



(19) 中華民國智慧財產局

(12) 發明說明書公告本

(11) 證書號數：TW I826877 B

(45) 公告日：中華民國 112 (2023) 年 12 月 21 日

(21) 申請案號：110147466 (22) 申請日：中華民國 110 (2021) 年 12 月 17 日

(51) Int. Cl. : **B24B49/02 (2006.01)** **B24B49/12 (2006.01)**
B24B37/015 (2012.01) **B24B57/02 (2006.01)**
G06N20/00 (2019.01) **H01L21/67 (2006.01)**

(30) 優先權：2020/12/18 美國 63/127,433

(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：德什潘德 山彌爾 DESHPANDE, SAMEER (IN)；惠 西德尼 P HUEY, SIDNEY
 P. (US)；惠蒂 德瑞克 R WITTY, DEREK R. (US)

(74) 代理人：李世章；彭國洋

(56) 參考文獻：

TW 201829127A	TW 201842471A
TW 202027908A	TW 202040666A
TW 202042963A	TW 202044394A
US 2003/0188829A1	US 2019/0286075A1

審查人員：劉添雷

申請專利範圍項數：20 項 圖式數：5 共 82 頁

(54) 名稱

拋光基板及匹配拋光系統之間的拋光效能的方法

(57) 摘要

本文中提供了先進的基板拋光方法，其使用機器學習人工智慧(AI)演算法或使用 AI 來產生的軟體應用，來控制拋光製程的一個或多個態樣。使用從拋光系統獲取的基板處理資料來將 AI 演算法訓練為模擬拋光製程及對拋光製程作出預測及處理根據該等預測所預期的結果。

Provided herein are advanced substrate polishing methods that use a machine-learning artificial intelligence (AI) algorithm, or a software application generated using the AI, to control one or more aspects of the polishing process. The AI algorithm is trained to simulate a polishing process and to make predictions about the polishing process and process results expected therefrom, using substrate processing data acquired from a polishing system.

指定代表圖：

符號簡單說明：

20:拋光系統

21:拋光站

22:載具組件

23:載具裝載站

24:載具運輸系統

25:基板檢驗系統

26:計量系統

27:清潔系統

28:系統控制器

29:通訊鏈路

30:AI 訓練平台

40:Fab 生產控制系統

50:計量站

60:處理系統

70:電氣測試系統

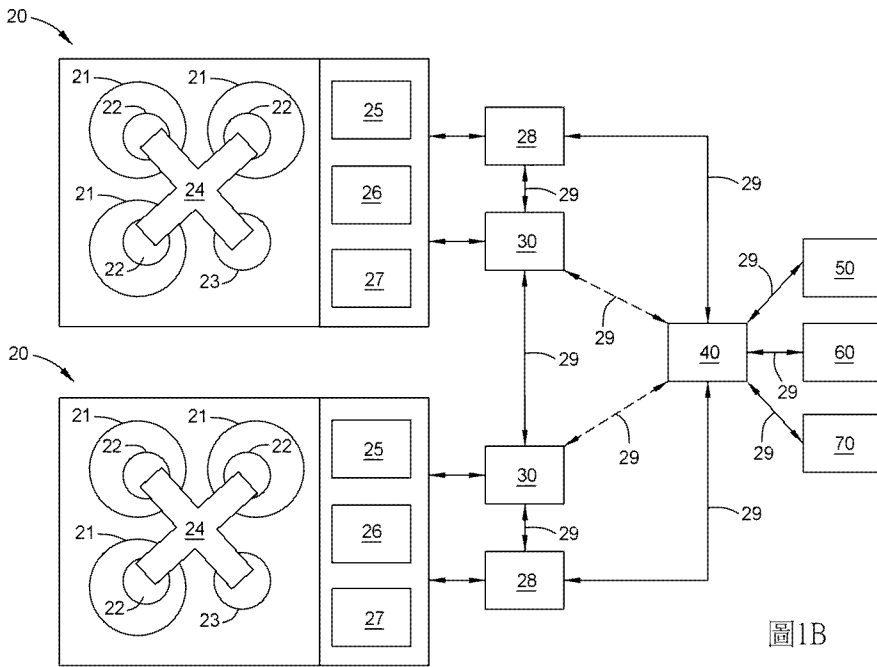


圖1B



I826877

【發明摘要】**【中文發明名稱】** 拋光基板及匹配拋光系統之間的拋光效能的方法**【英文發明名稱】** METHODS OF POLISHING A SUBSTRATE AND MATCHING
POLISHING PERFORMANCE BETWEEN POLISHING SYSTEMS**【中文】**

本文中提供了先進的基板拋光方法，其使用機器學習人工智慧（AI）演算法或使用AI來產生的軟體應用，來控制拋光製程的一個或多個態樣。使用從拋光系統獲取的基板處理資料來將AI演算法訓練為模擬拋光製程及對拋光製程作出預測及處理根據該等預測所預期的結果。

【英文】

Provided herein are advanced substrate polishing methods that use a machine-learning artificial intelligence (AI) algorithm, or a software application generated using the AI, to control one or more aspects of the polishing process. The AI algorithm is trained to simulate a polishing process and to make predictions about the polishing process and process results expected therefrom, using substrate processing data acquired from a polishing system.

【指定代表圖】 第（1B）圖。**【代表圖之符號簡單說明】**

20：拋光系統

21：拋光站

22：載具組件

23：載具裝載站

24: 載具運輸系統

25: 基板檢驗系統

26: 計量系統

27: 清潔系統

28: 系統控制器

29: 通訊鏈路

30: AI訓練平台

40: Fab生產控制系統

50: 計量站

60: 處理系統

70: 電氣測試系統

【特徵化學式】

無

【發明說明書】

【中文發明名稱】拋光基板及匹配拋光系統之間的拋光效能的方法

【英文發明名稱】METHODS OF POLISHING A SUBSTRATE AND
MATCHING POLISHING PERFORMANCE BETWEEN POLISHING
SYSTEMS

【技術領域】

【0001】本文中所述的實施例大致與半導體元件製造相關，特別是與半導體元件製造中所使用的化學機械拋光（CMP）系統及相關方法相關。

【先前技術】

【0002】化學機械拋光（CMP）常用於製造高密度的集成電路以平坦化基板上的材料層，從下伏材料層表面清除多餘的材料，或兩者兼而有之。在典型的CMP製程中，將基板固位在載具頭中，該載具頭在存在拋光流體的情況下朝向旋轉拋光墊擠壓基板的背側。拋光墊通常由聚合材料所形成，其具有促進將拋光流體輸送到基板的材料表面與設置在其下的移動拋光墊之間的界面的表面粗糙。拋光流體一般包括一種或多種化學成分的水溶液及懸浮在水溶液中的奈米級磨料顆粒，通常稱為拋光漿。藉由由拋光流體、基板與拋光墊的相對運動及其間的接觸壓力所提供的化學與機械活動的組合跨基板的材料層表面移除材料。耗材（例如拋光墊及拋光流體）是基於期望的CMP應用來選擇的。

【0003】 常見的CMP應用包括本體膜平坦化及鑲嵌製程中多餘材料的移除。本體膜的平坦化（例如層間介電體（ILD）拋光）一般用來使材料層的表面中不理想的凹部及凸部平滑，該等凹部及凸部是由設置在其下的二維或三維特徵所導致的。典型的鑲嵌CMP應用包括淺溝槽隔離（STI）及層間金屬互連形成，其中CMP用來從一個或多個下伏層的暴露表面（場）移除溝槽、觸點、導孔或線填充材料（覆蓋層），STI或金屬互連特徵被設置在該一個或多個下伏層中。

【0004】 取決於應用，CMP製程結果一般由與全域拋光均勻性、局部平坦化效能及CMP誘發的表面缺陷率相關的相互關聯的度量組合所表徵。此類製程結果可以決定形成於基板上的生成元件的效能、可靠度及/或可操作性。製程容差極限之外的製程結果可能導致元件故障，因此抑制形成於基板上的可用元件的良率。一般而言，隨著電路密度增大及元件特徵尺寸減小，製程結果容差減少。

【0005】 為了滿足縮小元件幾何形狀的行業需求，先進的CMP系統的複雜度急劇增大，以提供對幾乎所有已知影響製程結果的處理變數（參數）的控制。此類先進的CMP系統包括高度工程設計的及複雜的個別子系統，每個子系統被配置為將一個或多個處理參數控制到期望的設定點。可控制的處理參數共同界定基板拋光配方。通常，單個基板CMP製程的拋光配方包括多階段拋光序

列，其中序列中的每個階段都會改變一個或多個參數設定點。

【0006】不幸地，目前為止，CMP技術的進步遠遠超過了對拋光界面處的表面、流體與磨料之間的化學及機械活動的複雜交互作用的科學瞭解。其結果是，現有的CMP模型一般不適用於製程開發。因此，CMP基板製程一般會在使用常規的製程開發及改進技術之後被決定及/或改進。此類技術的示例包括實驗設計（DOE）及試誤。一般而言，標準品質控制措施禁止對其上具有預期要使用或販賣的元件的產品基板進行實驗。其結果是，DOE實驗通常使用昂貴的測試基板來執行，同時佔用了寶貴的CMP處理系統時間。因此，由於與其相關聯的時間及成本，實際上不可能針對生產設施中所使用的許多個別拋光製程徹底探索拋光參數、演算法、耗材、元件特徵與處理結果之間的複雜關聯。

【0007】因此，常規製程改進方法不適合利用先進CMP處理系統的裝置及子系統的組合能力且無法提供原本可能以其實現的改進的處理結果及較寬的製程裕度。

【0008】因此，本領域中需要不遭受上述缺點的先進處理方法。

【發明內容】

【0009】本揭示內容的實施例大致與電子元件製造中所使用的化學機械拋光（CMP）系統相關，且更詳細而言是與用於與其一起使用的先進基板處理方法相關。

【0010】 在一個實施例中，提供了一種電腦實施的產生基板拋光配方的方法。該方法包括以下步驟：使用拋光系統來拋光基板，包括以下步驟：(a) 依據拋光配方使拋光流體流動到拋光墊的表面上，該拋光配方包括複數個拋光參數及對應的複數個目標值；(b) 依據該拋光配方將基板抵住該拋光墊的該表面；(c) 藉由調整第一控制參數來將該複數個拋光參數中的第一拋光參數維持在該第一拋光參數的目標值或接近該目標值；(d) 產生處理系統資料，該處理系統資料包括該拋光配方及該第一控制參數的時間序列資料；及(e) 與(a)-(d)同時地使用從原位基板監測系統獲得的測量來產生時間序列原位結果資料。該方法進一步包括以下步驟：針對複數個基板重複(a)-(e)，以獲得對應的複數個訓練資料集，該等訓練資料集中的每一者包括針對拋光的基板的該處理系統資料及該原位結果資料；在人工智慧(AI)訓練平台處接收包括該複數個訓練資料集的訓練資料；使用該訓練資料來訓練機器學習AI演算法；及使用該訓練的機器學習AI演算法來改變該複數個拋光參數中的一者或多者。

【0011】 在一個實施例中，一種電腦可讀取媒體包括用於執行用於決定拋光配方的方法的指令。該方法包括以下步驟：在人工智慧(AI)訓練平台處接收包括複數個訓練資料集的訓練資料，其中該等訓練資料集中的每一者包括與在拋光系統上拋光的基板相關的處理系統資料及原位結果資料。該等訓練資料集中的每一者的該處理系統資

料包括：拋光配方，包括複數個拋光參數及對應的複數個目標值；及由閉合迴路控制系統所使用以將該複數個拋光參數的第一拋光參數維持在該目標值或接近該目標值的第一控制參數的時間序列資料，且該等訓練資料集中的每一者的該原位結果資料包括使用原位基板監測系統來產生的時間序列資料。該方法進一步包括以下步驟：使用該訓練資料來訓練機器學習 AI 演算法；及使用該訓練的機器學習 AI 演算法來決定該原位結果資料與該第一控制參數的該時間序列資料之間的函數關係。

【0012】 在一個實施例中，提供了一種電腦實施的匹配拋光系統之間的拋光效能的方法。該電腦實施的方法包括以下步驟：在人工智慧（AI）訓練平台處接收包括複數個訓練資料集的訓練資料。該等訓練資料集中的每一者包括與使用第一拋光系統來拋光的第一複數個基板中的個別基板相關的處理系統資料，其中該第一複數個基板中的不同基板是使用該第一拋光系統的來自複數個基板載具組件的基板載具組件與來自複數個拋光站的拋光站的不同組合來拋光的。該等訓練資料集中的每一者的該處理系統資料包括：拋光配方，包括複數個拋光參數及對應的複數個目標值，其中使用對應的閉合迴路控制系統來將該複數個拋光參數中的一者或多者維持在該複數個拋光參數中的該一者或多者的目標值或接近該複數個拋光參數中的該一者或多者的目標值；及該等閉合迴路控制系統的控制參數的時間序列資料。該方法進一步包括以下步驟：使

用訓練資料來訓練機器學習AI演算法。該訓練的機器學習AI演算法被配置為識別該第一拋光系統的該等不同基板載具組件及/或該等不同拋光站之間的差異。該方法進一步包括以下步驟：基於該等識別的差異來實施一個或多個糾正動作。

【0013】 揭示內容的實施例也將提供一種一個或多個電腦的系統，憑藉將軟體、韌體、硬體或其組合安裝在該系統上，該系統可以被配置為執行特定的操作或動作，該軟體、韌體、硬體或其組合在操作時使得該系統執行該等動作。一個或多個電腦程式可以被配置為憑藉包括指令來執行特定的操作或動作，該等指令在由處理器執行時使得裝置執行該等動作。一個總體態樣包括一種用於在一個或多個拋光系統內拋光基板的電腦實施的方法。該電腦實施的方法可以包括以下步驟：(a) 依據拋光配方使拋光流體流動到拋光墊的表面上，該拋光配方可以包括複數個拋光參數及對應的複數個目標值；(b) 依據該拋光配方將基板抵住該拋光墊的該表面；(c) 藉由調整第一控制參數來將該複數個拋光參數中的第一拋光參數維持在該第一拋光參數的目標值或接近該目標值；(d) 產生處理系統資料，該處理系統資料可以包括該拋光配方及該第一控制參數的時間序列資料；及(e) 與(a)-(d)同時地使用從原位基板監測系統獲得的測量來產生時間序列原位結果資料；針對複數個基板重複(a)-(e)，以獲得對應的複數個訓練資料集，該等訓練資料集中的每一者可以包括針對拋光的基

板的該處理系統資料及該原位結果資料；在一人工智慧（AI）訓練平台處接收可以包括該複數個訓練資料集的訓練資料，其中該複數個訓練資料集中的每一者是依時間順序接收的；及基於由訓練的機器學習AI演算法所執行的分析來改變該複數個拋光參數中的一者或多者。此態樣的其他的實施例包括對應的電腦系統、裝置及記錄在一個或多個電腦儲存元件上的電腦程式，每個都被配置為執行方法的動作。

【0014】 揭示內容的實施例也將提供用於在一個或多個拋光系統內拋光基板的電腦實施的方法。該電腦實施的方法可以包括以下步驟：(a) 依據拋光配方使拋光流體流動到拋光墊的表面上，該拋光配方可以包括複數個拋光參數及對應的複數個目標值；(b) 依據該拋光配方將基板抵住該拋光墊的該表面；(c) 藉由調整第一控制參數來將該複數個拋光參數中的第一拋光參數維持在該第一拋光參數的目標值或接近該目標值；(d) 產生處理系統資料，該處理系統資料可以包括該拋光配方及該第一控制參數的時間序列資料；及(e) 與(a)-(d)同時地使用從原位基板監測系統獲得的測量來產生時間序列原位結果資料；針對複數個基板重複(a)-(e)，以獲得對應的複數個訓練資料集，該等訓練資料集中的每一者可以包括針對拋光的基板的該處理系統資料及該原位結果資料；在一人工智慧（AI）訓練平台處接收可以包括該複數個訓練資料集的訓練資料，其中該複數個訓練資料集的至少一部分是依時

間順序接收的；及基於由機器學習 AI 演算法所執行的分析來改變該複數個拋光參數中的一者或多者。

【圖式簡單說明】

【0015】 可以藉由參照實施例來獲得上面所簡要概述的本揭示內容的更詳細說明以及可以用來詳細瞭解本揭示內容的上述特徵的方式，附圖中示出了該等實施例中的一些。然而，要注意，附圖僅示出此揭示內容的典型實施例，且因此不要將該等附圖視為對本揭示內容的範圍的限制，因為本揭示內容可以容許其他同等有效的實施例。

【0016】 圖 1 A 是基板的一部分的示意截面圖，其示出不理想地不良的局部平坦化效能。

【0017】 圖 1 B 是半導體元件製造設施 (F a b) 的示意表示。

【0018】 圖 1 C 是依據一個實施例的機器學習人工智慧 (A I) 訓練系統的示意表示，其可以與本文中所闡述的方法一起使用。

【0019】 圖 1 D 是示例性閉合迴路反饋控制系統的示意表示，其可以與本文中所述的拋光系統一起使用。

【0020】 圖 2 A 是依據一個實施例的示例性拋光系統的示意側截面圖，其可以用來執行本文中所闡述的方法。

【0021】 圖 2 B 是示例性基板載具的示意側截面圖。

【0022】 圖 2 C 是從不同觀點示出的圖 2 A 的拋光系統的示意側截面圖。

【0023】圖3是示出依據一個實施例的拋光基板的方法的圖解。

【0024】圖4A-4C是基板的示意截面圖，其示出依據本文中所闡述的方法執行的拋光製程的不同階段。

【0025】圖5是示出依據一個實施例用於在不同的拋光系統之間匹配效能的方法的圖解。

【0026】為了促進瞭解，已儘可能使用相同的附圖標記來標誌該等圖式共有的相同元件。可以預期，可以在不另外詳述的情況下有益地將一個實施方式的元件及特徵併入其他實施方式。

【實施方式】

【0027】本揭示內容的實施例大致與電子元件製造中所使用的化學機械拋光（CMP）系統相關，且更詳細而言是與用於與其一起使用的先進基板處理方法相關。

【0028】一般而言，本文中的先進基板處理方法使用演算法（例如機器學習人工智慧（AI）演算法）或使用AI演算法來產生的軟體應用，以控制拋光製程的一個或多個態樣。一般而言，AI系統以智慧、迭代的處理演算法利用大資料集以根據它們所分析的資料中的模式及特徵進行學習。每次AI系統藉由執行一輪資料處理來分析資料，它一般就會測試及測量其本身的效能並基於所執行的分析發展出附加的專業經驗。在本文中，使用從拋光系統獲取的基板處理資料來將AI演算法訓練為模擬拋光製

程、對拋光製程作出預測及處理根據該等預測所預期的結果。

【0029】 在一些實施例中，AI演算法或使用AI演算法來產生的軟體應用用來預測期望的拋光終點的時間範圍並在此基礎上調整拋光流體的組成物，例如藉由起動、停止或改變一種或多種拋光流體成分的流速來調整。如本文中所使用的，「拋光終點」表示拋光製程中的可能需要改變一個或多個基板拋光參數（例如漿體組成物）的時間點，且並不一定表示拋光製程的結束。對於鑲嵌應用而言，在與常規的反應性終點偵測方案相比時，能夠準確地預測期望的拋光終點並基於預測搶先調整拋光流體組成物（例如漿體組成物）有利於改進局部平坦化效能。對局部平坦化效能的改進導致生成元件的效能、可靠度及良率的理想改進。可以使用本文中所提供的方法來改進行不良局部平坦化的示例示出在圖1A中。

【0030】 如下面所進一步論述的，拋光流體組成物（例如漿體組成物）一般會包括懸浮在液體（例如水）中的一種或多種類型的固體顆粒的混合物。固體顆粒通常稱為磨料，且可以包括懸浮在液體中的金屬氧化物細粉，例如 CeO_2 、 Fe_2O_3 、 Al_2O_3 及 SiO_2 。液體可以包括酸、鹼及各種添加劑（例如腐蝕抑制劑、pH值調整劑）中的一者或多者，其通常設置在水中。

【0031】 圖1A是示意截面圖，其示出在用來從基板1的場（即上表面或外表面）移除金屬填充材料的覆蓋層的

拋光製程之後不良的局部平坦化（例如侵蝕到距離 e 及碟狀凹陷（**dish**）到距離 d ）。此處，基板 1 的特徵為介電層 2、形成在介電層 2 中的第一金屬互連特徵 3 a 及形成在介電層 2 中的複數個第二金屬互連特徵 3 b。該複數個第二金屬互連特徵 3 b 被緊密地佈置以形成特徵密度相對較高的區域 4。一般而言，金屬互連特徵 3 a、3 b 是藉由將金屬填充材料沉積到介電層 2 上並沉積到形成在其中的對應開口中來形成的。然後，使用 CMP 製程來平坦化基板 1 的材料表面，以從介電層 2 的場表面 5 移除填充材料的覆蓋層。

【0032】 如所示，不良局部平坦化效能導致金屬互連特徵 3 a 的上表面相對於介電層 2 的周圍表面凹陷達距離 d ，也稱為碟狀凹陷（**dishing**）。不良局部平坦化效能也導致高特徵密度區域 4 中的介電層 2 不理想的凹陷（例如距離 e ），其中區域 4 中的介電層 2 的上表面相對於場表面 5 的平面凹陷，也稱為侵蝕。由碟狀凹陷及 / 或侵蝕所導致的金屬損耗可能導致由其形成的金屬互連特徵 3 a、3 b 的有效電阻不理想的變化，因此影響元件效能及可靠度。

【0033】 在一些實施例中，使用來自以生產負載量操作（即在半導體元件製造設施中操作）的一個或多個拋光系統的資料來訓練 AI 演算法。使用生產拋光系統來訓練 AI 演算法有利地提供大量資料，AI 演算法可以使用該資料來更好地瞭解特定拋光應用的許多變數之間的複雜關係。示例性製造設施（**Fab**）10 示意性地示出在圖 1 B 中。

【0034】 此處，Fab 10包括複數個拋光系統20、一個或多個機器學習人工智慧(AI)演算法(此後稱為「AI」)訓練平台30、Fab生產控制系統40、一個或多個獨立基板檢驗及/或計量站50及其他的處理系統60。其他的處理系統60包括製造半導體元件時所使用的基板處理系統，這些系統在基板製程流程中的拋光製程的上游及下游都有，例如磊晶系統、熱處理系統、非磊晶沉積系統、光刻系統、蝕刻系統、植入系統及其他的拋光系統。在一些實施例中，Fab 10進一步包括一個或多個電氣測試系統70，例如與Fab生產控制系統40通訊的參數測試及/或元件良率測試系統。

【0035】 一般而言，拋光系統20中的每一者包括複數個拋光站21、複數個基板載具組件22、用於向載具組件22及從載具組件22傳輸基板的載具裝載站23及用於在載具裝載站23與不同的拋光站21之間移動基板載具組件22的載具運輸系統24。此處，拋光系統20中的每一者進一步包括一個或多個基板檢驗系統25、一個或多個計量系統26及清潔系統27，它們與拋光系統20集成在一起以分別對在其中拋光的基板執行預拋光及/或後拋光(內聯(in-line))檢驗、測量及清潔。拋光系統20中的每一者包括系統控制器28，其指導及協調該拋光系統20的各種部件及子系統的操作。

【0036】 如所示，AI訓練平台30中的每一者使用通訊鏈路29(例如乙太網路或USB連接)通訊耦接到對應的

系統控制器 28。在其他的實施例中，一個或多個 AI 訓練平台 30 可以與系統控制器 28 集成在一起以形成其一部分。在一些實施例中，AI 訓練平台 30 與拋光系統 20 的一個或多個部件或子系統直接通訊。在一些實施例中，個別的 AI 訓練平台 30 可以與多於一個的拋光系統 20 一起使用以執行本文中所闡述的方法，及 / 或個別的 AI 訓練平台 30 彼此通訊耦接以在其間共享訓練資料 111 (圖 1C)。可以在多個不同的時間在個別的 AI 訓練平台 30 之間共享訓練資料 111。在一個示例中，可以在時間上依序共享訓練資料 111，這可以包括以規則的時間間隔共享或在一個或多個依序執行的製程在拋光系統 20 內運行及 / 或一個或多個不同步製程在多個拋光系統 20 中運行的期間或之後共享。在其他的實施例中，AI 訓練平台 30 中的一者或多者實體上沒有設置在 Fab 10 中，且本文中所述的方法是使用雲端計算技術來實施的。

【0037】 Fab 生產控制系統 40 在基板通過生產線行進時指導基板的流動及處理，並收集及管理與基板及處理系統兩者相關的資料。一般而言，系統控制器 28 與 Fab 生產控制系統 40 通訊，Fab 生產控制系統 40 向系統控制器 28 提供指令並從其接收資訊。此處，Fab 生產控制系統 40 進一步與該一個或多個獨立基板檢驗及 / 或計量站 50、其他處理系統 60 及一個或多個電氣測試系統 70 通訊。在一些實施例中，Fab 生產控制系統 40 向系統控制器 28 傳遞從獨立基板檢驗及 / 或計量站 50、其他處理系統

60及一個或多個電氣測試系統70所接收的資訊以由AI訓練平台30用作訓練資料111(圖1C)。在一些實施例中,Fab生產控制系統40藉由對應的通訊鏈路29與AI訓練平台30直接通訊。通訊鏈路29可以包括常規的有線或無線類型的通訊鏈路。

【0038】圖1C是可以與本文中所闡述的方法一起使用的製程改進方案100的示意表示。製程改進方案100使用包括處理器和記憶體模塊(PMB 104)的AI訓練平台30,PMB 104可與支援電路32一起操作以執行機器學習AI演算法(本文中稱為AI演算法110)。PMB 104的處理器(未單獨示出)是適於執行AI演算法110的電腦處理器中的一者或其組合,例如可程式化中央處理單元(CPU)、圖形處理單元(GPU)、現場可程式化邏輯閘陣列(FPGA)、機器學習應用特定集成電路(ASIC)或其他合適的硬體實施方式中的一者或多者。PMB 104的記憶體(未單獨示出)可操作地耦接到處理器,是非暫時的,且代表任何具有適於儲存AI演算法110、要與AI演算法110一起使用的訓練資料111及使用AI演算法110來產生的一個或多個機器學習AI模型112的大小的非依電性類型的記憶體。支援電路32常規上耦接到處理單元,且包括快取記憶體、時脈電路、輸入/輸出子系統、電源等等,及上述項目的組合。

【0039】此處,AI演算法110是使用監督式及無監督式學習模型中的一者或其組合以儲存在PMB 104的記憶

體中的訓練資料 111 訓練的。在監督式學習模型的一個示例中，AI 演算法 110 可以被訓練為基於由使用者提供的示例輸入-輸出對來將輸入資料（例如個別控制參數的時間序列資料）映射到輸出資料（例如個別的處理結果）。在示例非監督式學習模型中，AI 演算法 110 可以被訓練為尋找訓練資料 111 中的模式及關係，訓練資料 111 是在使用者輸入最少的情況下隨著時間的推移接收的。訓練過程可以基於在很長一段時間內從各種原位或異位感測器所接收的多個資料集來進行。

【0040】 在 AI 演算法 110 包括監督式模型的實施例中，可以使用支援向量機（SVM）、迴歸模型或任何能夠接收訓練資料 111 並提供指示或預測處理結果的連續輸出的監督式學習模型。在 AI 演算法 110 包括非監督式模型的實施例中，可以使用神經網絡或任何能夠接收訓練資料 111 以訓練 AI 演算法 110 以提供群集且分類的輸出的非監督式學習模型，該輸出指示及/或預測一個或多個處理結果。在一些實施例中，例如在訓練資料包括拋光系統 20 及/或在其中處理的基板的不同部件的影像的實施例中，AI 演算法 110 可以使用卷積神經網絡。

【0041】 在本文中，訓練資料 111 包括由拋光系統 20 或其子系統所產生的處理系統資料 114，及在拋光系統 20 上處理的一個或多個基板的對應處理結果資料 116。此處，用來訓練 AI 演算法 110 的處理系統資料 114 包括：拋光配方參數資料 118，例如個別的拋光參數及與其對應

的目標值；由例如圖 2 A - 2 C 中所描述的一個或多個參數控制系統 2 0 1 a - 2 0 1 n 所提供的控制參數資料 1 2 0 ；及例如由設置在拋光系統 2 0 中的附加的感測器或測量元件所產生的製程監測資料 1 2 2 ，製程監測資料 1 2 2 與子系統及 / 或其耗材的操作及處理效能相關。由拋光系統 2 0 或其子系統所產生的處理系統資料 1 1 4 可以由離散值（例如拋光配方中所提供的那些離散值）所代表，或者可以包括時間序列資料，例如按時間順序排列的一系列資料點（或影像）。

【 0 0 4 2 】 在一些實施例中，A I 訓練平台 3 0 通訊耦接到拋光系統 2 0 的一個或多個部件，且處理系統資料 1 1 4 的至少一部分是從該一個或多個部件接收的。在一些實施例中，處理系統資料 1 1 4 的至少一部分被儲存在拋光系統控制器 2 8 的記憶體中，且 A I 訓練平台 3 0 從該記憶體接收處理系統資料 1 1 4 。

【 0 0 4 3 】 處理結果資料 1 1 6 包括與在拋光製程期間的基板材料層的平坦化及 / 或移除相關的資訊，該資訊是藉由對基板的測量或檢驗獲得的，包括根據對基板的測量或檢驗導出的資訊。在一些實施例中，處理結果資料 1 1 6 包括例如藉由使用攝影機元件從基板的表面截取的影像。

【 0 0 4 4 】 此處，處理結果資料 1 1 6 包括例如下面在圖 2 A 中所描述地藉由使用渦電流感測器或光學感測器與拋光製程並行獲得的基板測量（原位結果資料 1 2 4 ），及在拋光製程之後進行的基板測量（異位結果資料 1 2 6 ）。在

一些實施例中，原位結果資料 1 2 4 包括時間序列資料。在一些實施例中，處理結果資料 1 1 6 包括在拋光製程之前獲得的測量與在該拋光製程之後獲得的測量之間的差異，例如材料移除速率或材料移除均勻性。

【0045】此處，原位結果資料 1 2 4 包括使用圖 2 A 中所描述的原位基板監測系統 2 2 2 來獲得的時間序列渦電流資訊及 / 或時間序列光學訊號資訊。原位結果資料 1 2 4 一般包括訊號資訊，且可以包括根據訊號資訊導出的資訊，例如材料層厚度及材料層均勻性資訊。

【0046】異位結果資料 1 2 6 可以使用一般在半導體元件製造設施中有的任何合適的計量或檢驗系統來產生。在一些實施例中，異位結果資料 1 2 6 的至少一部分是使用拋光系統 2 0 的一個或多個內聯檢驗系統 2 5 及 / 或計量系統 2 6 來產生的，且異位結果資料 1 2 6 的一部分是在 AI 訓練平台 3 0 處從該一個或多個內聯檢驗系統 2 5 及 / 或計量系統 2 6 接收的。在一些實施例中，異位結果資料 1 2 6 的至少一部分被儲存在拋光系統控制器 2 8 的記憶體中，拋光系統控制器 2 8 通訊耦接到內聯系統 2 5、2 6，且 AI 訓練平台 3 0 從處理系統控制器 2 8 接收異位結果資料 1 2 6 的該等部分。

【0047】在一些實施例中，異位結果資料 1 2 6 的至少一部分是使用與拋光系統 2 0 分離的一個或多個獨立的檢驗站及 / 或計量站 5 0 來產生的。一般而言，在那些實施例中，異位結果資料 1 2 6 是從通訊耦接到獨立的檢驗站及 /

或計量站50中的每一者的Fab生產控制系統40收集及/或接收的。

【0048】 可以形成異位結果資料126的一部分的資訊的示例包括：材料移除速率（MRR）；材料層平坦化（全域平坦性）；基板之間的均勻性，即晶圓到晶圓的不均勻性（WTWNU）；跨基板的表面的材料移除速率的均勻性及/或平坦化的材料層的厚度的均勻性，統稱晶圓內不均勻性（WIWNU）度量；平坦化效率；局部平坦性，例如裸晶內（WID）平坦性；下伏材料層不理想的移除，例如氧化物損耗；高特徵密度區域中的下伏材料層的侵蝕；溝槽、觸點、導孔及/或線特徵中的材料的凹陷（碟狀凹陷）；及在基板表面處或基板表面中的及/或形成於基板表面中的暴露特徵中的拋光誘發的缺陷。CMP誘發的缺陷包括機械相關的缺陷（例如刮痕）及化學相關的缺陷（例如金屬特徵的腐蝕）。

【0049】 在一些實施例中，異位結果資料126包括從內聯及/或獨立的計量系統及/或檢驗系統獲得的影像，例如以攝影機元件或其他的光學感測器獲取的基板的影像。在一些實施例中，異位結果資料包括由計量系統或檢驗系統所產生的影像，該等影像代表從基板獲得的資訊，例如基板及/或基板表面的材料層厚度、平坦性、缺陷率及/或應力圖。

【0050】 在一些實施例中，訓練資料111包括基板追蹤資料128、設施系統資料130及電氣測試資料132中的一

者或多者。此處，基板追蹤資料 1 2 8 包括基板的識別資訊、與形成於基板上的元件相關的資訊及基板的處理歷史。元件資訊的示例包括元件尺寸、元件幾何形狀、特徵尺寸及圖案密度。處理歷史一般包括上游處理系統的標識及對應的處理資訊，例如日期/時間資訊及與該等系統一起使用的處理配方。處理歷史也可以包括從上游的計量系統及/或檢驗系統獲得的資訊。

【0051】設施系統資料 1 3 0 包括與耦接到拋光系統 2 0 的設施供應系統及/或環繞拋光系統 2 0 的環境條件相關的資訊，例如溫度、顆粒計數及空氣流。與設施供應系統相關的資訊的示例包括從去離子（D I）水供應系統、乾淨乾燥空氣（C D A）供應系統、化學供應系統及遠端拋光流體分佈系統獲得的資訊。一般，遠端拋光分佈系統藉由設施管道使拋光流體循環以供遞送到複數個拋光系統 2 0，該複數個拋光系統 2 0 在使用點處流體耦接到設施管道。此類拋光流體分佈系統通常被配置為用於對拋光流體進行批量混合，且可以包括一個或多個分析器以促進混合製程及/或連續監測拋光流體健康狀態。拋光流體健康狀態的監測包括使用分析器來決定及監測拋光流體的化學性質（例如 p H 值及氧化劑及添加劑水平及它們的衰變行為）以及拋光流體的磨料性質，包括大顆粒計數（L P C）、平均顆粒尺寸分佈（P S D）、密度、固體的重量百分比及黏度。與設施系統相關的資訊（包括拋光流體健康狀態）可以被傳遞到該複數個拋光系統 2 0 的個別系統控制器 2 8

及 / 或傳遞到 F a b 生產控制系統 4 0 並由 A I 訓練平台 3 0 從其接收。

【0052】 電氣測試資料 1 3 2 可以包括參數測試資訊（其是在後續的參數測試操作處例如使用設置在元件之間的切線中的專用測試結構來產生的）及 / 或在一個或多個後續元件測試操作處產生的元件測試資訊。在一些實施例中，電氣測試資料 1 3 2 包括代表在參數測試操作及 / 或元件測試操作期間獲得的資訊的影像，例如代表基板上的可操作元件及故障元件的位置的元件良率圖。

【0053】 此處，訓練資料 1 1 1 包括識別資訊，例如基板追蹤資訊、系統資訊及時間戳資訊，可以用來將從每個上述的資料源所接收的資訊與特定的基板、拋光系統、拋光站和基板載具組合相關聯，形成與其對應的訓練資料集合。

【0054】 在一些實施例中，訓練的 A I 演算法 1 1 0 被用來產生 A I 模型 1 1 2，例如軟體演算法，其被傳遞到系統控制器 2 8 以用作指令以指導拋光系統 2 0 的操作。

【0055】 圖 1 D 是可以用來產生控制參數資料 1 2 0 的控制系統 1 5 0 的示意表示。控制參數資料 1 2 0 包括一個或多個控制參數 1 5 7 的時間序列資料，控制系統 1 5 0 使用該一個或多個控制參數 1 5 7 來將拋光參數維持在目標值 1 5 6 或接近目標值 1 5 6。如本文中所使用的，「目標值」包括期望的設定點、大於期望的下限閾值的值、小於期望的上限閾值的值及介於期望的下限閾值與上限閾值之間的值。

【0056】 在圖1D中，製程控制系統150提供封閉的反饋控制迴路以供將拋光參數維持在目標值156或接近目標值156。如所示，製程控制系統150包括感測器151、控制器152及可操作地耦接到控制器152的參數控制元件153（例如致動器）。此處，將感測器151、控制器152及控制元件153佈置為使得資訊在反饋迴路154中流動以提供閉合迴路反饋控制系統。

【0057】 在拋光製程期間，感測器151測量拋光參數（例如壓板轉速、拋光流體流動速率等等）的實際值155，且控制器152決定實際值155與目標值156之間的誤差。為了校正誤差，控制器152指示參數控制元件153（例如耦接到壓板的致動器（馬達）、連接到漿體遞送系統的漿體分配泵等等）以改變控制參數157（例如馬達電流、泵壓力、泵速度等等），這導致拋光參數輸出（例如壓板轉速、漿體流動速率等等）的對應改變。

【0058】 製程控制系統150一般是反應性的，使得一旦拋光參數上升到達了目標值156，控制器152對控制參數157的改變就指示對拋光製程的改變的響應。類似地，對於實質類似的拋光製程而言，基板到基板的控制參數157的改變可能指示不理想的製程漂移。因此，在本文中的實施例中，時間序列控制參數資料120被包括在處理系統資料114中以允許AI演算法110針對特定拋光製程更好地瞭解子系統、處理參數、耗材與基板之間的複雜關係。

【0059】圖2A是依據一個實施例且可以與本文中所闡述的方法一起使用的拋光站21及載具組件22的示意側截面圖。此處，拋光站21包括複數個子系統，每個子系統可與參數控制系統201a-201n的一者或組合一起操作。在本文中，參數控制系統201a-201n中的每一者被配置為包括封閉反饋控制迴路，且可以包括圖1D中所描述的製程控制系統150的元件的任一者或組合。

【0060】一般而言，控制系統201a-201n中的每一者包括一個或多個對應的致動器202a-202n、處理參數感測器203a-203n、控制器204a-204n及控制參數感測器205a-205n。致動器202a-202n包括可操作來響應於從控制器204a-204n所接收的訊號（例如電氣、氣動或數位的訊號）而改變控制參數的任何元件或製程系統。共同致動器202a-202n的示例包括但不限於電機元件、電磁元件、氣動元件、液壓元件及上述項目的組合，例如馬達、伺服機、螺線管、閥門、泵、活塞及調節器。

【0061】處理參數感測器203a-203n包括任何可以用來測量處理參數的值或者可以用來提供一個或多個測量的元件或元件組合，其中可以根據該一個或多個測量決定期望的處理參數的實際值。合適的處理參數感測器203a-203n的示例包括溫度感測器（例如IR感測器、高溫計及熱電偶）、壓力感測器、力感測器、位置感測器、加速度感測器、轉速感測器、旋轉編碼器、電訊號偵測感測器、電化感測器、pH值感測器、濃度感測器、光學感

測器、感應感測器、流量感測器（質量及/或體積）及上述項目的組合。

【0062】 控制器204a-204n包括可操作來決定處理參數的實際值與處理參數的目標值之間的差異（即誤差）並指示對應的致動器202a-202n或處理系統改變其輸出

（例如本文中所述的控制參數）的元件或系統。合適控制器204a-204n的示例包括比例-積分（PI）控制器、比例-積分-導數（PID）控制器及/或邏輯控制器，例如已被程式化為執行包括邏輯應用的軟體的可程式化邏輯控制器（PLC）。在一些實施例中，例如在控制參數包括處理系統的輸出時，系統控制器28或另一個可操作來執行軟體演算法的計算元件可以被用作控制器

204a-204n。在一些實施例中，控制器204a-204n的個別控制器或組合的功能中的一者或多者可以藉由系統控制器28來執行。

【0063】 控制參數感測器205a-205n包括任何適於測量致動器202a-202n或製程系統的輸出的感測器，其用以將處理參數維持在一目標值。可以用作控制參數感測器205a-205n的合適感測器的示例包括上面關於處理參數感測器203a-203n所描述的示例感測器的任何一者或組合。在一些實施例中，例如對於測量控制參數是不可行的控制系統而言，控制參數或其近似值可以使用由控制器204a-204n向對應的致動器202a-202n或處理系統所提供的訊號及/或指令來決定。

【0064】 在其他的實施例中，下面描述的個別子系統的任一者或組合可以使用開放迴路控制系統（即非反饋系統）來操作。

【0065】 在本文中，複數個子系統包括壓板組件212、載具組件22、墊調節器組件218及墊冷卻組件220。拋光站21進一步包括流體遞送系統216及原位基板監測系統222。拋光站21及載具組件22的操作由系統控制器28協調。

【0066】 壓板組件212包括壓板228及轉速控制系統201a。控制系統201a包括壓板致動器202a（例如馬達）、製程參數感測器203a、控制器204a及控制參數感測器205a，壓板致動器202a耦接到壓板228且用來圍繞壓板軸線A旋轉壓板228，製程參數感測器203a用來測量壓板228的轉速及/或旋轉方向。

【0067】 此處，與感測器203a組合的控制器204a藉由調整向壓板致動器202a提供的控制參數（例如馬達電流）來將壓板228的轉速維持在目標值或接近目標值。控制參數感測器205a用來測量控制參數，且時間序列控制參數資料是根據該控制參數產生的。在一些實施例中，馬達電流的控制參數的改變是由在覆蓋材料層從抵住拋光界面的基板242（圖2B）的場表面被清除時，拋光界面處的表面之間的摩擦力的改變所導致的。因此，在一些實施例中，馬達電流的改變可以用來偵測拋光製程的期望的拋光終點。在其他的實施例中，馬達電流可以用來偵測在拋光

期間的任何瞬間向拋光墊及基板 242 的表面遞送的漿體的量的變化。例如，由馬達電流感測到的較高的摩擦力可能是由漿體流量的下降或漿體組成物的組成物的改變所導致的。

【0068】 壓板組件 212 進一步包括壓板溫度控制系統 201b、感測器 203b 及控制器 204b，壓板溫度控制系統 201b 包括流體源 202b（例如水或致冷劑源），感測器 203b 用來測量壓板 228 的溫度。壓板的溫度可以用來偵測在拋光期間的任何瞬間向拋光墊遞送的漿體的量的變化、拋光墊性質（例如上光量）的變化或向基板 242 施加的下壓力的變化。壓板 228 由圓柱形金屬主體所形成，一個或多個通道 234 形成在該圓柱形金屬主體中。該一個或多個通道 234 流體耦接到流體源 202b。與感測器 203b 組合的控制器 204b 用來藉由調整來自流體源 202b 的冷卻劑通過該一個或多個通道 234 的流速來將壓板 228 的溫度維持在目標值。在一些實施例中，用於控制拋光壓板 228 的溫度的控制參數包括由流量計（例如控制參數感測器 205b）所測得的冷卻劑流速。對於一些拋光製程而言，可能需要加熱壓板 228，在那些實施例中，流體源 202b 可以包括加熱的流體（例如加熱的水及/或蒸氣），且目標值可以包括大於下限閾值的溫度。在一些實施例中，壓板 228 是使用加熱器（未示出）（例如設置及/或嵌入在圓柱形金屬主體中的電阻式加熱元件）來加熱的。

【0069】 載具組件22包括基板載具238、載具軸桿239及控制系統201c、201d。下面在圖2B中描述基板載具238。控制系統201c包括第一致動器202c、控制器204c、轉速感測器203c及控制參數感測器205c。第一致動器202c耦接到載具軸桿239並用來旋轉載具軸桿239，因此圍繞載具軸線B旋轉基板載具238及設置在其中的基板242。與感測器205c組合的控制器204c用來藉由調整向第一致動器202c提供的控制參數（例如馬達電流）來將基板載具238的轉速維持在目標值或接近目標值。控制參數感測器205c用來測量向第一致動器202c提供的控制參數。

【0070】 控制系統201d包括耦接到載具軸桿239及/或第一致動器202c的第二致動器202d、控制器204d、掃掠速度感測器203d及控制參數感測器205d。與感測器203d組合的控制器204d用來藉由調整向第二致動器202d提供的控制參數（例如馬達電流）來將基板載具238的掃掠速度維持在目標值或接近目標值。控制參數感測器205d用來測量向第二致動器202d提供的控制參數。

【0071】 如圖2B中所示，基板載具238包括殼體240、基部組件243、基板下壓力控制系統201f及載具負載控制系統201g。殼體240可動地且密封地耦接到基部組件243以與其界定加載腔室244。基部組件243包括載具基部246、環形固位環247及撓性膜片248，環形固

位環 247 耦接到載具基部 246，撓性膜片 248 耦接到載具基部 246 以與其界定複數個增壓室 249。

【0072】 在基板拋光期間，該複數個增壓室 249 被加壓，使得撓性膜片 248 對其下的基板 242 的非活性（背側）表面施力。該複數個增壓室 249 藉由允許其中有壓力差，促進對跨基板 242 的背側表面施加的力的分佈的調整。不同增壓室 249 中的壓力及其間的壓力差由控制系統 201f 維持，控制系統 201f 包括複數個致動器 202f（例如背側壓力調節器、閥門等等）、複數個感測器 203f、一個或多個控制器 204f 及一個或多個控制參數感測器 205f。控制系統 201f 用來維持增壓室 249 中的每一者中的目標壓力，從而允許對由撓性膜片 248 對基板 242 所施加的力的分佈進行精確控制。

【0073】 與該複數個感測器 203f 組合的該一個或多個控制器 204f 藉由調整其對應的致動器 202f 的相應控制參數來將增壓室 249 中的壓力維持在它們的目標值。不同的控制參數值由與其對應的控制參數感測器 205f 所測量。

【0074】 在處理期間，加載腔室 244 也被加壓，以對載具基部 246 施加向下的力，因此對環繞基板 242 的固位環 247 施加向下的力。固位環 247 上向下的力防止在拋光墊 231（圖 2A）在基板 242 下移動時基板 242 相對於基板載具 238 滑動。固位環 247 與拋光墊 231 之間的接觸壓力是藉由改變固位環 247 上的目標下壓力來調整的。目標下壓

力由控制系統 201g 維持，控制系統 201g 包括致動器 202g（例如背側壓力調節器）、用於測量加載腔室 244 中的壓力及 / 或固位環 247 與拋光墊 231 之間的接觸負載的感測器 203g、用於維持加載腔室 244 中的目標壓力的控制器 204g 及控制參數感測器 205g。與感測器 203g 組合的控制器 204g 藉由調整向致動器 202g 提供的控制參數來將加載腔室 244 中的壓力維持在其目標值或接近其目標值。此處，控制系統 201g、201h 的各種部件共同形成上部氣動組件（此處是 UPA 241），該上部氣動組件可以進一步包括調節器、閥門及泵（未示出），用來向該複數個增壓室 249 及加載腔室 244 提供加壓氣體（例如乾淨乾燥空氣（CDA）及 / 或真空）。在其他的實施例中，電機元件可以用來對基板 242 及固位環 247 中的一者或兩者施加下壓力。

【0075】 墊調節器組件 218（圖 2A）用來藉由在拋光基板 242 之前、之後或期間將調節盤 260 抵住拋光墊 231 的表面來調節拋光墊 231。此處，墊調節器組件 218 包括調節盤 260、調節器臂 262 及複數個控制系統 201j-201m，調節器臂 262 用於使旋轉調節盤 260 在拋光墊 231 的內半徑與外半徑之間掃掠，該複數個控制系統 201j-201m 用於控制墊調節製程的各種態樣。

【0076】 一般而言，調節盤 260 包括固定磨料調節表面（例如嵌入在金屬合金中的金剛石），且用來研磨及恢復拋光墊 231 的表面，並從其移除拋光副產物及其他碎雜

物。調節盤 260 一般被認為是需要定期替換的處理耗材，因為調節盤 260 的磨蝕性會隨著使用而自然變鈍。

【0077】 控制系統 201j、201k 用來在調節盤 260 在拋光墊 231 的內半徑與外半徑之間振動時，將調節盤 260 的轉速及掃掠速度維持在相應的目標值。控制系統 2011 用來將在調節盤 260 上施加的向下力維持在目標值。在一些實施例中，墊調節器組件 218 進一步包括控制系統 201m，其可以用來提供及 / 或維持跨拋光墊 231 的表面的期望的拋光墊厚度分佈。在那些實施例中，期望的拋光墊厚度分佈是藉由依據由系統控制器 28 所執行的軟體演算法所提供的指令調整轉速、掃掠速度及下壓力中的一者或組合來維持的。

【0078】 此處，控制系統 201j 包括第一致動器 202j 及感測器 203j 及控制器 204j，第一致動器 202j 耦接調節器臂 262 的端部，在該端部處，第一致動器 202j 用來圍繞軸線 C 旋轉調節盤 260，感測器 203j 用於決定轉速。

【0079】 控制系統 201k 包括第二致動器 202k、一個或多個感測器 203k、控制器 204k 及控制參數感測器 205k，第二致動器 202k 耦接到調節器臂 262 的遠離第一致動器 202j 的端部，該一個或多個感測器 203k 用於決定拋光墊上的調節盤 260 的掃掠速度及 / 或徑向位置。控制系統 201g 包括第三致動器 2021、感測器 2031、控制器 2041 及控制參數感測器 2051，第三致動器 2021 用於在調節器臂 262 上施加下壓力，感測器 2031 用於測量下壓

力。此處，第三致動器 2021 在與第二致動器 2021 鄰近且遠離調節盤 260 的位置處耦接到調節器臂 262 的端部。與對應的感測器 203j-2031 組合的控制器 204j-2041 中的每一者藉由調整對應的致動器 202j-2021 的控制參數來將相應的處理參數維持在它們的目標值或接近它們的目標值。

【0080】 在一些實施例中，控制系統 201m 用來藉由調整調節盤 260 的轉速、掃掠速度及下壓力中的一者或組合來維持期望的拋光墊厚度分佈。此處，控制系統 201m 包括致動器 202j-2021、耦接到調節器臂 262 的位移感測器 203m 及系統控制器 28。位移感測器 203m 用來決定拋光墊 231 的厚度及跨拋光墊 231 的徑向方向上的墊厚度的分佈。此處，位移感測器 203m 是感應感測器，其測量渦電流以決定感測器 203m 的端部與設置在其下的金屬壓板 228 的表面之間的距離。拋光墊 231 的厚度是使用在墊調節盤 260 與壓板 228 接觸時的已知位移與在墊調節盤 260 與安裝在壓板 228 上的拋光墊 231 接觸時的位移之間的差異來決定的。

【0081】 系統控制器 28 將使用位移感測器 203m 來決定的拋光墊 231 的厚度分佈與目標厚度分佈進行比較，以決定其間的差異。基於差異，系統控制器 28 產生調節配方（即調節參數集合），其可以用來朝向目標厚度分佈驅動拋光墊 231 的實際厚度分佈。在一些實施例中，產生的調節配方改變一個或多個徑向位置處的調節盤 260 的停

留時間及/或調節盤上的下壓力。停留時間指的是在壓板 228 旋轉以在調節盤 260 下移動拋光墊 231 時，在調節盤 260 從拋光墊 231 的內半徑掃掠到外半徑時，調節盤 260 花費在一個徑向位置處的平均持續時間。

【0082】 墊冷卻組件 220（圖 2C）用來將拋光墊 231 的拋光表面維持在期望的溫度範圍內或維持在期望的溫度設定點。在典型的拋光製程中，拋光界面處的化學活動及機械活動會產生熱，這轉而會增加基板 242 及拋光墊 231 的溫度。相對較高及/或不穩定的溫度可能導致跨基板 242 的表面的不理想的移除速率變化（晶圓內不均勻性）或基板與基板之間的不理想的移除速率變化（晶圓到晶圓的不均勻性）。對於許多鑲嵌製程而言，相對較高的溫度會使局部平坦化劣化，導致不良的局部平坦性、下伏層的侵蝕及/或形成在下伏層中的溝槽、觸點、導孔或線特徵的碟狀凹陷。因此，在本文中，墊冷卻組件 220 被配置為藉由將非反應性冷卻劑（例如固相二氧化碳薄片（二氧化碳雪））遞送到拋光墊 231 的表面上來冷卻該表面。隨著二氧化碳雪升華（從固相過渡到氣相而不通過中間的液相），熱從拋光墊 231 的表面被移除，從而理想地減少拋光製程的整體溫度。有益地，二氧化碳雪的升華防止拋光墊上的拋光流體不理想的稀釋。在其他的實施例中，冷卻劑包括低溫液體，即沸點等於或小於 120 凱爾文（Kelvin）的閾值的流體，其被儲存並以液體形式遞送到拋光墊 231 的表面，例如液態氧（LOX）、液態氫、

液態氮（LIN）、液態氦、液態氫（LAR）、液態氖、液態氬、液態氫、液態氫、液態甲烷或上述項目的組合。

【0083】 墊冷卻組件220包括定位在拋光墊231上方的冷卻劑遞送臂275、設置在冷卻劑遞送臂275上的複數個噴嘴276及控制系統201n。此處，控制系統201n包括冷卻劑源202n、一個或多個感測器203n、控制器204n及控制參數感測器205n。該一個或多個感測器203n（例如IR感測器或高溫計）被定位為面向拋光墊231的表面，且被用來測量其溫度。在一些實施例中，感測器203n中的一者或多者包括熱成像系統，其產生拋光墊231的表面的熱影像。

【0084】 該複數個噴嘴276流體耦接到冷卻劑源202n，冷卻劑源202n向該複數個噴嘴276提供蒸氣及固體二氧化碳。該複數個噴嘴276在蒸氣二氧化碳通過其擴張時產生二氧化碳雪，並向拋光墊231的表面遞送二氧化碳雪。與感測器203n組合的控制器204n藉由調整從冷卻劑源202n向噴嘴276提供的二氧化碳的質量流速來將拋光墊231的溫度維持在目標值。此處，用於控制拋光墊231的表面的溫度的控制參數包括由控制參數感測器205n所測得的質量流速。在一些實施例中，到該複數個噴嘴276中的個別噴嘴的冷卻劑的遞送及/或流速被獨立控制。在那些實施例中，墊冷卻組件220可以用來調整拋光墊231的表面的區域的溫度，以維持跨該表面的溫度或溫度分佈的期望均勻性。

【0085】 上述拋光系統20的控制系統201a-201n中的每一者使用閉合迴路反饋控制方法來藉由調整與一個或多個拋光參數相關的相應控制參數將該一個或多個拋光參數維持在相應的目標值或接近相應的目標值。如上面所論述，基板之間（例如晶圓到晶圓（WTW））、在個別基板的拋光期間（例如晶圓內（WIW））或兩者的控制參數的差異可能指示拋光製程的干擾或改變。拋光製程的此類干擾或改變不大可能是由使用控制系統201a-201n來維持在目標值或接近目標值的拋光參數的改變所導致的。相反地，此類干擾或製程改變很可能發生在拋光界面處，且包括基板242的表面的改變、拋光墊231的表面的改變、拋光流體的組成物、性質及/或體積的改變及上述項目的組合。因此，在一些實施例中，使用非監督式學習模型的AI演算法110可以用來識別及瞭解控制參數資料120中的模式，以更好地瞭解拋光界面處的表面、流體及磨料之間的複雜的化學及機械交互作用。

【0086】 如下面方法中所論述，在一些實施例中，AI演算法110被訓練為決定一個或多個控制參數與原位基板測量資料之間的功能關係，及基於該功能關係來調整拋光界面處的拋光流體組成物。因此，在本文中，流體遞送系統216被配置為基於從系統控制器28所接收的指令，停止流向拋光墊231的表面的個別拋光流體成分的流動、起始流向拋光墊231的表面的個別拋光流體成分的流動及/或調整理向拋光墊231的表面的個別拋光流體成分

的流速，因此停止流向拋光界面的個別拋光流體成分的流動、起始流向拋光界面的個別拋光流體成分的流動及/或調整流向拋光界面的個別拋光流體成分的流速。在一些實施例中，指令呈軟體演算法的形式，例如使用訓練的AI演算法110來產生的該一個或多個機器學習AI模型112。

【0087】 流體遞送系統216（圖2C）用來向拋光墊的表面遞送拋光流體（包括個別的流體成分）。流體遞送系統216包括流體分佈系統281、包括複數個噴嘴283的遞送臂282及耦接到流體遞送臂282的致動器284。流體分佈系統281流體耦接到複數個拋光流體源287a、287b，其向流體分佈系統281遞送拋光流體及/或流體成分。致動器284可操作以使遞送臂282在拋光墊上擺動以將該複數個噴嘴283定位在該拋光墊上期望的徑向分配位置。

【0088】 此處，流體分佈系統281包括複數個閥門285a、泵285b及流量控制器285c中的一者或組合，其可以用來控制、測量及遞送拋光流體及/或個別的拋光流體成分到拋光墊231的表面，以及拋光流體混合裝置285d。在一些實施例中，流體分佈系統281進一步包括一個或多個加熱器（未示出），其用來在向拋光墊231的表面遞送流體及/或成分之前及/或同時加熱個別的拋光流體及/或一種或多種個別的拋光流體成分。

【0089】 此處，使用流體耦接在流體分佈系統281與該複數個噴嘴283之間的複數個遞送管線288將一種或多種拋光流體及個別拋光成分從流體分佈系統281遞送到

該複數個噴嘴 283 中對應的一個噴嘴。在一些實施例中，流體分佈系統 281 被配置為向該複數個噴嘴 283 中的不同噴嘴獨立遞送一種或多種不同的拋光流體及/或流體成分，及/或獨立控制流向該等不同噴嘴的不同拋光流體或流體成分的流速。因此，流體分佈系統 281 可以用來提供分配到拋光墊 231 的表面的拋光流體及/或個別拋光流體成分的期望分佈，以跨拋光墊 231 的表面提供期望的拋光流體組成梯度。

【0090】 在一些實施例中，流體分佈系統 281 進一步包括混合裝置 285d，其可以用來藉由在向拋光墊 231 的表面遞送生成的混合物之前向拋光流體添加一種或多種拋光流體成分來調整拋光流體的組成物。在一些實施例（未示出）中，混合站被設置在流體遞送臂 282 上。

【0091】 可以獨立地遞送到拋光墊 231 的表面、遞送到拋光墊的表面的期望位置及/或使用混合裝置 285d 添加到拋光流體的個別拋光流體成分的示例包括：磨料溶液，其中懸浮有奈米級氧化矽或金屬氧化物顆粒；複合劑；腐蝕抑制劑；氧化劑；pH 值調整劑及/或緩衝劑、聚合添加劑、鈍化劑、加速劑、表面活性劑或上述項目的組合。

【0092】 在一些實施例中，流體遞送系統 216 進一步包括定位在拋光墊 231 上方且面向拋光墊 231 的光學感測器（例如攝影機 299）。在一些實施例中，攝影機 299 是數位攝影機（例如 CCD 攝影機），被配置為產生其被定

位為要觀看的物體的數位影像或數位影像流。光學感測器可以用來決定跨拋光墊 231 的表面的拋光流體及 / 或拋光流體成分的分佈。在一些實施例中，個別拋光流體及 / 或個別拋光流體成分中的一者或多者包括光學標記物，例如常規的水溶性染料或螢光團。在那些實施例中，使用光學感測器來捕捉的影像可以被分析以決定跨拋光墊 231 的表面的拋光流體的分佈及 / 或決定跨拋光墊 231 的表面的個別拋光流體成分的組成梯度。

【0093】 在一些實施例中，藉由起動、停止或改變流向個別噴嘴 283 中的一者或多者的一種或多種個別拋光流體成分的流速，基於對影像的分析，來調整拋光墊 231 的表面處的拋光流體分佈及 / 或組成物。在一些實施例中，使用閉合迴路反饋控制系統 280 來將拋光墊 231 的表面處的拋光流體分佈及 / 或組成物連續調整到目標分佈及 / 或組成物。例如，此處控制系統 280 包括系統控制器 28、用來決定拋光墊 231 的表面處的拋光流體分佈及 / 或組成物的光學感測器（例如攝影機 299）及流體分佈系統 281。在另一個示例中，此處控制系統 280 包括系統控制器 28、電化感測器（未示出）或 pH 值感測器（未示出），其用來決定拋光墊 231 的表面處及 / 或流體分佈系統 281 內的拋光流體組成物。基於對從光學感測器獲取的影像的分析，系統控制器 28 指導流體分佈系統 281 改變與將拋光流體及 / 或拋光流體成分遞送到拋光墊 231 的表面相關的一個或多個控制參數。例如，控制參數可以包括起動、

停止或改變向集體的該複數個噴嘴 2 8 3 或向該複數個噴嘴中的個別噴嘴提供的個別拋光流體及 / 或拋光流體成分的流速。

【0094】 在一些實施例中，使用光學感測器來捕捉的影像中的一者或多者（例如複數個捕捉的影像的時間序列）包括製程監測原位測量資料 1 2 2，其可以用作用於本文中所提供的 AI 演算法 1 1 0 訓練方法的訓練資料 1 1 1。

【0095】 原位基板監測系統 2 2 2（圖 2 A）用來監測基板表面上的材料層的厚度及 / 或偵測在從基板表面移除材料時的基板表面的改變。使用原位基板監測系統 2 2 2 來收集的資訊可以用作原位結果資料 1 2 4。此處，原位基板監測系統 2 2 2 包括用於光學系統 2 9 1 及渦電流監測系統 2 9 2 中的一者或兩者的控制器 2 9 0。光學系統 2 9 1 包括光源（未示出）及光學感測器 2 8 9，其被分別定位為藉由形成在拋光墊 2 3 1 中的窗口（未示出）朝向基板 2 4 2 引導光及從基板 2 4 2 接收反射光。控制器 2 9 0 分析反射光以根據該反射光決定基板表面的一個或多個性質。例如，光學系統 2 9 1 可以用來偵測基板表面的反射率的改變，例如決定從基板表面清除金屬層、偵測從基板表面所反射的光的散射，例如決定基板表面的平坦性的改變，及 / 或使用干涉測量技術來決定設置在基板表面上的透明膜（例如介電層）的厚度。

【0096】 渦電流監測系統 2 9 2 包括渦電流組件 2 9 4，渦電流組件 2 9 4 包括設置在壓板 2 2 8 的表面中的渦電流產

生器及感測器。渦電流監測系統 292 使用渦電流組件 294 來感應及測量基板上的導電材料層（例如金屬層）中的渦電流，且電流監測系統據此決定導電材料層的厚度。在一些實施例中，渦電流監測系統 292 用來在基板在渦電流監測系統 292 上掃掠時決定跨基板 242 的半徑的厚度分佈。

【0097】 在一些實施例中，將光學系統 291 及渦電流監測系統 292 中的一者或兩者與終點演算法組合使用，該終點演算法被執行在拋光系統的控制器上（例如系統控制器 28 上）以基於材料層的厚度及 / 或基於從下伏層的場表面清除覆蓋層材料來觸發拋光條件的改變。

【0098】 系統控制器 28 用來指導拋光系統 20 及其各種部件及子系統的操作。在一些實施例中，控制器 204 a - 204 n 中的個別控制器的功能中的一者或多者或全部可以藉由系統控制器 28 來執行。在本文中，系統控制器 28 可與 AI 訓練平台 30 組合操作以實施本文中所闡述的方法。系統控制器 28 包括可程式化中央處理單元（CPU 295），其可與記憶體 296（例如非依電性記憶體）及支援電路 297 一起操作。例如，在一些實施例中，CPU 295 是工業環境中所使用的任何形式的通用電腦處理器中的一者，例如可程式化邏輯控制器（PLC），用於控制各種拋光系統部件及子處理器。耦接到 CPU 295 的記憶體 296 是非暫時性的，且一般是諸如隨機存取記憶體（RAM）、唯讀記憶體（ROM）、軟碟機、硬碟或任何其他形式的數位儲存器（本端或遠端的）之類的容易取得

的記憶體中的一者或多者。支援電路297常規上耦接到CPU 295，且包括耦接到拋光系統20的各種部件的快取記憶體、時脈電路、輸入/輸出子系統、電源等等及其組合，以促進對基板拋光製程的控制。

【0099】 在本文中，記憶體296呈包含指令的電腦可讀取儲存媒體的形式（例如非依電性記憶體），該等指令在由CPU 295執行時促進拋光系統200的操作。說明性的電腦可讀取儲存媒體包括（但不限於）：(i)非可寫入式儲存媒體（例如電腦內的唯讀記憶元件，例如可由CD-ROM驅動機讀取的CD-ROM光碟、快閃記憶體、ROM晶片或任何類型的固態非依電性半導體記憶體），資訊可以永久儲存在其上；及(ii)可寫入式儲存媒體（例如磁碟機內的軟碟、或硬碟機或任何類型的固態隨機存取半導體記憶體），可變更的資訊儲存在其上。記憶體296中的指令呈諸如實施本揭示內容的方法的程式之類的程式產品的形式（例如中間件應用、設備軟體應用等等）。在一些實施例中，可以將本揭示內容實施為儲存在非暫時性電腦可讀取儲存媒體上以供與電腦系統一起使用的程式產品。因此，程式產品的程式界定了實施例的功能（包括本文中所述的方法）。

【0100】 圖3是示出使用圖1C中所描述的製程改進方案100來處理基板的方法300的圖解。可以預期，方法300的至少一部分可以被執行在拋光系統20上，且可以合併其特徵及功能中的任一者，包括與其一起使用的個別

控制系統。方法300的應用包括但不限於本體材料平坦化應用（例如層間介電體（ILD）應用）及鑲嵌拋光應用（例如淺溝槽隔離應用（STI）及金屬互連結構拋光應用）。

【0101】 在活動302處，方法300包括以下步驟：使用拋光系統（例如上述的拋光系統20）來拋光基板。活動302將包括複數個活動，該複數個活動包括活動304-312。

【0102】 在活動304處，方法300包括以下步驟：依據拋光配方使拋光流體組成物（例如漿體）流動到拋光系統20中的拋光墊的表面上。向拋光墊231的表面上界定的徑向位置提供的拋光流體組成物的流速及/或量可以藉由使用從系統控制器28向致動器284及/或流體分佈系統281發送的命令來控制。

【0103】 在活動306處，方法300包括以下步驟：依據拋光配方，在存在拋光流體的情況下使基板抵住拋光墊的表面。此處，拋光配方是由複數個拋光參數（包括基板載具轉速、基板載具平移速度、壓板轉速、基板下壓力、固位環下壓力、拋光組成物流速、沖洗溶液流速及墊調節參數）及它們對應的目標值所界定的。目標值包括期望的設定點、大於期望的下限閾值的值、小於期望的上限閾值的值及介於期望的下限閾值與上限閾值之間的值。活動306將包括以下步驟：加壓該複數個增壓室249中的一者或多者以使得基板載具中的撓性膜片248對基板242的非活性（背側）表面施力以使前側表面抵住拋光墊231。

【0104】目標值可以包括固定值(例如預定的設定點或閾值)與由一個或多個軟體演算法所決定的值的組合,該一個或多個軟體演算法在拋光製程之前、之後及/或同時被執行在拋光系統的控制器上。例如,在一些實施例中,拋光序列的階段的持續時間是使用執行在拋光系統的控制器上的終點演算法來決定的。在一些實施例中,目標值中的一者或多者由訓練的AI演算法110所決定,例如作為迭代連續改進過程的一部分。在一些實施例中,目標值中的一者或多者是使用由訓練的AI演算法110所產生的機器學習AI模型112來決定的。在那些實施例中,機器學習AI模型112可以包括由拋光系統20的系統控制器28所執行的軟體演算法。

【0105】在典型的拋光製程中,單個基板的拋光配方包括多階段拋光序列,其中一個或多個拋光參數目標值在序列的每個階段改變。在一些實施例中,多階段拋光序列的一個或多個階段是在基板被移動到第二拋光站且有時候是被再次移動到第三拋光站以供執行拋光序列的其餘部分之前在第一拋光站處執行的。

【0106】可以用來界定拋光配方的拋光參數的示例包括但不限於:壓板轉速;壓板溫度;基板載具轉速;基板載具掃掠速度;基板載具掃掠起動及停止位置(拋光墊上的內部徑向位置及外部徑向位置);基板下壓力(對基板的背側施加的向下壓力);跨基板的下壓力的分佈;固位環下壓力(對固位環施加的向下壓力);基板下壓力與固

位環下壓力之間的差異；拋光墊表面溫度；拋光墊表面溫度均勻性及/或分佈；拋光流體及/或個別拋光流體的流速，包括起動及停止拋光流體或成分的流動；拋光流體及/或個別拋光流體成分的溫度；遞送到拋光墊（例如作為來自拋光流體混合系統的輸出）之前或拋光墊的表面上（例如作為分配個別拋光流體成分的結果）的拋光流體組成物；及跨拋光墊的表面的拋光流體分佈及/或組成梯度，及持續時間（時間）。

【0107】 一般而言，拋光配方進一步包括與在拋光製程之前、之後及/或同時的拋光墊的調節相關的處理參數，在本文中稱為墊調節參數。墊調節參數的示例包括：調節盤的轉速、抵著拋光墊施加在調節盤上的下壓力、調節盤在拋光墊的一個或多個部分上的停留時間及調節盤跨拋光墊的表面的掃掠速度。如上面簡短地論述的，墊調節參數中的一者或多者可以與調節器組件的位置感測器一起使用以決定調節盤的停留時間。在一些實施例中，墊調節參數也可以包括從與拋光墊的中心鄰近的位置到其徑向外側的位置測得的拋光墊厚度及/或拋光墊厚度的分佈。

【0108】 在活動308處，方法300包括以下步驟：藉由調整與一個或多個拋光參數對應的相應的控制參數，來將該一個或多個拋光參數維持在它們的目標值或接近它們的目標值。此處，使用閉合迴路控制系統來將該一個或多個拋光參數維持在它們的目標值或接近它們的目標值。因此，在一些實施例中，將拋光參數維持在其目標值或接近

其目標值包括以下步驟：(1)決定拋光參數的實際值與其目標值之間的差異；(2)基於決定的差異，改變與拋光參數對應的控制系統的控制參數；及(3)連續重複(1)及(2)以提供對拋光參數的閉合迴路控制。

【0109】如本文中所使用的控制參數包括來自致動器及/或系統的輸出，該等致動器及/或系統導致拋光參數的實際值的對應改變。特定控制系統的控制參數與該系統的拋光參數不同。然而，如可以根據本文中的控制系統中的至少一些的說明理解的，作為示例性拋光參數的上述參數中的至少一些也可以用作不同控制系統中的控制參數。例如，在拋光墊厚度分佈被用作閉合迴路系統中的拋光參數的實施例中，調節器下壓力轉速及停留時間的個別參數中的一者或多者可以被用作控制參數並調整為提供期望的墊厚度分佈。

【0110】在一些實施例中，活動308的處理參數中的至少一者包括墊表面溫度，且對應的控制參數包括向拋光墊的表面遞送的冷卻劑（例如二氧化碳雪）的質量流速。在一些實施例中，與感測器203b組合的控制器204b用來藉由調整來自流體源202b的冷卻劑通過拋光壓板228中的該一個或多個通道234的流速來將壓板228的溫度控制在目標值。在一些實施例中，用於控制拋光壓板228的溫度的控制參數包括由流量計（例如控制參數感測器205b）所測得的冷卻劑流速。

【0111】 在活動310處，方法300包括以下步驟：產生處理系統資料114。此處，處理系統資料114包括拋光配方及第一控制參數的時間序列資料。

【0112】 在活動312處，方法300包括以下步驟：與活動304到310同時，使用從原位基板監測系統（例如本文中所述的原位基板監測系統222）獲得的測量來產生時間序列原位結果資料。

【0113】 在一些實施例中，在活動312處，定位為觀看拋光墊231的拋光表面（例如頂表面）的攝影機299（圖2A）被配置為提供訊號（例如視訊訊號流），該訊號被在攝影機或系統控制器28內運行的一個或多個軟體演算法監測及分析，以偵測拋光墊的表面及/或設置在其上的拋光流體組成物的光學性質的改變或變化。在一個示例中，攝影機是IR攝影機，其被配置為偵測跨拋光墊表面的溫度梯度及/或隨著時間的推移的溫度變化。軟體演算法可以用來實時偵測拋光墊的表面及/或設置在其上的拋光流體組成物上的溫度及/或溫度變化。然後，上面運行有演算法的攝影機299及/或系統被調適為向系統控制器28提供訊號（其包括時間序列原位結果資料）及/或向人工智慧（AI）訓練平台30提供包括訓練資料的訊號。此外，耦接到流體分佈系統281內的部件的流速感測元件及/或拋光流體組成物偵測元件（例如pH值感測器、磨料顆粒濃度感測器）也可以被配置為在攝影機監測拋光墊的表面的同時遞送關於被分配在拋光墊的表面上的一種或多

種拋光流體組成物的量及/或組成物的訊號。在後續的活動期間，人工智慧（AI）訓練平台30A分析由攝影機299及流速感測元件及/或拋光流體組成物偵測元件所提供的訊號中所提供的時間序列原位結果資料，以偵測這些不同類型的資料之間的交互作用，然後在後續的活動中，使用墊冷卻組件220中有的部件來導致拋光墊的溫度的改變及/或基於隨著時間的推移接收的資料來導致拋光流體組成物的組成物的改變。

【0114】 在另一個示例中，在活動312處，攝影機299（圖2A）被配置為偵測拋光墊表面的狀態，例如拋光墊表面是否具有期望的「墊調節」量。在此情況下，攝影機299被定位及配置為偵測在拋光墊的拋光表面上發現的粗糙度及/或粗糙的量以決定拋光墊表面的狀態。在一些實施例中，以輪廓儀或配置為偵測及測量表面粗糙度的程度的其他元件替換攝影機299。表面粗糙度可以由 R_a 、 R_{rms} 、 R_{sk} 或 R_p 值中的任一者所表徵。由攝影機或類似元件所偵測到的表面粗糙度可以包括拋光墊的拋光表面上的墊材料中尺寸高達約10-50微米的不規則性。此外，流速感測元件及/或拋光流體組成物偵測元件（例如pH值感測器、磨料顆粒濃度感測器）也可以被配置為在攝影機監測拋光墊表面的狀態的同時遞送關於被分配在拋光墊的表面的拋光流體組成物的量及/或組成物的訊號。由攝影機299或類似元件以及流速感測元件及/或拋光流體組成物偵測元件所提供的訊號中所提供的時間序列原位

結果資料可以由人工智慧（AI）訓練平台30A及系統控制器28所使用以基於不同類型的資料的偵測到的交互作用來導致調節製程發生、使用墊冷卻組件220來導致拋光墊的溫度的改變及/或導致拋光流體組成物的組成物的改變。來自這些元件的訊號可以被提供到系統控制器28，及/或包括訓練資料的訊號可以被遞送到人工智慧（AI）訓練平台30。

【0115】 在另一個示例中，在活動312處，攝影機299（圖2A）被配置為偵測在拋光流體被分配到拋光墊上時跨拋光墊表面的一個或多個區域的拋光流體的覆蓋性及/或流量。在此情況下，攝影機299被定位及配置為偵測拋光流體跨拋光墊的拋光表面的擴散量，以決定流體分佈系統281中的部件中的一者或多者的狀態，例如偵測噴嘴283中的一者或多者中的阻塞、偵測流體泵的輸出的變化及/或偵測流體遞送臂282的位置相對於拋光墊表面上的期望位置及/或相對於拋光墊上的基板載具238的位置的變化。拋光流體跨拋光墊的拋光表面的擴散量可以由拋光墊的水平區域的覆蓋性或攝影機299的視場（FOV）的百分比來測量或決定。在一些情況下，攝影機也被配置為偵測跨拋光墊表面的溫度梯度及/或隨著時間的推移的溫度變化。此外，流速感測元件及/或拋光流體組成物偵測元件（例如pH值感測器、磨料顆粒濃度感測器）也可以被配置為在攝影機監測拋光流體跨拋光墊表面的一個或多個區域的覆蓋性及/或流量的同時遞送關於被分配在拋

光墊的表面上拋光流體組成物的量及/或組成物的訊號。從攝影機299及流速感測元件及/或拋光流體組成物偵測元件提供的訊號中所提供的時間序列原位結果資料可以由人工智慧(AI)訓練平台30A及系統控制器28所使用，以在後續的活動中基於在後續活動期間的不同類型的資料的偵測到的交互作用來導致流體遞送臂282的位置的調整以調整將拋光流體遞送到拋光墊的表面的位置、導致拋光流體從噴嘴283中的一者或多者流出的流量的增加、使用墊冷卻組件220來導致拋光墊的溫度的改變及/或導致拋光流體組成物的組成物的改變。

【0116】在活動314處，方法300包括以下步驟：針對複數個基板重複活動304到312以獲得對應的複數個訓練資料集。此處，訓練資料集中的每一者包括處理系統資料及原位結果資料，其可以與對應的拋光基板相關聯。

【0117】在活動316處，方法300包括以下步驟：在人工智慧(AI)訓練平台30處接收包括複訓練資料集的訓練資料111。在一些實施例中，該複數個訓練資料集包括從一個或多個拋光系統20隨著時間的推移接收以偵測不同資料集之間的交互作用的與在拋光製程期間的漿體組成物的分配量、拋光製程期間的分配的漿體組成物的濃度、在拋光製程期間在漿體組成物被分配之後的拋光墊的溫度、拋光製程的一部分期間的拋光墊特性及墊調節製程之間的時間相關的資料。

【0118】 在一個示例中，被收集且隨後由人工智慧（AI）訓練平台30分析的該複數個訓練資料集包括，基於包括以下項目的訓練資料集中所發現的資料之間的偵測到的交互作用，對拋光製程結果資料中的趨勢（例如碟狀凹陷、晶圓到晶圓的不均勻性（WTWNU）、平坦化效率及局部平坦性）的偵測：在一個或多個拋光系統20中所執行的複數個拋光製程期間，對一種或多種拋光流體組成物的偵測、對不同拋光流體組成物之間的差異（例如不同磨料或不同量的一種類型的磨料的使用）的偵測、對某種類型的基板的偵測（例如氧化物拋光製程或金屬拋光製程）、對拋光流體流速的偵測及/或拋光墊的溫度的偵測到的趨勢。

【0119】 在另一個示例中，在活動316處，被收集且隨後由人工智慧（AI）訓練平台30分析的該複數個訓練資料集包括對拋光墊的表面及/或設置在其上的拋光流體組成物的光學性質的趨勢的偵測，及一種或多種拋光流體組成物的變化的趨勢，或某種類型的基板（例如氧化物拋光製程或金屬拋光製程）上的不同拋光流體組成物之間的差異（例如不同磨料或不同量的一種類型的磨料的使用）。

【0120】 在另一個示例中，在活動316處，被收集且隨後由人工智慧（AI）訓練平台30分析的該複數個訓練資料集包括在一個或多個拋光系統20中所執行的複數個拋光製程期間，對拋光流體跨拋光墊表面的一個或多個區域

的覆蓋性及 / 或流量的偵測、對拋光流體流速的偵測及 / 或拋光墊的溫度的偵測到的趨勢。

【0121】 在活動318處，方法300包括以下步驟：藉由使用訓練資料111訓練機器學習AI演算法110來產生機器學習AI模型112。在活動318期間，人工智慧（AI）訓練平台30可以使用機器學習AI模型112來執行對當前從各種來源接收的資料的分析。

【0122】 在一個示例中，在活動318處，人工智慧（AI）訓練平台30可以基於由攝影機299及一個或多個拋光流體組成物偵測元件所產生的資料的接收及機器學習AI模型112的使用來決定，增加的拋光墊表面溫度的偵測到的趨勢可能是由拋光流體組成物中的磨料顆粒的濃度的增加或分配的拋光流體的減少所導致的。基於由人工智慧（AI）訓練平台所執行的先前及當前的分析，人工智慧（AI）訓練平台可以基於發生在拋光系統20中的一者或多者中類似的先前偵測到的偏移來決定，增加的拋光墊表面溫度的偵測到的趨勢是由一批拋光流體組成物的不正確的混合或負責控制處理溶液的組成物的配量機制的漂移所導致的。

【0123】 在另一個示例中，人工智慧（AI）訓練平台30可以基於由攝影機299及一個或多個拋光流體組成物偵測元件所產生的資料的接收及機器學習AI模型112的使用，基於拋光系統20中的一者或多者的類似的先前偵測到的趨勢來決定，拋光墊的表面的光學性質的偵測到的

漂移可能是由墊調節盤的減小的有效性（例如盤正在磨損）所導致的。

【0124】如上面所論述，在另一個示例中，人工智慧（AI）訓練平台30可以基於由攝影機299及其他相關感測器所產生的資料的接收及機器學習AI模型112的使用，基於拋光系統20中的一者或多者的類似的先前偵測到的趨勢來決定，拋光墊的表面的一個或多個區域上的流體覆蓋性的偵測到的改變可能是由噴嘴283中的一者或多者中的阻塞、流體泵的輸出的變化及/或流體遞送臂282位置相對於拋光墊表面上的期望位置的變化所導致的。

【0125】在活動320處，方法300包括以下步驟：基於在活動318期間使用機器學習AI模型112來執行的分析來改變處理配方中的該複數個拋光參數中的一者或多者。在一個示例中，基於由AI演算法所執行的分析來改變的該一個或多個拋光參數可以包括調整當前拋光製程或未來拋光製程期間的漿體組成物的分配量、調整當前拋光製程或未來拋光製程期間的分配的漿體組成物的濃度、調整在當前拋光製程或未來拋光製程期間在漿體組成物被分配之後的拋光墊的溫度及/或導致墊調節製程起動或停止。基於分別藉由使用系統控制器28或Fab生產控制系統40由AI演算法所執行的分析，被改變的該複數個拋光參數中的該一者或多者也可以被實施在一個拋光系統20或複數個拋光系統20上。

【0126】 在一個示例中，在偵測到墊拋光墊表面溫度有增加的趨勢是由一批拋光流體組成物的不正確混合或負責控制處理溶液的組成物的拋光流體成分配量機制的漂移所導致的情況下，人工智慧（AI）訓練平台30可以指示系統控制器28，或者藉由使用連接到系統控制器28的圖形使用者介面（GUI）來指示使用者，以替換拋光流體組成物或配量機制及/或調整正運行於拋光系統20中所處理的當前或未來的基板上的拋光製程配方中的一個或多個處理變數。

【0127】 在另一個示例中，在拋光墊的表面的光學性質的偵測到的漂移是由墊調節盤的減少的有效性所導致的情況下，人工智慧（AI）訓練平台30可以指示系統控制器28，或者藉由使用連接到系統控制器28的GUI來指示使用者，以替換墊調節盤、調整調節盤在拋光墊的某些部分上的停留時間及/或調整正運行於拋光系統20中所處理的當前或未來的基板上的拋光製程配方中的一個或多個處理變數。

【0128】 如上面所論述，在另一個示例中，在偵測到拋光流體跨拋光墊表面的一個或多個區域的覆蓋性及/或流量有漂移的情況下，人工智慧（AI）訓練平台30可以指示系統控制器28調整流體遞送臂282的位置以調整將拋光流體遞送到拋光墊的表面的位置、導致拋光流體從噴嘴283中的一者或多者流出的流量的增大、使用墊冷卻組件220來導致拋光墊的溫度的改變、導致從噴嘴283中的一

者或多者遞送的拋光流體組成物的組成物的改變及/或調整正運行於拋光系統20中所處理的當前或未來的基板上的拋光製程配方中的一個或多個處理變數。

【0129】 在一些實施例中，方法300包括以下步驟：從基板的表面移除材料覆蓋層，例如圖4A-4C中所示意性地示出的。圖4A示出在拋光製程之前的基板400，基板400包括一個或多個材料層401、402，例如設置在基板400上的磊晶(Si)層及氮化矽(SiN)層。複數個開口形成在該一個或多個材料層401、402中以形成圖案化表面。填充材料層403(例如氧化物層(SiO₂))被沉積到圖案化表面上以填充該複數個開口。設置在開口中的填充材料形成複數個特徵403a(例如淺溝槽隔離特徵)，且填充材料層403的覆蓋層403b仍需用拋光製程來移除。

【0130】 圖4B示出使用拋光製程部分移除了覆蓋層403b，且圖4C示出完全移除了覆蓋層403b且示出留在圖案化表面中的理想的平坦特徵403a。

【0131】 一般而言，在從基板400移除(清除)填充材料的覆蓋層403b時基板400的表面的改變可以在使用原位基板監測系統222來產生的時間序列資料中偵測到。在一些實施例中，此類改變是使用正執行於拋光系統的控制器上的終點演算法來偵測的。在材料覆蓋層在STI或金屬鑲嵌製程中從基板的場表面清除時，終點演算法觸發拋光製程的改變。不幸地，此類反應性終點偵測方案可能導致

基板表面過度拋光，導致其表面中的特徵不理想的碟狀凹陷及侵蝕。

【0132】 在一些實施例中，AI演算法110被訓練為辨識時間序列原位結果資料124與處理系統資料114（例如該一個或多個控制參數的個別或組合的時間序列資料）之間的函數關係。函數關係可以由訓練的AI演算法110及/或產生的機器學習AI模型112所使用以在材料覆蓋層開始從基板表面清除之前而不是與其同時預測拋光終點的時間範圍。基於預測的時間範圍，可以改變拋光墊的表面處的拋光流體組成物以提供更好的局部平坦化效能。

【0133】 在一些實施例中，在活動318處基於機器學習AI模型112來改變該複數個拋光參數中的一者或多者包括以下步驟：基於函數關係來改變設置在拋光墊的表面上拋光流體的組成物。在一些實施例中，改變拋光流體的組成物包括以下步驟：起動、停止或改變向拋光墊的表面遞送的個別拋光流體成分的流速。

【0134】 在一些實施例中，用來訓練機器學習AI演算法110的訓練資料111進一步包括如先前在圖1B及圖1C中所述的基板追蹤資料128、設施系統資料130及電氣測試資料132的任何部分或組合。

【0135】 圖5是示出匹配拋光系統之間的拋光效能的方法500的圖解。

【0136】 在活動502處，方法500包括以下步驟：在人工智慧（AI）訓練平台30處接收包括複數個訓練資料集

的訓練資料。此處，該複數個訓練資料集中不同的訓練資料集與使用拋光系統的拋光站與基板載具組件的不同組合來拋光的基板對應。訓練資料集中的每一者包括與使用拋光系統來拋光的基板中的每一者相關的處理系統資料。

【0137】 此處，訓練資料集中的每一者包括處理系統資料114，處理系統資料114包括拋光配方資料118及控制參數資料120。拋光配方資料118包括複數個拋光參數及與其對應的複數個目標值。控制參數資料120包括一個或多個閉合迴路控制系統的控制參數的時間序列資料。該一個或多個閉合迴路控制系統用來將對應的拋光參數維持在它們的目標值或接近它們的目標值。

【0138】 在活動504處，方法500包括以下步驟：使用訓練資料來訓練機器學習AI演算法。此處，訓練的機器學習AI演算法被配置為識別拋光系統的不同基板載具組件及/或不同拋光站之間的差異。

【0139】 在活動506處，方法500包括以下步驟：基於識別的差異來實施一個或多個糾正動作。

【0140】 在一些實施例中，方法500用來識別跨複數個拋光系統的不同基板載具組件及/或不同拋光站之間的差異，並據此實施一個或多個糾正動作。

【0141】 有益地，本文中所闡述的機器學習AI系統及AI演算法訓練方法可以用來更好地瞭解及利用先進CMP處理系統的裝置與子系統的組合能力，從而改進拋

光結果、使得製程裕度理想地更寬並改進拋光系統的處理均勻性。

【0142】 雖然以上內容是針對本揭示內容的實施例，但也可以在不脫離本揭示內容的基本範圍的情況下設計本揭示內容的其他的及另外的實施例，且本揭示內容的範圍是由隨後的請求項所決定的。

【符號說明】

【0143】

- 1：基板
- 2：介電層
- 4：高特徵密度區域
- 5：場表面
- 20：拋光系統
- 21：拋光站
- 22：載具組件
- 23：載具裝載站
- 24：載具運輸系統
- 25：基板檢驗系統
- 26：計量系統
- 27：清潔系統
- 28：系統控制器
- 29：通訊鏈路
- 30：AI訓練平台
- 32：支援電路

40 : F a b 生產控制系統

50 : 計量站

60 : 處理系統

70 : 電氣測試系統

100 : 製程改進方案

104 : P M B

110 : A I 演算法

111 : 訓練資料

112 : A I 模型

114 : 處理系統資料

116 : 處理結果資料

118 : 配方參數資料

120 : 控制參數資料

122 : 製程監測資料

124 : 原位結果資料

126 : 異位結果資料

128 : 基板追蹤資料

130 : 設施系統資料

132 : 電氣測試資料

150 : 控制系統

151 : 感測器

152 : 控制器

153 : 參數控制元件

154 : 反饋迴路

1 5 5 : 實 際 值
1 5 6 : 目 標 值
1 5 7 : 控 制 參 數
2 0 0 : 拋 光 系 統
2 1 2 : 壓 板 組 件
2 1 6 : 流 體 遞 送 系 統
2 1 8 : 墊 調 節 器 組 件
2 2 0 : 墊 冷 卻 組 件
2 2 2 : 原 位 基 板 監 測 系 統
2 2 8 : 壓 板
2 3 1 : 拋 光 墊
2 3 4 : 通 道
2 3 8 : 基 板 載 具
2 3 9 : 載 具 軸 桿
2 4 0 : 殼 體
2 4 1 : U P A
2 4 2 : 基 板
2 4 3 : 基 部 組 件
2 4 4 : 加 載 腔 室
2 4 6 : 載 具 基 部
2 4 7 : 固 位 環
2 4 8 : 撓 性 膜 片
2 4 9 : 增 壓 室
2 6 0 : 墊 調 節 盤

- 262: 調節器臂
- 275: 冷卻劑遞送臂
- 276: 噴嘴
- 280: 控制系統
- 281: 流體分佈系統
- 282: 流體遞送臂
- 283: 噴嘴
- 284: 致動器
- 288: 遞送管線
- 289: 光學感測器
- 290: 控制器
- 291: 光學系統
- 292: 渦電流監測系統
- 294: 渦電流組件
- 295: CPU
- 296: 記憶體
- 297: 支援電路
- 299: 攝影機
- 300: 方法
- 302: 活動
- 304: 活動
- 306: 活動
- 308: 活動
- 310: 活動

3 1 2 : 活 動

3 1 4 : 活 動

3 1 6 : 活 動

3 1 8 : 活 動

3 2 0 : 活 動

4 0 0 : 基 板

4 0 1 : 材 料 層

4 0 2 : 材 料 層

4 0 3 : 材 料 層

5 0 0 : 方 法

5 0 2 : 活 動

5 0 4 : 活 動

5 0 6 : 活 動

2 0 1 a : 參 數 控 制 系 統

2 0 1 b : 參 數 控 制 系 統

2 0 1 c : 參 數 控 制 系 統

2 0 1 d : 參 數 控 制 系 統

2 0 1 f : 參 數 控 制 系 統

2 0 1 g : 參 數 控 制 系 統

2 0 1 j : 參 數 控 制 系 統

2 0 1 k : 參 數 控 制 系 統

2 0 1 l : 參 數 控 制 系 統

2 0 1 m : 參 數 控 制 系 統

2 0 1 n : 參 數 控 制 系 統

2 0 2 a : 致 動 器

2 0 2 b : 致 動 器

2 0 2 c : 致 動 器

2 0 2 d : 致 動 器

2 0 2 f : 致 動 器

2 0 2 g : 致 動 器

2 0 2 j : 致 動 器

2 0 2 k : 致 動 器

2 0 2 l : 致 動 器

2 0 2 n : 致 動 器

2 0 3 a : 處 理 參 數 感 測 器

2 0 3 b : 處 理 參 數 感 測 器

2 0 3 c : 處 理 參 數 感 測 器

2 0 3 d : 處 理 參 數 感 測 器

2 0 3 f : 處 理 參 數 感 測 器

2 0 3 g : 處 理 參 數 感 測 器

2 0 3 j : 處 理 參 數 感 測 器

2 0 3 k : 處 理 參 數 感 測 器

2 0 3 l : 處 理 參 數 感 測 器

2 0 3 m : 處 理 參 數 感 測 器

2 0 3 n : 處 理 參 數 感 測 器

2 0 4 a : 控 制 器

2 0 4 b : 控 制 器

2 0 4 c : 控 制 器

2 0 4 d : 控 制 器
2 0 4 f : 控 制 器
2 0 4 g : 控 制 器
2 0 4 j : 控 制 器
2 0 4 k : 控 制 器
2 0 4 l : 控 制 器
2 0 4 n : 控 制 器
2 0 5 a : 控 制 參 數 感 測 器
2 0 5 b : 控 制 參 數 感 測 器
2 0 5 c : 控 制 參 數 感 測 器
2 0 5 d : 控 制 參 數 感 測 器
2 0 5 f : 控 制 參 數 感 測 器
2 0 5 g : 控 制 參 數 感 測 器
2 0 5 j : 控 制 參 數 感 測 器
2 0 5 k : 控 制 參 數 感 測 器
2 0 5 l : 控 制 參 數 感 測 器
2 0 5 n : 控 制 參 數 感 測 器
2 8 5 a : 閥 門
2 8 5 b : 泵
2 8 5 c : 流 量 控 制 器
2 8 5 d : 流 體 混 合 裝 置
2 8 7 a : 拋 光 流 體 源
2 8 7 b : 拋 光 流 體 源
3 a : 金 屬 互 連 特 徵

3 b : 金屬互連特徵

4 0 3 a : 特徵

4 0 3 b : 覆蓋層

A : 壓板軸線

B : 載具軸線

d : 距離

e : 距離

【生物材料寄存】

【 0 1 4 4 】 國內寄存資訊 (請依寄存機構、日期、號碼順序註記)

無

【 0 1 4 5 】 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】 一種電腦實施的拋光一基板的方法，該方法包括以下步驟：

使用一拋光系統來拋光一基板，包括以下步驟：

(a) 依據一拋光配方使一拋光流體流動到一拋光墊的一表面上，該拋光配方包括複數個拋光參數及對應的複數個目標值；

(b) 依據該拋光配方將一基板抵住該拋光墊的該表面；

(c) 藉由調整一第一控制參數來將該複數個拋光參數中的一第一拋光參數維持在該第一拋光參數的目標值或接近該目標值；

(d) 產生處理系統資料，該處理系統資料包括該拋光配方及該第一控制參數的時間序列資料；及

(e) 與(a)-(d)同時地使用從一原位基板監測系統獲得的測量來產生時間序列原位結果資料；

針對複數個基板重複(a)-(e)，以獲得對應的複數個訓練資料集，該等訓練資料集中的每一者包括針對一拋光的基板的該處理系統資料及該原位結果資料；

在一人工智慧(AI)訓練平台處接收包括該複數個訓練資料集的訓練資料，其中該複數個訓練資料集的至少一部分是依時間順序接收的；及

基於由一機器學習 AI 演算法所執行的對該接收的訓練資料的一分析來改變該複數個拋光參數中的一者或多者。

【請求項 2】 如請求項 1 所述的方法，其中該等目標值包括該等拋光參數中的每一者的期望的設定點、大於一期望的下限閾值的值、小於一期望的上限閾值的值及/或介於該期望的下限閾值與該期望的上限閾值之間的值。

【請求項 3】 如請求項 1 所述的方法，其中：

該原位結果資料包括根據從一攝影機提供的一訊號導出的資料，該攝影機被定位為觀看且被配置為偵測該拋光墊的該表面的至少一部分的溫度的一變化。

【請求項 4】 如請求項 3 所述的方法，其中：

該第一拋光參數包括該拋光墊的該表面的一溫度，及

該第一控制參數包括向該拋光墊的該表面遞送的一冷卻劑的一流速或向該拋光墊的該表面遞送的一拋光流體的一流速。

【請求項 5】 如請求項 1 所述的方法，其中該原位結果資料包括：

根據從一攝影機提供的一訊號導出的資料，該攝影機被定位為偵測將該拋光流體分配在該拋光墊的該表面上的一位置，或

根據從一攝影機提供的一訊號導出的資料，該攝影機被定位為偵測從一拋光流體遞送噴嘴分配在該拋光墊的該表面上的該拋光流體的一覆蓋性的量。

【請求項6】 如請求項5所述的方法，其中該第一控制參數包括：

向該拋光墊的該表面遞送的一拋光流體的一流速，
或

該拋光流體遞送噴嘴相對於該拋光墊的該表面的一位置。

【請求項7】 如請求項1所述的方法，其中該原位結果資料包括：

根據從一攝影機提供的一訊號導出的資料，該攝影機被定位為偵測該拋光墊的該表面的至少一部分的一溫度，及

根據從一感測器提供的一訊號導出的資料，該感測器被配置為偵測拋光流體的一組成物。

【請求項8】 如請求項7所述的方法，其中：

該第一拋光參數包括該拋光墊的該表面的一溫度，
及

該第一控制參數包括向該拋光墊的該表面遞送的一冷卻劑的一流速或向該拋光墊的該表面遞送的一拋光流體的一流速。

【請求項9】 如請求項1所述的方法，其中：

該原位結果資料包括根據從一攝影機提供的一訊號導出的資料，該攝影機被定位為偵測該拋光墊的該表面的一粗糙度或被定位為偵測該拋光墊的該表面的一光學性質，

該第一拋光參數包括該拋光墊的該表面的一墊調節參數，及

該第一控制參數包括一調節盤的一轉速、抵著該拋光墊施加在該調節盤上的一下壓力、該調節盤在該拋光墊的該表面的一個或多個部分上的一停留時間或該調節盤跨該拋光墊的該表面的一掃掠速度。

【請求項10】如請求項1所述的方法，其中將該第一拋光參數維持在該第一拋光參數的目標值或接近該目標值之步驟包括以下步驟：

i. 決定該第一拋光參數的一實際值與該第一拋光參數的目標值之間的一差異；

ii. 基於該決定的差異，改變一第一控制系統的該第一控制參數；及

iii. 連續重複i.及ii.以提供對該第一拋光參數的閉合迴路控制。

【請求項11】如請求項10所述的方法，其中該第一拋光參數包括該拋光墊的該表面的一溫度。

【請求項12】如請求項11所述的方法，其中：

該拋光流體包括一漿體組成物，及

該第一控制參數包括向該拋光墊的該表面遞送的該漿體組成物的一流速或一量。

【請求項13】如請求項12所述的方法，其中該第一控制參數包括向該拋光墊的該表面遞送的一冷卻劑的一流速。

【請求項14】如請求項10所述的方法，其中該基於由該機器學習AI演算法所執行的對該接收的訓練資料的該分析來改變該複數個拋光參數中的一者或多者的步驟進一步包括以下步驟：使用該訓練資料來訓練一機器學習AI演算法，且其中

該訓練的機器學習AI演算法識別該時間序列原位結果資料與該第一控制參數的該時間序列資料之間的一函數關係，及

改變該複數個拋光參數中的一者或多者的步驟包括以下步驟：基於該函數關係來改變設置在該拋光墊的該表面上的該拋光流體的一組成物。

【請求項15】如請求項14所述的方法，其中改變該拋光流體的該組成物的步驟包括以下步驟：起動、停止或改變向該拋光墊的該表面遞送的一個別拋光流體成分的一流速。

【請求項16】如請求項1所述的方法，其中用來訓練該機器學習AI演算法的該訓練資料進一步包括以下項目中的一者或一組合：

基板追蹤資料，包括該複數個基板中的一者或多者的處理歷史及/或與形成在該複數個基板中的一者或多者上的元件相關的資訊；

設施系統資料，包括使用一個或多個設施供應系統來產生的資訊，包括從一遠端拋光流體分佈系統向該拋光系統遞送的拋光流體的分析資訊；及

電氣測試資料，包括在一後拋光電氣測試測量操作從該複數個基板中的一者或多者所產生的電氣測試資訊。

【請求項17】 一種電腦實施的匹配拋光系統之間的拋光效能的方法，該方法包括以下步驟：

在一人工智慧（AI）訓練平台處接收包括複數個訓練資料集的訓練資料，其中

該等訓練資料集中的每一者包括與使用一第一拋光系統來拋光的第一複數個基板中的個別基板相關的處理系統資料，

該第一複數個基板中的不同基板是使用該第一拋光系統的來自複數個基板載具組件的基板載具組件與來自複數個拋光站的拋光站的不同組合來拋光的，及

該等訓練資料集中的每一者的該處理系統資料包括：

一拋光配方，包括複數個拋光參數及對應的複數個目標值，其中使用對應的閉合迴路控制系統

來將該複數個拋光參數中的一者或多者維持在該複數個拋光參數中的該一者或多者的目標值或接近該複數個拋光參數中的該一者或多者的目標值；及

該等閉合迴路控制系統的控制參數的時間序列資料；及

使用該訓練資料來訓練一機器學習AI演算法，其中該訓練的機器學習AI演算法被配置為識別該第一拋光系統的基板載具組件或該等不同的拋光站的該等不同組合之間的差異；及

基於該等識別的差異來實施一個或多個糾正動作。

【請求項18】如請求項17所述的電腦實施的匹配拋光系統之間的拋光效能的方法，其中

該複數個訓練資料集進一步包括與使用一第二拋光系統來拋光的第二複數個基板中的個別基板相關的處理系統資料，

該第二複數個基板中的不同基板是使用該第二拋光系統的來自複數個基板載具組件的基板載具組件與來自複數個拋光站的拋光站的不同組合來拋光的，

該訓練的機器學習AI演算法被配置為識別該第一拋光系統與該第二拋光系統的基板載具組件及/或該等不同拋光站的該等不同組合之間的差異；及

基於該等識別的差異來實施一個或多個糾正動作。

- 【請求項19】如請求項18所述的電腦實施的匹配拋光系統之間的拋光效能的方法，其中該複數個訓練資料集中的每個訓練資料集進一步包括從與該第一拋光系統及該第二拋光系統的該複數個拋光站對應的原位基板監測系統獲得的時間序列原位結果資料。
- 【請求項20】如請求項19所述的電腦實施的匹配拋光系統之間的拋光效能的方法，其中該等原位基板監測系統包括一攝影機，該攝影機被定位為觀看且被配置為偵測設置在該第一拋光系統內的一拋光墊的一表面的至少一部分的溫度的一變化。

【發明圖式】

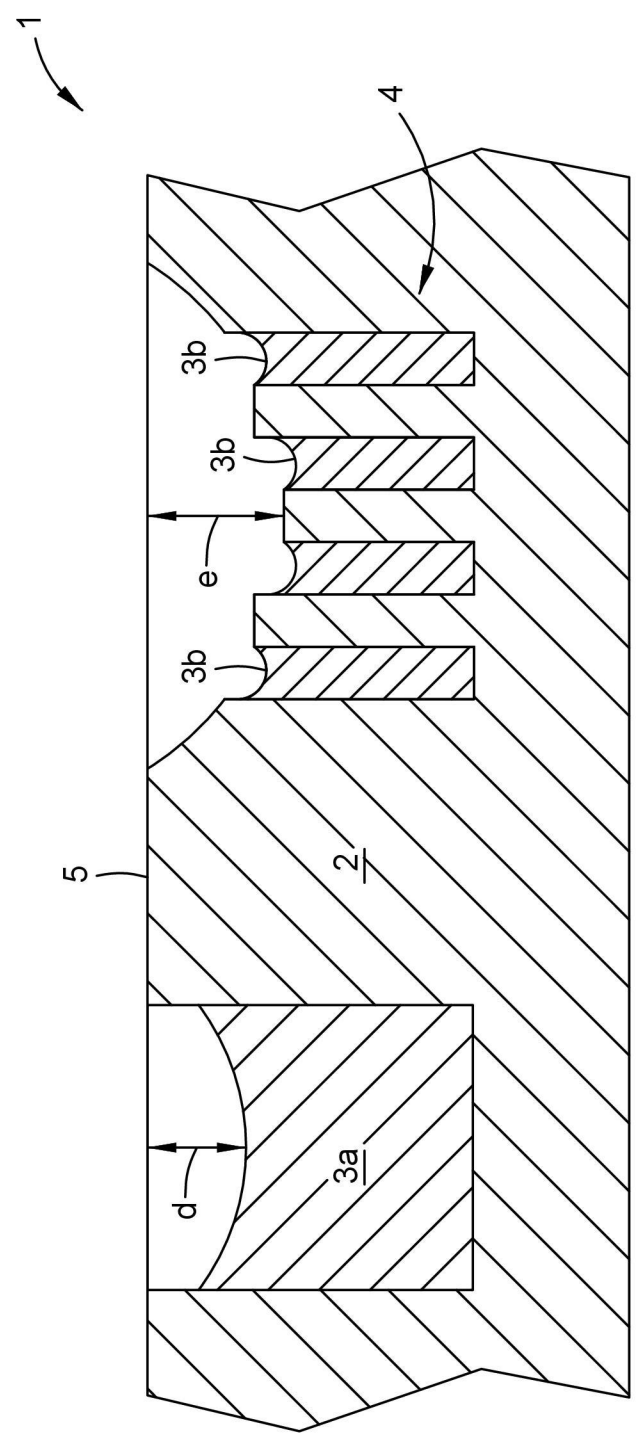


圖1A



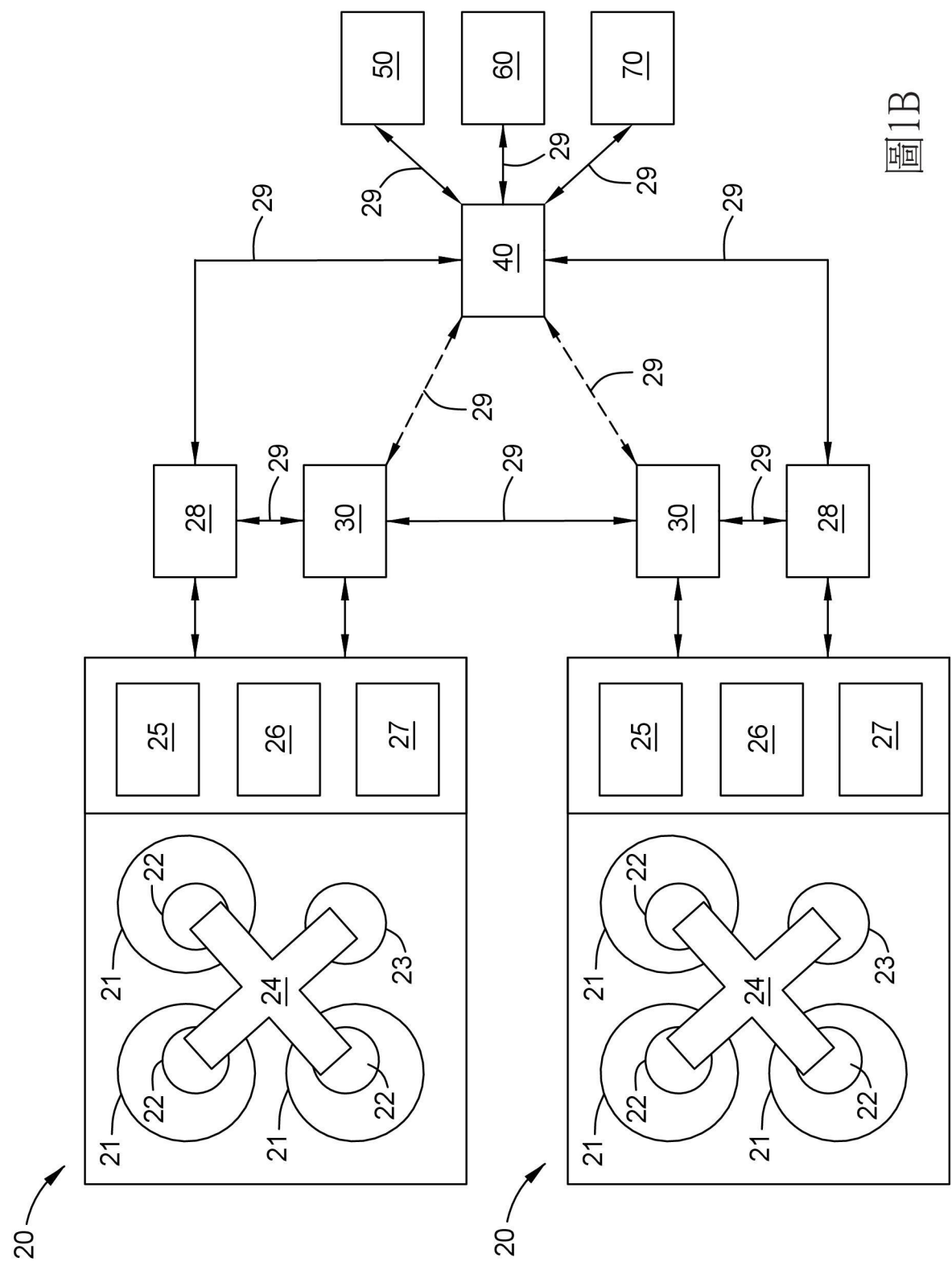


圖1B

100

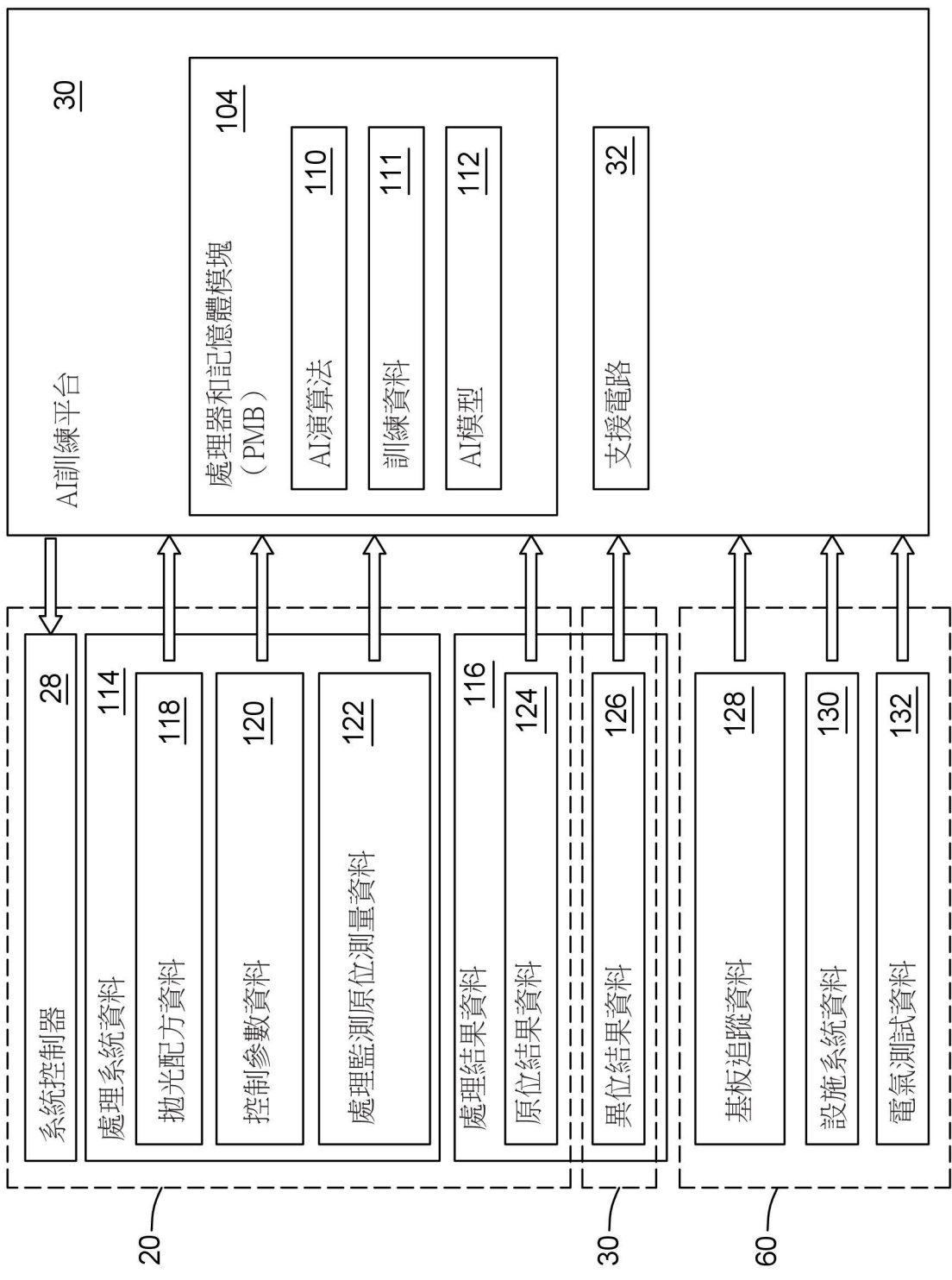


圖1C

┌

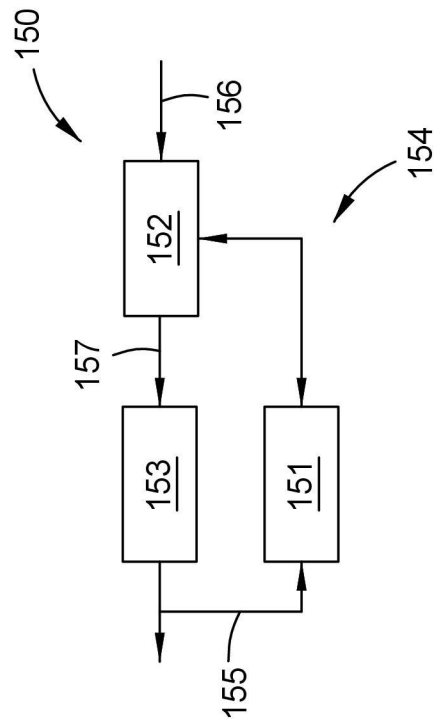


圖1D

└

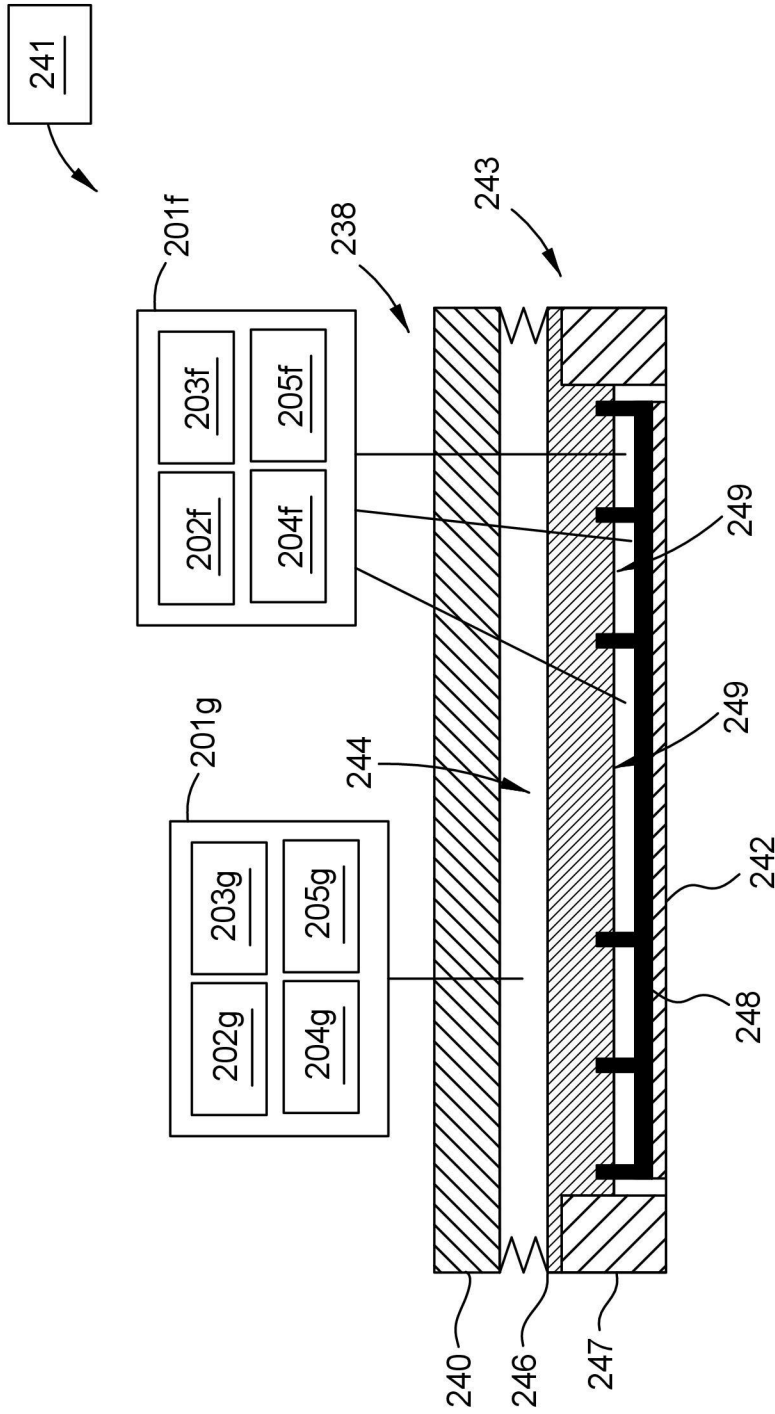


圖2B



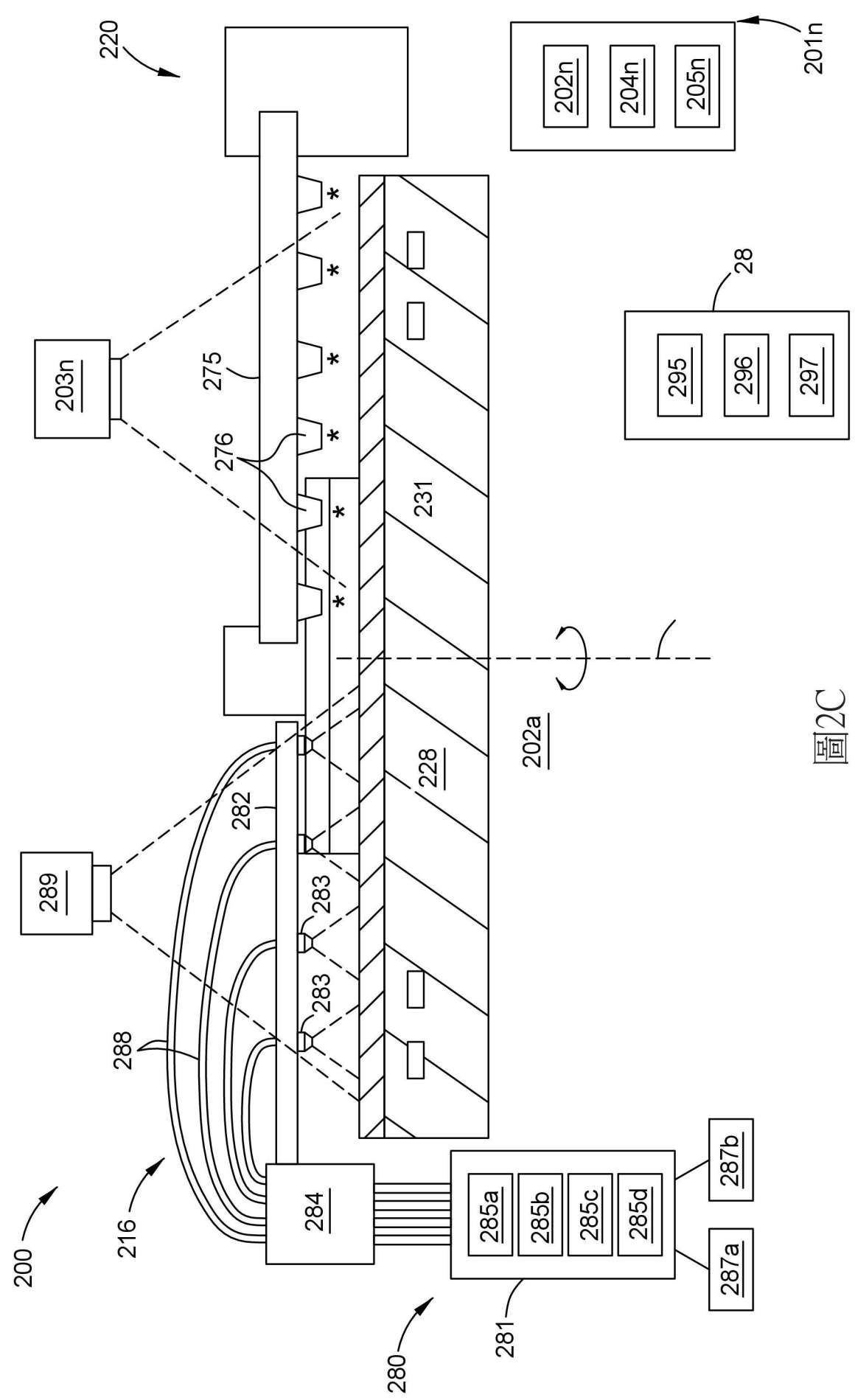


圖2C

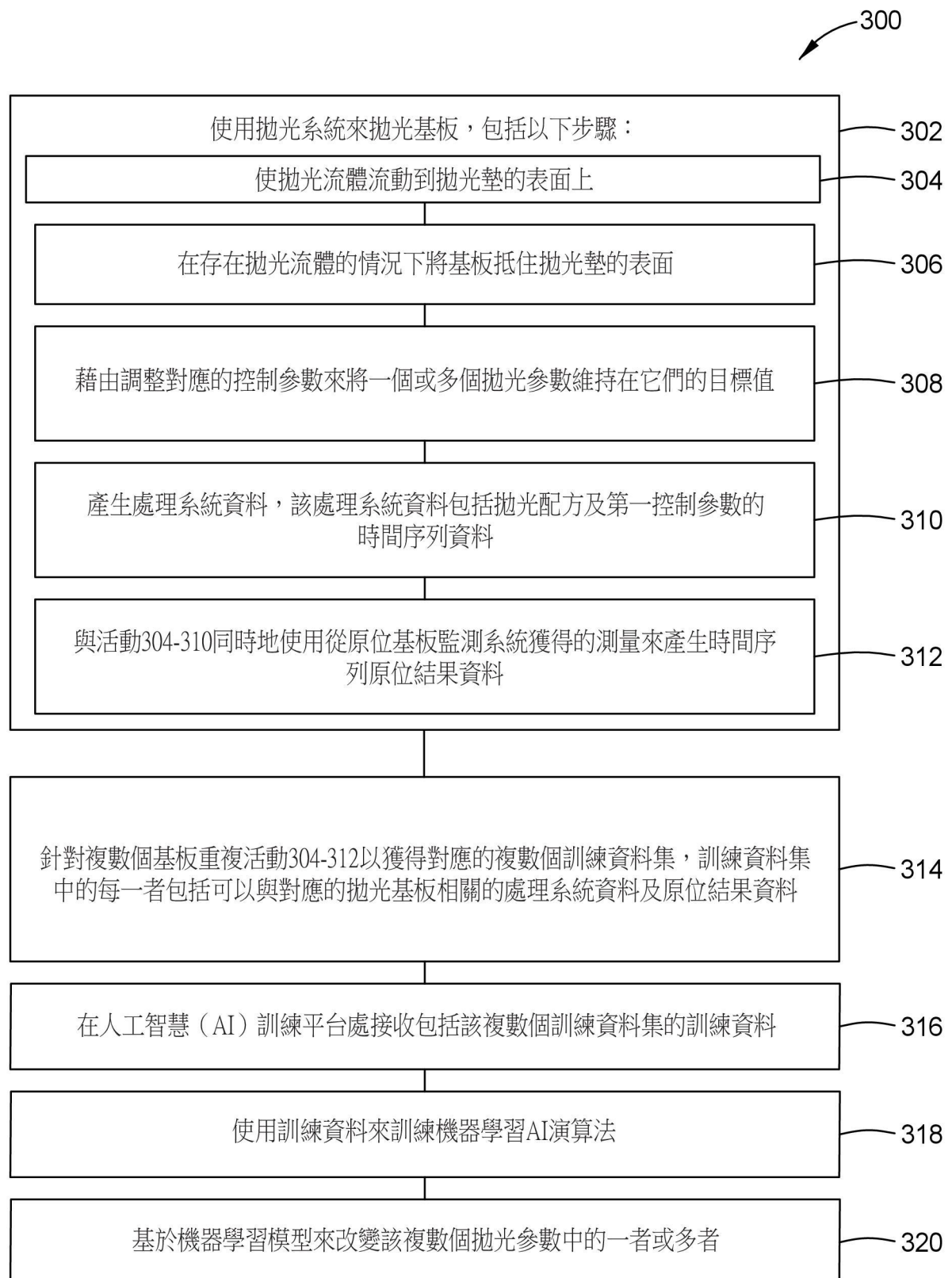


圖3

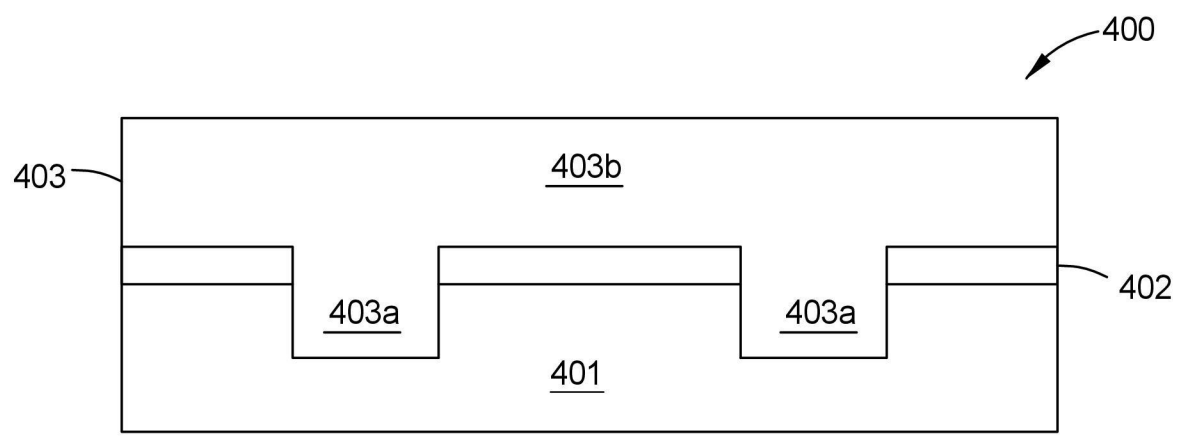


圖4A

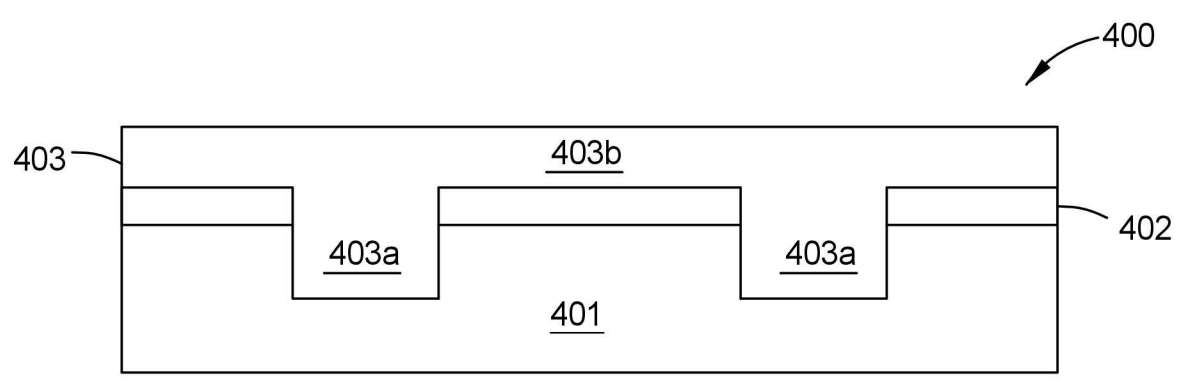


圖4B

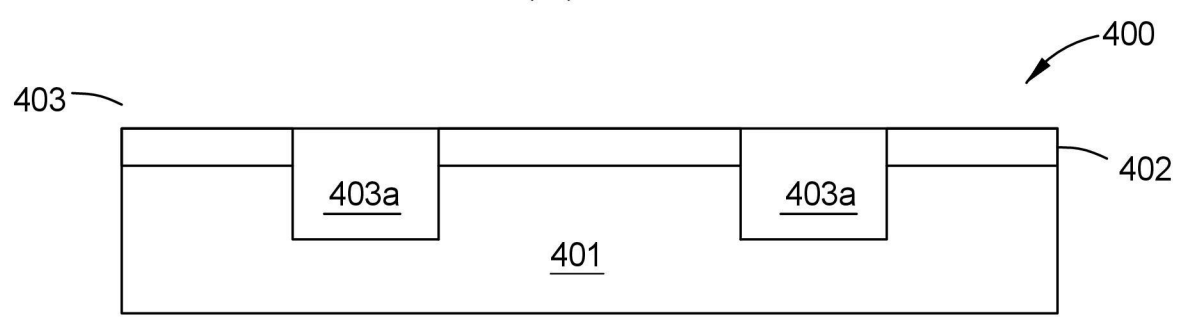


圖4C



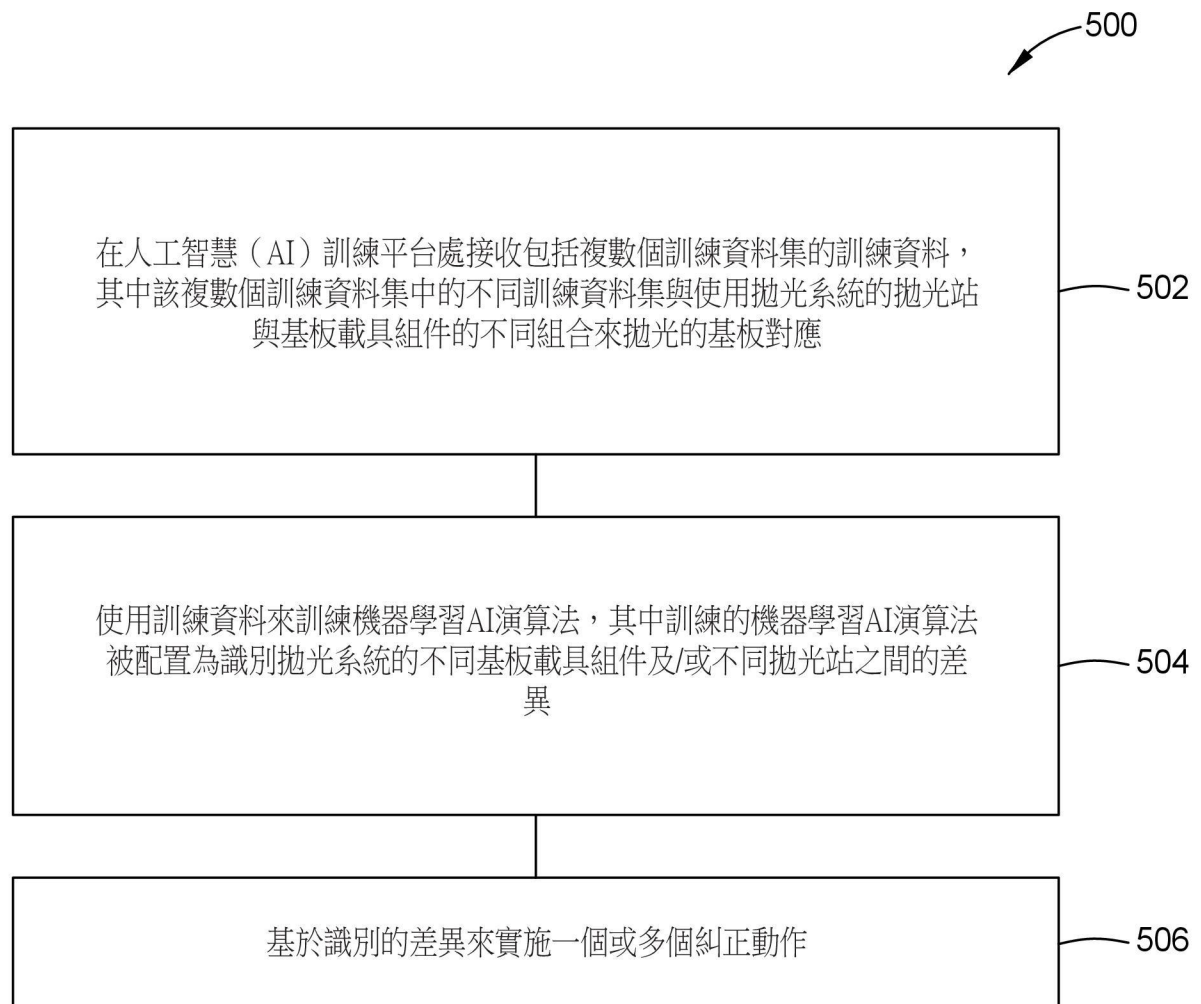


圖5