規則的個別輸入之外。

本發明包含顯示於第 6 圖之流程圖的實施例，較佳係配置成用來監控制程的績效，例如用來決定是否製程發生錯誤或機能失常，以及例如用來決定是否新的製程符合預定的生產規格。

現請參考第 7 圖，其根據本發明一實施例顯示一方法之流程圖 350。顯示於第 7 圖之方法可使用在具有例如描述於第 1A 及 1B 圖之系統。流程圖 350 包括比較資料步驟 305。比較資料步驟 305 包含使用來自儲存於記憶體 55 中的資訊資料庫的資料以及於步驟 310 用作參考的資料，並且還包含由步驟 315 所提供的比較規則。來自記憶體 55 的資料可視情況包括：如上所述的資訊因子、純資料(plain data)與資訊因子、擾動模型、為該擾動模型所得的反應率，或者是上述的組合。於一實施例中，比較資料步驟 305 包括比較來自儲存於記憶體 55 中的資訊資料庫的資料以及用作參考的資料。該比較係依據比較規則而執行。比較規則可視情況與顯示於第 6 圖實施例之比較規則實質相同。

步驟 305 的結果係輸出至步驟 370，該步驟 370 包括顯示比較及/或最佳化結果。較佳地，於一圖形顯示中，步驟 370 係取出該等比較結果並給該方法的使用者。當然，步驟 370 並非必要的步驟，但對本發明的某些實施例來說，卻是較佳的。流程圖 350 另包括步驟 375，其包含做一個決定，該決定係關於是否實行於步驟 305 的比較，符合用於具有一最佳化製程的需要。該等符合用於具有一最佳化製程的需要，係取決於使用者的選擇。如果符合最佳化的需要，將接著下一個步驟 380，該步驟 380 包含將該最佳化製程儲存在位於記憶體 55 中的資訊資料庫內。

如果不符合最佳化的需要，將接著下一個步驟 385。步驟 385 包括根據一預定的最佳化演算法，產生調整後的控制設定及/或製程參數。就本發明較佳實施例而言，係依據至少一個執行目標或限制來得到最佳化。資料係使用該調整後的控制設定及/或製程參數收集而來。該用於調整後的設定所收集而來的資料，接著提供給參考資料的步驟 310，該步驟 310 係提供給比較資料的步驟 305。該製程被重複，以為確認最佳的製程。

現請參考第 8 圖，其顯示根據本發明另一實施例之系統 395 的方塊圖。系統 395 配置有至少下列一個：製程監控、製程最佳化、錯誤偵測(fault detection)以及用於處理工件之一個或多個的製程工具與製程的錯誤識別(fault identification)。如第 8 圖所示之系統 395，其展現本發明的一較佳實施例。吾人應瞭解，顯示於第 1A 圖中的所有元件對於本發明的其他實施例來說並非需要。

系統 395 包括一記憶體 55，可為例如能夠於資料結構 (data structure) 中儲存資訊之電腦資訊儲存記憶體，該資料結構可為例如用於本發明較佳實施例中之資訊資料庫 (database)。吾人應瞭解，本發明之實施例並未限制於資訊資料庫的使用。該資訊可視情況儲存於資料結構中，例如儲存於一個或多個列表 (list)、陣列 (array)、表格 (table)、關連式資料庫 (relational database)、階層式資料庫 (hierarchical database) 以及其他為熟悉本發明之技藝者所熟知的資料結構。系統 395 亦包括一資料源 65、一資料分析模組 75 以及顯示圖形使用者界面 95，上述元件係實質上與顯示於第 1A 圖之元件相同。就顯示於第 8 圖之實施例而言，記憶體 58 係與資料源 65 相連接，以用於資料傳遞。資料源 65 係與資料分析模組 75 相連接，以便提供資料給資料分析模組 75。資料分析模組 75 係與記憶體 58 相連接，用以將資料儲存於記憶體 58。

如上所述，資料源 65 提供製程資料，例如於使用製程條件處理工件的期間所收集到的空間解析及時間解析製程參數量測值。資料分析模組 75 係配置成能夠實行例如確認及篩選製程資料的功能。資料分析模組 75 亦配置成可獲得製程資料組的資訊因子。

第 8 圖亦顯示一資料探勘模組 90，其與記憶體 58 相連接，以便存取該資料庫。記憶體 58 包括一來自資料源 65 與資料分析模組 75 的資料本體，該資料源 65 與資料分析模組 75 可包含用於複數個工具、複數個製程或者是以上兩者所累積的資料。例如另一種選擇，該資料主體可包括經

過一段時間所收集而來的資訊，應用在例如顯現趨勢、統計製程管制 (statistical process control) 以及歷史工具績效 (historical tool performance) 等應用。另一種選擇為，該資料主體可包括用於較佳製程或業界所稱的「黃金製程」的資料。該資料主體可包括用於已知失效的資料，以便為失效識別與診斷提供失效的特性描述。

於一較佳實施例中，該資料本體係以資訊因子的形式展現。除了來自資料源 65 與資料分析模組 75 的製程資料之外，記憶體 58 亦包括有關製程資料之資訊，該製程資料可為例如製程配方以及製程工具組態。

資料探勘模組 90 配置成用以得到下列一個或多個間的相互關係：製程工具組態、製程配方、製程條件製程資料量測值、製程結果以及資訊因子，以便提供製程最佳化、製程控制、錯誤偵測以及錯誤診斷中的至少一個。以資料探勘模組 90 所構成的相互關係，係回應由使用者所提供的資料標的 (data target) 而被執行。該等資料標的為用於資料探勘的指令 (instruction) 及績效標準，他們包含有例如：有哪些資料組被探勘、有哪些資訊藉由資料探勘而獲得以及相互關係間的規則等指令。

就本發明的一實施例而言，資料探勘模組 90 配置成為了對一組或多組資料獲取特定資訊因子的時間基準圖 (time-based plot)。於本發明另一實施例中，資料探勘模組 90 配置成為了對一特定製程工具獲得特定資訊因子的統計製程管制圖 (statistical process control chart)。該統計製程

管制圖可視情況藉由使用西部電子規則 (Western Electric Rule) 來得到。於本發明的另一實施例中，資料探勘模組 90 配置成為了比較一組或多組的資料，該資料係用於一特定的標準製程以及標準製程工具組態，以便識別是否該一組或多組的資料，匹配該特定標準的結果。該實施例另包括資料探勘模組 90，其可發出例如「通過」(go) 或「不通過」(no go) 的指令，以回應資料探勘的結果。於本發明的又另一實施例中，資料探勘模組 90 配置成藉由比較一組或多組具有一組與一製程工具或一製程相關的資料的資料，來診斷錯誤，其中該製程工具具有硬體失效，而該製程具有不正確的設定。換句話說，該製程工具可能具有硬體失效，或者是該製程可能具有不正確的製程設定。

現請參考第 9 圖，其顯示根據本發明一實施例之流程圖 400，該流程圖 400 係用於第 8 圖所示之系統。流程圖 400 顯示一具有資訊的電腦記憶體 58，該資訊係包括用於一製程資料主體的資訊因子。於流程圖 400 的第一步驟為步驟 405，其對來自電腦記憶體 58 的資料執行資料探勘。來自記憶體 58 的資料包括資訊因子。較佳地，資料探勘的功能係使用該等資訊因子來執行。步驟 405 係根據由步驟 410 所提供的資料標的來執行。流程圖 400 包括步驟 415，其顯示資料探勘的結果。吾人應瞭解，步驟 415 係為可選擇的步驟，對本發明的某些實施例來說並不需要。流程圖 400 亦顯示儲存於記憶體 58 中的資料探勘結果。

本發明的一較佳實施例包含一擾動模型。作為建立模型的一部份，用於一製程工具的關鍵製程變數被挑選出。一



系列設計好的試驗為該製程工具，建構及程式化成一製程配方。如上所述的感應裝置係掃遍該製程工具，並以從設計好的試驗而來的配方處理，以便收集參數量測值。該等參數量測值用來建立一擾動模型。較佳地，收集足夠的資料，以便為製程資料提供空間解析、時間解析，以獲得流程績效(process performance)的元件階層(component level)表述。

根據本發明實施例之系統，例如描述於第 1A 與 1B 圖之系統，能夠根據本發明實施例使用各種方法。本發明的一實施例包含一種方法，其為於處理工件時，對一挑選出的製程決定製程工具的績效。該方法包含為該製程工具的運作，製造一擾動模型之步驟。該擾動模型係藉由下述方式被製造：挑選製程的輸入參數、挑選用於特徵化製程(characterization process)的參數擾動，以及為產生與該製程的輸入參數擾動有關的製程參數量測值，執行一試驗設計。該方法另包含步驟，其為確認該等製程參數量測值及設計好的試驗資訊，以便識別經確認後的參數。於一實施例中，該確認該等製程參數量測值之步驟包括：對該製程的輸入參數提供至少一個顯著的標準(significance criteria)，並使用該等製程參數量測值及該等製程輸入參數，測試該特徵化製程的輸入參數的顯著性，以決定該至少一個顯著的標準符合。該方法包含步驟：使用該等確認後的參數建立擾動模型，以便提供一擾動模型，該模型係顯現製程及製程工具的績效。於較佳實施例中，該擾動模型配置成可提供反應率。

使用該擾動模型，該製程工具的績效藉由收集該製程工具上的參考資料，以及比較其與獲得自該擾動模型的結果，來做成評估。該參考資料可由週期性的檢查該製程工具的績效得到，其中可對預定的測試條件收集資料。另一種選擇為，該參考資料可包含作為一程序的一部份的量測值，該程序可為例如一錯誤偵測程序、一最佳化程序及一匹配程序之腔室。於較佳實施例中，該績效使用獲得自該擾動模型的反應率來做評估，並包括比較反應率與參考資料。較特別的是，該比較包含步驟：評估擾動模型反應率與參考資料間的偏差。

於一較佳實施例中，該方法包含步驟：提供至少一個績效標準，用以評估該偏差以及該偏差的顯著性。該方法另包含步驟：擾動模型反應率與參考資料間的偏差，以便決定是否用於該製程工具的至少一個績效標準被符合。

本發明的較佳實施例以資訊因子的形式，使用來自該擾動模型的反應率，並以用於進行比較的資訊因子的形式，使用該參考資料。此意謂著該方法，例如可選擇包括步驟：識別至少一個資訊因子，該因子為屬於及用於該擾動模型的參考，提供一個描述性的製程結果資料的特性描述。該方法另包括取得至少一個用於該參考資料的資訊因子，以及取得至少一個用於反應率的資訊因子。決定偏差的步驟包含決定介於該至少一個用於該參考資料的資訊因子，以及該至少一個用於反應率的資訊因子之間的偏差。

就本發明某些實施例而言，該製程結果資料包含一為時

wireless metrology)。無論如何，根據本發明之方法將保有其大部分之優點，即使使用由有線且現地之感應器所收集而來的資料，例如需要在高溫操作下，例如快速熱處理、化學汽相沈積、電漿加強化學汽相沈積(plasma enhanced chemical vapor deposition)以及其他製程所使用的感應器。

於前述的說明書中，本發明已參考特定的實施例做說明。無論如何，任何熟習本發明之技藝者，在不脫離本發明之範圍內，當可作各種之更動與修改。因此，說明書及圖示均被視為說明上的目的，並非有限制的作用，所有上述的修改意圖包含於本發明的範圍內。

一些效果、優點以及問題的解決方案已說明於上述的特定實施例中。無論如何，該等效果、優點、問題的解決方案，以及可產生任何效果、優點、或者是出現或成為較顯著的解決方案之任何要素，並非構成任何或所有申請專利範圍的一個關鍵的、必須的或基本的特徵或要素。

誠如此間所使用者，「包含」、「包括」、「具有」、「其中至少一個」，或上述名詞的任何其他變異，均意圖涵蓋一個非排外的內含物。舉例來說，一個包含多個構成物的程序、方法、物品或裝置，無須僅限制到該等構成物，而可包含其他並未明確列出或者是已存在於上述程序、方法、物品或裝置之構成物。此外，除非是明確地相反陳述，否則將參考一個包含或者是並未排外之陳述。舉例來說，條件 A 或 B 為下列任何一個情況所滿足：A 是真的（或存在）且 B 是假的、A 是假的（或不存在）且 B 是真的（或存在），

以及 A 與 B 兩者皆為真的（或存在）。

### 【圖式簡單說明】

第 1A 圖：為根據本發明一實施例之系統的方塊圖。

第 1B 圖：為根據本發明一實施例之系統的方塊圖。

第 1C 圖：為根據本發明一實施例之流程圖。

第 2 圖：為根據本發明一實施例之流程圖。

第 3 圖：為根據本發明一實施例之流程圖。

第 4 圖：為根據本發明一實施例之流程圖。

第 5 圖：為根據本發明一實施例之流程圖。

第 6 圖：為根據本發明一實施例之流程圖。

第 7 圖：為根據本發明一實施例之流程圖。

第 8 圖：為根據本發明一實施例之系統的方塊圖。

第 9 圖：為根據本發明一實施例之流程圖。

### 【主要元件符號說明】

50	系統	55	記憶體
58	記憶體	60	試驗設計模組
65	資料源	70	擾動模型建立器
75	資料分析模組	80	比較模組
85	最佳化模組	90	資料探勘模組
95	圖形使用者界面	105	步驟
110	步驟	115	步驟

120	步驟	125	步驟
130	流程圖	132	步驟
135	步驟	138	步驟
140	步驟	145	步驟
150	流程圖	155	步驟
160	步驟	165	步驟
170	步驟	175	步驟
180	步驟	200	流程圖
220	步驟	250	流程圖
280	步驟	285	步驟
300	流程圖	305	步驟
310	步驟	315	步驟
320	步驟	325	步驟
350	流程圖	370	步驟
375	步驟	380	步驟
385	步驟	395	系統
400	流程圖	405	步驟
410	步驟	415	步驟

## 五、中文發明摘要：

本發明的一態樣係為於處理工件時，監控制程、最佳化製程以及診斷製程工具效能中的問題之方法。本發明的另一態樣係為於處理工件時，監控制程、最佳化製程以及診斷製程工具效能中的問題之系統。本發明的一實施例包括一種軟體程式，其能夠以電腦執行，用以於處理工件時，對製程工具之效能最佳化。

## 六、英文發明摘要：

One aspect of the present invention is a method of monitoring processes, optimizing processes, and diagnosing problems in the performance of a process tool for processing a workpiece. Another aspect of the present invention is a system configured for monitoring processes, optimizing processes, and diagnosing problems in the performance of a process tool for processing a workpiece. One embodiment of the present invention includes a software program that can be implemented in a computer for optimizing the performance of a process tool for processing a workpiece.

料庫之反應率，以便確認是否該等製程及製程工具係運作於預定的規格內。

- 4、依申請專利範圍第 1 項之系統，其另包含一比較模組，配置成用以比較儲存於該資料庫之資訊，以便確認下列至少一個中之錯誤：

該等製程，及

該等製程工具。

- 5、依申請專利範圍第 1 項之系統，其中該擾動模組係配置成用以產生反應率，該等反應率係儲存於該記憶體中，該系統另包含一比較模組，配置成用以比較儲存於該資料庫之資訊，以便確認下列至少一個中之錯誤：

該等製程，及

該等製程工具。

- 6、依申請專利範圍第 1 項之系統，其另包含一最佳化模組，配置成用以調整至少一個控制參數，該控制參數係用於該等製程以及製程工具中的至少一個，以作為預定最佳化標準函數以及該記憶體中之資訊比較的函數。

- 7、依申請專利範圍第 1 項之系統，其中該擾動模組係配置成用以產生反應率，該等反應率係儲存於該記憶體中，該系統另包含一最佳化模組，配置成用以調整至少一個控制參數，該控制參數係用於該等製程以及製程工具中的至少一個，以作為預定最佳化標準函數以及該記憶體中之資訊比較的函數。



- 8、依申請專利範圍第 1 項之系統，其另包含一圖形使用者界面，用以顯示該資料庫中之資訊。
- 9、依申請專利範圍第 1 項之系統，其中該資料源包含一實質上為自律感應裝置，該自律感應裝置包含：一底座，配置成類似該工件；複數個感應器，配置於該底座上；及一資訊處理器，與該等感應器相連接，用以接收來自該等感應器的信號，該資訊處理器配置成可與該記憶體做資料通訊，該感應裝置配置成用以量測實質上相等於該工件所經歷到的製程參數。
- 10、依申請專利範圍第 1 項之系統，其中該記憶體係與一電腦或電腦網路相連接，用以執行電腦程式，且該試驗設計模組包含一可於該電腦或電腦網路上執行之電腦程式，該資料分析模組包含一可於該電腦或電腦網路上執行之電腦程式，該擾動模型建立器包含一可於該電腦或電腦網路上執行之電腦程式。
- 11、依申請專利範圍第 1 項之系統，其中該等製程工具配置成用以處理微影遮罩基板、平面顯示器基板或印刷電路基板。
- 12、依申請專利範圍第 1 項之系統，其中該等製程包含用於處理半導體晶圓之製程。
- 13、依申請專利範圍第 1 項之系統，其中該等製程係選自於由沈積、蝕刻、平面化、熱退火、微影(lithography)濕製程以及拋光所構成之群組。
- 14、依申請專利範圍第 1 項之系統，其中該資料源提供空

間解析製程資料及時間解析製程資料中的至少一個。

- 15、 依申請專利範圍第 1 項之系統，其中該資料源包含該記憶體。
- 16、 依申請專利範圍第 1 項之系統，其中該記憶體包含一資訊資料庫，該資料庫包含用於製程參數量測值之資訊因子。
- 17、 依申請專利範圍第 1 項之系統，其中該記憶體包含一資訊資料庫，該資料庫包含反應率。
- 18、 依申請專利範圍第 1 項之系統，其中該記憶體包含一資訊資料庫，該資料庫包含資訊因子及反應率。
- 19、 一種對一挑選出的製程確定一製程工具的績效之方法，該方法包含步驟：

為該製程工具的操作提供一擾動模型；

提供參考製程條件與用於該等參考製程條件之參考製程結果資料；

提供至少一個績效標準；

使用該擾動模型產生用於該等參考製程條件之至少一個反應率；

確定該至少一個反應率與用於該參考製程的製程結果資料之間的偏差，以便確定是否符合該至少一個績效標準。

- 20、 依申請專利範圍第 19 項之方法，其另包含步驟：

確認至少一個資訊因子，該資訊因子提供一個用於該

### 七、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第(1A)圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

50	系統	55	記憶體
60	試驗設計模組	65	資料源
70	擾動模型建立器	75	資料分析模組
80	比較模組	85	最佳化模組
95	圖形使用者界面		

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

# 發明專利說明書

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※ 申請案號：094123180

※ 申請日期：2005.7.8

※IPC 分類：G05B<sup>19/418</sup>、<sup>19/414</sup>(2006.01)

## 一、發明名稱：(中文/英文)

用於程序之維護、診斷以及優化之方法及裝置

METHODS OF AND APPARATUSES FOR MAINTENANCE,  
DIAGNOSIS, AND OPTIMIZATION OF PROCESSES

## 二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

上晶圓科技公司

OnWafer Technologies, Inc.

代表人：(中文/英文) 史派諾斯 卡斯塔斯 / SPANOS, COSTAS J.

住居所或營業所地址：(中文/英文)

美國 94568 加州都柏林市山脊巷 6591-A

6591-A Sierra Lane, Dublin, California 94568

國 籍：(中文/英文) 美國 / U.S.

## 三、發明人：(共 4 人)

姓 名：(中文/英文)

1. 麥當勞 保羅 / MACDONALD, PAUL D.

2. 克魯格 蜜雪兒 / KRUGER, MICHIEL

3. 魏爾契 麥可 / WELCH, MICHAEL

4. 佛烈得 麥森 / FREED, MASON L.

5. 史派諾斯 卡斯塔斯 / SPANOS, COSTAS J.

國 籍：(中文/英文)

1-5 均為美國 / U.S.A.

修訂委員明示，本案修正後是否變更原實質內容

煩請委員明示97年09月12日  
所提之修正本有無超出原說明書  
或圖式所揭露之範圍。

97年09月12日修正本

可作的分析。此製程的實例為輸入空間熱資料，就像是被一感應元件所收集。最外側邊緣的感應資料係於強度及空間非均勻性中得到。從許多現有的選擇，這些外側感應器的平均溫度及三標準差數值(3-sigma value)，被挑選為最終兩個資訊因子。

用於隨著空間變化的製程參數量測值的資訊因子，可包含一個或多個資訊因子，例如製程參數的變化率、製程參數變化率的範圍、製程參數相對於時間的變化曲率(curvature)、參數變化率的斜率、製程參數的平均穩態數值(average steady-state value)以及製程參數的穩態範圍。

一個較特殊的例子可見於牽涉到時間函數的溫度量測之應用。就上述的應用而言，一些資訊因子的實例為：平均溫度上升率、溫度上升率的範圍、溫度上升率的曲率、溫度上升率的傾斜率、平均穩態時的溫度以及穩態溫度的範圍。

現請參考第 4 圖，其顯示本發明一實施例之流程圖 200。顯示於第 4 圖之流程圖適合使用在具有例如描述於第 1A 圖之系統。流程圖 200 係有關一種產生包含在一資訊資料庫之資料的方法，該資訊資料庫係儲存在電腦記憶體 55。顯示於第 4 圖之實施例係實質上與第 3 圖所述之實施例相同。顯示於第 4 圖之實施例包括步驟 155、步驟 160、步驟 165、步驟 170 以及步驟 175，上述步驟係實質上與顯示於第 3 圖實施例之步驟相同。顯示於第 4 圖之實施例包括一步驟 220，其包含收集資訊因子，以用在於步驟 165

份。

步驟 285 能夠以多種方式實行。較特別的是，該發生於步驟 285 中的資料探勘可包括安排的步驟，例如從由該試驗設計收集而來的製程資料得到資訊因子，以及例如從該擾動模型結果得到資訊因子。於其他實施例中，資料探勘步驟可包括對一組或多組儲存於資料庫內的資料圖，獲取特定資訊因子的時間基準圖(time-based plot)。就其他另外的實施例而言，資料探勘步驟可包括如下步驟：1)於各種製程腔室上比較各種製程模型；2)描繪一特別的製程腔室對時間的趨勢；3)回顧製程腔室資料的歷史，以決定是否管制限制需要更加嚴格。

現請參考第 6 圖，其根據本發明一實施例顯示一方法之流程圖 300。顯示於第 6 圖之方法可使用在具有例如描述於第 1A 及 1B 圖之系統。流程圖 300 包括比較資料步驟 305。比較資料步驟 305 包含使用來自儲存於記憶體 55 中的資訊資料庫的資料以及於步驟 310 用作參考的資料，並且還包含由步驟 315 所提供的比較規則。來自記憶體 55 的資料可視情況包括：一個或多個如上所述的資訊因子；一個純資料(plain data)與資訊因子的組合；及一擾動模型。於一實施例中，比較資料步驟 305 包括比較來自儲存於記憶體 55 中的資訊資料庫的資料以及用作參考的資料。該比較係依據比較規則而執行。

一般而言，比較規則係依據製程的本質、製程工具以及使用本方法的應用，取決於設計者的選擇。一個適合用在

間函數的製程量測值。根據此等實施例之方法包括步驟：識別至少一個資訊因子，該資訊因子提供一個用於該參考資料以及反應率的描述性製程結果資料的特性描述。該至少一個資訊因子的實例可能是製程量測值的一個或多個平均變化率、在一預定時間的製程量測值的變化範圍、在一預定時間的製程量測值的變化曲率、在一預定時間的製程量測值的變化傾斜(tilt)、在一預定時間的製程量測值的平均穩態值，以及在一預定時間的製程量測值的穩態值的範圍。此一列表僅作為可能的資訊因子的示例，合適的資訊因子並不限於該列表中的項目。

就本發明包含為時間函數的溫度量測值的實施例而言，根據本發明的方法最好包含使用為溫度量測所挑選的資訊因子。就此等實施例而言，合適的資訊因子的實例包括但並不限於溫度上升的平均速率、在一預定時間的溫度上升的曲率、在一預定時間的溫度上升的傾斜、在一預定時間的平均穩態溫度上升，以及在一預定時間的穩態溫度上升的範圍。

誠如本發明某些實施例的選擇，參考資料可被展現為從參考製程的擾動模型所得的反應率。另一選擇為，參考資料可包括從執行用於參考製程的試驗設計所得到的參數量測值。誠如一種選擇，一擾動模型可為使用與上述實質上相同程序的參考製程作準備。

本發明實施例的另一個好處是：該擾動模型係為便於攜帶的。換句話說，該模型遍及整個操作於類似條件下，例

97年9月<sup>12</sup>日修正/更正/補充

如溫度、氣流等的相同型式之裝置，例如加熱裝置，係為良好的。此意謂著本發明的實施例能夠包括無須重新建構擾動模型即可對相同型式的加熱裝置進行校正或最佳化、操作於類似的條件下。與元件階層(component level)相匹配之腔室能夠以此資訊查明。通常可攜之模型集中在簡單、化性不活潑腔室之啟始條件。製程特定之模型亦能夠為了複雜製程，例如蝕刻應用之需要而被發展。

本發明較佳實施例之參數資料可使用如前所述之感應裝置加以收集。就本發明的一實施例而言，該參數資料係為於電漿處理中遍佈整個基板的溫度曲線。本發明的其他實施例包括其他參數資料，例如電漿密度、電漿的化學組成以及離子密度。

於本發明其他實施例中，除了前述所示的限制之外，其他限制還能夠被施加在最佳化的步驟中。舉例來說，一個限制，例如限制控制變數的變化強度能夠被使用。另一選擇為，一個限制溫度曲線以具有零超越量(zero overshoot)的限制可被使用。其他限制可包括：特殊反應率曲線的匹配，或者是調整來自資料源的資料的時間軌跡(temporal trajectory)。

本發明的其他實施例能夠使用各種最佳的演算法。就某些實施例而言，最佳化的問題簡化成一個最小平方(least square)計算，而更一般地說，非線性規畫(nonlinear programming)可包括本發明某些實施例的最佳化步驟。

本發明某些實施例可包括最佳化標準，其包含各種不能



同時接受的最佳化目標(optimization objective)。就某一實例而言，本發明的一實施例可包括藉由使用所有最佳化目標的加權過的組合，將分佈於暫態(transient)及接近穩態區(regime)的溫度減至最小的最佳化目標。

此外，雖然使用電漿製程作為一個示例，本發明其他實施例包括其他製程，例如光微影(photolithography)製程、化學機械平坦化製程、濕製程(wet process)、電子束(e-beam)製程、光罩製作製程、平面顯示器製程、沈積製程、退火製程、固化製程(curing process)以及其他用於處理工件，例如半導體晶圓、平面顯示器基板及微影遮罩基板之製程。就這些製程型式而言，本發明實施例能夠用來界定模板、獲取資訊因子以及獲取用於統計製程管制、製程最佳化與製程工具診斷之擾動模型反應率圖。

儘管本發明的一較佳實施例已用來操作溫度曲線，吾人應瞭解，本發明之實施例並未限制到溫度曲線。熟悉本發明之技藝者在考慮本申請案所做的教示後將會非常清楚，此間所教示技術的延伸將導致本發明額外的實施例，包括操作其他型式的變數，或甚至是多種不同變數的組合。本發明以輝光放電電漿用來處理基板之實施例包括使用如前所示之方法，同樣地量測參數，例如電漿電位、離子能、離子密度、熱通量等參數。所有這些參數可被監控，並記錄為位置及時間的函數，而且個別或參數的組合可使用此間所述之方法加以規制。

本發明較佳實施例使用自律無線計量學(autonomous

## 十、申請專利範圍：

1、一種於處理工件時操作製程及製程工具之系統，其包含：

一電腦記憶體，用以儲存資訊；

一試驗設計模組，配置成用以產生一試驗設計，用以描述該等製程及製程工具的特性，該試驗設計模組係與該記憶體相連接，用以擷取為準備該試驗設計之資訊，以及用以將該試驗設計儲存於該記憶體中；

一資料源，用以提供製程資料給該試驗設計，該資料源係配置成用以儲存及擷取於該記憶體中之資料；

一資料分析模組，用於確認及篩選該製程資料，該資料分析模組係與該記憶體相連接，以便儲存及擷取資訊；及

一擾動模型建立器，用以提供一擾動模型，該擾動模型係展現該等製程及製程工具之績效，該擾動模型建立器係配置成用以

擷取來自該記憶體之資訊，以建立該模型，及

儲存該擾動模型。

2、依申請專利範圍第1項之系統，其另包含一比較模組，配置成用以比較儲存於該記憶體之資料。

3、依申請專利範圍第1項之系統，其中該擾動模組係配置成用以產生反應率，該等反應率係儲存於該記憶體中，該系統另包含一比較模組，配置成用以比較儲存於該資

參考製程以及該至少一個反應率的描述性製程結果資料的特性描述；

取得至少一個用於該參考製程結果資料的資訊因子；

取得至少一個用於該反應率的資訊因子；及

其中，確定偏差的步驟包含確定介於該至少一個用於該參考製程結果資料的資訊因子與該至少一個用於該反應率的資訊因子之間的偏差。

- 21、依申請專利範圍第 19 項之方法，其中該製程結果資料包含一為時間函數的製程量測值，該方法另包含步驟：

確認至少一個資訊因子，該資訊因子提供一個用於該參考製程以及該至少一個反應率的描述性製程結果資料的特性描述，該至少一個資訊因子係選自於由下列所構成之群組：

該等製程量測值的平均變化率；

在一預定時間的製程量測值的變化範圍；

在一預定時間的製程量測值的變化曲率；

在一預定時間的製程量測值的變化傾斜；

在一預定時間的製程量測值的平均穩態值；及

在一預定時間的製程量測值的穩態值的範圍；

取得至少一個用於該參考製程結果資料的資訊因子；

取得至少一個用於該至少一個反應率的資訊因子；及

其中，確定偏差的步驟包含確定介於該至少一個用於該參考製程結果資料的資訊因子與該至少一個用於該至少一個反應率的資訊因子之間的偏差。

- 22、依申請專利範圍第 19 項之方法，其中該製程結果資料包含一為時間函數的溫度量測值，該方法另包含步驟：

確認至少一個資訊因子，該資訊因子提供一個用於該參考製程結果資料以及該至少一個反應率的描述性製程結果資料的特性描述，該至少一個資訊因子係選自於由下列所構成之群組：

溫度上升的平均率；

在一預定時間的溫度上升的範圍；

在一預定時間的溫度上升的曲率；

在一預定時間的溫度上升的傾斜；

在一預定時間的平均穩態溫度上升；及

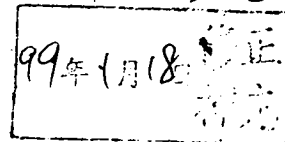
在一預定時間的穩態溫度上升的範圍；

取得至少一個用於該參考製程結果資料的資訊因子；

取得至少一個用於該至少一個反應率的製程結果資料的資訊因子；及

其中，確定偏差的步驟包含確定介於該至少一個用於該參考製程結果資料的資訊因子與該至少一個用於該反應率的資訊因子之間的偏差。

- 23、依申請專利範圍第 19 項之方法，其中該提供參考製



程條件與用於該等參考製程條件之參考製程結果之步驟包含：

對該參考製程執行一試驗設計。

- 24、 依申請專利範圍第 19 項之方法，其中該製程結果資料包含下列中的至少一個：製程量測之溫度、壓力、光輻射、電荷、離子通量、熱通量、蝕刻率、沈積率及電流。
- 25、 依申請專利範圍第 19 項之方法，其中該擾動模型資料係使用一感應裝置而收集。
- 26、 依申請專利範圍第 19 項之方法，其中該反應率係用於該製程工具，該製程工具以一預定的失效運作。
- 27、 依申請專利範圍第 19 項之方法，其中該反應率係用於該製程工具，該製程工具以一最佳化製程運作。
- 28、 一種於處理工件時監控一製程工具的績效之系統，其包含：
  - 一資料源，用以提供製程資料；
  - 一電腦記憶體，用以儲存可執行的命令，該記憶體配置成可接收來自該資料源的製程資料，該記憶體係以可執行的步驟編碼，用以取得該製程資料的資訊因子，該記憶體係以可執行的步驟編碼，用以確定至少兩個資訊因子的偏差；及
  - 一資料探勘模組，與該電腦記憶體相連接，以便允許對該等資訊因子資料探勘。

29、依申請專利範圍第 28 項之系統，其中該記憶體係以資訊因子編碼，以用於下列中至少一個：

複數個製程，及

複數個製程工具。

30、依申請專利範圍第 28 項之系統，其中該記憶體對一模板施加該製程資料，以便允許根據一組預定之規則取出該等資訊因子。

31、一種於處理工件時對一個或多個所使用的製程工具及製程進行製程監控、錯誤偵測或錯誤識別之方法，該方法係使用一比較模組與一電腦資訊儲存記憶體而實行，該比較模組配置成用以比較資訊，該電腦資訊儲存記憶體包含一資料結構，用於至少一個製程及至少一個製程工具，該資料結構包含下列中至少一個：

一擾動模型；

來自一擾動模型的反應率；及

來自一擾動模型的資訊因子，

該方法包含步驟：

A. 提供比較規則；

B. 對一參考製程提供參考資料；

C. 提供該擾動模型、該等反應率以及來自該資料結構之該等資訊因子中的至少一個；

D. 根據該等比較規則以該參考資料，比較該擾動模型、該等反應率以及來自該資料結構之該等資訊

因子中的至少一個；及

- E. 提供一個決定或指令，以回應該比較。
- 32、 依申請專利範圍第 31 項之方法，另包含步驟：  
顯示該等比較結果。
- 33、 依申請專利範圍第 31 項之方法，其中步驟 D 包含使用該參考資料之資訊因子。
- 34、 依申請專利範圍第 31 項之方法，其中步驟 D 包含使用該等反應率。
- 35、 依申請專利範圍第 31 項之方法，其中步驟 D 包含使用該擾動模型。
- 36、 依申請專利範圍第 31 項之方法，其中步驟 D 另包含：  
確定是否該參考製程發生錯誤或機能失常。
- 37、 依申請專利範圍第 31 項之方法，其中步驟 D 另包含：  
確定是否該參考製程符合預定的生產規格。
- 38、 依申請專利範圍第 31 項之方法，其中步驟 D 另包含：  
診斷該參考製程的錯誤。
- 39、 一種於處理工件時對一個或多個所使用的製程工具進行製程最佳化之方法，該方法係使用一比較模組與一電腦資訊儲存記憶體而實行，該比較模組配置成用以比較資訊，該電腦資訊儲存記憶體包含一資料結構，用於至少一個製程及至少一個製程工具，該資料結構包含下列中至少一個：

一擾動模型；

來自一擾動模型的反應率；及

來自一擾動模型的資訊因子，

該方法包含步驟：

- A. 提供比較規則；
- B. 對一參考製程提供參考資料；
- C. 提供該擾動模型、該等反應率以及來自該資料結構之該等資訊因子中的至少一個；
- D. 根據該等比較規則以該參考資料，比較該擾動模型、該等反應率以及來自該資料結構之該等資訊因子中的至少一個；
- E. 對是否該參考製程在回應步驟 D 之結果後被最佳化，提供一個決定；
- F. 儲存該參考資料，如果該參考資料對應到一被最佳化之製程；及
- G. 於調整後的控制設定以及調整後的該參考製程之製程參數之中，產生其中一個，接著回到步驟 B。

40、依申請專利範圍第 39 項之方法，其另包含步驟：

顯示該等比較結果。

41、依申請專利範圍第 39 項之方法，其中步驟 D 包含使用該參考資料之資訊因子。

42、依申請專利範圍第 39 項之方法，其中步驟 D 包含使



- 用該等反應率。
- 43、依申請專利範圍第 39 項之方法，其中步驟 D 包含使用該擾動模型。
- 44、一種於處理工件時對一個或多個所使用的製程工具及製程進行製程監控、製程最佳化、錯誤偵測及錯誤識別中至少一個之系統，其包含：
- 一資料源，用以提供製程參數量測資料；
  - 一資料分析模組，用以對來自該資料源之資料產生資訊因子；
  - 一電腦資訊儲存記憶體，包含一來自該資料分析模組之資訊因子的資料結構，用於至少一個製程及至少一個製程工具；及
  - 一資料探勘模組，用於對該等資訊因子進行資料探勘。
- 45、依申請專利範圍第 44 項之系統，其中該資料結構包含經過一段時間所收集而來的資訊，用於顯現趨勢、統計製程管制以及歷史工具績效中的至少一個。
- 46、依申請專利範圍第 44 項之系統，其中該等資訊因子係為一擾動模型所產生的結果。
- 47、依申請專利範圍第 44 項之系統，其中該等資訊因子係用於具有已知失效的製程工具及製程。
- 48、依申請專利範圍第 44 項之系統，其中該資料探勘模組配置成為了對一組或多組資料獲取特定資訊因子的

時間基準圖。

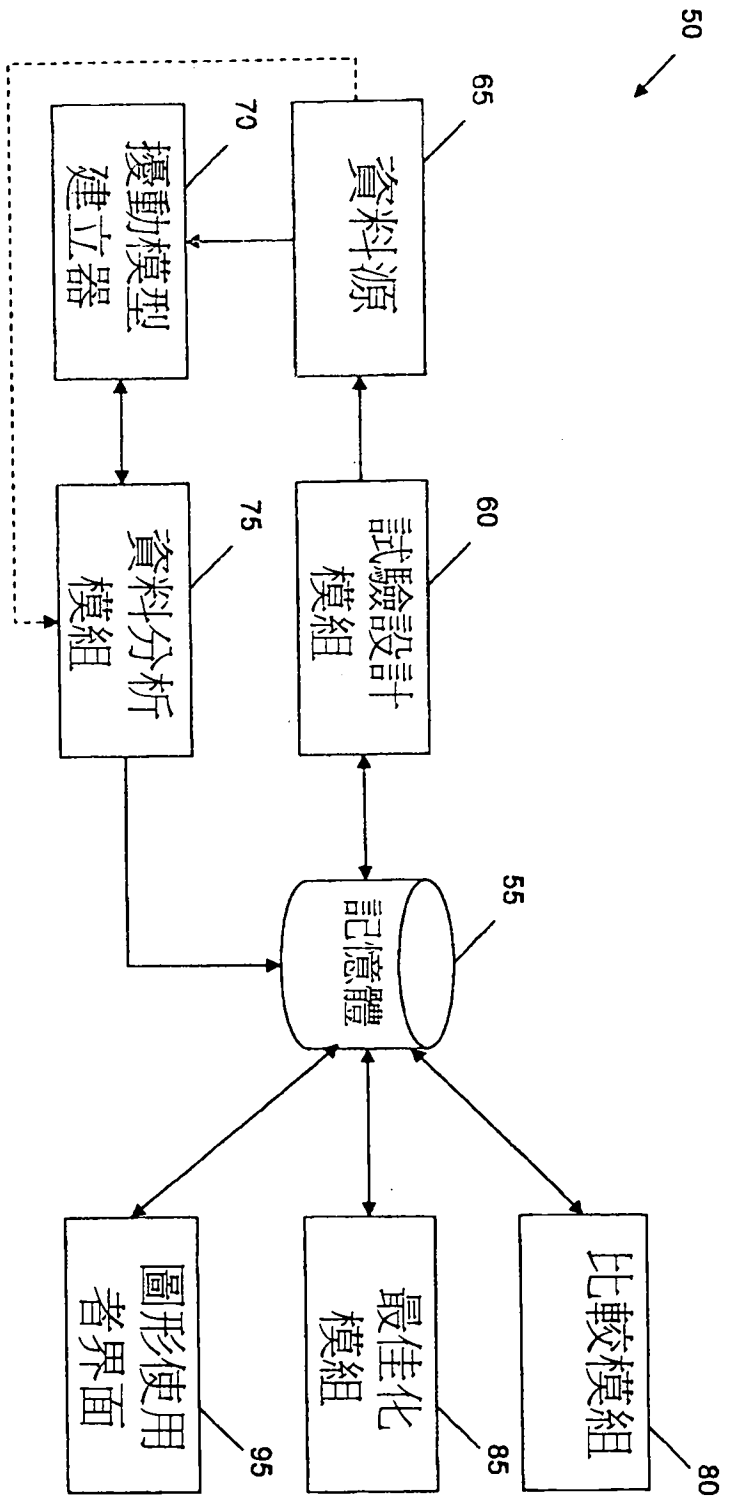
- 49、依申請專利範圍第 44 項之系統，其中該資料探勘模組配置成為了對一特定製程工具獲得特定資訊因子的統計製程管制圖。
- 50、依申請專利範圍第 44 項之系統，其中該資料探勘模組配置成為了比較一組或多組資料的資訊因子，該資訊因子係用於一特定的標準製程以及標準製程工具組態，以便確認是否該一組或多組的資料，匹配該特定標準的結果。
- 51、依申請專利範圍第 44 項之系統，其中該資料探勘模組配置成藉由比較一組或多組具有一組與一製程工具或一製程相關的資料，來診斷錯誤，其中該製程工具具有硬體失效，而該製程具有不正確的設定。
- 52、一種於處理工件時對一個或多個所使用的製程工具及製程進行製程監控、製程最佳化、錯誤偵測及錯誤識別中至少一個之方法，該方法係使用一電腦資訊儲存記憶體以及一資料探勘模組而實行，該電腦資訊儲存記憶體包含一資訊因子的資料結構，用於至少一個製程及至少一個製程工具，該資料探勘模組用於對該等資訊因子進行資料探勘，該方法包含步驟：

提供資料標的給該資料探勘模組；

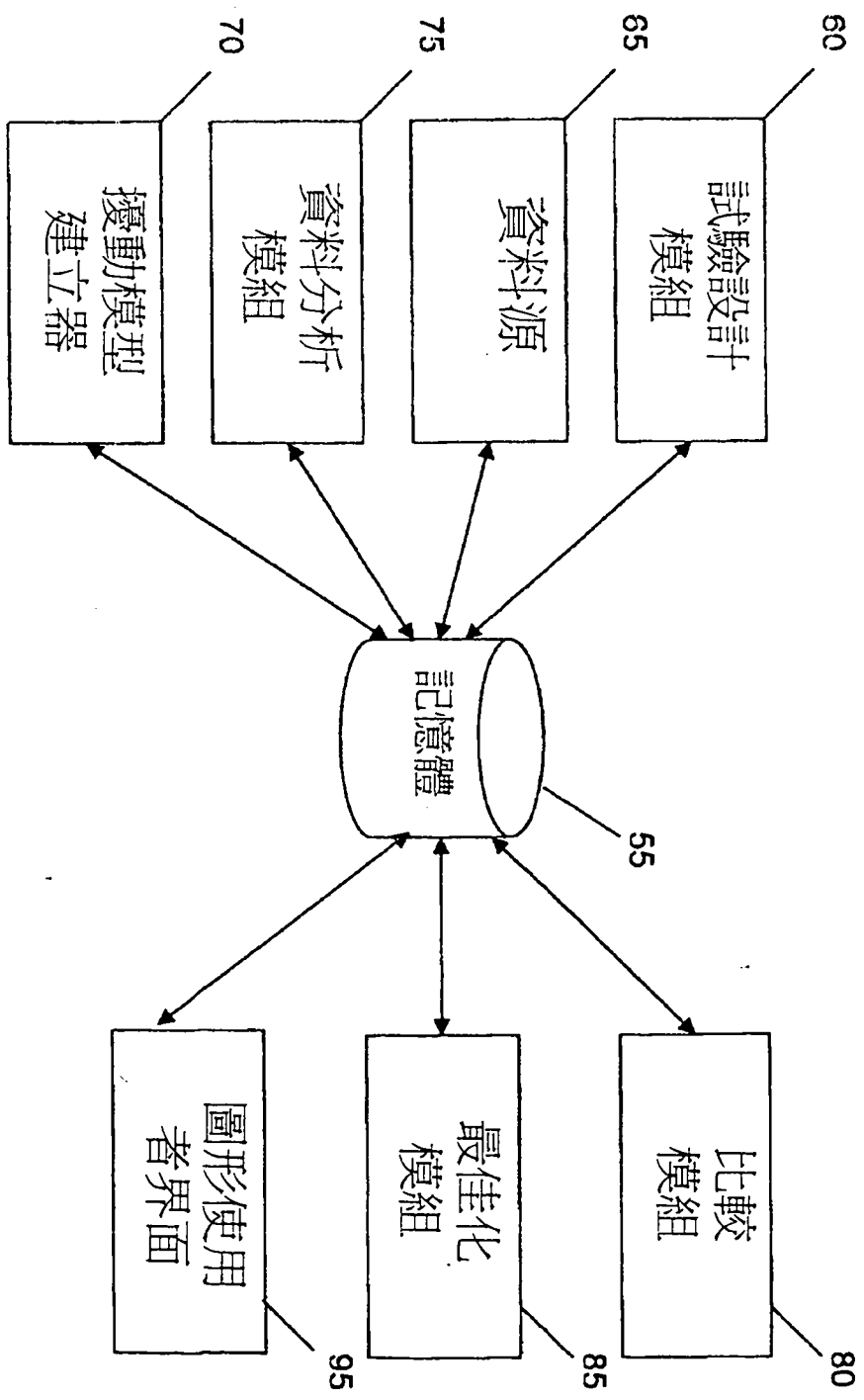
於回應該等資料標的後，使用該資料探勘模組，以對於該資料結構中的該等資訊因子進行資料探勘。

公告本

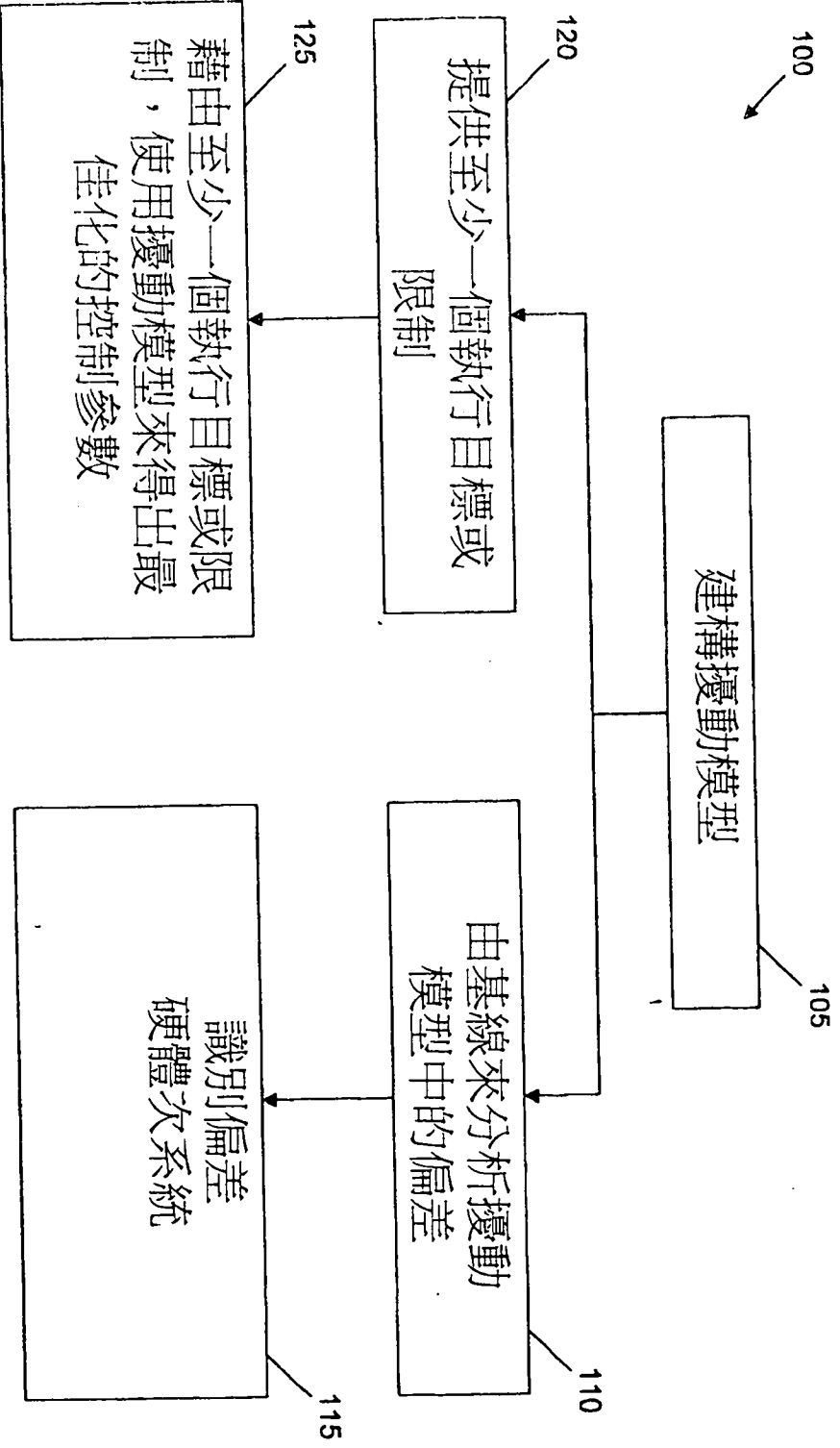
99年9月3日修正補充本



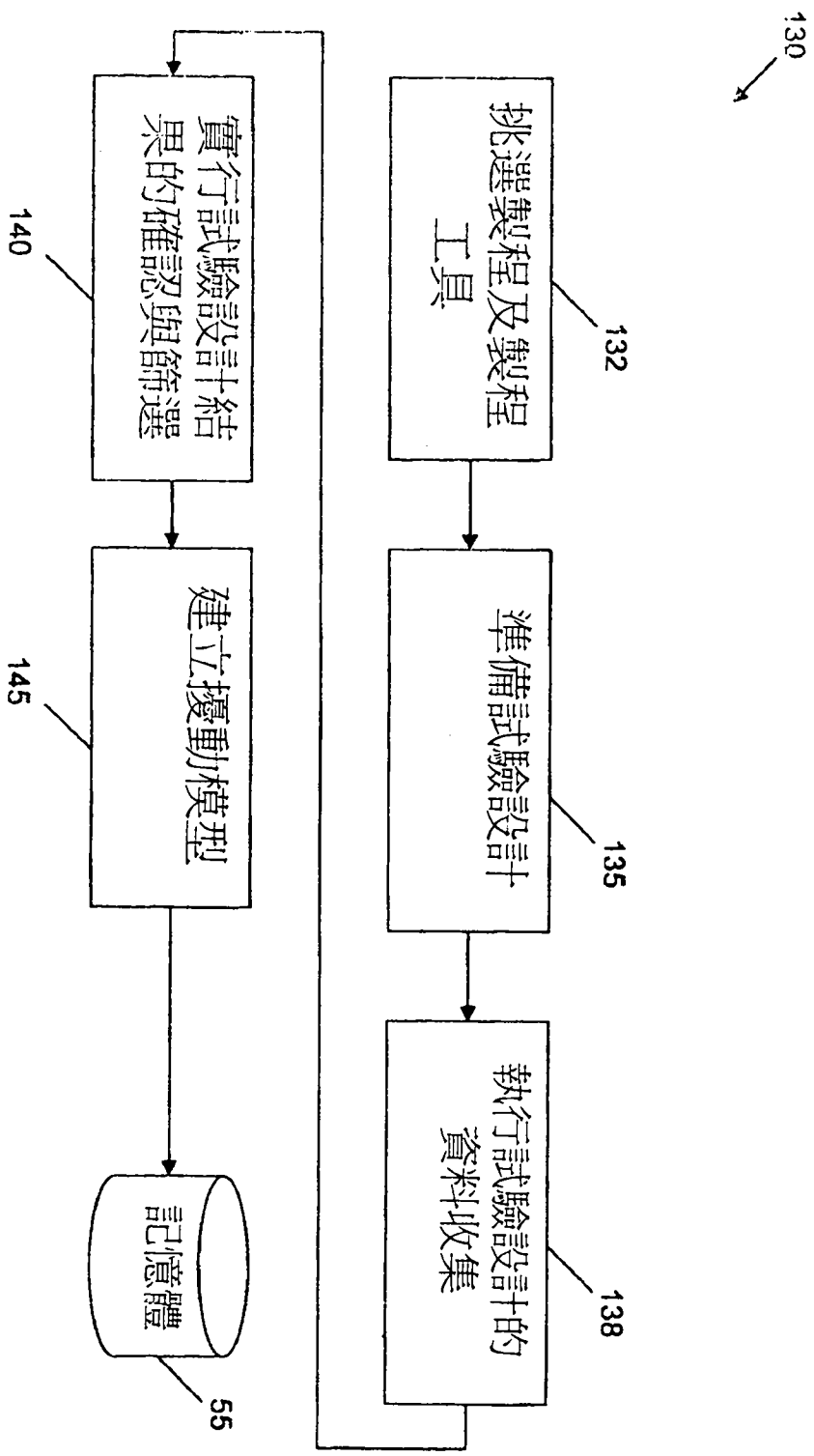
第1A圖



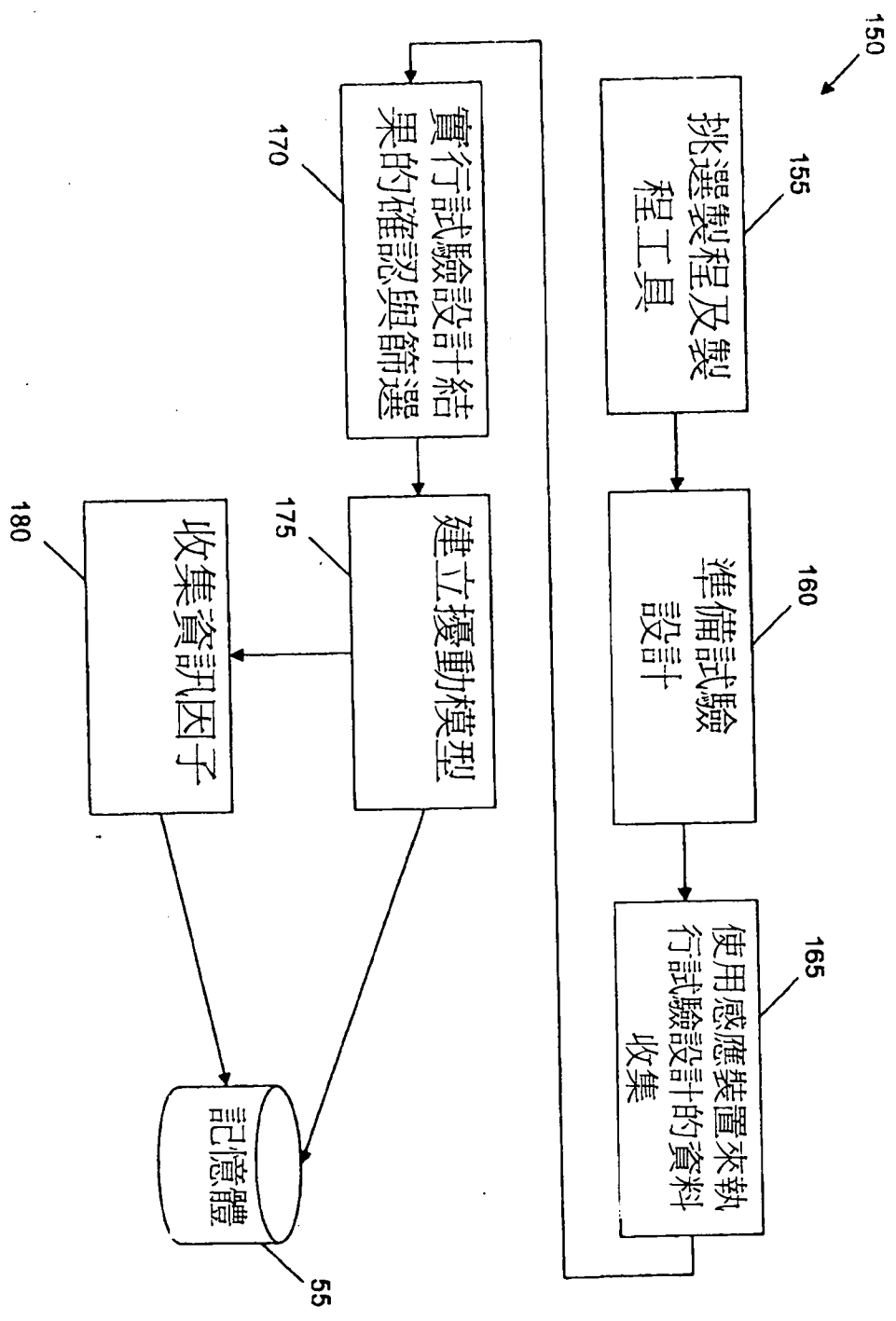
第 1B 圖



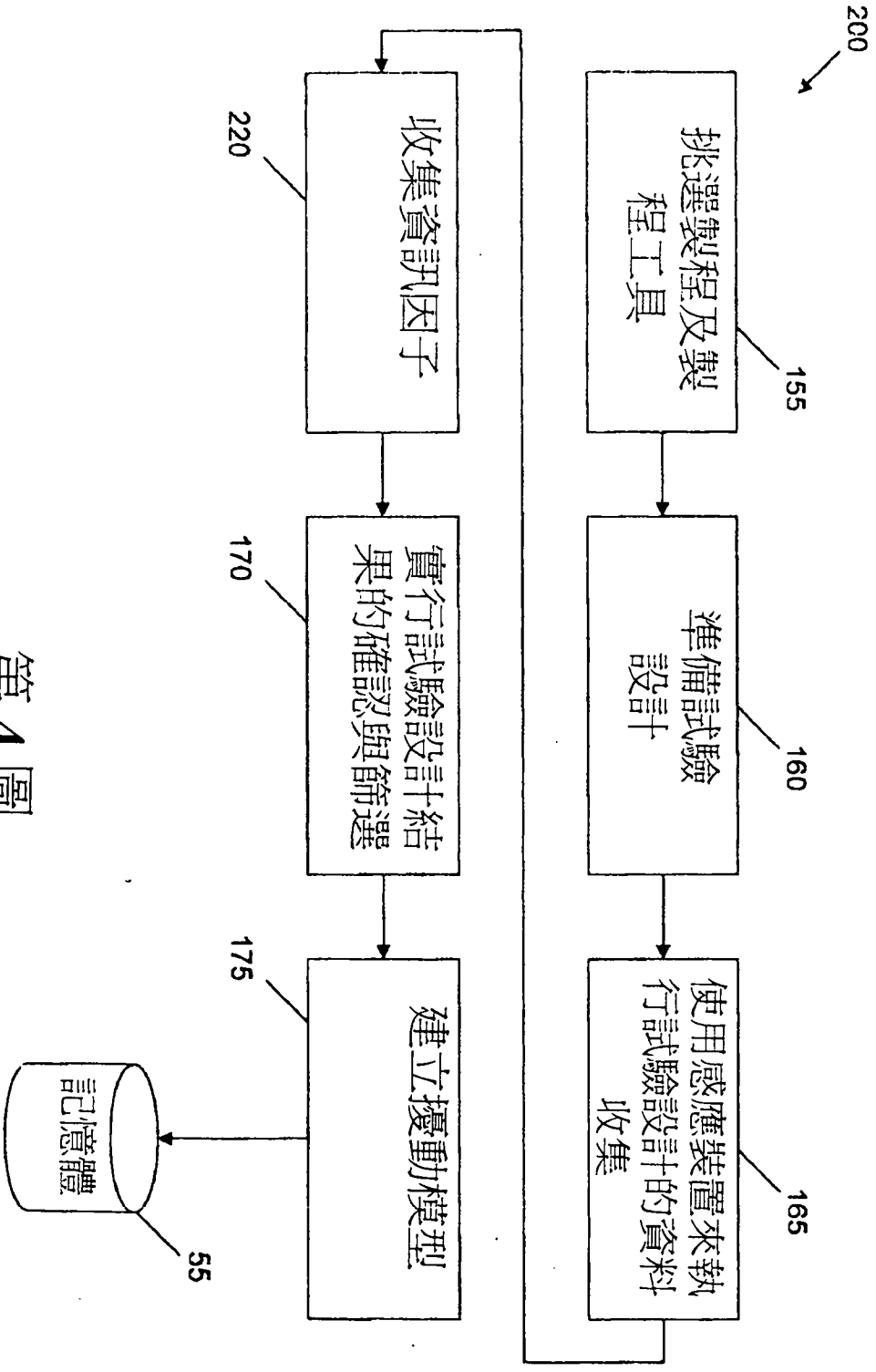
第 1C 圖



第 2 圖

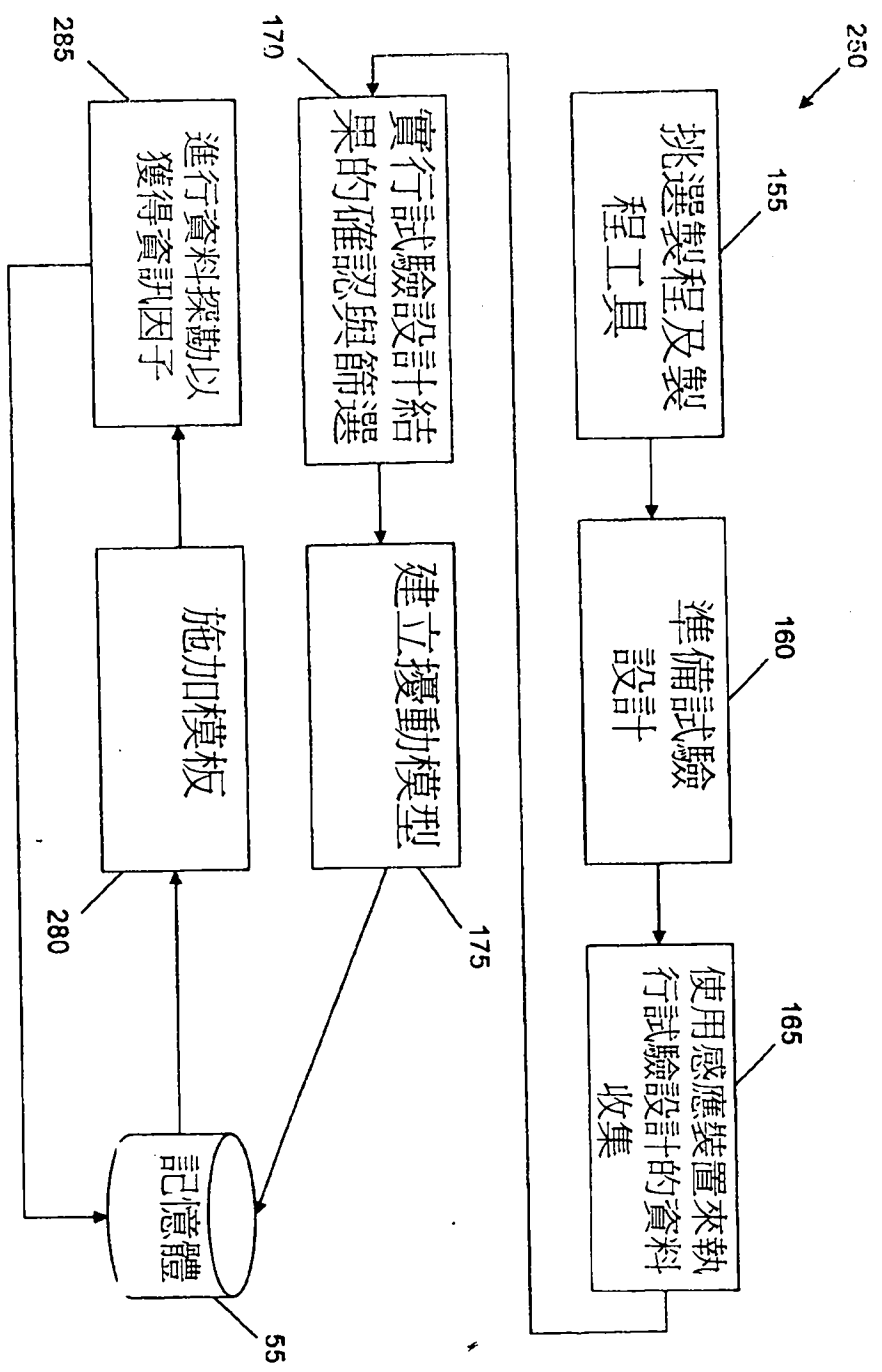


第 3 圖

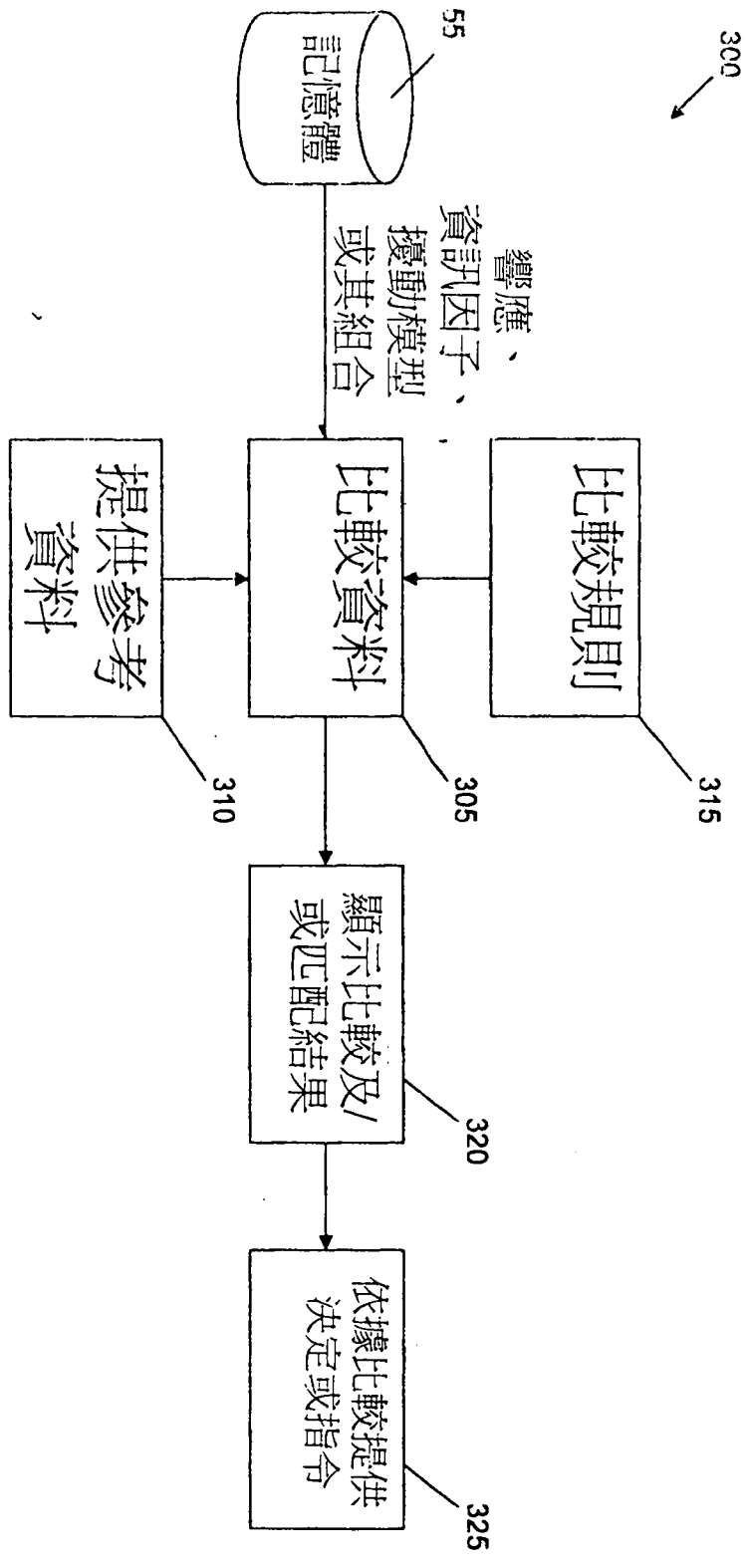


第 4 圖

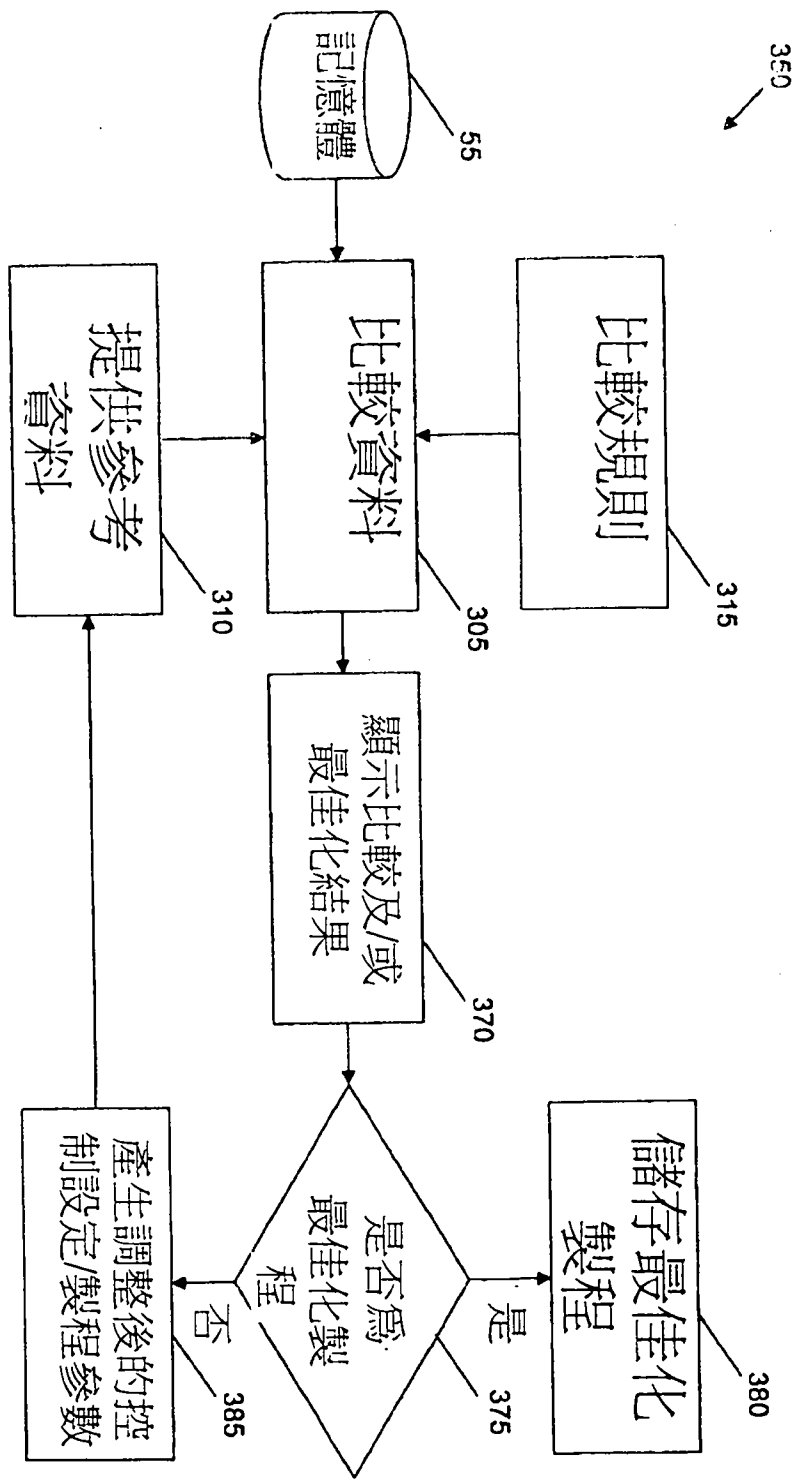




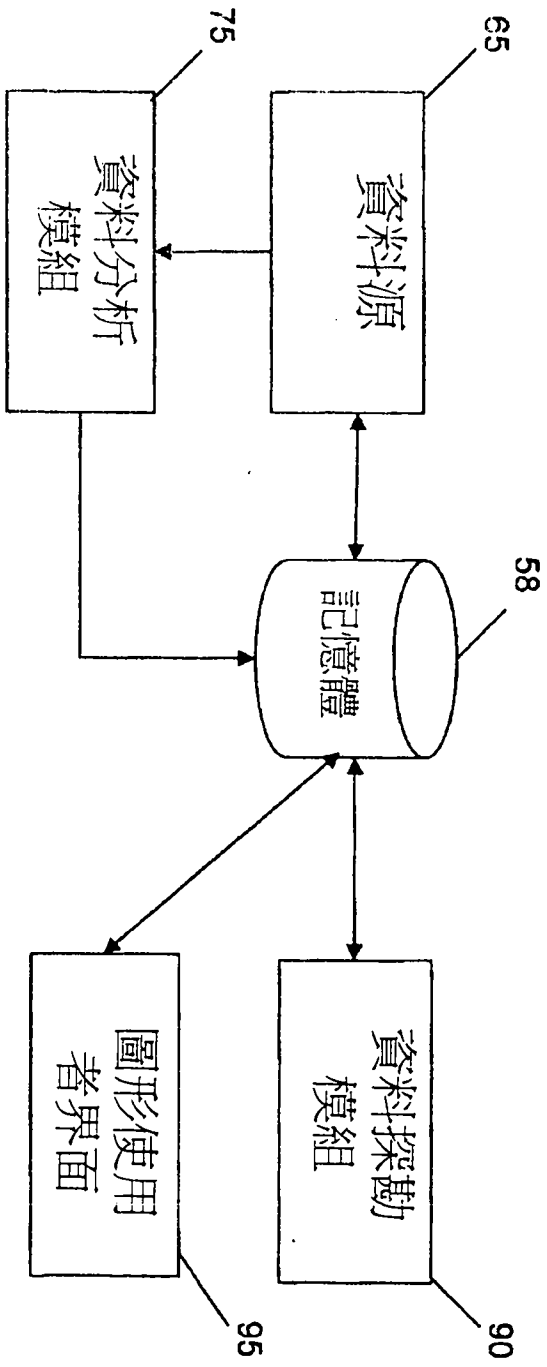
第 5 圖



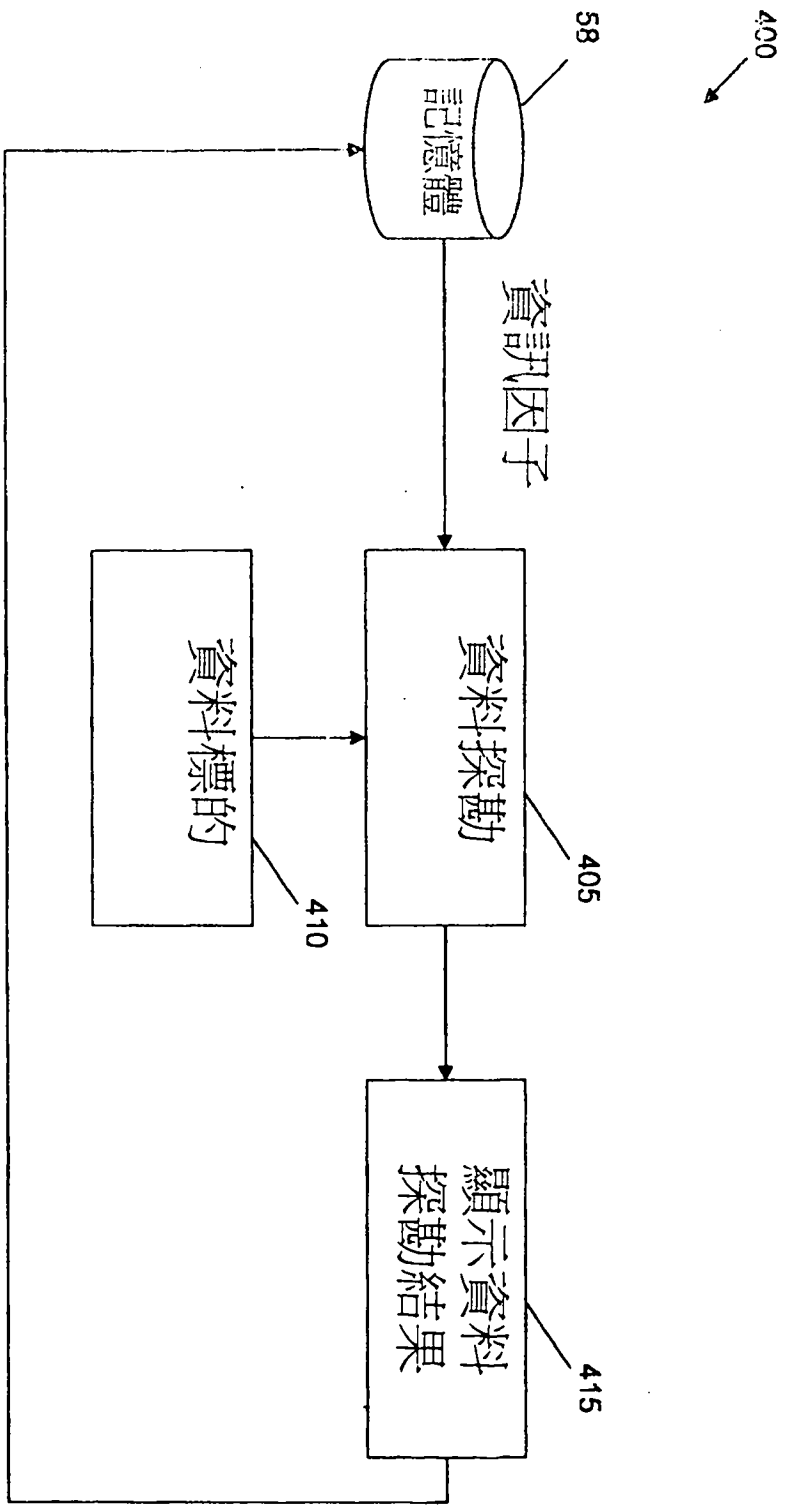
第 6 圖



第 7 圖



第 8 圖



第 9 圖