



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本

(11)證書號數：TW I836282 B

(45)公告日：中華民國 113 (2024) 年 03 月 21 日

(21)申請案號：110138260

(22)申請日：中華民國 110 (2021) 年 10 月 15 日

(51)Int. Cl. : G05B13/00 (2006.01)

G05B23/02 (2006.01)

H01L21/66 (2006.01)

H01L21/67 (2006.01)

(30)優先權：2020/10/20 美國

17/075,321

(71)申請人：美商應用材料股份有限公司 (美國) APPLIED MATERIALS, INC. (US)
美國(72)發明人：山塔那 卡堤 SANTHANAM, KARTIK (IN)；薛 卡提克 SHAH, KARTIK (US)；
亞德霍德 沃夫剛 ADERHOLD, WOLFGANG (US)；西爾肯 馬汀 HILKENE,
MARTIN (GB)；莫非特 史帝夫 MOFFATT, STEPHEN (GB)

(74)代理人：李世章；彭國洋

(56)參考文獻：

TW I236924B

TW 200506560A

TW 201643766A

TW 201826318A

US 2017/0140125A1

審查人員：施孝欣

申請專利範圍項數：20 項 圖式數：5 共 38 頁

(54)名稱

用以偵測和校正實時產品基板的強化處理和硬體架構

(57)摘要

本文所揭示的實施例包括一種用於半導體處理的處理工具。在一實施例中，處理工具包括腔室及與該腔室整合的複數個見證感測器。在一實施例中，處理工具進一步包括漂移偵測模組。在一實施例中，將來自複數個見證感測器的資料提供至漂移偵測模組作為輸入資料。在一實施例中，處理工具進一步包括儀表板，該儀表板用於顯示來自漂移偵測模組的輸出資料。

Embodiments disclosed herein include a processing tool for semiconductor processing. In an embodiment, the processing tool comprises a chamber, and a plurality of witness sensors integrated with the chamber. In an embodiment, the processing tool further comprises a drift detection module. In an embodiment, data from the plurality of witness sensors is provided to the drift detection module as input data. In an embodiment, the processing tool further comprises a dashboard for displaying output data from the drift detection module.

指定代表圖：

符號簡單說明：

100:處理工具

105:腔室

120:偵測軟體及演算法

區塊/偵測區塊

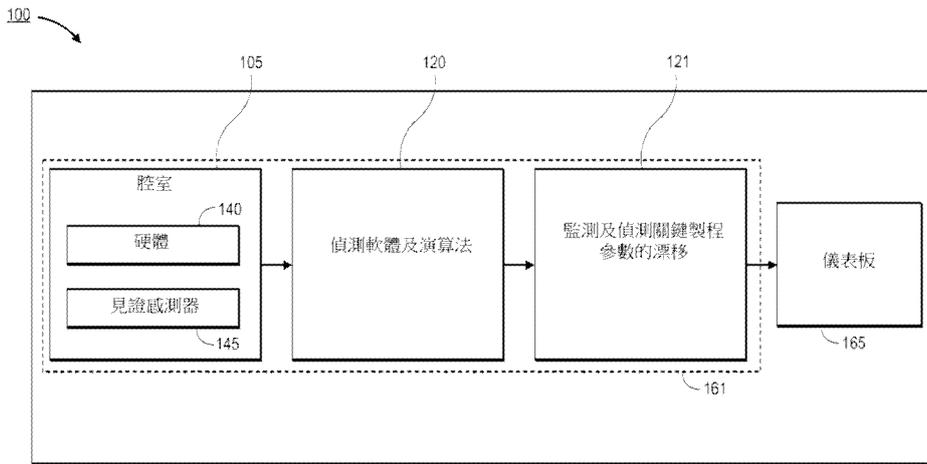
121:值

140:硬體

145:見證感測器

161:偵測模組

165:儀表板



第1A圖



公告本

I836282

【發明摘要】

【中文發明名稱】用以偵測和校正實時產品基板的強化處理和硬體架構

【英文發明名稱】ENHANCED PROCESS AND HARDWARE ARCHITECTURE
TO DETECT AND CORRECT REALTIME PRODUCT SUBSTRATES

【中文】

本文所揭示的實施例包括一種用於半導體處理的處理工具。在一實施例中，處理工具包括腔室及與該腔室整合的複數個見證感測器。在一實施例中，處理工具進一步包括漂移偵測模組。在一實施例中，將來自複數個見證感測器的資料提供至漂移偵測模組作為輸入資料。在一實施例中，處理工具進一步包括儀表板，該儀表板用於顯示來自漂移偵測模組的輸出資料。

【英文】

Embodiments disclosed herein include a processing tool for semiconductor processing. In an embodiment, the processing tool comprises a chamber, and a plurality of witness sensors integrated with the chamber. In an embodiment, the processing tool further comprises a drift detection module. In an embodiment, data from the plurality of witness sensors is provided to the drift detection module as input data. In an embodiment, the processing tool further comprises a dashboard for displaying output data from the drift detection module.

【指定代表圖】第（ 1A ）圖。

【代表圖之符號簡單說明】

100：處理工具

105：腔室

1 2 0 : 偵測軟體及演算法區塊 / 偵測區塊

1 2 1 : 值

1 4 0 : 硬體

1 4 5 : 見證感測器

1 6 1 : 偵測模組

1 6 5 : 儀表板

【特徵化學式】

無

【發明說明書】

【中文發明名稱】用以偵測和校正實時產品基板的強化處理和硬體架構

【英文發明名稱】 ENHANCED PROCESS AND HARDWARE ARCHITECTURE
TO DETECT AND CORRECT REALTIME PRODUCT SUBSTRATES

【技術領域】

【0001】 本揭露案的實施例涉及半導體處理領域，並且尤其涉及使得能夠進行實時製程參數漂移偵測及/或實時校正以減輕製程參數漂移的處理工具架構。

【先前技術】

【0002】 隨著半導體元件繼續向更小的特徵大小發展，半導體晶圓處理已經變得越來越複雜。給定的過程可以包括許多不同的製程參數（即旋鈕），該等製程參數可以是單獨受控的以便在晶圓上提供期望的結果。例如，期望的晶圓上的結果可係指特徵輪廓、層的厚度、層的化學組成等。隨著旋鈕數量增加，可用於調諧及最佳化處理的理論處理空間變得非常大。

【0003】 此外，一旦已經開發出最終的處理配方，在用於不同晶圓的處理的多次迭代期間的腔室漂移就可能導致晶圓上的結果發生變化。腔室漂移可能是腔室的可消耗部分之侵蝕、部件（例如，感測器、燈等）劣化、在表面上沉積副產物膜等的結果。因此，即使在廣泛配方開發過程之後，亦需要額外的調諧。

【發明內容】

【0004】 本文揭示的實施例包括用於半導體處理的處理工具。在一實施例中，處理工具包括腔室及與該腔室整合的複數個見證感測器。在一實施例中，處理工具亦包括漂移偵測模組。在一實施例中，將來自複數個見證感測器的資料提供至漂移偵測模組作為輸入資料。在一實施例中，處理工具進一步包括儀表板，該儀表板用於顯示來自漂移偵測模組的輸出資料。

【0005】 實施例亦可包括包括實體工具的處理工具。在一實施例中，實體工具包括控制迴路感測器及見證感測器。在一實施例中，處理工具可以進一步包括漂移偵測模組。在一實施例中，漂移偵測模組接收控制迴路感測器資料及見證感測器資料作為輸入。在一實施例中，漂移偵測模組輸出製程參數資料，該製程參數資料指示一或多個製程參數是否已漂移。

【0006】 實施例亦可以包括包括實體工具的處理工具。在一實施例中，實體工具包括腔室，以及筒，該筒用於使一或多種處理氣體從複數個氣體源流入腔室中。在一實施例中，實體工具進一步包括：質量流量控制器，該質量流量控制器用於複數個氣體源中的每一個氣體源；質量流量計，該質量流量計在氣體源與筒之間；第一壓力計，該第一壓力計在質量流量計與筒之間；第二壓力計，該第二壓力計流體耦接到腔室；以及排出管線，該排出管線耦接至腔室。在一實施例中，處理工具進一步包括漂移偵測模組。

在一實施例中，漂移偵測模組從質量流量控制器、質量流量計、第一壓力計及第二壓力計中的一或多者接收資料作為輸入，並且其中漂移偵測模組輸出製程參數資料。

【圖式簡單說明】

【0007】 第 1 A 圖是根據一實施例的包括漂移偵測模組的處理工具的示意性方塊圖。

【0008】 第 1 B 圖是根據一實施例的包括漂移偵測模組及校正模組的處理工具的示意性方塊圖。

【0009】 第 1 C 圖是根據一實施例的包括漂移偵測模組、校正模組及預測模組的處理工具的示意性方塊圖。

【0010】 第 2 圖是根據一實施例的處理工具的示意圖，該處理工具包括複數個見證感測器，該複數個見證感測器用於通知漂移偵測模組、校正模組及預測模組中的一或多者。

【0011】 第 3 圖是根據一實施例的處理工具的方塊圖，該處理工具使用見證感測器及混合資料模型來通知漂移偵測模組、校正模組及預測模組中的一或多者。

【0012】 第 4 A 圖是根據一實施例的儀表板，該儀表板被呈現給處理工具的使用者，該儀表板提供關於處理工具的一或多個製程參數的資訊。

【0013】 第 4 B 圖是根據一實施例的第 4 A 圖中的製程參數中的一個製程參數的統計過程控制圖表。

【0014】 第 5 圖圖示了根據本揭露案的一實施例的例示性電腦系統的方塊圖。

【實施方式】

【0015】 本文描述了使得能夠進行實時製程參數漂移偵測及/或實時校正以減輕製程參數漂移的處理工具架構。在以下描述中，闡述了許多特定細節，以便提供對本揭露案的實施例的透徹理解。對於熟習此項技術者而言將顯而易見的是，本揭示案的實施例可以在沒有該等特定細節的情況下實踐。在其他情況下，為了不會不必要地模糊本揭示案的實施例，沒有詳細描述眾所周知的態樣，諸如積體電路製造。此外，應當理解的是，附圖中所示的各種實施例是說明性的表示，並且不一定按比例繪製。

【0016】 如上所述，在處理工具中的製程的多次迭代過程中的漂移是半導體製造行業中的常見問題。因此，本文所揭示的實施例包括處理工具，其包括漂移偵測模組。在一實施例中，漂移偵測模組使用機器學習及/或混合模型來偵測一或多個製程參數何時已漂移。一旦辨識出漂移，工具操作者就可以調整一或多個工具設置以減輕漂移。在另一實施例中，處理工具可以進一步包括校正模組。校正模組可以利用機器學習及/或混合模型來產生用於減輕製程漂移的控制努力。亦即，當漂移發生時，處理工具能夠自動校正自身，而不是依賴工具操作者進行校正。在又一實施例中，預測模組可以包括在處理工具中。預測模組可以利用機器學習及/或混合模型來在製程參數漂移發生之前預測製程參數漂移。在此類實施例中，預測模組可以向處理工具提供控制努力，以便在漂移可發生之前預防漂移。

【0017】 現在參考第1A圖，圖示了根據一實施例的處理工具100的示意圖。在一實施例中，處理工具100可包括偵測模組161。偵測模組161用於辨識處理工具100內的漂移狀況。在一實施例中，偵測模組161可包括腔室105。腔室105可以用於處理基板（諸如但不限於晶圓）的任何腔室。例如，晶圓可以具有任何合適的形狀因數（例如，300 mm、450 mm等）。晶圓可以是半導體晶圓，例如矽晶圓，或者第III-V族半導體材料。在其他實施例中，基板可以具有不同於標準晶圓形狀因數的形狀因數。

【0018】 腔室105可以適用於不同類型的處理操作。例如，腔室105可以是基於燈的腔室105、基於加熱器的腔室105或基於電漿的腔室105。在一實施例中，腔室105可以包括腔室硬體140。硬體140可以包括但不限於腔室本身、氣體管線、閥、排出口、燈、基座、RF源等。在一實施例中，硬體140亦可以包括控制迴路感測器。控制迴路感測器可用於控制腔室內的製程條件。例如，控制迴路感測器可用於設定腔室105內的期望壓力。

【0019】 在一實施例中，腔室105可以進一步包括見證感測器145。見證感測器在控制迴路外部。因此，見證感測器可用於監測控制迴路感測器。當控制迴路感測器漂移時，即使控制迴路感測器沒有指示製程條件的任何變化，亦可以辨識見證感測器145輸出的變化以向過程工程師警告漂移狀況。

【0020】 在一實施例中，偵測模組 161 可以包括偵測軟體及演算法區塊 120，為簡單起見，稱為「偵測區塊 120」。偵測區塊 120 可以包括軟體及/或演算法，該等軟體及/或演算法利用來自見證感測器 145 及/或控制迴路感測器的輸出來確定處理工具 100 是否正在經歷漂移。例如，來自見證感測器 145 及/或控制迴路感測器的輸出可以與過程指紋進行比較。若來自過程指紋的期望值與從見證感測器及/或控制迴路感測器獲得的實際值之間存在差異，則可以確定製程漂移已經發生。

【0021】 在一實施例中，偵測區塊 120 可以使用機器學習演算法及/或混合模型來產生過程指紋。混合模型可以包括統計模型及實體模型。在一實施例中，可以藉由以下方式來產生統計模型：實施實驗實體設計 (physical design of experiment, DoE) 並使用內插提供擴展的多維過程空間模型。在一實施例中，可以使用真實世界的物理學及化學關係來產生實體模型。例如，處理腔室內的各種相互作用的物理及化學方程可用於建立實體模型。統計模型及實體模型的組合允許使混合模型為多維模型，該多維模型能夠將各種工具設置映射至預測結果（亦即，預測的製程參數）。給定工具設置集合的預測製程參數可以被認為是過程指紋，來自見證感測器 145 及/或控制迴路感測器的輸出與該過程指紋進行比較。

【0022】 在一實施例中，偵測區塊 120 可以輸出值 121，該值用於偵測由處理工具 100 實施的製程的關鍵製程參數

的漂移。例如，輸出值 121 可以包括過程指紋與見證感測器及 / 或控制迴路感測器的輸出之間的差異。在一實施例中，可以將輸出值 121 提供至儀表板 165。儀表板 165 是使用者介面，該使用者介面可以由過程工程師快速查看以便確定漂移是否正在處理工具 100 中發生。儀表板 165 將在下面更詳細地描述。

【0023】 現在參考第 1B 圖，圖示了根據額外實施例的處理工具 100 的示意性方塊圖。處理工具 100 可以包括偵測模組 161，該偵測模組類似於第 1A 圖中的偵測模組 161。除了偵測模組 161 之外，亦提供了校正模組 162。校正模組 162 可以包括偵測模組 161 及校正軟體及演算法區塊 120_B，簡稱為「校正區塊 120_B」。校正區塊 120_B 可以與偵測區塊 120_A 在以下方面類似：校正區塊 120_B 包括機器學習演算法及 / 或混合模型。校正區塊 120_B 將來自偵測區塊 120_A 的輸出值 121 作為輸入，並將控制力輸出至腔室控制器 122。可以藉由以下方式來確定控制努力：查詢多維模型，以便找到減輕由偵測區塊 120_A 偵測到的漂移的工具設置。因此，處理工具 100 的漂移可以被校正，而不需要過程工程師的干預。然而，來自校正區塊 120_B 的資料亦可以被饋送到儀表板 165，以提供正在對處理工具 100 中的工具設置實施的改變的視覺指示。

【0024】 現在參考第 1C 圖，圖示了根據額外實施例的處理工具 100 的示意圖。類似於第 1B 圖所示的實施例，處理工具 100 可以包括偵測模組 161 及校正模組 162。處理工具

100 可以進一步包括預測模組 163。預測模組 163 可以包括持續學習系統 123、預測演算法 120c、及自校正軟體及/或演算法 124。

【0025】 在一實施例中，持續學習系統 123 接收來自腔室 105 的感測器 145 的輸入。在一實施例中，持續學習系統 123 亦可以從漂移偵測模組 161 的輸出值 121 接收輸入資料。持續學習系統 123 包括機器學習或人工智能，該機器學習或人工智能用於對預測將發生的漂移類型進行分類。例如，持續學習系統 123 可以對預測的漂移是由於泵、燈中的一或多者的漂移狀況還是腔室 105 的硬體 140 的其他變化而發生進行分類。持續學習系統 123 隨著時間推移學習腔室 105 如何對感測器 145 的讀數變化做出反應。亦即，資料被持續地饋送到持續學習系統 123 中，以便開發能夠預測腔室 105 的一或多個系統的漂移的穩健模型。

【0026】 在一實施例中，持續學習系統 123 可以提供輸出資料，該輸出資料被饋送到預測演算法區塊 120c。輸出資料可以包括標識哪個（或哪些）系統被預測在處理工具中漂移的資料。在一實施例中，預測演算法區塊 120c 隨後可以用於辨識腔室 105 內的一或多個處理操作將超過閾值位準要多長時間。閾值位準包括高於（或低於）設定點的值，當超過該值時，會導致處理操作超出規格。因此，除了提供時間訊框直到漂移超過給定閾值之外，亦可以在超出給定處理規範的漂移發生之前預測該漂移。

【0027】 在一實施例中，預測演算法區塊 120_c 隨後可以向自校正演算法 124 提供輸出。自校正演算法 124 可以向腔室控制區塊 122 提供控制信號。腔室控制區塊 122 提供對硬體 140 的調整，以防止預測的漂移。在一些實施例中，自校正演算法 124 可以替代地提供輸出至校正區塊 120_b，並允許校正區塊 120_b 產生必要的控制信號，該必要的控制信號被發送到腔室控制區塊 122 以適應預測的漂移。

【0028】 除了提供對基板上效能漂移的預測控制之外，預測模組 163 亦可以提供腔室 105 中硬體 140 的預測維護。例如，硬體 140 可以包括泵、燈等。預測維護可用於辨識何時硬體 140 將出現故障或硬體 140 的效能將降級超過給定閾值。在預測維護的情況下，持續學習系統 123 可以分析感測器資料及其與腔室 105 中的硬體 140 故障的關係。亦即，持續學習系統 123 能夠辨識感測器 145 資料中與一件硬體 140 的故障或降級對應的模式。例如，在泵故障的情況下，感測器 145 中的一或多個感測器可表現出超出典型範圍的偏移，並且泵可能隨後在偵測到偏移之後的某一時間段內發生故障。

【0029】 在持續學習系統已經開發出用於感測器資料偏移與硬體 140 故障之間的關係的模型之後，預測演算法區塊 120_c 可以在來自感測器 145 的資料中尋找所辨識的偏移。當已經發現特定偏移時，預測演算法區塊 120_c 可以向過程工程師提供硬體 140 故障將在已知時間段內發生的指示。如此，過程工程師可以啟動校正維護，以在故障發生

之前更換或維修預計會發生故障的硬體 140。如此，由於沒有基板將在具有故障硬體的腔室 105 中被處理，所以減少了廢棄材料。

【0030】 在一些實施例中，可能不需要更換或維修來校正硬體。例如，原位腔室清潔可能足以防止一件硬體的故障或損壞。在此種情況下，自校正軟體及演算法 124 可以向腔室控件 122 提供控制信號以啟動所需的維護。

【0031】 現在參考第 2 圖，圖示了根據一實施例的處理工具 200 的示意圖。處理工具 200 圖示了可以在上面參考第 1A 圖至第 1C 圖描述的一或多個處理工具 100 中利用的硬體部件。在所示實施例中，處理工具 200 被描述為用於自由基氧化製程的基於燈的腔室。然而，應當理解的是，處理工具 200 本質上是示例性的，並且本文所揭示的實施例可以適用於與其他處理工具結合使用，該等其他處理工具為例如但不限於基於加熱器的腔室、或基於電漿的腔室。熟習此項技術者將認識到，感測器的放置、感測器的數量及感測器的類型可以經修改，以便跟蹤各種類型的處理工具的期望製程參數。

【0032】 在一實施例中，處理工具 200 包括腔室 205。腔室 205 可以是適於提供亞大氣壓的腔室，基板（例如，半導體晶圓）在該腔室中處理。在一實施例中，腔室 205 可定大小為容納單個基板或複數個基板。適於在腔室 205 中處理的半導體基板可以包括矽基板、或任何其他半導體基板。其他基板，諸如玻璃基板，亦可以在腔室 205 中處理。

【0033】 在一實施例中，氣體分配網路將來自一或多個氣體源的氣體（例如，氣體 1、氣體 2、氣體 n 等）供給至筒 210。在一特定實施例中，氣體源可以包括氧氣、氫氣及氮氣中的一或多者。儘管在第 2 A 圖中圖示了三個氣體源，但是應當理解的是，實施例可以包括一或多個氣體源。筒 210 可以包括用於從管線 211 接收氣體的入口及用於將氣體分配到腔室 210 中的出口。在所圖示的實施例中，筒 210 被圖示為從腔室 210 的一側將氣體供給到腔室中。然而，應當理解的是，筒 210 可以視情況從腔室的上方或下方將氣體供給到腔室中。在一些實施例中，筒 210 亦可以被稱為噴頭，特別是在處理工具是電漿產生工具的情況下。

【0034】 在一實施例中，處理氣體中的每種處理氣體的流量可以由單獨的質量流量控制器 (mass flow controller, MFC) 203 控制。在一實施例中，MFC 203 可以是控制迴路感測器群組的一部分。MFC 203 控制進入輸入管線 211 的氣體的流量。在一實施例中，質量流量計 (mass flow meter, MFM) 212 設置在筒 210 的上游側上。MFM 212 允許量測來自源氣體的實際流量。在筒 210 的上游側亦包括壓力計 213。壓力計 213 允許量測輸入管線 211 的壓力。MFM 212 及壓力計 213 可以被認為是見證感測器，因為它們在控制迴路外部。

【0035】 在一實施例中，可以提供腔室壓力計 217 來量測腔室 205 中的壓力。腔室壓力計 217 可以是控制迴路感測器群組的一部分。在一實施例中，沿著處理工具 200 的排出

管線 215 設置額外的見證感測器。額外感測器可以包括洩漏偵測感測器 216 及額外的壓力計 218 及 219。洩漏偵測感測器 216 可以包括自給式電漿光發射光譜 (optical emission spectroscopy, OES) 裝置以量測洩漏到腔室 205 中的氧氣。壓力計 218 及 219 可以分別位於節流閥 214 的上游側及下游側。

【0036】 在一實施例中，壓力計 213、217、218 及 219 可以具有適合於在它們所位於的處理工具內的位置處提供的典型壓力的操作範圍。例如，壓力計 213 可以在高於其他壓力計 217、218 及 219 的壓力範圍的壓力範圍下操作。類似地，壓力計 218 可以在高於壓力計 219 的壓力範圍的壓力範圍下操作。在特定實施例中，壓力計 213 可在包括 1,000 T 的範圍內操作，壓力計 217 可在包括 20 T 的範圍內操作，壓力計 218 可在包括 100 T 的範圍內操作，並且壓力計 219 可在包括 10 T 的範圍內操作。

【0037】 在一實施例中，見證感測器（例如，212、213、216、218、及 219）可以用於提供腔室漂移的監測。例如，在處理工具 200 的使用期間，控制迴路感測器（例如，203 及 217）可能變得被錯誤校準。如此，當晶圓上的結果（例如，膜的沉積速率）改變時，控制迴路感測器 203、217 的讀數可以保持恆定。在此種情況下，見證感測器的輸出將改變以指示該腔室已經漂移。

【0038】 在另一實施例中，可以利用見證感測器來實施腔室 205 中的虛擬感測器。虛擬感測器可係指提供計算產生

的輸出的感測器，該等計算產生的輸出與實體值的直接讀數（如在實體感測器的情況下）不同。因此，虛擬感測器對於確定處理工具 200 內難以或不可能用習知實體感測器量測的條件是強大的。

【0039】 在一實施例中，虛擬感測器可用於確定處理氣體在筒 210 的出口處的流率。計算筒 210 處的流率是有價值的度量，其可用於控制晶圓上的膜的沉積速率及 / 或沉積均勻性。在一特定實施例中，可以用藉由使用 MFM 212、壓力計 213、壓力計 217 的輸出及筒 210 的已知幾何形狀而供應的變數，使用伯努利方程來計算筒 210 處的流率。儘管提供了筒處的流率的實例，但是應當理解的是，可以使用虛擬感測器計算來確定處理工具 200 內的其他未知量。例如，可以使用虛擬感測器實施來確定未知量，諸如但不限於腔室中不同位置處的氣體組成、晶圓上的沉積速率、晶圓上的壓力、以及晶圓上的膜組成。

【0040】 在一實施例中，一或多個溫度感測器 207 設置在腔室 205 中。例如，溫度感測器 207 可以是熱電偶或類似物。在一實施例中，溫度感測器 207 可以設置在腔室的反射器板（未圖示）上。在一些實施例中，溫度感測器 207 可以被認為是見證感測器。亦即，溫度感測器 207 可以在控制迴路之外。

【0041】 溫度感測器 207 可以提供額外的已知變數以賦能更廣泛的虛擬感測器實施。在一實施例中，溫度感測器 207 亦可用於確定腔室 205 中何時已達到穩定狀態。當使處理

工具 200 從冷狀態上升，諸如在維護事件之後使處理工具 200 勻變上升時，此為尤其有益的。例如，與一或多個壓力計 213、217、218 及 219 組合的溫度感測器 207 的輸出以及節流閥 214 的角度可以被監測，並且當各種感測器達到穩定狀態時，腔室可以準備好使用。在一實施例中，監測腔室何時達到穩定狀態是有用的，因為它消除了通常由於處理工具中的第一晶圓效應而經歷的晶圓報廢或返工。

【0042】 現在參考第 3 圖，圖示了根據實施例的處理工具 300 的示意圖。如圖所示，演算法伺服器 320 可以與處理工具 300 整合。例如，如箭頭所指示，演算法伺服器 320 可以藉由網路連接通訊地耦合至前端伺服器 360。然而，在其他實施例中，演算法伺服器 320 可以在處理工具 300 的外部。例如，演算法伺服器 320 可以是經由外部網路或類似物通訊地耦合至處理工具 300。

【0043】 在一實施例中，演算法伺服器 320 可以包括偵測區塊 161、校正區塊 162 及預測區塊 163 中的一或多者。亦即，演算法伺服器 320 可以包括用於偵測、校正及 / 或預測處理工具 300 的漂移的機器學習及 / 或混合模型。在所示實施例中，演算法伺服器 320 被圖示為代管混合模型。混合模型可以包括實體模型 327 及統計模型 325。統計模型 325 及實體模型 327 可以通訊地耦合至資料庫 330，以用於儲存用於構建及 / 或更新統計模型 325 及實體模型 327 的輸入資料（例如，感測器資料、模型資料、計量資料等）。在一實施例中，統計模型 325 可以藉由實施實體 D o E 並使用內

插提供擴展的過程空間模型來產生。在一實施例中，可以使用真實世界的物理學及化學關係來產生實體模型 3 2 7。例如，處理腔室內的各種相互作用的物理及化學方程可用於建立實體模型。

【0044】 在一實施例中，處理工具 3 0 0 可以包括前端伺服器 3 6 0、工具控制伺服器 3 5 0、及工具硬體 3 4 0。前端伺服器 3 6 0 可以包括演算法伺服器 3 2 0 的儀表板 3 6 5。儀表板 3 6 5 為過程工程師提供介面以利用資料模型化，以便執行各種操作，諸如漂移監測、漂移校正及漂移預測。

【0045】 工具控制伺服器 3 5 0 可以包括智能監測及控制區塊 3 5 5。智能監測及控制區塊 3 5 5 可以包括用於提供處理工具 3 0 0 的診斷及其他監測的模組。模組可能包括但不限於健康檢查、感測器漂移、故障恢復及洩漏偵測。智能監測及控制區塊 3 5 5 可以從工具硬體中實施的各種感測器接收資料作為輸入。感測器可以包括通常存在於半導體製造工具 3 0 0 中以允許操作工具 3 0 0 的標準感測器 3 4 7。例如，感測器 3 4 7 可以包括控制迴路感測器，諸如上面描述的彼等。感測器亦可以包括添加到工具 3 0 0 中的見證感測器 3 4 5。見證感測器 3 4 5 提供構建高度詳細的資料模型所必需的額外資訊。例如，見證感測器可以包括實體感測器及 / 或虛擬感測器。如上所述，虛擬感測器可以利用從兩個或更多個實體感測器獲得的資料，並使用計算來提供不能單獨從實體感測器獲得的額外感測器資料。在一特定實例中，虛擬感測器可以利用上游壓力感測器及下游壓力感測器來

計算穿過處理工具的一部分（諸如氣體筒）的流率。通常，見證感測器可以包括任何類型的感測器，諸如但不限於壓力感測器、溫度感測器及氣體濃度感測器。在一實施例中，智能監測及控制區塊 355 可以提供由演算法伺服器 320 使用的資料。在其他實施例中，來自各種見證感測器 345 的輸出資料可以直接提供給演算法伺服器 320。

【0046】 現在參考第 4 A 圖，圖示了根據一實施例的儀表板 465 的示意圖。如圖所示，儀表板 465 可以包括處理工具的複數個不同參數 467_{1-n} ，該等參數可以用偵測區塊、校正區塊及預測區塊中的一或多者來監測。顯示在儀表板 465 上的參數 467 可以是正被監測的處理操作的關鍵參數。例如，在基於燈的腔室中，關鍵參數 467 可以包括氣體流率、壓力、溫度、沉積特征、腔室壁上的塗覆量及洩漏偵測中的一或多者。在基於加熱器的腔室的情況下，關鍵參數 467 可以包括壓力、溫度、沉積特征、腔室壁上的塗覆量及自由基密度中的一或多者。在基於電漿的腔室的情況下，關鍵參數 467 可以包括氣體流率、壓力、電漿密度、洩漏偵測、溫度、RF 參數以及腔室壁上的塗覆量。

【0047】 在一實施例中，參數 467 可以提供視覺狀態指示器。例如，可以顯示綠點、黃點或紅點，以提供對給定參數狀態的一般指示。亦即，綠點可以指示過程正在無漂移地操作，黃點可以指示過程正在移動遠離期望的操作範圍，並且紅點可以指示過程已經漂移超過預定範圍。然而，

應當理解的是，可以使用任何視覺機制（具有任何期望的解析度）來提供漂移的簡單指示。

【0048】 儀表板 465 亦可以提供關於給定參數 467 的額外資訊。例如，過程工程師可以點擊參數 467 中的一個參數來調出額外資訊。例如，第 4B 圖是給定參數 467 的統計過程控制 (statistical process control, SPC) 圖表 468 的圖示。SPC 圖表 468 上的每個點可以是已經由處理工具處理的晶圓或基板的表示。在一實施例中，圖示了最近處理的晶圓（例如，經過的 100 個晶圓）。然而，應當理解的是，顯示在 SPC 圖表 468 中的歷史可以包括任何數量的晶圓。與現有方法相比，跟蹤晶圓中的每個晶圓的能力提供了改進的漂移監測。例如，現有方法依賴實體計量來填充 SPC 圖表。此需要額外的資源及時間，並且通常不能對每個晶圓或基板實施。

【0049】 SPC 圖表 468 可用於直觀地指示過程何時開始漂移。如第 4B 圖所示，該等點呈上升趨勢。此可能表明該製程參數正在發生漂移，並且隨後處理的晶圓有超出規格的危險。同樣，若該等點呈下降趨勢，則漂移亦可能發生。在一些實施例中，可以點擊 SPC 圖表上的單獨點，以提供單獨基板的進一步細節。例如，在一些實施例中，可以提供給定基板或晶圓上的一致性資料的圖表。

【0050】 第 5 圖以電腦系統 500 的例示性形式圖示了機器的圖形表示，在該電腦系統中可以執行用於使機器執行本文所述的方法中的任何一或多種方法的一組指令。在替代

實施例中，機器可以連接（例如，聯網）到區域網路（Local Area Network, LAN）、內聯網、外聯網或網際網路中的其他機器。該機器可以用戶端-伺服器網路環境中的伺服器或用戶端機器的容量操作，或者作為同級間（或分佈式）網路環境中的同級機器操作。該機器可以是個人電腦（personal computer, PC）、平板PC、機上盒（set-top box, STB）、個人數位助理（Personal Digital Assistant, PDA）、蜂窩電話、網路設備、伺服器、網路路由器、交換機或網橋，或者能夠執行指定要由該機器採取的動作的一組指令（順序的或以其他方式）的任何機器。此外，儘管僅圖示了單個機器，但是術語「機器」亦應當被理解為包括單獨或聯合執行一組（或多組）指令以執行本文所述的方法中的任何一或多種方法的機器（例如，電腦）的任何集合。

【0051】 例示性電腦系統500包括處理器502、主記憶體504（例如，唯讀記憶體（read-only memory, ROM）、快閃記憶體、動態隨機存取記憶體（dynamic random access memory, DRAM），諸如同步DRAM（synchronous DRAM, SDRAM）或Rambus DRAM（RDRAM）等）、靜態記憶體506（例如，快閃記憶體、靜態隨機存取記憶體（static random access memory, SRAM）、MRAM等）、及輔助記憶體518（例如，資料儲存裝置），它們經由匯流排530與彼此通訊。

【0052】 處理器 502 代表一或多個通用處理裝置，諸如微處理器、中央處理單元等。更特別地，處理器 502 可以是複雜指令集計算 (complex instruction set computing, CISC) 微處理器、精簡指令集計算 (reduced instruction set computing, RISC) 微處理器、超長指令字 (very long instruction word, VLIW) 微處理器、實施其他指令集的處理器、或實施指令集的組合的處理器。處理器 502 亦可以是一或多個專用處理裝置，諸如特殊應用積體電路 (application specific integrated circuit, ASIC)、現場可程式化閘陣列 (field programmable gate array, FPGA)、數位信號處理器 (digital signal processor, DSP)、網路處理器等。處理器 502 被配置為執行處理邏輯 526 以執行本文所述的操作。

【0053】 電腦系統 500 亦可以包括網路介面裝置 508。電腦系統 500 亦可以包括視訊顯示單元 510 (例如，液晶顯示器 (liquid crystal display, LCD)、發光二極體顯示器 (light emitting diode display, LED) 或陰極射線管 (cathode ray tube, CRT))、字母數字輸入裝置 512 (例如，鍵盤)、游標控制裝置 514 (例如，滑鼠) 及信號產生裝置 516 (例如，揚聲器)。

【0054】 輔助記憶體 518 可包括機器可存取儲存媒體 (或者更特別地，電腦可讀取儲存媒體) 532，該機器可存取儲存媒體上存儲了體現本文所述的方法中的任何一種或多

種方法或功能的一或多組指令（例如，軟體 522）。在由電腦系統 500 執行期間，軟體 522 亦可以完全或至少部分地駐留在主記憶體 504 及 / 或處理器 502 內，主記憶體 504 及處理器 502 亦構成機器可讀取儲存媒體。軟體 522 亦可以經由網路介面裝置 508 在網路 520 上發送或接收。

【0055】 儘管機器可存取儲存媒體 532 在例示性實施例中被圖示為單個媒體，但是術語「機器可讀取儲存媒體」應該被理解為包括儲存一或多組指令的單個媒體或多個媒體（例如，集中式或分佈式資料庫，及 / 或相關聯的快取及伺服器）。術語「機器可讀取儲存媒體」亦應被理解為包括能夠儲存或編碼一組指令的任何媒體，該一組指令用於供機器執行並使機器執行本揭示案的方法中的任何一或多種方法。因此，術語「機器可讀取儲存媒體」應被理解為包括但不限於固態記憶體以及光學及磁性媒體。

【0056】 根據本揭露案的實施例，機器可存取儲存媒體具有儲存在其上的指令，該等指令使得資料處理系統執行在處理工具中監測漂移、校正漂移及 / 或預測漂移的方法。

【0057】 因此，已經揭示了用於在處理工具中監測漂移、校正漂移及 / 或預測漂移的方法及設備。

【符號說明】

【0058】

100：處理工具

105：腔室

120：偵測軟體及演算法區塊 / 偵測區塊

- 1 2 0 A : 偵測區塊
- 1 2 0 B : 校正區塊
- 1 2 0 C : 預測演算法區塊
- 1 2 1 : 值
- 1 2 2 : 腔室控制區塊
- 1 2 3 : 持續學習系統
- 1 2 4 : 自校正演算法
- 1 4 0 : 硬體
- 1 4 5 : 見證感測器
- 1 6 1 : 偵測模組
- 1 6 2 : 校正模組
- 1 6 3 : 預測模組
- 1 6 5 : 儀表板
- 2 0 0 : 處理工具
- 2 0 3 : 質量流量控制器 (M F C)
- 2 0 5 : 腔室
- 2 0 7 : 溫度感測器
- 2 1 0 : 筒
- 2 1 1 : 管線
- 2 1 2 : 質量流量計 (M F M)
- 2 1 3 : 壓力計
- 2 1 5 : 排出管線
- 2 1 6 : 洩漏偵測感測器
- 2 1 7 : 壓力計

- 218: 壓力計
- 219: 壓力計
- 300: 處理工具
- 320: 演算法伺服器
- 325: 統計模型
- 327: 實體模型
- 330: 資料庫
- 340: 工具硬體
- 345: 見證感測器
- 347: 標準感測器
- 350: 工具控制伺服器
- 355: 智能監測及控制區塊
- 360: 前端伺服器
- 365: 儀表板
- 465: 儀表板
- 467: 參數
- 468: 統計過程控制 (SPC) 圖表
- 500: 電腦系統
- 502: 處理器
- 504: 主記憶體
- 506: 靜態記憶體
- 508: 網路介面裝置
- 510: 視訊顯示單元
- 512: 字母數字輸入裝置

5 1 4 : 游 標 控 制 裝 置

5 1 6 : 信 號 產 生 裝 置

5 1 8 : 輔 助 記 憶 體

5 2 0 : 網 路

5 2 2 : 軟 體

5 2 6 : 處 理 邏 輯

5 3 0 : 匯 流 排

5 3 2 : 機 器 可 存 取 儲 存 媒 體

【生物材料寄存】

國 內 寄 存 資 訊 (請 依 寄 存 機 構 、 日 期 、 號 碼 順 序 註 記)

無

國 外 寄 存 資 訊 (請 依 寄 存 國 家 、 機 構 、 日 期 、 號 碼 順 序 註 記)

無

【發明申請專利範圍】

【請求項1】 一種處理工具，包括：

一腔室；

一質量流量控制器，耦接至該腔室；

一質量流量計，耦接至該腔室；

一壓力計，耦接至該腔室；

複數個感測器，與該腔室整合；

一漂移偵測模組，其中來自該複數個感測器的資料被作為從該質量流量控制器或該質量流量計中的一者或兩者的輸入資料提供給該漂移偵測模組；以及

一儀表板，用於顯示來自該漂移偵測模組的輸出資料。

【請求項2】 如請求項1所述之處理工具，其中該漂移偵測模組利用機器學習演算法來處理來自該複數個感測器的該輸入資料。

【請求項3】 如請求項1所述之處理工具，其中該漂移偵測監視器利用一混合模型來處理來自該複數個感測器的該輸入資料。

【請求項4】 如請求項3所述之處理工具，其中該混合模型包括一實體模型及一統計模型。

【請求項5】 如請求項1所述之處理工具，其中來自該漂移偵測模組的該輸出資料包括一統計過程控制(SPC)圖表。

【請求項6】 如請求項1所述之處理工具，進一步包括：

一過程校正模組。

【請求項7】如請求項6所述之處理工具，其中該過程校正模組包括：

一校正演算法，其中來自該漂移偵測模組的該輸出資料被作為一輸入供給到該校正演算法中，並且其中來自該校正演算法的一輸出是一控制調整；以及

一腔室控制介面，其中該控制調整促使該腔室控制介面改變該處理工具的一或多個工具設置。

【請求項8】如請求項7所述之處理工具，進一步包括：

一過程預測模組。

【請求項9】如請求項8所述之處理工具，其中該過程預測模組包括：

一持續學習系統；

一預測演算法；以及

一自校正模組。

【請求項10】如請求項1所述之處理工具，其中該腔室是一基於燈的腔室。

【請求項11】如請求項10所述之處理工具，其中來自該漂移偵測模組的該輸出資料包括一或多個製程參數，其中該一或多個製程參數包括一氣體流率、一壓力、一溫度、一沉積特征、腔室壁上的一塗覆量及一洩漏偵測中的一或多者。

【請求項12】如請求項1所述之處理工具，其中該腔室是一基於加熱器的腔室。

【請求項13】如請求項12所述之處理工具，其中來自該漂移偵測模組的該輸出資料包括一或多個製程參數，其中該一或多個製程參數包括一壓力、一溫度、一沉積特征、腔室壁上的一塗覆量及一自由基密度中的一或多者。

【請求項14】如請求項1所述之處理工具，其中該腔室是一基於電漿的腔室。

【請求項15】如請求項14所述之處理工具，其中來自該漂移偵測模組的該輸出包括一或多個製程參數，其中該一或多個製程參數包括一氣體流率、一壓力、一電漿密度、一洩漏偵測、一溫度、一RF參數及腔室壁上的一塗覆量中的一或多者。

【請求項16】一種處理工具，包括：

一實體工具，其中該實體工具包括：

一腔室；

一質量流量控制器，耦接至該腔室；

一質量流量計，耦接至該腔室；

一壓力計，耦接至該腔室；

控制迴路感測器；以及

感測器；

一漂移偵測模組，其中該漂移偵測模組接收控制迴路感測器資料及感測器資料作為從該質量流量控制器或該質量流量計中的一者或兩者的輸入，並且其中該漂移偵測模組輸出指示一或多個製程參數是否已經漂移的製程

參數資料。

【請求項17】如請求項16所述之處理工具，進一步包括：

一過程校正模組，其中該過程校正模組接收該製程參數資料作為輸入，並輸出一控制調整以改變該實體工具的工具設置中的一或多個工具設置。

【請求項18】如請求項17所述之處理工具，進一步包括：

一漂移預測模組，其中該漂移預測模組接收控制迴路感測器資料及感測器資料作為輸入，並且其中該漂移預測模組輸出指示該實體工具何時將在一閾值之外操作的預測資料。

【請求項19】一種處理工具，包括：

一實體工具，包括：

一腔室；

一筒，用於使一或多種處理氣體從複數個氣體源流入該腔室；

一質量流量控制器，用於該複數個氣體源中的每個氣體源；

一質量流量計，在該氣體源與該筒之間；

一第一壓力計，在該質量流量計與該筒之間；

一第二壓力計，流體耦接至該腔室；以及

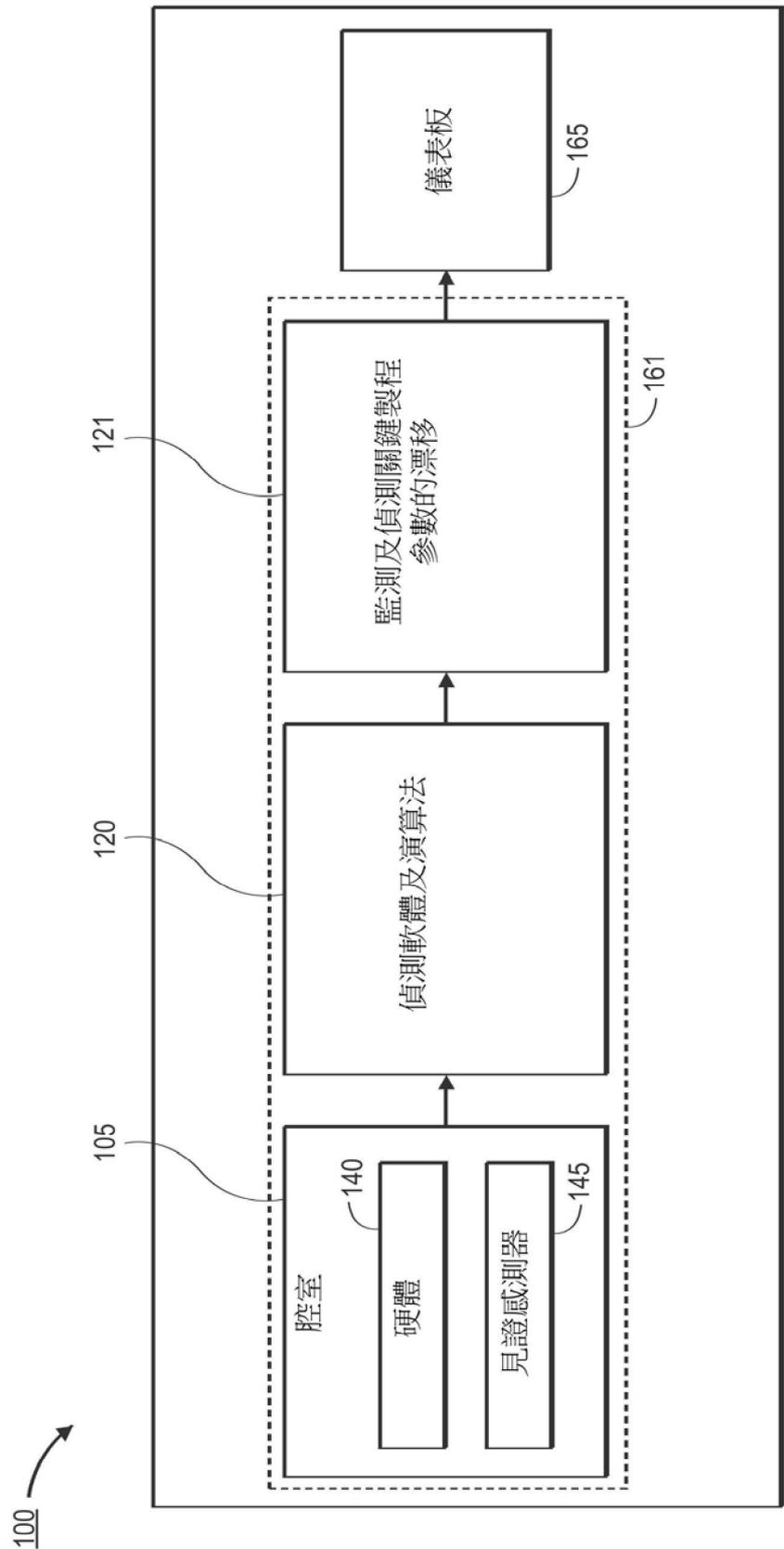
一排出管線，耦接至該腔室；

一漂移偵測模組，其中該漂移偵測模組從該質量流量控制器、該質量流量計、該第一壓力計及該第二壓力計中的一或多者接收資料作為輸入，並且其中該漂移偵測

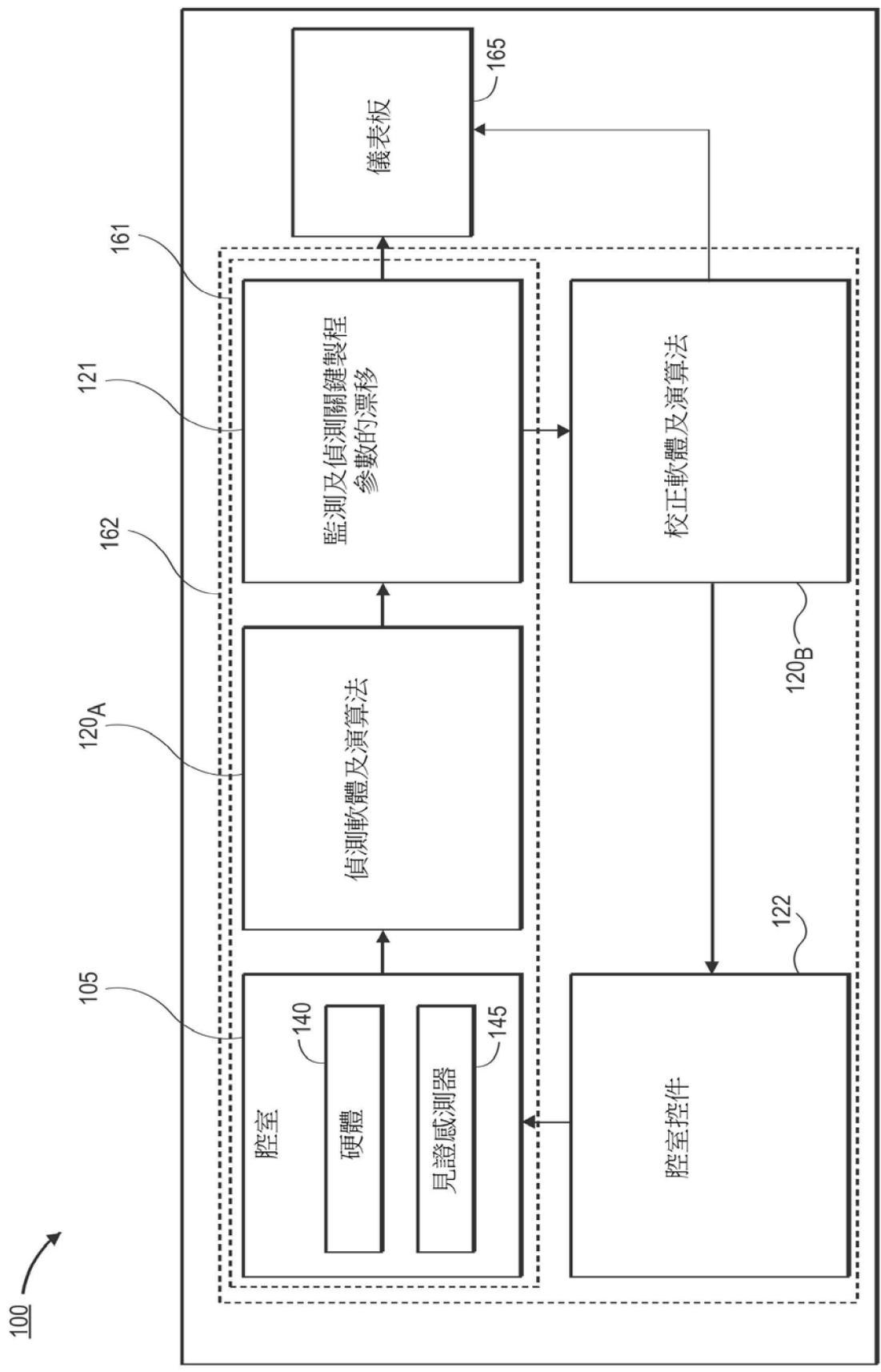
模組輸出製程參數資料。

【請求項20】如請求項19所述之處理工具，其中該漂移偵測模組包括一混合模型及一機器學習模組中的一者或兩者，該混合模型包括一實體模型及一統計模型。

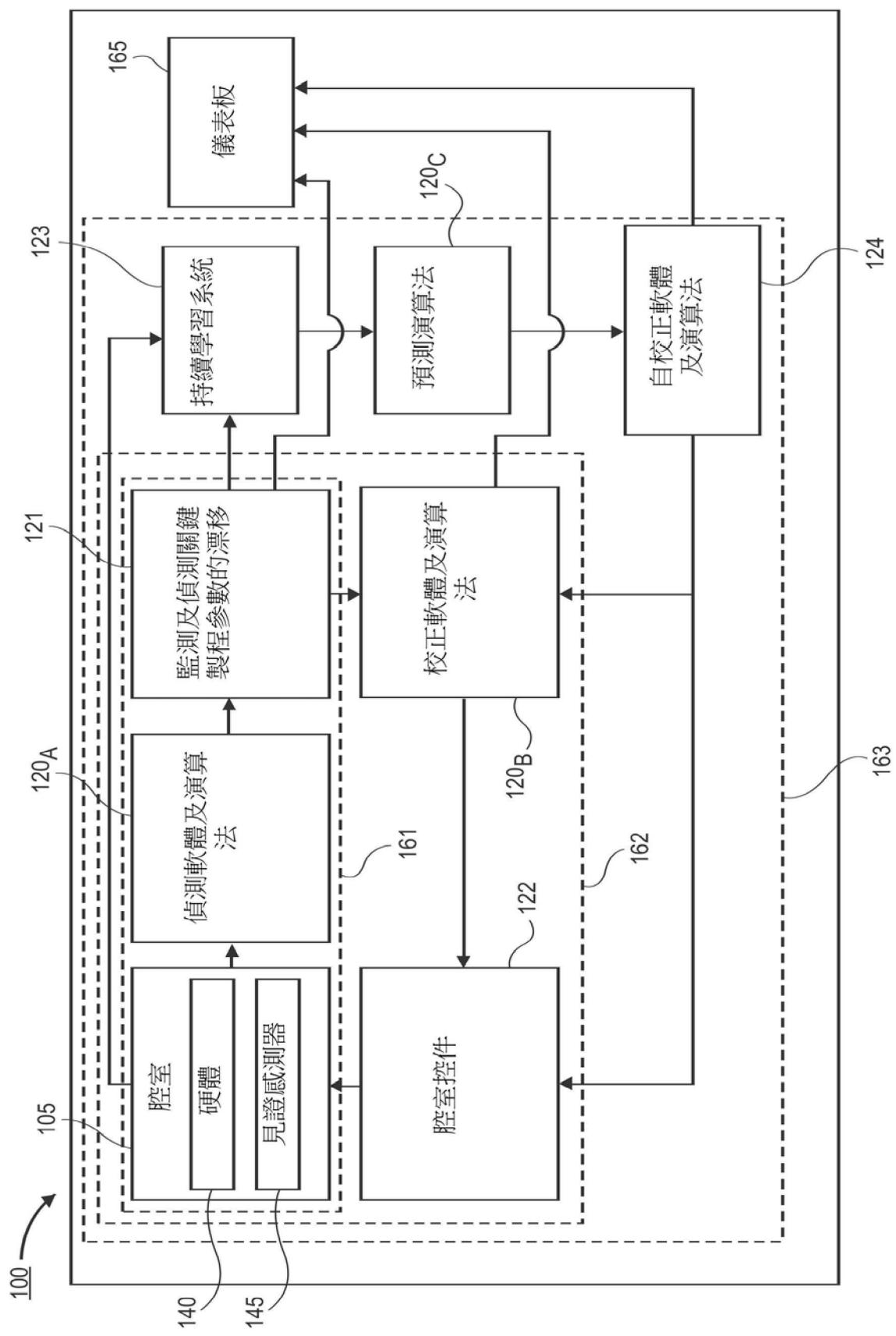
【發明圖式】



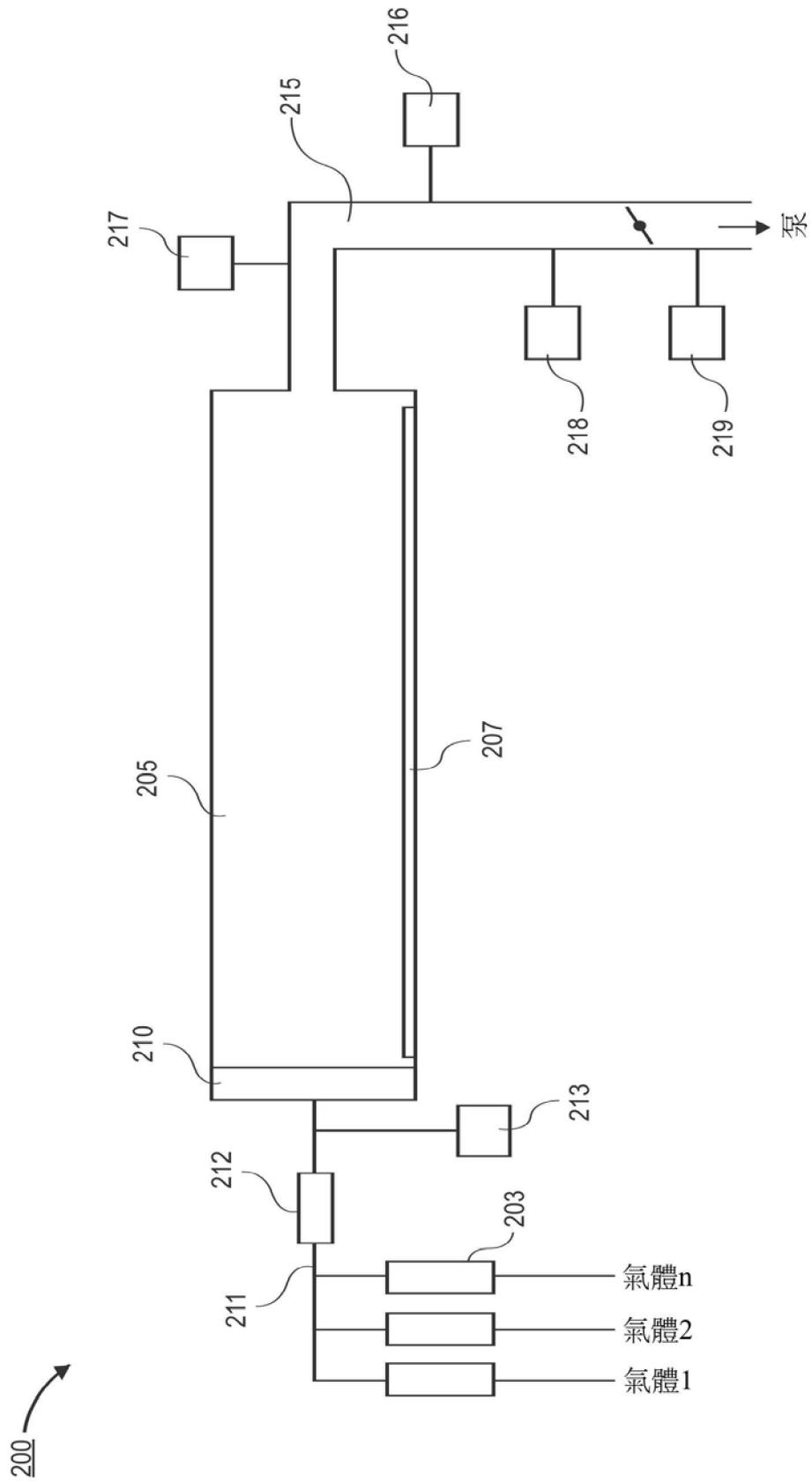
第1A圖



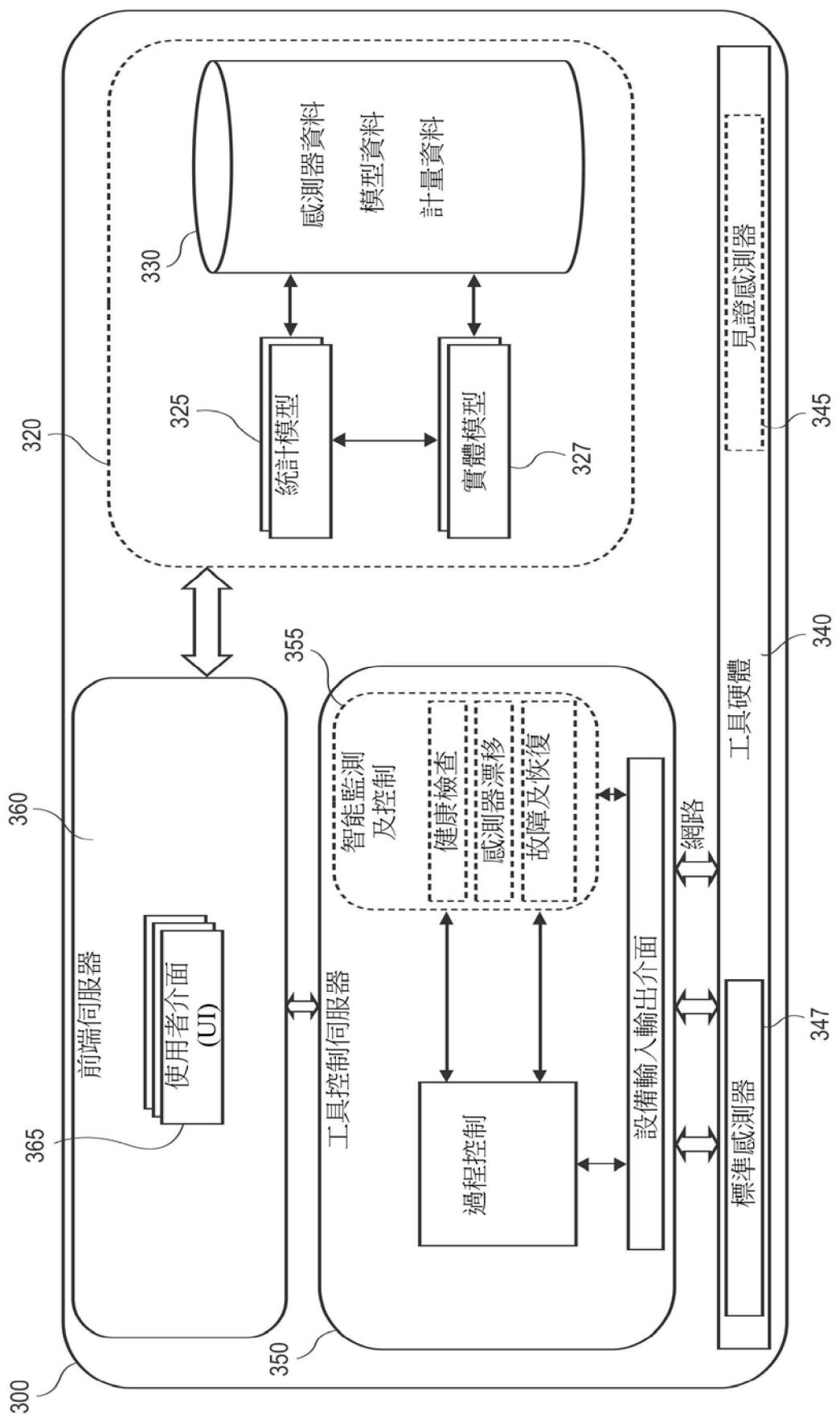
第1B圖



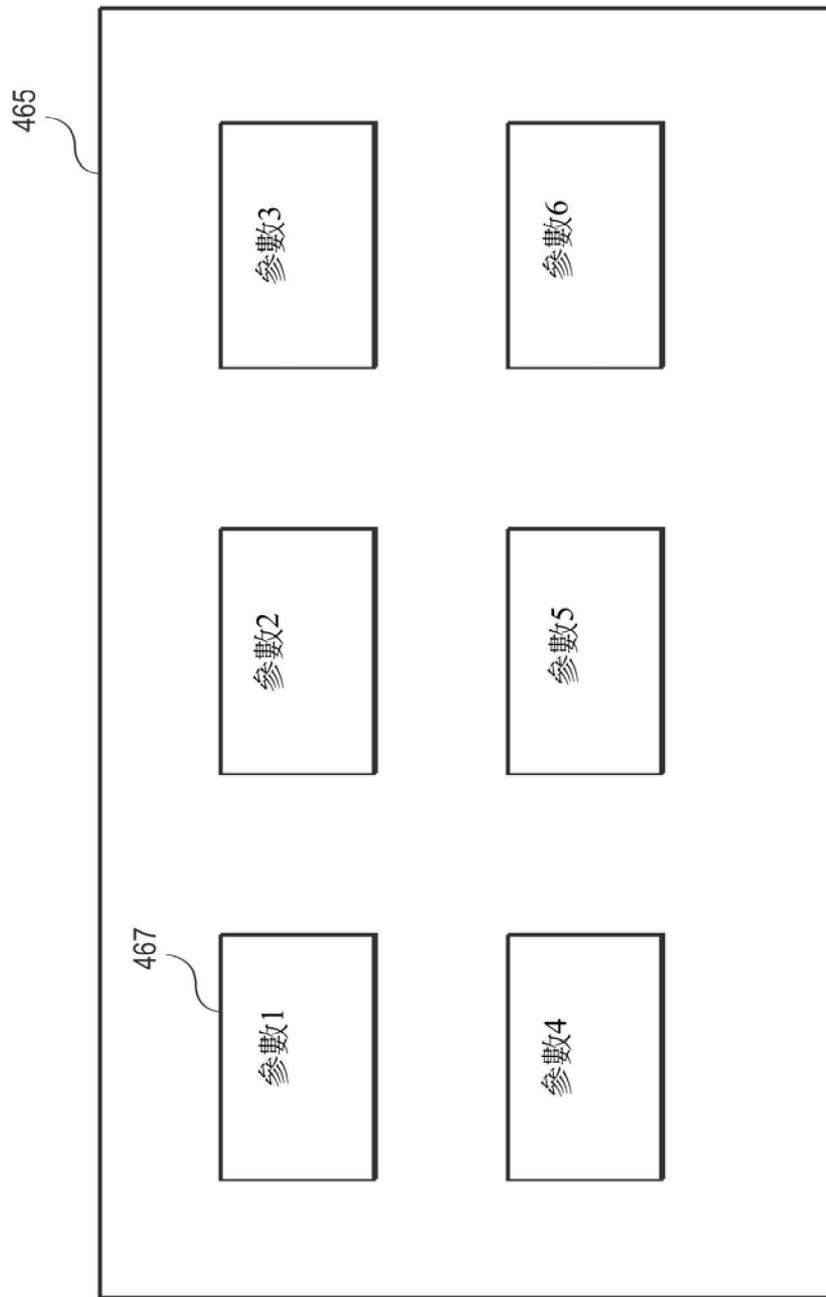
第1C圖



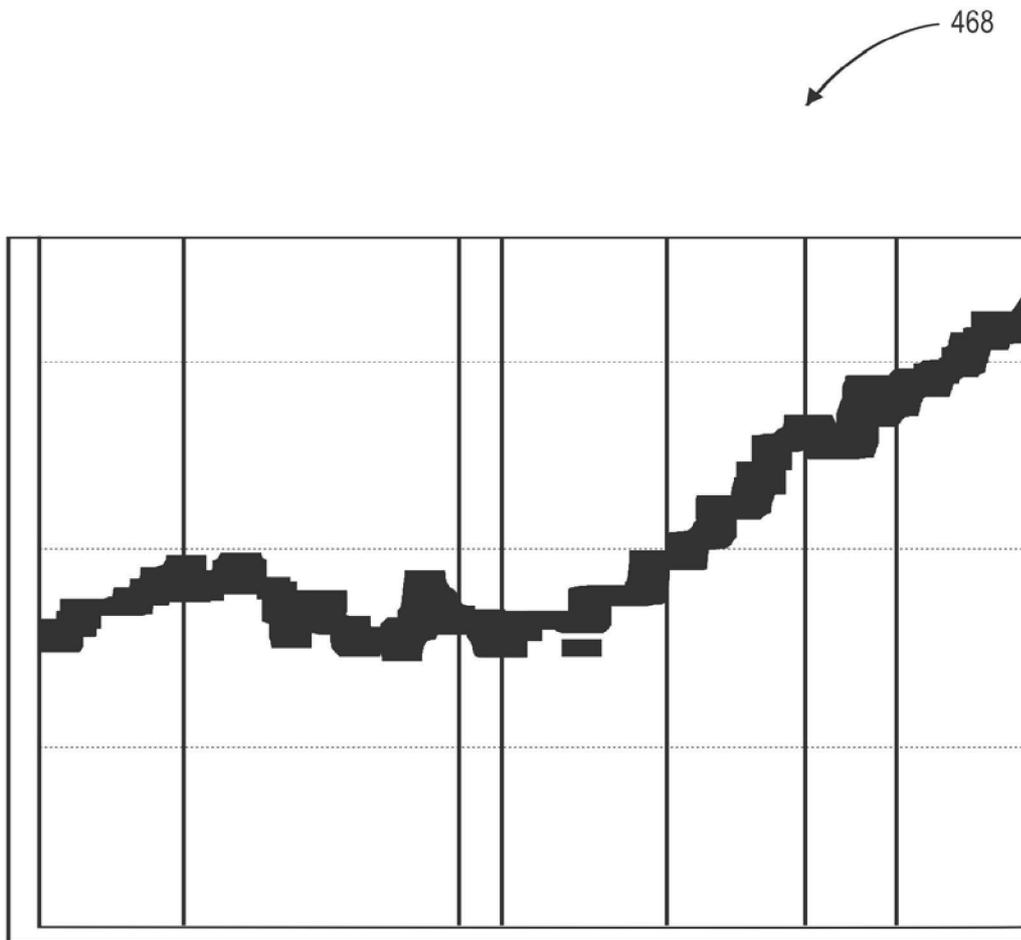
第2圖



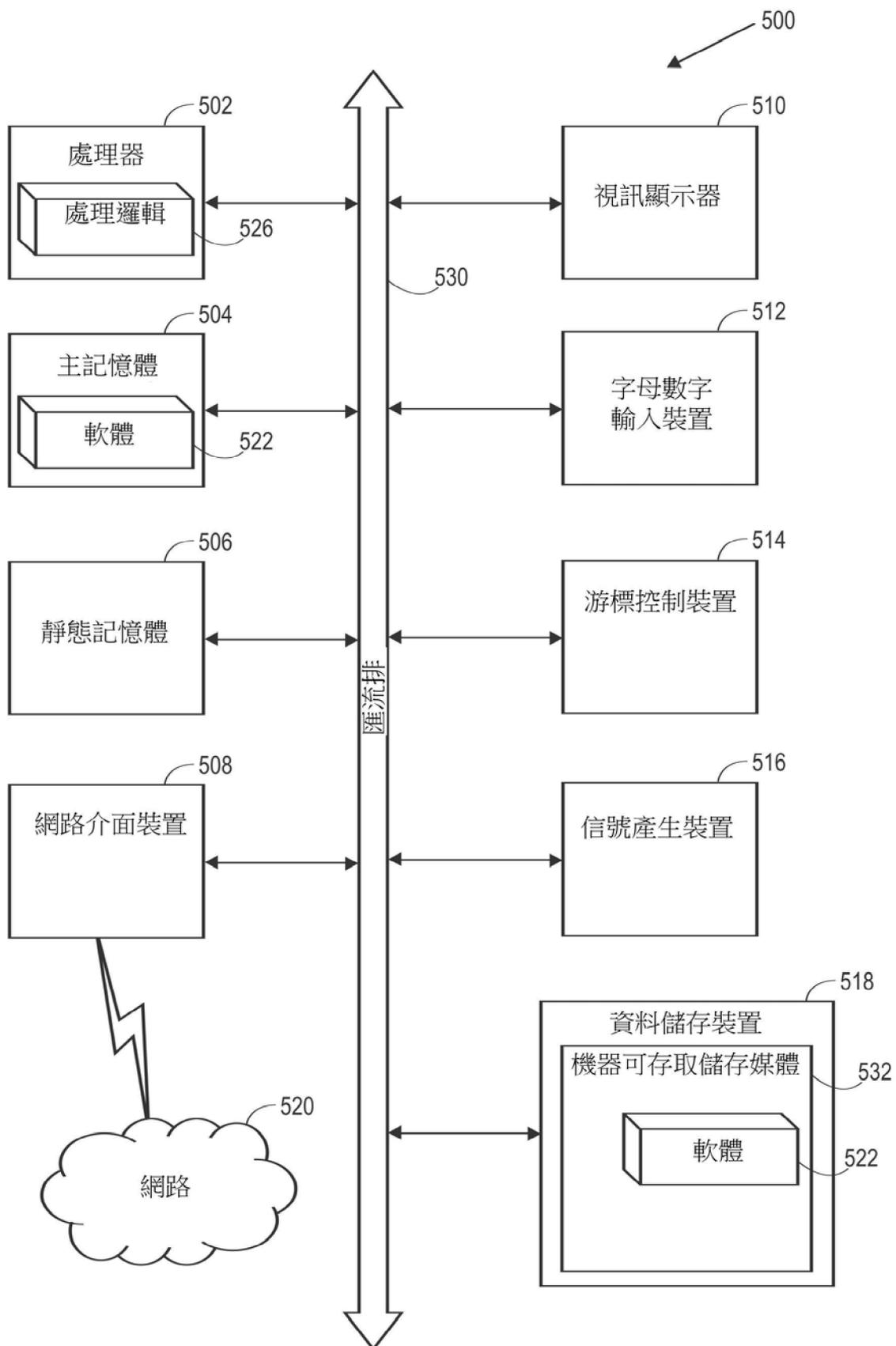
第3圖



第4A圖



第4B圖



第5圖