

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：93115993

※ 申請日期：93.6.3

※IPC 分類：G06F 19/00, H01L 21/66
(2006.01)

壹、發明名稱：(中文/英文)

生產製程之品質預測系統與方法

QUALITY PROGNOSTICS SYSTEM AND METHOD FOR
MANUFACTURING PROCESSES

貳、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

國立成功大學

NATIONAL CHENG KUNG UNIVERSITY

代表人：(中文/英文) 高 強 KAO, CHIANG

住居所或營業所地址：(中文/英文)

台南市大學路一號

NO. 1, TA-HSUEH RD., TAINAN CITY, TAIWAN, R.O.C.

國 籍：(中文/英文) 中華民國 R.O.C.

參、發明人：(共 4 人)

姓 名：(中文/英文)

1. 鄭芳田 CHENG, FANTIEN
2. 蘇育全 SU, YUCHUAN
3. 黃國偉 HUANG, GUOWEI
4. 洪敏雄 HUNG, MINHSIUNG

住居所地址：(中文/英文)

1. 台南市開南街 275 巷 7 弄 42 號

NO.42, ALLEY 7, LANE 275, KAI NAN ST., TAINAN CUTY

2. 台南縣新營市綠川北街 35 號

NO.35, LUCHUAN N. ST., HSIN YING CITY TAINAN HSIEN

3. 台北縣三重市大同北路 167 巷 2 號 4 樓

4F, NO. 2, LANE 167, TA TUNG N. RD., SAN CHUNG CITY, TAIPEI HSIEN

4. 桃園縣大溪鎮慈安六村 56-2 號

NO. 56-2, TZU AN 6TH TSUN, TA HSI TOWN, TAOYUAN HSIEN

國 籍：(中文/英文)

1. 中華民國 R.O.C.

2. 中華民國 R.O.C.

3. 中華民國 R.O.C.

4. 中華民國 R.O.C

肆、聲明事項：

本案係符合專利法第二十條第一項 第一款但書或 第二款但書規定之期間，其日期為： 年 月 日。

◎ 本案申請前已向下列國家（地區）申請專利 主張國際優先權：
【格式請依：受理國家（地區）；申請日；申請案號數 順序註記】

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.

主張國內優先權（專利法第二十五條之一）：

【格式請依：申請日；申請案號數 順序註記】

- 1.
- 2.

主張專利法第二十六條微生物：

國內微生物 【格式請依：寄存機構；日期；號碼 順序註記】

國外微生物 【格式請依：寄存國名；機構；日期；號碼 順序註記】

熟習該項技術者易於獲得，不須寄存。

玖、發明說明

【發明所屬之技術領域】

本發明係有關於一種生產製程之品質預測系統與方法，特別是有關於一種適用於預測半導體與 TFT-LCD 廠之生產機台之產品品質的系統與方法。

【先前技術】

一般半導體與 TFT-LCD 廠的產品製造與檢測過程通常是分開進行的，也就是說先由生產機台加工完成之後，再送至量測機台進行檢測的工作。而且基於成本的考量，大部分的檢測都是採用抽測的方式來決定產品的品質。因此，若某批產品在製造的過程中出了問題，必須等到檢測時才會發現，而此時製程設備可能已經產生好幾批的不良品了。目前大部分的做法是監控生產設備的製程參數，根據此參數來判斷生產出來的產品品質是否異常。這些做法的共同缺點是，當監控系統偵測到製程參數發生異常時，不良品已經生產出來了。而且由於目前的半導體與 TFT-LCD 廠大多採用批次生產，因此，如果發現產品異常，則報廢的數量通常不是一、兩個而是一整批，不僅降低了產品的良率，同時也對工廠的產能與生產成本造成嚴重的影響，故各製造廠商莫不極力地尋找能預測下一批產品品質的方法。

目前已有數位學者對於如何預測產品品質或設備製程是否異常進行研究，這些研究包含有：提出一個增進半導

體廠機台維修工作的架構，以從生產資料中推論出造成產品不良的原因；應用類神經網路作為電漿蝕刻機的及時故障監控，利用一樣版比對的技術來決定電漿蝕刻過程中的參數是否異常；以表面黏著技術(SMT)為例，運用模糊關聯記憶模型(Fuzzy Associative Memory, FAM)以萃取出製程知識，並配合階層協同式作業管理策略，發展出一套具圖形化人機介面 SMT 品質預測與控制系統；提出一種利用取得晶圓缺陷密度分佈的方法來改善良率預測，以找出晶圓缺陷群聚的程度，減少資料收集分析的時間與成本；提出一種經由製程中溫度的量測來預測 GaAs 裝置壽命的方法；研究溫度升高對於 SiO_2 薄膜壽命預測的影響。

然而，上述研究主要著重在如何利用現有的製程參數資訊推估出現在正生產出來的產品之可能異常，而非預測下一批產品的品質。一般來說，大多數研究用來推估所輸入的參數種類較少，且其推估架構的適用性亦多只侷限於特定機台。

現有已申請之專利方面，應用於半導體業的“Method and system for controlling chemical mechanical polishing thickness removal”專利(美國專利前案第 6,594,542 號)提出一種控制半導體晶圓製程研磨厚度的系統，此系統包含三個主要部分：晶圓研磨機、膜厚量測裝置、與一個研磨速度控制系統，此專利根據膜厚比對的方式來分析預測所需的研磨速度，基本上還是需要實際品質檢測值來提供研磨控制所需的資訊，無法使用虛擬量測的方式來推估出膜

厚值，必須等到量測後才知道結果。

應用於半導體設備的“Run-to-run control over semiconductor processing tool based upon mirror image target”專利(美國專利前案第 6,625,513 號)提出一種利用資料庫參數模型的方法，來比對半導體製造工具在生產過程中的耗損變化，並依據其比對結果更改參數設定，使得加工出來的產品不致因為工具耗損而產生異常。此方法的缺點係在於當製程參數變多時，建立資料庫參數模型的種類與困難度也會相對地提高許多，無法允許根據不同的設備特性來使用適合的預測模型，而不具有彈性。

至於其他現有已申請專利中，應用於半導體製程的“Method of monitoring and/or controlling a semiconductor manufacturing apparatus and a system”專利(美國專利前案第 6,616,759 號)提出一種監控半導體製程設備與預測製程結果的方法。此方法擷取製程設備的感測器資料與製程結果量測值，並利用局部最小平方法(Partial Least Square Method)計算出新的參數設定。然而，此方法只能根據現有的參數資料預測正在生產的產品檢測值，無法進一步地預測出未來一段時間將要生產的產品品質。

應用於半導體晶圓溫度預測的“Method for predicting temperature, test wafer for use in temperature prediction, and method for evaluating lamp heating system”專利(美國專利前案第 6,666,577 號)，提出一種預測晶圓製程溫度的方法，此方法利用在晶圓上建立兩種不同的塗佈層來預測

晶圓製程溫度。此專利的預測方法基本上只能適用於特定種類的機台，缺乏泛用性。

因此，非常迫切需要發展一種生產製程之品質預測系統與方法，藉以在產品尚未生產之前，就可根據生產機台本身之目前製程參數與前幾批產品的品質檢測資料，預測出下一批產品的品質，且具有泛用性，進而改善習知技術的缺點。

【發明內容】

本發明的主要目的就是在提供一種生產製程之品質預測系統與方法，藉以在產品尚未生產之前，就可根據生產機台本身之目前製程參數與前幾批產品的品質檢測資料，預測出下一批產品的品質，因而有效地提高產品品質與機台的使用效能及妥善率 (Availability)，進而提昇製造業的競爭力。

本發明的另一目的就是在提供一種生產製程之品質預測系統與方法，以具有通用性，而可適用於半導體與 TFT-LCD 產業製程的各種設備。

根據本發明之上述目的，提供一種生產製程之品質預測系統。依照本發明的較佳實施例，此生產製程之品質預測系統主要係由推估模式裝置 (Means) 和預測模式裝置所組成，此推估模式裝置係利用生產機台的一組輸入資料來推估獲得正在生產機台生產之一批產品的推估品質值，其中此推估模式裝置係由一推估方法所建立，而此推估方法係選自由類神經

網路、模糊理論和資料探勘...等技術所組成之一族群。而預測模式裝置係利用目前推估出來之此批產品的推估品質，加上至少數個前批產品的實際品質檢測值，來預測出下一批產品的預測品質值，其中預測模式裝置係由一預測方法所建立，而此預測方法係選自由權重移動平均、類神經網路和其他具預測能力之演算法所組成之一族群。又，本發明之生產製程之品質預測系統更至少包括：原始資料前處理裝置，用以將由生產機台所輸入之一組原始資料轉換為具有一特定資料格式的該組輸入資料。又，本發明之生產製程之品質預測系統更至少包括：自我搜尋裝置，用以於剛選定推估方法或預測方法並設定相關的初始值時，挑選出推估方法或預測方法所需之一組最佳參數與函數的組合，以增加推估/預測準確度。又，本發明之生產製程之品質預測系統更至少包括：一自我調適裝置，其中在生產機台運轉一段時間後，如推估/預測準確度降低於一預設準確度時，或因定期檢修與更換零件而導致該生產機台之特性改變時，此自我調適裝置就會啟動，以修正並且滿足新的生產機台之特性及推估/預測準確度要求。

另外，根據本發明之上述目的，提供一種生產製程之品質預測方法。依照本發明的較佳實施例，此生產製程之品質預測方法至少包括：提供推估模式步驟和預測模式步驟，其中推估模式步驟係利用生產機台的一組輸入資料來推估獲得正在生產機台生產之一批產品的推估品質值，該推估模式步驟係使用一推估方法，而此推估方法係選自由類神經網路、模糊理論和資料探勘...等技術所組成之一族群。而預測模式步

驟係利用目前推估出來之此批產品的推估品質值，加上至少數個前批產品的實際品質檢測值，來預測出下一批產品的預測品質值。其中此預測模式步驟係使用一預測方法，而預測方法係選自由權重移動平均、類神經網路和其他具預測能力之演算法所組成之一族群。又，本發明之生產製程之品質預測方法更至少包括：進行原始資料前處理步驟，藉以將由生產機台所輸入之一組原始資料轉換為具有特定資料格式的輸入資料。又，本發明之生產製程之品質預測方法更至少包括：進行自我搜尋步驟，藉以於剛選定推估方法或預測方法並設定相關的初始值時，挑選出推估方法或預測方法所需之一組最佳參數與函數的組合，以增加推估/預測準確度。又，本發明之生產製程之品質預測方法更至少包括：進行自我調適裝置步驟，藉以在生產機台運轉一段時間後，如推估/預測準確度降低至小於一預設下限值時，或因定期檢修與更換零件而導致生產機台之特性改變時，修正並且滿足新的生產機台之特性及推估/預測準確度要求。

因此，應用本發明，可在產品尚未生產之前，就可根據生產機台本身之目前製程參數與前幾批產品的品質檢測資料，預測出下一批產品的品質，且具有泛用性，進而可改善習知技術的缺點。

【實施方式】

與目前一般監控系統如 SPC(Statistic Process Control)、APC(Advanced Process Control)等最大的不同，本發明係在產

品尚未生產之前，就可根據設備(生產機台)本身之目前製程參數與前幾批產品的品質檢測資料，預測出下一批產品的品質。

請參照第 1 圖，其為繪示本發明之生產製程之品質預測系統的主要結構圖，其中，此品質預測系統係由推估模式裝置 100 與預測模式裝置 200 所組成。此品質預測系統可以同時作為虛擬量測與品質預測來使用，推估模式裝置 100 即可當作虛擬量測來使用。此種雙層式架構可使本發明之品質預測系統依照工廠的實際需求，來進行適當的組合，因而在實際應用上更有彈性。另外，推估模式裝置 100 內所使用的推估方法具有可替換性，可根據實際生產設備的物理與參數特性，選擇各式人工智慧、統計學方法或是數學演算法等，如類神經網路、模糊理論和資料探勘技術等。至於預測模式裝置 200 內所使用的預測方法則可為權重移動平均、類神經網路或其他具預測能力之演算法。

請參照第 2 圖，其為繪示本發明之具有自我搜尋裝置與自我調適裝置之品質預測系統的結構示意圖。首先，將生產機台 20 的製程參數與其感測器資料送至原始資料前處理裝置 110 處理。由於生產機台 20 的製程參數與其感測器資料的種類繁多，而推估模式裝置 100 所要使用到的參數可能只是這些資料的一部份，故需要由原始資料前處理裝置 110 進行資料篩選，從眾多的資料中取出所需的製程參數或感測器資料(X_i)。至於要選擇哪些資料作為輸入參數則是依據生產機台 20 的物理特性與所選定的推估方法或預測方法而有所不同。此外，從生產設備取得的製程參數與感測器資料，可能有不

同的資料格式，資料前處理裝置 110 必須要能處理這些不同的格式，並轉換為推估模式裝置 100 所需要的特定資料格式。

接著，將資料前處理裝置 110 處理過的輸入資料傳送至推估模式裝置 100。推估模式裝置 100 的目的係在於利用生產機台 20 的輸入資料來推估正在生產之產品的品質，而獲得推估品質值 (\hat{y}_i)。然後，將此推估品質值輸入至預測模式裝置 200，預測模式裝置 200 的目的是利用目前推估出來的本批產品的推估品質值 (\hat{y}_i)，加上由量測機台 30 而得之前幾批產品的實際品質檢測值 ($y_{i-1}, y_{i-2}, \dots, y_{i-n}$)，來預測出下一批產品的品質而得預測品質值 (\tilde{y}_{i+1})。預測模式裝置 200 和推估模式裝置 100 一樣，可以依據生產機台 20 本身的特性，選擇適當的預測方法來建立預測模式，如移動平均、類神經網路等。

接著，將推估品質值 (\hat{y}_i) 送至推估準確率評估裝置 130，與此批產品的實際品質檢測值 (y_i) 相較，以獲得推估準確率評估指標。同時，將預測品質值 (\tilde{y}_{i+1}) 送至預測準確率評估裝置 210，與此批產品的實際品質檢測值 (y_{i+1}) 相較，以獲得預測準確率評估指標。評估推估/預測準確率的方法有很多種，可依據所要評估對象的特性選用適合的評估指標，如平均絕對百分比誤差 (MAPE) 與最大誤差 (Max Error) 等均可作為本發明之推估/預測準確率的評估指標。

另外，由於半導體與 TFT-LCD 廠之生產設備的種類繁多，各種設備特性並不一樣，很難僅採用一種推估演算法使其能適用於各種的機台。因此，本發明提出一種通用型的推估模式裝置 100 和預測模式裝置 200，其可讓使用者 10 透過

選擇與設定介面 120，根據生產機台 20 的特性，來選擇各種不同的人工智慧、統計學方法、或數學演算法成為建立推估模式裝置 100 和預測模式裝置 200 的推估方法和預測方法。隨著使用機台種類的增加，目前這些預測演算法正逐步增加之中，而當可用的預測演算法越來越多的時候，本預測架構的適用性也會越來越廣。選擇與設定介面 120 的目的便是要協助使用者 10 選擇適當的推估或預測方法，並設定相關的初始值。使用者 10 在完成選擇與設定之後，品質預測系統即可開始執行。

另外，推估模式之自我搜尋裝置 300 和預測模式之自我搜尋裝置 310、及推估模式之自我調適裝置 400 和預測模式之自我調適裝置 410 是本發明的另一項特點，其主要目的是要減少建立推估/預測架構的人力與時間。如第 2 圖所示，為了要有效率地建構一個推估模式或預測模式，本發明提供一個可內建不同演算法選擇的自我搜尋裝置。例如：若使用者 10 選擇倒傳遞類神經網路來建立推估模式，則自我搜尋裝置 300 會根據使用者 10 所設定的隱藏層層數、每個隱藏層的個數範圍、以及轉移函數種類等，自動搜尋出一最佳的參數與函數組合及權重值；若使用者 10 採用模糊理論來建立推估模式，則自我搜尋裝置 300 會根據所設定可能的歸屬函數內找出最佳的歸屬函數。同樣地，若使用者 10 採用權重移動平均來建立預測模式，則自我搜尋裝置 310 將根據使用者 10 所設定的權重值範圍尋找出最佳的權重值組合。因此，使用者 10 只需要設定搜尋參數的範圍或函數的種類，自我搜尋裝置 300 和

310 就會去尋找出最佳的模型參數或函數組合與權重值。通常。不同的生產設備，其製程參數與感測器特性也不同，故需要根據機台特性建立推估模式和預測模式。而要建立一個新的模式通常需要投入相當多的人力資源與時間，故自我搜尋裝置的目的就是為了縮短開發時間與減少人力需求，藉由一個個已經預先建構好的模式，使本發明之推估/預測系統在移植到新機台時的設定、調校時間可以大幅地縮短。

另一方面，設備在生產的過程中，可能會隨時間的增加而產生零件老化、衰退，因而造成設備特性偏移；或者是因為定期檢修、更換零件等，導致復機後的機台特性與之前不一致的問題，此時預測架構應該要有自我調適的能力。推估模式之自我調適裝置 400 和預測模式之自我調適裝置 410 就是用來處理這一方面的問題。藉由監控推估/預測準確率評估指標，自我調適裝置 400/410 可以隨時了解品質推估/預測模式裝置 100/200 的現況，並且依據實際設備需求訂定一可容許準確率的預設下限值 $M\%$ (如 90% 至 99%)。當推估/預測系統準確率已經連續 n 次 (如 1 次至 5 次) 低於此預設下限值時，自我調適裝置 400/410 會被啟動並配合自我搜尋裝置 300/310，且根據最近的設備參數特性，建立一個新的品質預測系統，俾便取代舊的品質預測系統，使推估/預測準確率能回復到之前的要求標準。至於新的訓練資料與測試資料的取樣範圍，則由使用者決定。本說明範例中的自我調適機制，選擇發生連續 2 次準確率超限前的 50 筆資料做為訓練資料 (25 筆) 與測試資料 (25 筆)。

第 2 圖中的預測模式之自我調適裝置 410 係使用虛線，以表示此自我調適裝置 410 是選擇性的，預測系統建構者可根據所選擇的預測模式來決定是否要加入此自我調適裝置 410。例如若預測模式裝置採用權重移動平均，則因為此演算法本身的特性使得自我調適機制的效果不易突顯，所以可考慮不需加入預測模式自我調適裝置 410；若採用類神經網路做為預測模式的建構方法，則加入自我調適裝置 410 將可降低預測誤差，並使預測結果更加準確。此外，新架構的節點數範圍設定可用先前所建立的架構節點數為基準，作一個較小範圍的搜尋，以節省自我調適裝置的搜尋時間。

以下以 TFT-LCD 廠之濺鍍機為應用實例來說明本發明。

請參照第 3 圖，其為繪示本應用實例之 TFT-LCD 廠之濺鍍機的設備示意圖。此機台內部共有 16 個模組，每個模組進行不同的加工動作，其目的係在玻璃（原物料）上鍍上一層薄薄的金屬膜，而此金屬膜的功用係作為 LCD 面板的顏色邊框。第 3 圖中之箭頭方向為製程的加工順序。首先，玻璃由進出入口進入加工機台模組，依照模組編號順序加工。在完成前 8 個模組後，接著旋轉模組將玻璃旋轉到編號第 9 號模組繼續加工，最後再由進出入口送出，而運作過程中每個模組都是處於真空的狀態。負責抽真空的模組設置有真空度感測器，用以擷取真空狀態。負責輸送惰性氣體的模組設置有氣體濃度感測器，用以擷取氣體濃度的實際狀態。對於控制加工區域中正負離子電漿密度的外加電場，也裝設有偵測電壓、電流及功率的感測器。因此在實際加工過程中，將會紀

錄一連串的感測器資料。生產機台在生產過程中紀錄製程參數（感測器）資料，玻璃完成加工後，每隔一百片成品隨機抽測兩片送至量測機台，量測並紀錄其濺鍍層膜厚資料。

請參照第 4 圖，其為繪示本應用實例之品質預測流程示意圖，藉由量測機台所提供的過去數批產品的量測品質值 ($y_{i-1}, y_{i-2}, \dots, y_{i-n}$)，加上由生產機台目前正在生產過程中的製程參數所推估出來之本批產品的推估品質值 (\hat{y}_i)，即可預測出下一批即將生產之產品的預測品質值 (\tilde{y}_{i+1})。

(1) 推估模式裝置的建立

建立推估模式裝置的推估方法可以採用各種可能的演算法、統計學原理或人工智慧技術，本應用實例使用倒傳遞類神經網路方法來說明如何建立推估模式。請參照第 5 圖，其為繪示本應用實例之推估模式裝置的建構步驟。

首先，進行步驟 422，以收集感測器資訊並選擇輸入參數。本實例之機台在加工過程中，可紀錄之參數計有 177 項，刪除機台設備工程師所設定的固定項目，以及根據機台特性共篩選出其中的 96 個參數作為有效之製程參數資訊，這些參數可分為真空度、惰性氣體濃度、溫度、電壓、電流、功率等 6 類。然後，根據設備特徵、參數特性分析與設備工程師意見，從 96 個參數中篩選出 40 個參數作為輸入參數。此 40 個參數分別為機台模組的真空度、惰性氣體濃度與功率。各模組感測器每 10 秒擷取並紀錄一筆資料，而完成一片成品約略需要一分鐘。因此，每分鐘將會有 6 筆感測器資料與一片成品產生。請參照第 6 圖，其列出一個模組的部分製程參數

資料與產品檢測值，由左至右依序為擷取時間、真空度、氣體濃度 1、氣體濃度 2、氣體濃度 3、功率、開始加工時間、與產品檢測值等。從每 100 片產品中隨機抽測 2 片，抽測的時間間隔為約 100 分鐘。由上述得知每 6 筆輸入參數值會對應到一個產品的檢測值。因感測器每 10 秒紀錄 1 筆資料，每分鐘每個參數將會產生 6 筆資料。本實例選擇根據產品在每個設備模組加工的時間先後次序，將全部 6 筆資料均當作推估模式類神經網路的輸入。

接著，進行步驟 424，以選擇隱藏層層數、節點數範圍與轉移函數種類。關於選擇隱藏層層數，在一般狀況之下，採用一層或兩層即可達到良好的收斂狀況。隱藏層節點數目多可以加快收斂速度，亦可達到較小的誤差值，進而可得到較好的推估效果；但過多的節點數目可能會發生過度學習導致訓練時間過長的現象。反之，若節點數目過少，網路架構可能不足以建構輸出與輸入間的關係。因此節點數目必須適當地選取，才能得到最佳的效果。另外，選擇轉移函數在選擇隱藏層轉移函數方面，傳統的倒傳遞類神經網路係以對數雙彎曲轉移函數（Log-Sigmoid）為基本的類型，此轉移函數的方程式如下所示：

$$f(x) = \frac{1}{1+e^{-x}}$$

另一種可供選擇的轉移函數稱為正切雙彎曲轉移函數（Hyper Tangent-Sigmoid），其方程式如下所示：

$$f(x) = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}}$$

本實例中取兩層隱藏層之類神經網路模型作為推估方法，每個隱藏層個數的設定範圍為 1 到 50，轉移函數種類為對數雙彎曲轉移函數與正切雙彎曲轉移函數，並且使用自我搜尋機制，自動搜尋出最佳的節點數與轉移函數的組合。

接著，進行步驟 426，以選擇訓練資料集和測試資料集。本實例的原始機台資料有 85 筆，使用 50 筆資料集當作訓練資料，另外 35 筆資料集當作測試資料。

接著，進行資料前處理的步驟 428。在進行類神經網路訓練前，對輸入與輸出值進行正規化(Normalize)將使類神經網路訓練更有效率。類神經網路訓練完成後，利用網路所推得的輸出值則必須反正規化，使其恢復真實尺度。

接著，進行步驟 430，以設定訓練終止條件。本實例選擇循環訓練次數與誤差函數作為終止訓練條件，當訓練達到預設次數值，或是當誤差函數低於一預設誤差值，兩者之中有一成立時即停止訓練。

接著，進行設定初始權重的步驟 432。一般類神經網路係以亂數產生的方式來設定初始權重，而本實例則採用 Nguyen-Widrow 初始化演算法來產生初始權重，此方法為一種有限制條件的隨機初始化權重值方法。

接著，在完成初始權重設定之後，進行步驟 434，以開始執行類神經網路。

接著，進行步驟 436，以計算推估輸出與實際輸出誤差。誤差性能函數可使用均方誤差(Mean Square Error; MSE)，如下所示：

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (e_i)^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$$

n ：樣本數， e_i ：誤差值， y_i ：實際品質檢測值， \hat{y}_i ：品質估計值

接著，進行步驟 438，以檢查終止條件是否成立。當訓練次數達到預設次數值，或是當誤差函數低於一預設誤差值，兩者之中有一成立時即停止訓練。

若終止條件不成立，則進行回傳誤差以調整初始權重的步驟 440，再進行執行類神經網路的步驟 434，其中，步驟 440 係根據倒傳遞網路的運作原理，而此循環構成了類神經網路的自我學習機制。

當步驟 438 的終止條件成立時，接著，進行步驟 442，以檢查是否完成自我搜尋。若自我搜尋未完成，則進行步驟 444，以選擇新的隱藏層層數、節點數個數與轉移函數組合，再進行設定初始權重的步驟 432。於步驟 444 中，自我搜尋機制會檢查是否還有新的隱藏層層數、節點數個數與轉移函數組合尚未測試過，假如還有的話，自我搜尋機制會選擇一組新的隱藏層層數、節點數個數與轉移函數，並回到步驟 432 繼續進行測試，假如所有的隱藏層層數、節點數個數與轉移函數組合均已測試過，則自我搜尋機制會跳到步驟 446 執行，以選擇並儲存最佳權重參數組合而完成推估模式的建立。

本應用實例所使用的類神經網路推估模式是採用自我學習機制來建立，系統開發者只需要輸入可能的隱藏層層數、

每個隱藏層節點數範圍、轉移函數種類、與終止條件等，自我搜尋機制就會根據這些設定自動尋找出最佳的類神經網路推估模型與所有權重值，惟搜尋最佳模型的時間與設定的參數搜尋範圍有關。如希望縮短搜尋時間，只需適當調整參數搜尋範圍大小即可。一般來說，根據經驗法則所設定的參數範圍可降低搜尋時間；若不考慮時間因素，則增加參數搜尋範圍將有機會找到更好的類神經網路模型。

另外，本應用實例係使用移動平均來建立預測模式裝置，此移動平均是採用兩個由量測設備得到的前兩批實際品質檢測值 (y_{i-1} , y_{i-2})，再加上一個由類神經網路推估模式得到的本批產品的推估品質值 (\hat{y}_i)，來預測出下一批產品品質 (\tilde{y}_{i+1})。本應用實例同時也建立了簡單移動平均與加權移動平均兩種預測模式來比較其預測效果，其中權重值範圍設定亦是使用自我搜尋機制(裝置)來搜尋最佳的預測模式。加權移動平均公式如下：

$$\tilde{y}_{i+1} = w_i \hat{y}_i + w_{i-1} y_{i-1} + w_{i-2} y_{i-2}$$

其中 w_i, w_{i-1}, w_{i-2} 為權重值。

使用者只需設定權重參數的範圍，自我搜尋機制將會測試各種可能的權重組合，並根據預測值 (\tilde{y}_{i+1}) 與實際品質檢測值 (y_{i+1}) 之間的誤差大小找出最佳的權重組合。

又，本應用實例以評估指標判斷預測準確率。本應用實例之評估指標可採用平均絕對百分比誤差 (Mean Absolute Percentage Error, MAPE) 與最大誤差 (MaxError) 兩項誤差指標值，以進行品質預測模型的績效評估，如下所示：

$$MAPE = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{A_i - F_i}{A_i} \right| \%$$

$$MaxError = Max |A_i - F_i|$$

其中 $i=1, \dots, n$ A_i : 實際值, F_i : 預測值, n : 樣本數

MAPE 誤差指標值越趨近於零, 表示模型之預測能力越佳; 最大誤差指標則代表實際值與預測值之間的最大差異。

請參照第 7 圖, 其繪示本應用實例之預測結果。經過篩選後, 提供倒傳遞類神經網路使用的資料量為 85 筆。以 1-50 筆資料作為訓練資料, 51-85 筆資料作為測試資料, 並且利用自我搜尋機制, 尋找最佳的品質預測架構, 其預測結果如第 7 圖所示。本應用實例測試結果的 MAPE 值為 2.0536%, 最大誤差值為 40.63nm (相當於標準膜厚值 700nm 的 5.8%)。

以下說明本發明之自我調適機制(裝置)的運作流程。

請參照第 8 圖, 其繪示本發明之推估/預測模式自我調適機制(裝置)的運作流程示意圖。

當如第 2 圖所示的品質預測系統建立完成之後, 即可開始進行產品的品質預測。首先, 進行輸入製程參數與感測器資料的步驟 502, 將所要預測之生產機台的製程參數與感測器資料輸入品質預測系統之中。

接著, 進行步驟 504, 以執行品質推估/預測機制。當品質預測系統取得來自生產機台的製程參數與感測器資料之後, 便根據先前所建立的品質推估/預測機制進行下一批產品的品質推估/預測。

接著, 進行步驟 506, 以計算推估/預測值準確率。自我

調適機制(裝置)會根據產品的品質推估/預測值與實際品質檢測值計算出推估/預測準確率。

接著，進行步驟 508，以判斷預測準確率是否連續一預設次數(例如：2 次)低於預設下限值(例如：95%)。若結果為否，則回到步驟 502；若結果為是，則進入進行步驟 510，以選擇新的訓練資料集與測試資料集。自我調適機制會選擇由目前推算回去之一段時間的製程參數與感測器資料，作為建立新的品質推估/預測架構的訓練資料集與測試資料集，來重新建立一個準確率較高的推估/預測架構(步驟 512)。步驟 512 係利用步驟 510 所選出的資料，使用前述的推估模式與預測模式建構方法，重新建立一個新的品質推估/預測架構。完成後，回到步驟 502 繼續執行下一批產品的品質推估/預測。

請參照第 9 圖，其繪示使用類神經網路之推估模式裝置，進行自我調適前與自我調適後的結果比較曲線，其中方形點代表自我調適前的推估誤差，菱形點則代表自我調適後的推估誤差。圖中箭頭所示的部分為連續 2 次推估誤差超過 5%，也就是開始啟動自我調適機制的地方。由第 9 圖可知，未啟動自我調適前的推估模式誤差值偏高，經過自我調適之後，其誤差已獲得改善。兩者之間的 MAPE 值，亦從自我調適前的 6.8536% 降低到調適後的 2.9127%。

以下進一步說明本發明之簡化的品質預測架構。

本發明之典型具有推估與預測能力的品質預測架構係如第 2 圖所示。然而，如推估方法(演算法)與預測方法(演算法)均同樣選用類神經網路，則此推估與預測模式裝置 100 和 200

就能合併。請參照第 10 圖，其繪示根據本發明之另一實施例之合併後的單一類神經網路模式之品質預測系統的結構示意圖。此品質預測系統係由選擇與設定介面 122、推估/預測裝置 150、自我搜尋裝置 160、準確率評估裝置 170 和自我調適裝置 180 所組成。推估/預測裝置 150 的輸入值為目前生產機台的製程參數暨感應器資料 (X_i) 與前幾批產品的實際品質檢測值 (y_{i-1}, y_{i-2}, \dots)；而輸出值為目前這一批產品的膜厚推估值 (\hat{y}_i) 與下一批產品的膜厚預測值 (\tilde{y}_{i+1})。

此外本發明所提出的品質預測架構除了使用上述範例所示範的類神經網路 (NN) 推估模式與權重移動平均 (WMA) 預測模式的組合之外，亦可採用其他的組合方式來建構品質預測系統。例如：類神經網路 (NN) 推估模式與類神經網路 (NN) 預測模式；或者是合併為單一類神經網路 (CNN) 推估預測模式的組合等。

採用類神經網路 (NN) 推估模式與權重移動平均 (WMA) 預測模式、類神經網路 (NN) 推估模式與類神經網路 (NN) 預測模式、以及合併為單一類神經網路 (CNN) 所建構之品質預測系統的推估與預測結果如下：

NN-WMA、NN-NN、與 CNN 等三種不同的組合經過自我調適後之推估值 MAPE 分別為 2.9127、2.9127、與 2.6352。其中因為 NN-WMA 與 NN-NN 均使用類神經網路 (NN) 做為預測架構的推估模式，故二者會有相同的推估值；而三種不同的組合經過自我調適後之預測值 MAPE 分別為 2.5792、2.6439、與 2.4660。因此，以本應用範例而言，合併為單一類

神經網路(CNN)的推估與預測模式的組合方式可以得到較好的結果，其次是採用類神經網路(NN)推估模式與權重移動平均(WMA)預測模式的組合方式，而採用類神經網路(NN)推估模式與類神經網路(NN)預測模式的組合方式的 MAPE 較差；然其差別甚為有限。

由上述本發明較佳實施例可知，本發明之架構可在產品尚未生產之前，就可根據生產機台目前之製程參數與前幾批產品的品質檢測資料，預測出下一批產品的品質，因而可大量地減少不良品的產生，不僅提高了工廠的產能與產品的良率，同時也降低了生產成本，更提高了工廠的競爭力。又，本發明可同時作為虛擬量測與品質預測來使用，且具有泛用性。又，本發明具有自我搜尋機制與自我調適機制，可有效地提高推估/預測準確度。

雖然本發明已以一較佳實施例揭露如上，然其並非用以限定本發明，任何熟習此技藝者，在不脫離本發明之精神和範圍內，當可作各種之更動與潤飾，因此本發明之保護範圍當視後附之申請專利範圍所界定者為準。

【圖式簡單說明】

為了更完整了解本發明及其優點，請參照上述敘述並配合下列之圖式，其中：

第 1 圖為繪示本發明之生產製程之品質預測系統的主要結構示意圖。

第 2 圖為繪示本發明之具有自我搜尋裝置與自我調適機制裝置之品質預測系統的結構示意圖。

第 3 圖為繪示本發明之應用實例之 TFT-LCD 廠之濺鍍機的設備示意圖。

第 4 圖為繪示本應用實例之品質預測流程示意圖。

第 5 圖為繪示本應用實例之推估模式裝置的建構步驟。

第 6 圖列出一個模組的部分製程參數資料與產品檢測值。

第 7 圖為繪示本應用實例之預測結果。

第 8 圖為繪示本發明之推估/預測模式自我調適機制(裝置)的運作流程示意圖。

第 9 圖為繪示使用類神經網路之推估模式裝置，進行自我調適前與自我調適後的結果比較曲線。

第 10 圖為繪示根據本發明之另一實施例之合併後之單一類神經網路模式之品質預測系統的結構示意圖。

【元件代表符號簡單說明】

10 使用者

20 生產機台

- | | | | |
|-----|----------------------|-----|--------|
| 30 | 量測機台 | 100 | 推估模式裝置 |
| 110 | 原始資料前處理裝置 | | |
| 120 | 選擇與設定介面 | | |
| 122 | 選擇與設定介面 | | |
| 130 | 推估準確率評估裝置 | | |
| 150 | 推估/預測裝置 | | |
| 160 | 自我搜尋裝置 | | |
| 170 | 準確率評估裝置 | | |
| 180 | 自我調適裝置 | | |
| 200 | 預測模式裝置 | | |
| 210 | 預測準確率評估裝置 | | |
| 300 | 推估模式之自我搜尋裝置 | | |
| 310 | 預測模式之自我搜尋裝置 | | |
| 400 | 推估模式之自我調適裝置 | | |
| 410 | 預測模式之自我調適裝置 | | |
| 422 | 收集感測器資訊並選擇輸入參數 | | |
| 424 | 選擇隱藏層層數、節點數範圍與轉移函數種類 | | |
| 426 | 選擇訓練資料集和測試資料集 | | |
| 428 | 資料前處理 | | |
| 430 | 設定訓練終止條件 | | |
| 432 | 設定初始權重 | | |
| 434 | 執行類神經網路 | | |
| 436 | 計算推估輸出與實際輸出誤差 | | |
| 438 | 檢查終止條件是否成立 | | |

- 440 回傳誤差以調整初始權重
- 442 檢查是否完成自我搜尋
- 444 選擇新的隱藏層層數、節點數個數與轉移函數組合
- 446 選擇最佳權重參數組合並完成推估模式的建立
- 502 輸入製程參數與感測器資料
- 504 執行品質推估/預測機制
- 506 計算推估/預測值準確率
- 508 判斷預測準確率是否連續一預設次數低於預設下限值
- 510 選擇新的訓練資料集與測試資料集
- 512 重新建立品質預測架構

伍、中文發明摘要

生產製程之品質預測系統與方法

一種生產製程之品質預測系統與方法，係利用生產機台正在加工過程中的製程參數，加上最近數次的產品實際檢測值，以預測出未來生產的產品品質。本發明主要係由推估模式與預測模式兩個裝置 (Means) 所組成，其推估方法和預測方法可根據實際生產機台的特性來選擇，推估模式裝置更可當作虛擬量測用。此外，本發明更包含自我搜尋裝置與自我調適裝置，以挑選出演算法所須之最佳參數與函數組合；及修正並滿足新的生產機台特性與推估/預測準確度的要求。

陸、英文發明摘要

QUALITY PROGNOSTICS SYSTEM AND METHOD FOR MANUFACTURING PROCESSES

A quality prognostics system and method for predicting the product quality during manufacturing processes is disclosed. The present invention considers the current production equipment parameters sensed during the manufacturing process and several previous quality data collected from the measurement equipment to predict the quality of the product in the future. The quality prognostics system is composed of a conjecture model and a prediction model. The conjecture model itself can also be applied for the purpose of virtual metrology. Besides, the quality prognostics scheme possesses a self-searching mechanism and a self-adjusting mechanism for searching the best combination of various parameters/functions used by the conjecture algorithm or prediction algorithm; and meeting the requirements of new equipment parameters and conjecture /prediction accuracy.

拾、申請專利範圍

1. 一種生產製程之品質預測系統，至少包括：

一推估模式裝置(Means)，係利用一生產機台的一組輸入資料來推估獲得正在該生產機台生產之一批產品的一推估品質值，其中該推估模式裝置係由一推估方法所建立，而該推估方法係選自由一第一類神經網路、一模糊理論、一資料探勘和其他具推估能力之技術所組成之一族群；以及

一預測模式裝置，係利用目前推估出來之該批產品的該推估品質，加上至少一前批產品的至少一實際品質檢測值，來預測出下一批產品的一預測品質值，其中該預測模式裝置係由一預測方法所建立，而該預測方法係選自由一權重移動平均、一第二類神經網路和其他具預測能力之演算法所組成之一族群。

2. 如申請專利範圍第 1 項所述之生產製程之品質預測系統，更至少包括：

一原始資料前處理裝置，用以將由該生產機台所輸入之一組原始資料轉換為具有一特定資料格式的該組輸入資料。

3. 如申請專利範圍第 1 項所述之生產製程之品質預測系統，更至少包括：

一自我搜尋裝置，用以於剛選定該推估方法或該預測方法並設定相關的初始值時，挑選出該推估方法或該預測方法所需之一組最佳參數與函數的組合，以增加推估/預測

準確度。

4.如申請專利範圍第 1 項所述之生產製程之品質預測系統，更至少包括：

一自我調適裝置，其中在該生產機台運轉一段時間後，如推估/預測準確度降低於一預設準確度時，或因定期檢修與更換零件而導致該生產機台之特性改變時，該自我調適機制就會啟動，以修正並且滿足新的該生產機台之特性及推估/預測準確度要求。

5.如申請專利範圍第 1 項所述之生產製程之品質預測系統，更至少包括：

一選擇與設定介面，用以協助選擇適當的該推估方法或該預測方法，並設定相關的初始值。

6.如申請專利範圍第 1 項所述之生產製程之品質預測系統，其中該推估模式裝置具備虛擬量測 (Virtual Metrology) 的功能。

7.如申請專利範圍第 1 項所述之生產製程之品質預測系統，更至少包括：

一評估指標，用以評估該生產製程之品質預測系統的準確率。

8.如申請專利範圍第 7 項所述之生產製程之品質預測系

統，其中該評估指標係選自由平均絕對百分比誤差(MAPE)、和最大誤差(MaxError)所組成之一族群。

9.一種生產製程之品質預測方法，至少包括：

提供一推估模式步驟，藉以利用一生產機台的一組輸入資料來推估獲得正在該生產機台生產之一批產品的一推估品質值，其中該推估模式步驟係使用一推估方法，而該推估方法係選自由一第一類神經網路、一模糊理論、一資料探勘和其他具推估能力之技術所組成之一族群；以及

提供一預測模式步驟，藉以利用目前推估出來之該批產品的該推估品質值，加上至少一前批產品的至少一實際品質檢測值，來預測出下一批產品的一預測品質值，其中該預測模式步驟係使用一預測方法，而該預測方法係選自由一權重移動平均、一第二類神經網路和其他具預測能力之演算法所組成之一族群。

10.如申請專利範圍第 9 項所述之生產製程之品質預測方法，更至少包括：

進行一原始資料前處理步驟，藉以將由該生產機台所輸入之一組原始資料轉換為具有一特定資料格式的該組輸入資料。

11.如申請專利範圍第 9 項所述之生產製程之品質預測方法，更至少包括：

進行一自我搜尋步驟，藉以於剛選定該推估方法或該

預測方法並設定相關的初始值時，挑選出該推估方法或該預測方法所需之一組最佳參數與函數的組合，以增加推估/預測準確度。

12.如申請專利範圍第 9 項所述之生產製程之品質預測方法，其中該推估模式步驟具備虛擬量測的功能。

13.如申請專利範圍第 9 項所述之生產製程之品質預測方法，更至少包括：

提供一評估指標，藉以評估該生產製程之品質預測系統的準確率。

14.如申請專利範圍第 13 項所述之生產製程之品質預測方法，其中該評估指標係選自由平均絕對百分比誤差、和最大誤差所組成之一族群。

15.如申請專利範圍第 9 項所述之生產製程之品質預測方法，其中該推估方法係使用該類神經網路、該推估模式步驟更至少包括：

收集該生產機台之感測器資訊，並選擇複數個輸入參數；

選擇一隱藏層層數、一節點數範圍與一轉移函數；

選擇複數個訓練資料集和複數個測試資料集；

進行資料前處理，以在進行該類神經網路訓練前，對該感測器資訊和該些輸入參數進行正規化(Normalize)，並在

該類神經網路訓練完成後，對利用該類神經網路所推得的輸出值進行反正規化；

設定該類神經網路的訓練終止條件；

設定該類神經網路的一初始權重；

執行該類神經網路；

計算一推估輸出與一實際輸出的一誤差；

檢查一終止條件是否成立，其中該終止條件為訓練次數達到一預設次數值，或當該誤差低於一預設誤差值，若該終止條件成立，則停止該類神經網路的訓練；

該終止條件不成立，則進行回傳該誤差以調整該初始權重的步驟，再進行該執行該類神經網路的步驟；

檢查是否完成自我搜尋，並產生一檢查結果；

若該檢查結果為否，則選擇一新隱藏層層數、一新節點數個數或一新轉移函數；以及

若該檢查結果為是，則選擇該初始權重、該隱藏層層數、該節點數範圍與該轉移函數為一最佳組合，並完成該推估模式步驟的建立。

16.如申請專利範圍第9項所述之生產製程之品質預測方法，其中該預測方法係使用該權重移動平均，該權重移動平均是採用由一量測機台所得到的前兩批產品之該些實際品質檢測值(y_{i-1} , y_{i-2})，再加上該推估品質值(\hat{y}_i)，來預測出該下一批產品該預測品質值(\tilde{y}_{i+1})，該權重移動平均的公式為： $\tilde{y}_{i+1} = w_i \hat{y}_i + w_{i-1} y_{i-1} + w_{i-2} y_{i-2}$ 其中 w_i, w_{i-1}, w_{i-2} 為權重值。

17.如申請專利範圍第 9 項所述之生產製程之品質預測方法，更至少包括：

進行一自我調適裝置步驟，藉以在該生產機台運轉一段時間後，如推估/預測準確度降低至小於一預設下限值時，或因定期檢修與更換零件而導致該生產機台之特性改變時，修正並且滿足新的該生產機台之特性及推估/預測準確度要求。

18.如申請專利範圍第 17 項所述之生產製程之品質預測方法，其中該自我調適裝置步驟更至少包括：

收集該生產機台之感測器資訊，並選擇複數個輸入參數；

執行該推估/或預測模式步驟，以獲得該下一批產品的該推估/或預測品質值；

計算該推估/或預測品質值的一推估/或預測準確率，其中使用該推估/或預測品質值與一實際品質檢測值來計算出該推估/或預測準確率；

判斷該推估/或預測準確率是否連續一預設次數低於該預設下限值，並產生一判斷結果；以及

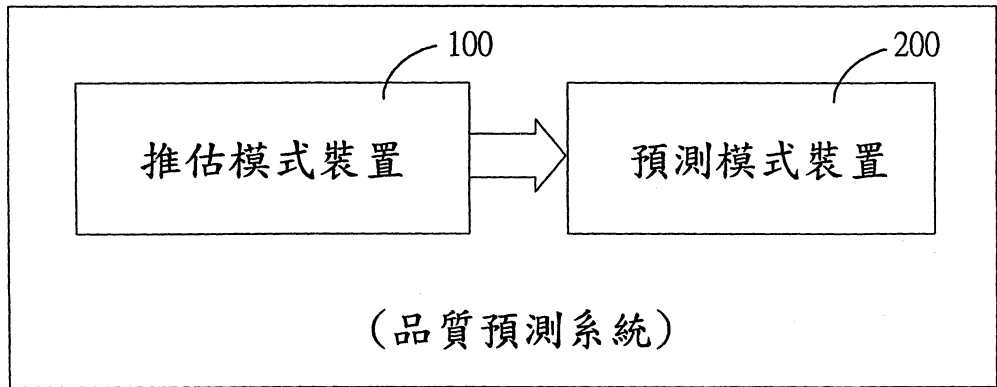
若該判斷結果為是，則選擇新的訓練資料集與測試資料集，再重新建立該推估/或預測模式步驟，然後繼續進行下一批產品的品質推估/預測。

19.如申請專利範圍第 18 項所述之生產製程之品質預測方法，其中該預設次數係介於 1 次至 5 次之間。

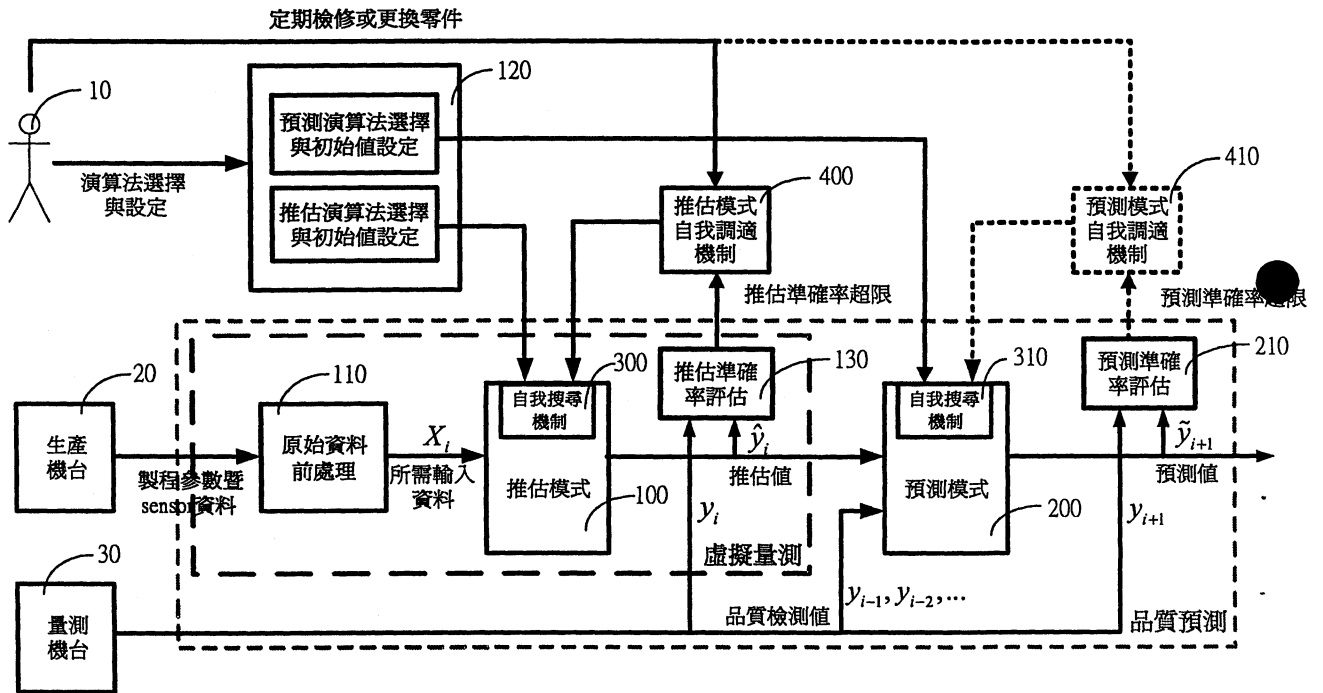
20.如申請專利範圍第 18 項所述之生產製程之品質預測方法，其中該預設下限值係介於 90%至 99%之間。

21.如申請專利範圍第 18 項所述之生產製程之品質預測方法，其中若該判斷結果為否，則繼續進行下一批產品的品質推估/預測。

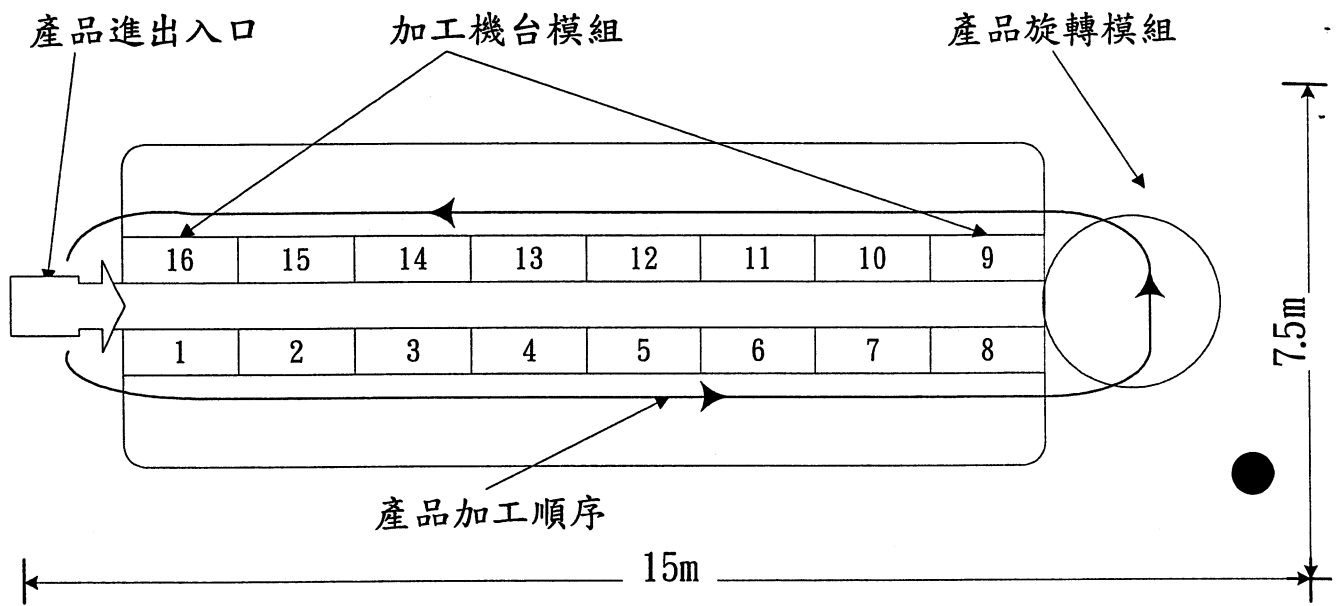
9311599}



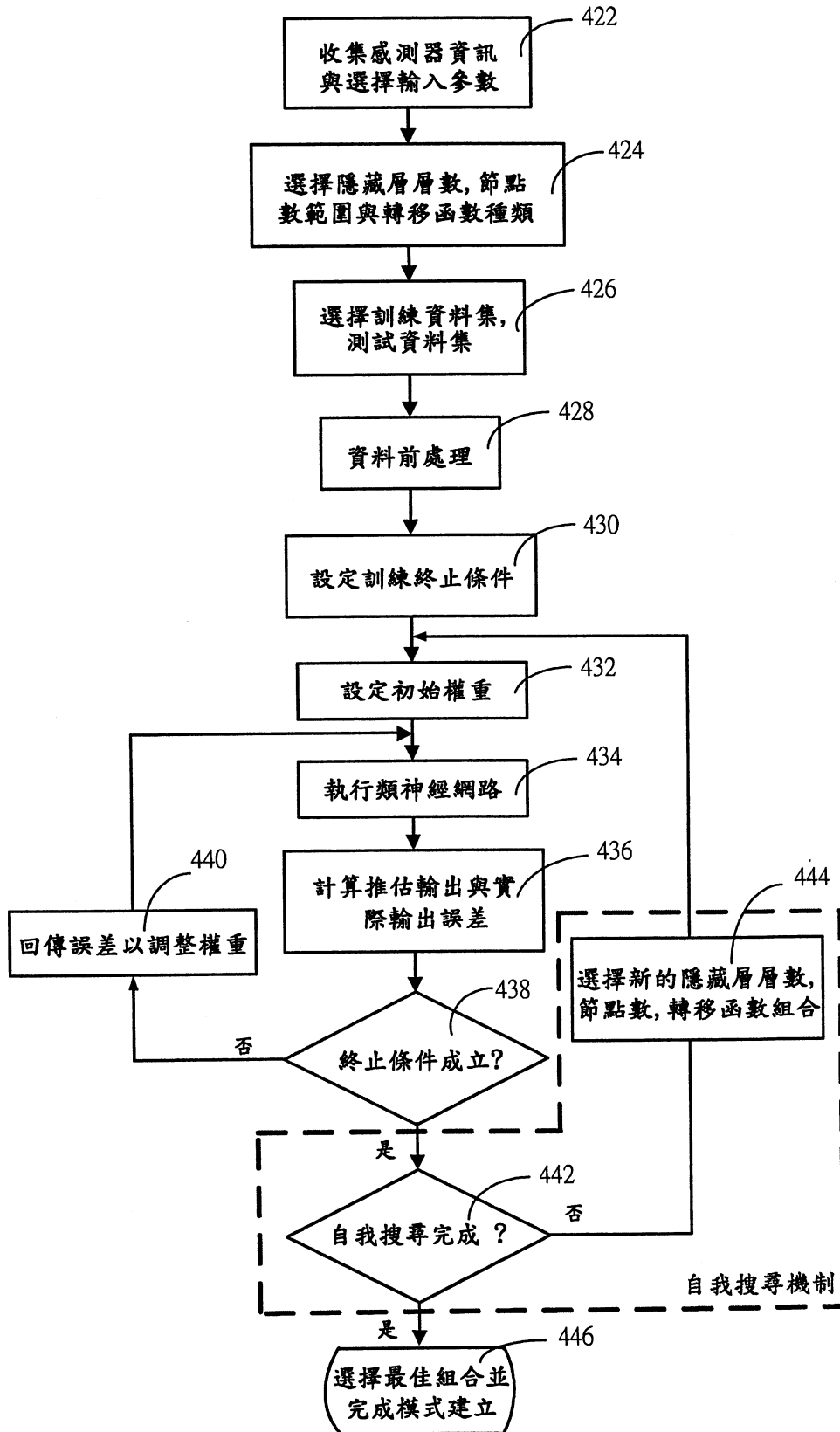
第 1 圖



第 2 圖



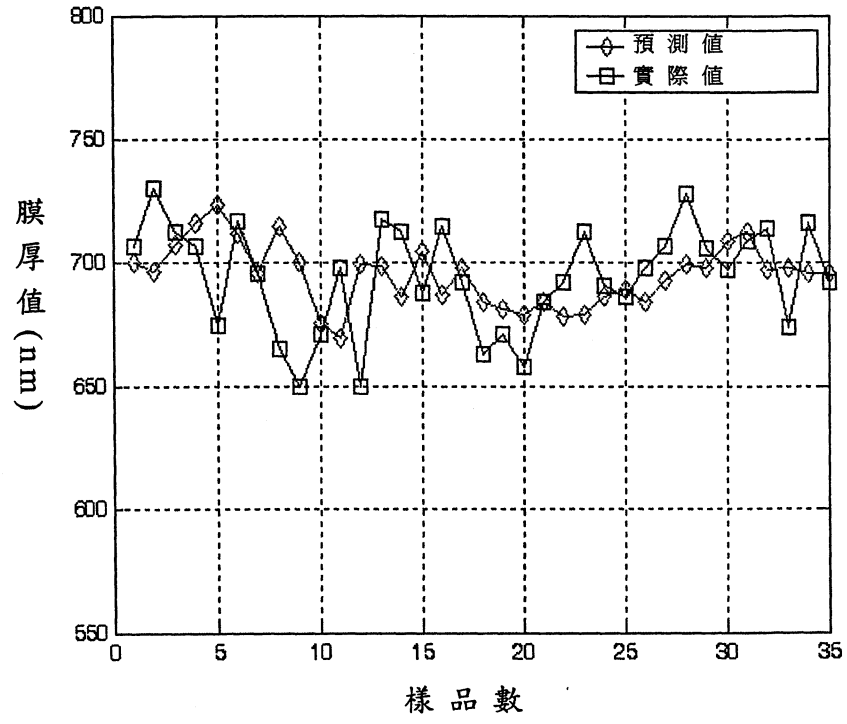
第 3 圖



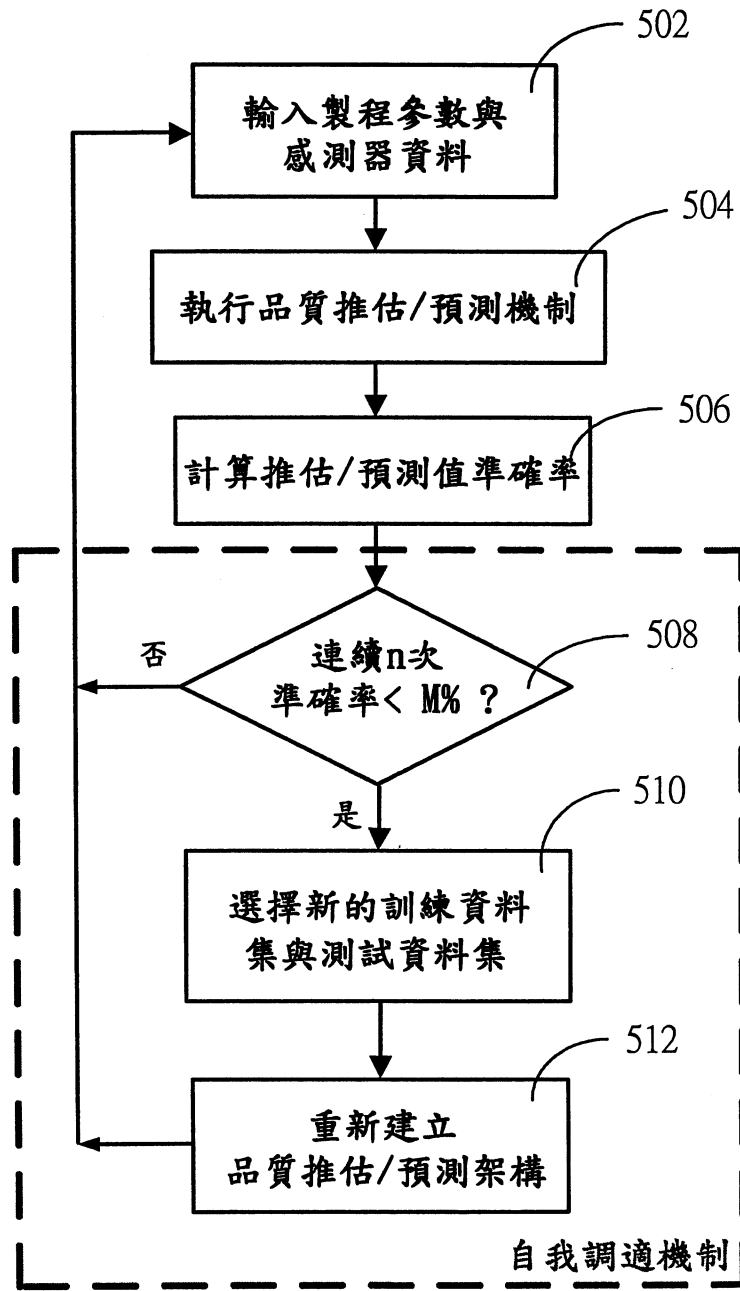
第 5 圖

擷取時間	真空度	氣體濃度1	氣體濃度2	氣體濃度3	功率	加工時間	產品檢測值
hh:mm:ss	micro bar	cubic cm/min	cubic cm/min	cubic cm/min	kW	yy/mm/dd mm:ss	nm*100
12:13:02	1.50E-04	0.7	0.5	-2.2	5.1	2003/5/1 12:13	6.85
12:13:12	1.20E-04	0.7	0.3	-1.7	6		
12:13:22	2.60E-03	67.5	0.1	208.8	7.5		
12:13:32	7.80E-05	1.7	0.5	-1.7	1.3		
12:13:42	3.70E-04	0.9	0.5	-1.7	1.7		
12:13:52	1.70E-04	0.9	0.5	-1.7	10.9		
12:14:02	1.40E-04	0.9	0.5	-1.7	5.1	2003/5/1 12:14	6.78
12:14:12	1.10E-04	0.9	0.5	-1.7	6.1		
12:14:22	2.60E-03	67.5	0.9	208.8	7.6		
12:14:32	3.80E-05	1.3	0.5	-1.7	0		
12:14:42	2.40E-04	0.9	1.3	-1.7	3.3		
12:14:52	1.80E-04	0.9	0.5	-1.7	1.7		

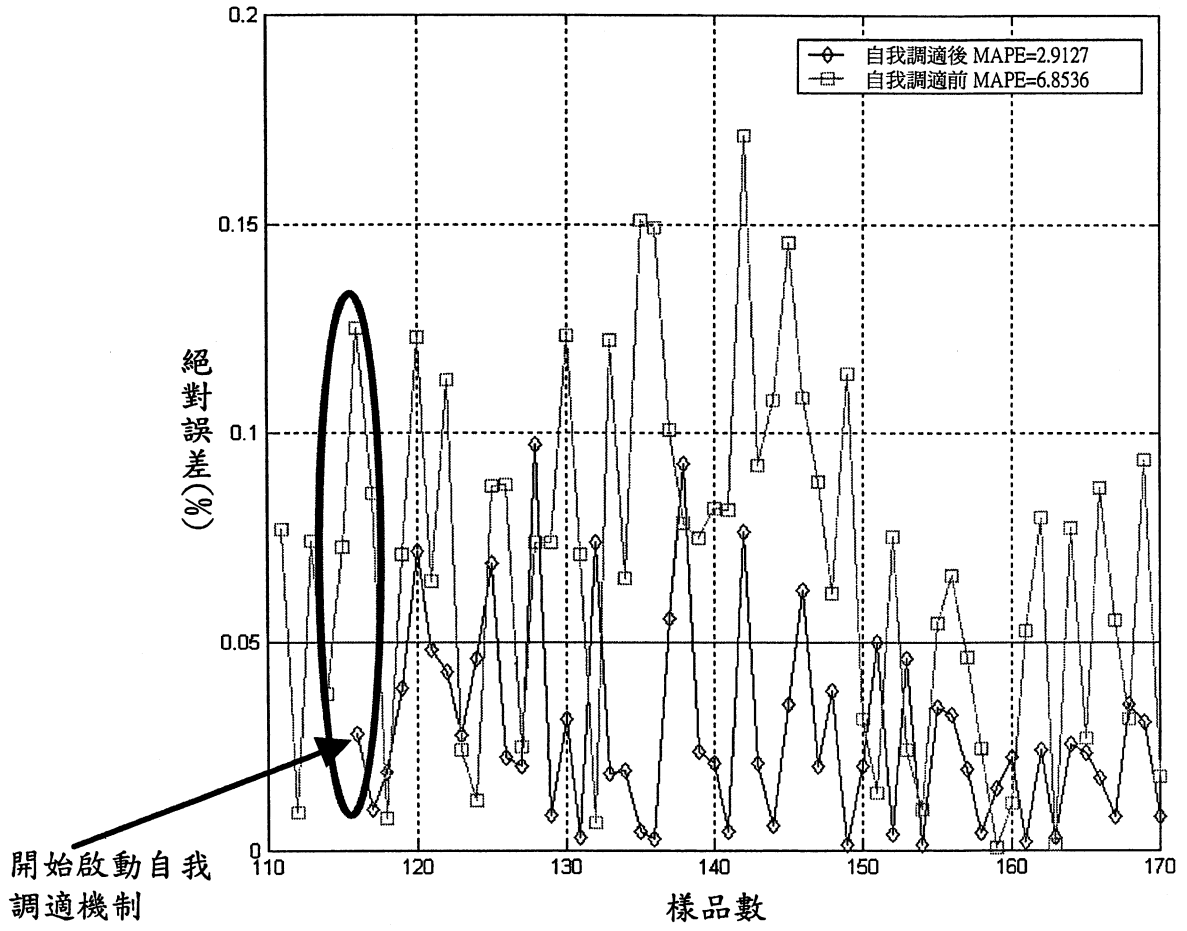
第 6 圖



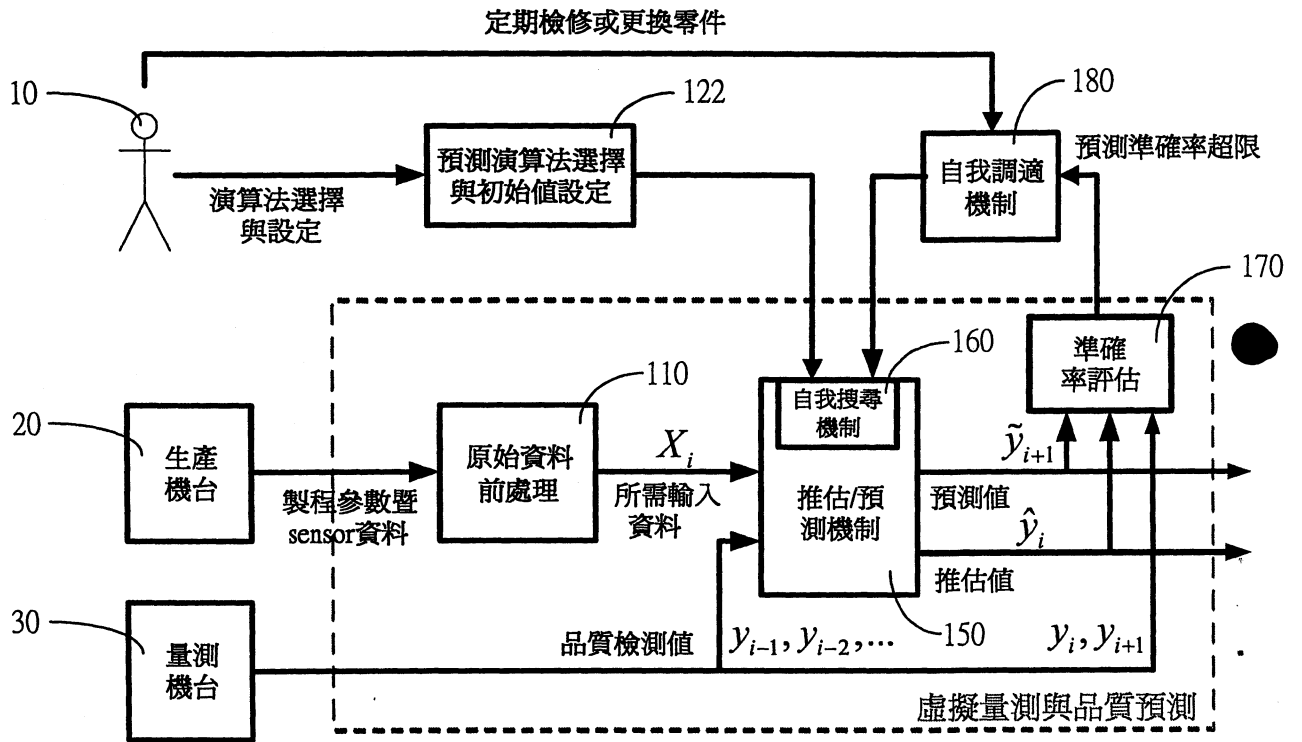
第 7 圖



第 8 圖



第 9 圖



第 10 圖

柒、(一)、本案指定代表圖為：第 2 圖

(二)、本代表圖之元件代表符號簡單說明：

- | | | | |
|-----|-------------|-----|--------|
| 10 | 使用者 | 20 | 生產機台 |
| 30 | 量測機台 | 100 | 推估模式裝置 |
| 110 | 原始資料前處理裝置 | | |
| 120 | 選擇與設定介面 | | |
| 130 | 推估準確率評估裝置 | | |
| 200 | 預測模式裝置 | | |
| 210 | 預測準確率評估裝置 | | |
| 300 | 推估模式之自我搜尋裝置 | | |
| 310 | 預測模式之自我搜尋裝置 | | |
| 400 | 推估模式之自我調適裝置 | | |
| 410 | 預測模式之自我調適裝置 | | |

捌、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：