



---

(21) 申請案號：112131882 (22) 申請日：中華民國 112 (2023) 年 08 月 24 日  
(51) Int. Cl. : **H01L21/687 (2006.01)** **H01L21/66 (2006.01)**  
**G06N20/00 (2019.01)**  
(30) 優先權：2022/08/24 美國 17/822,009  
(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：巴馬納哈利 高特漢姆古拉吉 BAMMANAHALLI, GAUTHAM GURURAJ (IN) ;  
巴巴揚 史蒂芬 BABAYAN, STEVEN (US) ; 斯里德哈蘭 德帕克 SRIDHARAN,  
DEEPAK (US)  
(74) 代理人：李世章；彭國洋  
申請實體審查：無 申請專利範圍項數：20 項 圖式數：10 共 87 頁

---

## (54) 名稱

使用基板測量的基板放置最佳化

## (57) 摘要

一種方法，包括根據配方在基板處理系統的處理腔室中處理第一基板，同時第一基板由處理腔室的基板支撐件支撐。第一基板在處理後包括第一表面輪廓。方法進一步包括使用基板處理系統的基板測量系統來產生第一基板的第一表面輪廓的第一輪廓圖 (profile map)。方法進一步包括使用模型來處理來自第一輪廓圖的資料。模型輸出第一基板相對於基板支撐件的一或多個元件的放置的第一估計基板放置值。方法進一步包括基於第一估計基板放置值來決定基板在基板支撐件上的建議放置。

A method includes processing a first substrate in a process chamber of a substrate processing system according to a recipe while the first substrate is supported by a substrate support of the process chamber. The first substrate includes a first surface profile after the processing. The method further includes generating a first profile map of the first surface profile of the first substrate using a substrate measurement system of the substrate processing system. The method further includes processing data from the first profile map using a model. The model outputs a first estimated substrate placement value for a placement of the first substrate relative to one or more components of the substrate support. The method further includes determining a recommended placement for substrates on the substrate support based on the first estimated substrate placement value.

指定代表圖：

符號簡單說明：

700:方法

706:方塊

708:方塊

710:方塊

712:方塊

714:方塊

716:方塊

718:方塊

720:方塊

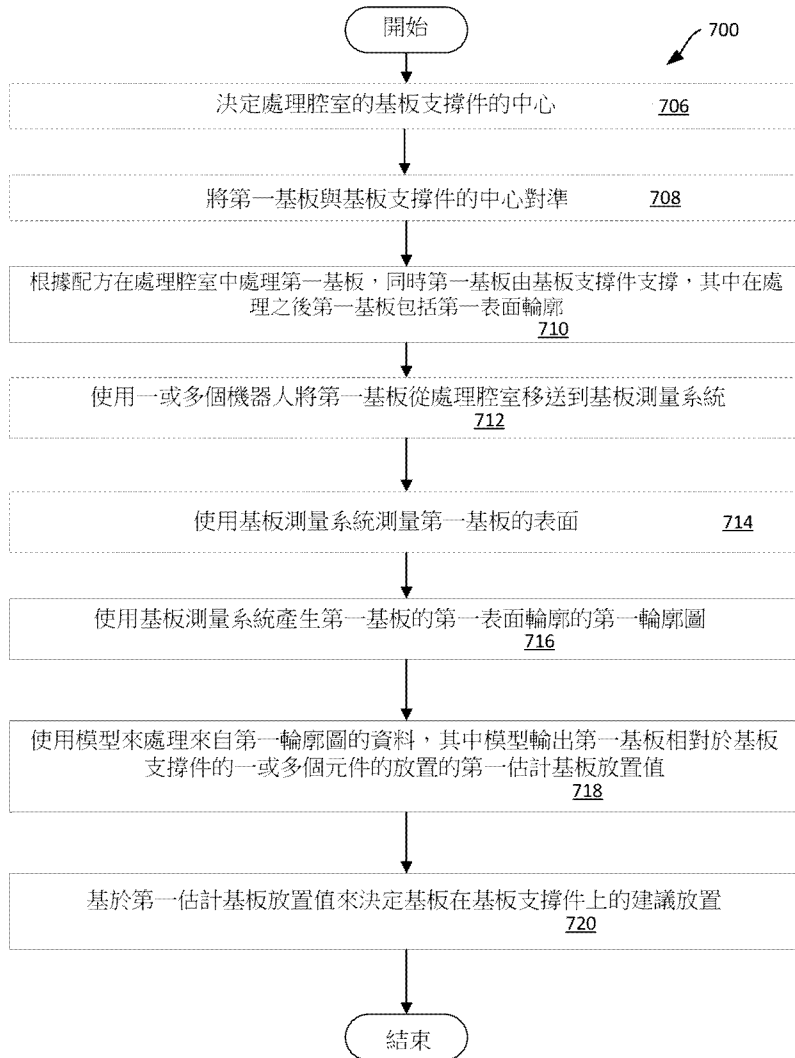


圖7

## 【發明摘要】

【中文發明名稱】使用基板測量的基板放置最佳化

【英文發明名稱】SUBSTRATE PLACEMENT OPTIMIZATION USING  
SUBSTRATE MEASUREMENTS

【中文】

一種方法，包括根據配方在基板處理系統的處理腔室中處理第一基板，同時第一基板由處理腔室的基板支撐件支撐。第一基板在處理後包括第一表面輪廓。方法進一步包括使用基板處理系統的基板測量系統來產生第一基板的第一表面輪廓的第一輪廓圖（*profile map*）。方法進一步包括使用模型來處理來自第一輪廓圖的資料。模型輸出第一基板相對於基板支撐件的一或多個元件的放置的第一估計基板放置值。方法進一步包括基於第一估計基板放置值來決定基板在基板支撐件上的建議放置。

【英文】

A method includes processing a first substrate in a process chamber of a substrate processing system according to a recipe while the first substrate is supported by a substrate support of the process chamber. The first substrate includes a first surface profile after the processing. The method further includes generating a first profile map of the first surface profile of the first substrate using a substrate measurement system of the substrate processing system. The method further includes processing data from the first profile map using a model. The model outputs a first estimated substrate placement value for a placement of the first substrate relative to one or more components of the substrate support. The method further includes determining a

recommended placement for substrates on the substrate support based on the first estimated substrate placement value.

【指定代表圖】第（ 7 ）圖。

【代表圖之符號簡單說明】

7 0 0 : 方 法

7 0 6 : 方 塊

7 0 8 : 方 塊

7 1 0 : 方 塊

7 1 2 : 方 塊

7 1 4 : 方 塊

7 1 6 : 方 塊

7 1 8 : 方 塊

7 2 0 : 方 塊

【特徵化學式】

無

## 【發明說明書】

【中文發明名稱】 使用基板測量的基板放置最佳化

【英文發明名稱】 SUBSTRATE PLACEMENT OPTIMIZATION USING  
SUBSTRATE MEASUREMENTS

【技術領域】

【0001】 本公開的實施例總體上涉及最佳化處理腔室中基板的放置，並且具體地涉及產生使用腔室來處理的基板的圖和/或數值輪廓（*profiling*）以及基於基板的圖和/或數值輪廓來最佳化處理腔室中基板的放置。

【先前技術】

【0002】 基板處理可包括根據電路設計在半導體中產生電子電路的一系列處理。這些處理可在一系列處理腔室中進行。現代半導體製造設施的成功運作可能旨在促進在晶圓中形成電路以形成產品的過程中穩定地將晶圓從一個腔室移動到另一個腔室。在實行許多基板處理的過程中，處理腔室的狀況可能會改變並可能導致經處理的基板無法滿足目標條件和結果。

【0003】 基板被放置在處理腔室中以供處理。基板相對於腔室元件的放置可能導致使用處理腔室生產的產品品質變化和/或使用處理腔室處理的基板報廢。

【發明內容】

【0004】 以下是本公開的簡化概述，用以提供對本公開一些態樣的基本理解。本概述不是對本公開的廣泛概述。其既不旨在識別本公開的關鍵或關鍵性要素，也不旨在描繪

本公開的特定實施的任何範圍或申請專利範圍的任何範圍。其唯一目的是以簡化形式呈現本公開的一些概念，作為稍後呈現的更詳細描述的序言。

**【0005】** 在示範性實施例中，一種方法，包括根據第一配方在基板處理系統的處理腔室中處理第一基板，同時第一基板由處理腔室的基板支撐件支撐。第一基板在處理後包括第一表面輪廓。方法進一步包括使用基板處理系統的基板測量系統來產生第一基板的第一表面輪廓的第一輪廓圖（*profile map*）。方法進一步包括使用模型來處理來自第一輪廓圖的資料。模型輸出第一基板相對於基板支撐件的一或多個元件的放置的第一估計基板放置值。方法進一步包括基於第一估計基板放置值來決定基板在基板支撐件上的建議放置。

**【0006】** 在示範性實施例中，一種系統，包括：處理腔室、基板測量工具、記憶體、和處理裝置，處理裝置耦接到記憶體。處理裝置進行：根據配方使得第一基板在處理腔室中被處理，同時第一基板由處理腔室的基板支撐件支撐。第一基板在處理後包括第一表面輪廓。處理裝置進一步進行：使用基板測量工具產生第一基板的第一表面輪廓的第一輪廓圖。處理裝置進一步進行：使用模型來處理來自第一輪廓圖的資料。模型輸出第一基板相對於基板支撐件的一或多個元件的放置的第一估計基板放置值。處理裝置進一步進行：基於第一估計基板放置值來決定基板在基板支撐件上的建議放置。

**【0007】** 在示範性實施例中，一種電腦可讀取媒體，包括指令，該等指令當由處理裝置執行時，使得處理裝置實行一系列操作。操作包括：根據配方使得第一基板在處理腔室中被處理，同時第一基板由處理腔室的基板支撐件支撐。第一基板在處理後包括第一表面輪廓。操作進一步包括：使用基板處理系統的基板測量系統來產生第一基板的第一表面輪廓的第一輪廓圖（*profile map*）。操作進一步包括：使用模型來處理來自第一輪廓圖的資料。模型輸出第一基板相對於基板支撐件的一或多個元件的放置的第一估計基板放置值。該操作進一步包括：基於第一估計基板放置值來決定基板在基板支撐件上的建議放置。

**【圖式簡單說明】**

**【0008】** 透過示例而非限制的方式示出了本公開，在隨附圖式的圖中，類似的元件符號指示相似的元件。應注意，在本公開中對「一」或「一個」實施例的不同引用不一定是指相同的實施例，且這樣的引用意味著至少一個。

**【0009】** 圖 1 描繪了根據本公開的態樣的說明性電腦系統架構。

**【0010】** 圖 2 A 是根據本公開的態樣的範例製造系統的俯視示意圖。

**【0011】** 圖 2 B 是根據本公開的態樣的包含在圖 2 A 的範例製造系統中的基板測量系統的橫截面示意性側視圖。

**【0012】** 圖 2 C 是根據本公開的態樣的基板測量子系統的橫截面示意性側視圖。

【0013】 圖 3 描繪了根據本公開的態樣的用於處理腔室的基板放置預測的說明性系統架構。

【0014】 圖 4 示出了根據一個實施例的用於基板放置決定的模型訓練工作流程和模型應用工作流程。

【0015】 圖 5 是根據本公開的態樣的用於產生用於訓練機器學習模型的訓練資料集的方法的流程圖。

【0016】 圖 6 示出了根據一個實施例的用於訓練機器學習模型以決定基板放置的方法的流程圖。

【0017】 圖 7 是根據本公開的態樣的決定建議基板放置的方法的流程圖。

【0018】 圖 8 是根據本公開的態樣的將第二估計基板放置與第一估計基板放置進行比較的方法的流程圖。

【0019】 圖 9 是根據本公開的態樣的經處理的基板的輪廓圖 ( profile map ) ( 例如, 熱圖 ) 。

【0020】 圖 10 描繪了計算裝置的範例形式的機器的圖解表示, 在計算裝置中可以執行用於使機器實行本文所討論的方法中的任何一或多者的指令集。

#### 【實施方式】

【0021】 本公開的實施例涉及用於使用基板測量來最佳化處理腔室中的基板放置的系統和方法。製造處理的處理結果取決於許多因素, 包括處理配方、腔室參數設定、腔室元件狀況、以及處理腔室內的基板放置。例如, 基於基板相對於處理套件環的放置, 處理結果可能在基板表面上變化。基板邊緣和處理套件環之間間隙通常與鄰近基板邊

緣的基板處理的影響有關。另外，基於噴頭的狀況、支撐基板的基板支撐件的狀況、腔室襯墊的狀況、泵浦和/或閥的狀況等，處理結果可在整個基板的表面上變化。基板的最佳化放置可能受到本文所述的處理腔室元件的狀況的影響。例如，對基板支撐件隨著時間的任何改變，例如靜電吸盤、夾具、真空吸盤、加熱器、包括在支撐件邊緣上具有唇緣的袋的支撐件、和/或包括一或多個嵌入式功能（例如加熱器、冷卻板、電子元件等）等將慢慢影響基板結果，例如透過經處理的基板表面的溫度變化、在基板的邊緣處的射頻（RF）場等。這些對基板結果的影響將慢慢影響最佳處理結果的最佳化基板放置。因此，隨著時間，基板在基板支撐件上的最佳放置將趨於改變。

**【0022】** 基板結果尤其可能受到靠近經處理的基板邊緣的基板放置的影響。例如，影響基板蝕刻率的因素（例如，溫度、氣流等）可能導致在經處理的基板的邊緣附近的傾斜。「傾斜」是指基板特徵（例如，谷、壁、柱、檯面等）不與基板表面正交的趨勢。過度傾斜會導致基板品質低下和/或被報廢。傾斜經常影響靠近基板邊緣的基板，並且特別是靠近基板的最邊緣（例如，在基板邊緣的五毫米內）。相對於基板支撐件的元件（例如，處理套件環等）的基板放置的變化可能會影響基板的處理。例如，基板邊緣和處理套件環之間間隙（例如，圍繞晶圓的間隙）的變化可能導致超過允許傾斜的閾值量，導致基板被報廢。

**【0023】** 本文所述的實施例提供了用於決定用於在處理腔室中處理的基板的最佳化放置的機制。一些實施例可用於決定基板支撐件上的基板的建議位置以用於在處理腔室中處理。建議位置可用於決定基板處理機器人（例如，移送腔室機器人等）的偏移以將基板放置在處理腔室中。

**【0024】** 在一些實施例中，根據配方在處理腔室中處理基板。可以處理基板以在基板的表面上沉積或蝕刻薄膜層和/或一或多個特徵（例如，可測量特徵）。基板可以是裸基板或不包括產品的測試基板。或者，基板可以是產品基板。特徵可包括分佈在基板的表面上的特徵，例如臺面、點、結構、谷、壁、線、溝槽、凹槽、基準等。在一些範例中，在處理期間，基板可以由處理腔室的基板支撐件（例如，靜電吸盤等）支撐。在一些範例中，在處理之後，基板可具有表面輪廓（例如，厚度輪廓、傾斜輪廓等）。在蝕刻處理配方的範例中，表面輪廓可以指示蝕刻處理期間跨基板的表面的蝕刻率（例如，蝕刻率輪廓）。在一些範例中，蝕刻率可以與傾斜相關，尤其是在基板表面上靠近基板邊緣的位置。

**【0025】** 在一些實施例中，在基板上沉積或蝕刻膜和/或特徵之後，可以將基板從處理腔室移除並輸入到基板測量系統中。在一些實施例中，由基板測量系統基於基板的表面輪廓來產生基板的輪廓圖。基板測量系統可以是，例如，反射測量系統或測量基板的多個位置處的膜的膜厚度和/或特徵的其他測量系統。厚度資訊可用於產生基板的輪廓

圖。或者，可以從其他測量資料產生基板的一或多個其他輪廓圖（例如，光學常數（`optical constants`）或粗糙度、顆粒計數等）。

**【0026】** 接著可以使用模型（例如，經訓練的機器學習模型、基於物理的模型、統計模型、和/或圖像處理器等）來處理膜和/或特徵厚度資訊（例如，厚度輪廓圖）或其他膜和/或特徵資訊（例如，其他輪廓圖，諸如光學常數輪廓圖、粒子計數輪廓圖等），以識別膜的一或多個特性的變化。模型可輸出用於相對於處理腔室中的一或多個元件（例如，靜電吸盤、處理套件環等）放置基板的估計基板放置值。

**【0027】** 在一些實施例中，基於估計的基板放置值來決定基板在基板支撐件上的建議放置。在一些範例中，建議的放置是在基板支撐件（例如，靜電吸盤等）上用於處理基板以滿足目標基板規格（例如，具有小於接近基板邊緣的傾斜的閾值量等）的最佳化放置位置。在一些範例中，基板在基板支撐件上的最佳化位置使得在基板的邊緣和處理套件環的內徑之間的基板周圍存在均勻的間隙。然而，在一些範例中，基板的最佳化位置不提供均勻的間隙。在此類範例中，基板的最佳化位置考慮了處理腔室變數，例如一或多個腔室元件的狀況（例如，處理套件環狀況、噴頭狀況、靜電吸盤狀況等）。在一些實施例中，決定機械臂設定以供將基板放置在建議放置位置處，並且那些設定用於將基板放置到基板支撐件上。

**【0028】** 因此，本文所描述的實施例為處理腔室增加了新的偵測能力，而沒有增加那些處理腔室的成本。在一些實施例中可以利用這些新的偵測能力來提高滿足閾值規格（例如，閾值傾斜規格等）的已處理基板的品質和數量。另外或替代地，本文所述的實施例可用於減少因報廢產品而不符合閾值規格而導致的報廢產品（例如，報廢基板）的量。本文所述的實施例可用於自動最佳化某些處理變數（例如，處理期間的基板放置），以當與傳統基板處理系統相比時，快速且更有效地處理提高品質的基板。具體地，本文所述的實施例可用於產生當與由傳統系統生產的基板相比時，具有更好邊緣特性（例如，傾斜等）的基板。這又可以帶來更高品質的基板、更少的報廢產品等。

**【0029】** 圖 1 描繪了根據本公開的態樣的說明性電腦系統架構 100。電腦系統架構 100 包括客戶端裝置 120、製造設備 122、基板測量系統 126、預測伺服器 112（例如，用於產生預測資料、用於提供模型調適、用於使用知識庫等）、以及資料儲存 150。預測伺服器 112 可以是預測系統 110 的一部分。預測系統 110 可進一步包括伺服器機器 170 和 180。在一些實施例中，電腦系統架構 100 可包括或可以用於處理基板的製造系統（諸如圖 2 A 的製造系統 200）的一部分。在附加或替代實施例中，電腦系統架構 100 可包括或是基板放置預測系統的一部分（例如，評估處理腔室中的一或多個腔室元件的狀況）。關於基板放置預測系統的進一步細節參考圖 3 - 4 提供。

**【0030】** 客戶端裝置 120、製造設備 122、基板測量系統 126、預測系統 110 和 / 或資料儲存 150 的元件可以經由網路 140 彼此耦接。在一些實施例中，網路 140 是向客戶端裝置 120 提供對預測伺服器 112、資料儲存 150 和其他公共可用計算裝置的存取的公共網路。在一些實施例中，網路 140 是私有網路，其向客戶端裝置 120 提供對製造設備 122、基板測量系統 126、資料儲存 150、和 / 或其他私有可用計算裝置的存取。網路 140 可包括一或多個廣域網路 (WAN)、區域網路 (LAN)、有線網路 (例如，以太網路)、無線網路 (例如，802.11 網路或 Wi-Fi 網路)、蜂巢式網路 (例如，長期演進 (LTE) 網路)、路由器、集線器、交換機、伺服電腦、雲計算網路、和 / 或它們的組合。

**【0031】** 客戶端裝置 120 可包括計算裝置，例如個人電腦 (PC)、膝上型電腦、行動電話、智慧型電話、平板電腦、隨身型電腦 (netbook computers)、聯網電視 (「智慧電視」)、聯網媒體播放器 (例如，藍光播放器)、機上盒、機上 (OTT) 串流裝置、操作盒等。

**【0032】** 製造設備 122 可依照配方生產產品。在一些實施例中，製造設備 122 可包括或可以是製造系統的一部分，該製造系統包括被配置以對基板實行不同操作的一或多個站 (例如，處理腔室、移送腔室、裝載鎖、工廠介面等)。

**【0033】** 基板測量系統 126 可以是製造系統的元件，其可用於在一或多個處理腔室中處理那些基板之前和 / 或之後測量這些基板。基板測量系統 126 可被配置成產生光放射

光譜儀資料、反射測量資料、和/或其他計量資料。基板測量系統 1 2 6 可包括一或多個元件，其經配置以在基板已從處理腔室移除之後收集和/或產生與基板表面的輪廓的一或多個部分相關聯的測量資料。

**【0034】** 在一些實施例中，基板測量系統 1 2 6 可被配置為產生與其他製造設備 1 2 2 處理的基板相關聯的計量資料。計量資料可包括膜特性資料（例如，諸如厚度的晶圓空間膜特性）、尺寸（例如，厚度、高度等）、介電常數、摻雜劑濃度、密度、缺陷等中的一或多者的值。計量資料可以是成品或半成品的資料，也可以是測試基板（例如毯式晶圓）的資料。一些實施例參照使用反射測量資料和厚度輪廓圖來決定腔室元件的狀況來討論。然而，應理解，本文中與反射測量資料和厚度輪廓圖相關闡述的原理和實施例也適用於其他類型的計量資料。例如，可以對顆粒計數、塗層的光學常數、塗層的表面粗糙度、塗層的材料組成等進行測量。基板上的許多區域可以進行這樣的測量，並且可以用於產生所測量的基板上的顆粒計數、光學常數、表面粗糙度、材料組成等的輪廓圖。

**【0035】** 基板測量系統 1 2 6 可配置為在基板處理之前或之後產生與基板相關聯的計量資料。基板測量系統 1 2 6 可以與包含製造設備 1 2 2 的製造系統的站整合。在一些實施例中，基板測量系統 1 2 6 可以耦接到維持在真空環境下的處理工具（例如，處理腔室、移送腔室等）的站或者是處理工具的站的一部分。這種基板測量系統 1 2 6 可稱為機載計

量設備（on-board metrology equipment）。因此，當基板處於真空環境時，可以透過基板測量系統126來測量基板。例如，在對基板實行基板處理（例如，蝕刻處理、沉積處理等）之後，可以透過基板測量系統126產生針對經處理基板的計量資料，而無需將經處理基板從真空環境移除。在其他或類似的實施例中，基板測量系統126可以耦接到不維持在真空環境下的製造系統（例如，工廠介面模組等）或是製造系統的一部分。這種基板測量系統126可稱為機載計量設備（on-board metrology equipment）。

**【0036】** 替代於基板測量系統126被包括在製造系統（例如，附接至工廠介面或移送腔室）中，基板測量系統126可以是與製造設備122分離（即，在外部）的裝置。例如，基板測量系統126可以是不耦接到製造設備122的任何站的獨立設備。為了使用分離的基板測量系統126獲得基板的測量結果，製造系統的使用者（例如，工程師、操作員）可以使得在製造設備122處處理的基板從製造設備122移除並傳送到基板測量系統126進行測量。在一些實施例中，基板測量系統126可以將針對基板產生的計量資料傳送到經由網路140耦接到基板測量系統126的客戶端裝置120（例如，用於呈現給製造的使用者，例如操作員或工程師）。在其他或類似的實施例中，製造系統使用者可以從基板測量系統126獲得基板的計量資料，並且可經由客

戶端裝置 120 的圖形使用者介面 (GUI) 將計量資料提供給電腦系統架構。

**【0037】** 資料儲存 150 可以是記憶體 (例如, 隨機存取記憶體)、驅動 (例如, 硬碟驅動、快閃驅動)、資料庫系統、或能夠儲存資料的另一種類型的元件或裝置。資料儲存 150 可包括可跨越多個計算裝置 (例如, 多個伺服器電腦) 的多個儲存元件 (例如, 多個驅動或多個資料庫)。資料儲存 150 可以儲存輪廓圖 (例如, 從反射測量資料、從光譜資料等所產生的), 例如膜厚度輪廓圖和 / 或其他基板輪廓圖。膜厚度輪廓圖和 / 或其他基板輪廓圖可包括歷史圖和 / 或目前圖。

**【0038】** 資料儲存 150 的一或多個部分可被配置為儲存製造系統的使用者不可存取的資料。在一些實施例中, 製造系統使用者可能無法存取儲存在資料儲存 150 處的所有資料。在其他或類似的實施例中, 儲存在資料儲存 150 處的資料的一部分是使用者不可存取的, 而儲存在資料儲存 150 處的資料的另一部分是可以由使用者存取的。在一些實施例中, 使用使用者未知的加密機制對儲存在資料儲存 150 處的不可存取資料進行加密 (例如, 使用私有加密金鑰對資料進行加密)。在其他或類似的實施例中, 資料儲存 150 可包括多個資料儲存, 其中使用者不可存取的資料被儲存在第一資料儲存中, 而使用者可存取的資料被儲存在第二資料儲存中。

**【0039】** 在一些實施例中，預測系統 110 包括伺服器機器 170 和伺服器機器 180。伺服器機器 170 包括訓練集產生器 172，其能夠產生訓練資料集（例如，一組資料輸入和一組目標輸出）以訓練、驗證、和/或測試機器學習模型 190 或機器學習模型 190 的集合。以下參考圖 4 詳細描述訓練集產生器 172 的一些操作。在一些實施例中，訓練集產生器 172 可以將訓練資料分割成訓練集、驗證集、和測試集。

**【0040】** 伺服器機器 180 可包括訓練引擎 182。引擎可以指硬體（例如，電路、專用邏輯、可程式邏輯、微代碼、處理裝置等）、軟體（例如在處理裝置、通用電腦系統、或專用機器上運行的指令）、韌體、微代碼、或其中之組合。訓練引擎 182 能夠訓練機器學習模型 190 或一組機器學習模型 190。機器學習模型 190 可以指由訓練引擎 182 使用包括訓練輸入和相對應的目標輸出（相應訓練輸入的正確答案）的訓練資料建立的模型工件。訓練引擎 182 可以在訓練資料中找到將訓練輸入映射到目標輸出（要預測的答案）的模式，並且提供捕捉這些模式的機器學習模型 190。機器學習模型 190 可包含線性迴歸模型、偏最小平方迴歸模型、高斯迴歸模型、隨機森林模型、支援向量機模型、神經網路、嶺迴歸模型等。

**【0041】** 訓練引擎 182 也能夠使用訓練集產生器 172 的驗證集的對應特徵集來驗證訓練的機器學習模型 190。在一些實施例中，訓練引擎 182 可以為一組經訓練的機器學習模型 190 中的每一者分配效能評級。效能評級可以對應於

相對應經訓練模型的準確度、相對應模型的速度、和/或相對應模型的效率。根據本文所述的實施例，訓練引擎 182 可選擇具有滿足由預測引擎 114 所使用的效能標準的效能評級的經訓練機器學習模型 190。關於訓練引擎 182 的進一步細節參考圖 5 提供。

**【0042】** 預測伺服器 112 包括預測引擎 114，預測引擎 114 能夠提供來自基板測量系統 126 的資料（例如，膜厚度輪廓圖）作為經訓練機器學習模型 190 的輸入並且對於輸入運行經訓練模型 190 以獲得一或多個輸出。在一些實施例中，由預測引擎 114 運行的經訓練模型 190 被訓練引擎 182 選擇為具有符合效能標準的效能評級。如關於圖 6 所進一步描述的，在一些實施例中，預測引擎 114 使用模型 190 處理輸入資料以評估用於在處理腔室中處理基板的基板放置。

**【0043】** 應注意到，在一些其他實施方式中，伺服器機器 170 和 180 以及預測伺服器 112 的功能可以由較大或較小數量的機器提供。例如，在一些實施例中，伺服器機器 170 和 180 可以整合到單個機器中，而在一些其他或類似的實施例中，伺服器機器 170 和 180 以及預測伺服器 112 可以整合到單個機器中。一般而言，在一種實施方式中描述為由伺服器機器 170、伺服器機器 180、和/或預測伺服器 112 實行的功能也可以在客戶端裝置 120 上實行。此外，歸因於特定元件的功能可以由一起操作的不同或多個元件來實行。

【0044】 在實施例中，「使用者」可被表示為單個個體。然而，本公開的其他實施例涵蓋「使用者」作為由複數個使用者和/或自動化源所控制的實體。例如，聯合為一組管理員的一組個別使用者可被視為「使用者」。

【0045】 圖2是根據本公開的態樣的範例製造系統200的俯視示意圖。製造系統200可以在基板202上實行一或多個處理。根據本公開的態樣，基板202可以是任何合適的剛性、固定尺寸的平面製品，例如，適合在其上製造電子裝置或電路元件的含矽盤或晶圓、圖案化晶圓、玻璃板等。在一些實施例中，根據關於圖1所描述的實施例，製造系統200可包含或者是電腦系統架構110的一部份。

【0046】 製造系統200可包括處理工具204和耦接到處理工具204的工廠介面206。處理工具204可包括其中具有移送腔室210的殼體208。移送腔室210可包括佈置在其周圍並與其耦接的一或多個處理腔室（也稱為處理腔室）214、216、218。處理腔室214、216、218可以穿過諸如狹縫閥等的相應端口耦接到移送腔室210。移送腔室210亦可包括移送腔室機器人212，移送腔室機器人212被配置為在處理腔室214、216、218、裝載鎖220等之間傳送基板202。移送腔室機器人212可包括一或多個臂，其中每個臂在每個臂的末端包括一或多個端效器。端效器可被配置以處理特定物體，例如晶圓。

【0047】 在一些實施例中，移送腔室210亦可包括計量設備，例如附接到其上的基板測量系統126。基板測量系統

126可配置以在基板處理之前或之後產生與基板202相關聯的計量資料，同時基板被維持在真空環境中。如圖2A所示，基板測量系統126可附接到移送腔室210或設置於移送腔室210內。如果基板測量系統126設置在移送腔室210內或耦接到移送腔室210，則可以產生與基板202相關聯的計量資料，而無需將基板202從真空環境移除（例如，傳送到工廠介面206）。

**【0048】** 處理腔室214、216、218可適於在基板202上實行任意數量的處理。在每個處理腔室214、216、218中可以進行相同或不同的基板處理。基板處理可包括原子層沉積（ALD）、物理氣相沉積（PVD）、化學氣相沉積（CVD）、蝕刻、退火、固化、預清潔、金屬或金屬氧化物去除等。可以在其中的基板上實行其他處理。

**【0049】** 裝載鎖220亦可耦接到殼體208和移送腔室210。裝載鎖220可被配置為在一側與移送腔室210對接並耦接和在另一側與工廠介面206對接並耦接。裝載鎖220可具有環境控制的大氣，在一些實施例中該大氣可從真空環境（其中基板可被傳送到移送腔室210和從移送腔室210傳送）變為大氣壓（或接近大氣壓）的惰性氣體環境（其中基板可被傳送到工廠介面206和從工廠介面206傳送）。

**【0050】** 工廠介面206可以是任何合適的外殼，例如設備前端模組（EFEM）。工廠介面206可被配置以從停靠在工廠介面206的各個裝載端口224處的基板載體222（例如，前開式晶圓傳送盒（FOUP））接收基板202。工廠介

面機器人 226（以虛線示出）可被配置為在基板載體 222（也稱為容器）和裝載鎖 220 之間傳送基板 202。在其他和/或類似的實施例中，工廠介面 206 可被配置為從替換部件儲存容器接收替換部件。

**【0051】** 在一些實施例中，製造系統 200 可包括附接到工廠介面 206 的基板測量系統 126。附接到工廠介面的基板測量系統 126 可被配置為在基板 202 被放置在真空環境中（例如，被傳送到裝載鎖 220）之前和/或在基板 202 被從真空環境移除之後（例如，從裝載鎖 220 移除）產生與基板 202 相關聯的計量資料。

**【0052】** 製造系統 200 亦可連接到客戶端裝置（例如，圖 1 的客戶端裝置 120），該客戶端裝置被配置為向使用者（例如，操作員）提供關於製造系統 200 的資訊。在一些實施例中，客戶端裝置可經由一或多個圖形使用者界面（GUI）向製造系統 200 的使用者提供資訊。例如，客戶端裝置可經由 GUI 提供關於處理腔室 214、216、218 的一或多個腔室狀況度量（例如，在實行基板處理時）的資訊。

**【0053】** 製造系統 200 亦可包括或耦接至系統控制器 228。系統控制器 228 可以是和/或包括諸如個人電腦、伺服器電腦、可程式化邏輯控制器（PLC）、微控制器等的計算裝置。系統控制器 228 可包括一或多個處理裝置，其可以是通用處理裝置，例如微處理器、中央處理單元等。更具體而言，處理裝置可以是複雜指令集計算（CISC）微處理器、精簡指令集計算（RISC）微處理器、超長指令字

集 ( V L I W ) 微處理器、或實施其他指令集的處理器或實施指令集的組合的處理器。處理裝置亦可以是一或多個專用處理裝置例如特殊應用積體電路 ( A S I C )、場式可程式閘陣列 ( F P G A )、數位訊號處理器 ( D S P )、網路處理器等。系統控制器 2 2 8 可包括資料儲存裝置 ( 例如，一或多個磁碟驅動和 / 或固態驅動 )、主記憶體、靜態記憶體、網路介面和 / 或其他元件。系統控制器 2 2 8 可執行指令以實行本文描述的方法和 / 或實施例中的任意一或多者。在一些實施例中，系統控制器 2 2 8 可執行指令以實行根據處理配方在製造系統 2 0 0 處的一或多個操作。指令可儲存在電腦可讀取儲存媒體上，電腦可讀取儲存媒體可包括主記憶體、靜態記憶體、次要儲存和 / 或處理裝置 ( 在指令的執行期間 )。

**【0054】** 在一些實施例中，系統控制器 2 2 8 可以基於已經經歷處理腔室 2 1 4、2 1 6、2 1 8 處理的基板的測量從基板測量系統 1 2 6 接收資料。系統控制器 2 2 8 接收的資料可包括光譜資料、反射測量資料和 / 或基板 2 0 2 的全部或一部分的其他資料。從基板測量系統 1 2 6 接收的資料可以儲存在資料儲存 2 5 0 中。資料儲存 2 5 0 可以作為系統控制器 2 2 8 內的元件被包括，或者可以是與系統控制器 2 2 8 分離的元件。在一些實施例中，資料儲存 2 5 0 可以是或包括資料儲存 1 5 0 的一部分，如關於圖 1 所描述的。

**【0055】** 圖 2 B 示出了可用於測量經處理的基板的基板測量系統 2 5 1 的一個實施例。基板測量系統 2 5 1 可以是整合測

量和 / 或成像系統（例如，整合反射測量（IR）系統），其被配置為在基板 264 在處理腔室中被處理之後測量跨過基板 264 的表面的膜特性（例如，諸如厚度）。反射測量是一種測量技術，它使用經測量的從物體反射的光的變化來決定物體的幾何和 / 或材料特性。反射光譜儀測量一定波長範圍內的反射光強度。對於介電膜，這些強度變化可用於決定膜的厚度。

**【0056】** 例如，可以使用基板測量系統 251 來監測用於蝕刻和沉積處理的一或多個基板上的處理結果，包括膜厚度。整合測量和 / 或成像系統可用於在基板 264 仍在裝置製造系統中時測量基板 264 的表面。在一些實施例中，基板測量系統 251 可以對應於基板測量系統 126。基板測量系統 251 可以連接至工廠介面或移送腔室。或者，基板測量系統 251 可以定位在工廠介面或移送腔室的內部。基板測量系統 251 亦可以是不連接到製造系統的獨立系統。基板測量系統 251 可以與工廠介面以及外部環境機械隔離，以保護基板測量系統 251 免受外部振動。在一些實施例中，基板測量系統 251 及其所包含的元件可提供分析測量（例如，厚度測量），該分析測量可提供跨基板 264 的表面的均勻性輪廓（在本文中稱為輪廓圖）。計算裝置可處理來自基板測量系統 251 的資料並向使用者提供回饋。基板測量系統 251 可以是能夠在基板已在腔室中處理過之後，在該基板的一部分或整個基板上測量膜厚度和 / 或其他膜特性（例如光學常數、粒子計數、粗糙度等）的組件。測量

結果可用於決定何時對處理腔室實行維護、何時在基板上實行進一步測試、何時將基板標記為不符合規格、在基板處理期間基板的放置等。

**【0057】** 當基板 264 被降低並固定到基板支撐件 256（例如，吸盤）上時，基板 264 的中心可以偏離吸盤的中心。基板測量系統 251 的處理裝置可決定基板 264 的中心與吸盤的中心（吸盤的中心對應於吸盤繞其旋轉的旋轉軸）256 之間的一或多個座標變換，並應用一或多個座標變換以校正偏移，如下文更詳細描述。

**【0058】** 基板測量系統 251 可包括旋轉致動器 252 和線性致動器 254。旋轉致動器 252 可以是馬達、旋轉致動器（例如，電動旋轉致動器）等。線性致動器 254 可以是電動線性致動器，其可將馬達中的旋轉運動轉換成沿軸線的線性或直線運動。基板測量系統 251 可包括基板支撐件 256、相機 258、感測器 260 和處理裝置 262。

**【0059】** 基板支撐件 256 可以是真空吸盤、靜電吸盤、磁性吸盤、機械夾盤（例如，四爪夾盤、三爪夾盤、邊緣/環夾盤等）或其他類型的吸盤。基板支撐件 256 可以固定基板 264（例如，晶圓）。旋轉致動器 252 可以使基板支撐件 256 繞第一軸線 253 旋轉。旋轉致動器 252 可以由伺服控制器和/或伺服馬達控制，這可以允許精確控制旋轉致動器的旋轉位置、速度和/或加速度以及因此可允許精確控制基板支撐件 256 的旋轉位置、速度和/或加速度。線性致動器 254 可沿著第二軸線 255 線性地移動基板支撐件 256。線性致動

器 2 5 4 可以由伺服控制器和 / 或伺服馬達 2 7 2 控制，這可以允許精確控制線性致動器 2 5 4 的線性位置、速度和加速度以及因此可以允許精確控制基板支撐件 2 5 6 的線性位置、速度和加速度。

**【0060】** 相機 2 5 8 可以定位在基板支撐件 2 5 6 上方，並且可以產生由基板支撐件 2 5 6 保持的基板 2 6 4 的一或多個圖像。相機 2 5 8 可以是光學相機、紅外線相機、或其他合適類型的相機。感測器 2 6 0 亦可定位在基板支撐件 2 5 6 上方，並且可以一次測量基板上的至少一個目標位置（例如，可以產生目標位置的反射測量結果或其他測量結果）。相機 2 5 8 和感測器 2 6 0 可以固定在基板測量系統 2 5 1 上的固定位置，而基板支撐件 2 5 6 可以透過旋轉致動器 2 5 2 和線性致動器 2 5 4 以  $r$ - $\theta$  運動移動。

**【0061】** 在一些實施例中，處理裝置 2 6 2 可基於由相機 2 5 8 產生的基板 2 6 4 的一或多個圖像來決定基板 2 6 4 不在基板支撐件 2 5 6 上居中。當基板 2 6 4 最初放置在基板支撐件 2 5 6 上時，基板 2 6 4 可能不位於基板支撐件 2 5 6 的中心。機器人葉片 2 7 0 可以將基板 2 6 4 放置在傳送站 2 6 8（例如，一組升舉銷）上。基板支撐件 2 5 6 可沿著第二軸線 2 5 5 在第一方向上移動，使得基板支撐件 2 5 6 定位在傳送站 2 6 8 處。傳送站 2 6 8 可位於升舉機構 2 6 6 上（或可以是一組升舉銷），其可以在垂直方向上（即垂直於第二軸線 2 5 5 並且平行於第一軸線 2 5 3）上下移動傳送站 2 6 8。當基板支撐件 2 5 6 定位在傳送站 2 6 8 處時，基板 2 6 4 可以由基板支撐件 2 5 6

接收。基板 264 可以不位於基板支撐件 256 的中心。基板支撐件 256 可沿著第二軸線 255 在第二方向上移動，直到感測器 260 偵測到基板 264 的邊緣處於目標位置。

**【0062】** 基板支撐件可以旋轉 360 度，並且可以在基板支撐件的旋轉期間產生圖像。可以利用吸盤在各種不同的  $\theta$  值處進行一或多個測量和 / 或圖像產生，並且偵測到的邊緣位置可以變化。偵測到的邊緣的變化可以指示基板（其可以是圓形基板）偏離中心。此外，所決定的偵測到的邊緣的變化可以用於計算偏移量。

**【0063】** 在一個實施例中，參數  $(r, \theta)$  決定基板相對於平台的偏移。利用這些參數，運動系統可以建立正向和反向轉換，其將平台的  $(r, \theta)$  座標轉換為基板的  $(r, \theta)$  座標。接著，運動系統可計算基板的空間中的軌跡，同時發送命令以移動附接至基板支撐件 256 的馬達。在一個實施例中，運動系統可以計算任意空間中的軌跡，因為它運行連接到線性致動器和旋轉致動器的運動驅動（例如，透過 EtherCAT 網路）的即時控制軟體。處理裝置 262 可計算校正軌跡並將指令位置即時地（例如，以 1 kHz 的速率）傳送到運動驅動。

**【0064】** 在一些實施例中，用於測量目標位置的旋轉致動器 252 對基板支撐件 256 的旋轉造成感測器 260 的視場和基板 264 上的目標位置之間的偏移，這是由於基板 264 沒有在基板支撐件 256 上居中。在這種情況下，線性致動器 254 可沿著第二軸線線性地移動基板支撐件 256 以校正偏移。

接著，感測器 260 可以測量基板 264 上的目標位置。一旦測量了基板上的所有目標點的測量，處理裝置 262 可基於測量值決定跨基板 264 的表面的均勻性輪廓。

**【0065】** 在一些實施例中，處理裝置 262 可決定在基板支撐件 256 的旋轉期間應用的基板支撐件 256 的中心（對應於基板支撐件 256 繞其旋轉的第一軸線 253）與基板 264 的中心之間的一或多個座標轉換，以校正偏移。

**【0066】** 圖 2C 是根據本公開的態樣的基板測量系統 282 的橫截面示意性側視圖。基板測量系統 282 可被配置為在處理腔室處處理基板 202 之前或之後獲得諸如圖 2A 的基板 202 之類的基板的一或多個部分的測量。基板測量系統 282 可以對應於實施例中的圖 2A 的基板測量系統 126。基板測量系統 282 可以透過產生與基板 202 的一部分相關聯的資料來獲得基板 202 的一部分的測量。在一些實施例中，基板測量系統 282 可以被配置為產生與基板 202 相關的光譜資料、位置資料、和 / 或其他屬性資料。

**【0067】** 基板測量系統 282 可以被配置為產生基板的一或多個類型的資料，包括光譜資料、位置資料、基板屬性資料等。基板測量系統 282 可以回應於請求而產生基板的資料，以在製造系統處處理基板之前或之後獲得基板的一或多個測量值。基板測量系統 282 可包括促進產生基板資料的一或多個元件。例如，基板測量系統可包括光譜感測元件，用於感測光譜或來自基板的一部分的光譜並產生基板的光譜資料。在一些實施例中，光譜感測元件可

以是可交換的元件，其可基於在製造系統處實行的處理類型或要在基板測量子系統處獲得的測量的目標類型來配置。例如，光譜感測元件的一或多個元件可以在基板測量子系統處交換，以使得能夠收集反射光譜資料、橢圓偏光光譜資料、高光譜成像資料、化學成像（例如，X射線光電子能譜（XPS））、能量散佈X射線光譜（EDX）、（X射線螢光（XRF）等）資料等。

**【0068】** 基板測量子系統282可包括控制器283，控制器283被配置為執行用於產生與基板202的一部分相關聯的資料的一或多個指令。基板測量子系統282可包括基板感測元件284，其被配置為偵測基板202何時被傳送到基板測量子系統282。基板感測元件284可以包括被配置為偵測基板202何時被傳送到基板測量子系統282的任何元件。例如，基板感測元件284可包括光學感測元件，其將光束穿過入口傳輸到基板測量子系統282。當基板202被放置在基板測量子系統282內時，基板感測元件284可回應於基板202阻斷穿過入口到基板測量子系統282傳輸的光束來偵測基板202已經被傳送到基板測量子系統282。回應於偵測到基板202已傳送至基板測量子系統282，基板感測元件284可將指示傳送至控制器283，指示基板202已被傳送至基板測量子系統282。

**【0069】** 在一些實施例中，基板感測元件284可進一步被設置為偵測與基板202相關聯的識別資訊。在一些實施例中，當基板202被傳送到基板測量子系統282時，基板202

可以嵌入基板載體（未示出）內。基板載體可包括能夠識別基板 202 的一或多個配準特徵。例如，基板感測元件 284 的光學感測元件可以偵測到嵌入在基板載體內的基板 202 已經阻斷了穿過入口至基板測量量子系統 282 傳輸的光束。光學感測元件可進一步偵測包含在基板載體上的一或多個配準特徵。回應於偵測到一或多個配準特徵，光學感測元件可產生與一或多個配準特徵相關聯的光學簽章（signature）。基板感測元件 284 可將光學感測元件產生的光學簽章連同基板已經放置在基板測量量子系統 282 內的指示一起傳送到控制器 283。回應於從感測元件 284 接收光學簽章，控制器 283 可以分析光學簽章以決定與基板 202 相關聯的識別資訊。與基板 202 相關聯的識別資訊可包括基板 202 的識別符、基板 202 的處理的識別符（例如，批量數或處理運行數）、基板 202 的類型的識別符（例如，晶圓等）等。

**【0070】** 基板測量量子系統 282 可包括被配置為決定基板測量量子系統 282 內的基板 202 的位置和 / 或定向的一或多個元件。基板 202 的位置和 / 或定向可以基於基板 202 的參考位置的識別來決定。參考位置可以是基板 202 的一部分，其包括與基板 202 的特定部分相關聯的識別特徵。例如，基板 202 可具有嵌入在基板 202 的中心部分的參考標籤。在另一範例中，基板 202 可具有在基板 202 的中心部分處包含在基板 202 的表面上的一或多個結構特徵。控制器 283 可以基於所決定的基板 202 的識別資訊來決定與基板 202 的特定

部分相關聯的識別特徵。例如，回應於決定基板 202 是晶圓，控制器 283 可決定通常包括在晶圓的一部分的一或多個識別特徵。

**【0071】** 控制器 283 可以使用被配置為捕捉基板 202 的圖像資料的一或多個相機元件 285 來識別基板 202 的參考位置。相機元件 285 可產生基板 202 的一或多個部分的圖像資料並將該圖像資料傳輸至控制器 283。控制器 283 可以分析圖像資料以識別與基板 202 的參考位置相關聯的識別特徵。控制器 283 可進一步基於經識別的基板 202 的識別特徵來決定如圖像資料中所描繪的基板 202 的位置和 / 或定向。控制器 283 可基於所識別的基板 202 的識別特徵及所決定的基板 202 的位置和 / 或定向來決定基板 202 的位置和 / 或定向，如圖像資料中所描繪。

**【0072】** 回應於決定基板 202 的位置和 / 或定向，控制器 283 可產生與基板 202 的一或多個部分相關聯的位置資料。在一些實施例中，位置資料可包括一或多個座標（例如，笛卡爾座標、極座標等），每個座標與基板 202 的一部分相關聯，其中每個座標是基於距基板 202 的參考位置的距離來決定的。例如，回應於決定基板 202 的位置和 / 或定向，控制器 283 可產生與基板 202 的包括參考位置的部分相關聯的第一位置資料，其中第一位置資料包括 (0, 0) 的笛卡爾座標。控制器 283 可產生與相對於參考位置的基板 202 的第二部分相關聯的第二位置資料。例如，位於參考位置正東方約 2 奈米 (nm) 的基板 202 的部分可以被分

配笛卡爾座標 ( 0 , 1 ) 。在另一範例中，位於參考位置正北方 5 n m 處的基板 2 0 2 的部分可以被分配笛卡爾座標 ( 1 , 0 ) 。

**【0073】** 控制器 2 8 3 可以基於為基板 2 0 2 所決定的位置資料來決定要測量的基板 2 0 2 的一或多個部分。在一些實施例中，控制器 2 8 3 可接收與基板 2 0 2 相關聯的處理配方的一或多個操作。在此類實施例中，控制器 2 8 3 可進一步基於處理配方的一或多個操作來決定要測量的基板 2 0 2 的一或多個部分。例如，控制器 2 8 3 可接收對基板 2 0 2 實行蝕刻處理的指示，其中幾個結構特徵被蝕刻到基板 2 0 2 的表面上。結果，控制器 2 8 3 可以決定要測量的一或多個結構特徵以及這些特徵在基板 2 0 2 的各個部分的預期位置。

**【0074】** 基板測量子系統 2 8 2 可包括用於測量基板 2 0 2 的一或多個測量元件。在一些實施例中，基板測量子系統 2 8 2 可包括一或多個光譜感測元件 2 8 7，其被配置為產生基板 2 0 2 的一或多個部分的光譜資料。如先前所討論的，光譜資料可對應於所偵測到的波的每個波長的所偵測到的能量波的強度（即，能量的強度或量）。

**【0075】** 在一個實施例中，多個波長可包括在由基板測量子系統 2 8 2 接收的反射能量波中。每個反射的能量波可以與基板 2 0 2 的不同部分相關聯。在一些實施例中，可以測量由基板測量子系統 2 8 2 接收的每個反射能量波的強度。可以針對由基板測量子系統 2 8 2 接收的反射能量波的每個波長來測量每個強度。每個強度和每個波長之間的關聯可

以是形成光譜資料的基礎。在一些實施例中，一或多個波長可以與在強度值的預期範圍之外的強度值相關聯。在此類實施例中，在強度值的預期範圍之外的強度值可以是對在基板 202 的一部分處存在缺陷的指示。

**【0076】** 用於測量基板 202 的測量元件亦可包括被配置為收集和產生非光譜資料的非光譜感測元件。例如，測量元件可包括渦流感測器或電容感測器。儘管本說明的一些實施例可參照收集和使用基板 202 的光譜資料，但本說明的實施例可適用於為基板 202 收集的非光譜資料。

**【0077】** 光譜感測元件 287 可以被配置成偵測從基板 202 的一部分反射的能量波並產生與所偵測到的波相關聯的光譜資料。光譜感測元件 287 可包括波產生器 288 和反射波接收器 291。在一些實施例中，波產生器 288 可以是被配置為產生朝向基板 202 的一部分的光束的光波產生器。在這樣的實施例中，反射波接收器 291 可以被配置為接收來自基板 202 的該部分的反射光束。波產生器 288 可被配置成產生能量流 289（例如，光束）並將能量流 289 傳輸到基板 202 的一部分。反射能量波 290 可從基板 202 的部分反射並被反射波接收器 291 接收。儘管圖 2C 示出了從基板 202 的表面反射的單一能量波，多個能量波可以從基板 202 的表面反射並由反射波接收器 291 接收。

**【0078】** 回應於反射波接收器 291 從基板 202 的部分接收反射能量波 290，光譜感測元件 287 可以測量包含在反射能量波 289 中的每個波的波長。光譜感測元件 287 可進一步測

量每個測量波長的強度。回應於測量每個波長和每個波長強度，光譜感測元件 287 可產生基板 202 的該部分的光譜資料。光譜感測元件 287 可以將產生的光譜資料傳送到控制器 283。控制器 283 可回應於接收所產生的光譜資料，產生所接收的光譜資料和基板 202 的測量部分的位置資料之間的映射。

**【0079】** 基板測量量子系統 282 可以被配置為基於要在基板測量量子系統 282 處獲得的測量的類型來產生特定類型的光譜資料。在一些實施例中，光譜感測元件 287 可以是被配置為產生一種類型的光譜資料的第一光譜感測元件。例如，光譜感測元件 287 可以被配置為產生反射光譜資料、橢圓偏光光譜資料、高光譜成像資料、化學成像資料、熱光譜資料或傳導光譜資料。在這樣的實施例中，第一光譜感測元件可以從基板測量量子系統 282 移除並以第二光譜感測元件替換，第二光譜感測元件被配置為產生不同類型的光譜資料（例如，反射光譜資料、橢圓偏光光譜資料、高光譜成像資料或化學成像資料）。

**【0080】** 控制器 283 可以基於針對基板 202 的一或多個部分所獲得的測量的類型來決定針對基板 202 所產生的資料類型（即，光譜資料、非光譜資料）。在一些實施例中，控制器 283 可以基於從圖 2A 的系統控制器 228 接收的通知來決定一或多個類型的測量。在其他或類似的實施例中，控制器 283 可以基於指令來決定一或多個類型的測量以產生對基板 202 的一部分的測量。回應於決定要獲得的一或

多個類型的測量，控制器 283 可以決定要為基板 202 產生的資料的類型。例如，控制器 283 可以決定要為基板 202 產生光譜資料，並且第二光譜感測元件是用於獲得基板 202 的一或多個部分的所決定類型的測量的最佳感測元件。回應於決定第二感測元件是最佳感測元件，控制器 283 可以向系統控制器發送通知，指示第一光譜感測元件應被第二光譜感測元件替換並且第二光譜感測元件應被用於獲得對基板 202 的一或多個部分的一或多個類型的測量。系統控制器 128 可將通知傳輸到連接到製造系統的客戶端裝置，其中客戶端裝置可以經由 GUI 向製造系統的使用者（例如，操作員）提供通知。

**【0081】** 在其他或類似的實施例中，光譜感測元件 287 可被配置為產生多種類型的光譜資料。在這樣的實施例中，根據先前描述的實施例，控制器 283 可使得光譜感測元件 287 基於要針對基板 202 的一或多個部分獲得的測量的類型來產生特定類型的光譜資料。回應於決定要獲得的測量的類型，控制器 283 可以決定要由光譜感測元件 287 產生第一類型的光譜資料。基於決定第一類型光譜資料將由光譜感測元件 287 產生，控制器 283 可以使光譜感測元件 287 產生用於基板 202 的一或多個部分的第一類型的光譜資料。

**【0082】** 如前文所述，控制器 283 可以決定基板 202 的一或多個部分以在基板測量子系統 282 處進行測量。在一些實施例中，一或多個測量元件，例如光譜感測元件 287，

可以是基板測量系統 282 內的固定元件。在這樣的實施例中，基板測量系統 282 可包括一或多個定位元件 295，其被配置為修改基板 202 相對於光譜感測元件 287 的位置和 / 或定向。在一些實施例中，定位元件 295 可以被配置為相對於光譜感測元件 287 沿著第一軸線和 / 或第二軸線平移基板 202。在其他或類似的實施例中，定位元件 295 可以被配置為相對於光譜感測元件 287 圍繞第三軸線旋轉基板 202。

**【0083】** 當光譜感測元件 287 產生基板 202 的一或多個部分的光譜資料時，定位元件 295 可根據基板 202 的一或多個決定的待測量部分來修改基板 202 的位置和 / 或定向。例如，在光譜感測元件 287 產生基板 202 的光譜資料之前，定位元件 295 可將基板 202 定位在笛卡爾座標 (0, 0) 處，且光譜感測元件 287 可在笛卡爾座標 (0, 0) 處產生基板 202 的第一光譜資料。回應於光譜感測元件 287 在笛卡爾座標 (0, 0) 處產生基板 202 的第一光譜資料，定位元件 240 可以沿著第一軸線平移基板 202，使得光譜感測元件 287 被配置成在笛卡爾座標 (0, 1) 處產生基板 202 的第二光譜資料。回應於光譜感測元件 287 在笛卡爾座標 (0, 1) 處產生基板 202 的第二光譜資料，控制器 283 可以沿著第二軸線旋轉基板 202，使得光譜感測元件 287 被配置成在笛卡爾座標處 (1, 1) 產生基板 202 的第三光譜資料。此處理可以發生多次，直到為基板 202 的每個決定部分產生光譜資料。

**【0084】** 在一些實施例中，材料的一或多個層 297 可被包括在基板 202 的表面上。一或多個層 297 可包括蝕刻材料、光阻劑材料、遮罩材料、沉積材料等。在一些實施例中，一或多個層 297 可包括根據在處理腔室中實行的蝕刻處理而被蝕刻的蝕刻材料。在這樣的實施例中，根據先前所公開的實施例，可以對沉積在基板 202 上的層 297 的未被蝕刻的蝕刻材料的一或多個部分收集光譜資料。在其他或類似的實施例中，一或多個層 297 可包括已經根據在處理腔室中的蝕刻處理被蝕刻的蝕刻材料。在此類實施例中，可以將一或多個結構特徵（例如，線、柱、開口等）蝕刻到基板 202 的一或多個層 297 中。在此類實施例中，可以針對蝕刻到基板 202 的一或多個層 297 中的一或多個結構特徵收集光譜資料。

**【0085】** 在一些實施例中，基板測量子系統 282 可包括一或多個附加感測器，其被配置為捕獲基板 202 的附加資料。例如，基板測量子系統 282 可包括被配置為決定基板 202 的厚度、沉積在基板 202 的表面的膜的厚度等的附加感測器。每個感測器可被配置為將捕獲的資料傳輸到控制器 283。

**【0086】** 根據本文所述的實施例，回應於接收基板 202 的光譜資料、位置資料或屬性資料中的至少一者，控制器 283 可將接收到的資料傳輸至系統控制器 228 以用於處理和分析。

**【0087】** 在一些實施例中，基板測量系統 282 包括連接到控制器 283 的一或多個圖像捕捉裝置 299，例如相機（例如，包括互補金屬氧化物半導體（CMOS）感測器或電荷耦合裝置（CCD）感測器）。圖像捕捉裝置 299 可以產生圖像（例如，二維（2D）彩色圖像、紅外線（IR）圖像、近紅外線圖像等）。在實施例中，圖像可以與光譜感測元件 287 產生的光譜資料一起由一或多個經訓練的機器學習模型處理，以做出關於實施例中的一或多個腔室元件的決定。

**【0088】** 圖 3 描繪了根據本公開的態樣的用於處理腔室的基板放置預測的說明性系統架構 300。在一些實施例中，系統架構 300 可包括電腦架構 100 和 / 或製造系統 200 的一或多個元件或可以是電腦架構 100 和 / 或製造系統 200 的一或多個元件的一部分。系統架構 300 可包括製造設備 122（例如，基板測量系統 126）、伺服器機器 320、和伺服器機器 350 的一個或多個元件。

**【0089】** 如前文所述，製造設備 122 可依照配方或者透過在一段時間內實行運行來產生產品。製造設備 122 可包括處理腔室 310，處理腔室 310 被配置為根據基板處理配方對基板實行基板處理。在一些實施例中，配方可以是在測試基板上沉積膜的覆蓋晶圓配方。在一些實施例中，配方可以是蝕刻測試基板的表面的覆蓋晶圓配方。在一些實施例中，處理腔室 310 可以是參考圖 2A 所描述的處理腔室

214、216、218中的任一個。製造設備122亦可包括基板測量系統126，如本文所述。

**【0090】** 製造設備122可以耦接到伺服器機器320。伺服器機器320可包括處理裝置322和/或資料儲存332。在一些實施例中，處理裝置322可被配置為執行一或多個指令以在製造設備122處實行操作。例如，處理裝置322可包括參考圖2A所描述的系統控制器228或可以是系統控制器228的一部分。在一些實施例中，資料儲存332可包括資料儲存150和/或資料儲存250或可以是資料儲存150和/或資料儲存250的一部分。

**【0091】** 處理裝置322可被配置為從製造設備122的一或多個元件接收資料（即，經由網路）。例如，處理裝置322可以接收在處理腔室中已處理基板之後由基板測量系統126收集的表面輪廓資料（例如，晶圓圖、厚度輪廓資料等）336。在另一個範例中，處理裝置322可以在對基板進行基板處理之前和/或之後接收其他計量設備收集的計量資料。計量資料可包括由整合計量設備為基板產生的計量測量值。在一些實施例中，處理裝置322可將所接收的光譜資料、膜厚度輪廓資料、基板厚度輪廓資料、和/或所接收的計量資料儲存在資料儲存332處。

**【0092】** 處理裝置352可包括基板放置引擎330。處理裝置322處的基板放置引擎330可經配置以決定用於在處理腔室310中處理的基板的建議放置（例如，建議位置）。處理腔室310可以是處理被測量基板的處理腔室。基板放

置引擎 330 可以根據基板表面輪廓資料 336 決定在處理基板的處理腔室 310 中處理的一或多個基板的一或多個基板放置度量。在一些實施例中，基板放置度量可包括指示感測器資料中存在的特定資料組合、相關性、模式和/或關係的相關性的一系列值（例如，向量、矩陣等）。例如，基板放置度量可包括特徵向量，特徵向量包括指示資料中特定特徵的存在或不存在的二進位值。

**【0093】** 可以將基板放置度量與基板放置度量的已知模式和/或組合（例如，目標基板放置度量）進行比較。目標基板放置度量可以與用於基板的最佳處理的理想基板放置相關聯。回應於決定基板放置度量滿足一或多個基板放置標準（例如，與滿足諸如閾值傾斜規範等閾值規範的已處理基板有關的狀況），基板放置引擎 330 可決定基板的建議放置進行處理和/或可以向使用者提供警報。在一些實施例中，基板放置標準可包括由基板放置度量指示的值的指定組合。一旦決定了基板放置，基板放置引擎 330 可以輸出指令以供機械臂使用特定設置（例如，x 設置和/或 y 設置）以在將基板放置在基板支撐件上時使用。

**【0094】** 如圖 3 所示，在一些實施例中，處理裝置 322 可以包括訓練集產生器 324 和/或訓練引擎 326。在一些實施例中，訓練集產生器 324 可以對應於訓練集產生器 172 和/或訓練引擎 326 可以對應於訓練引擎 182，如參照圖 1 所描述。訓練集產生器 324 可以被配置為產生訓練集 340 以訓練機器學習模型 334 或一組機器學習模型 334。例如，訓練集

產生器 3 2 4 可以基於歷史基板表面輪廓資料 3 3 6 產生訓練輸入。基板表面輪廓資料 3 3 6（例如，厚度輪廓圖）可以與在處理腔室中處理的一或多個基板的表面上的蝕刻率和 / 或傾斜相關聯。在一些實施例中，訓練集產生器 3 2 4 可以從資料儲存 3 3 2 檢索歷史基板表面輪廓資料 3 3 6（例如，基板厚度輪廓資料）以產生訓練輸入。訓練集產生器 3 2 4 可以基於歷史基板表面輪廓資料 3 3 6 產生指示訓練輸入的估計基板放置值（例如，基板放置度量）的目標輸出。訓練集產生器 3 2 4 可將產生的訓練輸入和產生的目標輸出包括在訓練集 3 4 0 中。對於每個歷史基板厚度輪廓，訓練集 3 4 0 可以另外包括基板放置的指示符（例如，在諸如靜電吸盤的基板支撐件上相對於處理套件環的內徑）。參考圖 5 提供了關於產生訓練集 3 4 0 的進一步細節。

**【0095】** 訓練引擎 3 2 6 可以被配置為訓練、驗證、和 / 或測試機器學習模型 3 3 4 或機器學習模型 3 3 4 的集合。訓練引擎 3 2 6 可以提供訓練集 3 4 0 來訓練機器學習模型 3 3 4 並且將經訓練的機器學習模型 3 3 4 儲存在資料儲存 3 3 2 處。在一些實施例中，訓練引擎 3 2 6 可以使用驗證集 3 4 2 來驗證經訓練的機器學習模型 3 3 4。驗證集 3 4 2 可包括表面輪廓資料 3 3 6 和相關聯的腔室元件狀況度量。訓練集產生器 3 2 4 和 / 或訓練引擎 3 2 6 可以基於歷史表面輪廓資料 3 3 6 產生驗證集 3 4 2。在一些實施例中，驗證集 3 4 2 可包括與訓練集 3 4 0 中包含的歷史表面輪廓資料 3 3 6 不同的歷史表面輪廓資料 3 3 6。

【0096】 訓練引擎 3 2 6 可提供歷史表面輪廓資料 3 3 6 作為經訓練的機器學習模型 3 3 4 的輸入，並且可以從經訓練的模型 3 3 4 的一或多個輸出中提取用於在處理腔室中處理基板的一或多個基板放置度量。輸入可另外包括處理腔室的一或多個元件的壽命和 / 或用於產生歷史表面輪廓資料 2 3 6 的基板的一或多個圖像。訓練引擎 3 2 6 可以基於基板放置度量的準確度向經訓練的模型 3 3 4 分配效能分數。訓練引擎 3 2 6 可以選擇要使用的經訓練的模型 3 3 4 以基於由處理腔室處理的基板的表面輪廓資料來評估用於在處理腔室中處理基板的基板放置。

【0097】 如先前所討論的，在一些實施例中，訓練集產生器 3 2 4 和 / 或訓練引擎 3 2 6 可以是伺服器 3 2 0 處的處理裝置 3 2 2 的元件。在附加或替代的實施例中，訓練集產生器 3 2 4 和 / 或訓練引擎 3 2 6 可以是伺服器 3 5 0 處的處理裝置 3 5 2 的元件。伺服器 3 5 0 可包括或可以是與製造系統 2 0 0 分離的計算系統的一部分。在一些實施例中，如參照圖 2 A 所述，伺服器 3 2 0 可包含或可以是系統控制器 2 2 8 的一部分。在這樣的實施例中，伺服器 3 5 0 可包括或可以是耦接到系統控制器 2 2 8（即，經由網路）但與系統控制器 2 2 8 分離的計算系統的一部分。例如，製造系統 2 0 0 的使用者可以被提供對儲存在資料儲存 3 3 2 的一或多個部分處的資料或在處理裝置 3 2 2 處執行的一或多個處理的存取。然而，製造系統 2 0 0 的使用者可以不被提供對儲存在資料儲存 3 5 4 的一或多個

部分處的任何資料或在處理裝置 3 5 2 處執行的任何處理的存取。

**【0098】** 處理裝置 3 5 2 可被配置為以與處理裝置 3 2 2 類似的方式執行訓練集產生器 3 2 4 和 / 或訓練引擎 3 2 6。在一些實施例中，伺服器 3 5 0 可以經由網路耦接到製造設備 1 2 2 和 / 或線上計量設備 1 3 0。因此，根據關於處理裝置 3 2 2 進行描述的實施例，處理裝置 3 5 2 可以獲得與表面輪廓資料 3 3 6 相對應的表面輪廓資料 3 3 6 和基板放置度量，以由訓練集產生器 3 2 4 和 / 或訓練引擎 3 2 6 使用來產生訓練集 3 4 0 和驗證集 3 4 2。在其他或類似的實施例中，伺服器 3 5 0 不耦接到製造設備 1 2 2 和 / 或外部計量設備 1 3 0。因此，處理裝置 3 5 2 可呈現來自處理裝置 3 2 2 的輪廓資料 3 3 6。

**【0099】** 處理裝置 3 5 2 處的訓練集產生器 3 2 4 可以根據先前描述的實施例產生訓練集 3 4 0。根據先前描述的實施例，處理裝置 3 5 2 處的訓練引擎 3 2 6 可以訓練和 / 或驗證機器學習模型 3 3 4。在一些實施例中，伺服器 3 5 0 可以耦接到不同於製造設備 1 2 2 和 / 或伺服器機器 3 2 0 的其他製造設備和 / 或其他伺服器機器。根據本文所述的實施例，處理裝置 3 5 2 可以從其他製造設備和 / 或伺服器機器取得表面輪廓資料 3 3 6。在一些實施例中，可以基於針對在處理腔室 3 1 0 處處理的基板所獲得的表面輪廓資料 3 3 6 以及針對在其他製造系統的處理腔室處處理的其他基板所獲得的其他表面輪廓資料來產生訓練集 3 4 0 和 / 或驗證集 3 4 2。

**【0100】** 回應於訓練引擎 3 2 6 選擇要使用的經訓練的模型 3 3 4，處理裝置 3 5 2 可將經訓練的模型 3 3 4 傳送到處理裝置 3 2 2。基板放置引擎 3 3 0 可以使用經訓練的模型 3 3 4 來提供基板放置建議，如先前所描述。

**【0101】** 圖 4 示出了根據一個實施例的用於基板放置決定的模型訓練工作流程 4 0 5 和模型應用工作流程 4 1 7。模型訓練工作流程 4 0 5 和模型應用工作流程 4 1 7 可以由計算裝置的處理器執行的處理邏輯來實行。這些工作流程 4 0 5、4 1 7 中的一或多個可以例如透過在處理裝置上實施的一或多個機器學習模型和 / 或在處理裝置上執行的其他軟體和 / 或韌體來實施。

**【0102】** 模型訓練工作流程 4 0 5 用於訓練一或多個機器學習模型（例如，深度學習模型）以決定用於在處理腔室中處理基板的最佳基板放置。模型應用工作流程 4 1 7 用於應用一或多個經訓練的機器學習模型來實行基板放置評估。每個輪廓圖 4 1 2 可與被處理的基板的厚度輪廓或其他表面輪廓相關聯。例如，輪廓圖 4 1 2 中的每一個可以反映在基板上執行處理操作（例如，蝕刻操作等）之後的相應基板的厚度。

**【0103】** 本文描述了各種機器學習輸出。描述並示出了機器學習模型的具體數量和佈置。然而，應理解，所使用的機器學習模型的數量和類型以及這種機器學習模型的佈置可以被修改以實現相同或相似的最終結果。因此，所描述

和示出的機器學習模型的佈置僅是示例並且不應被解釋為限制。

**【0104】** 在一些實施例中，訓練一或多個機器學習模型來實行一或多個基板放置估計任務。每個任務可以由單獨的機器學習模型實行。或者，單一機器學習模型可以實行每個任務或任務的子集。例如，可以訓練第一機器學習模型以決定基板放置（例如，用於基板處理的基板支撐件上的位置），並且可以訓練第二機器學習模型以決定基板切換偏移（例如，基板處理機器人切換偏移）。另外或替代地，可以訓練不同的機器學習模型來實行任務的不同組合。在範例中，可以訓練一個或幾個機器學習模型，其中經訓練的機器學習（ML）模型是具有多個共享層和多個更高級別的不同輸出層的單一共享神經網路，其中每個輸出層輸出不同的預測、分類、識別等。例如，第一較高級別輸出層可以決定相對於第一類型的腔室元件（例如，靜電吸盤）的基板放置，並且第二較高級別輸出層可以決定相對於第二類型的腔室元件（例如，處理套件環）的基板放置。

**【0105】** 可用於實行上述部分或全部任務的一種類型的機器學習模型是人工神經網路，例如深度神經網路。人工神經網路通常包括具有分類器或回歸層的特徵表示元件，特徵表示元件將特徵映射到目標的輸出空間。例如，卷積神經網路（CNN）主控多層卷積濾波器。在下層實行池化（Pooling），並且可以解決非線性問題，在下層頂部通常附加多層感知器，將捲積層提取的頂層特徵映射到決策

(例如分類輸出)。深度學習是機器學習演算法的一個類別，其使用多層的非線性處理單元的串接來進行特徵提取和轉換。每個連續層都使用前一層的輸出作為輸入。深度神經網路可以以監督（例如，分類）和/或無監督（例如，模式分析）方式學習。深度神經網路包括層的階層，其中不同的層學習與不同抽象級別相對應的不同級別的代表。在深度學習中，每個級別都會學習將其輸入資料轉換為稍微更抽象和複合的代表。應注意的是，深度學習處理可以自行學習將哪些特徵最佳地放置在哪個級別。「深度學習」中的「深度」是指資料轉換的層數。更準確地說，深度學習系統具有相當大的信度分配路徑（*credit assignment path*，*CAP*）深度。*CAP*是從輸入到輸出的轉換的鏈。*CAP*描述了輸入和輸出之間的潛在的因果關係。對於前饋神經網路，*CAP*的深度可以是網路的深度，並且可以是隱藏層的數量加一。對於訊號可以多於一次地傳播穿過層的循環神經網路，*CAP*深度潛在地為無限。

**【0106】** 神經網路的訓練可以以監督學習的方式來達成，其中涉及透過網路饋送由標籤輸入組成的訓練資料集、觀察其輸出、定義誤差（透過測量輸出與標籤值之間的差異）、以及使用如深度梯度下降和反向傳播等技術來調整網路在其所有層和節點的權重，以使誤差最小化。在許多應用中，在訓練資料集中的許多標籤輸入上重複此處理會產生一個網路，該網路當輸入與訓練資料集中存在的輸入不同時，可以產生正確的輸出。

**【0107】** 對於模型訓練工作流程 4 0 5，應使用包含數百、數千、數萬、數十萬或更多基板的輪廓圖 4 1 2 的訓練資料集來形成訓練資料集。資料可包括例如使用給定數量的測量決定的均勻性輪廓，每個測量與特定目標位置相關聯。此資料可被處理以產生用於訓練一或多個機器學習模型的一或多個訓練資料集 4 3 6。訓練資料集 4 3 6 中的訓練資料項可包括輪廓圖 4 1 2、用於處理被測量以產生輪廓圖的基板的基板放置、和 / 或基板的一或多個圖像。

**【0108】** 為了實現訓練，處理邏輯將訓練資料集 4 3 6 輸入到一或多個未經訓練的機器學習模型中。在將第一輸入輸入機器學習模型之前，可以初始化機器學習模型。處理邏輯基於訓練資料集來訓練未經訓練的機器學習模型，以產生實行如上所述的各種操作的一或多個經訓練的機器學習模型。訓練可以透過一次一個地將輸入資料輸入到機器學習中來實行，輸入資料例如一或多個輪廓圖 4 1 2（例如，厚度輪廓圖、光譜輪廓圖、粗糙度輪廓圖、顆粒計數輪廓圖、光學常數輪廓圖等）、元件的圖像和 / 或壽命資訊。

**【0109】** 機器學習模型處理輸入以產生輸出。人工神經網路包括由資料點中的值組成的輸入層。下一層稱為隱藏層，隱藏層的每個節點接收一或多個輸入值。每個節點包含應用於輸入值的參數（例如權重）。因此，每個節點實質上將輸入值輸入到多變量函數（例如，非線性數學轉換）中以產生輸出值。下一層可以是另一個隱藏層或輸出層。無論哪種情況，下一層的節點都會接收來自前一層節點的

輸出值，且每個節點對這些值應用權重，並接著產生自己的輸出值。這可以在每一層實行。最後一層是輸出層，其中機器學習模型可以產生的每個類別、預測、和/或輸出都有一個節點。

**【0110】** 因此，輸出可包括一或多個預測或推斷（例如，對處理腔室中的基板放置的估計，以用於在處理腔室中處理經測量的基板的基板處理）。處理邏輯可將輸出的估計基板放置與歷史基板放置進行比較。處理邏輯是基於估計的基板放置和目標基板放置之間的差異來決定誤差（即，分類誤差）。處理邏輯根據誤差調整機器學習模型中一或多個節點的權重。可以為人工神經網路中的每個節點判定誤差項或增量。根據此誤差，人工神經網路調整一或多個其節點的其一或多個參數（節點的一或多個輸入的權重）。參數可以以反向傳播的方式更新，使得先更新最高層的節點，接著更新下一層的節點，以此類推。人工神經網路包含多層「神經元（neurons）」，其中每一層接收來自前一層神經元作為輸入值。每個神經元的參數包括與從前一層的每個神經元接收的值相關聯的權重。因此，調整參數可包括調整分配給人工神經網路中的一或多層的一或多個神經元的每個輸入的權重。

**【0111】** 一旦模型參數被最佳化，就可以實行模型驗證以判定模型是否有所改進並判定深度學習模型的目前的準確度。經過一或多輪訓練後，處理邏輯可判定是否已滿足停止標準。停止標準可以是目標準確度位準、來自訓練資料

集的已處理圖像的目標數量、一或多個先前資料點的參數變化的目標量、其中之組合和/或其他標準。在一個實施例中，當至少最小數量的資料點已經被處理並且至少達到閾值準確度時，滿足停止標準。閾值準確度可以是例如70%、40%或90%準確度。在一個實施例中，如果機器學習模型的準確度已經停止提高，則滿足停止標準。如果尚未滿足停止標準，則實行進一步的訓練。如果滿足停止標準，則訓練可以完成。一旦機器學習模型經訓練後，可以使用訓練資料集的保留部分來測試模型。一旦產生了一或多個經訓練的機器學習模型438，他們就可以被儲存在模型儲存445中，並且可以被加入到基板放置引擎330。

**【0112】** 對於模型應用工作流程417，根據一個實施例，輸入資料462可以被輸入到一或多個基板放置決定器467中，每個基板放置決定器467可包括經訓練的神經網路或其他模型。另外地或替代地，一或多個基板放置決定器467可以應用圖像處理演算法來決定腔室元件狀況。輸入資料可包括輪廓圖（例如，使用整合式反射測量裝置或基板測量系統測量的基板上的聚合物層的輪廓圖）。輸入資料可額外選擇性地包括基板的一或多個圖像。基於輸入資料462，基板放置決定器467可輸出一或多個估計的基板放置469。估計的基板放置469可包括相對於用於在處理腔室內處理基板的基板支撐結構的基板放置（例如，選擇性地作為與諸如靜電吸盤的基板支撐件的中心的偏移）。在一些範例中，基於基板支撐件（例如，基於基板支撐件的中心

點)的座標系統可以用於將估計的基板放置(例如,位置)相對於基板支撐件相關聯。

**【0113】** 動作決定器472可基於基板放置469來決定要實行的一或多個動作470。在一個實施例中,動作決定器472將基板放置估計與一或多個基板放置閾值進行比較。如果一或多個基板放置估計滿足或超過基板放置閾值,則動作決定器472可決定建議更新基板放置以用於將來的基板放置,並且可輸出建議或通知以更新基板放置參數。在一些實施例中,動作決定器472是基於滿足一或多個標準的基板放置469而自動更新基板放置度量。在一些範例,基板放置469可包括將放置的基板相對於基板支撐件(例如,靜電吸盤)和/或相對於基板支撐件的元件(例如,處理套件環)的估計位置以進行處理。估計位置可以是基板的最佳化位置,以最小化所處理的基板中的傾斜,特別是接近基板的邊緣。基板放置469可包括將基板支撐件的中心點與基板的中心點相關的座標位置。在一些範例中,基板放置469可反映基板的中心和基板支撐件的中心之間的偏移。在一些實施例中,偏移可用於決定用於處理基板的機器人的一或多個偏移(例如,用於機器人放置和/或「切換」基板的更新位置等)。

**【0114】** 圖5是根據本公開的態樣的用於產生用於訓練機器學習模型以實行基板放置評估的訓練資料集的方法500的流程圖。方法500由可包括硬體(電路、專用邏輯等)、軟體(例如在通用電腦系統或專用機器上運行)、韌體、

或其中之組合的處理邏輯實行。在一個實施中，方法 500 可以由諸如圖 1 的電腦系統架構 100 之類的電腦系統實行。在其他或類似的實施方式中，方法 500 的一或多個操作可由圖中未描繪的一或多個其他機器來實行。在一些態樣中，方法 500 的一或多個操作可以由關於圖 3 所描述的伺服器機器 320 或伺服器機器 350 的訓練集產生器 324 來實行。

**【0115】** 在方塊 510 處，處理邏輯將訓練集 T 初始化為空集合（例如， $\{\}$ ）。在方塊 512 處，處理邏輯獲得與在製造系統的處理腔室處處理的基板相關聯的基板表面資料（例如，基板上的膜的表面的反射測量資料，諸如膜厚度輪廓圖或晶圓圖）。

**【0116】** 在方塊 514 處，處理邏輯獲得由處理腔室處理的基板的基板放置資訊。如前所述，基板放置資訊可包括基板相對於基板支撐件和 / 或相對於基板支撐件的元件的座標位置。

**【0117】** 在方塊 516 處，處理邏輯是基於在方塊 512 處針對基板所獲得的感測器資料來產生訓練輸入。在一些實施例中，訓練輸入可包括標準化的感測器資料集（例如，包括如本文所述的表面反射計資料）。

**【0118】** 在方塊 518 處，處理邏輯可以基於在方塊 514 處獲得的基板放置資訊來產生目標輸出。目標輸出可以對應於在處理腔室中處理的基板的基板放置度量（指示在處理腔室中處理的一或多個基板的放置的資料）。

**【0119】** 在方塊 5 2 0 處，處理邏輯產生輸入/輸出映射。輸入/輸出映射是指包括或基於基板的資料的訓練輸入，以及針對訓練輸入的目標輸出，其中目標輸出識別基板放置，並且其中訓練輸入與目標輸出相關聯（或映射到目標輸出）。在方塊 5 2 2 處，處理邏輯將輸入/輸出映射加入訓練集 T。

**【0120】** 在方塊 5 2 4 處，處理邏輯決定訓練集 T 是否包含足夠量的訓練資料來訓練機器學習模型。應注意，在一些實施方式中，訓練集 T 的充分性可以簡單地基於訓練集中的輸入/輸出映射的數量來決定，而在一些其他實施方式中，訓練集 T 的充分性可以基於除了輸入/輸出映射的數量之外或取代輸入/輸出映射的數量的一或多個其他標準（例如，訓練範例的多樣性的度量等）來決定。回應於決定訓練集 T，包括足夠量的訓練資料來訓練機器學習模型，處理邏輯提供訓練集 T 來訓練機器學習模型。回應於決定訓練集不包括足夠量的訓練資料來訓練機器學習模型，方法 5 0 0 返回方塊 5 1 2。

**【0121】** 在方塊 5 2 6，處理邏輯提供訓練集 T 來訓練機器學習模型。在一些實施例中，訓練集 T 被提供給伺服器機器 3 2 0 和 / 或伺服器機器 3 5 0 的訓練引擎 3 2 6 以實行訓練。在神經網路的情況下，例如，給定輸入/輸出映射的輸入值（例如，先前基板的光譜資料和 / 或腔室資料）被輸入到神經網路，並且輸入/輸出映射的輸出值儲存在神經網路的輸出節點中。之後根據學習演算法（例如，反向傳播等）調整神

經網路中的連接權重，並且對於訓練集  $T$  中的其他輸入/輸出映射重複該程序。在方塊 526 之後，機器學習模型 190 可用於提供在處理腔室中處理的基板的基板放置（例如，基板放置度量）。

**【0122】** 圖 6 是示出訓練機器學習模型以估計用於在處理腔室中處理基板的基板放置的方法 600 的實施例的流程圖。方法 600 由可包括硬體（電路、專用邏輯等）、軟體（例如在通用電腦系統或專用機器上運行）、韌體、或其中之組合的處理邏輯實行。在一個實施中，方法 600 可以由諸如圖 1 的電腦系統架構 100 之類的電腦系統實行。在其他或類似的實施方式中，方法 600 的一或多個操作可由圖中未描繪的一或多個其他機器來實行。在一些態樣中，方法 600 的一或多個操作可以由關於圖 3 所描述的伺服器機器 320 或伺服器機器 350 的訓練引擎 326 來實行。

**【0123】** 在方法 600 的方塊 602 處，處理邏輯收集訓練資料集，其可包括來自複數個基板輪廓圖的資料（例如，指示基板上複數個位置的聚合物膜的膜厚度的膜厚度輪廓圖、基板表面輪廓圖、基板厚度輪廓圖等）。訓練資料集的每個資料項可包括一或多個標籤。訓練資料集中的資料項可包括輸入級（例如，圖像級）標籤，其指示與基板放置相關聯的一或多個基板特徵的存在或不存在。例如，一些資料項可包括經處理的基板中存在的傾斜的標籤。在一些實施例中，每個資料項包括基板圖，其可以是基板的圖像（例如，基板的熱圖）。熱圖中的顏色可指示基板厚度

和 / 或其他參數值（例如，諸如傾斜等）。或者，實際厚度值可用於基板的表面上的許多座標中的每一個（例如，基板的厚度值）。

**【0124】** 在方塊 604 處，來自訓練資料集的資料項輸入到未經訓練的機器學習模型中。在方塊 606 處，基於訓練資料集訓練機器學習模型以產生經訓練的機器學習模型，該模型對用於在處理腔室中處理基板的一或多個基板放置進行分類或估計。機器學習模型亦可被訓練以輸出一或多個其他類型的預測、座標級分類、決定等。

**【0125】** 在一個實施例中，在方塊 610 處，訓練資料項的輸入被輸入到機器學習模型中。輸入可包括來自基板輪廓圖（例如，基板表面輪廓圖）的資料，其指示橫越基板上的一或多個表面特性（例如，厚度、光學常數、顆粒計數、粗糙度、材料特性等）。在實施例中，資料可作為圖像或作為特徵向量輸入。在方塊 612 處，機器學習模型處理輸入以產生輸出。輸出可包括一或多個基板放置（例如，基板放置值等）。基板放置可以用於將未來基板放置在基板支撐件上的建議的子集放置。輸出可附加地或替代地包括用於機械臂的一或多個基板切換偏移。例如，切換偏移可以將初始機器人切換定向與更新的機器人切換定向相關聯，以對應於用於基板處理的預測基板放置。

**【0126】** 在方塊 614 處，處理邏輯將基板放置度量的輸出機率和 / 或值與和輸入相關聯的已知最佳基板放置進行比較。在方塊 616 處，處理邏輯基於輸出和已知放置之間的

差異決定誤差。在方塊 618 處，處理邏輯基於誤差調整機器學習模型中的一或多個節點的權重。

**【0127】** 在方塊 620 處，處理邏輯決定是否符合停止標準。如果尚未滿足停止標準，則方法返回方塊 610，並將另一個訓練資料項輸入到機器學習模型中。如果滿足停止標準，則方法進行到方塊 625，並且完成機器學習模型的訓練。

**【0128】** 在一個實施例中，一或多個 ML 模型被訓練用於跨多個處理腔室的應用，這些處理腔室可以是相同類型或模型的處理腔室。經訓練的 ML 模型可接著進一步調整以用於處理腔室的特定實例。可以透過使用包含由所討論的處理腔室處理的基板的表面輪廓圖的附加訓練資料項來實行進一步的調整。這種調整可以解決腔室和 / 或一些處理腔室的特定硬體處理套件之間的腔室失配。另外，在一些實施例中，在對處理腔室進行維護和 / 或對處理腔室的硬體進行再一次改變之後，實行進一步的訓練以調整處理腔室的 ML 模型。

**【0129】** 圖 7 是根據本公開的態樣的決定建議基板放置的方法 700 的流程圖。方法 700 由可包括硬體（電路、專用邏輯等）、軟體（例如在通用電腦系統或專用機器上運行）、韌體、或其中之組合的處理邏輯實行。在一個實施中，方法 700 可以由諸如圖 1 的電腦系統架構 100 之類的電腦系統實行。在其他或類似的實施方式中，方法 700 的一或多個操作可由圖中未描繪的一或多個其他機器來實行。在一

些態樣中，方法 700 的一或多個操作可以由關於圖 3 所描述的伺服器機器 320 的基板放置引擎 330 來實行。

**【0130】** 在方塊 706 處，（例如，處理裝置的）處理邏輯決定基板處理系統（也稱為製造系統）的處理腔室的基板支撐件（例如，靜電吸盤）的中心。在一些實施例中，基板支撐件的中心根據多功能晶圓所收集的資料來決定。例如，多功能晶圓（例如，相機晶圓）可以收集處理腔室中的靜電吸盤的圖像。處理裝置可處理圖像以決定靜電吸盤的中心。基板支撐件的中心可以對應於基板支撐件的基準點（例如，（0，0）點）。

**【0131】** 在方塊 708 處，將基板與基板支撐件的中心對準。在一些實施例中，處理邏輯使得（例如，基板處理機器人的）機械臂將基板放置在基板支撐件上，使得基板的中心與基板支撐件的中心對準。在一些實施例中，基板在基板支撐件上居中以獲得關於基板放置的基線測量。在一些實施例中，基板是替代基板（*proxy substrate*）（例如，測試基板等）。

**【0132】** 在方塊 710 處，處理腔室處理基板。例如，處理腔室可實行蝕刻處理以部分地去除基板表面上的膜，或可實行膜沉積處理以在基板上沉積膜。在一些實施例中，膜是聚合物。在其他實施例中，膜是陶瓷（例如，金屬氧化物）。可根據配方（例如，蝕刻處理配方、沉積處理配方等）來實行基板的處理。在處理期間，基板可以由處理腔室的基板支撐件（例如，靜電吸盤）支撐。基板可以在處

理之前（例如，在方塊 708 處）被放置於處理腔室中的初始位置並且可以在處理期間保持在初始位置。在一些實施例中，在處理之後，基板包括表面輪廓（例如，厚度輪廓等）。

**【0133】** 在方塊 712 處，一或多個機器人將基板從處理腔室傳送至基板測量系統。如果基板測量系統連接至移送腔室或包含在移送腔室中，則移送腔室機器人可將基板從處理腔室移除並將基板插入基板測量系統中。如果基板測量系統連接至工廠介面或包括在工廠介面中，則移送腔室機器人可以將基板從處理腔室移除並將基板放置在裝載鎖中。工廠介面機器人可接著從裝載鎖移除基板並將基板插入基板測量系統中。基板測量系統可以是任何前述基板測量系統，例如整合反射計（IR）裝置。

**【0134】** 在方塊 714 處，基板測量系統產生基板表面上的許多位置的測量結果。每個位置可具有一組唯一的座標。

**【0135】** 在方塊 716 處，基板測量系統和 / 或計算裝置可以基於基板測量系統的測量來產生基板的表面輪廓的輪廓圖（例如，基板表面輪廓圖）。輪廓圖可以是或包括圖像，其中圖像中的每個像素對應於基板上的座標。每個像素可具有對應於與該像素相關聯的基板的座標處的測量值（例如，厚度值）的強度值。在一些實施例中，輪廓圖指示厚度輪廓，厚度輪廓指示蝕刻率輪廓。例如，輪廓圖可反映已經經歷蝕刻處理預定時間量的基板的厚度輪廓。在一些實施例中，輪廓圖指示基板表面缺陷，例如傾斜。在一些

實施例中，傾斜與蝕刻率相關。在一些實施例中，輪廓可以是或包括特徵向量，其中特徵向量中的每個條目與基板的座標相關聯，並且其中每個條目可具有值，該值表示在基板的座標處的表面輪廓的值。在一些實施例中，（例如，測量系統的和/或計算裝置的）處理邏輯可決定對應於接近基板邊緣的蝕刻率的蝕刻率輪廓圖。

**【0136】** 在方塊 718，計算裝置使用模型處理來自輪廓圖（例如，厚度輪廓圖、顆粒圖、光學常數圖、粗糙度圖、蝕刻率輪廓圖等）的資料。在一些實施例中，計算裝置使用一或多個經訓練的機器學習模型來處理來自輪廓圖的資料。在一些實施例中，使用從根據配方處理的多個基板收集的資料來訓練經訓練的機器學習模型。例如，根據配方在基板支撐件上的各種放置（例如位置）處處理一組基板。可產生經處理的基板的輪廓圖。輪廓圖和相對應的基板放置可以作為訓練資料輸入以訓練機器學習模型。

**【0137】** 在一些實施例中，模型是基於物理的模型或統計模型。在一些實施例中，模型輸出用於相對於基板支撐件的一或多個元件放置基板的估計的基板放置值（例如，估計的基板放置度量）。在一些範例中，模型輸出對應於相對於基板支撐件（例如，靜電吸盤）和/或基板支撐件的一或多個元件（例如，處理套件環）的放置的基板的放置度量（例如，基板在基板支撐件上的座標位置）。在一些實施例中，模型的輸出是基於在方塊 716 處所決定的蝕刻率輪廓圖。在一些實施例中，模型的輸出指示基板沒有放置

在用於處理的最佳位置。在一個實施例中，取代使用經訓練的ML模型或除了使用經訓練的ML模型之外，使用一或多個電腦視覺演算法來處理輪廓圖。

**【0138】** 在方塊720處，（例如，計算裝置的）處理邏輯是基於（例如，在方塊718處由模型輸出的）估計的放置值決定基板在基板支撐件上的建議放置。在一些範例中，計算裝置可使用估計的基板放置值來決定基板支撐件上用於放置基板的位置。具體地，在方塊718處，計算裝置可基於從模型輸出的值（或多個值）來決定座標位置。在一些實施例中，計算裝置可決定存在於基板的邊緣和處理套件環的內徑之間間隙。在一些實施例中，基板周圍的間隙不均勻。例如，基板的一側上的間隙可以比基板的相對側上的間隙更大。因此，間隙可以與基板的放置相關（例如，在靜電吸盤上、在處理套件環的內徑內等）。處理邏輯可接著根據如下文描述的建議放置使另一基板放置在處理腔室中（例如，經由基板處理機器人）。

**【0139】** 圖8是根據本公開的態樣的將第二估計基板放置與第一估計基板放置進行比較的方法800的流程圖。在一些實施例中，方法800與上文描述的方法700結合實行。例如，方法700可對應於處理第一基板，而方法800可對應於處理第二基板並將第二基板的結果與第一基板的結果進行比較。方法800由可包括硬體（電路、專用邏輯等）、軟體（例如在通用電腦系統或專用機器上運行）、韌體、或其中之組合的處理邏輯實行。在一個實施中，方法800可

以由諸如圖 1 的電腦系統架構 100 之類的電腦系統實行。在其他或類似的實施方式中，方法 800 的一或多個操作可由圖中未描繪的一或多個其他機器來實行。在一些態樣中，方法 800 的一或多個操作可以由關於圖 3 所描述的伺服器機器 320 的基板放置引擎 330 來實行。

**【0140】** 在方塊 808 處，根據建議放置（例如，在方法 700 的方塊 720 處決定）將基板（例如，第二基板）放置在處理腔室中。在一些實施例中，處理邏輯使得機器人將基板放置在處理腔室內的基板支撐件（例如，靜電吸盤）上。根據建議的放置，機器人可以將基板放置在使得基板的中心偏離基板支撐件的中心的位置。例如，建議的放置可以指定基板的中心將在指定的方向上從靜電吸盤的中心偏移指定的量。偏移的量和方向可以是第一機器人切換定向和第二機器人切換定向之間的差異。在一些範例中，第一機器人切換定向是基線（例如，預設等）定向，而第二機器人切換定向是基於偏移的更新定向。機器人可將基板放置在靜電吸盤上，沿著偏移方向離靜電吸盤的中心指定的偏移量。

**【0141】** 在方塊 810 處，根據配方（例如，方法 700 的方塊 710 的配方）在處理腔室中處理基板。配方可以是蝕刻處理配方和 / 或沉積處理配方。類似於在方法 700 的方塊 710 處處理的基板，基板包括處理後的表面輪廓。表面輪廓可以是厚度輪廓。

**【0142】** 在方塊 8 1 2 處，基板被從處理腔室傳送（例如，透過一或多個傳送機器人）至基板測量系統（例如，類似於在方法 7 0 0 的方塊 7 1 2 處）。

**【0143】** 在方塊 8 1 4 處，基板測量系統測量基板的表面（例如，類似於在方法 7 0 0 的方塊 7 1 4 處）。

**【0144】** 在方塊 8 1 6 處，基板測量系統和 / 或計算裝置可基於基板測量系統的測量來產生基板的表面輪廓的輪廓圖（例如，類似於在方法 7 0 0 的方塊 7 1 6 處）。在一些實施例中，輪廓可以是圖像或可以包含圖像。輪廓圖可以指示蝕刻率輪廓。

**【0145】** 在方塊 8 1 8，計算裝置使用模型（例如，經訓練的機器學習模型、基於物理的模型、統計模型等）處理來自輪廓圖（例如，厚度輪廓圖、顆粒圖、光學常數圖、粗糙度圖等）的資料。在一些實施例中，模型輸出估計的基板放置值（例如，估計的基板放置度量等）。

**【0146】** 在方塊 8 2 0 處，（例如，計算裝置的）處理邏輯將在方塊 8 1 8 處從模型輸出的估計的基板放置值與另一估計的基板放置值（例如，方法 7 0 0 的方塊 7 1 8 的估計的基板放置值）進行比較。處理邏輯可基於比較來決定是否要更新建議放置。例如，回應於估計的基板放置值是相同的（例如，基本上相同、在彼此的閾值差之內等），處理邏輯可決定建議的放置是適當的。回應於估計的基板放置值是不同的（例如，在彼此的閾值差之外等），處理邏輯可決定應該更新建議的放置。

【0147】 在方塊 822 處，處理邏輯基於在方塊 820 處的比較來更新建議放置。

【0148】 圖 9 是根據本公開的態樣的經處理的基板的輪廓圖 ( profile map ) 900。輪廓圖 900 是熱圖 ( heat map )，其示出了在處理腔室中處理的期間基板上的不同位置的溫度。溫度可以基於在處理期間沉積或蝕刻的膜的不同位置的厚度。提供鍵 902 以示出如何解釋輪廓圖 900。如圖所示，熱點 905 在基板邊緣周圍不均勻。在一些實施例中，本文所描述的方法可提供不具有熱點的基板（例如，基本上沒有熱點、基本上均勻的溫度等）。不均勻的熱點可能表示蝕刻率增加，這與基板傾斜的增加有關。在處理期間，基板可能太靠近靠近熱點 905 的側面上的（例如，處理腔室中的基板支撐件的）處理套件環。例如，在靠近熱點 905 處，基板的邊緣和處理套件環的內徑之間的間隙可能太小或太大。基板的邊緣周圍的不均勻熱點 905 可指示在靠近基板邊緣的經處理的基板的特徵中存在過度傾斜。因此，根據本文所述的一些實施例，用於處理的基板的放置應改變。

【0149】 圖 10 描繪了計算裝置 1000 的範例形式的機器的圖解表示，在計算裝置 1000 中可以執行用於使機器實行本文所討論的方法中的任何一或多者的指令集。在替代的實施例中，機器可連接（例如，網路化的）至在區域網路（LAN）、內部網路（intranet）、外部網路（extranet）、或網際網路中的其他機器。機器可操作於客戶端 - 伺服器網

路環境中的伺服器或客戶端機器的能力中，或者是為點對點（peer-to-peer）（或分散式）網路環境中的端點機器（peer machine）。機器可以是個人電腦（PC）、平板電腦、機上盒（STB）、個人數位助理（PDA）、蜂巢式電話、網路應用程式、伺服器、網路路由器、交換機或橋接器、或是能夠執行指明將由該機器採取的動作的一組指令（順序的或以其他方式）之任意其他機器。進一步，儘管只示出單一機器，用語「機器（machine）」亦應被考量為包括機器（例如，電腦）的集合，該等機器個別地或集合地執行一組（或多組）指令以實行本文所討論的一或多個方法。在實施例中，計算裝置1400可對應於如本文所描述的伺服器機器170、伺服器機器180、預測伺服器112、系統控制器228、伺服器機器320或伺服器機器350中的一或多者。

**【0150】** 範例計算裝置1000包括處理裝置1002、主記憶體1004（例如，唯讀記憶體（ROM）、快閃記憶體、動態隨機存取記憶體（DRAM）如同步DRAM（SDRAM）等）、靜態記憶體1006（例如，快閃記憶體、靜態隨機存取記憶體（SRAM）等）、和次要記憶體（例如，資料儲存裝置1028），其經由匯流排1008彼此通訊。

**【0151】** 處理裝置1002可代表一或多個通用處理器，例如微處理器、中央處理單元或類似者。更具體而言，處理裝置1002可以是複雜指令集計算（CISC）微處理器、精簡指令集計算（RISC）微處理器、超長指令字集（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。處理裝置 1002 亦可以是一或多個專用處理裝置例如特殊應用積體電路 (ASIC)、場式可程式閘陣列 (FPGA)、數位訊號處理器 (DSP)、網路處理器等。處理裝置 1002 亦可以是或包含單晶片系統 (SoC)、可程式邏輯控制器 (PLC)、或其他類型的處理裝置。處理裝置 1002 經配置以執行處理邏輯以用於實行本文所討論之操作。

**【0152】** 計算裝置 1000 可進一步包括用於與網路 1064 通訊的網路介面裝置 1022。計算裝置 1000 亦可包括視訊顯示單元 1010 (例如, 液晶顯示器 (LCD) 或陰極射線管 (CRT))、字元輸入裝置 1012 (例如, 鍵盤)、游標控制裝置 1014 (例如, 滑鼠)、和訊號產生裝置 1020 (例如, 揚聲器)。

**【0153】** 資料儲存裝置 1028 可包括機器可讀取儲存媒體 (或更特定而言非暫態電腦可讀取儲存媒體) 1024, 在該機器可讀取儲存媒體上儲存有一或多組指令 1026, 該一或多組指令實施本文所描述的方法或功能中之任意一或多者。例如, 指令 1026 可包括用於基板放置引擎 330 的指令。非暫態儲存媒體是指除載波之外的儲存媒體。指令 1026 在由電腦裝置 1000 執行期間亦可完全或至少部分地駐留在主記憶體 1004 內和/或處理裝置 1002 內, 主記憶體 1004 和處理裝置 1002 也構成電腦可讀取儲存媒體。

**【0154】** 儘管電腦可讀取儲存媒體 1024 在範例實施例中示出為單一媒體，用語「電腦可讀取儲存媒體（computer-readable storage medium）」應被考量為包括儲存一或多組指令的單一媒體或多個媒體（例如，中央或分散式資料庫、及/或相關聯的快取與伺服器）。用語「電腦可讀取儲存媒體」亦應被考量為包括能夠儲存或編碼由機器所執行且使得機器實行本公開的方法中之一或多者的指令組的任意媒體。用語「電腦可讀取儲存媒體」因此而應考量為包括，但不限於，固態記憶體，及光學和磁性媒體。

**【0155】** 前文描述闡述了許多特定細節，例如特定系統、元件、方法等的範例，以便提供對本公開的許多實施例的良好理解。然而，對於所屬技術領域具有通常知識者將顯而易見的是，可以在沒有這些具體細節的情況下實踐本公開的至少一些實施例。在其他情況下，未詳細描述公知的元件或方法，或者是以簡單的圖式格式呈現公知的元件或方法，以避免不必要地混淆本公開。因此，闡述的具體細節僅是示例性的。特定實施方式可以與這些範例細節不同，並且仍然經設想是在本公開的範疇中。

**【0156】** 在整個說明書中，對「一個實施例」或「一實施例」的參照意指結合該實施例描述的特定特徵、結構、或特性包括在至少一個實施例中。因此，在整個說明書中各處出現的片語「在一個實施例中」或「在實施例中」不必然都指相同實施例。此外，用語「或」意在表示包括性的

「或」而不是排除性的「或」。當在本文中使用的用語「約」或「大約」時，這意在表示所給出的標稱值精確在 $\pm 10\%$ 以內。

**【0157】** 儘管以特定順序示出和描述了本文方法的操作，但是可以改變每種方法的操作順序，從而可以以相反的順序實行某些操作，從而可以至少部分地實行某些操作，與其他操作同時進行。在另一實施例中，不同操作的指令或子操作可以以間歇和/或交替的方式進行。

**【0158】** 應理解，以上描述旨在說明而非限制。透過閱讀和理解以上描述，許多其他實施例對於本領域技術人員將是顯而易見的。因此，本公開的範圍應參考隨附申請專利範圍以及該等請求項主張的等效的全部範圍來決定。

#### **【符號說明】**

#### **【0159】**

1 0 0 : 電腦系統架構

1 1 0 : 預測系統

1 1 2 : 預測伺服器

1 1 4 : 預測引擎

1 2 0 : 客戶端裝置

1 2 2 : 製造設備

1 2 6 : 基板測量系統

1 2 8 : 系統控制器

1 3 0 : 計量設備

1 4 0 : 網路

- 150: 資料儲存
- 170: 伺服器機器
- 172: 訓練集產生器
- 180: 伺服器機器
- 182: 訓練引擎
- 190: 機器學習模型
- 200: 製造系統
- 202: 基板
- 204: 處理工具
- 206: 工廠介面
- 208: 殼體
- 210: 移送腔室
- 212: 移送腔室機器人
- 214: 處理腔室
- 216: 處理腔室
- 218: 處理腔室
- 220: 裝載鎖
- 222: 基板載體
- 224: 裝載端口
- 226: 工廠介面機器人
- 228: 系統控制器
- 240: 定位元件
- 250: 資料儲存
- 251: 基板測量系統

- 2 5 2 : 旋 轉 致 動 器
- 2 5 3 : 第 一 軸 線
- 2 5 4 : 線 性 致 動 器
- 2 5 5 : 第 二 軸 線
- 2 5 6 : 基 板 支 撐 件
- 2 5 8 : 相 機
- 2 6 0 : 感 測 器
- 2 6 2 : 處 理 裝 置
- 2 6 4 : 基 板
- 2 6 6 : 升 舉 機 構
- 2 6 8 : 傳 送 站
- 2 7 0 : 機 器 人 葉 片
- 2 7 2 : 伺 服 馬 達
- 2 8 2 : 基 板 測 量 子 系 統
- 2 8 3 : 控 制 器
- 2 8 4 : 基 板 感 測 元 件
- 2 8 5 : 相 機 元 件
- 2 8 7 : 光 譜 感 測 元 件
- 2 8 8 : 波 產 生 器
- 2 8 9 : 能 量 流
- 2 9 0 : 反 射 能 量 波
- 2 9 1 : 反 射 波 接 收 器
- 2 9 5 : 定 位 元 件
- 2 9 7 : 層

299: 圖像捕捉裝置  
300: 系統架構  
310: 處理腔室  
320: 伺服器機器  
322: 處理裝置  
324: 訓練集產生器  
326: 訓練引擎  
330: 基板放置引擎  
332: 資料儲存  
334: 機器學習模型  
336: 表面輪廓資料  
340: 訓練集  
342: 驗證集  
350: 伺服器機器  
352: 處理裝置  
405: 模型訓練工作流程  
412: 輪廓圖  
417: 模型應用工作流程  
436: 訓練資料集  
438: 機器學習模型  
445: 模型儲存  
462: 輸入資料  
467: 基板放置決定器  
469: 基板放置

470: 動作

472: 動作決定器

500: 方法

510: 方塊

512: 方塊

514: 方塊

516: 方塊

518: 方塊

520: 方塊

526: 方塊

600: 方法

602: 方塊

604: 方塊

606: 方塊

610: 方塊

612: 方塊

614: 方塊

616: 方塊

618: 方塊

620: 方塊

625: 方塊

700: 方法

706: 方塊

708: 方塊

710: 方塊

712: 方塊

714: 方塊

716: 方塊

718: 方塊

720: 方塊

800: 方法

808: 方塊

810: 方塊

812: 方塊

814: 方塊

816: 方塊

818: 方塊

820: 方塊

822: 方塊

900: 輪廓圖

902: 鍵

905: 熱點

1000: 計算裝置

1002: 處理裝置

1004: 主記憶體

1006: 靜態記憶體

1008: 匯流排

1010: 視訊顯示單元

- 1 0 1 2 : 字 元 輸 入 裝 置
- 1 0 1 4 : 游 標 控 制 裝 置
- 1 0 2 0 : 訊 號 產 生 裝 置
- 1 0 2 2 : 網 路 介 面 裝 置
- 1 0 2 4 : 機 器 可 讀 取 儲 存 媒 體
- 1 0 2 6 : 指 令
- 1 0 2 8 : 資 料 儲 存 裝 置
- 1 0 6 4 : 網 路
- 1 4 0 0 : 計 算 裝 置

**【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】 一種方法，包括以下步驟：

根據一配方在一基板處理系統的一處理腔室中處理一第一基板，同時該第一基板由該處理腔室的一基板支撐件支撐，其中該第一基板在該處理後包括一第一表面輪廓；

使用該基板處理系統的一基板測量系統來產生該第一基板的該第一表面輪廓的一第一輪廓圖（`profile map`）；

使用一模型來處理來自該第一輪廓圖的資料，其中該模型輸出該第一基板相對於該基板支撐件的一或多個元件的一放置的一第一估計基板放置值；和

基於該第一估計基板放置值來決定基板在該基板支撐件上的一建議放置。

【請求項 2】 如請求項 1 所述之方法，進一步包括以下步驟：

根據該建議放置使得一第二基板被放置在該處理腔室中，其中該基板支撐件的該一或多個元件包括一處理套件環，且其中該第二基板根據該建議放置而被定位在該處理套件環的一內徑內。

【請求項 3】 如請求項 2 所述之方法，進一步包括以下步驟：

根據該配方在該處理腔室中處理該第二基板，其中該第二基板在該處理之後包括一第二表面輪廓；

使用該基板處理系統的該基板測量系統來產生該第二表面輪廓的一第二輪廓圖；

使用該模型來處理來自該第二輪廓圖的資料，其中該模型輸出一第二估計基板放置值；

將該第二估計基板放置值與該第一估計基板放置值進行比較；及

基於該比較更新該建議放置。

**【請求項 4】** 如請求項 1 所述之方法，進一步包括以下步驟：

決定該基板支撐件的一中心；和

在該第一基板的該處理之前將該第一基板與該基板支撐件的該中心對準。

**【請求項 5】** 如請求項 4 所述之方法，其中對於該基板的該建議放置，該基板的一中心偏離該基板支撐件的該中心。

**【請求項 6】** 如請求項 1 所述之方法，進一步包括以下步驟：

基於該建議放置決定一基板切換偏移，其中該基板切換偏移是針對一機械臂從一第一機器人切換定向到一第二機器人切換定向的一偏移。

**【請求項 7】** 如請求項 1 所述之方法，其中該第一表面輪廓包括一第一厚度輪廓。

**【請求項 8】** 如請求項 1 所述之方法，進一步包括以下步驟：

基於該第一輪廓圖決定針對接近該第一基板的一邊緣的一蝕刻率輪廓的該第一基板的一第一蝕刻率輪廓，其中該模型基於該第一蝕刻率輪廓輸出該第一估計基板放置值。

【請求項 9】 如請求項 1 所述之方法，其中該模型包括一經訓練的機器學習模型、一基於物理的模型、或一統計模型中的至少一者。

【請求項 10】 如請求項 1 所述之方法，其中該模型包括一經訓練的機器學習模型，該方法進一步包括以下步驟：

訓練一機器學習模型以產生該經訓練的機器學習模型，其中使用根據該配方處理的複數個經處理的基板的資料來訓練該機器學習模型。

【請求項 11】 一種系統，包括：

一處理腔室；

一基板測量工具；

一記憶體；和

一處理裝置，該處理裝置耦接到該記憶體，該處理裝置實行：

根據一配方使得一第一基板在該處理腔室中被處理，同時該第一基板由該處理腔室的一基板支撐件支撐，其中在該處理之後該第一基板包括一第一表面輪廓；

使用該基板測量工具產生該第一基板的該第一表面輪廓的一第一輪廓圖；

使用一模型來處理來自該第一輪廓圖的資料，其中

該模型輸出該第一基板相對於該基板支撐件的一或多個元件的一放置的一第一估計基板放置值；和

基於該第一估計基板放置值來決定基板在該基板支撐件上的一建議放置。

**【請求項 12】** 如請求項 11 所述之系統，其中該處理裝置進一步實行：

根據該建議放置使得一第二基板被放置在該處理腔室中，其中該基板支撐件的該一或多個元件包括一處理套件環，且其中該第二基板根據該建議放置而被定位在該處理套件環的一內徑內。

**【請求項 13】** 如請求項 12 所述之系統，其中該處理裝置進一步實行：

根據該配方使得該第二基板在該處理腔室中被處理，其中該第二基板在該處理之後包括一第二表面輪廓；

使用該基板測量工具產生該第二表面輪廓的一第二輪廓圖；

使用該模型來處理來自該第二輪廓圖的資料，其中該模型輸出一第二估計基板放置值；

將該第二估計基板放置值與該第一估計基板放置值進行比較；及

基於該比較更新該建議放置。

**【請求項 14】** 如請求項 11 所述之系統，

其中，該處理裝置進一步實行：

決定該基板支撐件的一中心；和

在該第一基板的該處理之前使得該第一基板與該基板支撐件的該中心對準。

【請求項 15】如請求項 11 所述之系統，其中對於該基板的該建議放置，該基板的一中心偏離該基板支撐件的該中心。

【請求項 16】如請求項 11 所述之系統，其中該模型包括一經訓練的機器學習模型，且其中該處理裝置進一步進行：

訓練一機器學習模型以產生該經訓練的機器學習模型，其中使用根據該配方處理的複數個經處理的基板的資料來訓練該機器學習模型。

【請求項 17】一種電腦可讀取媒體，包括指令，該等指令當由一處理裝置執行時，使得該處理裝置實行操作，該等操作包括：

根據一配方使得一第一基板在一處理腔室中被處理，同時該第一基板由該處理腔室的一基板支撐件支撐，其中在該處理之後該第一基板包括一第一表面輪廓；

使用一基板處理系統的一基板測量系統來產生該第一基板的該第一表面輪廓的一第一輪廓圖（`profile map`）；

使用一模型來處理來自該第一輪廓圖的資料，其中該模型輸出該第一基板相對於該基板支撐件的一或多個元件的一放置的一第一估計基板放置值；和

基於該第一估計基板放置值來決定基板在該基板支撐

件上的一建議放置。

【請求項 18】如請求項 17 所述之電腦可讀取媒體，該等操作進一步包括：

根據該建議放置使得一第二基板被放置在該處理腔室中，其中該基板支撐件的該一或多個元件包括一處理套件環，且其中該第二基板根據該建議放置而被定位在該處理套件環的一內徑內。

【請求項 19】如請求項 18 所述之電腦可讀取媒體，該等操作進一步包括：

根據該配方使得該第二基板在該處理腔室中被處理，其中該第二基板在該處理之後包括一第二表面輪廓；

使用該基板測量系統產生該第二表面輪廓的一第二輪廓圖；

使用該模型來處理來自該第二輪廓圖的資料，其中該模型輸出一第二估計基板放置值；

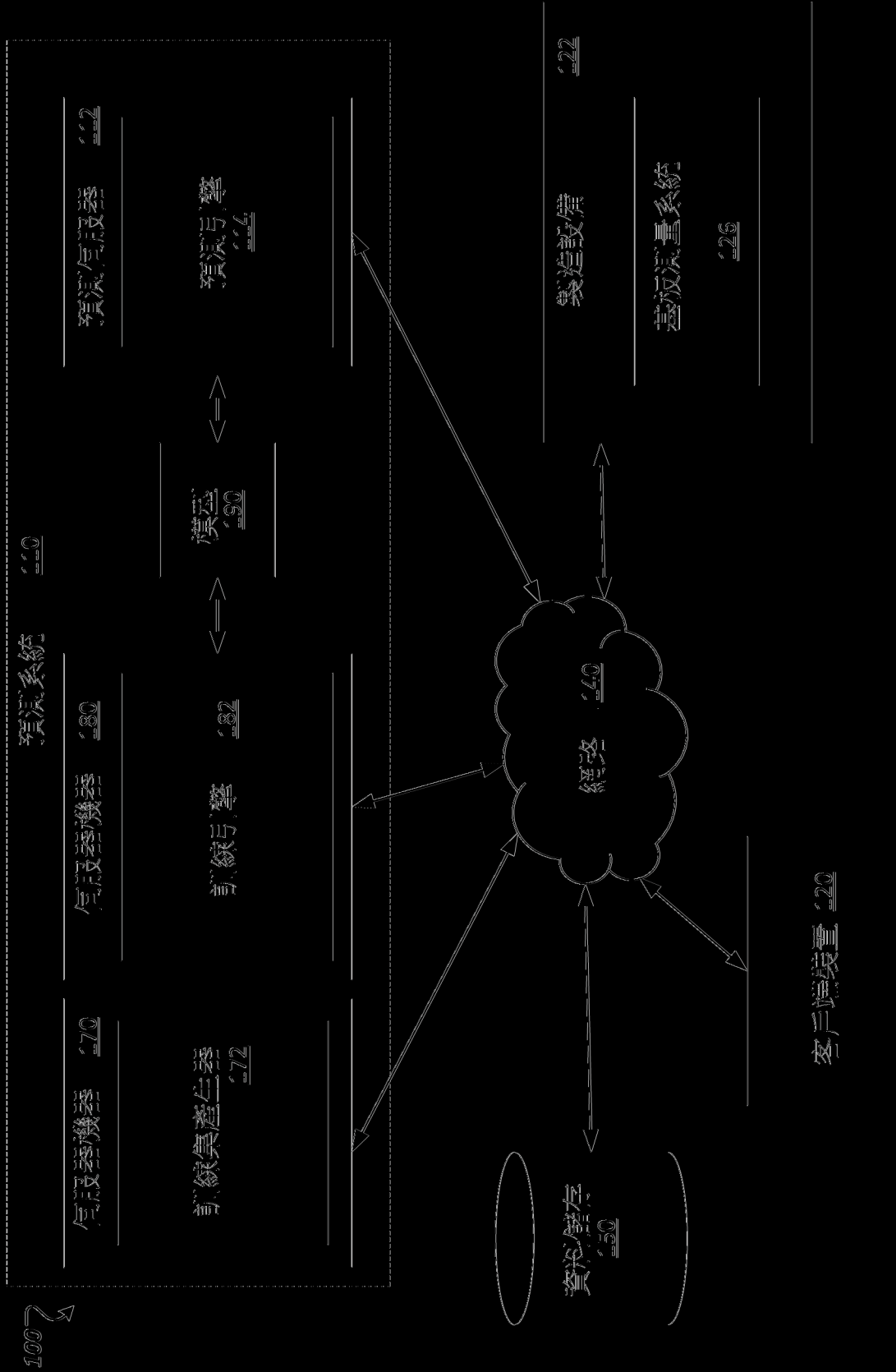
將該第二估計基板放置值與該第一估計基板放置值進行比較；及

基於該比較更新該建議放置。

【請求項 20】如請求項 17 所述之電腦可讀取媒體，其中該模型包括一經訓練的機器學習模型，該等操作進一步包括：

訓練一機器學習模型以產生該經訓練的機器學習模型，其中使用根據該配方處理的複數個經處理的基板的資料來訓練該機器學習模型。

(發明圖式)



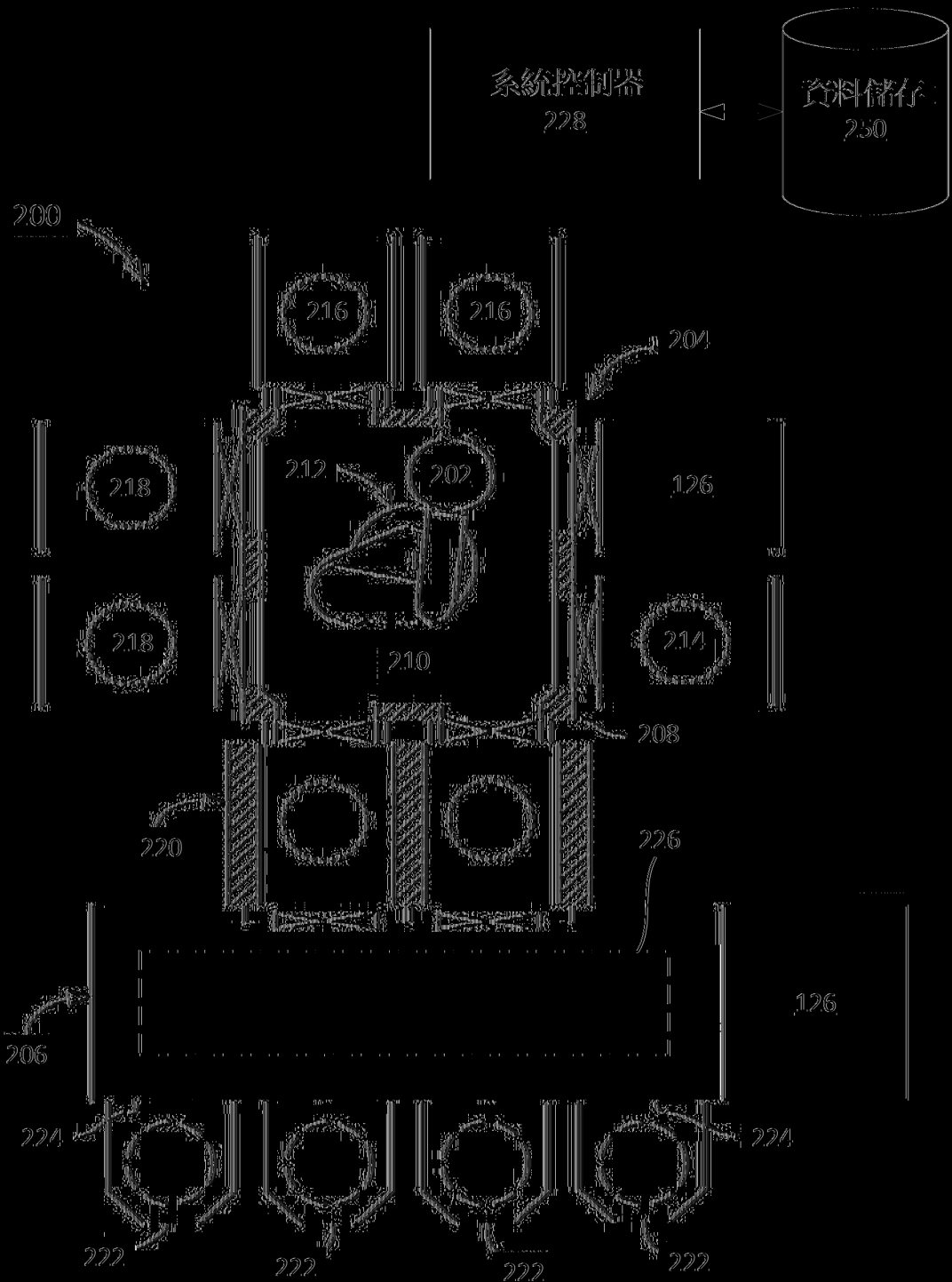
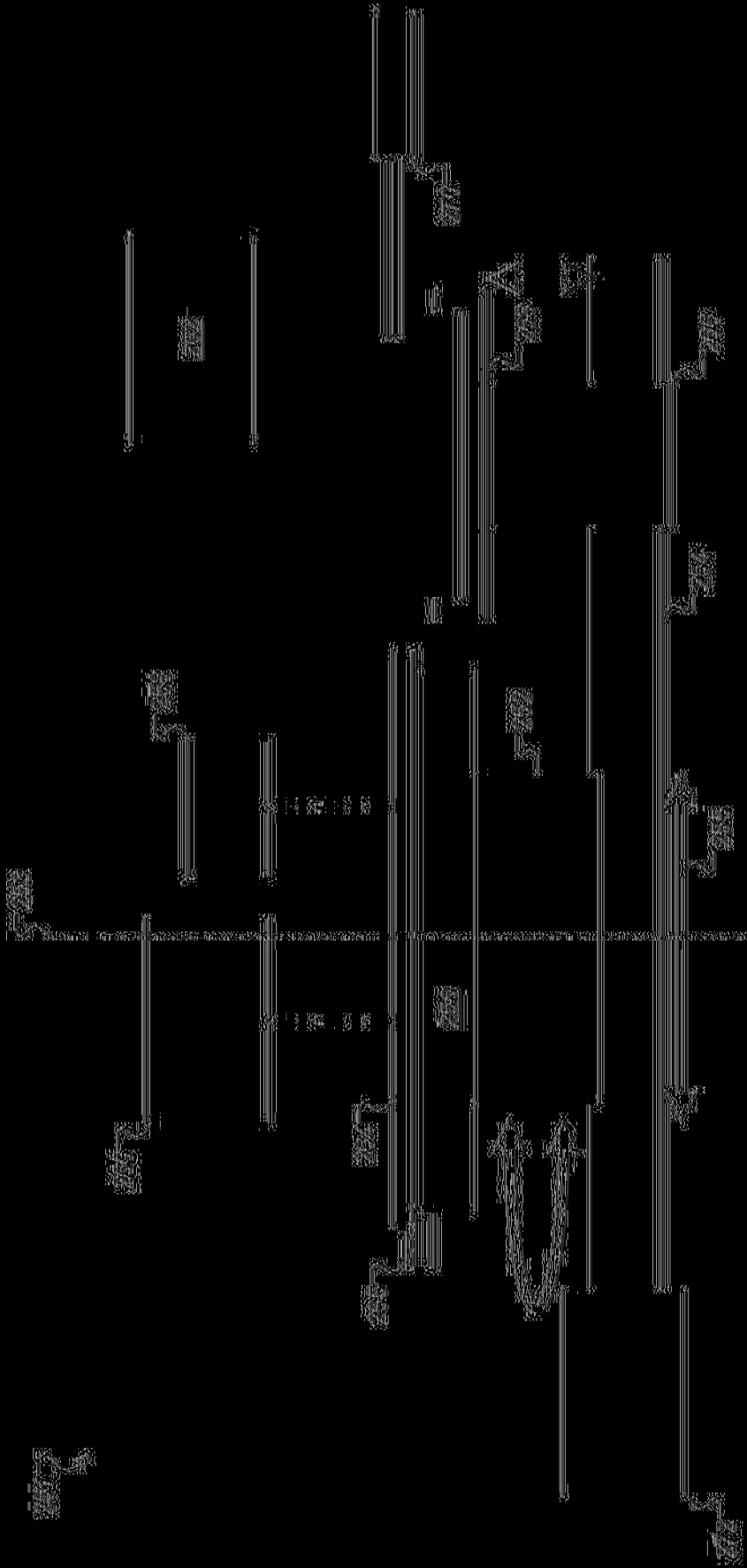


圖2A



E23

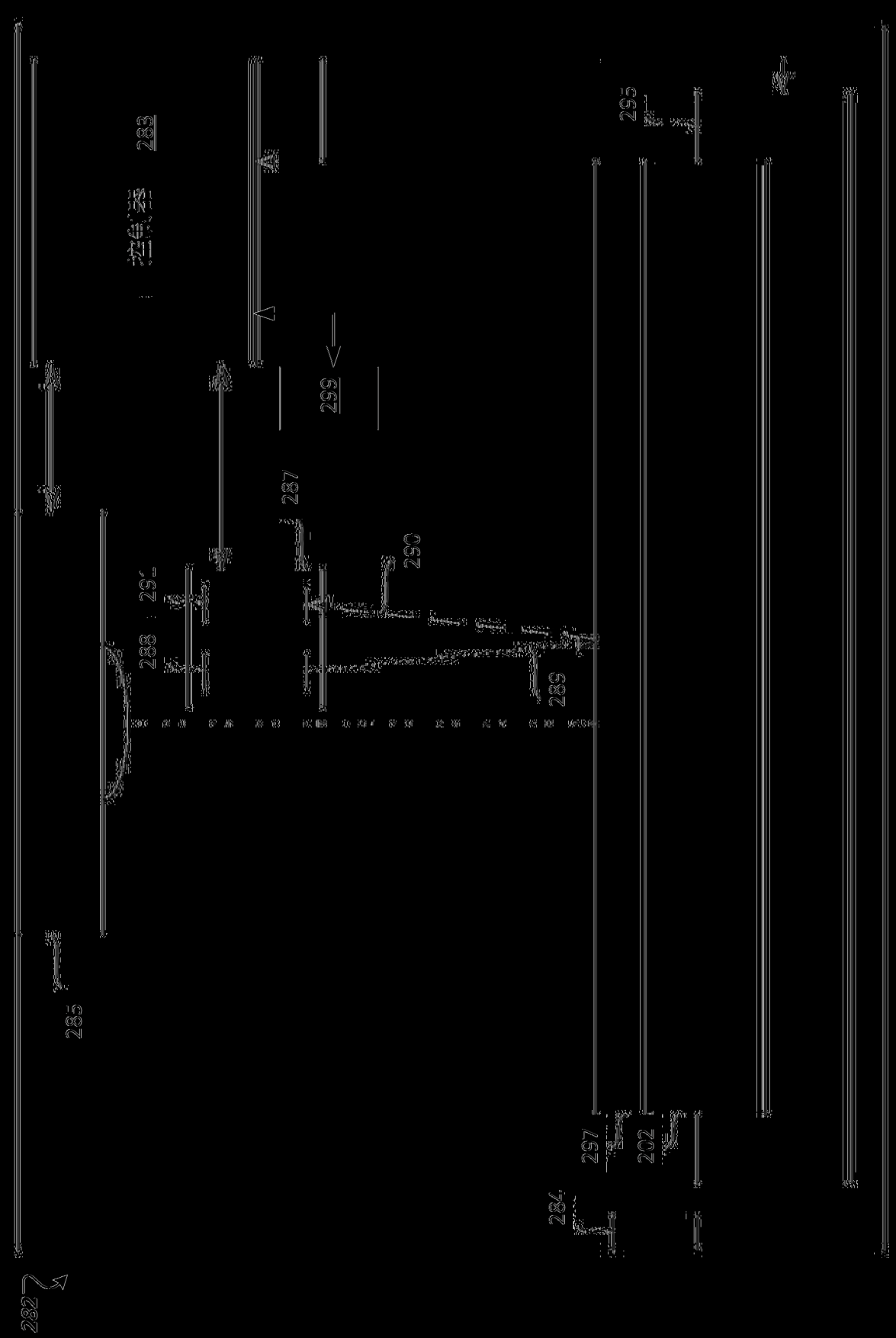


圖 2C

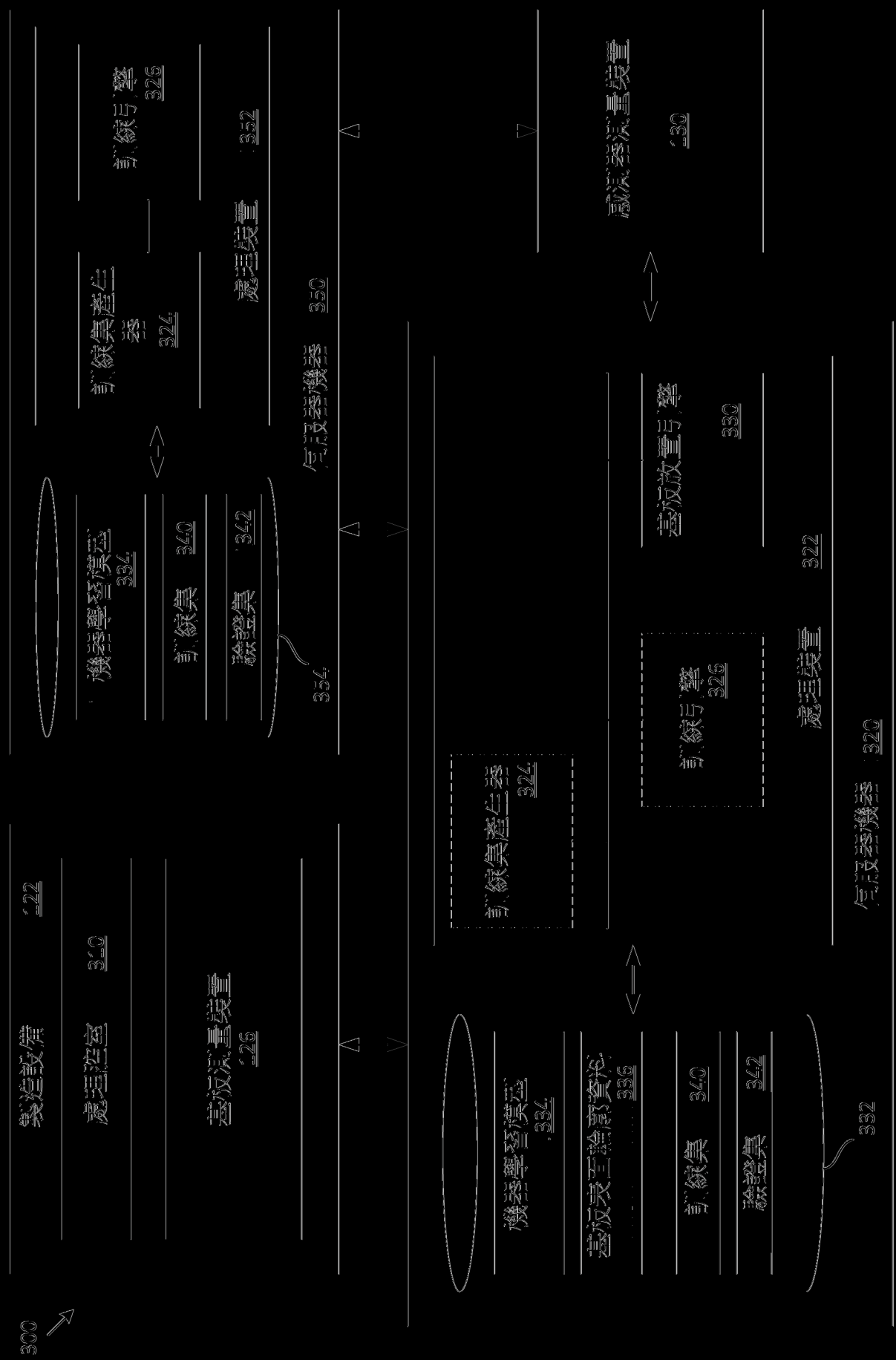


圖3

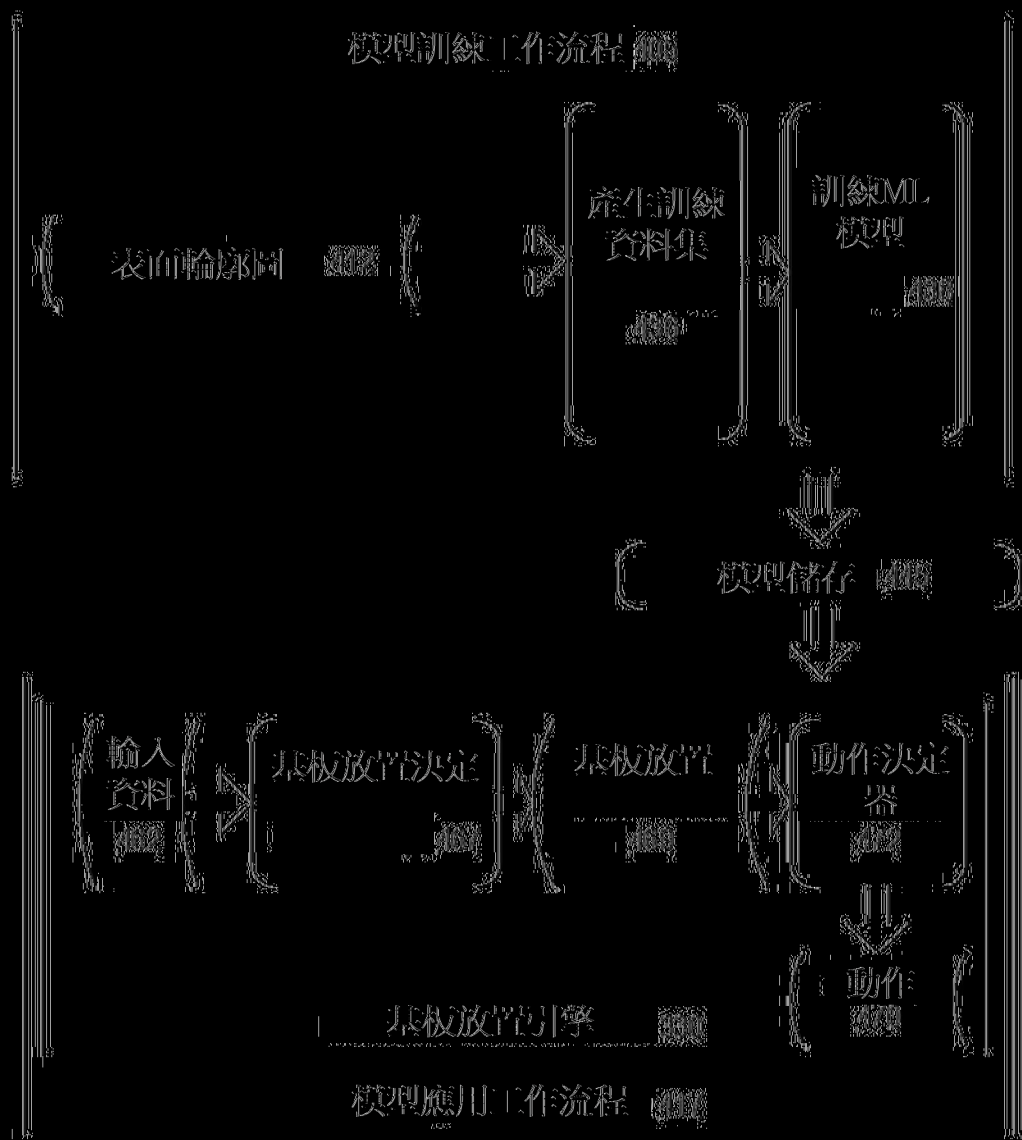


圖4

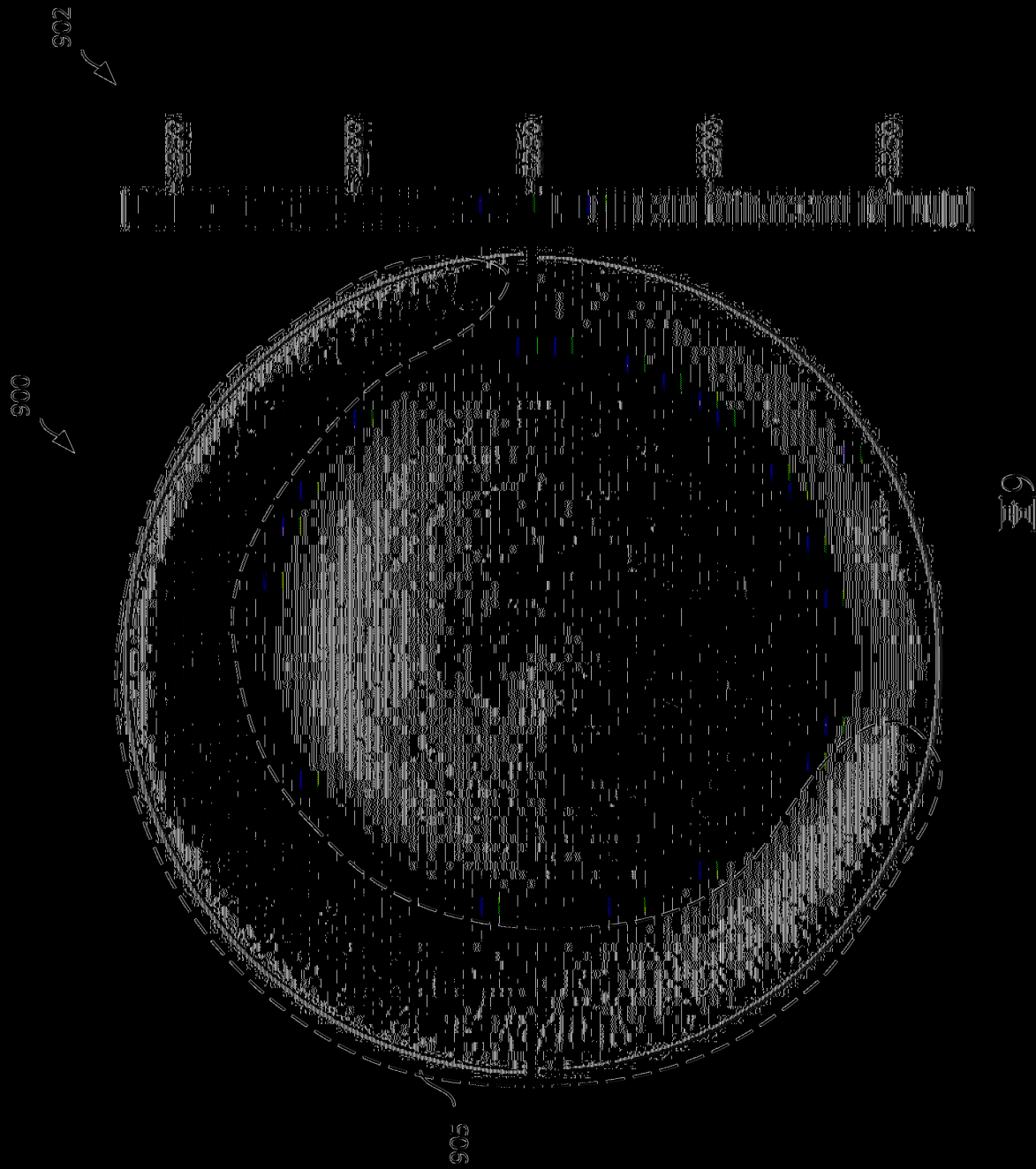






圖7





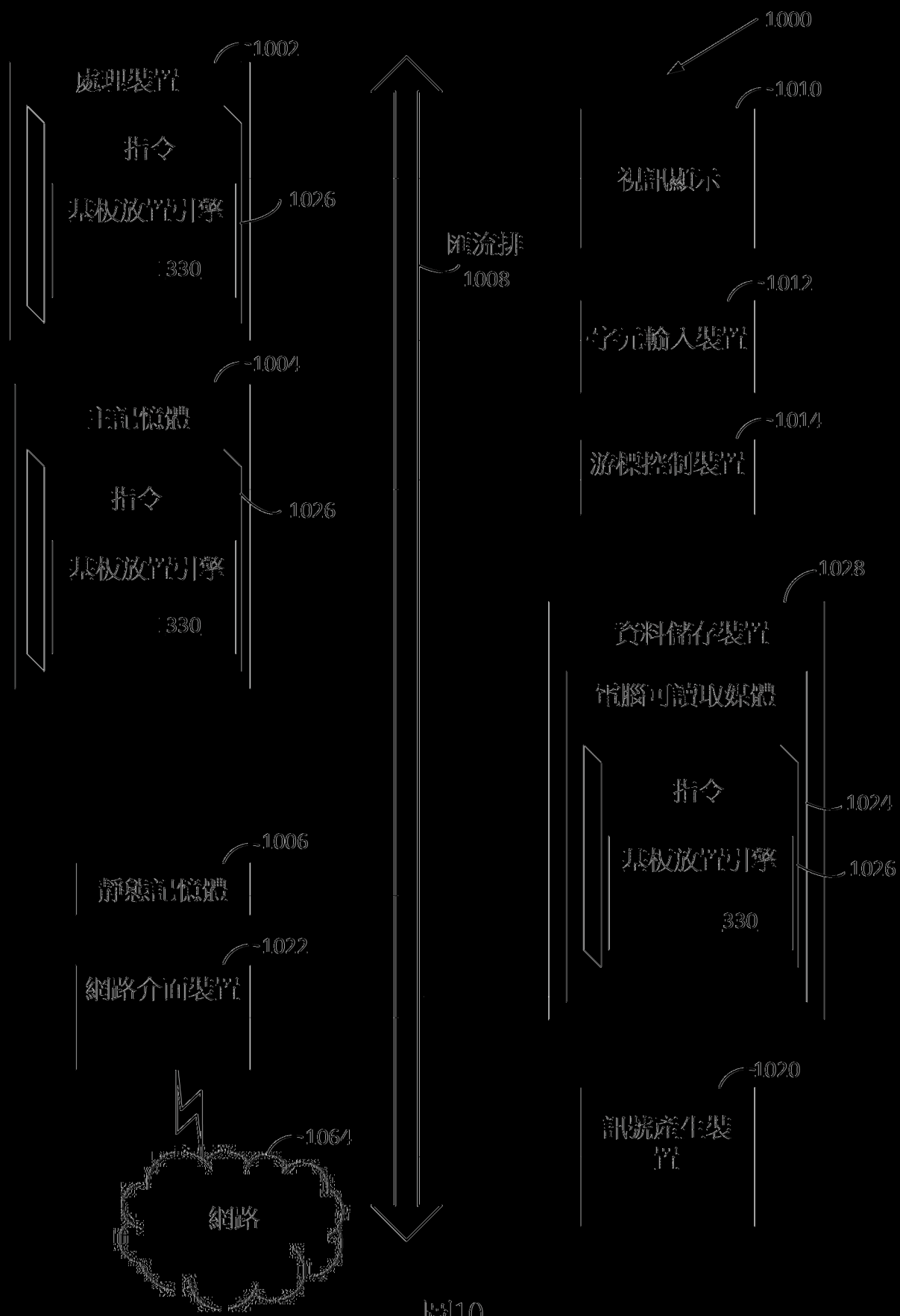


圖10