



(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 I848004 B

(45)公告日：中華民國 113 (2024) 年 07 月 11 日

(21)申請案號：108133507

(22)申請日：中華民國 108 (2019) 年 09 月 18 日

(51)Int. Cl. : **B24B37/005 (2012.01)****B24B37/013 (2012.01)****B24B49/10 (2006.01)****B24B49/12 (2006.01)****H01L21/304 (2006.01)**

(30)優先權：2018/09/24 美國

62/735,772

(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：魏斯威爾 尼可拉斯 WISWELL, NICHOLAS (US)；班維紐 多明尼克 J
BENVEGNU, DOMINIC J. (US)；史威克 柏格斯勞 A SWEDEK, BOGUSLAW A.
(PL)；傑瑞安 班傑明 CHERIAN, BENJAMIN (US)；錢 雋 QIAN, JUN (US)；
歐斯特海德 湯瑪士 H OSTERHELD, THOMAS H. (US)

(74)代理人：李世章；彭國洋

(56)參考文獻：

TW 201431645A

TW 201826371A

JP H10-294297A

審查人員：張珩

申請專利範圍項數：19 項 圖式數：6 共 35 頁

(54)名稱

用於使用機器視覺作為對CMP處理控制演算法的輸入的系統與電腦程式產品

(57)摘要

在基板的化學機械研磨期間，藉由第一原位監測系統確定取決於進行研磨的基板上的測量點中的層的厚度的信號值。通過第二原位成像系統至少產生基板的此測量點的圖像。機器視覺處理(例如卷積神經網路)用於基於圖像確定測量點的特徵值。然後，基於特徵值和信號值計算測量值。

During chemical mechanical polishing of a substrate, a signal value that depends on a thickness of a layer in a measurement spot on a substrate undergoing polishing is determined by a first in-situ monitoring system. An image of at least the measurement spot of the substrate is generated by a second in-situ imaging system. Machine vision processing, e.g., a convolutional neural network, is used to determine a characterizing value for the measurement spot based on the image. Then a measurement value is calculated based on both the characterizing value and the signal value.

指定代表圖：

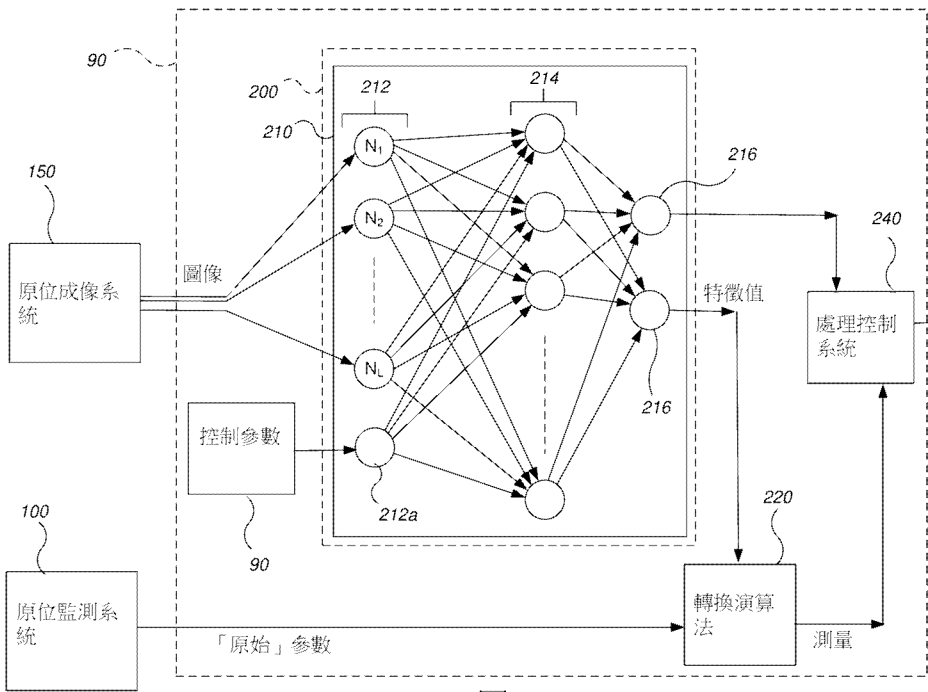


圖5

符號簡單說明：

- 90:控制器
- 100:第一原位監測系統
- 150:第二原位成像系統
- 200:機器視覺系統
- 210:神經網路
- 212:輸入節點
- 214:隱藏節點
- 216:輸出節點
- 220:轉換演算法模組
- 240:過程控制子系統



I848004

【發明摘要】

【中文發明名稱】用於使用機器視覺作為對CMP處理控制演算法的輸入的系統與電腦程式產品

【英文發明名稱】SYSTEM AND COMPUTER PROGRAM PRODUCT OF USING MACHINE VISION AS INPUT TO A CMP PROCESS CONTROL ALGORITHM

【中文】

在基板的化學機械研磨期間，藉由第一原位監測系統確定取決於進行研磨的基板上的測量點中的層的厚度的信號值。通過第二原位成像系統至少產生基板的此測量點的圖像。機器視覺處理（例如卷積神經網路）用於基於圖像確定測量點的特徵值。然後，基於特徵值和信號值計算測量值。

【英文】

During chemical mechanical polishing of a substrate, a signal value that depends on a thickness of a layer in a measurement spot on a substrate undergoing polishing is determined by a first in-situ monitoring system. An image of at least the measurement spot of the substrate is generated by a second in-situ imaging system. Machine vision processing, e.g., a convolutional neural network, is used to determine a characterizing value for the measurement spot based on the image. Then a measurement value is calculated based on both the characterizing value and the signal value.

【指定代表圖】第（ 5 ）圖。

【代表圖之符號簡單說明】

9 0 控 制 器

1 0 0 第 一 原 位 監 測 系 統

1 5 0 第 二 原 位 成 像 系 統

2 0 0 機 器 視 覺 系 統

2 1 0 神 經 網 路

2 1 2 輸 入 節 點

2 1 4 隱 藏 節 點

2 1 6 輸 出 節 點

2 2 0 轉 換 演 算 法 模 組

2 4 0 過 程 控 制 子 系 統

【特徵化學式】

無

【發明說明書】

【中文發明名稱】用於使用機器視覺作為對CMP處理控制演算法的輸入的系統與電腦程式產品

【英文發明名稱】SYSTEM AND COMPUTER PROGRAM PRODUCT OF USING MACHINE VISION AS INPUT TO A CMP PROCESS CONTROL ALGORITHM

【技術領域】

【0001】 本揭示內容係關於例如在諸如化學機械研磨之類的處理期間的基板的光學監測。

【先前技術】

【0002】 通常藉由循序沉積導電層、半導體層或絕緣層到矽晶圓上，以在基板上形成積體電路。一個製造步驟涉及將填料層沉積到非平面的表面上，並將填料層平坦化，直到非平面表面暴露為止。對於一些應用，填料層被平坦化，直到暴露出圖案化層的頂表面。例如，可在圖案化絕緣層上沉積導電性填料層，以在絕緣層中填充溝槽或孔。在平坦化之後，剩餘在絕緣層的突出圖案之間的導電層部分，形成在基板上的薄膜電路之間提供導電路徑的通孔、插件與線。對於其他應用，將填料層平坦化，直到在下層上保留預定厚度為止。例如，沉積的介電層可以被平坦化以用於光刻。

【0003】 化學機械研磨（CMP）為一種被接受的平坦化方法。此平坦化方法通常需要將基板裝設在承載頭上。通常將基板的暴露表面抵靠在具有耐用粗糙表面的旋轉

研磨墊上。承載頭在基板上提供可控制的負載，以將基板推向研磨墊。通常將研磨液體(諸如具有磨料粒子的漿料)供應至研磨墊的表面。

【0004】CMP中的一個問題是使用適當的研磨速率來實現期望的輪廓，例如，已經被平坦化至期望的平坦度或厚度或已經去除期望數量的材料的基板層。基板層的初始厚度、漿料分佈、研磨墊條件、研磨墊和基板之間的相對速度以及基板上的負載的變化，會導致整個基板上(以及各基板之間)的材料去除率的變化。這些變化導致達到研磨終點所需的時間和去除量的變化。因此，不可能僅根據研磨時間來確定研磨終點，也不可能僅藉由施加恆定壓力即能獲得期望的輪廓。

【0005】在一些系統中，在研磨期間例如藉由光學監測系統或渦流監測系統對基板進行原位監測。來自原位監測系統的厚度測量結果，可用於調節施加到基板上的壓力，從而調節研磨速率並減少晶圓內不均勻性(within-wafer non-uniformity; WIWNU)。

【發明內容】

【0006】一種研磨系統，包含：支座，用於固持研磨墊；承載頭，用於使基板保持接觸研磨墊；馬達，用於產生支座與承載頭之間的相對運動；第一原位監測系統，用於產生信號，信號取決於在基板上的測量點中的層的厚度；第二原位成像系統，用於實質上在原位監測系統產生對於基板上的測量點的信號的同時，產生基板的至少測量點的圖

像；以及控制器。控制器經配置以：接收來自第二原位成像系統的圖像，並使用機器視覺處理基於圖像確定對測量點的特徵值；接收來自原位監測系統的信號；基於特徵值與信號值兩者以產生測量值；以及基於測量值，進行下列之至少一者：停止研磨基板；或調整研磨參數。

【0007】 在另一態樣中，一種用於控制基板的處理的電腦程式產品，電腦程式產品包含指令，指令使一或多個處理器：從第一原位監測系統接收信號值，信號值取決於在經受研磨的基板上的測量點中的層的厚度；從第二原位成像系統接收對於基板的至少測量點的圖像資料；使用機器視覺處理，基於圖像確定對於測量點的特徵值；基於特徵值與信號值兩者以產生測量值，以及基於測量值，進行下列之至少一者：停止研磨基板；或調整研磨參數。

【0008】 實施例可包含下列特徵之一或更多者。

【0009】 機器視覺處理可以包括利用人工神經網路處理圖像。人工神經網路可以是卷積神經網路。控制器可經配置為使用包括圖像和圖像的已知特徵值的訓練資料，藉由反向傳播來訓練人工神經網路。

【0010】 第一原位監測系統可包括光譜監測系統，以產生對於測量點的測量光譜。人工神經網路可經配置為確定對應於測量點的基板的一部分的類別，此類別可對應於基板上的結構類型。結構類型可包括陣列、刻劃線、外圍和接觸墊中的至少一個。可以基於類別選擇複數個參考光譜資源庫中的一個。

【0011】 第一原位監測系統可包括渦流監測系統，以產生對於測量點的信號值。人工神經網路可經配置為確定影響測量點中的電流的特徵的幾何值。幾何值可包括距離、尺寸或定向中的至少一個。

【0012】 可以確定與測量點相對應的圖像資料的一部分。來自第二原位成像系統的圖像資料，可以與從第一原位監測系統收集的信號同步。

【0013】 一些實施方式可包含下列優點之一或更多者。過程控制技術可以針對晶粒的效能敏感部分來進行。可以更準確和/或更快速地測量基板上的層的厚度。可以減少晶圓內厚度不均勻性和晶圓間厚度不均勻性（WIWNU和WTWNU），並且可以提高用於偵測所需處理終點的終點系統的可靠性。CMP後度量可以基於產品的良率和/或效能敏感部分，而不是平均晶粒厚度（可能包括與產品效能無關的晶粒區域）。

【0014】 在附加圖式與下面的說明中揭示一或更多個具體實施例的細節。根據說明書、圖式以及申請專利範圍，將可顯然理解其他可能的態樣、特徵與優點。

【圖式簡單說明】

【0015】 圖1示出了研磨設備的範例的示意性截面圖。

【0016】 圖2A是原位光學監測系統的示意圖。

【0017】 圖2B是原位渦流監測系統的示意圖。

【0018】 圖3是研磨設備的示意性俯視圖。

【0019】 圖4示出了線掃描成像系統的示意圖。

【0020】 圖5示出了神經網絡，作為研磨設備的控制器的一部分。

【0021】 圖6示出了測量值隨時間的曲線圖。

【0022】 在各種圖式中，類似的元件符號與標示指示類似的元件。

【實施方式】

【0023】 可使用各種技術，例如渦流監測和光學監測，以在處理期間監測基板。這樣的監測技術可以以兩階段的方式進行。首先，將來自監測系統的原始信號（例如，來自分光光度計的測量光譜或來自渦流監測系統的電壓）轉換為更有用的測量形式，（例如，表示研磨過程的指標或厚度值）。然後，可以監測隨著時間推移的測量順序，以用於過程控制。例如，可以對測量序列擬合函數，並且函數投射到達閾值的時間可以用於觸發研磨終點或控制其他研磨參數。

【0024】 如果監測系統的感測器掃過基板，則可以在基板上的不同位置進行測量。因此，可以在基板的不同區域（例如，在晶粒內而不是刻劃線內）進行測量，或者在晶粒內的不同區域（例如，陣列、接觸墊等）進行測量。這些不同的區域可以具有不同屬性並提供不同的原始信號。確定進行測量以便將原始信號正確地轉換為有用的測量的區域的類型，將是有用的。

【0025】 儘管而可以確定測量的徑向位置（例如由於基板相對於承載頭的旋轉滑動），但是可能根本不知道基板

上的測量的角位置。因此，在於晶粒中進行測量的情況下，當將原始信號轉換為有用的測量值時，沒有考慮商業化的原位監測技術。

【0026】 而且，儘管一些監測系統執行濾波以排除一些原始信號，例如基於頻譜的形狀以排除頻譜，但是這樣的技術沒有使用來自基板周圍部分的資訊。

【0027】 然而，可以藉由機器學習技術（例如卷積神經網路）來處理由原位成像器收集的圖像，以確定由另一監測系統執行測量的基板的特性。此特性可以例如是進行測量的區域的類型（例如刻劃線、陣列、外圍），或者各種特徵（例如保護環）相對於測量位置的相對定向和/或距離。然後可以將此特性作為輸入提供給原位監測系統，以影響原始信號到測量的轉換。

【0028】 圖1圖示說明研磨設備20的範例。研磨設備20可包含可旋轉式碟形平臺22，研磨墊30位於碟形平臺22上。平臺可被操作以繞軸23旋轉。例如，馬達24可轉動驅動軸26，以旋轉平臺22。

【0029】 研磨墊30可以例如藉由黏著層可拆卸地固定到平臺22上。研磨墊30可為具有外側研磨層32與較軟的背托層34的雙層研磨墊。可在研磨墊30中形成視窗36。

【0030】 研磨設備20可包含研磨液體供應通口40以釋出研磨液體42（諸如研磨漿）到研磨墊30上。研磨設備20亦可包含研磨墊調節器，以打磨研磨墊30而使研磨墊30維持在一致的磨料狀態中。

【0031】 承載頭50可操作以將基板10固持抵靠研磨墊30。每個承載頭50亦包含複數個可獨立控制式壓力腔室，例如三個腔室52a-52c，腔室52a-52c可施加可獨立控制式壓力至基板10上的相關聯分區。基板上的中心區域可以是基本上圓形的，而其餘區域可以是圍繞中心區域的同心環形區域。

【0032】 腔室52a-52c可以由可撓膜54限定，可撓膜54具有底表面，基板10安裝到此底表面上。承載頭50也可包含扣環56以將基板10保持在可撓膜54之下。雖然為了容易圖示說明，圖1僅圖示說明三個腔室，但可存在一或兩個腔室、或四或更多個腔室，例如五個腔室。另外，可以在承載頭50中使用其他機制來調節施加到基板上的壓力，例如壓電致動器。

【0033】 每個承載頭50被由支撐結構60（例如旋轉料架或軌道）懸吊，且由驅動軸62連接至承載頭旋轉馬達64，以讓承載頭可繞軸51旋轉。視情況，每個承載頭50可橫向擺盪（例如在旋轉料架上的滑動件上，藉由沿著軌道的動作）；或藉由旋轉料架自身的旋轉性擺盪而橫向擺盪。在作業中，平臺22繞平臺中央軸23旋轉，且承載頭50繞承載頭中央軸51旋轉，並跨研磨墊30的頂表面橫向位移。

【0034】 研磨設備還包括第一原位監測系統100和第二原位成像系統150。第一原位監測系統100和第二原位成像系統150可以一起用於控制研磨參數，例如，一個或

多個腔室 52 a - 52 c 中的壓力，和 / 或偵測研磨終點和 / 或停止研磨。

【0035】 第一原位監測系統 100 包括感測器 100 a（參見圖 3），感測器 100 a 產生取決於被研磨層的厚度的原始信號。第一原位監測系統 100 可以是例如渦流監測系統或光學監測系統，例如光譜監測系統。

【0036】 感測器可以配置為掃過基板。例如，感測器可以固定到平臺 22 並隨其旋轉，使得隨著平臺的每次旋轉，感測器以弧形掃過基板。

【0037】 參照圖 2 A，作為光學監測系統，第一原位監測系統 100 可包括光源 102、光偵測器 104 以及電路系統 106，電路系統 106 用於在例如電腦的控制器 90 與光源 102 和光偵測器 104 之間發送和接收信號。一根或多根光纖可用於將光從光源 102 傳輸到視窗 36，並將從基板 10 反射的光傳輸到偵測器 104。例如，可以使用分叉的光纖 108 將光從光源 102 傳輸到視窗 36，然後再傳輸回偵測器 104。在此實施方式中，分叉的纖維 108 的一端可以提供掃過基板的感測器。如果光學監測系統是光譜系統，則光源 102 可以可操作以發射白光，並且偵測器 104 可以是光譜儀。

【0038】 參照圖 2 B，作為渦流監測系統，第一原位監測系統 100 可以包括磁芯 112 和纏繞在磁芯 112 的一部分周圍的至少一個線圈 114。驅動和感測電路系統 116 電連接到線圈 114。驅動和感測電路系統 116 可以將 AC 電

流施加到線圈114，線圈114在磁芯112的兩個極之間產生磁場，此磁場可以進入基板10。在此實施方式中，磁芯112和線圈114可以提供掃過基板的感測器。電路系統116可以包括與線圈114並聯連接的電容器。線圈114和電容器可以一起形成LC諧振迴路。當磁場到達導電層時，磁場可以穿過並產生電流（如果此層是迴路）或產生渦流（如果此層是片狀）。這修改了LC電路的等效阻抗。驅動和感測電路系統116可以偵測等效阻抗的變化，並生成可以發送到控制器90的信號。

【0039】 在任何一種情況下，電路系統106或116的輸出可以是數位電子信號，此數位電子信號通過驅動軸26中的旋轉耦接器28（例如滑環）到達控制器90（見圖1）。或者，電路系統106或116可以藉由無線信號與控制器90通信。電路系統106或116中的一些或全部可以安裝在平臺22中。

【0040】 控制器90可以是包括微處理器、記憶體和輸入/輸出電路系統的計算裝置，例如可程式化電腦。儘管以單個方塊示出，但是控制器90可以是具有分佈在多個電腦上的功能的聯網系統。

【0041】 由於控制器90可以執行信號的一部分處理，例如將「原始」信號轉換為可用的測量值，因此可以認為控制器90提供了第一監測系統的一部分。

【0042】 如圖3所示，由於平臺的旋轉（箭頭A所示），當感測器100a行進到承載頭下方時，第一原位監測系統

以一取樣頻率進行測量。結果，在橫跨基板10的弧形中的位置94處進行測量（點的數量是說明性的；取決於取樣頻率，可以進行比示出的更多或更少的測量）。基板也可以旋轉（如箭頭B所示）並徑向振動（如箭頭C所示）。

【0043】 研磨設備20可以包括位置感測器96，例如光學中斷器，以感測第一原位監測系統100的感測器100a何時在基板10下方以及何時感測器100a離開基板10。例如，位置感測器96可以安裝在與承載頭70相對的固定位置。標記98可被附接到平臺22的外圍。選擇旗標98的附接點與長度，以使得旗標98在感測器100a掃過基板10下方時向感測器180發送訊號。

【0044】 替代或另外地，研磨設備20可包括編碼器，以確定平臺22的角位置。

【0045】 在平臺旋轉一圈之後，從基板10上的不同位置獲得光譜。特定而言，一些光譜可以從更靠近基板10的中心的中心的位置獲得，而一些光譜可以從更靠近邊緣的位置獲得。控制器90可以被配置為根據基於定時、馬達編碼器資訊、平臺旋轉或位置感測器資料、和/或基板及/或扣環邊緣的光學偵測的掃描，以對每次測量計算徑向位置（相對於基板10的中心）。控制器因此可以將各種測量結果與基板上的各種區域相關聯。在一些實施方式中，測量的時間可以用作徑向位置的精確計算的替代。

【0046】 放置第二原位成像系統150，以生成與第一原位監測系統100正在測量的基板10的基本上相同的部分

的圖像。簡而言之，成像系統的相機與原位監測系統100的感測器位於同一位置。

【0047】 參照圖4，第二原位成像系統150可以包括光源152、光偵測器154以及電路系統156，電路系統156用於在控制器90與光源152和光偵測器154之間發送和接收信號。

【0048】 光源152可用於發射白光。在一種實施方式中，發射的白光包括具有200-800奈米的波長的光。合適的光源是白光發光二極體（LED）陣列或氫氣燈或氫氣汞燈。光源152被定向為以非零入射角 α 將光158引導到基板10的暴露表面上。入射角 α 可以為例如大約30°至75°，例如50°。

【0049】 光源152可以照亮基本線性的細長區域。細長區域可以跨越基板10的寬度。光源152可以包括光學器件，例如光束擴張器，以將來自光源的光散佈到細長區域中。替代或另外地，光源152可包括光源的線性陣列。光源152本身以及在基板上照明的區域可以是細長的，並且具有平行於基板表面的縱軸。

【0050】 可以將擴散器160放置在光158的路徑中，或者光源152可以包括擴散器，以在光到達基板10之前將光擴散。

【0051】 光偵測器154是對來自光源152的光敏感的相機，例如彩色相機。相機包括偵測器元件陣列。例如，相機可包括CCD陣列。在一些實施方式中，陣列是單列

偵測器元件。例如，相機可以是線掃描相機。此列偵測器元件可以平行於由光源 152 照射的細長區域的縱軸延伸。在光源 152 包括一系列發光元件的情況下，此列偵測器元件可以沿著平行於光源 152 的縱軸的第一軸延伸。一系列偵測器元件可以包含 1024 個或更多元件。

【0052】 光偵測器 154 配置有適當的聚焦光學器件 162，以將基板的視場投射到光偵測器 154 的偵測器元件的陣列上。視場可以足夠長以觀看基板 10 的整個寬度，例如 150 至 300 mm 長。光偵測器 154 也可以被配置為使得像素寬度與像素長度相當。例如，線掃描相機的優點是其圖框速率 (frame rate) 非常快。圖框速率至少可以為 5 kHz。可以將圖框速率設置為這樣的頻率，使得當被成像區域在整個基板 10 上掃描時，像素寬度與像素長度相當，例如等於或小於大約 0.3 毫米。

【0053】 可以將光源 152 和光偵測器 154 支撐在平臺中的凹部中，例如保持第一原位監測系統 100 的感測器的同一凹部中。

【0054】 線掃描相機和光源一起在整個基板上移動的可能優點是，例如，與常規 2D 相機相比，光源和相機之間的相對角度對於整個晶圓上的不同位置保持恆定。因此，可以減少或消除由視角變化引起的偽像。另外，線掃描相機可以消除透視失真，而傳統的 2D 相機則表現出固有的透視失真，然後需要通過圖像變換對其進行校正。

【0055】 視情況，可將偏振濾光器164放置於光路徑中，例如在基板10和光偵測器154之間。偏振濾光器164可以是圓形偏振器（CPL）。典型的CPL是線性偏振片和四分之一波片的組合。將偏振濾光器164的偏振軸正確定向，可以減少圖像中的霧度並且銳化或增強期望的視覺特徵。

【0056】 控制器90將來自光偵測器154的各個圖像線組裝成二維圖像。光偵測器154可以是具有例如針對紅色、藍色和綠色中的每一個的單獨的偵測器元件的彩色相機，在這種情況下，控制器90將來自光偵測器154的單獨的圖像線組合成二維彩色圖像。二維彩色圖像可以包括用於每個顏色通道（例如，用於紅色、藍色和綠色通道中的每個）的單色圖像204、206、208。

【0057】 參考圖5所示，控制器90可以將來自原位監測系統的原始信號轉換成有用的測量值。控制器90使用來自第一原位監測系統100的信號和來自第二原位成像系統150的圖像資料兩者來計算測量值。從第二原位成像系統150收集的圖像可以與從第一原位監測系統100收集的資料流同步。

【0058】 特定而言，控制器90將圖像從第二原位成像系統150饋送到機器視覺系統200，此機器視覺系統200被配置為得出由第一原位監測系統100測量的部分基板的特徵值。機器視覺系統可以包括例如神經網路210。神經網路210可以是卷積神經網路。

【0059】神經網路210包括複數個輸入節點212，例如來自第二原位成像系統150的圖像中每個像素的輸入節點212。這些可以包括輸入節點 N_1 、 $N_2 \dots N_L$ 。神經網路210還包括複數個隱藏節點214（以下也稱為「中間節點」）和將生成至少一個特徵值的至少一個輸出節點216。

【0060】一般而言，隱藏節點214輸出的值是來自與隱藏節點連接的節點的值的加權總和的非線性函數。

【0061】例如，隱藏節點214（指定為節點 k ）的輸出可以表示為：

$$\tanh(0.5 * a_{k1}(I_1) + a_{k2}(I_2) + \dots + a_{kM}(I_M) + b_k)$$

等式 1

其中 $\tanh$ 是雙曲正切， a_{kx} 是第 k 個中間節點和第 x 個輸入節點（在 M 個輸入節點中）之間的連接權重， I_M 是在第 M 個輸入節點處的值。但是，可以使用其他非線性函數代替 $\tanh$ ，諸如整流線性單元（ReLU）函數及其變體。

【0062】神經網路210的架構可以在深度和寬度上變化。儘管示出的神經網路210具有一行中間節點214，但是實際上神經網路將包括許多行，這些行可以具有各種連接。卷積神經網路可以執行卷積和合併的多次迭代，然後進行分類。

【0063】可以例如在訓練模式下使用帶有樣本圖像和樣本特徵值的反向傳播來訓練神經網路210。因此，在操作中，機器視覺系統200基於來自第二原位成像系統150

的圖像生成特徵值。可以針對從第一原位監測系統100接收到的「原始信號」的每個值執行此操作。

【0064】 將來自第一原位監測系統100的原始信號和與原始信號同步的特徵值(例如,對應於基板上的相同點)輸入到轉換演算法模組220中。轉換演算法模組220根據特徵值和原始信號計算測量值。

【0065】 測量值通常是外層的厚度,但是可以是相關的特性,諸如去除的厚度。另外,測量值可以是研磨過程中對於基板進度的更一般的表示,例如代表在遵循預定進度的研磨過程中預期將觀察到測量值的平臺旋轉時間或平臺轉數的指標值。

【0066】 可以將測量值饋送到過程控制子系統240以基於一系列的特徵值來調整研磨過程,例如偵測研磨終點並停止研磨和/或在研磨過程中調整研磨壓力以減少研磨不均勻性。過程控制模組240可以輸出處理參數,例如用於承載頭中的腔室的壓力和/或用於停止研磨的信號。

【0067】 例如,參照圖6,第一函數254可以擬合於第一區域的測量值252的序列250,並且第二函數264可以擬合於第二區域的特徵值262的序列260。過程控制器240可以計算預測第一函數和第二函數以達到目標值V的時間T1和T2,並計算將導致區域中的一個區域被以修改的速率研磨(如線270所示)的調整後的處理參數(例如調整後的承載頭壓力),以使這些區域大約在同一時間到達目標。

【0068】 在函數指示特徵值達到目標值V時，可以由過程控制器240觸發研磨終點。

【0069】 在一些實施方式中，可以在轉換演算法模組220或過程控制模組240處組合多個測量值。例如，如果系統從感測器在整個基板上的單次掃描生成多個測量值，則轉換演算法模組220可以將來自單次掃描的多個測量值組合起來，以生成基板上每次掃描的單個測量值或每個徑向區域的單個測量值。然而，在一些實施方式中，針對感測器100a為其生成原始信號值的每個位置94生成測量值（參見圖3）。

【0070】 在一些實施方式中，神經網路210在多個輸出節點216處生成多個特徵值。一個或多個附加特徵值（即除了代表厚度測量的特徵值以外的特徵值），可以代表基板的其他特徵，例如晶圓定向、晶圓上的結構類型（例如記憶體陣列、中央處理單元）。可以將附加的特徵值饋入到過程控制240中。

【0071】 範例1

【0072】 第一原位監測系統100可以是光譜監測系統。光譜監測系統和第二原位成像系統150的感測器可以使用相同的視窗36。來自第二原位成像系統150的線掃描照相機的資料視窗，可以以第一原位監測系統100的光譜獲取時間為中心，此資料視窗可以用來重建從中收集光譜的基板10部分的二維圖像。

【0073】 機器視覺系統200可以包括卷積神經網路(CNN)210。為了訓練神經網路210，可以用相關類別(例如陣列、刻劃線、外圍、接觸墊等)手動識別來自一個或多個參考基板的一系列圖像。對圖像分配類別有時被稱為「註釋」。然後，可以以訓練模式(例如使用反向傳播)將來自參考基板的圖像和類別輸入到神經網路，以訓練神經網路210作為圖像分類器。注意到，經由使用轉移學習，可以用相對較少數量的帶註釋的圖像來訓練這樣的圖像分類器，在轉移學習中預訓練的圖像分類網路被示出為來自新域的一些附加圖像。

【0074】 在操作中，在產品基板的研磨期間，將圖像饋送到神經網路210。即時地(real-time)使用神經網路210的輸出，以將每個測量的光譜與從中獲得光譜的基板部分的類別相關聯。

【0075】 由卷積神經網路進行的圖像分類，可以在被饋入用於厚度估計或預測的另一模型中之前，被與測量的光譜進行合併。

【0076】 可以由轉換演算法模組220使用此類別。例如，控制器90可以存儲複數個參考光譜庫，其中每個參考光譜具有關聯的測量值，例如指標值。控制器90可以基於從神經網路210接收的類別來選擇資源庫之一。然後，可以例如藉由找到相對於測量光譜具有最小平方差之和的參考光譜，來確定來自所選資源庫的與測量光譜最匹

配的參考系統。然後可以將最匹配的參考光譜的索引值用作測量值。

【0077】 範例2

【0078】 第一原位監測系統100可以是渦流監測系統。渦流監測系統的感測器100a和第二原位成像系統150的感測器位於同一位置，例如位於平臺的相同凹部中。第二原位成像系統150的線掃描相機產生時間同步圖像，此圖像涵蓋感測器100a在整個基板上的整個掃描。

【0079】 機器視覺系統200可以包括卷積神經網路（CNN）210。為了訓練神經網路210，可以手動識別影響電流（例如保護環）的基板特徵的幾何形狀（例如位置、大小和/或定向）。然後，可以以訓練模式（例如使用反向傳播）將來自參考基板的圖像和幾何值輸入到神經網路，以訓練神經網路210作為特徵幾何重構器。

【0080】 在操作中，在產品基板的研磨期間，將圖像饋送到神經網路210。即時（real-time）使用神經網路210的輸出，以將來自渦流監測系統的每個測量值與從中獲得光譜的基板部分的幾何值相關聯。

【0081】 由神經網路210生成的幾何值可以由轉換演算法模組220使用。從渦流信號到電阻的映射，取決於基板上特徵的相對定向和位置。例如，感測器100a對基板上的導電迴路的靈敏度可以取決於迴路的定向。控制器90可以包括基於幾何值（例如定向）來計算增益的函數。然後可以將此增益應用於信號，例如可以將信號值乘以此

增益。因此，幾何值可以用於調節如何解譯渦流感測器資料。

【0082】 結論

【0083】 在本說明書中說明的本發明的具體實施例與所有功能性操作，可以在數位電子電路系統中實現，或者在電腦軟體、韌體或硬體中實現，包括本說明書中揭露的結構構件及其結構性等同物（或者他們中的一個或更多個的結合）。本發明的具體實施例，可被實施為一或更多個電腦程式產品，亦即一或更多個電腦程式，其被有形地體現在機器可讀取儲存媒體上，以供資料處理設備（例如可程式化處理器、電腦、或多個處理器或電腦）執行或控制資料處理設備的作業。電腦程式（也稱為程式、軟體、軟體應用、或程式碼）可用任何形式的程式語言編寫，包括編譯或解釋語言，並且可以以任何形式部署，包括作為獨立程式或作為模組、部件、子程序、或其他適合在計算環境中使用的單元。電腦程式不一定對應於檔案。程式可被儲存在保持其他程式或資料的檔案的部分中、專屬於所討論的程式的單一檔案中、或在多個協作的檔案中（例如儲存一或更多個模組、子程式、或程式碼部分的檔案）。電腦程式可被部屬為被執行在一個電腦上或在多個電腦上，這些電腦位於一個站點或分散在多個站點且由通訊網路互連。

【0084】 本說明書所說明的程序與邏輯流程，可由一或更多個可程式化處理器執行，這些可程式化處理器藉由對

輸入資料操作並產生輸出而執行一或更多個電腦程式以執行功能。程序與邏輯流程亦可由特別用途邏輯電路系統來執行（且設備亦可被實施為特別用途邏輯電路系統），例如 F P G A（現場可程式化閘陣列）或 A S I C（特殊應用積體電路）。

【0085】 上述研磨設備和方法可以應用於各種研磨系統中。可移動研磨墊或承載頭（或研磨墊與承載頭兩者）移動，以提供研磨表面與基板之間的相對運動。例如，平臺可以繞軌道旋轉而不是旋轉。研磨墊可以是固定到平臺的圓形（或一些其他形狀）的墊。研磨系統可以是線性研磨系統，例如，其中研磨墊是連續的或線性移動的盤式帶（reel-to-reel belt）。研磨層可以是標準（例如具有或不具有填料的聚氨酯）研磨材料，軟材料或固定研磨材料。使用組件相對定位的用詞；應該理解到，研磨表面和基板可以保持在垂直定向或相對於重力的一些其他方向。

【0086】 儘管上面的描述聚焦在化學機械研磨，但是控制系統可以適用於其他半導體處理技術，例如蝕刻或沉積，例如化學氣相沉積。不使用線掃描相機，可以使用對基板的二維區域成像的相機。在這種情況下，可能需要合併多個圖像。

【0087】 已經描述了本發明的特定具體實施例。其他具體實施例在所附申請專利範圍的範圍內。

【符號說明】

【0088】

- 1 0 基 板
- 2 0 研 磨 設 備
- 2 2 平 臺
- 2 3 軸
- 2 4 馬 達
- 2 6 驅 動 軸
- 2 8 旋 轉 耦 接 器
- 3 0 研 磨 墊
- 3 2 外 側 研 磨 層
- 3 4 背 托 層
- 3 6 視 窗
- 4 0 供 應 通 口
- 4 2 研 磨 液 體
- 5 0 承 載 頭
- 5 1 軸
- 5 2 a - 5 2 c 腔 室
- 5 4 可 撓 膜
- 5 6 扣 環
- 6 0 支 撐 結 構
- 6 2 驅 動 軸
- 6 4 承 載 頭 旋 轉 馬 達
- 7 0 承 載 頭
- 9 0 控 制 器
- 9 4 位 置

- 9 6 位 置 感 測 器
- 9 8 旗 標
- 1 0 0 第 一 原 位 監 測 系 統
 - 1 0 0 a 感 測 器
 - 1 0 2 光 源
 - 1 0 4 光 偵 測 器
 - 1 0 6 電 路 系 統
 - 1 1 2 磁 芯
 - 1 1 4 線 圈
 - 1 1 6 驅 動 和 感 測 電 路 系 統
- 1 5 0 第 二 原 位 成 像 系 統
 - 1 5 2 光 源
 - 1 5 4 光 偵 測 器
 - 1 5 6 電 路 系 統
 - 1 5 8 光
 - 1 6 0 擴 散 器
 - 1 6 2 聚 焦 光 學 器 件
 - 1 6 4 濾 光 器
- 2 0 0 機 器 視 覺 系 統
 - 2 1 0 神 經 網 路
 - 2 1 2 輸 入 節 點
 - 2 1 4 隱 藏 節 點
 - 2 1 6 輸 出 節 點
 - 2 2 0 轉 換 演 算 法 模 組

2 4 0 過 程 控 制 子 系 統

2 5 0 序 列

2 5 4 第 一 函 數

2 6 0 序 列

2 6 2 特 徵 值

2 6 4 第 二 函 數

2 7 0 線

【生物材料寄存】

【 0 0 8 9 】 國內寄存資訊 (請依寄存機構、日期、號碼順序註記)

無

【 0 0 9 0 】 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】

【第1項】 一種研磨系統，包含：

一支座，該支座用於固持一研磨墊；

一承載頭，該承載頭用於使一基板保持接觸該研磨墊；

一馬達，該馬達用於產生該支座與該承載頭之間的相對運動；

一原位監測系統，該原位監測系統產生包含一系列原始信號值的一信號，該信號取決於在該基板上的一測量點中的一層的一厚度；

一原位成像系統，該原位成像系統實質上在該原位監測系統產生對於該基板上的該測量點的該信號的同時，產生該基板的至少該測量點的一圖像；以及

一控制器，該控制器經配置以

接收來自該原位成像系統的該圖像，

接收來自該原位監測系統的該信號，

確定對應於該測量點的該圖像的一部分的一結構類型，此係藉由使用機器視覺處理該圖像來產生該結構類型，

將來自該原位監測系統的該信號的該系列原始信號值轉換至對於該測量點的一系列厚度值，此係藉由提供該系列原始信號值與該結構類型作為對一轉

換演算法的輸入，其中該結構類型影響該系列原始信號值至該系列厚度值的該轉換，且其中該系列厚度值中的每個厚度值代表該測量點中的該層的該厚度，以及

基於該厚度值，進行下列之至少一者：停止研磨該基板；或調整一研磨參數。

【第2項】如請求項1所述之系統，其中該機器視覺處理包括一人工神經網路。

【第3項】如請求項2所述之系統，其中該機器視覺處理包括一卷積神經網路。

【第4項】如請求項2所述之系統，其中該控制器經配置為使用包括圖像和該等圖像的已知特徵值的訓練資料，藉由反向傳播來訓練該人工神經網路。

【第5項】如請求項1所述之系統，其中該原位監測系統包括一光譜監測系統，以產生對於該測量點的一測量光譜。

【第6項】如請求項5所述之系統，其中該結構類型將該圖像的該部分分類為下列之一者：一陣列、一刻劃線、一外圍和一接觸墊。

【第7項】如請求項5所述之系統，其中該控制器經配置以儲存複數個參考光譜資源庫，而該等參考光譜的每個參考光譜具有一相關聯厚度值，且該控制器經配

置以基於該結構類別選擇該複數個資源庫中的一個資源庫。

【第8項】 如請求項 7 所述之系統，其中該控制器經配置以透過以下來執行該轉換：比較該測量光譜與該選擇的該資源庫的該等參考光譜，以及從該等參考光譜中確定一最匹配的參考光譜，以及確定相關聯於該最匹配的參考光譜的該厚度值。

【第9項】 如請求項 1 所述之系統，其中該控制器經配置以確定對應於該測量點的該圖像的一部分。

【第10項】 如請求項 9 所述之系統，其中該控制器經配置以同步來自該原位成像系統的圖像資料與來自該原位監測系統的信號值。

【第11項】 一種研磨系統，包含：

一支座，該支座用於固持一研磨墊；

一承載頭，該承載頭用於使一基板保持接觸該研磨墊；

一馬達，該馬達用於產生該支座與該承載頭之間的相對運動；

一原位監測系統，該原位監測系統產生包含一系列原始信號值的一信號，該信號取決於在該基板上的一測量點中的一層的一厚度；

一原位成像系統，該原位成像系統實質上在該原位

監測系統產生對於該基板上的該測量點的該信號的同時，產生該基板的至少該測量點的一圖像；以及

一控制器，該控制器經配置以

接收來自該原位成像系統的該圖像，

接收來自該原位監測系統的該信號，

確定相關於對應於該測量點的該圖像的一部分中的特徵的該基板的該表面的一平面內的定向及/或距離的一幾何值，此係藉由使用機器視覺處理該圖像來產生該幾何值，

將來自該原位監測系統的該信號的該系列原始信號值轉換至對於該測量點的一系列厚度值，此係藉由提供該系列原始信號值與該幾何值作為對一轉換演算法的輸入，其中該幾何值影響該系列原始信號值至該系列厚度值的該轉換，且其中該系列厚度值中的每個厚度值代表該測量點中的該層的該厚度，以及

基於該厚度值，進行下列之至少一者：停止研磨該基板；或調整一研磨參數。

【第12項】 如請求項11所述之系統，其中該機器視覺處理包括一人工神經網路。

【第13項】 如請求項12所述之系統，其中該機器視覺處理包括一卷積神經網路。

- 【第14項】 如請求項12所述之系統，其中該控制器經配置為使用包括圖像和該等圖像的已知幾何值的訓練資料，藉由反向傳播來訓練該人工神經網路。
- 【第15項】 如請求項11所述之系統，其中該原位監測系統包括一渦流監測系統，以產生對於該測量點的一信號值。
- 【第16項】 如請求項11所述之系統，其中該幾何值包括在對於該測量點中影響電流流動的一特徵的該基板的該表面的該平面內的一距離、尺寸或定向中的至少一個。
- 【第17項】 如請求項11所述之系統，其中該控制器經配置以基於該幾何值計算一增益，並由該增益放大該信號值。
- 【第18項】 如請求項11所述之系統，其中該控制器經配置以確定對應於該測量點的該圖像的一部分。
- 【第19項】 如請求項18所述之系統，其中該控制器經配置以同步來自該原位成像系統的圖像資料與來自該原位監測系統的信號值。

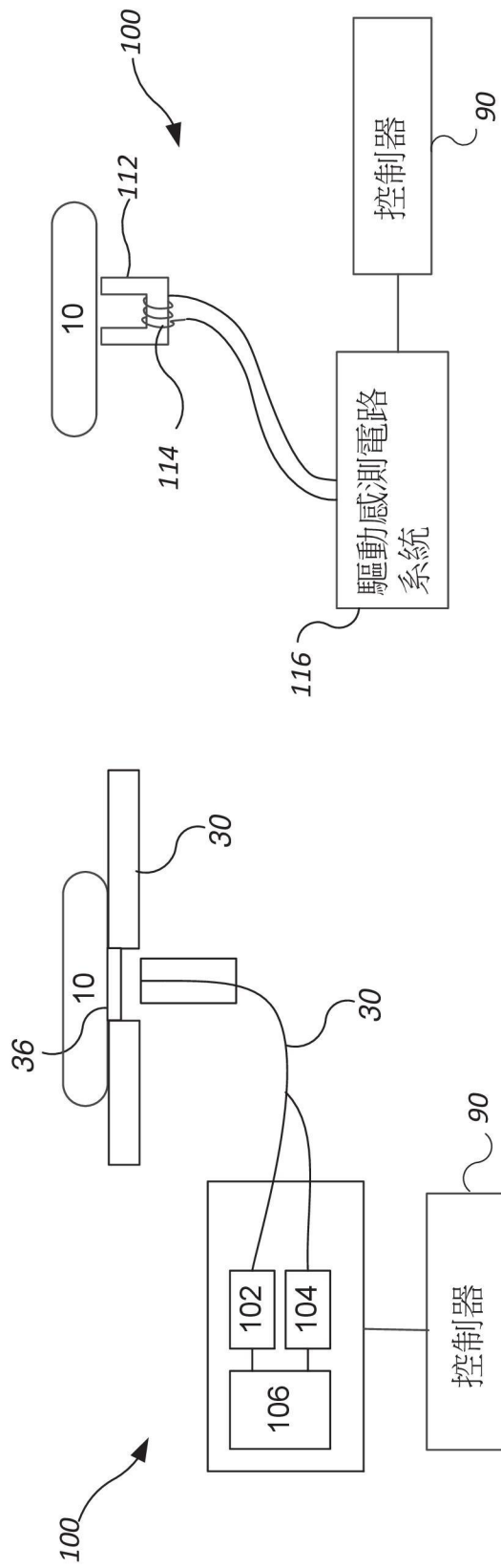


圖2A

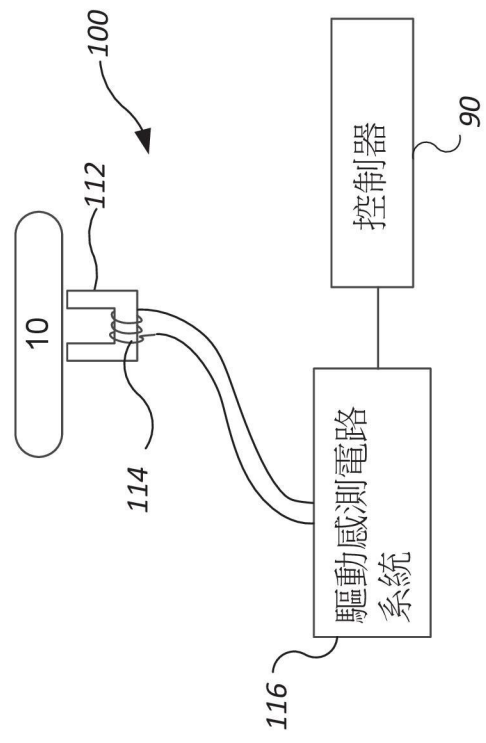


圖2B

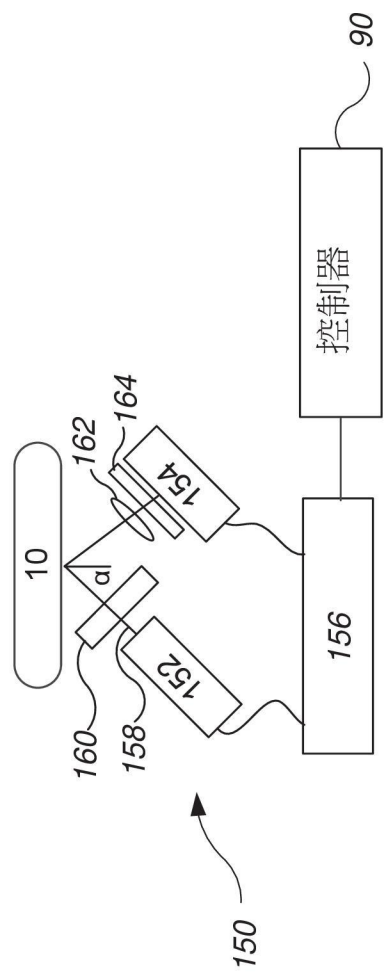


圖4

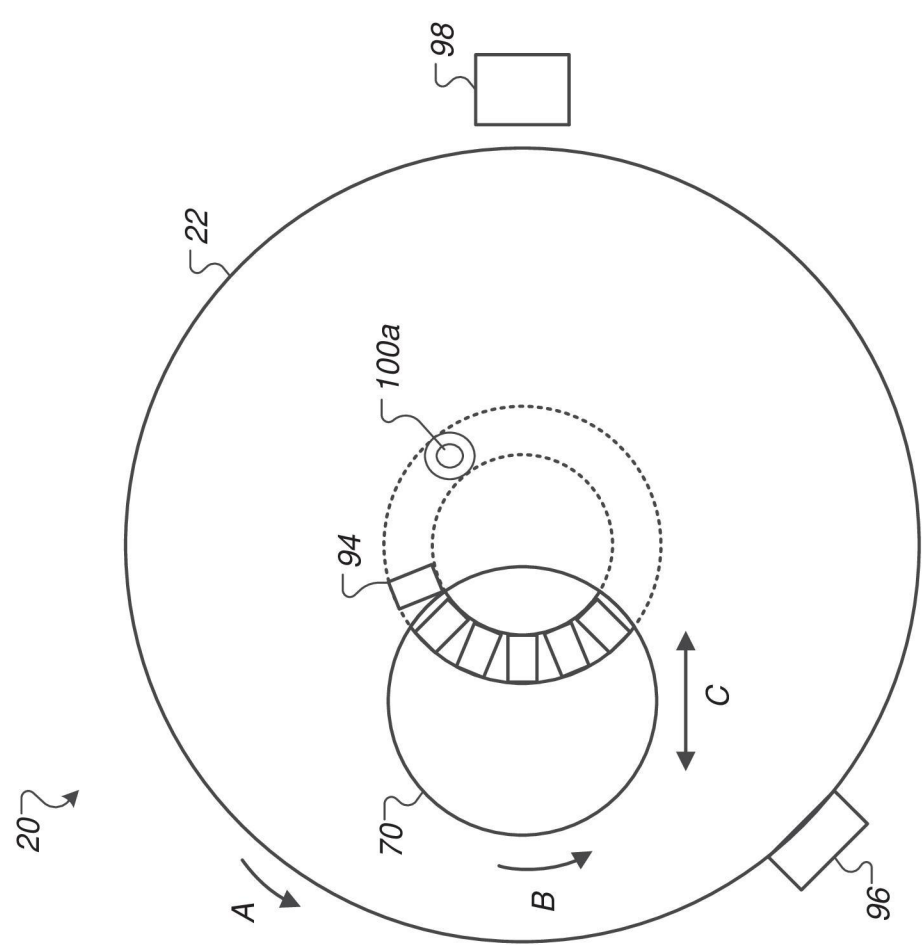


圖3

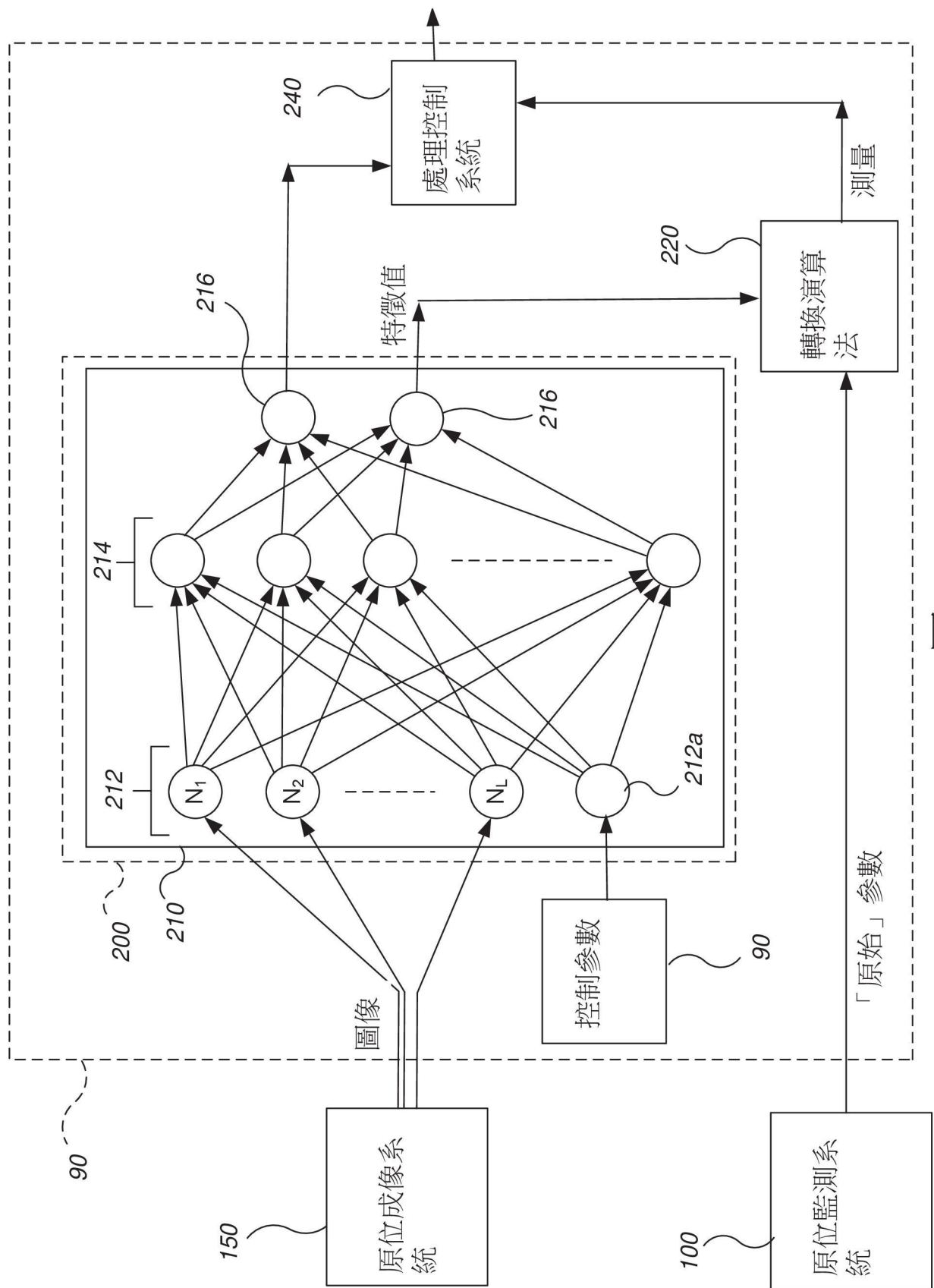


圖5

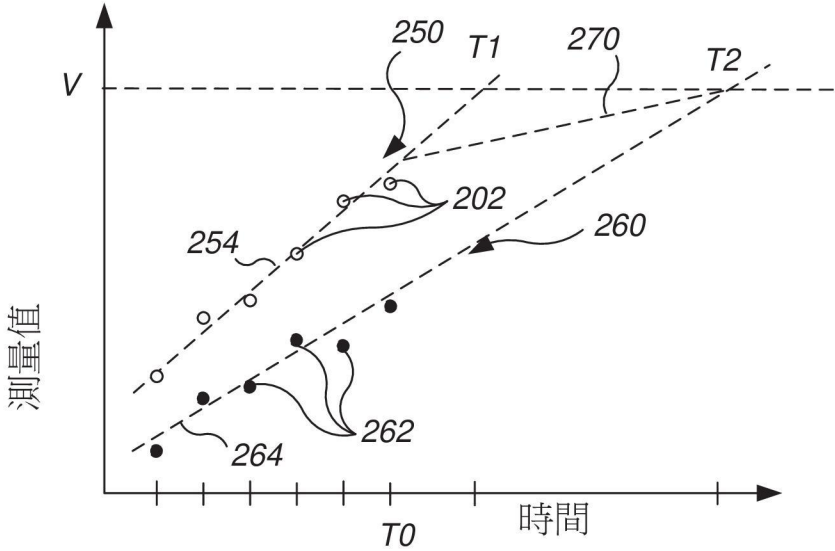


圖6