



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 202425195 A

(43)公開日：中華民國 113 (2024) 年 06 月 16 日

(21)申請案號：112132009

(22)申請日：中華民國 112 (2023) 年 08 月 25 日

(51)Int. Cl.：

H01L21/677 (2006.01)

H01L21/67 (2006.01)

G06N20/00 (2019.01)

(30)優先權：2022/08/25

美國

17/895,952

(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：羅伊 塔帕希里 ROY, TAPASHREE (IN)；伊根 陶德 EGAN, TODD (US)；李惟

蓋達 維斯瓦納坦 BAVIGADDA, VISWANATH (IN)；庫伯塔 尼汀 GUPTA,

NITIN (IN)

(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：24 項 圖式數：8 共 101 頁

(54)名稱

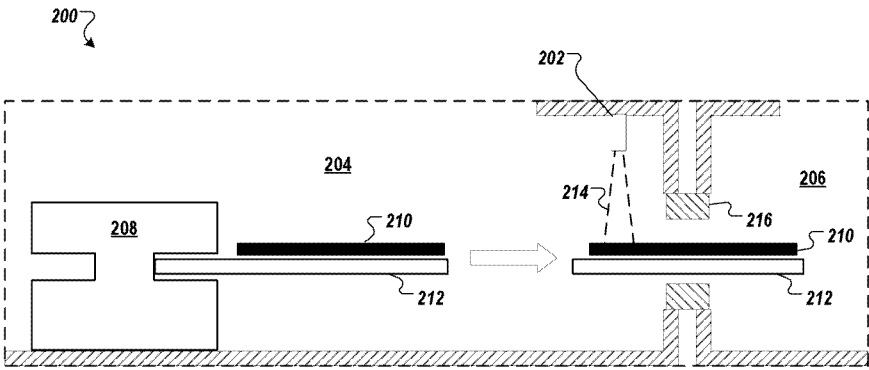
用於製程表徵與改進的基板腔室內計量

(57)摘要

一種方法包括藉由處理裝置接收由基板處理系統的第一感測器產生的第一資料。第一資料係回應於第一感測器接收到來自基板處理系統中的移送腔室的機器人臂保持的基板的電磁輻射而產生。該方法進一步包括處理第一資料以獲得第二資料。第二資料包括基板處理系統的效能的第一指示。該方法進一步包括鑒於第二資料來引起與基板處理系統相關聯的校正動作的執行。

A method includes receiving, by a processing device, first data generated by a first sensor of a substrate processing system. The first data is generated responsive to the first sensor receiving electromagnetic radiation from a substrate held by a robot arm of a transfer chamber in the substrate processing system. The method further includes processing the first data to obtain second data. The second data includes a first indication of performance of the substrate processing system. The method further includes causing, in view of the second data, performance of a corrective actions associated with the substrate processing system.

指定代表圖：



第2圖

- 符號簡單說明：
- 200:基板處理系統
 - 202:電磁輻射探針
 - 204:移送腔室
 - 206:處理腔室
 - 208:移送機器人
 - 210:基板
 - 212:機器人臂
 - 214:視場
 - 216:狹縫閥

【發明摘要】

【中文發明名稱】用於製程表徵與改進的基板腔室內計量

【英文發明名稱】IN-CHAMBER METROLOGY OF SUBSTRATES FOR
PROCESS CHARACTERIZATION AND IMPROVEMENT

【中文】

一種方法包括藉由處理裝置接收由基板處理系統的第一感測器產生的第一資料。第一資料係回應於第一感測器接收到來自由基板處理系統中的移送腔室的機器人臂保持的基板的電磁輻射而產生。該方法進一步包括處理第一資料以獲得第二資料。第二資料包括基板處理系統的效能的第一指示。該方法進一步包括鑒於第二資料來引起與基板處理系統相關聯的校正動作的執行。

【英文】

A method includes receiving, by a processing device, first data generated by a first sensor of a substrate processing system. The first data is generated responsive to the first sensor receiving electromagnetic radiation from a substrate held by a robot arm of a transfer chamber in the substrate processing system. The method further includes processing the first data to obtain second data. The second data includes a first indication of performance of the substrate processing system. The method further includes causing, in view of the second data, performance of a corrective actions associated with the substrate processing system.

【指定代表圖】第（ 2 ）圖。

【代表圖之符號簡單說明】

200：基板處理系統

2 0 2 : 電 磁 輻 射 探 針

2 0 4 : 移 送 腔 室

2 0 6 : 處 理 腔 室

2 0 8 : 移 送 機 器 人

2 1 0 : 基 板

2 1 2 : 機 器 人 臂

2 1 4 : 視 場

2 1 6 : 狹 縫 閥

【特徵化學式】

無

【發明說明書】

【中文發明名稱】用於製程表徵與改進的基板腔室內計量

【英文發明名稱】IN-CHAMBER METROLOGY OF SUBSTRATES FOR
PROCESS CHARACTERIZATION AND IMPROVEMENT

【技術領域】

【0001】 本揭露的實施例係關於用於基板處理系統的製程控制和製程學習。本揭露的實施例進一步係關於一種計量系統，該計量系統能夠在基板由（例如，移送腔室的）機器人臂保持時產生彼等基板的計量量測結果。

【先前技術】

【0002】 腔室用於許多類型的處理系統中。腔室的實例包括蝕刻腔室、沉積腔室、退火腔室等。通常，基板（諸如半導體晶圓）被放置在腔室內的基板支撐件上，並且設置和維持腔室中的條件以處理基板。詳細瞭解處理條件、條件對基板的影響以及該等參數隨時間推移的演進，使得能夠嚴格控制產品性質。量測基板的一或更多種性質（例如，執行計量操作）可以告知與更新或維持基板的處理條件相關聯的決策或動作。

【發明內容】

【0003】 以下是本揭露的簡要概述，以便提供對本揭露的一些態樣的基本理解。該概述不是本揭露的廣泛綜述。它既不意欲標識本揭露的關鍵或重要要素，亦不意欲描繪本揭露的特定實施配方的任何範疇或申請專利範圍的任何範

疇。其唯一目的是以簡化形式呈現本揭露的一些概念，作為稍後呈現的更詳細描述的序言。

【0004】 一種方法包括藉由處理裝置接收由基板處理系統的第一感測器產生的第一資料。第一資料係回應於第一感測器接收到來自由基板處理系統中的移送腔室的機器人臂保持的基板的電磁輻射而產生。該方法進一步包括處理第一資料以獲得第二資料。第二資料包括基板處理系統的效能的第一指示。該方法進一步包括鑒於第二資料來引起與基板處理系統相關聯的校正動作的執行。

【0005】 一種基板處理系統包括處理腔室、移送腔室、移送腔室的機器人臂、感測器和處理裝置。該移送腔室耦接至該處理腔室。該機器人臂被配置為在該處理腔室與該移送腔室之間移送基板。該感測器具有視場。當藉由機器人臂將基板移送至處理腔室或從處理腔室移送時，該視場的至少一部分包括基板的至少一部分。該感測器用於接收已經與基板相互作用的電磁輻射。該處理裝置用於處理資料。該資料是回應於感測器接收到電磁輻射而產生。該處理裝置用於決定以下中的至少一者：(i) 基板處理系統的效能的一或更多種指示或(ii) 基板的一或更多種性質。

【0006】 一種非暫時性機器可讀儲存媒體儲存指令。該等指令當被執行時使得處理裝置執行操作。該等操作包括接收由基板處理系統的第一感測器產生的第一資料。第一資料係回應於第一感測器接收到來自由基板處理系統的移送腔室的機器人臂保持的基板的電磁輻射而產生。該等操作

進一步包括處理第一資料以獲得第二資料。該第二資料包括基板的第一一或更多種性質值。該等操作進一步包括鑒於第二資料來引起與基板處理系統相關聯的校正動作的執行。

【0007】 根據本揭露的該等和其他態樣提供了許多其他特徵。根據以下詳細描述、申請專利範圍和附圖，本揭露的其他特徵和態樣將變得更加清楚。

【圖式簡單說明】

【0008】 本揭露在附圖的各圖中以舉例方式而非限制方式進行說明，附圖中相同的附圖標記表示相似的元件。應當注意，在本揭露中對「一」或「一個」實施例的不同提及不一定是指同一實施例，並且此種引用意謂至少一個。

【0009】 第1圖是根據一些實施例的示例性處理系統的示意性俯視圖。

【0010】 第2圖是根據一些實施例的包括電磁輻射探針的基板處理系統的簡化側視圖。

【0011】 第3A圖是根據一些實施例的包括探針陣列的計量系統的示意性表示。

【0012】 第3B圖是根據一些實施例的基板處理系統的葉片的示意性仰視圖。

【0013】 第3C圖是根據一些實施例的包括探針陣列和收集軌跡的計量系統的示意性表示。

【0014】 第3D圖是根據一些實施例的包括探針陣列和收集軌跡的計量系統的示意性表示。

【0015】 第4圖是圖示根據一些實施例的示例性系統架構400的方塊圖。

【0016】 第5圖是根據一些實施例的用於為一或更多個模型產生資料集的示例性資料集產生器的方塊圖。

【0017】 第6圖是根據一些實施例的用於產生用於執行校正動作的輸出資料的系統的方塊圖。

【0018】 第7A圖是根據一些實施例的用於產生用於產生輸出資料的模型的資料集的方法的流程圖。

【0019】 第7B圖是根據一些實施例的用於基於當基板位於處理系統內時由探針所接收的輻射來產生和利用資料的方法的流程圖。

【0020】 第7C圖是根據一些實施例的用於根據從處理系統內收集的探針資料來預測基板的特性的方法700C的流程圖。

【0021】 第8圖描繪了根據一些實施例的示例性計算裝置的方塊圖。

【實施方式】

【0022】 本文描述了與在受控環境中執行基板量測相關的方法、系統、裝置等。例如，本揭露的方法、系統和裝置可係關於在真空中執行基板的計量量測；可係關於對處理中的基板的產量透明的計量量測；可係關於在環境受控的腔室中基板的量測結果，該等量測結果指示與基板相關聯的處理條件；等等。

【0023】 在一些系統中，在一或更多個處理腔室中處理和（或）製造基板。處理腔室可以將處理環境（例如，處理基板的空間區域）與周圍條件區分開。例如，可以在受控氣體壓力下、在受控氣體混合物下、在真空下等執行基板處理。

【0024】 在一些系統中，多個處理腔室可耦接至單個處理系統，例如，多個處理腔室可各自耦接至中央移送腔室。處理腔室內、移送腔室內、各種其他腔室（例如，裝載腔室）等內的環境可以是受控環境。

【0025】 在一些系統中，基板處理系統可被配置為製造多層基板。可以執行一或更多個操作來產生基板的一層，可以執行第二一或更多個操作來產生基板的另一層，等等。在一些系統中，基板可以在處理期間在處理腔室之間移送，例如，耦接至移送腔室的第一處理腔室可被配置為執行用於處理基板的第一操作，耦接至移送腔室的第二處理腔室可被配置為執行用於處理基板的第二操作，等等。基板可以在多個處理腔室中分多個階段進行處理，而不與周圍大氣條件相互作用，不離開處理系統的受控環境，等等。

【0026】 在一些系統中，基板可能對大氣條件敏感。基板（例如，基板的材料、基板的膜、基板的形狀或尺寸等）在引入大氣條件、不受控的氣氛等時可能會被損壞、改變或變化。在一些系統中，在從處理系統移除基板之前，基板可係受保護的（例如，可具有沉積的最終抗大氣污染物層）。

【0027】 在一些系統中，將對所製造的基板執行基板量測（例如，計量量測）。基板的計量可以提供基板效能的指示（例如，對基板效能的滿意性/不滿意性的預測）、基板處理效能的指示（例如，基板處理程序的品質）。計量可以在獨立計量系統（例如，與基板處理系統分離的房間、設施、區域等）或管線計量系統（例如，耦接至基板處理系統的計量系統）等等中執行。

【0028】 在一些系統中，計量操作可以在處理系統外部執行，例如，基板可以在量測之前離開受控環境，基板可以在量測之前與大氣/環境條件接觸，基板可具有在環境條件下執行的計量操作，等等。在一些系統中，計量操作可能與處理操作在時間上分離。管線計量系統可以在執行最終處理操作後的數分鐘接收基板、對基板執行量測，等等。來自基板（例如，待用於控制或調整未來製程）的任何資訊可能暫時不可用（例如，由於此種延遲）。獨立計量系統可以在執行最終基板處理操作後的數小時接收基板。在處理基板與從獨立計量系統產生計量資料之間可以處理許多其他基板。

【0029】 在一些系統中，可以對由基板處理系統生產的基板的子集執行計量操作。例如，可以標記基板的隨機選擇以用於進一步計量，可以週期性地標記基板以用於進一步計量（例如，所產生的每n個基板中的一個基板），可以基於效能度量（例如，與該等基板的處理相關聯的感測器資料）標記基板的選擇以用於計量，等等。在一些實施例中，

由於與執行計量操作相關聯的時間成本，可標記基板的子集以用於計量操作、對其執行的計量操作等。在計量操作中包括更多基板可能會降低基板處理系統的處理產量。

【0030】 本揭露可以解決習知基板處理和（或）計量系統的缺點中的一或更多個缺點。在一些實施例中，基於從基板接收電磁（例如，光學）輻射來產生量測結果的計量系統被包括作為處理系統的一部分。計量系統可被配置為接收由基板發射的輻射、透射穿過基板的輻射、由基板反射的輻射，等等。計量系統可包括探針，例如用於從基板收集電磁輻射的裝置。探針可以設置在處理系統內，例如，探針可以在處理腔室內、在移送腔室內、在裝載閘內、在主機或腔室主體內、在工廠介面內、可以在受控環境內，等等。當基板處於受控環境（例如，處理環境、真空、惰性環境等）中時，探針可以接收來自基板的電磁輻射。

【0031】 用於從基板接收電磁輻射的探針可以沿著基板在處理操作期間或處理操作之間行進的路徑設置。例如，探針可以設置在被配置為容納一或更多個基板的腔室或部件的區域上方（例如，探針可以懸掛在移送腔室、處理腔室、裝載閘、狹縫閥組件、工廠介面等的蓋或頂壁上）。探針可具有視場，探針可以從該視場接收電磁輻射。探針的視場可定位成包括被配置為容納基板的腔室的一或更多個區域。例如，靠近腔室的頂部的探針可以具有指向探針下方的視場。探針的視場可以與基板在例如從一個腔室移送到另一腔室時穿過的區域相交。例如，探針可以設置在處理

腔室與移送腔室之間的界面附近。當機器人臂（例如，與移送腔室相關聯，被配置為在處理系統內移送一或更多個基板等）將基板移送進和（或）出處理腔室時，基板的一部分可以穿過探針的視場。在一些實施例中，探針可以不同方式定位。例如，探針可以位於移送腔室內，但不與耦接至移送腔室的特定處理腔室相關聯。在另一實例中，探針可以設置在將處理腔室與移送腔室分開的狹縫閥組件中。在一些實施例中，第一處理腔室可用於與處理基板相關聯的第一組操作，並且基板可移動至第二腔室以進行第二組操作。探針可設置成使得從第一處理腔室穿過移送腔室到第二處理腔室的基板可以與探針的視場相交。

【0032】 在一些實施例中，當基板穿過探針的視場時，進行一或更多次量測。在一些實施例中，探針可以將從基板接收的輻射（例如，經由一或更多個光學元件、經由光纖纜線等）提供至光譜儀、至一或更多個偵測器、至一或更多個相機或成像儀，等等。在一些實施例中，可以在基板正在各位置之間移送的同時進行一或更多次量測，例如，在探針正在收集輻射的同時基板可以連續移動。在一些實施例中，探針可被放置成使得基板自然地穿過探針的視場，例如，接收來自基板的電磁輻射可不增加基板的處理時間、完成時間、製造時間等。在一些實施例中，當基板被移送穿過探針的視場的同時，獲取多個資料點。例如，可以收集沿基板直徑的多個資料點。在一些實施例中，可以提供電磁源，並且可以由探針收集由基板反射或透射穿

過基板的輻射。在一些實施例中，探針可包括高溫計，並且可以從基板收集發射輻射。

【0033】 在一些實施例中，可以採用多個探針（例如，以繪製基板的較大部分的圖譜）。在一些實施例中，可以使用另外的偵測系統，例如，可以使用物件偵測系統來使資料收集與視場中的基板存在同步、使機器人操作與光譜儀操作同步，等等。在一些實施例中，可以指示用於移送基板的機器人調整基板穿過處理系統的路徑，以促進由探針進行的量測。在一些實施例中，機器人可以使基板多次穿過探針的視場，可以使基板長時間保持在探針的視場內，可以沿著路徑移送基板，使得與基板直接從一個腔室傳遞到另一腔室的情況相比，基板的更大部分穿過探針的視場，等等。在一些實施例中，基板的一或更多個部分可在處理期間多次經過一或更多個探針的視場。例如，可以將基板移送到處理腔室中以沉積膜。當基板被移送到處理腔室時，基板可以穿過探針的視場，可以向探針提供輻射，等等。在處理之後，基板可被移送到另一腔室，並且可以再次穿過探針的視場。

【0034】 處理裝置（例如，電腦處理器）可具有來自光譜儀或其他感測器的資料。處理裝置可以推斷出與所量測的基板相關聯的一或更多個度量。在一些實施例中，處理裝置可以產生對基板的一或更多種性質的指示。處理裝置可以使用基於從基板接收的電磁輻射的資料來決定和（或）預測基板的一或更多種性質。膜（例如，沉積在基板上的

膜)的厚度、膜組成等可以由處理裝置決定。在一些實施例中，可將來自光譜儀的資料提供給基於物理學的模型以決定基板的一或更多種性質。在一些實施例中，可將來自光譜儀和(或)其他感測器的資料提供給機器學習模型，該機器學習模型經訓練以接收光譜儀資料並產生基板性質的指示作為輸出。

【0035】 在一些實施例中，處理裝置可以產生與基板相關聯的一或更多個處理操作的效能(例如，效能品質)的指示。處理裝置可以從光譜儀接收光譜資料。處理裝置可以將光譜資料提供給經訓練的機器學習模型，該經訓練的機器學習模型被配置為產生對先前已處理基板所處的處理條件的預測作為輸出。在一些實施例中，處理裝置可以將光譜資料提供給機器學習模型，該機器學習模型被配置為引起校正動作(例如，排程維護、更新製程配方、向使用者提供警報，等等)的執行。

【0036】 本揭露的各態樣提供了優於習知系統的一或更多個技術優點。本揭露使得能夠在受控環境中(例如，在處理系統內、在移送腔室中、在處理腔室中等)執行指示基板處理的量測。在習知的管線或獨立計量系統中，可能無法量測對大氣敏感的基板。例如，可在從受控環境中移除基板之前將保護層施加到該基板上，此可能妨礙基板的其他層的量測。

【0037】 本揭露的各態樣使得能夠在整個處理過程中多次量測基板。例如，當基板移入或移出處理腔室時，可以由

探針進行量測，該量測可以指示基板的一或更多種性質、基板的一或更多種處理條件，等等。在一些實施例中，在處理過程中，例如在一系列處理操作之間，可以對基板進行多次量測。可以以此種方式更準確地量測藉由對基板層的整個堆疊執行計量而可能被遮蓋的層。

【0038】 本揭露的各態樣使得能夠在對基板執行一或更多個處理操作之後快速（例如，處理後的數秒、處理後的數分鐘，等等）量測基板。在一些系統中，一或更多個所生產的基板的計量可用於執行校正動作，例如更新製程配方、排程維護、向使用者提供警報等。在一些習知系統中，在處理基板與執行與基板相關聯的計量操作之間可能存在顯著的延遲（例如，在時間方面、在可能做出改變之前處理的額外基板方面，等等）。根據本揭露，可以在處理之後立即量測基板（例如，可以由探針從基板接收電磁輻射）。可以快速啟動和（或）執行對處理條件、處理配方等的更新，從而減少在次優處理條件下操作基板處理系統所浪費的材料、能量、時間等。

【0039】 本揭露的各態樣使得能夠在基板被移送穿過處理系統的同時執行基板的計量量測。例如，移送機器人可以正在正常操作，並且當移送機器人正在正常操作時（例如，當機器人在沒有包括在處理系統中的探針的情況下操作時），電磁探針可以接收來自基板的輻射，處理裝置可以決定基板的一或更多種性質，等等。本揭露的各態樣可以使得能夠執行計量，而不對基板處理系統的產量產生影響

（例如，計量系統可以是產量透明的），不對產量產生顯著影響（例如，根據本揭露的計量操作可以將產量增加小於閾值的時間量），等等。本揭露的各態樣可以使得能夠量測基板處理系統的更多基板，例如，可以藉由計量系統來量測由處理系統處理的每個基板，可以藉由計量系統來量測由處理系統處理的基板的一部分（例如，在基板處理系統的第一處理腔室中被處理的每個基板），等等。在一些實施例中，反饋控制、配方更新、排程維護等可以基於基板的計量。使得能夠量測基板的更大部分可以增加校正動作的預測的確定性（例如，額外的資料可以增加準確校正動作的統計學可能性）。對由基板處理系統處理的基板的更大部分的量測可促進處理系統避免對一或更多個處理配方做出錯誤的改變，可促進處理系統做出適當的（例如，增加所生產的基板滿足目標效能度量的可能性）校正動作（例如，藉由提高所偵測到的與處理腔室中的理想條件的差異的確定性），等等。此可以藉由減少用於執行次優處理操作的能量、時間和材料來向基板處理系統提供技術優勢，可以減少與生產有缺陷的產品的可能性增加相關聯的能量、時間、材料和缺陷產品處置成本，等等。

【0040】 在本揭露的一個態樣中，一種方法包括藉由處理裝置接收由基板處理系統的第一感測器產生的第一資料。第一資料係回應於第一感測器接收到來自由基板處理系統中的移送腔室的機器人臂保持的基板的電磁輻射而產生。該方法進一步包括處理第一資料以獲得第二資料。第二資

料包括基板處理系統的效能的第一指示。該方法進一步包括鑒於第二資料來引起與基板處理系統相關聯的校正動作的執行。

【0041】 在本揭露的另一態樣中，一種基板處理系統包括處理腔室、移送腔室、移送腔室的機器人臂、感測器和處理裝置。該移送腔室耦接至該處理腔室。該機器人臂被配置為在該處理腔室與該移送腔室之間移送基板。該感測器具有視場。當藉由機器人臂將基板移送至處理腔室或從處理腔室移送時，該視場的至少一部分包括基板的至少一部分。該感測器用於接收已經與基板相互作用的電磁輻射。該處理裝置用於處理資料。該資料是回應於感測器接收到電磁輻射而產生。該處理裝置用於決定以下中的至少一者：(i) 基板處理系統的效能的一或更多種指示或(ii) 基板的一或更多種性質。

【0042】 在本揭露的另一態樣中，一種非暫時性機器可讀儲存媒體中儲存指令。該等指令當被執行時使得處理裝置執行操作。該等操作包括接收由基板處理系統的第一感測器產生的第一資料。第一資料係回應於第一感測器接收到來自由基板處理系統的移送腔室的機器人臂保持的基板的電磁輻射而產生。該等操作進一步包括處理第一資料以獲得第二資料。該第二資料包括基板的第一一或更多種性質值。該等操作進一步包括鑒於第二資料來引起與基板處理系統相關聯的校正動作的執行。

【0043】 第1圖是根據一些實施例的示例性處理系統100的示意性俯視圖。處理系統100可以是基板處理系統。處理系統100包括移送腔室機器人101和工廠介面機器人121，該移送腔室機器人和該工廠介面機器人各自適於從電子元件處理系統（諸如第1圖所示的處理系統100）中的目的地拾取和放置基板110（有時稱為「晶圓」或「半導體晶圓」），或者將該基板放置到該目的地。然而，任何類型的電子元件基板、遮罩或其他含二氧化矽基板（本文中通常稱為「基板」）可以由所揭示的機器人傳輸和移送。例如，基板110的目的地可以是一或更多個處理腔室103，和（或）可分佈在移送腔室114周圍並耦接至該移送腔室的裝載閘設備107A、107B中的一者或多者。如圖所示，例如，基板移送可以穿過狹縫閥111。

【0044】 處理系統100可進一步包括主機102，該主機包括移送腔室114和多個處理腔室103。主機102的殼體中包括移送腔室114。移送腔室114可包括頂壁（未圖示）、底壁（底板）139和側壁，並且可包括受控環境。受控環境可包括真空條件、受控壓力（例如，不同於周圍大氣壓）、受控氣體環境（例如，惰性氣體，諸如氬氣或氦氣或氣體混合物）等。在所描繪的實施例中，移送腔室機器人101安裝至底壁（底板）139。然而，移送腔室機器人101可以安裝在其他地方，諸如安裝至頂壁。

【0045】 在各種實施例中，處理腔室103可適於對基板110進行任意數量的處理。該等製程可以包括沉積、氧化、

硝化、蝕刻、拋光、清洗、微影、計量（例如，整合計量）等。亦可以執行其他製程。裝載閘設備 107A、107B 可適於與工廠介面 117 或其他系統部件介面連接，該其他系統部件可從例如可對接在工廠介面 117 的裝載埠處的基板載體 119（例如，前開式晶圓傳送盒（Front Opening Unified Pod, FOUP））接收基板 110。工廠介面機器人 121（以虛線圖示）可用於在基板載體 119 與每個裝載閘設備 107A、107B 之間移送基板 110。基板 110 的移送可以以任何順序或方向進行。在一些實施例中，工廠介面機器人 121 可與移送腔室機器人 101 相同（或相似），但可進一步包括允許工廠介面機器人沿任一橫向方向移動並由箭頭 123 指示的機構。任何其他合適的機器人可以用作工廠介面機器人 121。在一些實施例中，系統 100 可以耦接到計量系統（例如，與計量系統介面連接），該計量系統為例如整合計量系統、管線計量系統等。

【0046】 在實施例中，並且藉由對任何機器人的示例性解釋，移送腔室機器人 101 包括至少一個臂 113（例如，機器人臂）和至少一個端效器 115，該至少一個端效器耦接至臂 113。端效器 115 可由移送腔室機器人 101 控制，以便從裝載閘設備 107A 或 107B 拾取基板 110，導引基板 110 穿過處理腔室 103 的狹縫閥 111 之一，並準確地將基板 110 放置到處理腔室 103 的基板支撐件上。在一些實施例中，端效器 115 可包括用於支撐基板 110 的葉片。在一些實施例中，端效器 115 可以支撐基板 110 的第一部分，例如，可以

是環形的，使得當基板 110 由端效器 115 支撐時，基板 110 的一些部分能夠從底部可見。

【0047】 在各種實施例中，處理腔室 103 中的一或更多個處理腔室 103 可包括探針 120（例如，用於收集電磁輻射的裝置），該探針的至少一部分在處理系統 100 的腔室內。在一些實施例中，探針 120 可以在處理腔室 103 內（如圖所示）。在一些實施例中，探針 120 可以在移送腔室 114 內。在一些實施例中，探針 120 可以在包括狹縫閥 111 的狹縫閥組件內。在一些實施例中，探針 120 可以在裝載閘 107A 至 107B 內。在一些實施例中，探針 120 可以在工廠介面 117 內。在一些實施例中，探針 120 可包括被設計成耦接從處理系統 100 的腔室內收集的輻射並且將彼輻射耦接到一或更多個光纖纜線/芯中的光學部件。在一些實施例中，探針 120 可設置在基板的路徑上方（例如，可從處理系統 100 的頂壁懸掛或嵌入頂壁中）。在一些實施例中，探針 120 可以設置在基板的路徑下方。在一些實施例中，處理系統 100、處理腔室 103、移送腔室 114 等中可以包括多個探針。

【0048】 在一些實施例中，探針的視場（例如，探針被配置為從其接收電磁輻射的空間區域）可以與基板 110 的路徑、端效器 115 的路徑相交，可以靠近腔室之間的耦接件（例如，靠近狹縫閥 111）等。在一些實施例中，探針 120 可被配置為接收從基板的表面反射的輻射。在一些實施例中，探針 120 被配置為接收透射穿過基板的輻射。在一些實施例中，探針 120 被配置為接收由基板發射的輻射。在

一些實施例中，探針 120 可以包括裝置的陣列，該等裝置為例如，具有不同（重疊、非重疊等）視場的裝置、具有不同功能的裝置（例如，接收電磁光譜的不同部分的輻射的裝置）、被配置為接收反射、發射或透射的光的裝置等。

【0049】 在一些實施例中，探針 120 可被配置為在基板 110 正在被從處理系統 100 的第一部分移送到處理系統 100 的第二部分時接收來自基板 110 的輻射。例如，探針 120 可被設置為使得探針 120 的視場可以與移送臂 113 可以經由其傳輸基板 110 的路徑相交。當基板 110 正在被從移送腔室 114 移送到處理腔室 103 時，探針 120 可以接收來自基板 110 的輻射。當基板 110 正在被從處理腔室 103 移送到移送腔室 114 時，探針 120 可以接收來自基板 110 的輻射。

【0050】 在一些實施例中，由探針 120 接收的光可以被引導至光譜儀 125 以進行分析。由探針 120 接收的光可以被聚焦到光纖纜線中，該光纖纜線耦接至光譜儀 125 以進行分析，例如光譜分析。光譜儀 125 可執行操作（例如，光譜儀 125 可包括或耦接至處理裝置）以決定可用於決定基板的至少一種光學性質的光的一或更多種光譜。在一些實施例中，將在基板處理之前接收來自基板的光。在一些實施例中，將在基板處理之後接收來自基板的光。在一些實施例中，將在處理操作之間接收來自基板的光。探針 120 和光譜儀 125 可包括與處理腔室 103、與移送腔室 114、與處理系統 100 等相關聯的光學感測器。探針 120 和光譜儀 125 可以包括待在受控環境中操作的計量系統。探針 120 和光

譜儀 125 可以包括真空內計量系統。光學感測器可以偵測基板 110 的材料的至少一種性質。在一些實施例中，藉由處理裝置（例如，處理裝置 130）進行薄膜光學計算，光學感測器可以提供指示基板 110 的材料的厚度的感測器資料。例如，光學感測器可用於決定施加到基板 110 的最新膜、基板 110 的最新暴露的膜（例如，在蝕刻操作之後）等的厚度。光學感測器可用於決定基板的總厚度。光學感測器可用於決定基板的額外特性。光學感測器可用於決定基板的幾何形狀（例如，基板的一或更多種尺寸的量測）。光學感測器可用於決定基板或基板的一部分的化學或物理組成。光學感測器可用於對圖案化的基板的圖案進行分類、分析和（或）表徵。

【0051】 在一些實施例中，處理系統 100 可進一步包括電磁輻射源，該電磁輻射源例如光學耦接至探針 120（例如，探針 120 被配置為接收由該源產生的輻射）。在一些實施例中，由探針 120 接收的光可從基板 110 反射。在一些實施例中，輻射可以從靠近探針 120 的位置、從與探針 120 的光纖線捆綁的纖芯、從基板 110 的與探針 120 的同一側（例如，頂側、底側等）等等提供至基板 110。輻射可以藉由輻射耦接裝置提供至基板 110，該輻射耦接裝置嵌入在腔室的壁中、由腔室的底壁（例如，底壁 139）支撐、從腔室的頂壁懸掛等。由探針 120 接收的光可以透射穿過基板 110。輻射可以從與探針 120 相對（例如，相對於基板 110）設置的位置提供至基板 110。例如，探針 120 可以從處理系

統 100 的頂壁懸掛和（或）靠近該頂壁，並且輻射可以從底壁 139 附近提供。在一些實施例中，系統可以包括多個探針，可以包括一或更多個探針陣列，可以包括設置在基板上方和（或）下方的探針等。

【0052】 控制器 109（例如，工具和裝備控制器）可以控制處理系統 100 的各個態樣，例如處理腔室 103 中的氣壓、單獨的氣流、空間流量比、各個腔室部件的溫度、以及處理腔室 103 的射頻（radio frequency；RF）或電氣狀態。控制器 109 可以從工廠介面機器人 121、移送腔室機器人 101、一或更多個感測器和（或）處理系統 100 的其他處理部件接收信號，並向其發送命令。控制器 109 因此可以控制處理的開始和停止，可以調整沉積速率、沉積組合物的類型或混合等。控制器 109 可以進一步接收並處理來自各種感測器（例如，與處理系統 100 相關聯的感測器）的感測資料。

【0053】 在各種實施例中，控制器 109 包括（或耦接到）處理裝置 130 並且耦接到光譜儀 125。處理裝置 130 可以被配置為接收和處理感測器資料，包括由光譜儀 125 執行的光譜分析的結果。處理裝置 130 可被配置為接受多個量測並執行信號處理，例如，被配置為藉由接收在用和不用外部光源的情況下收集的資料來隔離對薄膜的效應（例如，免受電漿產生的光學影響）。處理裝置 130 可以藉由從第一量測結果減去第二量測結果（例如，從第一光譜中減去第二光譜）來計算光譜信號（例如，指示基板 110 的一或

更多種特性)。然後，處理裝置130可以將反射量測信號與薄膜光學模型擬合以決定包括處理膜層的一或更多種光學薄膜性質的資訊。根據薄膜光學模型，處理裝置130可以決定基板110中所包括的處理產品的一或更多種特性。特性可以由處理裝置130計算，包括厚度、反射率、化學特性等。取決於分析一或更多種光學膜性質的結果，處理裝置130(例如，控制器109)可以執行一或更多種動作。例如，處理裝置130可以在製程改變或調整中指導處理腔室103。例如，控制器109可以調整處理參數或設置，諸如沉積速率、沉積組合物的類型或混合、在處理腔室內執行清洗製程的時序，以及將參照第7A圖至第7C圖更詳細地論述的其他動作。另外，在一些實施例中，控制器109可以基於分析一或更多種光學膜性質的結果而引起對處理腔室103的一或更多個感測器的校準，可以基於分析一或更多種光學膜性質的結果而執行腔室匹配，基於分析一或更多種光學膜性質的結果來辨識腔室漂移，等等。

【0054】 在一些實施例中，處理裝置130可執行不旨在決定基板110的一或更多種性質的分析。處理裝置130可從光譜儀125接收光譜資料並利用光譜資料來決定處理系統100的效能的一或更多種指示(例如，效能的品質、處理的品質，等)。在一些實施例中，處理裝置130可以將來自光譜儀125的資料(例如，光譜資料、經處理的光譜資料、基於光譜資料的輸入向量等)提供至經訓練的機器學習模型。經訓練的機器學習模型可被配置為產生與基板相

關聯的處理條件（例如，處理基板所處的處理條件）的一或更多種指示作為輸出。經訓練的機器學習模型可被配置為產生與處理系統100相關聯的一或更多種校正動作（例如，校正動作的指示、引起校正動作的執行等）作為輸出。校正動作可包括更新製程配方、更新非製程配方（例如，更新清洗配方、更新陳化配方、更新校準配方、更新鑑定配方等）、更新裝備常數、排程預防性維護（例如，清洗、校準、部件更換等）、排程校正性維護、向使用者提供警報等。

【0055】 控制器109和（或）處理裝置130可以是和（或）包括計算裝置，諸如個人電腦、伺服器電腦、可程式化邏輯控制器（programmable logic controller, PLC）、微控制器等。控制器109和（或）處理裝置130可以包括（或者是）一或更多種處理裝置，該一或更多種處理裝置可以是通用處理裝置，諸如微處理器、中央處理單元等。更特別地，處理裝置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、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，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。控制器109和(或)處理裝置130可包括資料儲存裝置(例如,一或更多個磁碟和(或)固態硬碟)、主記憶體、靜態記憶體、網路介面和(或)其他部件。處理裝置130可執行指令以執行本文所述的方法和(或)實施例中的任何一或更多者。指令可以儲存在電腦可讀取儲存媒體上,該電腦可讀取儲存媒體可包括主記憶體、靜態記憶體、輔助儲存設備和(或)處理裝置(在指令的執行期間)。

【0056】 第2圖圖示了根據一些實施例的包括電磁輻射探針202的基板處理系統200的簡化側視圖。基板處理系統包括移送腔室204和處理腔室206(例如,第1圖的移送腔室114和處理腔室103)。移送腔室114可包括移送機器人208。移送機器人208可被配置為在移送腔室204內、在移送腔室204與處理腔室206之間、在處理腔室206與處理系統200的另一腔室(未圖示)之間等移送一或更多個基板。

【0057】 移送機器人208可以耦接至機器人臂212或包括該機器人臂。機器人臂212可被配置為支撐基板210、在基板處理系統200的各部分之間移送基板210,等等。機器人臂212可包括葉片和(或)端效器,如將結合第3圖更詳細地描述的。

【0058】 移送機器人208可被配置為延伸(如第2圖中所描繪的箭頭所示)機器人臂212,以將基板210從移送腔室204運送到處理腔室206。基板210的一或更多個部分可以

穿過探針 202 的視場 214。在一些實施例中，探針 202 可設置靠近基板處理系統 200 的各腔室之間的界面，例如，靠近狹縫閥 216（例如，第 1 圖的狹縫閥 111）。在一些實施例（例如，包括探針 202 附近基板處理系統 200 的各腔室之間的界面設置的實施例）中，當基板 210 正在從一個腔室傳遞到另一個腔室時，基板 210 的一部分可以在視場 214 內（如第 2 圖中所描繪）。在一些實施例中，探針 202 被設置在高於狹縫閥的高度的高度處，並且探針 202 的視場 214 指向下方。或者，探針 202 可以設置在狹縫閥的高度以下的高度處，並且探針 202 的視場 214 可以指向上方。在一些實施例中，探針 202 可以不同方式放置，例如，可被配置為使得在基板 210 處於移送腔室 204 內的同時，基板 210 的一部分在視場 214 中；使得在基板 210 處於處理腔室 206 內的同時，基板 210 的一部分在視場 214 中，等等。

【0059】 在一些實施例中，探針 202 可以耦接至與執行計量、對基板進行量測等相關聯的其他部件。在一些實施例中，探針 202 可包括偵測器（例如，電磁輻射偵測器）。在一些實施例中，探針 202 可包括輻射收集裝置。在一些實施例中，探針 202 可耦接至光譜儀，例如，探針 202 可以耦接至光纖纜線，該光纖纜線可以將由探針 202 從基板 210 接收的輻射引導至光譜儀。在一些實施例中，探針 202 可以耦接至偵測器。在一些實施例中，與探針 202 相關聯的一或更多個偵測器可以與處理裝置通訊地耦接。

【0060】 在一些實施例中，探針 202 可以接收由基板 210 發射的輻射。例如，探針 202 可以接收由基板 210 發射的紅外輻射。與探針 202 相關聯的處理裝置可以基於由基板 210 發射的輻射來決定基板 210 的一或更多種性質。處理裝置可以基於發射的輻射、基板 210 的化學組成等來決定基板 210 的溫度。在一些實施例中，探針 202 可以包括高溫計系統的一部分。

【0061】 在一些實施例中，探針 202 可被配置為接收由基板 210 反射的光。基板處理系統 200 可以包括電磁輻射源，該電磁輻射源被配置為照射基板 210 的至少一部分。在一些實施例中，可以從上方執行基板 210 的照射，例如以使反射的輻射能夠被探針 202 收集。在一些實施例中，照射可以是寬頻的，例如可以由白光源提供。在一些實施例中，照射可以是窄頻的，例如，可以向基板 210 提供有限的波長範圍。在一些實施例中，照射可以是脈衝的。與探針 202 相關聯的光譜儀可以以脈衝模式操作，該脈衝模式可以對應於照射源的脈衝模式（例如，可以在時間上同步）。照射源可以是脈衝閃光燈，例如氙閃光燈。在一些實施例中，可以經由探針 202 的部件提供照射，例如，探針 202 可以包括兩個光纖芯，一個光纖芯用於從輻射源向基板 210 提供輻射，而另一個光纖芯用於接收從基板 210 反射的輻射並將該反射的輻射提供至相關聯的光譜儀。

【0062】 在一些實施例中，用於照射基板 210 的輻射可以是準直的或實質上準直的。準直照射可以對基板距探針的

距離實質上不敏感。在一些實施例中，用於照射基板 210 的輻射可以是聚焦的（例如，會聚的）。會聚照射可以導致計量系統對基板角度（例如，基板的表面相對於計量系統的光軸的角度）實質上不敏感。在一些實施例中，用於照射基板 210 的輻射可以是發散的。在一些實施例中，所收集的輻射（例如，光譜資料）可以與參考（例如，已知的矽基板參考）進行比較。與參考基板的比較可用於背景扣除、校準等。

【0063】 在一些實施例中，可以補償基板放置的差異。例如，可以包括執行基板 210 的表面角度的量測的額外設備。指示基板放置的角度、基板的一部分的角度（例如，由於彎曲或翹曲）等的資料可以被提供給處理裝置，以用於校正從腔室內計量系統得出的結論。

【0064】 在一些實施例中，探針 202 可被配置為接收由基板 210 透射的光。電磁輻射源可以設置在探針 202 的相對側（相對於基板 210）上，例如，在基板 210 所採取的路徑下方。輻射可以穿過基板 210（例如，穿過機器人臂 212 的底部中的一或更多個開口）以被探針 202 收集。

【0065】 在一些實施例中，探針 202 可以用於從基板 210 收集電磁輻射的探針陣列中的一個探針。在一些實施例中，多個類似的探針可以設置在基板處理系統 200 中。例如，多個探針可以被排列成使得基板 210 的不同部分被探針的視場捕獲。此可以產生更完整的基板性質圖譜，可以改善雜訊降低和（或）降低基於來自探針的資料的結論

或分析的誤差，等等。在一些實施例中，可以利用量測不同量的探針。例如，被配置為以發射、反射和透射模式的組合操作的探針可被包括在基板處理系統200中。在一些實施例中，可以包括在不同波長區域中操作的多個探針（例如，瞄準電磁譜的不同部分）。

【0066】 在一些實施例中，基板處理系統200可進一步包括被配置為偵測基板210的存在和（或）位置的部件。例如，當基板進入視場214時可以啟動輻射源（例如，物件偵測系統可以提供基板已經進入視場214的指示，例如藉由使視場與視場214的視場重疊，藉由使基板210更快地進入視場214並提供指示輻射源啟動的延遲信號等），可以在基板進入視場214時啟動光譜儀，等等。在一些實施例中，物件偵測部件可以促進光譜儀的操作和機器人的操作的同步，例如，脈衝光源可以被同步（例如，利用物件偵測系統與機器人208的控制系統配合來決定基板210的運動速度），以使得能夠從基板210的目標部分（例如，靠近外邊緣的部分、距外邊緣給定距離的部分等）收集資料。在一些實施例中，當基板210穿過視場214時，可以以幾個間隔獲取資料點。在一些實施例中，脈衝輻射源的脈衝可以對應於資料點。在一些實施例中，利用連續輻射源的系統的積分時間（連同機器人速度）可以限定對應於資料點的基板210的區域的大小。

【0067】 在一些實施例中，當機器人臂212延伸時，機器人臂212可能偏離直線路徑。例如，當機器人臂212從基板

210的第一部分(例如,前緣)進入視場214的位置延伸到基板210的最後部分(例如,後緣)離開視場214的位置時,基板210相對於探針202的放置和(或)取向可以改變。在一些實施例中,基板210與探針202之間的距離可以隨著機器人臂212延伸和(或)收縮而改變。在一些實施例中,基板210(例如,垂直於基板210的表面的射線的角度)與視場214(例如,穿過視場214的中心、探針的光軸等的射線)之間的角度可以隨著機器人臂212延伸和(或)收縮而改變。在一些實施例中,畸變值(例如,機器人臂212的角度下垂、機器人臂212的豎直下垂)在延伸和收縮操作期間可以不同。在一些實施例中,機器人臂212在延伸/收縮操作期間的行為可以是可重複的、可以是可預測的、可以由與在受控環境中執行基板的量測相關聯的一或更多個處理裝置來解釋,等等。

【0068】 第3A圖是根據一些實施例的包括探針陣列304的計量系統300A的示意性表示。探針302被配置為接收來自基板310(例如,第1圖的基板110)的電磁輻射。在一些實施例中,探針陣列304接收由基板310發射的電磁輻射。在一些實施例中,探針陣列304接收透射穿過基板310的輻射。在一些實施例中,探針陣列304接收從基板310反射的輻射。在一些實施例中,探針302、306和308可構成探針陣列。每個探針可以具有相關聯的視場(例如,由虛線錐體描繪)。

【0069】 在一些實施例中，探針陣列 304 中的每個探針可以實質上相似，例如，可被配置為執行相似的操作，可被配置為接收相似波長範圍內的電磁輻射，等等。在一些實施例中，一或更多個探針可以執行不同的功能。例如，探針 302 可被配置為接收在第一頻率範圍內發射的輻射（例如，接收紅外輻射以執行基板的溫度量測，充當高溫計等），探針 306 可被配置為接收在第二頻率範圍內反射的輻射（例如，接收由源提供並從基板 310 的一或更多個表面反射的可見波長範圍內的輻射），並且探針 308 可被配置為接收在第三頻率範圍內透射的輻射（例如，接收由源從基板 310 的相對側提供的約 $1\ \mu\text{m}$ 波長的輻射）。

【0070】 基板 310 可由葉片 312（例如，包括第 1 圖的端效器 115）支撐。葉片 312 可耦接至機器人臂、移送機器人或被配置為將基板 310 從一個位置（例如，基板處理系統的第一部分）移送至第二位置（例如，基板處理系統的第二部分）的任何機構。探針陣列 304 可以是固定的（例如，可以緊固至基板處理系統的壁）並且可以在基板 310 被移送時（例如，穿過探針陣列 304 的一或更多個探針的視場）時進行基板 310 的量測。

【0071】 在一些實施例中，探針（例如，探針 302）可以連續地接收輻射。例如，光學耦接至探針 302 的輻射源可以是連續源。在一些實施例中，與探針相關聯的偵測器、感測器、光譜儀等可以被配置為以非連續方式處理輻射。例如，光譜儀可以對在一段時間內（例如，當基板 310 被

葉片 312 移動時) 接收到的資料進行積分、暫停(例如，將在資料積分期間在探針 302 的視場中的基板 310 的第一區域與基板 310 的第二區域分離)，然後積分一段時間。在一些實施例中，處理系統可以包括脈衝源。例如，處理系統可以包括脈衝閃光燈源。探針(例如探針 302)可以取決於產生輻射的源來接收來自該源的輻射，例如，當基板 310 移動穿過探針 302 的視場時，可以量測和不量測沿著跨越基板 310 的路徑的基板 310 的交替區域。在一些實施例中，當源不是正在提供輻射時由探針 302 接收到的輻射可用於與所接收到的輻射的分析相關聯的校正、校準、基線操作等。

【0072】 第 3 A 圖進一步描繪了示例性資料收集路徑/軌跡 314。在一些實施例中，移送機器人被配置為沿著一或更多個軌跡(例如，直線軌跡段、曲線軌跡段等)移動基板 310，以與探針陣列 304 的一或更多個視場相交。路徑 314 描繪了探針陣列 304 可以從其接收輻射的基板 310 的區域。路徑 314 可以例如與將基板 310 從一個位置移送到另一位置(例如，在移送腔室與處理腔室之間移送)相關聯。導致沿路徑 314 的量測的基板 310 的軌跡可以是處理系統的操作的正常部分，例如，可以收集沿路徑 314 的資料而不影響基板處理時間、不影響系統產量等。執行真空內計量可為產量透明的。例如，當支撐基板 310 的機器人臂正在延伸或收縮時，可以沿著路徑 314 獲取資料。可以使用單個探針、一探針陣列、多個探針陣列(例如，在基板 310

上方和下方的探針)等沿著類似於路徑314的路徑獲取資料。與從基板310接收的輻射相關的資料(例如,光譜資料、處理資料、基板性質資料等)可以與葉片312的運動同步(例如,以產生跨基板310的表面的一部分的資料圖,以產生跨基板310的表面的一部分的性質圖,以基於與路徑314相關聯的資料外推跨基板310的較大部分的性質圖,等等)。額外部件(例如,物件偵測系統、物件偵測設備等)可用於使葉片312的運動與同接收來自基板310輻射的探針308相關聯的資料的收集/分析同步。

【0073】 在一些實施例中,基板310可以被圖案化,例如可以是圖案化的晶圓。從圖案化的晶圓接收的資料的處理可包括額外操作。例如,可以將從圖案化的晶圓接收的光譜資料與此類資料的資料庫進行比較。與從晶圓接收到的資料實質上相似的資料(例如,光譜)可用於表徵基板、表徵圖案等。相似光譜的分箱、光譜的比較、性質值的提取等可以藉由模型,例如基於物理的模型、機器學習模型、統計模型等來執行。

【0074】 第3B圖是根據一些實施例的處理系統300B的葉片320的示意性仰視圖(從下側觀察)。葉片320可以支撐基板322。葉片320可耦接至處理系統的移送機器人的機器人臂。計量系統300B可包括計量部件324和326。在一些實施例中,計量部件324和326中的一或更多者可以是探針。計量部件324和326中的一或更多者可以是源,例如可被配置為將輻射引導至基板322。

【0075】 在一些實施例中，當基板 3 2 2 位於葉片 3 2 0 上時，基板 3 2 2 的底部的一部分（例如，由葉片 3 2 0 支撐的基板 3 2 2 的底表面）可以是光學可存取的。如第 3 B 圖所示，葉片 3 2 0 可以使基板 3 2 2 的一部分從底部可見（例如，葉片 3 2 0 可被配置為沿著基板 3 2 2 的外緣接觸基板 3 2 2）。計量系統 3 0 0 B 可包括在基板 3 2 2（例如，當在處理系統的腔室之間移送時）行進過的路徑上方和下方的部件。在一些實施例中，部件 3 2 6 和 3 2 4 中的一或兩者可以表示陣列，例如探針陣列和輻射源陣列等。在示例性實施例中，部件 3 2 4 可被配置為將光傳輸到基板 3 2 2，並且部件 3 2 6 可以是被配置為接收透射穿過基板 3 2 2 的光的探針。在另一示例性實施例中，部件 3 2 4 可以執行包括向基板 3 2 2 供應電磁輻射以及接收從基板 3 2 2 反射的輻射的操作，並且部件 3 2 6 可以接收從基板 3 2 2 發射的輻射（例如，用於產生基板 3 2 2 的溫度的指示）。

【0076】 在一些實施例中，可以從額外的探針收集額外的資料。例如，可以利用位於基板行進平面上方或下方的探針來偵測基板的幾何形狀，諸如基板的形狀、基板的畸變等。從該等探針接收到的資料可用於校正或調整由其他探針接收到的資料。例如，可以利用探針來量測基板上表面的角度，例如相對於用於執行反射量測的照射系統的角度。藉由接收反射光產生的資料可以對應於基板上表面的一部分的量測角度進行校正。可以以類似的方式校正晶圓形狀、畸變、翹曲、彎曲等。

【0077】 第3C圖是根據一些實施例的包括探針陣列304和路徑318（例如，收集軌跡）的計量系統300C的示意性表示。計量系統300C可以與第3A圖的計量系統300A共享一或更多個特徵，例如計量系統300C包括具有相關聯的視場的探針（例如，探針302和308）的陣列、基板310、葉片312等。在一些實施例中，移送機器人被配置為沿著一或更多個軌跡（例如，直線軌跡段、曲線軌跡段等）移動基板310，以與探針陣列304的一或更多個視場相交。

【0078】 路徑318包括多個軌跡。路徑318的軌跡可以是直的（如圖所示）、彎曲的、具有各種或均勻的長度等。機器人臂可被配置為沿不限於使基板310更接近目的地的路徑移動基板310，例如，機器人臂可以多次延伸和收縮、沿著相同的路徑重複地延伸和收縮，或者沿著兩個或更多個不同的路徑（例如，平行）路徑延伸和收縮。在一些實施例中，機器人臂在延伸/收縮之間橫向移動，例如以向探針陣列304的探針的一或更多個視場提供基板310的更大面積。在一些實施例中，機器人臂不在延伸/收縮之間橫向移動，例如，以提供基板310的第一區域的更多資料（例如，重複量測結果）、以提供更多統計確定性、以填充間隙（例如，由積分窗口、脈衝源等引起的間隙）等。

【0079】 第3D圖是根據一些實施例的包括探針陣列304和收集軌跡316的計量系統300D的示意性表示。計量系統300D可以與第3A圖的計量系統300A共享一或更多個特徵，例如計量系統300D包括探針302和306、基板310、

葉片 3 1 2 等。移送機器人可被配置為沿著圖示為收集軌跡 3 1 6 的軌跡移動基板 3 1 0。

【0080】 收集軌跡 3 1 6 包括多個軌跡，例如機器人臂移動基板所沿的路徑的多個分段、視場在基板 3 1 0 的表面上追蹤的路徑的多個分段，等等。軌跡可以是直的（如圖所示）、彎曲的、具有各種或均勻的長度等。在一些實施例中，可以使用間接路徑（例如，不以高效率將基板 3 1 0 移動到目的地的路徑）。若探針陣列 3 0 4 的視場以類似於收集軌跡 3 1 6 的圖案（例如，不同於直線路徑的圖案（例如，第 3 A 圖的路徑 3 1 4））與基板 3 1 0 相交，則探針（例如探針陣列 3 0 4 的探針）可以從基板 3 1 0 的更大部分接收輻射。輻射可以由一個探針、探針陣列、多個探針陣列等沿著一或更多個收集軌跡（例如，包括路徑 / 軌跡 3 1 4、3 1 6、3 1 8 等的軌跡）接收。

【0081】 第 4 圖是圖示示例性系統架構 4 0 0 的方塊圖，本揭露的實施方式可以在該系統架構中操作。如第 4 圖所示，系統架構 4 0 0 包括製造系統 4 0 2、計量系統 4 1 0、客戶端裝置 4 5 0、資料儲存設備 4 4 0、伺服器 4 2 0 和模型化系統 4 7 0。計量系統 4 1 0 可包括系統內工具 4 1 5（例如，設置在製造系統的一或更多個腔室提供受控環境、真空環境等的區域內的計量工具）。在一些實施例中，計量系統 4 1 0 可包括計量工具 4 1 4，該計量工具可包括部件、探針、光譜儀、輻射源等，如結合第 1 圖至第 3 圖所描述的。模型化系統 4 7 0 可為伺服器 4 2 0 的一部分。在一些實施例中，模型化系統

470 的一或更多個部件可以完全或部分地整合到客戶端裝置 450 中。製造系統 402、計量系統 410、客戶端裝置 450、資料儲存設備 440、伺服器 420 和模型化系統 470 可各自由一或更多個計算裝置代管，該一或更多個計算裝置包括伺服器電腦、桌上型電腦、膝上型電腦、平板電腦、筆記型電腦、個人數位助理 (personal digital assistant, PDA)、行動通訊裝置、蜂巢式電話、手持式電腦或類似的計算裝置。

【0082】 製造系統 402、計量系統 410、客戶端裝置 450、資料儲存設備 440、伺服器 420 和模型化系統 470 可以經由網路 460 彼此耦接（例如，用於執行本文所述的方法）。在一些實施例中，網路 460 是專用網路，該專用網路向系統架構 400 的每個元件提供對彼此以及其他專用計算裝置的存取。網路 460 可包括一或更多個廣域網路 (wide area network, WAN)、區域網路 (local area network, LAN)、有線網路（例如，乙太網路）、無線網路（例如，802.11 網路或 Wi-Fi 網路）、蜂窩網路（例如，長期演進 (Long Term Evolution, LTE) 網路）、路由器、集線器、交換機、伺服器電腦和（或）其任意組合。在一些實施例中，處理和（或）資料儲存操作可以由遠端基於雲端的裝置、虛擬裝置等執行，並且網路 460 可以使得能夠存取該等裝置及與該等裝置通訊。可替代地或另外地，系統架構 400 的元件中的任何元件可以整合在一起或以其他方式耦接，而不使用網路 460。

【0083】客戶端裝置450可以是或者包括任何個人電腦 (personal computer, PC)、膝上型電腦、行動電話、平板電腦、小筆電電腦、聯網電視 (「智慧TV」)、聯網媒體播放器 (例如, 藍光播放器)、機上盒、雲上 (over-the-top, OOT) 串流裝置、運營商盒子等。客戶端裝置450可以包括瀏覽器452、應用程式454和 (或) 由系統架構400的其他系統描述和執行的其他工具。在一些實施例中, 客戶端裝置450可以能夠存取製造系統402、計量系統410、資料儲存設備440、伺服器420和 (或) 模型化系統470並且移送 (例如, 發送和 (或) 接收) 對感測器資料、經處理的資料、資料分類、處理結果資料、處理更新資料和 (或) 各種處理工具 (例如, 計量工具414、資料準備工具416、腔室匹配工具422、感測器匹配工具424、配方開發工具426、處理控制工具428和 (或) 預測部件494) 在系統架構400的處理的各個階段的輸入和輸出的指示, 如本文所述。

【0084】如第4圖所示, 製造系統402包括處理工具404、處理程序406和處理控制器408。處理控制器408可以協調處理工具404的操作以執行一或更多個處理程序406。例如, 各種處理工具404可以包括專用腔室, 諸如蝕刻腔室、沉積腔室 (包括用於原子層沉積、化學氣相沉積或其電漿增強版本的腔室)、退火腔室等。在另一實例中, 機器可以併入樣品運輸系統 (例如, 選擇性順應性組裝機器人臂 (selective compliance assembly robot arm,

SCARA) 機器人、移送腔室、前開式晶圓傳送盒(front opening pod, FOUP)、側儲存盒(side storage pod, SSP)等) 以在機器與處理操作之間運輸樣品。

【0085】 在一些實施例中，當基板在機器之間運輸、處理操作之間運輸、運輸進入或離開製造系統402等時，可以利用計量工具414中的一或更多個計量工具。例如，計量工具414的輻射源可以提供待引導至正從製造系統402的移送腔室移送至處理腔室的基板的電磁輻射。輻射源可以耦接到系統內工具415的將輻射引導到基板的部件。系統內工具415的探針可以接收從基板反射的輻射，並且將該輻射提供給計量系統410的光譜儀以進行進一步分析。

【0086】 處理程序406，或者有時被稱為處理配方、處理操作或處理操作，可以包括用於由處理工具404進行操作的各種規範。例如，處理程序406可以包括處理規範，例如處理操作的啟動持續時間、用於該操作的處理工具、機器（例如，腔室）的溫度、流量、壓力等、沉積的順序等。在另一實例中，處理程序可包括用於將樣品運輸到另一處理操作或運輸由計量系統410量測的樣品的移送指令。一或更多個處理程序406包括預防性維護程序和清洗程序。

【0087】 處理控制器408可包括被設計為管理和（或）協調處理工具404的動作的裝置。在一些實施例中，處理控制器408與處理配方或一系列處理程序指令相關聯，該處理配方或一系列處理程序指令當以設計方式應用時產生基板製程的期望處理結果。例如，處理配方可以與處理基板

關聯以產生目標處理結果（例如，臨界尺寸、厚度、均勻性標準等）。處理控制器 408 可以協調預防性維護程序（例如，腔室清洗）、腔室恢復程序（例如，腔室陳化）等的執行，以將腔室返回到生產狀態，和（或）對與處理腔室相關聯的處理操作進行更新。另外，處理控制器 408 可以引起對與處理工具 404 或計量系統 410 相關聯的感測器的校準的更新。

【0088】 如第 4 圖所示，計量系統 410 包括計量工具 414 和資料準備工具 416。計量工具 414 可以包括各種感測器以量測處理結果（例如，臨界尺寸、厚度、均勻性等）並偵測製造系統 402 內的參數。在一些實施例中，計量工具 414 包括用於產生、引導和（或）接收電磁輻射的一或更多個部件，如第 2 圖至第 3 圖中所描述。在一些實施例中，計量工具 414 包括感測器以量測處理系統（例如，製造系統）中的基板的一或更多種性質。計量工具 414 可以包括用於執行管線計量、整合計量、獨立計量、真空計量等的工具。計量工具 414 可以包括多個感測器以偵測處理腔室的環境條件。例如，設置在一或更多個處理腔室內的感測器可用於量測處理腔室內的條件，例如溫度、壓力、真空條件、沉積層厚度等。在另一實例中，設置在處理腔室內的計量工具（例如，可以耦接到一或更多個光譜儀的探針）可以用於量測製造系統 402 的基板的一或更多種性質。在一些實施例中，系統 400 的一或更多個感測器（例如，系統內工具 415 的感測器）可用於當基板正在由製造系統的機器

人運輸時收集來自基板的量測結果（例如，光譜資料、來自反射的、透射的或發射的輻射的資料等）。在一些實施例中，系統400的一或更多個感測器可用於決定基板、基板的層等的化學特性（例如，化學組成）。在一些實施例中，系統400的一或更多個感測器可用於決定與基板相關聯的處理條件，以推薦與計量系統410和（或）製造系統402等相關聯的校正動作。在一些實施例中，系統400的感測器可用於決定基板的厚度。在一些實施例中，計量工具可用於量測沉積在基板的表面上的處理產品的厚度。計量工具414亦可包括用於量測使用製造系統處理的基板的處理結果的裝置。例如，可以根據由處理控制器408執行的處理配方和（或）動作來評估所處理的基板的處理結果，諸如臨界尺寸、厚度量測結果（例如，來自蝕刻、沉積等的膜層）。在另一實例中，各種感測器可以量測處理操作過程中腔室的條件。

【0089】 資料準備工具416可包括用於提取特徵和（或）產生與計量工具414所量測的資料相關聯的合成/工程化資料的處理方法。在一些實施例中，資料準備工具416可以辨識計量和（或）處理效能資料的相關性、模式和（或）異常。例如，資料準備工具416可以執行特徵提取，其中資料準備工具416使用量測資料的組合來決定是否滿足標準。例如，資料準備工具416可以分析關聯參數（例如，溫度、壓力、沉積層厚度、真空條件、電漿條件、處理產品厚度、各種輻射波長的光譜資料，等）的多個資料點，

以決定處理操作迭代期間是否發生快速變化。在一些實施例中，資料準備工具 416 跨與處理腔室條件相關聯的各種感測器資料執行歸一化。歸一化可包括處理傳入的感測器資料，以使其跨用於獲取資料的各個腔室和感測器看起來相似。資料準備工具 415 可以準備要供應給另一個部件（例如，模型 490）進行進一步處理的資料。

【0090】 在一些實施例中，資料準備工具 416 可以對計量資料（例如，由計量工具 414 獲得的計量資料）執行處理控制分析、單變數極限違反分析或多變數極限違反分析中的一或更多項。例如，資料準備工具 416 可以藉由採用基於統計的方法監測和控制處理控制器 408 來執行統計處理控制 (statistical process control, SPC)。例如，SPC 可以提高處理操作的效率和準確性（例如，藉由辨識落入和（或）超出控制極限的資料點）。

【0091】 在一些實施例中，可以在整個處理程序（例如，用於處理基板的配方）中量測一或更多個處理腔室的效能（例如，效能品質）。例如，可以量測在處理操作期間（例如，在處理配方操作期間、在清洗操作期間等）沉積在處理腔室中的基板上的處理產品的特性（例如，厚度）。例如，可以在多個腔室中處理基板。基板可以進入處理腔室，並在其被移送到處理腔室中時由一或更多個探針進行量測（例如，藉由系統內工具 415、藉由第 1 圖的光譜儀 125，等）。基板可以在腔室中經歷處理，例如沉積製程、蝕刻製程等。然後可以將基板從處理腔室中移除，並在正在被

移送出處理腔室的同時再次藉由一或更多個探針進行量測。在一些實施例中，在預定處理操作期間/之間獲取增加量的計量資料。例如，在處理晶圓之後立即可以啟動額外感測器和（或）當前啟動的感測器可以獲取額外資料。在一些實施例中，處理控制器408可以基於待由處理工具404執行的操作來觸發由計量工具414進行的量測。例如，處理控制器408可以回應於與製程相關聯的更新（例如，處理操作的完成、基板從處理系統中的一個位置移送到另一個位置，等等）而觸發（例如，計量工具414的）一或更多個感測器和（或）一或更多個輻射源的啟動。

【0092】 在一些實施例中，所提取的特徵、所產生的合成/工程化資料和統計分析可以與模型化系統470相關聯地使用（例如，以訓練、驗證和（或）測試模型490）。另外和（或）替代地，資料準備工具416可以將資料輸出到伺服器420以由腔室匹配工具422、感測器匹配工具424、配方開發工具426和（或）處理控制工具428中的任一者使用。

【0093】 資料儲存設備440可以是記憶體（例如，隨機存取記憶體）、驅動器（例如，硬碟、隨身碟）、資料庫系統、或能夠儲存資料的另一類型的部件或設備。資料儲存設備440可以儲存一或更多種歷史資料442，包括歷史感測器資料444、歷史計量資料446和（或）先前腔室條件的歷史腔室參數資料447，以及在相關聯的腔室條件下處理的基板的處理結果。在一些實施例中，可以提供歷史資料442以訓練模型490。感測器資料可以被提供給經訓練的模型

4 9 0 以獲得輸出。在一些實施例中，歷史感測器資料 4 4 4 包括來自計量系統 4 1 0 的歷史資料，例如，從由探針從基板接收的輻射產生的光譜資料。歷史感測器資料 4 4 4 可以包括指示沉積在基板上的層的厚度的光譜資料。歷史感測器資料 4 4 4 可以指示基板的另一特性、基板的處理條件等。

【0094】 在一些實施例中，歷史腔室參數 4 4 7 可以包括對與處理腔室相關聯的一或更多種處理操作的歷史更新。例如，歷史腔室更新資料 4 4 7 可包括基於歷史感測器資料 4 4 4 做出的對與處理腔室相關聯的一或更多個處理操作的歷史更新（例如，清洗配方更新、蝕刻配方更新、沉積配方更新等）。在一些實施例中，歷史腔室參數資料 4 4 7 可以被映射到歷史感測器資料 4 4 4、歷史計量資料 4 4 6 等。在一些實施例中，歷史資料 4 4 2 可用於訓練、驗證和（或）測試模型化系統 4 7 0 的模型 4 9 0（參見例如第 6 圖了解示例性方法）。

【0095】 伺服器 4 2 0 可以包括一或更多個計算裝置，諸如機架式伺服器、路由器電腦、伺服器電腦、個人電腦、大型電腦、膝上型電腦、平板電腦、桌上型電腦等。伺服器 4 2 0 可以包括腔室匹配工具 4 2 2、感測器匹配工具 4 2 4、配方開發工具 4 2 6 和處理控制工具 4 2 8。

【0096】 腔室匹配工具 4 2 2、感測器匹配工具 4 2 4、配方開發工具 4 2 6 和處理控制工具 4 2 8 中的每一者都可以從資料準備工具 4 1 6 接收資料。腔室匹配工具 4 2 2、感測器匹配工具 4 2 4、配方開發工具 4 2 6 和處理控制工具 4 2 8 中的每一

者都可以從模型 4 9 0 接收資料。伺服器 4 2 0 的每個部件可以從預測部件 4 9 4 接收資料。

【0097】 在一些實施例中，腔室匹配工具 4 2 2、感測器匹配工具 4 2 4、配方開發工具 4 2 6 和處理控制工具 4 2 8 中的每一者接收來自處理工具 4 0 4 的腔室資料和（或）從資料準備工具 4 1 6 輸出的經處理的資料。在一些實施例中，資料準備工具 4 1 6 從計量工具 4 1 4 接收原始感測器資料。原始感測器資料可以與從資料準備工具 4 1 6 設計的合成資料組合。腔室匹配工具 4 2 2、感測器匹配工具 4 2 4、配方開發工具 4 2 6 和處理控制工具 4 2 8 中的每一者可以產生對一或更多種處理程序 4 0 6 的更新和（或）可以產生指示腔室匹配、腔室漂移、異常等的報告/通知。

【0098】 在實例中，腔室匹配工具 4 2 2 可以基於接收到的資料來決定對第一處理腔室的處理操作的更新，以使得對第一處理腔室執行的處理操作更密切地匹配對第二處理腔室執行的對應處理操作。

【0099】 在另一實例中，感測器匹配工具 4 2 4 可以基於接收到的值資料來決定與處理腔室相關聯的一或更多個感測器的校準。另外，感測器匹配工具 4 2 4 可以基於接收到的值資料來決定考慮感測器漂移的感測器校準。

【0100】 在另外的實例中，配方開發工具 4 2 6 可以基於接收到的資料決定對處理配方的更新。特別地，配方開發工具 4 2 6 可以決定對一或更多個處理參數（例如，運行時間、清洗時間、製程旋鈕等）的更新，以基於所接收的資料來

最佳化處理配方（例如，處理操作）。在一個實施例中，配方開發工具 426 基於所接收的資料來決定對週期性地執行以清洗處理腔室的清洗配方的更新。

【0101】 作為額外實例，處理控制工具 428 可以基於接收到的資料來決定對處理操作的終點（例如，腔室清洗操作的終點）的更新。

【0102】 對處理程序的更新可以改變處理工具 404 實施處理程序 406 的方式。例如，更新可以包括增加或減少處理程序 406 的一或更多個處理操作的處理時間。例如，更新可以增加或減少腔室清洗操作的持續時間。在一些實施例中，腔室匹配工具 422、感測器匹配工具 424、配方開發工具 426 和處理控制工具 428 中的每一者可以使用接收輸入資料（諸如來自處理工具 404、包括系統內工具 415 的計量工具 414 的腔室資料）和（或）從資料準備工具 416 輸出的經處理資料並輸出對處理程序 406 的一或更多個更新的模型（例如，模型化系統 470 的模型）。模型 490 可以是機器學習模型，並且可以包括自舉聚合模型、隨機森林樹決策樹模型、偏最小二乘迴歸（*partial least squares regression, PLS*）模型、最小絕對緊縮與選擇算子（*least absolute shrinkage and selection operator, LASSO*）迴歸模型、和（或）脊迴歸模型以及其他模型。該模型可以包括組合包括多個模型的模型化（例如，堆疊模型化）並且利用較高置信度模型來對所接收的資料進行最終分類。該模型可以是無監督模型、半監督模

型或監督模型。另外，模型可以包括線性模型、動態模型、數位模型、機械模型、統計模型、基於物理的模型、數位孿生模型等。

【0103】 在一些實施例中，腔室匹配工具 4 2 2、感測器匹配工具 4 2 4、配方開發工具 4 2 6 和（或）處理控制工具 4 2 8 中的一或更多者可以使用機器學習模型來執行它們的所描述的方法。在一些實施例中，腔室匹配工具 4 2 2、感測器匹配工具 4 2 4、配方開發工具 4 2 6 和（或）處理控制工具 4 2 8 中的一或更多者可以使用習知模型和（或）基於物理的模型（例如，數位孿生）來執行它們的所描述的方法。可以使用模型化系統 4 7 0 來產生（例如，訓練、驗證和（或）測試）相關聯的模型。

【0104】 在一些實施例中，模型化系統 4 7 0 可以包括伺服器機器 4 7 2 和伺服器機器 4 8 0。伺服器機器 4 7 2 包括資料集產生器 4 7 4，該資料集產生器能夠產生一或更多個資料集（例如，資料輸入集和目標輸出集）以訓練、驗證和（或）測試模型 1 9 0。資料集產生器 4 7 4 的一些操作結合第 5 圖和第 7 A 圖詳細描述。在一些實施例中，資料集產生器 1 7 2 可以將歷史資料（例如，歷史感測器資料 4 4 4、歷史計量資料 4 4 6、腔室參數資料 4 4 7 等）劃分為訓練集（例如，百分之六十的資料）、驗證集（例如，百分之二十的資料）和測試集（例如，百分之二十的資料）。在一些實施例中，模型化系統 4 7 0（例如，經由預測部件 4 9 4）產生多個屬性集（例如，特徵向量、向量等）。例如，第一屬性集可以

對應於第一組類型的感測器資料（例如，來自第一組感測器、來自第一組感測器的值的第一組合、來自第一組感測器的值中的第一模式），該第一組類型的感測器資料對應於資料集中的每個資料集（例如，訓練集、驗證集和測試集），並且第二屬性集可以對應於第二組類型的感測器資料（例如，來自與第一組感測器不同的第二組感測器、與第一組合不同的值的第二組合、與第一模式不同的第二模式），該第二組類型的感測器資料對應於資料集中的每個資料集。

【0105】 在一些實施例中，伺服器機器 480 包括訓練引擎 482、驗證引擎 484、選擇引擎和（或）測試引擎 486。引擎（例如，訓練引擎 482、驗證引擎 484、測試引擎 486）可以指硬體（例如，電路系統、專用邏輯、可程式化邏輯、微代碼、處理裝置等）、軟體（諸如在處理裝置、通用電腦系統或專用機器上運行的指令）、韌體、微代碼或其組合。訓練引擎 482 可以產生多個經訓練的模型 490。多個經訓練的模型中的每個經訓練的模型可以對應於訓練集的不同屬性集（例如，來自不同感測器組的感測器資料）。例如，第一經訓練的機器學習模型可能已經使用所有屬性（例如，X1 至 X5）訓練，第二經訓練的機器學習模型可能已經使用第一屬性子集（例如，X1、X2、X4）訓練，並且第三經訓練的機器學習模型可能已經使用可以部分地與第一屬性子集重疊的第二屬性子集（例如，X1、X3、X4 和 X5）訓練。資料集產生器 474 可以接收經訓練的模型（例如，

490) 的輸出，並將資料收集到訓練資料集、驗證資料集和測試資料集中，並且使用該等資料集來訓練第二模型。伺服器機器480的一些或全部操作可用於訓練各種類型的模型，包括基於物理的模型、監督機器學習模型、無監督機器學習模型等。

【0106】 驗證引擎484可以能夠使用來自資料集產生器474的驗證集的對應特徵集來驗證經訓練的模型490。例如，可以使用驗證集的第一屬性集來驗證使用訓練集的第一屬性集訓練的第一經訓練的模型490。驗證引擎484可以基於驗證集的對應特徵集來決定經訓練的模型490中的每個經訓練的模型的準確性。驗證引擎484可以丟棄具有不滿足閾值準確度的準確度的經訓練的模型490。在一些實施例中，選擇引擎（未圖示）可以能夠選擇具有滿足閾值準確度的準確度的一或更多個經訓練的模型490。在一些實施例中，選擇引擎可以能夠選擇具有經訓練的模型490的最高準確度的經訓練的模型490。

【0107】 測試引擎486可以能夠使用來自資料集產生器474的測試集的對應屬性集來測試經訓練的模型490。例如，可以使用測試集的第一屬性集來測試使用訓練集的第一屬性集訓練的第一經訓練的模型490。測試引擎486可以基於測試集決定具有所有經訓練的模型中的最高準確度的經訓練的模型490。

【0108】 模型490可係指機器學習模型，該機器學習模型可以是由訓練引擎482使用包括資料輸入和對應的目標輸

出（相應訓練輸入的正確答案）的訓練集產生的模型偽像。模型 490 可以另外地或替代地指統計模型或基於物理的模型。可以找到資料集中的圖案，該等圖案將資料輸入映射到目標輸出（正確答案），並且向模型 490 提供捕捉該等圖案的映射。在一些實施例中，模型 490 可以預測基板的性質。在一些實施例中，模型 490 可以預測製造腔室部件的故障模式。

【0109】 可用於執行上述任務中的一些或全部任務的一種類型的機器學習模型是人工神經網路，諸如深度神經網路。人工神經網路大體包括具有分類器或迴歸層的特徵表示部件，該分類器或迴歸層將特徵映射到所需的輸出空間。卷積神經網路 (convolutional neural network, CNN) 例如代管多層卷積濾波器。在較低層處執行池化並且可以解決非線性問題，在該等較低層的頂部通常附加有多層感知器，從而將由卷積層提取的頂層特徵映射到決策（例如分類輸出）。

【0110】 遞歸神經網路 (recurrent neural network, RNN) 是另一種類型的機器學習模型。遞歸神經網路模型被設計為解釋一系列輸入，其中該等輸入本質上彼此相關，例如為時間軌跡資料、順序資料等。RNN 的感知器的輸出作為輸入反饋到該感知器中，以產生下一個輸出。

【0111】 深度學習描述了一類機器學習演算法，該類機器學習演算法使用多層非線性處理單元的級聯來進行特徵提取和變換。每個連續層都使用來自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層級，其中不同的層學習與不同抽象級別相對應的不同級別的表示。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表示。例如，在圖像識別應用中，原始輸入可以是像素矩陣；第一表示層可以抽象像素並編碼邊緣；第二層可以對邊緣的佈置進行編製和編碼；第三層可以編碼更高級別的形狀（例如，識別基板的結構，諸如閘、遮罩等）；並且第四層可以產生分類輸出。值得注意的是，深度學習過程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」係指資料轉換所經的層數。更準確而言，深度學習系統具有相當大的信用分配路徑(credit assignment path, CAP)深度。CAP是從輸入至輸出的轉換鏈。CAP描述了輸入與輸出之間的潛在因果關係。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。對於其中信號可能穿過層傳播多於一次的遞歸神經網路，CAP深度可能是無限的。

【0112】 神經網路的訓練可以以監督學習方式來實現，該監督學習方式涉及經由網路饋送由經標記的輸入組成的訓練資料集；觀察其輸出；定義誤差（藉由量測輸出與標籤值之間的差異）；以及使用諸如深度梯度下降和反向傳播的技術來調諧跨網路所有層和節點的網路權重，以使誤差最小化。在許多應用中，跨訓練資料集中的許多經標記的

輸入重複此過程會產生網路，當向該網路呈現與訓練資料集中存在的輸入不同的輸入時，該網路可以產生正確的輸出。

【0113】 模型 490 可係指經訓練的基於物理的模型。經訓練的基於物理的模型可被配置為找到描述處理腔室的物理量的一或更多個方程的解，該等方程為例如質量流量（例如，氣體流量）方程、熱傳遞方程、流體動力學方程等。在一些實施例中，用於產生基於物理的模型的假設可能不完全準確（例如，由於不精確的量測、製造或材料缺陷、部件的製造容差的不匹配、部件老化、漂移或與預測不同的行為，等等）。訓練基於物理的模型可以校正將誤差引入到基於物理的模型中的該等假設中的一或更多者，例如藉由允許改變模型的一或更多個參數以更好地擬合訓練資料。

【0114】 預測部件 494 可以向經訓練的模型 490 提供輸入資料，並且可以對該輸入運行經訓練的模型 490 以獲得一或更多個輸出。預測部件 494 可以能夠從模型 490 的輸出決定（例如，提取）預測資料 468，並且可以從該輸出決定（例如，提取）置信度資料，該置信度資料指示預測資料 468 是與已生產或待生產的產品的輸入資料相關聯的製程的準確預測因子，或者製造系統 402 的部件的準確預測因子的置信度位準。預測部件 494 可以能夠基於模型 490 的輸出來決定預測資料 468，包括對成品基板性質的預測以及對製造系統 402、感測器或計量系統 410 的部件的有效壽命

的預測。預測部件494或與客戶端裝置450相關聯的校正動作部件（例如，應用程式454的部件）可以使用置信度資料以基於預測資料468來決定是否引起與製造系統402相關聯的校正動作。

【0115】 置信度資料可以包括或指示置信度位準。作為實例，預測資料468可以基於基板的真空內計量來指示所預測的製造條件（例如，當基板正在被處理時處理腔室內的條件）。置信度資料可以指示預測資料468是對與輸入資料的至少一部分相關聯的產品的準確預測。在一個實例中，置信度位準是0與1之間的實數（包含0與1），其中0指示預測資料468是對根據輸入資料處理的產品的準確預測的無置信度，而1指示預測資料468準確地預測根據輸入資料處理的產品的性質的絕對置信度。回應於置信度資料指示置信度位準低於預定數量的實例的閾值位準（例如，實例的百分比、實例的頻率、實例的總數等），預測部件494可以使模型490被重新訓練（例如，藉由更新訓練集、驗證集和（或）測試集以包括額外的、最近的或不同的資料等）。

【0116】 出於說明而非限制的目的，本揭露的各態樣描述了使用與歷史資料442有關的資訊來訓練模型和使用模型。在其他實施方式中，可以使用啟發式模型或基於規則的模型來決定處理操作更新。

【0117】 在一些實施例中，客戶端裝置450、伺服器420、資料儲存設備440和模型化系統470的功能可以由比第4

圖所示更少數量的機器來提供。例如，在一些實施例中，伺服器機器 472 和 480 可以整合到單個機器中，而在一些其他實施例中，伺服器機器 472、480 和 492 可以整合到單個機器中。在一些實施例中，模型化系統 470 可以完全或部分地由伺服器 420 提供。在一些實施例中，客戶端裝置 450、伺服器 420、資料儲存設備 440 和模型化系統 470 的功能可以由比第 4 圖所示數量更多的機器提供。

【0118】 一般而言，若合適，則在一個實施例中描述為由客戶端裝置 450、資料儲存設備 440、計量系統 410、製造系統 402 和模型化系統 470 執行的功能亦可以在其他實施例中在伺服器 420 上執行。此外，歸屬於特定部件的功能可以由一起操作的不同或多個部件來執行。

【0119】 在一些實施例中，「使用者」可以表示為單個個體。然而，本揭露的其他實施例涵蓋作為由多個使用者和（或）自動化源控制的實體的「使用者」。例如，聯合為一組管理員的一組單獨使用者可以被視為「使用者」。

【0120】 第 5 圖是根據一些實施例的用於產生模型（例如，第 3 圖的模型 490）的資料集的示例性資料集產生器 572（例如，第 4 圖的資料集產生器 474）的方塊圖。資料集產生器 572 可以是第 4 圖的伺服器機器 472 的一部分。在一些實施例中，第 4 圖的模型化系統 470 可包括多個模型。每個模型可以具有單獨的資料集產生器，或者模型可以共享一或更多個資料集產生器。例如，可以利用不同的模型來接受不同的輸入（例如，製造參數、感測器資料、計量資料、

光譜資料)，以產生不同的輸出（例如，預測的計量、預測的製造條件、推薦的校正動作），以參與不同類型的分析（例如，機器學習、基於物理、統計）等。

【0121】 在一些實施例中，模型可被配置為接受與由探針從基板接收的電磁輻射相關的資料（例如，光譜資料）作為輸入，並產生基板特性（例如，厚度；幾何形狀，諸如臨界尺寸、蝕刻深度或側壁角度；圖案均勻性；光學性質；化學性質；等等）的一或更多種指示作為輸出。此類模型可能包括機器學習操作、基於物理的操作等。在一些實施例中，模型用於接收基板的性質的一或更多種指示（例如，在與一或更多個探針的視場重合的基板的一或更多個位置處的基板的一或更多種性質的指示）並產生基板的其他區域中的性質（例如，對於具有一個探針的系統，當基板穿過探針的視場從處理系統的一個部分移送到另一部分時，不直接位於探針的視場中的路徑上的位置的性質）的預測圖作為輸出。在一些實施例中，模型用於接收基板特性的一或更多種指示作為輸入，並產生指示基板的處理條件（例如，指示導致基板的性質的處理條件）的輸出。在一些實施例中，模型用於接收與從基板接收的輻射相關聯的資料（例如，光譜資料）並且產生基板的處理條件的預測作為輸出。在一些實施例中，模型用於接收資料（例如，光譜資料、性質資料等）並產生基板的頂層的性質的一或更多種指示（例如，模型可以在處理操作之前和之後接收從基板收集的資料）。在一些實施例中，模型用於接收輸入資

料（例如，光譜資料、性質資料等）並產生一或更多個推薦的校正動作作為輸出，和（或）用於引起一或更多個校正動作的執行。

【0122】 第5圖至第6圖的論述將集中於與機器學習模型相關聯的系統和操作，該機器學習模型被配置為接收光譜資料（例如，由探針從正在被移送機器人從處理系統中的一個位置移送到處理系統的第二位置的基板收集的光譜資料）並產生與處理該基板相關聯的處理條件的指示作為輸出。類似的方法和系統可以用於不同的機器學習模型（例如，接收不同資料作為輸入和（或）產生不同資料作為輸出的模型）、不同類型的模型（例如，基於物理的模型、統計模型）等，並且在本揭露的範疇內。

【0123】 包含資料集產生器572的系統500為模型（例如，第4圖的模型490）產生資料集。資料集產生器572可以使用歷史資料來產生資料集。資料集產生器572可以使用由計量工具產生的資料來產生資料集，該資料為例如藉由一或更多個探針從處理系統中的基板接收電磁輻射而產生的資料。資料集產生器572可以使用指示基板的處理條件的資料（例如，來自被配置為量測基板的位置處或附近的條件的裝置的資料、來自處理腔室的感測器資料等）來產生資料集。

【0124】 資料集產生器572產生資料輸入510。資料集產生器572亦可以產生目標輸出520。在一些實施例中，例如，為了訓練無監督機器學習模型，資料集產生器可以不

產生目標輸出 520。資料集產生器 572 可以利用基板輻射資料來產生資料輸入 510。基板輻射資料可以與由基板發射的輻射相關聯。基板輻射資料可以與由一或更多個基板反射的輻射相關聯。基板輻射資料可以與透射穿過基板的輻射相關聯。基板輻射資料可以與當一或更多個基板正在處理系統（例如，基板處理系統）內移動時由該處理系統的一或更多個探針接收的輻射相關聯（例如，當一或更多個基板被在處理系統的各部分之間移送時收集的資料）。基板輻射資料可以是光譜資料。基板輻射資料可以包括資料的組合，該資料為例如由多個探針收集的資料、與多個輻射源（例如，反射和發射的光）相關聯的資料等。目標輸出 520 可包括處理條件資料。處理條件資料可以由儀器（例如，被設計為設置在處理位置處或附近）產生。處理條件資料可以由與處理系統（例如，基板處理系統）相關聯的感測器產生。

【0125】 資料集可以包括預處理的資料，例如平滑化的、經清理的（移除異常值的等）、組合的、收集到特徵向量或屬性等中的資料。

【0126】 資料集產生器 572 可以產生資料集（例如，訓練集、驗證集、測試集），該資料集包括一或更多個資料輸入 510（例如，訓練輸入、驗證輸入、測試輸入）並且可以包括與該等資料輸入 510 對應的一或更多個目標輸出 520。資料集亦可包括將資料輸入 510 映射到目標輸出 520 的映射資料。資料輸入 510 亦可以被稱為「特徵」、「屬

性」或「資訊」。在一些實施例中，資料集產生器 572 向第 4 圖的訓練引擎、驗證引擎和（或）測試引擎提供一或更多個資料集。資料可以由引擎使用來訓練、驗證或測試第 4 圖的模型 490。可以結合第 7A 圖進一步描述產生訓練集、驗證集或測試集的一些實施例。

【0127】 資料集產生器 474 可以產生對應於第一基板輻射資料集 544A 的第一資料輸入，以訓練、驗證或測試第一模型。資料集產生器 572 可以產生對應於第二感測器資料集 544B 的第二資料輸入，以訓練、驗證或測試第二模型。

【0128】 在一些實施例中，資料集產生器 474 對資料輸入 510 和目標輸出 520 中的一或更多者執行操作。資料集產生器 572 可以從資料中提取圖案（斜率、曲率等），可以組合資料（平均值、特徵產生等），或者可以將資料分成群組（例如，在基板輻射資料的子集上訓練模型）並使用該等群組來訓練單獨的模型。

【0129】 用於訓練、驗證或測試模型的資料輸入 510 和目標輸出 520 可以包括用於特定基板處理配方（例如，特定基板設計）的資訊。資料輸入 510 和目標輸出 520 可以包括用於特定基板處理系統（例如，用於特定的製造裝備集）的資訊。資料輸入 510 和目標輸出 520 可以包括用於特定處理類型、目標基板性質、處理裝備類型、處理設施的資訊，或者可以以另一種方式分組在一起。

【0130】 在一些實施例中，資料集產生器 572 產生目標輸出 520 的集合，包括處理條件資料集 530。目標輸出 520

可以分成與輸入資料集相對應的集合。目標輸出 520 的不同集合可以與類似定義的資料輸入 510 的集合結合使用，包括訓練不同的模型、使用不同集合進行訓練、驗證和測試等。

【0131】 在一些實施例中，在沒有目標輸出 520 的情況下訓練模型（例如，無監督或半監督模型）。未提供目標輸出的訓練模型可以例如經訓練來識別預測資料與量測資料之間（例如，處理條件設定點和由正在由處理系統的機器人臂移送的基板的真空內計量暗示的處理條件之間）的顯著（例如，在誤差閾值之外的）差異。

【0132】 在一些實施例中，用於訓練模型的資訊可以來自特定類型的製造裝備，例如製造設施的製造裝備。對資料集產生器 572 的資料集做出貢獻的類型的製造裝備可以共享一或更多種特性，諸如裝備的品牌和（或）型號。經訓練的模型可以能夠基於用於訓練模型的資料輸入 510 和目標輸出 520 來產生與製造裝備工具群組相關的輸出。在一些實施例中，用於訓練模型的資料可以源自兩個或更多個製造設施。

【0133】 在一些實施例中，在產生資料集並使用該資料集來訓練、驗證或測試模型之後，可以進一步訓練、驗證或測試或調整該模型。例如，可以將額外資料從在模型被訓練、驗證和測試之後處理的基板提供給模型，作為再訓練資料、再驗證資料、再測試資料等。

【0134】 資料集產生器 572 可以產生資料集以訓練、驗證和（或）測試模型。訓練模型可以包括產生模型映射，模型利用該模型映射將輸入資料連接到輸出資料。

【0135】 執行與資料集產生器 572 類似的功能的資料集產生器可用於訓練基於物理的模型。基於物理的模型可被配置為基於對系統的物理理解、基於系統操作的物理假設、基於一或更多個物理方程（例如，熱傳遞方程、質量平衡方程、流體動力學方程等）的一或更多個數值解等來產生輸出。基於物理的模型可以以與機器學習模型類似的方式進行訓練。基於物理的模型可具有訓練輸入和目標輸出，並且可調整一或更多個參數、權重、偏差等，以使模型輸出與目標輸出更好地對準。

【0136】 在一些實施例中，基於物理的模型接收輸入集（例如，指示探針從基板接收到的輻射）。基於物理的模型可以基於輸入（例如，預測的基板的處理條件）來產生輸出。基於物理的模型可具有目標輸出（例如，基板的所量測的處理條件）。基於物理的模型可以調整模型的一或更多個參數以產生比進行調整之前更類似於目標輸出的輸出。

【0137】 第 6 圖是圖示根據一些實施例的用於產生用於執行校正動作的輸出資料的系統 600 的方塊圖。系統 600 可用於訓練模型（例如，機器學習模型）並利用該模型的輸出。系統 600 的一些或全部操作可用於產生機器學習模型的輸出資料。系統 600 的一些或全部操作可用於產生基於物理的模型、統計模型等的輸出資料。

【0138】 在方塊 610 處，系統 600（例如，第 4 圖的模型化系統 470 的部件）執行歷史資料 664 的資料分區（例如，經由第 4 圖的資料集產生器 474 分區）以產生訓練集 602、驗證集 604 和測試集 606。歷史資料可以包括用於訓練輸入的資料（例如，根據從一或更多個基板接收的輻射在真空內產生的光譜資料）、用於訓練目標輸出的資料（例如，指示一或更多個基板的處理條件的資料）等。例如，訓練集可以是 60% 的歷史資料，驗證集可以是 20% 的歷史資料，並且測試集可以是 20% 的歷史資料。

【0139】 在方塊 612 處，系統 600 使用訓練集 602 執行模型訓練（例如，經由第 4 圖的訓練引擎 484 執行）。系統 600 可以使用訓練集 602 的特徵（例如，屬性、特徵向量）的多個集合（例如，包括訓練集 602 的歷史資料子集的第一屬性集、包括訓練集 602 的不同歷史資料子集的第二屬性集，等等）來訓練一個模型或者可以訓練多個模型。例如，系統 300 可以訓練機器學習模型以使用訓練集中的第一屬性集來產生第一經訓練的機器學習模型並使用訓練集中的第二屬性集（例如，與用於訓練第一個機器學習模型的資料不同的資料）來產生第二經訓練的機器學習模型。在一些實施例中，可以組合第一經訓練的機器學習模型和第二經訓練的機器學習模型以產生第三經訓練的機器學習模型（例如，其可以是比第一或第二經訓練的機器學習模型本身更好的預測器）。在一些實施例中，比較模型中所使用的屬性集可以重疊（例如，一個模型可以用指示膜厚度的

效能資料來訓練，而另一模型用指示膜厚度和膜應力兩者的效能資料來訓練，不同的模型可用來自基板的不同位置的資料來訓練，模型可訓練為包括來自感測器或製造參數的不同集合的輸入，等等）。在一些實施例中，可以產生數百個模型，包括具有各種屬性排列的模型和模型組合。

【0140】 在方塊 614 處，系統 600 使用驗證集 604 執行模型驗證（例如，經由第 4 圖的驗證引擎 484）。系統 600 可以使用驗證集 604 的對應特徵集來驗證經訓練的模型中的每個經訓練的模型。例如，驗證集 604 可以使用用於訓練集 602 中的模型的歷史資料類型的相同子集（例如，與相同的基板特性、相同的感測器、相同的輸入參數等相關聯），但是具有不同的輸入資料值。系統 600 可以驗證在方塊 612 處產生的數百個模型（例如，具有特徵或屬性的各種排列的模型、模型的組合等）。在方塊 614 處，系統 600 可以決定一或更多個經訓練的模型中的每一個經訓練的模型的準確度（例如，經由模型驗證），並且可以決定經訓練的模型中的一或更多個經訓練的模型是否具有滿足閾值準確度的準確度。回應於決定經訓練的模型都不具有滿足閾值準確度的準確度，流程可以返回到方塊 612，此處系統 600 使用訓練集的不同屬性集來執行模型訓練。回應於決定經訓練的模型中的一或更多個經訓練的模型具有滿足閾值準確度的準確度，流程可以繼續到方塊 616。系統 600 可以丟棄具有低於閾值準確度（例如，基於驗證集）的準確度的經訓練的機器學習模型。

【0141】 在方塊 616 處，系統 600 可以執行模型選擇（例如，經由選擇引擎）以決定滿足閾值準確度的一或更多個經訓練的模型中的哪一個經訓練的模型具有最高準確度（例如，基於方塊 614 的驗證所選擇的模型 608）。若僅訓練了單個模型（例如，在驗證中準確度高於準確度閾值），則可以跳過方塊 616 的操作。回應於決定滿足閾值準確度的經訓練的模型中的兩個或更多個經訓練的模型具有相同的準確度（例如，在閾值內），流程可以返回到方塊 612，此處系統 600 使用進一步細化的訓練集（例如，對應於進一步細化的屬性集）執行模型訓練以決定具有最高準確度的經訓練的模型。

【0142】 在方塊 618 處，系統 600 使用測試集 606 來執行模型測試（例如，經由第 4 圖的測試引擎 486）以測試所選擇的模型 608。系統 600 可以使用測試集中的第一特徵集來測試第一模型（例如，經訓練的機器學習模型），以決定第一經訓練的模型滿足閾值準確度（例如，基於測試集 606 的第一特徵集）。回應於所選模型 608 的準確度不滿足閾值準確度（例如，所選模型 608 過度擬合訓練集 602 和（或）驗證集 604 並且不可適用於諸如測試集 606 的其他資料集），流程可以繼續到方塊 612，此處系統 600 使用可能對應於不同特徵或屬性集的不同訓練集或者分成訓練集、驗證集和測試集的資料集的重組來執行模型訓練（例如，再訓練）。回應於基於測試集 606 決定所選模型 608 具有滿足閾值準確度的準確度，流程繼續到方塊 620。至少在方塊

612 中，模型可以學習輸入資料中的模式以做出預測，並且在方塊 618 中，系統 600 可以將模型應用於剩餘資料（例如，測試集 606）以測試預測。

【0143】 在方塊 620 處，系統 600 使用經訓練的模型（例如，所選的模型 608）來接收當前輻射資料 654（例如，基於從處理中的基板接收到的輻射的資料）並經由經訓練的模型來決定（例如，預測）用於處理當前基板的處理條件（例如，處理條件資料 669）。處理條件資料 669 可以用於執行校正動作，例如以藉由更新配方、排程維護、向使用者提供警報等來改善處理腔室的處理條件。

【0144】 在一些實施例中，藉由供應額外資料來進一步訓練模型而發生模型的重訓練。可以提供當前輻射資料 654 用於進一步的模型訓練（例如，可以將其提供給訓練引擎以用作訓練輸入）。可以將當前條件資料 646（例如，基板的處理條件的量測結果）提供給模型訓練引擎，例如，以用作目標輸出。可以基於此資料來重訓練所選擇的模型 608。動作 610 至 620 中的一或更多個動作可以以各種順序發生和（或）與本文未呈現和描述的其他動作一起發生。在一些實施例中，可以不執行動作 610 至 620 中的一或更多個動作。例如，在一些實施例中，可以不執行方塊 610 的資料劃分、方塊 614 的模型驗證、方塊 616 的模型選擇或方塊 618 的模型測試中的一或更多項。在訓練基於物理的模型時，可以執行所描述的操作的子集。

【0145】 第 7 A 圖至第 7 C 圖是根據一些實施例的與利用腔室內基於電磁輻射的計量相關聯的方法 700 A 至 700 C 的流程圖。方法 700 A 至 700 C 可以由處理邏輯來執行，該處理邏輯可以包括硬體（例如，電路系統、專用邏輯、可程式化邏輯、微代碼、處理裝置等）、軟體（諸如在處理裝置、通用電腦系統或專用機器上運行的指令）、韌體、微代碼或其組合。在一些實施例中，方法 700 A 至 700 C 可以部分地由第 4 圖的模型化系統 470 執行。方法 700 A 可以部分地由第 4 圖的模型化系統 470（例如，第 4 圖的資料集產生器 474）執行。根據本揭露的實施例，模型化系統 470 可以使用方法 700 A 來產生資料集以進行訓練、驗證或測試模型中的至少一者。該模型可以是基於物理的模型、機器學習模型、統計模型或經訓練以接收輸入並產生與基板製造或處理相關的輸出的另一模型。方法 700 B 至 700 C 可以由第 1 圖的處理裝置 130、第 4 圖的計量系統 410 等執行。在一些實施例中，非暫時性儲存媒體儲存指令，該等指令當由（例如，模型化系統 470、系統 400、伺服器機器 480 等的）處理裝置執行時，使得該處理裝置執行方法 700 A 至 700 C 中的一或更多者。

【0146】 為解釋簡單，將方法 700 A 至 700 C 描繪和描述為一系列操作。然而，根據本揭露的操作可以以各種順序發生和（或）與本文未呈現和描述的其他操作同時發生。此外，實施根據所揭示的標的的方法 700 A 至 700 C 並非需要執行所有圖示的操作。此外，熟習此項技術者將理解和領

會，方法 700 A 至 700 C 可替代地經由事件的狀態圖表示為一系列相互關聯的狀態。

【0147】 第 7 A 圖是根據一些實施例的用於產生用於產生輸出資料的模型的資料集的方法 700 A 的流程圖。在方塊 701，實施方法 700 A 的處理邏輯將訓練集 T 初始化為空集。

【0148】 在方塊 702 處，處理邏輯產生第一資料輸入（例如，第一訓練輸入、第一驗證輸入），該第一資料輸入可以包括感測器資料、製造參數資料、所量測的基板效能資料、基板計量資料（例如，膜性質，諸如厚度、材料組成、光學性質、粗糙度等）等。在一些實施例中，第一資料輸入可以包括針對資料類型的第一屬性集，並且第二資料輸入可以包括針對資料類型的第二屬性集（例如，如關於第 6 圖所描述的）。

【0149】 在方塊 703 處，處理邏輯產生針對資料輸入中的一或更多個資料輸入（例如，第一資料輸入）的第一目標輸出。在一些實施例中，第一目標輸出是基板的效能資料。在一些實施例中，第一目標輸出是指示校正動作的資料。在一些實施例中，不產生目標輸出（例如，用於訓練無監督機器學習模型）。

【0150】 在方塊 704 處，處理邏輯視情況產生指示輸入/輸出映射的映射資料。輸入/輸出映射（或映射資料）可係指資料輸入（例如，本文所述的資料輸入中的一或更多個資料輸入）、針對該資料輸入的目標輸出，以及資料輸入與

目標輸出之間的關聯。在一些實施例（例如，沒有目標輸出資料的彼等實施例）中，可以不執行該等操作。

【0151】 在一些實施例中，在方塊 705 處，處理邏輯將在方塊 404 處產生的映射資料添加到資料集 T。

【0152】 在方塊 706 處，處理邏輯基於資料集 T 是否足以用於訓練、驗證和（或）測試模型（例如，第 4 圖的模型 490）中的至少一者而分支。若 T 足夠，則執行進行到方塊 707，否則，執行繼續返回到方塊 702。應當注意，在一些實施例中，資料集 T 的足夠性可以簡單地基於資料集中的輸入（在一些實施例中被映射到輸出）的數量來決定，而在一些其他實施方式中，資料集 T 的足夠性可以基於作為輸入的數量的補充或替代的一或更多個其他標準（例如，資料實例的多樣性的度量、準確性、輸入和（或）輸出空間的範圍等）來決定。

【0153】 在方塊 707 處，處理邏輯提供資料集 T（例如，至第 4 圖的伺服器機器 480）以訓練、驗證和（或）測試模型（例如，模型 190）。在一些實施例中，資料集 T 是訓練集並且被提供給伺服器機器 480 的訓練引擎 482 以執行訓練。在一些實施例中，資料集 T 是驗證集並且被提供給伺服器機器 480 的驗證引擎 484 以執行驗證。在一些實施例中，資料集 T 是測試集並且被提供給伺服器機器 480 的測試引擎 486 以執行測試。

【0154】 第 7B 圖是根據一些實施例的用於基於當基板位於處理系統內時由探針所接收的輻射來產生和利用資料的

方法 700 B 的流程圖。方法 700 B 可以包括當基板處於受控環境（例如，真空）中時接收來自該基板的輻射。方法 700 B 可以包括在基板正在移動時（例如，在機器人正在將基板從基板處理系統的一個位置移送到另一位置時）接收來自該基板的輻射。

【0155】 在方塊 710 處，處理邏輯接收第一資料。第一資料由基板處理系統的感測器產生（例如，經由基板處理系統的探針、光譜儀和處理裝置/處理器）。第一資料可以包括光譜資料。第一資料是回應於感測器接收到電磁輻射而產生。電磁輻射是從基板接收的。基板由基板處理系統中的移送腔室的機器人臂保持。第一資料可以回應於在機器人臂正在將基板從基板處理系統的第一區域移送到基板處理系統的第二區域時（例如，由探針、由感測器、由光譜儀等）接收到的電磁輻射而產生。在一些實施例中，當正在例如以產量透明的方式移送基板時，輻射可以被引導到一或更多個感測器/由一或更多個感測器接收。在一些實施例中，機器人臂可被配置為改變/調整基板的路徑以增加、改變或改進由感測器產生的資料。在一些實施例中，機器人可以經由多個軌跡移送基板，例如以增加基板的與一或更多個探針的視場相交的部分。

【0156】 在一些實施例中，基板的資料可以被記錄多次。例如，當基板的一部分穿過感測器的視場時，從基板接收的電磁輻射可以被分成多個資料點，例如，每個資料點對應於基板的不同空間位置。該等區域中的一或更多個區域

（例如，與第一資料相關聯的區域、與其他資料相關聯的其他位置，等等）可以具有所分析的相關聯資料。所量測的性質、處理條件等的圖譜或部分圖譜可以藉由接收來自基板的多個位置的電磁輻射來產生。在一些實施例中，可以利用空間上不同的（例如，分離的）資料來產生基板的輪廓（例如，厚度輪廓、溫度輪廓等）。

【0157】 在一些實施例中，可以觸發感測器的一或更多個操作。例如，物件偵測系統（例如，雷射物件偵測系統、物件偵測設備等）可以偵測基板處理系統的一位置處基板的存在。回應於偵測到基板，可以啟動、改變感測器的一或更多個操作等。在一些實施例中，支撐基板的機器人臂的速度可用於決定感測器的操作的時序。在一些實施例中，偵測設備可以回應於物件偵測而在目標時間處啟動。在一些實施例中，照射設備（例如，電磁輻射源）可以回應於物件偵測而被啟動。在一些實施例中，照射設備可以以脈衝模式操作，並且可以回應於物件偵測而改變時序，例如以瞄準基板的特定區域（例如，邊緣、距邊緣的距離、中心等）進行照射。

【0158】 在一些實施例中，額外資料由額外感測器（例如，額外探針）產生。例如，探針陣列可以產生與基板的額外位置相關聯的資料（例如，以提高統計確定性、以提高對完整基板輪廓的瞭解等）。多個探針可以報告不同的性質（例如，基板厚度和基板溫度）、不同波長範圍的輻射、不同的照射條件（例如，反射、透射、發射等）等。資料

可以被處理成不同的形式，例如溫度資料、厚度資料、校正動作資料、處理條件資料等。可以與第一個類似地使用來自額外探針和（或）感測器的資料。

【0159】 在一些實施例中，可以校正所收集的資料（例如，由感測器提供的資料），例如以考慮基板處理系統的操作。例如，機器人臂可能與作為位置、速度、移動方向、延伸百分比等的函數的理想行為不同。在一些實施例中，機器人臂可以取決於機器人臂的位置和運動來以不同的角度保持基板。資料可能會針對此種效應進行校正。在一些實施例中，機器人臂可以取決於機器人臂的位置和運動來以不同的高度保持基板。資料可能會針對此種效應進行校正。

【0160】 在方塊 712 處，處理邏輯處理第一資料以獲得第二資料。該第二資料包括基板處理系統的效能（例如，效能品質）的指示。第二資料可以包括基板的性質的一或更多種指示。第二資料可包括基板的一或更多種特性，諸如厚度、化學組成、光學性質、表面圖案等。第二資料可以包括光學資料，諸如吸收光譜、反射光譜等。第二資料可以包括基板的幾何形狀，諸如蝕刻深度、側壁角度、臨界尺寸等。第二資料可以包括基板形狀、基板畸變、彎曲等。第二資料可以包括基板處理系統的狀態或基板處理系統的效能品質的一或更多種指示。第二資料可以包括對基板處理系統處理基板所處的條件的一或更多種指示。第二資料可以包括處理系統的潛在問題，諸如意外的處理條件、不正確或不充分的校準等。

【0161】 在一些實施例中，處理第一資料可以包括將第一資料提供給模型。可以將第一資料提供給機器學習模型、基於物理的模型、統計模型等。模型可以執行許多不同函數中的一或更多者。模型可以接收由一或更多個感測器產生的資料並產生指示基板性質（例如，厚度、化學特性、溫度等）的資料。模型可以接收指示與基板的一或更多個空間區域（例如，基於當基板正在移動經過探針的視場時收集的輻射，在基板上佈置成直線的區域）相關聯的性質的資料，並產生該基板的性質圖，例如，包括未收集輻射的一或更多個區域。模型可以接收指示一或更多種基板性質的資料並產生基板的處理條件的一或更多種指示。模型可以接收指示一或更多種基板性質的資料並產生推薦的校正動作和（或）執行推薦的校正動作。模型可以接收與從基板接收的輻射相關聯的資料（例如，光譜資料）並且產生基板的處理條件的一或更多種指示。模型可以接收與從基板接收的輻射相關聯的資料並且產生和（或）執行一或更多個推薦的校正動作。模型可以接收資料並產生基板的單個層的性質的指示（例如，可以在執行處理操作之前和之後，例如由靠近在基板處理系統的處理腔室與移送腔室之間的耦接件設置的探針來收集來自基板的輻射）。在一些實施例中，可以利用多個模型。在一些實施例中，可以順序地利用模型（例如，可以將光譜資料提供給模型以產生性質資料，並且可以將該性質資料提供給模型以產生校

正動作的推薦)。在一些實施例中，可以利用組合模型(例如，執行多個模型的操作的模型)。

【0162】 可以藉由提供歷史資料來訓練模型(例如，機器學習模型)。在一些實施例中，歷史資料可以與經產生以訓練模型的基板相關聯。例如，可以用專門和(或)有意改變的處理條件來產生許多基板，以建立模型的輸入空間和(或)輸出空間的資料。

【0163】 在方塊714處，處理邏輯鑒於第二資料來引起與基板處理系統相關聯的校正動作的執行。校正動作可包括例如更新處理配方、排程維護、向使用者提供警報等。

【0164】 第7C圖是根據一些實施例的用於鑒於基板的一或更多種特性來執行校正動作的方法700C的流程圖。在方塊720，處理邏輯接收第一資料。第一資料可以與第7B圖的第一資料共享一或更多種特徵。第一資料由基板處理系統的感測器產生。感測器可以是光譜儀。第一資料是回應於感測器從基板接收電磁輻射而產生。基板由機器人臂保持(例如，由機器人臂支撐、支撐在機器人臂上等)。機器人臂在基板處理系統中(例如，耦接至基板處理系統的移送腔室)。可以當機器人臂正在移動基板的同時由感測器接收輻射，例如，可以當基板正在被移送的同時進行量測。可以在將基板從一個腔室(例如，移送腔室、處理腔室、裝載間等)移送到另一腔室的同時進行量測。感測器可以包括探針(例如，用於接收輻射)。探針可以至少部分地設置在處理系統內(例如，嵌入在系統的壁中)。處

理系統可以包括一或更多個探針、一或更多個探針陣列、一或更多個感測器等。

【0165】 在方塊 7 2 2 處，藉由處理邏輯將第一資料提供給模型。該模型可以是基於物理的模型、機器學習模型等。該模型可被配置為接收光學資料、輻射資料、光譜資料等作為輸入並基於該輸入資料產生輸出。

【0166】 在方塊 7 2 4 處，處理邏輯從模型獲得第二資料。第二資料指示基板的一或更多種特性。該等特性可以包括物理特性、光學特性、電氣特性、電流條件（例如，溫度）等中的一或更多者。該等特性可以包括基板的選定層或層群組。該等特性可包括厚度、折射率、消光係數、溫度等。探針和（或）感測器可用於決定目標特性，例如，高溫計探針可用於決定溫度，寬頻（例如，對白光敏感）反射計可用於決定膜厚度等。在一些實施例中，模型可以接收歷史量測結果（例如，來自一或更多個處理操作之前的量測結果）作為另外的輸入（例如，以分離所沉積或蝕刻的層或基板的性質）。

【0167】 在方塊 7 2 6 處，處理邏輯引起校正動作的執行。校正動作可包括處理/反饋控制（例如，鑒於由模型決定的特性更新一或更多個處理配方）。校正動作可包括排程計量（例如，可能超出目標規格的基板的計量）。校正動作可以包括排程維護（例如，校正性或預防性維護）。校正動作可以包括開始維護（例如，腔室清洗或腔室陳化程序）。

【0168】 第8圖描繪了根據本揭露的一或更多個態樣操作的示例性計算裝置的方塊圖。在各種說明性實例中，計算裝置800的各種部件可以表示第4圖中所示的客戶端裝置450、計量系統410、伺服器420、資料儲存設備140和模型化系統470的各種部件。

【0169】 示例性計算裝置800可以連接到LAN、內部網路、外部網路和（或）網際網路中的其他電腦裝置。計算裝置800可以以客戶端-伺服器網路環境中的伺服器的身份進行操作。計算裝置800可以是個人電腦（personal computer, PC）、機上盒（Set-Top Box, STB）、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設備採取的動作的一組指令（順序的或其他方式的）的任何設備來提供。此外，雖然僅示出了單個示例性計算裝置，但是術語「電腦」亦應當被理解為包括單獨或聯合執行一組（或多組）指令以執行本文所論述的方法中的任何一或更多個方法的電腦的任何集合。

【0170】 示例性計算裝置800可以包括處理裝置802（亦稱為處理器或CPU）、主記憶體804（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），等等）、靜態記憶體806（例如，快閃記憶體、靜態隨機存取記憶體（static random access memory,

S R A M) , 等 等) 以 及 輔 助 記 憶 體 (例 如 , 資 料 儲 存 裝 置 8 1 8) , 它 們 可 以 經 由 匯 流 排 8 3 0 彼 此 通 訊 。

【0171】 處 理 裝 置 8 0 2 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 定 言 之 , 處 理 裝 置 8 0 2 可 以 是 複 雜 指 令 集 計 算 (c o m p l e x i n s t r u c t i o n s e t c o m p u t i n g , C I S C) 微 處 理 器 、 精 簡 指 令 集 計 算 (r e d u c e d i n s t r u c t i o n s e t c o m p u t i n g , R I S C) 微 處 理 器 、 超 長 指 令 字 (v e r y l o n g i n s t r u c t i o n w o r d , V L I W) 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 8 0 2 亦 可 以 是 一 或 多 個 專 用 處 理 裝 置 , 諸 如 特 殊 應 用 積 體 電 路 (a p p l i c a t i o n s p e c i f i c i n t e g r a t e d c i r c u i t , A S I C) 、 現 場 可 程 式 化 閘 陣 列 (f i e l d p r o g r a m m a b l e g a t e a r r a y , F P G A) 、 數 位 信 號 處 理 器 (d i g i t a l s i g n a l p r o c e s s o r , D S P) 、 網 路 處 理 器 等 。 根 據 本 揭 露 的 一 或 更 多 個 態 樣 , 處 理 裝 置 8 0 2 可 被 配 置 為 執 行 實 施 第 7 A 圖 至 第 7 C 圖 中 所 示 的 方 法 7 0 0 A 至 7 0 0 C 和 (或) 第 6 圖 中 所 示 的 過 程 的 指 令 。

【0172】 示 例 性 計 算 裝 置 8 0 0 可 進 一 步 包 括 網 路 介 面 裝 置 8 0 8 , 該 網 路 介 面 裝 置 可 以 通 訊 地 耦 接 到 網 路 8 2 0 。 示 例 性 計 算 裝 置 8 0 0 可 以 進 一 步 包 括 視 訊 顯 示 器 8 1 0 (例 如 , 液 晶 顯 示 器 (l i q u i d c r y s t a l d i s p l a y , L C D) 、 觸 控 螢 幕 或 陰 極 射 線 管 (c a t h o d e r a y t u b e , C R T)) 、 字 母 數 字 輸 入 裝 置 8 1 2 (例 如 , 鍵 盤) 、 游 標 控 制 裝 置 8 1 4 (例 如 , 滑 鼠) 和 聲 音 信 號 產 生 裝 置 8 1 6 (例 如 , 揚 聲 器) 。

【0173】 資料儲存裝置 818 可以包括其上儲存有一或更多組可執行指令 822 的電腦可讀取儲存媒體（或更特別地，非暫時性機器可讀取儲存媒體）828。根據本揭露的一或更多個態樣，可執行指令 822 可以包括與本文所揭示的方法中的任何方法相關聯的可執行指令，例如用於執行本文所揭示的任何方法的指令。可執行指令 822 可以與執行第 6 圖中所示的方法和（或）第 7A 圖至第 7C 中所示的方法 700A 至 700C 相關聯。

【0174】 可執行指令 822 在由亦構成電腦可讀取儲存媒體的示例性計算裝置 800、主記憶體 804 和處理裝置 802 執行期間亦可以完全地或至少部分地駐留在主記憶體 804 內和（或）處理裝置 802 內。可執行指令 822 可進一步經由網路介面裝置 808，經網路發送或接收。

【0175】 儘管電腦可讀取儲存媒體 828 在第 9 圖中圖示為單個媒體，但是術語「電腦可讀取儲存媒體」應被視為儲存一或更多組操作指令的的單個媒體或多個媒體（例如，集中式或分佈式資料庫，和（或）相關聯的快取記憶體和伺服器）。術語「電腦可讀取儲存媒體」亦應被理解為包括能夠儲存或編碼一組指令的任何媒體，該組指令用於供機器執行以使機器執行本文所述的方法中的任何一或多種方法。因此，術語「電腦可讀取儲存媒體」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。

【0176】 以上詳細描述的一些部分是根據對電腦記憶體內的資料位元的操作的演算法和符號表示來呈現的。該等演

算法描述和表示是熟習資料處理領域的技藝人士用來最有效地將其工作的實質傳達給本領域的其他技藝人士的手段。演算法在此並且大體被認為是導致期望結果的自治步驟序列。該等步驟係需要對物理量進行物理操縱的彼等操作。通常但不是必須的，該等量採取能夠被儲存、傳輸、組合、比較和以其他方式操縱的電氣或磁信號的形式。主要是出於通用的原因，將該等信號稱為位元、值、要素、符號、字符、項、數字等有時已被證明是方便的。

【0177】 然而，應該記住，所有該等和類似的術語都與適當的物理量相關聯，並且僅僅是應用於該等量的方便標籤。除非另外特別敘述，否則如從以下論述中顯而易見的，應當理解的是，貫穿整個描述，利用諸如「鑒定」、「決定」、「儲存」、「調整」、「引起」、「返回」、「比較」、「產生」、「停止」、「加載」、「複製」、「投擲」、「替換」、「執行」、「接收」、「處理」、「產生」、「觸發」、「訓練」等的術語，係指電腦系統或類似電子計算裝置的動作和過程，該等動作和過程將電腦系統暫存器和記憶體內表示為物理（電子）量的資料操縱和轉換為電腦系統記憶體或暫存器或其他此類資訊儲存設備、傳輸或顯示裝置內類似表示為物理量的其他資料。

【0178】 本揭露的實例亦係關於用於執行本文所述的方法的設備。此種設備可以是為了所需目的而專門構造的，或者其可以是由儲存在電腦系統中的電腦程式選擇性地程式化的通用電腦系統。此類電腦程式可以儲存在電腦可讀取

儲存媒體中，該電腦可讀取儲存媒體為諸如但不限於任何類型的碟，包括光碟、光碟唯讀記憶體(compact disc read only memory, CD-ROM)和磁光碟、唯讀記憶體(read only memory, ROM)、隨機存取記憶體(random access memory, RAM)、可抹除可程式化唯讀記憶體(erasable programmable read only memory, EPROM)、電可抹除可程式化唯讀記憶體(electrically erasable programmable read-only memory, EEPROM)、磁碟儲存媒體、光學儲存媒體、快閃記憶體裝置、其他類型的機器可存取儲存媒體、或適合於儲存電子指令的任何類型的媒體，每個媒體耦接至電腦系統匯流排。

【0179】 前文的描述闡述了許多特定細節，諸如特定系統、部件、方法等的實例，以便提供對本揭露的若干實施例的良好理解。然而，對於熟習此項技藝人士而言將顯而易見的是，在沒有該等特定細節的情況下亦可以實踐本揭露的至少一些實施例。在其他情況下，眾所周知的部件或方法沒有被詳細描述或者以簡單方塊圖的形式呈現，以避免不必要地模糊本揭露。因此，所闡述的特定細節僅僅是示例性的。特定實施方式可以與該等示例性細節不同，並且仍然被認為在本揭露的範疇內。

【0180】 在整個說明書中，對「一個實施例」或「一實施例」的提及意味著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「在一實施例中」不一定都指同一實施例。另外，術語「或」意欲表示包含性「或」而不是排他性「或」。當在本文使用術語「約」或「大約」時，此意欲表示所呈現的標稱值在 $\pm 10\%$ 內精確。

【0181】 儘管本文的方法的操作是以特定順序圖示和描述的，但是每個方法的操作順序可以改變，使得某些操作可以以相反的順序執行，從而可以至少部分地與其他操作同時執行某些操作。在另一實施例中，不同操作的指令或子操作可以為間歇和（或）交替的方式。

【0182】 應當理解的是，以上描述意欲為說明性的，而非限制性的。在閱讀並理解以上描述後，許多其他實施例對於熟習此項技藝人士而言將是顯而易見的。因此，本揭露的範疇應當參照所附請求項以及該等請求項的等同物的全部範疇來決定。

【符號說明】

【0183】

1 0 0 : 處理系統

1 0 1 : 移送腔室機器人

1 0 2 : 主機

1 0 3 : 處理腔室

1 0 7 A : 裝載閘設備

1 0 7 B : 裝載閘設備

1 0 9 : 控制器

1 1 0 : 基板

1 1 1 : 狹縫閥
 1 1 3 : 臂
 1 1 4 : 移送腔室
 1 1 5 : 端效器
 1 1 7 : 工廠介面
 1 1 9 : 基板載體
 1 2 0 : 探針
 1 2 1 : 工廠介面機器人
 1 2 3 : 箭頭
 1 2 5 : 光譜儀
 1 3 0 : 處理裝置
 1 3 9 : 底壁 / 底板
 2 0 0 : 基板處理系統
 2 0 2 : 電磁輻射探針
 2 0 4 : 移送腔室
 2 0 6 : 處理腔室
 2 0 8 : 移送機器人
 2 1 0 : 基板
 2 1 2 : 機器人臂
 2 1 4 : 視場
 2 1 6 : 狹縫閥
 3 0 0 A : 計量系統
 3 0 0 B : 處理系統
 3 0 0 C : 計量系統

3 0 0 D : 計 量 系 統

3 0 2 : 探 針

3 0 4 : 探 針 陣 列

3 0 6 : 探 針

3 0 8 : 探 針

3 1 0 : 基 板

3 1 2 : 葉 片

3 1 4 : 路 徑 / 軌 跡

3 1 6 : 收 集 軌 跡 / 路 徑

3 1 8 : 路 徑 / 軌 跡

3 2 0 : 葉 片

3 2 2 : 基 板

3 2 4 : 部 件

3 2 6 : 部 件

4 0 0 : 系 統 架 構

4 0 2 : 製 造 系 統

4 0 4 : 處 理 工 具

4 0 6 : 處 理 程 序

4 0 8 : 處 理 控 制 器

4 1 0 : 計 量 系 統

4 1 4 : 計 量 工 具

4 1 5 : 系 統 內 工 具

4 1 6 : 資 料 準 備 工 具

4 2 0 : 伺 服 器

4 2 2 : 腔 室 匹 配 工 具

4 2 4 : 感 測 器 匹 配 工 具

4 2 6 : 配 方 開 發 工 具

4 2 8 : 處 理 控 制 工 具

4 4 0 : 資 料 儲 存 設 備

4 4 2 : 歷 史 資 料

4 4 4 : 歷 史 感 測 器 資 料

4 4 6 : 歷 史 計 量 資 料

4 4 7 : 歷 史 腔 室 參 數 資 料

4 5 0 : 客 戶 端 裝 置

4 5 2 : 瀏 覽 器

4 5 4 : 應 用 程 式

4 6 0 : 網 路

4 6 8 : 預 測 資 料

4 7 0 : 模 型 化 系 統

4 7 2 : 伺 服 器 機 器

4 7 4 : 資 料 集 產 生 器

4 8 0 : 伺 服 器 機 器

4 8 2 : 訓 練 引 擎

4 8 4 : 驗 證 引 擎

4 8 6 : 測 試 引 擎

4 9 0 : 經 訓 練 的 模 型

4 9 2 : 伺 服 器 機 器

4 9 4 : 預 測 部 件

5 0 0 : 系 統

5 1 0 : 資 料 輸 入

5 2 0 : 目 標 輸 出

5 3 0 : 處 理 條 件 資 料 集

5 4 4 A : 第 一 基 板 輻 射 資 料 集

5 4 4 B : 第 二 感 測 器 資 料 集

5 7 2 : 資 料 集 產 生 器

6 0 0 : 系 統

6 0 2 : 訓 練 集

6 0 4 : 驗 證 集

6 0 6 : 測 試 集

6 0 8 : 所 選 擇 的 模 型

6 1 0 : 方 塊

6 1 2 : 方 塊

6 1 4 : 方 塊

6 1 6 : 方 塊

6 1 8 : 方 塊

6 2 0 : 方 塊

6 4 6 : 當 前 條 件 資 料

6 5 4 : 當 前 輻 射 資 料

6 6 4 : 歷 史 資 料

6 6 9 : 處 理 條 件 資 料

7 0 0 A : 方 法

7 0 0 B : 方 法

7 0 0 C : 方 法

7 0 1 : 方 塊

7 0 2 : 方 塊

7 0 3 : 方 塊

7 0 4 : 方 塊

7 0 5 : 方 塊

7 0 6 : 方 塊

7 0 7 : 方 塊

7 1 0 : 方 塊

7 1 2 : 方 塊

7 1 4 : 方 塊

7 2 0 : 方 塊

7 2 2 : 方 塊

7 2 4 : 方 塊

7 2 6 : 方 塊

8 0 0 : 計 算 裝 置

8 0 2 : 處 理 裝 置

8 0 4 : 主 記 憶 體

8 0 6 : 靜 態 記 憶 體

8 0 8 : 網 路 介 面 裝 置

8 1 0 : 視 訊 顯 示 器

8 1 2 : 字 母 數 字 輸 入 裝 置

8 1 4 : 游 標 控 制 裝 置

8 1 6 : 聲 音 信 號 產 生 裝 置

8 1 8 : 資 料 儲 存 裝 置

8 2 0 : 網 路

8 2 2 : 可 執 行 指 令

8 2 8 : 電 腦 可 讀 取 儲 存 媒 體

8 3 0 : 匯 流 排

【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：

藉由一處理裝置接收由一基板處理系統的一第一感測器產生的第一資料，該第一資料已經回應於該第一感測器接收到來自由該基板處理系統中的一移送腔室的一機器人臂所保持的一基板的電磁輻射而產生；

處理該第一資料以獲得第二資料，其中該第二資料包括該基板處理系統的效能的一第一指示；以及

鑒於該第二資料，引起與該基板處理系統相關聯的一校正動作的執行。

【請求項 2】 如請求項 1 所述之方法，其中該第一資料包括光譜資料，並且其中該第二資料包括該基板的一厚度的一指示。

【請求項 3】 如請求項 1 所述之方法，其中該第二資料包括對該基板處理系統處理該基板所處的條件的一指示。

【請求項 4】 如請求項 1 所述之方法，其中當該機器人臂正在將該基板從該基板處理系統的一第一區域移送到該基板處理系統的一第二區域時，該第一感測器接收來自該基板的該電磁輻射。

【請求項 5】 如請求項 1 所述之方法，進一步包括以下步驟：

接收來自該第一感測器的第三資料，其中該第一資料與該基板的一第一部分相關聯，並且其中該第三資料與該基板的一第二部分相關聯；

處理該第三資料以獲得第四資料，其中該第四資料包括該基板處理系統的效能的一第二指示；以及

鑒於該第三資料和該第四資料來產生該基板的一輪廓。

【請求項 6】 如請求項 1 所述之方法，進一步包括以下步驟：

接收來自一物件偵測設備的一信號，該信號指示該基板在該基板處理系統的一第一位置處的存在；以及

回應於從該物件偵測設備接收到該信號而觸發該第一感測器的一操作，其中觸發該第一感測器的一操作之步驟包括以下步驟：使該第一感測器在一目標時間處偵測來自該基板的電磁輻射，該目標時間基於(i)該物件偵測設備指示該基板在該第一位置處存在的時間以及(ii)該機器人臂移送該基板的一速度。

【請求項 7】 如請求項 1 所述之方法，進一步包括以下步驟：

接收由該基板處理系統的一或更多個額外感測器產生的第三資料，其中該第一感測器和該一或更多個額外感測器形成一感測器陣列，該第三資料是回應於該一或更多個額外感測器接收到來自與該第一感測器接收電磁輻射所來自的該基板的該區域不同的該基板的一或更多個區域的電磁輻射而產生；以及

處理該第三資料以獲得第四資料，其中該第四資料包括該基板處理系統的效能的一第二指示。

【請求項 8】 如請求項 1 所述之方法，進一步包括以下步驟：

接收由該基板處理系統的一第二感測器產生的第三資料；以及

處理該第三資料以獲得第四資料，其中該第四資料包括該基板處理系統的效能的一第二指示，並且其中該第一感測器用於接收一第一波長範圍的電磁輻射，並且其中該第二感測器用於接收一第二波長範圍的電磁輻射。

【請求項 9】 如請求項 8 所述之方法，其中該第四資料包括該基板的溫度資料，並且其中該第一感測器被配置為接收從該基板反射的輻射。

【請求項 10】 如請求項 1 所述之方法，進一步包括以下步驟：

在已經藉由一蝕刻製程或一沉積製程處理第一複數個基板之後接收與該第一複數個基板相關聯的複數個感測器資料；

接收指示該第一複數個基板的處理條件的複數個資料；以及

藉由將該等複數個感測器資料提供給一機器學習模型作為訓練輸入以及將指示處理條件的該等複數個資料提供給該機器學習模型作為目標輸出來訓練該機器學習模型。

【請求項 11】 如請求項 1 所述之方法，其中處理該第一資料以獲得第二資料之步驟包括以下步驟：將該第一資料

提供給一經訓練的機器學習模型，其中該經訓練的機器學習模型被配置為接收感測器資料作為輸入並產生該基板的處理條件的一指示作為輸出。

【請求項 12】一種基板處理系統，包括：

一處理腔室；

一移送腔室，耦接至該處理腔室；

該移送腔室的一機器人臂，被配置為在該處理腔室與該移送腔室之間移送一基板；以及

一感測器，具有一第一視場，其中當該基板由該機器人臂移送至該處理腔室或從該處理腔室移送出時，該第一視場的至少一部分包括該基板的至少一部分，其中該感測器用於接收已經與該基板相互作用的電磁輻射；以及

一處理裝置，用於處理資料，該資料是回應於該感測器接收到電磁輻射而產生，用於決定以下中的至少一者：
(i) 該基板處理系統的效能的一或更多種指示，或者 (ii) 該基板的一或更多種性質。

【請求項 13】如請求項 12 所述之基板處理系統，進一步包括一電磁輻射源，其中該感測器包括一電磁探針，並且其中該電磁探針被設置為接收由已與該基板相互作用的該源所產生的電磁輻射。

【請求項 14】如請求項 13 所述之基板處理系統，其中已與該基板相互作用的該電磁輻射包括從該基板的一表面反射的電磁輻射。

【請求項 15】如請求項 13 所述之基板處理系統，其中已與該基板相互作用的該電磁輻射包括透射穿過該基板的電磁輻射。

【請求項 16】如請求項 12 所述之基板處理系統，其中該感測器用於接收由該基板發射的紅外輻射。

【請求項 17】如請求項 12 所述之基板處理系統，進一步包括一或更多個額外感測器，該感測器和該一或更多個額外感測器包括一感測器陣列，該感測器陣列中的一第一感測器具有一第二視場，其中該第二視場包括該基板的一第二部分，該第二部分不同於該第一視場中所包括的該基板的該至少一部分。

【請求項 18】如請求項 12 所述之基板處理系統，其中該處理裝置用於處理資料，該資料包括：

與由該感測器在一第一時間從該基板的一第一區域接收到的電磁輻射相關聯的第一資料；以及

與由該感測器在一第二時間從該基板的一第二區域接收到的電磁輻射相關聯的第二資料，其中該第一區域不同於該第二區域。

【請求項 19】如請求項 12 所述之基板處理系統，進一步包括一高溫計，其中該感測器用於接收從該基板反射的電磁輻射，並且該高溫計用於接收從該基板發射的電磁輻射。

【請求項 20】一種非暫時性機器可讀儲存媒體，該非暫時性機器可讀儲存媒體儲存指令，該等指令當被執行時使

一處理裝置執行包括以下的操作：

接收由一基板處理系統的一第一感測器產生的第一資料，該第一資料已經回應於該第一感測器接收到來自由該基板處理系統中的一移送腔室的一機器人臂所保持的一基板的電磁輻射而產生；

處理該第一資料以獲得第二資料，其中該第二資料包括一基板的第一一或更多種性質值；以及

鑒於該第二資料，引起與該基板處理系統相關聯的一校正動作的執行。

【請求項 21】如請求項 20 所述之非暫時性機器可讀儲存媒體，其中該等操作進一步包括：

接收由該基板處理系統的該第一感測器產生的第三資料；

處理該第三資料以獲得該基板的第二一或更多種性質值；

接收由該基板處理系統的該第一感測器產生的第四資料；以及

處理該第四資料以獲得該基板的第三一或更多個性質值，其中：

該第一資料、該第二資料和該第三資料各自回應於當該基板正在由該機器人臂移送的同時該第一感測器接收到來自該基板的電磁輻射而產生；

該第一資料對應於該基板的一第一空間區域，該第三資料對應於該基板的一第二空間區域，並且該第四

資料對應於該基板的一第三空間區域；並且

該第一空間區域不同於該第二空間區域，並且該第三空間區域不同於該第一空間區域和該第二空間區域。

【請求項 22】如請求項 21 所述之非暫時性機器可讀儲存媒體，其中該機器人臂被配置為根據一第一軌跡和一第二軌跡移送該基板，其中：

該第一軌跡使該基板的一第一部分與該第一感測器的一視場相交；

該第二軌跡使該基板的一第二部分與該第一感測器的該視場相交；

該第一部分包括該第一空間區域；並且

該第二部分包括該第二空間區域。

【請求項 23】如請求項 20 所述之非暫時性機器可讀儲存媒體，其中鑒於以下中的至少一者來執行處理該第一資料以獲得第二資料：

該基板的一表面相對於該第一感測器的一光軸的一角度；或者

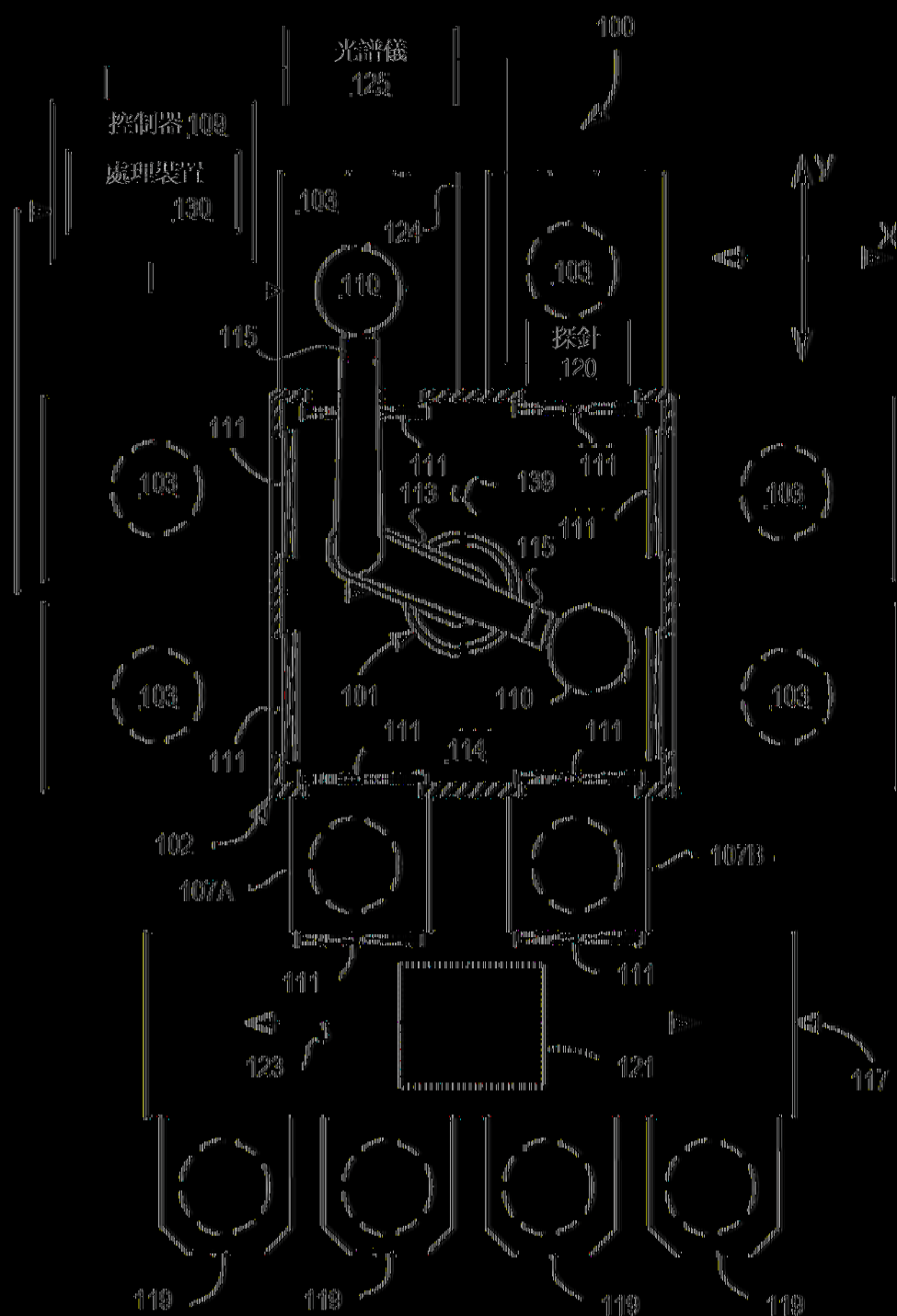
該基板的該表面距該第一感測器的一或更多個部件的一距離。

【請求項 24】如請求項 20 所述之非暫時性機器可讀儲存媒體，其中該等操作進一步包括：

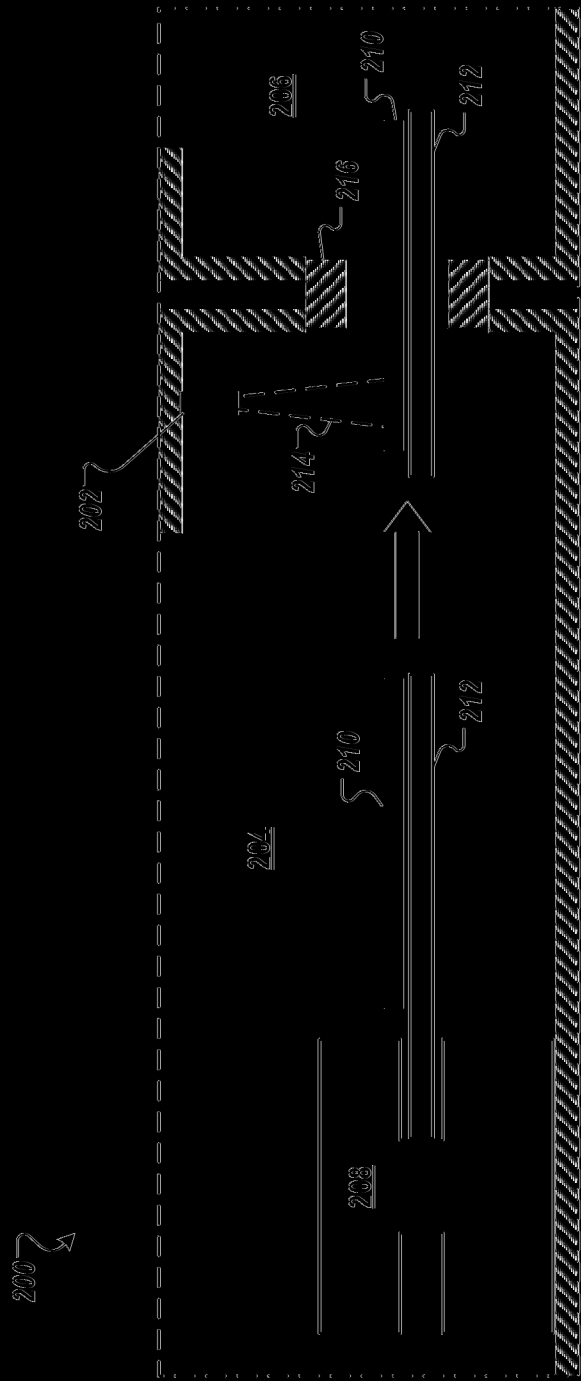
接收由該基板處理系統的一第二感測器產生的第三資料，該第三資料是回應於該第二感測器接收到來自該基

板的電磁輻射而產生；以及

處理該第三資料以獲得第四資料，其中該第四資料包括該基板的一溫度的一指示，並且其中該第一感測器用於接收一第一波長範圍的電磁輻射並且該第二感測器用於接收一第二波長範圍的電磁輻射。



第1回



第2圖

