



(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 202349529 A

(43) 公開日：中華民國 112 (2023) 年 12 月 16 日

(21) 申請案號：112106476

(22) 申請日：中華民國 112 (2023) 年 02 月 22 日

(51) Int. Cl. : H01L21/66 (2006.01)

G05B19/418 (2006.01)

(30) 優先權：2022/02/25 美國

17/652,571

(71) 申請人：環球晶圓股份有限公司 (中華民國) GLOBALWAFERS CO., LTD. (TW)

新竹市工業東二路 8 號

(72) 發明人：卡拉賈迪 瓦錫德 KHALAJZADEH, VAHID (IR) ; 巴哈格維特 桑米特 S

BHAGAVAT, SUMEET S. (IN)

(74) 代理人：陳長文；洪榮宗

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：20 項 圖式數：13 共 57 頁

(54) 名稱

用於產生拋光後形貌以供強化晶圓製造之用之系統及方法

(57) 摘要

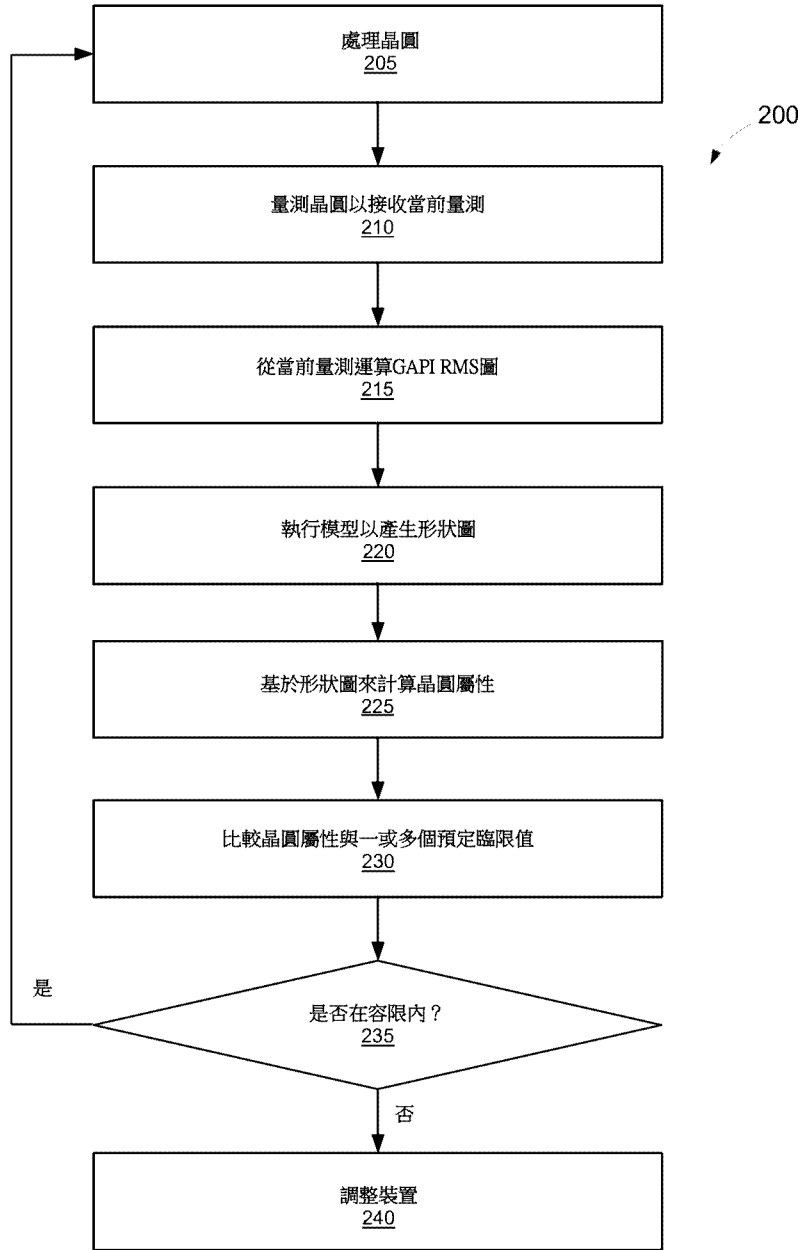
一種電腦裝置經程式化以：儲存用於轉換形狀圖以模擬一裝配線之一部分之一模型；接收所裝配之一產品之一第一檢測之掃描資料；自該第一檢測之該掃描資料產生一形狀圖；使用該形狀圖作為一輸入來執行該模型以產生該產品之一最終形狀圖；比較該最終形狀圖與一或多個臨限值；判定該最終形狀圖是否超過該一或多個臨限值之至少一者；及若該判定係該最終形狀圖超過該一或多個臨限值之至少一者，則引起調整第一裝置。

A computer device is programmed to store a model for converting shape maps to simulate a portion of an assembly line, receive scan data of a first inspection of a product being assembled, generate a shape map from the scan data of the first inspection, execute the model using the shape map as an input to generate a final shape map of the product, compare the final shape map to one or more thresholds, determine if the final shape map exceeds at least one of the one or more thresholds, and if the determination is that the final shape map exceeds at least one of the one or more thresholds, cause the first device to be adjusted.

指定代表圖：

符號簡單說明：

- 200:程序
- 205:晶圓處理
- 210:量測
- 215:運算
- 220:執行
- 225:計算
- 230:比較
- 235:判定
- 240:調整



【圖2】

## 【發明摘要】

### 【中文發明名稱】

用於產生拋光後形貌以供強化晶圓製造之用之系統及方法

### 【英文發明名稱】

SYSTEMS AND METHODS FOR GENERATING POST-POLISHING TOPOGRAPHY FOR ENHANCED WAFER MANUFACTURING

### 【中文】

一種電腦裝置經程式化以：儲存用於轉換形狀圖以模擬一裝配線之一部分之一模型；接收所裝配之一產品之一第一檢測之掃描資料；自該第一檢測之該掃描資料產生一形狀圖；使用該形狀圖作為一輸入來執行該模型以產生該產品之一最終形狀圖；比較該最終形狀圖與一或多個臨限值；判定該最終形狀圖是否超過該一或多個臨限值之至少一者；及若該判定係該最終形狀圖超過該一或多個臨限值之至少一者，則引起調整第一裝置。

### 【英文】

A computer device is programmed to store a model for converting shape maps to simulate a portion of an assembly line, receive scan data of a first inspection of a product being assembled, generate a shape map from the scan data of the first inspection, execute the model using the shape map as an input to generate a final shape map of the product, compare the final shape map to one or more thresholds, determine if the final shape map exceeds at least one of the one or more thresholds, and if the determination is that the final shape map exceeds at least one of the one or more thresholds, cause the first device to be adjusted.

【指定代表圖】

圖2

【代表圖之符號簡單說明】

200: 程序

205: 晶圓處理

210: 量測

215: 運算

220: 執行

225: 計算

230: 比較

235: 判定

240: 調整

## 【發明說明書】

### 【中文發明名稱】

用於產生拋光後形貌以供強化晶圓製造之用之系統及方法

### 【英文發明名稱】

SYSTEMS AND METHODS FOR GENERATING POST-POLISHING TOPOGRAPHY FOR ENHANCED WAFER MANUFACTURING

### 【技術領域】

【0001】 此領域大體上係關於強化晶圓製造，且更明確言之，係關於使用奈米形貌之強化晶圓分析。

### 【先前技術】

【0002】 半導體晶圓(諸如矽晶圓)通常用作積體電路(IC)晶片之生產中之基板。晶片製造商要求晶圓具有極其平坦且平行之表面以確保可從各晶圓製造最大數目個晶片。在從一晶錠切片之後，晶圓通常經歷研磨及拋光程序，該等程序經設計以改良特定表面特徵，諸如平坦度及平行度。

【0003】 為識別及解決形貌劣化問題，裝置及半導體材料製造商考量晶圓表面之奈米形貌。例如，國際半導體設備與材料協會(Semiconductor Equipment and Materials International) (SEMI)，半導體工業之一全球貿易協會(SEMI文獻3089)將奈米形貌定義為在約0.2 mm至約20 mm之一空間波長內的一晶圓表面之偏差。此空間波長非常緊密地對應於經處理半導體晶圓之奈米尺度上之表面特徵。奈米形貌量測晶圓之一個表面之高度偏差且不考量晶圓之厚度變動(正如傳統平坦度量測)。兩種技術(光散射及干涉量測)大體上用於量測奈米形貌。此等技術使用從一經

拋光晶圓之一表面反射之光來偵測非常小的表面變動。

**【0004】** 在半導體工業中，公司正在競相以較低成本生產高品質矽晶圓。因此，具有具最小損耗之一高效率生產程序提供一競爭優勢。如線鋸切割及研磨之生產程序導致晶圓上之形貌特徵，該等形貌特徵可導致形貌劣化。此外，在此等程序之後可用於量測之典型量測工具往往具有大量噪音。由於表面粗糙度過高，因此在此等程序之後無法使用後拋光工具。為避免此等特徵，密切地監測拋光後之圖係非常重要的，諸如：在矽晶圓生產期間之不同階段之平面內變形(In-plane distortion) (IPD)、奈米形貌(NT)及拋光後形狀圖。然而，大多數拋光後之圖僅在生產之後期階段可用，此使回饋程序非常低效。

**【0005】** 在一些系統中，許多晶圓可在研磨之後但在於研磨程序中偵測到問題之前進行處理。再者，各個別生產線及研磨機可具有可隨裝置而變化之特定特性。因此，需要一種用於分析晶圓以快速地且高效地偵測潛在問題且減少材料損耗同時增加效率之系統。

**【0006】** 此[先前技術]章節旨在向讀者介紹可與本發明之各種態樣有關之各種技術態樣，該等態樣係在下文描述及/或主張。據信此論述有助於向讀者提供背景資訊以促進對本發明之各種樣態之更佳理解。因此，應理解，應鑑於此理解此等陳述，而非作為先前技術之認可。

#### **【發明內容】**

**【0007】** 在一個態樣中，一種電腦裝置包含與至少一個記憶體裝置通信之至少一個處理器(或「處理器」)。該處理器經程式化以在該至少一個記憶體裝置中儲存用於轉換形狀圖以模擬一裝配線之一部分之一模型。該處理器亦經程式化以接收所裝配之一產品之一第一檢測之掃描資料。在

該裝配線中之一第一裝置之後的該裝配線中之一第一檢測站處進行該第一檢測。該處理器進一步經程式化以自該第一檢測之該掃描資料產生一形狀圖。另外，該處理器經程式化以使用該形狀圖作為一輸入來執行該模型以產生該產品之一最終形狀圖。此外，該處理器經程式化以比較該最終形狀圖與一或多個臨限值。此外，該處理器經程式化以判定該最終形狀圖是否超過該一或多個臨限值之至少一者。若該判定係該最終形狀圖超過該一或多個臨限值之至少一者，則該處理器經程式化以引起調整該第一裝置。

**【0008】** 在另一態樣中，一種用於分析一裝配線之方法係由一運算裝置執行，該運算裝置包含與至少一個記憶體裝置通信之至少一個處理器。該方法包含在該至少一個記憶體裝置中儲存用於轉換形狀圖以模擬一裝配線之一部分之一模型。該方法亦包含接收所裝配之一產品之一第一檢測之掃描資料。在該裝配線中之一第一裝置之後的該裝配線中之一第一檢測站處進行該第一檢測。該方法進一步包含自該第一檢測之該掃描資料產生一形狀圖。另外，該方法包含使用該形狀圖作為一輸入來執行該模型以產生該產品之一最終形狀圖。此外，該方法包含比較該最終形狀圖與一或多個臨限值。此外，該方法包含判定該最終形狀圖是否超過該一或多個臨限值之至少一者。若該判定係該最終形狀圖超過該一或多個臨限值之至少一者，則該方法包含引起調整該第一裝置。

**【0009】** 存在關於上述態樣所提及之特徵之各種改進。同樣地，進一步特徵亦可併入於上述態樣中。此等改進及額外特徵可個別地或以任何組合存在。例如，下文關於所繪示實施例之任何者論述之各種特徵可單獨地或以任何組合併入至上文描述之態樣之任何者中。

### **【圖式簡單說明】**

【0010】 圖1繪示根據一實施例之用於處理半導體晶圓之一系統之一方塊圖。

【0011】 圖2係繪示使用圖1中所展示之系統評估一晶圓之一例示性程序之一流程圖。

【0012】 圖3係用於根據圖1中所展示之系統使用圖2中所展示之程序評估一晶圓之一例示性系統之一簡化方塊圖。

【0013】 圖4繪示圖3中所展示之一用戶端電腦裝置之一例示性組態。

【0014】 圖5繪示圖3中所展示之伺服器系統之一例示性組態。

【0015】 圖6係繪示由一量測裝置執行之一例示性線掃描程序之一圖。

【0016】 圖7A及圖7B係進一步繪示圖6中所展示之例示性線掃描程序之圖。

【0017】 圖8A及圖8B係一晶圓之側視圖。

【0018】 圖9A及圖9B係一晶圓之頂側視圖，其等繪示針對晶圓獲得之掃描線。

【0019】 圖10A繪示使用經訓練神經網路模型來將一研磨後形狀圖轉換為一經預測拋光後NT圖。

【0020】 圖10B繪示使用經訓練神經網路模型來將一GAPI RMS圖轉換為一經預測IPD圖。

【0021】 圖11A繪示晶圓形狀圖之影像。

【0022】 圖11B繪示比較實況影像與圖11A中所展示之經預測NT圖之一例示性圖表。

【0023】 圖12A繪示晶圓形狀圖之影像。

【0024】 圖12B繪示比較實況影像與圖12A中所展示之經預測NT圖之一例示性圖表。

【0025】 圖13A繪示晶圓形狀圖之影像。

【0026】 圖13B繪示比較實況影像與圖13A中所展示之經預測IPD圖之一例示性圖表。

【0027】 在圖式之數個視圖中，對應元件符號指示對應零件。

#### 【實施方式】

【0028】 本申請案主張2022年2月25日申請之美國非臨時專利申請案第17/652,571號之優先權，該案之整個揭示內容特此以全文引用的方式併入。

【0029】 所描述之實施方案係關於用於分析晶圓資料之系統及方法，且更明確言之，係關於分析晶圓之後研磨表面以預測晶圓之後處理表面。更明確言之，由一運算裝置執行一晶圓表面分析模型，以(1)判定一晶圓之當前狀況；(2)基於當前狀況及模型來預測晶圓之狀況之一後處理狀態；及(3)基於晶圓之後處理狀態及一或多個預定臨限值來判定是否需要對研磨機進行調整。與先前程序相比，該等系統及方法允許在較少時間內以較高準確度進行奈米形貌回饋，從而容許以較少滯後時間辨識及實施可用於改良奈米形貌之調整以改良品質控制及/或晶圓良率。

【0030】 諸如晶圓表面分析電腦裝置及相關電腦系統之電腦系統包含一處理器及一記憶體。然而，本文中所提及之一電腦裝置中之任何處理器亦可指一或多個處理器，其中處理器可在一個運算裝置或並行起作用之複數個運算裝置中。另外，本文中所提及之一電腦裝置中之任何記憶體亦

可指一或多個記憶體，其中記憶體可在一個運算裝置或並行起作用之複數個運算裝置中。

**【0031】** 一處理器可包含任何可程式化系統，包含使用微控制器之系統、精簡指令集電路(RISC)、特定應用積體電路(ASIC)、邏輯電路，及能夠執行本文中所描述之功能之任何其他電路或處理器。上文實例僅為實例，且因此不旨在以任何方式限制術語「處理器」之定義及/或含義。

**【0032】** 術語「資料庫」可指一資料主體、一關聯式資料庫管理系統(RDBMS)之任一者，或兩者。如本文中所使用，一資料庫可包含任何資料集合，包含階層式資料庫、關聯式資料庫、一般檔案(flat file)資料庫、物件關聯式資料庫、物件導向資料庫，及儲存於一電腦系統中之記錄或資料之任何其他經結構化集合。上文實例僅為實例，且因此不旨在以任何方式限制術語資料庫之定義及/或含義。RDBMS之實例包含但不限於包含Oracle® 資料庫、MySQL、IBM® DB2、Microsoft® SQL伺服器、Sybase®及PostgreSQL。然而，可使用能夠實現本文中所描述之系統及方法之任何資料庫。(Oracle係加利福尼亞州紅木岸區(Redwood Shores)之Oracle公司之一註冊商標；IBM係紐約州阿蒙克市之International Business Machines公司之一註冊商標；Microsoft係華盛頓州雷蒙德市之Microsoft公司之一註冊商標；且Sybase係加利福尼亞州都柏林市之Sybase之一註冊商標。)

**【0033】** 一項實施例之一電腦程式體現在一電腦可讀媒體上。在一實例中，系統係在一單一電腦系統上執行，而無需連接至一伺服器電腦。在另一實例實施例中，系統係在一Windows®環境(Windows係華盛頓州雷蒙德市之Microsoft公司之一註冊商標)中運行。在又一實施例中，系統

係在一主機環境及一UNIX®伺服器環境(UNIX係位於英國柏克夏郡雷丁之X/Open有限公司之一註冊商標)上運行。在另一實施例中，系統係在一iOS®環境(iOS係位於加利福尼亞州聖荷西市之Cisco Systems公司之一註冊商標)上運行。在又一實施例中，系統係在一Mac OS®環境(Mac OS係位於加利福尼亞州庫帕提諾之Apple公司之一註冊商標)上運行。在又一實施例中，系統係在Android® OS (Android係加利福尼亞州蒙坦夫由之Google公司之一註冊商標)上運行。在另一實施例中，系統係在Linux® OS (Linux係麻薩諸塞州波士頓市之Linus Torvalds之一註冊商標)上運行。應用程式係靈活的且經設計以在各種不同環境中運行，而不會損及任何主要功能性。在一些實施例中，系統包含分佈在複數個運算裝置當中之多個組件。一或多個組件係呈體現在一電腦可讀媒體中之電腦可執行指令之形式。系統及程序不限於本文中所描述之特定實施例。另外，各系統及各程序之組件可與本文中所描述之其他組件及程序獨立地且分開地實踐。各組件及程序亦可與其他裝配封裝及程序組合地使用。

**【0034】** 以單數敘述且以字詞「一」或「一個」開頭之一元件或步驟應被理解為不排除複數元件或步驟，除非明確敘述此排除。此外，對本發明之「實例實施例」或「一項實施例」之引用並不旨在被解釋為排除亦併有所敘述特徵之額外實施例之存在。

**【0035】** 術語「軟體」及「韌體」係可互換的，且包含儲存於記憶體中以供一處理器執行之任何電腦程式，該記憶體包含RAM記憶體、ROM記憶體、EPROM記憶體、EEPROM記憶體及非揮發性RAM(NVRAM)記憶體。上文記憶體類型僅為實例，且因此不限制可用於儲存一電腦程式之記憶體類型。

【0036】術語「即時」係指相關聯事件之發生時間、預定資料之量測及收集時間、處理資料之時間及一系統對事件及環境作出回應之時間之至少一者。此等活動及事件實質上即刻發生。

【0037】系統及程序不限於本文中所描述之特定實施例。另外，各系統及各程序之組件可與本文中所描述之其他組件及程序獨立且分開實踐。各組件及程序亦可與其他裝配封裝及程序組合地使用。

【0038】圖1繪示用於處理半導體晶圓之一系統100之一方塊圖。在矽晶圓製造程序中，系統100從切片機105開始。在實例實施例中，切片機105係切割矽材料圓盤之一線鋸。

【0039】在切片機105將晶圓切片之後，由一第一量測裝置110分析晶圓，第一量測裝置110量測資料以產生晶圓之一輪廓。此時，晶圓係未研磨的、未蝕刻的且未拋光的。第一量測裝置110將來自經研磨晶圓之量測資料提供至一晶圓表面分析(WSA)電腦裝置115。在一些實施例中，第一量測裝置110使用一電容探針或一基於雷射之距離感測器來量測晶圓。特定言之，WSA電腦裝置115使用切片後形狀及GAPI RMS資料來產生矽晶圓之平面內變形(IPD)、奈米形貌(NT)及形狀分布圖。如本文中所使用，GAPI RMS係指一基於形狀之矩陣，其係用於表示一晶圓基板之平滑度之一指數。

【0040】GAPI RMS可由WSA電腦裝置115計算。首先，WSA電腦裝置115載入原始量測資料，諸如來自第一量測裝置110。原始量測資料包含厚度及下部(或前部)輪廓。WSA電腦裝置115將原始資料轉換為數個徑線(diameter line)掃描輪廓。直徑掃描輪廓之數目可為2、4、8或更多。WSA電腦裝置115計算最佳擬合厚度平面之最小平方。WSA電腦裝置115

藉由下部輪廓加上厚度(最佳擬合平面厚度)的一半來計算原始形狀直徑掃描輪廓。WSA電腦裝置115藉由具有經定義窗口大小之移動平均值來平滑化原始形狀直徑掃描輪廓。WSA電腦裝置115運用一維多項式擬合來藉由各原始形狀直徑掃描輪廓計算理想形狀直徑掃描輪廓。WSA電腦裝置115判定形狀直徑掃描輪廓之增量等於原始形狀直徑掃描輪廓減去理想形狀直徑掃描輪廓。

**【0041】** WSA電腦裝置115藉由沿著直徑方向之經定義移動窗口內之增量形狀變動及斜率變化來計算加權輪廓。亦定義用於捕捉高變動及斜率變化之臨限值。增量形狀變動可為標準變動、變異數或範圍。斜率變化意謂例如當左側斜率乘以右側斜率為負時。GAPI代表原始形狀與理想形狀之間之間隙，其等於增量形狀直徑乘以加權輪廓。GAPI RMS係GAPI之均方根。

**【0042】** WSA電腦裝置115分析晶圓之量測資料以判定在切片之後晶圓之輪廓。若經判定輪廓超過任何品質臨限值，則WSA電腦裝置115可判定需要調整切片機105或其他裝置。

**【0043】** 系統100中之下一裝置係研磨機120，研磨機120可為單面的或雙面的。同時雙面研磨同時在一晶圓之兩側上操作，且產生具有高度平坦化表面之晶圓。此等研磨機120在研磨期間使用一晶圓夾持裝置來固持半導體晶圓。夾持裝置通常包括一對流體靜力墊及一對磨輪。墊及輪係以相對關係定向以依一垂直定向將晶圓固持在其等之間。流體靜力墊有益地在各自墊與晶圓表面之間產生一流體障壁以固持晶圓，而剛性墊在研磨期間不會實體地接觸晶圓。此減少可因實體夾持導致之對晶圓之損壞，且容許晶圓以較小摩擦力相對於墊表面切向地移動(旋轉)。雖然此研磨程序

可改良經研磨晶圓表面之平坦度及/或平行度，但其可導致晶圓表面之形貌之劣化。明確言之，已知流體靜力墊及磨輪夾持平面之錯位導致此劣化。研磨後拋光產生經研磨晶圓上之一高反射性鏡面晶圓表面，但並未解決形貌劣化。

**【0044】** 在研磨機120研磨晶圓之後，由一第二量測裝置125分析晶圓，第二量測裝置125量測資料以產生經研磨晶圓之一輪廓。此時，晶圓係未蝕刻的且未拋光的。第二量測裝置125將來自經研磨晶圓之量測資料提供至一晶圓表面分析(WSA)電腦裝置115。在一些實施例中，第二量測裝置125使用一電容探針或一基於雷射之距離感測器來量測晶圓。特定言之，WSA電腦裝置115使用研磨後形狀及GAPI (原始形狀與理想形狀之間之問隙) RMS (均方根)資料來產生矽晶圓之平面內變形(IPD)、奈米形貌(NT)及形狀分布圖。

**【0045】** WSA電腦裝置115分析晶圓之量測資料以判定在拋光之後晶圓之輪廓。若經判定輪廓超過任何品質臨限值，則WSA電腦裝置115可判定需要調整研磨機120或其他裝置。

**【0046】** 系統100可包含複數個研磨機120，其中各研磨機120研磨一晶圓，但各晶圓可僅被研磨一次。在此等實施例中，WSA電腦裝置115追蹤複數個研磨機120之各者之研磨結果。

**【0047】** 系統100包含複數個後研磨裝置，諸如但不限於用於蝕刻經研磨晶圓之一蝕刻裝置130、用於量測經蝕刻晶圓之表面的平坦度之一表面量測裝置135、用於拋光經蝕刻晶圓之一拋光裝置140，及用於量測經拋光晶圓之奈米形貌之一奈米形貌量測裝置145。在其他實施例中，其他裝置可包含於系統100中。

【0048】 WSA電腦裝置115包含系統100中之裝置之一模型，其中模型基於一晶圓之量測來模擬晶圓之蝕刻、拋光及可能研磨，以預測晶圓之拋光後表面。拋光後表面類似於如由奈米形貌量測裝置145量測之表面。如本文中進一步描述，WSA電腦裝置115基於複數個所製造晶圓之複數個歷史資料來產生模型。歷史資料係基於第一量測裝置110 (切片後)或第二量測裝置125 (研磨後)之至少一者及奈米形貌量測裝置145 (拋光後)處之晶圓之比較。

【0049】 WSA電腦裝置115針對其分析之各系統100產生一模型。例如，一工廠可具有用於製造晶圓之一個以上生產線。針對各生產線，WSA電腦裝置115產生一各別模型。在一些實施例中，在多個切片機105或研磨機120使用相同後研磨機處理之情況下，則WSA電腦裝置115可使用相同模型。

【0050】 圖2係繪示使用系統100 (圖1中所展示)評估一晶圓之一例示性程序200之一流程圖。在實例實施例中，程序200之步驟係由WSA電腦裝置115 (圖1中所展示)執行。

【0051】 在程序200之前，建立至少一個神經網路模型。運用複數個歷史影像訓練神經網路模型。一第一神經網路模型經訓練以接收晶圓之一研磨後或切片後形狀圖，且自經輸入形狀圖判定一拋光後NT圖。一第二神經網路模型經訓練以接收晶圓之一研磨後或切片後GAPI RMS圖，且判定晶圓之一IPD圖。此等神經網路模型之兩者係用複數個歷史影像及生成對抗網路(GAN)進行訓練。

【0052】 GAN架構包括用於輸出新的可信(plausible)合成影像之一產生器模型及將影像分類為真實(來自資料集)或虛假(所產生)之一鑑別器

模型。鑑別器模型直接更新，而產生器模型係經由鑑別器模型更新。因而，在一對抗程序中同時訓練兩個模型，其中產生器企圖更好地欺騙鑑別器，且鑑別器力圖更好地識別偽造影像。

**【0053】** 針對本文中所描述之GAN模型，輸出影像之產生取決於一輸入，在此情況下，一源影像。鑑別器包含一源影像及目標影像兩者，且必須判定目標是否為源影像之一可信變換。經由對抗損耗來訓練產生器，此鼓勵產生器在目標域中產生可信影像。亦經由在所產生影像與預期輸出影像之間量測之L1損耗來更新產生器。此額外損耗鼓勵產生器模型產生源影像之可信轉譯。模型之輸入可為四線掃描資料或八線掃描資料。下文描述訓練模型之進一步論述。

**【0054】** 晶圓處理205可包含藉由切片機105進行切片及/或藉由研磨機120進行研磨(兩者皆在圖2中展示)。在處理205之後，第一量測裝置110及第二量測裝置125 (兩者皆在圖1中展示)之至少一者量測210經研磨晶圓，且將當前後處理量測傳輸至WSA電腦裝置115。WSA電腦裝置115從當前量測運算215 GAPI RMS圖，且從預定義演算法運算GAPI RMS圖。

**【0055】** WSA電腦裝置115執行220前述神經網路模型以產生形狀圖，諸如拋光後NT圖及/或IPD圖。出於本發明之目的，神經網路模型可將形狀圖轉換為拋光後NT圖或將GAPI RMS圖轉換為IPD圖。接著，WSA電腦裝置115基於形狀圖來計算225經預測晶圓屬性。此等晶圓屬性可包含但不限於平均IPD、THA1010及THA2525。THA1010及THA2525係基於奈米形貌圖計算之奈米形貌參數。藉由記錄在10 mm × 10 mm大小之一移動窗口中之峰谷差值來計算THA1010，該移動窗口係在整個晶圓

上方移動且接著將此經記錄值集之一特定百分位數視為THA1010值。百分位值可變化，且通常係由最終消費者指定。THA2525類似於THA1010，惟窗口可為一25 mm × 25 mm之方形或具有25 mm之一直徑之一圓形除外。晶圓屬性預測在處理結束時晶圓之狀態，諸如由奈米形貌量測裝置145量測。

**【0056】** WSA電腦裝置115比較230晶圓屬性與一或多個預定臨限值。在實例實施例中，預定臨限值係對拋光後晶圓之適當表面之要求。在實例實施例中，一些預定臨限值及/或要求係基於來自晶圓之製造商及/或購買晶圓之客戶之一或多個使用者偏好。

**【0057】** 若晶圓屬性係在容限內235，則WSA電腦裝置115儲存資料且移動至分析下一晶圓。接著，經儲存晶圓屬性可用於改進神經網路及/或偵測一或多個趨勢。若晶圓屬性未在容限235內，則WSA電腦裝置115觸發一警報且潛在地調整240一或多個裝置，諸如但不限於切片機105、研磨機120、蝕刻裝置130及拋光裝置140。在一些實施例中，WSA電腦裝置115直接調整240該(等)裝置。在其他實施例中，WSA電腦裝置115指示另一裝置調整240該(等)裝置。在又進一步實施例中，WSA電腦裝置115指示一使用者調整240該(等)裝置。

**【0058】** WSA電腦裝置115判定晶圓係在容限內235，但亦判定該(等)裝置之一或多者變得不再被適當調整。在此等實施例中，WSA電腦裝置115可基於複數個晶圓之後處理檢測之一當前趨勢來判定裝置脫離適當調整。WSA電腦裝置115可辨識該趨勢且判定裝置將需要在特定次使用中或在一段時間之後進行調整。在此等實施例中，WSA電腦裝置115可判定系統100之下一計劃停機時段。若計劃停機時段係在裝置預期脫離適當調

整之前，則WSA電腦裝置115可將裝置調整排程為在計劃停機時段期間發生。WSA電腦裝置115可基於一或多個預定臨限值、各晶圓之後處理結果之改變量及模型來判定裝置預期何時產生超出容限之晶圓。

**【0059】** WSA電腦裝置115基於複數個歷史資料來產生模型，該複數個歷史資料包含由第一量測裝置110進行之過去的切片後量測或由第二量測裝置125進行之研磨後量測及由奈米形貌量測裝置145進行之過去的拋光後量測。在實例實施例中，WSA電腦裝置115藉由比較晶圓之切片後/研磨後影像及拋光後影像來產生模型以判定系統100在處理晶圓時如何改變晶圓。在一些實施例中，WSA電腦裝置115儲存使用來自一特定生產線(系統100)之歷史檢測資料針對該生產線訓練之一般模型。在其他實施例中，WSA電腦裝置115完全自該生產線之歷史資料產生模型。在一些進一步實施例中，在生產線在生產中時，基於生產線之奈米形貌量測裝置145之量測資料不斷地更新模型。此容許模型最準確地模型化當前生產線(系統100)。在其他實施例中，模型僅每六個月或其他預定時間段進行更新或校準。此實施例在系統100中之其他裝置未改變或不需要定期重新校準之情況下係最佳的。在一些實施例中，每當一裝置被替換、被校準或以其他方式改變時，針對生產線之當前狀態更新及校準模型。

**【0060】** 雖然針對一半導體晶圓製造裝配線描述系統100及程序200，但熟習此項技術者將理解，本發明可與其他裝配線一起使用。在此等其他實施例中，系統100將被視為用於產生一產品之裝配線100。裝配線包含一第一裝置105、一第一檢測站110、一電腦裝置115、一第二裝置120、一第二檢測站125及潛在地一第三裝置140及一第三檢測站145。在此等其他實施例中，電腦裝置115在至少一個記憶體裝置中儲存用於模擬

一裝配線100之一部分之一模型。電腦裝置115接收所裝配之一產品之一第一檢測之掃描資料。第一檢測係在裝配線100中之第一裝置105 (或120) 之後的裝配線100中之第一檢測站110 (或125)處進行。電腦裝置115使用掃描資料作為輸入來執行220模型以產生產品之一最終輪廓及或屬性。

**【0061】** 電腦裝置115比較230最終輪廓與一或多個臨限值。電腦裝置115判定235最終輪廓是否因超過一或多個臨限值之至少一者而超過一或多個容限。若判定係最終輪廓超過一或多個臨限值之至少一者，則電腦裝置115引起調整240第一裝置105 (或120)。

**【0062】** 電腦裝置115可基於一裝配線100之複數個檢測資料來產生用於模擬該裝配線100之一部分之模型。模型產生產品之最終輪廓，其模擬產品到達第二檢測站125時之一實際輪廓。在一些進一步實施例中，第二檢測站125係定位於裝配線100完成之後。在一些實施例中，複數個檢測資料包含第一檢測站110處之複數個個別產品之第一複數個掃描資料及第二檢測站125處之複數個個別產品之第二複數個掃描資料。在又一些進一步實施例中，電腦裝置115接收在第二檢測站125處裝配之一產品之一第二檢測之掃描資料。電腦裝置115比較第二檢測之掃描資料與最終輪廓。電腦裝置115基於比較來調整模型。

**【0063】** 在其他實施例中，電腦裝置115產生用於模擬裝配線100之一部分之模型。模型產生產品之最終輪廓及屬性，其模擬產品到達最終檢測站145時之一實際輪廓。模型可在一第一處理站105之後自一第一檢測站110接收掃描資料及/或在一第二處理站120之後自一第二檢測站125接收掃描資料。接著，電腦裝置115基於來自檢測站110及125兩者之輸入產生產品之輪廓。

【0064】 若判定最終輪廓超過一或多個臨限值之至少一者，則電腦裝置115分析複數個先前檢測以判定一趨勢。電腦裝置115基於趨勢來預測一後續產品之一後續檢測是否可能超過一或多個臨限值之至少一者。電腦裝置115基於趨勢來調整第一裝置105或第二裝置120。

【0065】 圖3係用於根據系統100 (在圖1中展示)使用程序200 (在圖2中展示)評估一晶圓的一例示性系統300之一簡化方塊圖。在實例實施例中，系統300係用於分析研磨後晶圓以判定其等在拋光後是否將在容限內。另外，系統300係包含一晶圓表面分析(WSA)電腦裝置310 (亦稱為一WSA伺服器)之一即時資料分析及分類電腦系統，WSA電腦裝置310經組態以分析晶圓且基於分析來預測未來狀態。

【0066】 一量測裝置305經組態以掃描一晶圓之表面以產生該晶圓之一輪廓。更明確言之，量測裝置305掃描晶圓之奈米形貌且與WSA電腦裝置310通信。量測裝置305透過各種有線或無線介面連接至WSA電腦裝置310，該等介面包含但不限於一網路(諸如一區域網路(LAN)或一廣域網路(WAN))、撥入連接、纜線數據機、網際網路連接、無線及專用高速整合服務數位網路(ISDN)線路。量測裝置305接收關於一晶圓之表面之資料，且將該資料報告至WSA電腦裝置310。在其他實施例中，量測裝置305與一或多個用戶端系統325通信，且用戶端系統325即時地或近即時地將量測資料路由至WSA電腦裝置310。在一些實施例中，一第一量測裝置305量測晶圓之一個側，且一第二量測裝置305量測晶圓之另一側。在實例實施例中，量測裝置305類似於第一量測裝置110 (在圖1中展示)、第二量測裝置125 (在圖1中展示)及奈米形貌量測裝置145 (在圖1中展示)。

【0067】 如上文更詳細描述，WSA伺服器310經程式化以分析晶圓

以預測拋光後晶圓表面之奈米形貌，以容許系統300對將導致晶圓快速超出容限之改變作出回應。WSA伺服器310經程式化以判定一晶圓之當前狀況；(2)基於當前狀況及模型來預測晶圓之狀況之一後處理狀態；及(3)基於晶圓之後處理狀態及一或多個預定臨限值來判定是否需要對晶圓處理裝置進行調整。在實例實施例中，WSA伺服器310類似於晶圓表面分析電腦裝置115 (在圖1中展示)。

**【0068】** 用戶端系統325係包含一網頁瀏覽器或一軟體應用程式之電腦，該網頁瀏覽器或軟體應用程式使用戶端系統325能夠使用網際網路、一區域網路(LAN)或一廣域網路(WAN)與WSA伺服器310通信。在一些實施例中，用戶端系統325係透過許多介面通信地耦合至網際網路，該等介面包含但不限於一網路(諸如網際網路、一LAN、一WAN或一整合服務數位網路(ISDN))、一撥號連接、一數位用戶線(DSL)、一蜂巢式電話連接、一衛星連接及一纜線數據機之至少一者。用戶端系統325可為能夠存取一網路(諸如網際網路)之任何裝置，包含但不限於一桌上型電腦、一膝上型電腦、一個人數位助理(PDA)、一蜂巢式電話、一智慧型電話、一平板電腦、一平板手機或其他基於網頁之可連接設備。

**【0069】** 一資料庫伺服器315係通信地耦合至儲存資料之一資料庫320。在一項實施例中，資料庫320係包含歷史資料及模型之一資料庫。在一些實施例中，資料庫320係自WSA伺服器310遠端地儲存。在一些實施例中，資料庫320係分散式的。在實例實施例中，吾人可藉由登錄至WSA伺服器310上而經由用戶端系統325存取資料庫320。

**【0070】** 圖4繪示用戶端系統325 (在圖3中展示)之一例示性組態。使用者電腦裝置402係由一使用者401操作。使用者電腦裝置402可包含但

不限於第一量測裝置110、第二量測裝置125、晶圓表面分析電腦裝置115、奈米形貌量測裝置145 (全部在圖1中展示)、量測裝置305、WSA電腦裝置310及用戶端系統325 (全部在圖3中展示)。使用者電腦裝置402包含用於執行指令之一處理器405。在一些實施例中，可執行指令係儲存於一記憶體區域410中。處理器405可包含一或多個處理單元(例如，呈一多核心組態)。記憶體區域410係容許儲存及擷取諸如可執行指令及/或異動資料的資訊之任何裝置。記憶體區域410可包含一或多個電腦可讀媒體。

**【0071】** 使用者電腦裝置402亦包含用於向使用者401呈現資訊之至少一個媒體輸出組件415。媒體輸出組件415係能夠向使用者401傳達資訊之任何組件。在一些實施例中，媒體輸出組件415包含諸如一視訊配接器及/或一音訊配接器之一輸出配接器(未展示)。一輸出配接器係可操作地耦合至處理器405，且可操作地耦合至諸如一顯示裝置(例如，一陰極射線管(CRT)、液晶顯示器(LCD)、發光二極體(LED)顯示器或「電子墨水」顯示器)或一音訊輸出裝置(例如，一揚聲器或耳機)之一輸出裝置。在一些實施例中，媒體輸出組件415經組態以向使用者401呈現一圖形使用者介面(例如，一網頁瀏覽器及/或一用戶端應用程式)。一圖形使用者介面可包含例如用於查看一或多個晶圓之分析之結果之一介面。在一些實施例中，使用者電腦裝置402包含用於接收來自使用者401之輸入之一輸入裝置420。使用者401可使用輸入裝置420來選擇一晶圓以查看其分析，但不限於此。輸入裝置420可包含例如一鍵盤、一指標裝置、一滑鼠、一觸控筆、一觸敏面板(例如，一觸控板或一觸控螢幕)、一陀螺儀、一加速度計、一位置偵測器、一生物特徵輸入裝置及/或一音訊輸入裝置。諸如一觸控螢幕之一單一組件可用作媒體輸出組件415之一輸出裝置及輸入裝置

420兩者。

【0072】 使用者電腦裝置402亦可包含一通信介面425，其通信地耦合至諸如WSA伺服器310 (在圖3中展示)之一遠端裝置。通信介面425可包含例如一有線或無線網路配接器及/或一無線資料收發器以用於搭配一行動電信網路使用。

【0073】 例如用於經由媒體輸出組件415向使用者401提供一使用者介面且視情況接收及處理來自輸入裝置420之輸入的電腦可讀指令係儲存於記憶體區域410中。除其他可能性之外，一使用者介面亦可包含一網頁瀏覽器及/或一用戶端應用程式。網頁瀏覽器使諸如使用者401之使用者能夠顯示來自WSA伺服器310之通常嵌入於一網頁或一網站上之媒體及其他資訊且與之互動。一用戶端應用程式容許使用者401與例如WSA伺服器310互動。例如，指令可由一雲端服務儲存，且指令之執行之輸出被發送至媒體輸出組件415。

【0074】 處理器405執行用於實施本發明之態樣之電腦可執行指令。在一些實施例中，處理器405係藉由執行電腦可執行指令或藉由以其他方式被程式化而變換為一專用微處理器。

【0075】 圖5繪示圖3中所展示之伺服器系統310之一例示性組態。伺服器電腦裝置501可包含但不限於WSA電腦裝置115 (在圖1中展示)、資料庫伺服器315及WSA伺服器310 (兩者皆在圖3中展示)。伺服器電腦裝置501亦包含用於執行指令之一處理器505。指令可儲存於一記憶體區域510中。處理器505可包含一或多個處理單元(例如，呈一多核心組態)。

【0076】 處理器505係可操作地耦合至一通信介面515，使得伺服器電腦裝置501能夠與諸如另一伺服器電腦裝置501、另一WSA伺服器310或

用戶端系統325 (在圖3中展示)之一遠端裝置通信。例如，通信介面515可經由網際網路接收來自用戶端系統325之請求，如圖3中所繪示。

**【0077】** 處理器505亦可被可操作地耦合至一儲存裝置534。儲存裝置534係適合於儲存及/或擷取資料(諸如但不限於與資料庫320 (在圖3中展示)相關聯之資料)之任何電腦操作硬體。在一些實施例中，儲存裝置534係整合於伺服器電腦裝置501中。例如，伺服器電腦裝置501可包含一或多個硬碟機作為儲存裝置534。在其他實施例中，儲存裝置534係在伺服器電腦裝置501外部，且可由複數個伺服器電腦裝置501存取。例如，儲存裝置534可包含一儲存區域網路(SAN)、一網路附接儲存(NAS)系統及/或多個儲存單元，諸如呈一廉價磁碟冗餘陣列(RAID)組態之硬碟及/或固態磁碟。

**【0078】** 處理器505可經由一儲存介面520可操作地耦合至儲存裝置534。儲存介面520係能夠為處理器505提供對儲存裝置534之存取之任何組件。儲存介面520可包含例如一先進技術附件(ATA)配接器、一串列ATA (SATA)配接器、一小型電腦系統介面(SCSI)配接器、一RAID控制器、一SAN配接器、一網路配接器及/或為處理器505提供對儲存裝置534之存取之任何組件。

**【0079】** 處理器505執行用於實施本發明之態樣之電腦可執行指令。在一些實施例中，處理器505係藉由執行電腦可執行指令或藉由以其他方式被程式化而變換為一專用微處理器。例如，處理器505經程式化具有諸如圖2中所繪示之指令。

**【0080】** 圖6係繪示由一量測裝置305 (在圖3中展示)執行之一例示性線掃描程序600之一圖。在實例實施例中，程序600係由作為系統100之

一部分之第一量測裝置110、第二量測裝置125及奈米形貌量測裝置145 (全部在圖1中展示)及程序200 (在圖2中展示)執行。

【0081】 根據線掃描程序600，晶圓W係由與晶圓之一第一表面605A接觸之一或多個支撐銷603支撐。如由晶圓在一無重力狀態下之一形狀(用元件符號607指示)與晶圓在經支撐狀態下之一形狀(用元件符號609指示)之間的一比較繪示，經支撐晶圓609之形狀依據重力及晶圓W之一質量而偏轉。量測裝置305包含一第一靜電電容式感測器621A，其用於沿著經支撐晶圓609之一直徑量測第一感測器621A與一第一表面605A (例如，前表面)之間之複數個距離(例如，「距離B」)。類似地，量測裝置305包含一第二靜電電容式感測器621B，其用於沿著經支撐晶圓609之一直徑量測第二感測器621B與一第二表面605B (例如，背表面)之間之複數個距離(例如，「距離F」)。經獲得資料包含對應於直徑之一線掃描資料集。線掃描資料集包括由第一感測器621A沿著經支撐晶圓609之直徑量測之複數個距離及由第二感測器621B沿著經支撐晶圓609之直徑量測之複數個距離。線掃描資料集指示沿著直徑之晶圓輪廓。

【0082】 圖7A及圖7B係進一步繪示例示性線掃描程序600 (在圖6中展示)之圖。圖7A及圖7B繪示由一量測裝置305執行之用於獲得複數個線掃描資料集之線掃描程序600，該複數個線掃描資料集各自指示沿著一特定直徑之一晶圓輪廓。如由圖7A繪示，沿著晶圓之一第一直徑執行一第一線掃描(由箭頭701指示)。特定言之，第一感測器621A係在沿著晶圓之第一直徑之一第一方向上在第一表面605A上方之一平面中移動。第一感測器621A以預定義間隔(即，節距R，量測頻率)量測第一感測器621A與晶圓之第一表面605A之間之距離。預定義間隔在圖7A中被繪示為在晶圓W

之表面上具有標記。例如，第一感測器621A可沿著晶圓之第一直徑以1 mm或2 mm間隔量測距離。第二感測器621B係類似地在第一方向上在第二表面605B下方之一平面中移動，以沿著晶圓之第一直徑量測第二感測器621B與第二表面605B之間之距離。晶圓之第一直徑可被定義依據一參考點而變化。例如，在所繪示程序中，第一直徑通過定位於晶圓之周邊上之缺口N。

**【0083】** 如由圖7B繪示，在完成第一線掃描701之後，使晶圓W旋轉(由箭頭709指示)。特定言之，定位於支撐銷603下方之一旋轉載物台705被升高以將晶圓W提升至支撐銷603上方之一位置(由元件符號707指示)。在將晶圓支撐在提升位置707中時，旋轉載物台旋轉。因此，晶圓旋轉若干度( $\theta$ )。旋轉載物台705被降低且經旋轉晶圓被重新定位於支撐銷603上。支撐銷603相對於晶圓之第二表面之位置在圖7A及圖7B中係用隱藏線指示。繼而，執行沿著晶圓之一第二直徑之一線掃描(由箭頭715指示)。根據所繪示程序，第一及第二感測器621A及621B係在沿著晶圓之第二直徑之一第二方向(例如，與第一方向相反)上在分別對應於第一及第二表面605A及605B之平面中移動。如上文結合第一線掃描701所說明，第一及第二感測器621A及621B分別沿著晶圓之第二直徑以預定義間隔量測感測器621A及621B與晶圓之第一及第二表面605A及605B之間的距離。重複旋轉709以及線掃描操作701及715，以獲得複數個線掃描資料集之各者。

**【0084】** 量測裝置305適當地使用一自質量補償(self-mass compensation)演算法來判定一無重力狀態下之晶圓形狀607。自質量補償依據線掃描資料集、晶圓密度、一彈性常數、晶圓之直徑及支撐銷603之

位置來判定晶圓之形狀。在一項實施例中，量測裝置305基於晶圓形狀來量測一或多個晶圓參數。晶圓參數可包含以下之一或多者：翹曲、彎曲、TTV (總厚度變動)及/或GBIR (全域背表面理想範圍)。

**【0085】** 參考圖8A，翹曲及彎曲係大體上相對於一參考平面來判定。參考平面係依據支撐銷603與晶圓之表面605A之間之接觸點來定義。明確言之，翹曲被定義為中間區域與參考平面之最大偏差及最小偏差之間的差之絕對值。中間區域係等距於晶圓之前表面605B及晶圓之背表面605A的點之一軌跡。彎曲被定義為在晶圓中心處與參考平面之偏差量。參考圖8B，GBIR及TTV反映晶圓之線性厚度變動，且可基於從晶圓之背表面至參考平面之一最大距離與一最小距離之間的一差來運算。例如，量測裝置305可獲得如由圖9A繪示之四個線掃描資料集或如圖9B中所繪示之八個線掃描資料集。各線掃描資料集指示晶圓之一直徑輪廓。

**【0086】** 再次參考圖1中所繪示之系統100，由用於量測如由研磨機120研磨之晶圓的奈米形貌之量測裝置110、125及145獲得之資料被傳輸至WSA電腦裝置115。例如，線掃描資料集及/或經判定晶圓形狀可被傳輸至WSA電腦裝置115。WSA電腦裝置115接收掃描資料且執行用於執行用於處理經接收掃描資料之複數個操作之電腦可執行指令，如本文中所描述。特定言之，WSA電腦裝置115基於經接收掃描資料來預測晶圓之一拋光後奈米形貌。在一些實施例中，WSA電腦裝置115基於晶圓之經預測奈米形貌來判定一研磨參數。相應地調整研磨機120之操作。

**【0087】** WSA電腦裝置115可存取用於處理經接收掃描資料之一回饋程式。經接收掃描資料可包含線掃描資料集及/或經研磨晶圓之經判定晶圓形狀。特定言之，WSA電腦裝置115基於經接收翹曲資料來預測拋光

後晶圓之一奈米形貌。晶圓之奈米形貌係預測的而非實際量測的，此係因為當第一量測裝置110或第二量測裝置125量測晶圓時，晶圓尚未經歷拋光。WSA電腦裝置115基於晶圓之經預測奈米形貌來判定一或多個研磨參數。在一項實施例中，WSA電腦裝置115判定一移位參數。移位參數指示用於使該對磨輪移動以減少由磨輪之錯位導致的奈米形貌劣化之一量值及一方向。在另一實施例中，WSA電腦裝置115額外地或替代地判定一傾斜參數。傾斜參數指示用於相對於一晶圓定位該對磨輪以減少由磨輪之錯位導致的奈米形貌劣化之一角度。

**【0088】** 基於經判定參數來調整研磨機120或其他站之操作。例如，在研磨機120之情況下，可如由經判定移位及/或傾斜參數指定般調整磨輪。在一項實施例中，依據經判定移位及/或傾斜參數以及一先前定義之補償量來調整磨輪。在一項實施例中，研磨機120經組態以接收經判定研磨參數，且依據經判定研磨參數來調整研磨機120之一或多個組件。在另一實施例中，經判定研磨參數被提供給一操作者，且操作者組態研磨機120以依據經判定研磨參數來調整研磨機120之一或多個組件。

**【0089】** 圖10A繪示使用經訓練神經網路模型來將一研磨後形狀圖轉換為一經預測拋光後NT圖。圖10B繪示使用經訓練神經網路模型來將一GAPI RMS圖轉換為一經預測IPD圖。GAN AI模型1005 (其可為一神經網路或其他基於人工智慧或機器學習之模型)接收輸入影像1010且輸出經預測輸出影像1015。輸入影像1010可包含如圖10A中所展示之形狀圖或如圖10B中所展示之GAPI RMS圖。

**【0090】** GAN AI模型1005係在巨量資料集(large datasets)上進行訓練以使輸入資料1010與輸出圖1015相互關聯。在圖10A中所展示之第一

實例中，由第一量測裝置110或第二量測裝置125 (兩者皆在圖1中展示)取得研磨後(或切片後)線資料(諸如4線或8線掃描)。線資料係用於製作一形狀圖。形狀圖被用作模型1005之一輸入影像1010。接著，模型1005輸出經預測拋光後奈米形貌(NT)圖作為一輸出影像1015。在一些實施例中，經訓練模型1005提供研磨後4線或8線掃描資料1010與NT圖1015之間之一相關性，其中R<sup>2</sup>約為80%。

**【0091】** 在圖10B中所展示之第二實例中，由第一量測裝置110或第二量測裝置125 (兩者皆在圖1中展示)取得GAPI RMS圖。GAPI RMS圖被用作模型1005之一輸入影像1010。接著，模型1005輸出經預測之基於形狀的平面內變形(IPD)圖作為輸出影像1015。在一些實施例中，經訓練模型1005提供GAPI RMS圖1010與IPD圖1015之間之一相關性，其中R<sup>2</sup>約為90%。

**【0092】** 一旦NT及IPD圖兩者皆可用，WSA電腦裝置310便可計算不同參數，諸如但不限於：THA1010、THA2525、平均IPD等。WSA電腦裝置310可使用此等參數，該等參數可用於最佳化矽晶圓之製造期間之研磨、切片及拋光程序。

**【0093】** 圖11A繪示晶圓形狀圖之影像。第一影像係一輸入影像1105，明確言之，一平滑研磨後資料集圖。第二影像係一實況影像1110，其係一實際拋光後經量測晶圓。實況影像1110可由奈米形貌量測裝置145 (在圖1中展示)量測。第三影像係一經預測NT圖1115。

**【0094】** 圖11B繪示比較實況影像1110與經預測NT圖1115 (兩者皆在圖11A中展示)之一例示性圖表。在此實例中，針對實況影像1110及經預測NT圖1115兩者計算TH2525。圖11B中之圖表基於所計算TH2525來

繪示實況影像1110與經預測NT圖1115之間之相關性。關聯標繪圖展示約0.788之一R平方值。

【0095】圖12A繪示晶圓形狀圖之影像。第一影像係一輸入影像1205，明確言之，一經過濾研磨後資料集圖。第二影像係一實況影像1210，其係一實際拋光後經量測晶圓。實況影像1210可由奈米形貌量測裝置145 (在圖1中展示)量測。第三影像係一經預測NT圖1215。

【0096】圖12B繪示比較實況影像1210與經預測NT圖1215 (兩者皆在圖12A中展示)之一例示性圖表。在此實例中，針對實況影像1210及經預測NT圖1215兩者計算TH2525。圖12B中之圖表基於所計算TH2525來繪示實況影像1210與經預測NT圖1215之間之相關性。關聯標繪圖展示約0.829之一R平方值。

【0097】圖13A繪示晶圓形狀圖之影像。第一影像係一輸入影像1305，明確言之，一GAPI RMS圖。第二影像係一實況影像1310，其係一實際拋光後經量測晶圓。實況影像1310可由奈米形貌量測裝置145 (在圖1中展示)量測。第三影像係一經預測IPD圖1315。

【0098】圖13B繪示比較實況影像1310與經預測IPD圖1315 (兩者皆在圖13A中展示)之一例示性圖表。在此實例中，針對實況影像1310及經預測IPD圖1315兩者計算TH2525。圖13B中之圖表基於所計算IPD來繪示實況影像1310與經預測IPD圖1315之間之相關性。關聯標繪圖展示約0.930之一R平方值。

【0099】一電腦裝置(諸如晶圓表面分析電腦裝置115 (在圖1中展示))包括與至少一個記憶體裝置510通信之至少一個處理器505 (兩者皆在圖5中展示)。WSA電腦裝置115經程式化以在至少一個記憶體裝置510中

儲存用於轉換形狀圖以模擬一裝配線100 (在圖1中展示)之一部分之一模型。WSA電腦裝置115接收所裝配之一產品之一第一檢測之掃描資料。第一檢測係在第一檢測站(亦稱為第一量測裝置110，其可為第一量測裝置110或第二量測裝置125 (兩者皆在圖1中展示))處進行。第一檢測站係在裝配線100中，在裝配線100中之一第一裝置105或120 (兩者皆在圖1中展示)之後。

**【0100】** WSA電腦裝置115亦自第一檢測之掃描資料產生一形狀圖，且使用形狀圖作為一輸入來執行模型以產生產品之一最終形狀圖。WSA電腦裝置115比較最終形狀圖與一或多個臨限值，且判定最終形狀圖是否超過一或多個臨限值之至少一者。若判定係最終形狀圖超過一或多個臨限值之至少一者，則WSA電腦裝置115引起調整第一裝置。

**【0101】** WSA電腦裝置115亦可從最終形狀圖計算一或多個產品屬性。WSA電腦裝置115比較一或多個產品屬性與一或多個臨限值。若一或多個產品屬性超過一或多個臨限值，則WSA電腦裝置115引起調整第一裝置。

**【0102】** 形狀圖適當地為一研磨後形狀圖及一GAPI RMS (均方根)圖之一者。如此，最終形狀圖分別為一拋光後奈米形貌圖及一平面內變形(IPD)圖之一者。模型係用部分處理及完全處理之產品之歷史影像訓練之一生成對抗網路(GAN)人工智慧模型。模型將一輸入形狀圖轉換為產品之一最終版本之形狀圖之一模擬。

**【0103】** 形狀圖係一第一形狀圖，且最終形狀圖係一第一最終形狀圖。在此等實施例中，WSA電腦裝置115自掃描資料產生一第二形狀圖。經由不同於第一形狀圖之一方法產生第二形狀圖。WSA電腦裝置115使用

第二形狀圖作為一輸入來執行模型以產生產品之一第二最終形狀圖。WSA電腦裝置115從第一最終形狀圖及第二最終形狀圖計算一或多個產品屬性。WSA電腦裝置115比較一或多個產品屬性與一或多個臨限值。若一或多個產品屬性超過一或多個臨限值，則WSA電腦裝置115引起調整第一裝置。在此等實施例中，第一形狀圖係一研磨後形狀圖，第一最終形狀圖係一拋光後奈米形貌圖，第二形狀圖係一GAPI RMS (均方根)圖，且第二最終形狀圖係一平面內變形(IPD)圖。

**【0104】** 掃描資料係產品之四線掃描資料或八線掃描資料之一者。產品係如上文所描述之一半導體晶圓，且第一裝置係一研磨機或一切片機之一者。第一檢測站包含一奈米形貌量測裝置。

**【0105】** WSA電腦裝置115基於最終形狀圖與一或多個臨限值及模型之比較來產生對第一裝置之一或多個調整。WSA電腦裝置115將一或多個調整傳輸至一使用者及第一裝置之至少一者。

**【0106】** 若判定最終形狀圖超過一或多個臨限值之至少一者，則WSA電腦裝置115分析複數個先前檢測以判定一趨勢。接著，WSA電腦裝置115基於趨勢來預測一後續產品之一後續檢測是否可能超過一或多個臨限值之至少一者。另外，WSA電腦裝置115基於趨勢來調整第一裝置。

**【0107】** 由此系統實現以解決技術問題之技術解決方案之至少一者可包含：(i)改良晶圓表面之分析；(ii)減少歸因於故障或不當對準之材料損耗；(iii)增加晶圓分析之速度；(iv)增加晶圓分析之準確度；(v)減少對研磨機之不必要調整；(vi)減少誤報及漏報；及(vii)更新針對各個別生產線校準之分析。

**【0108】** 電腦實施方法可包含額外、較少或替代動作，包含本文中

在別處論述之動作。方法可經由一或多個本端或遠端處理器、收發器、伺服器及/或感測器(諸如安裝於車輛或行動裝置上或與智慧型基礎設施或遠端伺服器相關聯的處理器、收發器、伺服器及/或感測器)及/或經由儲存於一或多個非暫時性電腦可讀媒體上之電腦可執行指令來實施。

**【0109】** 另外，電腦系統可包含額外、較少或替代功能性，包含本文中在別處論述之功能性。電腦系統可包含儲存於一或多個非暫時性電腦可讀媒體上之電腦可執行指令或經由其實施。

**【0110】** 可使用監督式或無監督機器學習來訓練一處理器或一處理元件，且機器學習程式可採用一神經網路，其可為一卷積(convolutional)神經網路、一深度學習神經網路、一經強化或強化學習模組或程式，或在兩個或更多個所關注領域或區域中學習之一組合學習模組或程式。機器學習可涉及識別及辨識現有資料中之型樣以促進對後續資料進行預測。可基於例示性輸入來產生模型，以針對新穎輸入進行有效的且可靠的預測。

**【0111】** 額外地或替代地，可藉由將樣本資料集或特定資料輸入至程式中來訓練機器學習程式，諸如影像、物件統計及資訊、歷史估計及/或實際修復成本。機器學習程式可利用深度學習演算法，其可主要專注於型樣辨識，且可在處理多個實例之後進行訓練。機器學習程式可包含貝氏(Bayesian)程式學習(BPL)、語音辨識及合成、影像或物件辨識、光學字元辨識及/或自然語言處理(個別地抑或組合地)。機器學習程式亦可包含自然語言處理、語義分析、自動推理及/或機器學習。

**【0112】** 可使用監督式及無監督機器學習技術。在監督式機器學習中，一處理元件可包含例示性輸入及其等之相關聯輸出，且可力圖發現將輸入映射至輸出之一般規則，使得當提供後續新穎輸入時，處理元件可基

於所發現之規則來準確地預測正確輸出。在無監督機器學習中，可需要處理元件在未標記之例示性輸入中找到其自身之結構。在一項實施例中，機器學習技術可用於提取關於晶圓表面奈米形貌之資料以預測未來狀態。

**【0113】** 基於此等分析，處理元件可學習如何識別接著可能應用於分析影像資料、模型資料及/或其他資料之特性及型樣。例如，處理元件可學習基於後研磨及後拋光量測之比較來識別在一研磨機脫離對準之前之趨勢。處理元件亦可學習如何基於所收集掃描資料來識別可能不容易明瞭之趨勢，諸如在一研磨機脫離對準之前之趨勢。

**【0114】** 方法及系統可使用包含電腦軟體、韌體、硬體或任何組合或子集之電腦程式設計或工程設計技術來實施。如上文所揭示，先前系統之至少一個技術問題係需要以具成本效益且可靠之方式分析資料以預測奈米形貌之系統。本文中所描述之系統及方法解決該技術問題。另外，由此系統實現以克服技術問題之技術解決方案之至少一者可包含：**(i)**改良晶圓表面之分析；**(ii)**減少歸因於故障或不當對準之材料損耗；**(iii)**增加晶圓分析之速度；**(iv)**增加晶圓分析之準確度；及**(v)**更新針對各個別生產線校準之分析。

**【0115】** 所描述之方法及系統可使用包含電腦軟體、韌體、硬體或其等之任何組合或子集的電腦程式設計或工程設計技術來實施，其中可藉由執行以下步驟之至少一者來達成技術效應：**(a)**在至少一個記憶體裝置中儲存用於模擬一裝配線之一部分之一模型；**(b)**接收所裝配之一產品之一第一檢測之掃描資料，其中第一檢測係定位於裝配線中之一第一裝置之後的裝配線中之一第一檢測站處；**(c)**使用掃描資料作為輸入來執行模型以產生產品之一最終輪廓；**(d)**比較最終輪廓與一或多個臨限值；**(e)**判定最終輪

廓是否超過一或多個臨限值之至少一者；f)若判定係最終輪廓超過一或多個臨限值之至少一者，則引起調整第一裝置；g)基於該裝配線之複數個檢測資料來產生用於模擬一裝配線之一部分之模型，其中裝配線包含在裝配線之一第二裝置之後的一第二檢測站，且其中模型產生產品之最終輪廓，該最終輪廓模擬產品到達第二檢測站時之一實際輪廓，其中第二檢測站係定位於裝配線完成之後，其中複數個檢測資料包含第一檢測站處之複數個個別產品之第一複數個掃描資料及第二檢測站處之複數個個別產品之第二複數個掃描資料；h)接收在第二檢測站處裝配之一產品之一第二檢測之掃描資料；i)比較第二檢測之掃描資料與最終輪廓；j)基於比較來調整模型；k)基於最終輪廓與一或多個臨限值及模型之比較來產生對第一裝置之一或多個調整；l)將一或多個調整傳輸至一使用者及第一裝置之至少一者；及m)若判定係最終輪廓超過一或多個臨限值之至少一者，則執行以下步驟之至少一者：i)分析複數個先前檢測以判定一趨勢；ii)基於趨勢來預測一後續產品之一後續檢測是否可能超過一或多個臨限值之至少一者；及iii)基於趨勢來調整第一裝置。

**【0116】** 方法可經由一或多個本端或遠端處理器、收發器、伺服器及/或感測器(諸如安裝於車輛或行動裝置上或與智慧型基礎設施或遠端伺服器相關聯的處理器、收發器、伺服器及/或感測器)及/或經由儲存於一或多個非暫時性電腦可讀媒體上之電腦可執行指令來實施。另外，本文中所論述之電腦系統可包含額外、較少或替代功能性，包含本文中在別處論述之功能性。本文中所論述之電腦系統可包含儲存於一或多個非暫時性電腦可讀媒體上之電腦可執行指令或經由其實施。

**【0117】** 如本文中所使用，術語「非暫時性電腦可讀媒體」旨在表

示以任何方法或技術實施之用於短期及長期儲存資訊(諸如電腦可讀指令、資料結構、程式模組及子模組或任何裝置中之其他資料)之任何有形的基於電腦之裝置。因此，本文中所描述之方法可被編碼為體現在一有形非暫時性電腦可讀媒體中之可執行指令，包含但不限於一儲存裝置及/或一記憶體裝置。此等指令在由一處理器執行時引起處理器執行本文中所描述之方法之至少一部分。此外，如本文中所使用，術語「非暫時性電腦可讀媒體」包含全部有形電腦可讀媒體，包含但不限於非暫時性電腦儲存裝置(包含但不限於揮發性及非揮發性媒體)及可抽換式及非可抽換式媒體(諸如一韌體、實體及虛擬儲存器)、CD-ROM、DVD及任何其他數位源(諸如一網路或網際網路)，以及尚待發展之數位構件，唯一例外係一暫時性傳播信號。

**【0118】** 此書面描述使用實例來揭示各種實施方案(包含最佳模式)，且亦使任何熟習此項技術者能夠實踐各種實施方案，包含製作及使用任何裝置或系統且執行任何所併入方法。本發明之可取得專利的範疇係由發明申請專利範圍定義，且可包含熟習此項技術者想到之其他實例。若此等其他實例具有無異於發明申請專利範圍之字面語言之結構元件，或若此等其他實例包含與發明申請專利範圍之字面語言無實質差異之等效結構元件，則此等其他實例旨在處於發明申請專利範圍之範疇內。

**【0119】** 當引入本發明或其之(若干)實施例之元件時，冠詞「一(a)」、「一個(an)」、「該(the)」及「所述(said)」旨在意謂存在元件之一或多者。術語「包括」、「包含」、「含有」及「具有」旨在為包含性的且意謂可存在除所列元件外之額外元件。使用指示一特定定向(例如，「頂部」、「底部」、「側」等)之術語係為了便於描述且不要求所描述

之品項之任何特定定向。

【0120】 由於可在不脫離本發明之範疇之情況下對上述構造及方法作出各種改變，故上述描述中所含有且(若干)隨附圖式中所展示之全部事項應被解釋為闡釋性的而非限制意義。

【符號說明】

【0121】

100: 系統/裝配線

105: 切片機/第一裝置/第一處理站

110: 第一量測裝置/第一檢測站

115: 晶圓表面分析(WSA)電腦裝置

120: 研磨機/第三裝置/第二處理站/第二裝置

125: 第二量測裝置/第三檢測站/第二檢測站

130: 蝕刻裝置

135: 表面量測裝置

140: 拋光裝置/第二裝置

145: 奈米形貌量測裝置/第二檢測站

200: 程序

205: 晶圓處理

210: 量測

215: 運算

220: 執行

225: 計算

230: 比較

235: 判定

240: 調整

300: 系統

305: 量測裝置

310: 晶圓表面分析(WSA)電腦裝置/晶圓表面分析(WSA)伺服器/伺服器系統

315: 資料庫伺服器

320: 資料庫

325: 用戶端系統

401: 使用者

402: 使用者電腦裝置

405: 處理器

410: 記憶體區域

415: 媒體輸出組件

420: 輸入裝置

425: 通信介面

501: 伺服器電腦裝置

505: 處理器

510: 記憶體區域/記憶體裝置

515: 通信介面

520: 儲存介面

534: 儲存裝置

600: 線掃描程序

603: 支撐銷

605A: 第一表面/背表面

605B: 第二表面/前表面

607: 晶圓形狀

609: 經支撐晶圓之形狀/經支撐晶圓

621A: 第一靜電電容式感測器/第一感測器

621B: 第二靜電電容式感測器/第二感測器

701: 第一線掃描/線掃描操作

705: 旋轉載物台

707: 提升位置

709: 旋轉

715: 線掃描

1005: 生成對抗網路(GAN) AI模型

1010: 輸入影像/輸入資料/原始形狀與理想形狀之間之間隙(GAPI)均方根(RMS)圖

1015: 經預測輸出影像/輸出圖/奈米形貌(NT)圖/平面內變形(IPD)圖

1105: 輸入影像

1110: 實況影像

1115: 經預測奈米形貌(NT)圖

1205: 輸入影像

1210: 實況影像

1215: 經預測奈米形貌(NT)圖

1305: 輸入影像

1310: 實況影像

1315: 預測平面內變形(IPD)圖

N: 缺口

R: 節距

W: 晶圓

## 【發明申請專利範圍】

### 【請求項1】

一種電腦裝置，其包括與至少一個記憶體裝置通信之至少一個處理器，其中該至少一個處理器經程式化以：

在該至少一個記憶體裝置中儲存用於轉換形狀圖以模擬一裝配線之一部分之一模型；

接收所裝配之一產品之一第一檢測之掃描資料，其中該第一檢測係在該裝配線中之一第一裝置之後的該裝配線中之一第一檢測站處進行；

自該第一檢測之該掃描資料產生一形狀圖；

使用該形狀圖作為一輸入來執行該模型以產生該產品之一最終形狀圖；

比較該最終形狀圖與一或多個臨限值；

判定該最終形狀圖是否超過該一或多個臨限值之至少一者；及

若該判定該最終形狀圖超過該一或多個臨限值之至少一者，則引起調整該第一裝置。

### 【請求項2】

如請求項1之電腦裝置，其中該至少一個處理器進一步經程式化以：

從該最終形狀圖計算一或多個產品屬性；

比較該一或多個產品屬性與該一或多個臨限值；及

若該一或多個產品屬性超過該一或多個臨限值，則引起調整該第一裝置。

### 【請求項3】

如請求項1之電腦裝置，其中該形狀圖係一研磨後形狀圖，且其中該最終形狀圖係一拋光後奈米形貌圖。

**【請求項4】**

如請求項1之電腦裝置，其中該形狀圖係一GAPI RMS (均方根)圖，且其中該最終形狀圖係一平面內變形(IPD)圖。

**【請求項5】**

如請求項1之電腦裝置，其中該模型係一生成對抗網路(GAN)人工智慧模型。

**【請求項6】**

如請求項5之電腦裝置，其中該模型將一輸入形狀圖轉換為該產品之一最終版本之該形狀圖之一模擬。

**【請求項7】**

如請求項1之電腦裝置，其中該形狀圖係一第一形狀圖，其中該最終形狀圖係一第一最終形狀圖，且其中該至少一個處理器進一步經程式化以：

自該掃描資料產生一第二形狀圖，其中該第二形狀圖係經由不同於該第一形狀圖之一方法產生；及

使用該第二形狀圖作為一輸入來執行該模型以產生該產品之一第二最終形狀圖。

**【請求項8】**

如請求項7之電腦裝置，其中該至少一個處理器進一步經程式化以：  
從該第一最終形狀圖及該第二最終形狀圖計算一或多個產品屬性；  
比較該一或多個產品屬性與該一或多個臨限值；及

若該一或多個產品屬性超過該一或多個臨限值，則引起調整該第一裝置。

**【請求項9】**

如請求項7之電腦裝置，其中該第一形狀圖係一研磨後形狀圖，其中該第一最終形狀圖係一拋光後奈米形貌圖，其中該第二形狀圖係一GAPI RMS (均方根)圖，且其中該第二最終形狀圖係一平面內變形(IPD)圖。

**【請求項10】**

如請求項1之電腦裝置，其中該掃描資料係該產品之四線掃描資料或八線掃描資料之一者。

**【請求項11】**

如請求項1之電腦裝置，其中該產品係一半導體晶圓。

**【請求項12】**

如請求項11之電腦裝置，其中該第一裝置係一研磨機或一切片機之一者，且其中該第一檢測站包含一奈米形貌量測裝置。

**【請求項13】**

如請求項1之電腦裝置，其中該至少一個處理器進一步經程式化以：  
基於該最終形狀圖與該一或多個臨限值及該模型之該比較來產生對第一裝置之一或多個調整；及

將該一或多個調整傳輸至一使用者及該第一裝置之至少一者。

**【請求項14】**

如請求項1之電腦裝置，其中若該判定該最終形狀圖超過該一或多個臨限值之至少一者，則該至少一個處理器進一步經程式化以：

分析複數個先前檢測以判定一趨勢；

基於該趨勢來預測一後續產品之一後續檢測是否可能超過該一或多個臨限值之至少一者；及

基於該趨勢來調整該第一裝置。

**【請求項15】**

一種用於分析一裝配線之方法，該方法由一運算裝置實施，該運算裝置包含與至少一個記憶體裝置通信之至少一個處理器，該方法包括：

在該至少一個記憶體裝置中儲存用於模擬一裝配線之一部分之一模型；

在該至少一個記憶體裝置中儲存用於轉換形狀圖以模擬一裝配線之一部分之一模型；

接收所裝配之一產品之一第一檢測之掃描資料，其中該第一檢測係在該裝配線中之一第一裝置之後之該裝配線中之一第一檢測站處進行；

自該第一檢測之該掃描資料產生一形狀圖；

使用該形狀圖作為一輸入來執行該模型以產生該產品之一最終形狀圖；

比較該最終形狀圖與一或多個臨限值；

判定該最終形狀圖是否超過該一或多個臨限值之至少一者；及

若該判定該最終形狀圖超過該一或多個臨限值之至少一者，則引起調整該第一裝置。

**【請求項16】**

如請求項15之方法，其進一步包括：

從該最終形狀圖計算一或多個產品屬性；

比較該一或多個產品屬性與該一或多個臨限值；及

若該一或多個產品屬性超過該一或多個臨限值，則引起調整該第一裝置。

**【請求項17】**

如請求項15之方法，其中該形狀圖係一研磨後形狀圖或一GAPI RMS (均方根)圖之一者，且其中該最終形狀圖係一平面內變形(IPD)圖之一拋光後奈米形貌圖之一者。

**【請求項18】**

如請求項15之方法，其中該形狀圖係一第一形狀圖，其中該最終形狀圖係一第一最終形狀圖，且其中該方法進一步包括：

自該掃描資料產生一第二形狀圖，其中該第二形狀圖係經由不同於該第一形狀圖之一方法產生；及

使用該第二形狀圖作為一輸入來執行該模型以產生該產品之一第二最終形狀圖。

**【請求項19】**

如請求項18之方法，其進一步包括：

從該第一最終形狀圖及該第二最終形狀圖計算一或多個產品屬性；

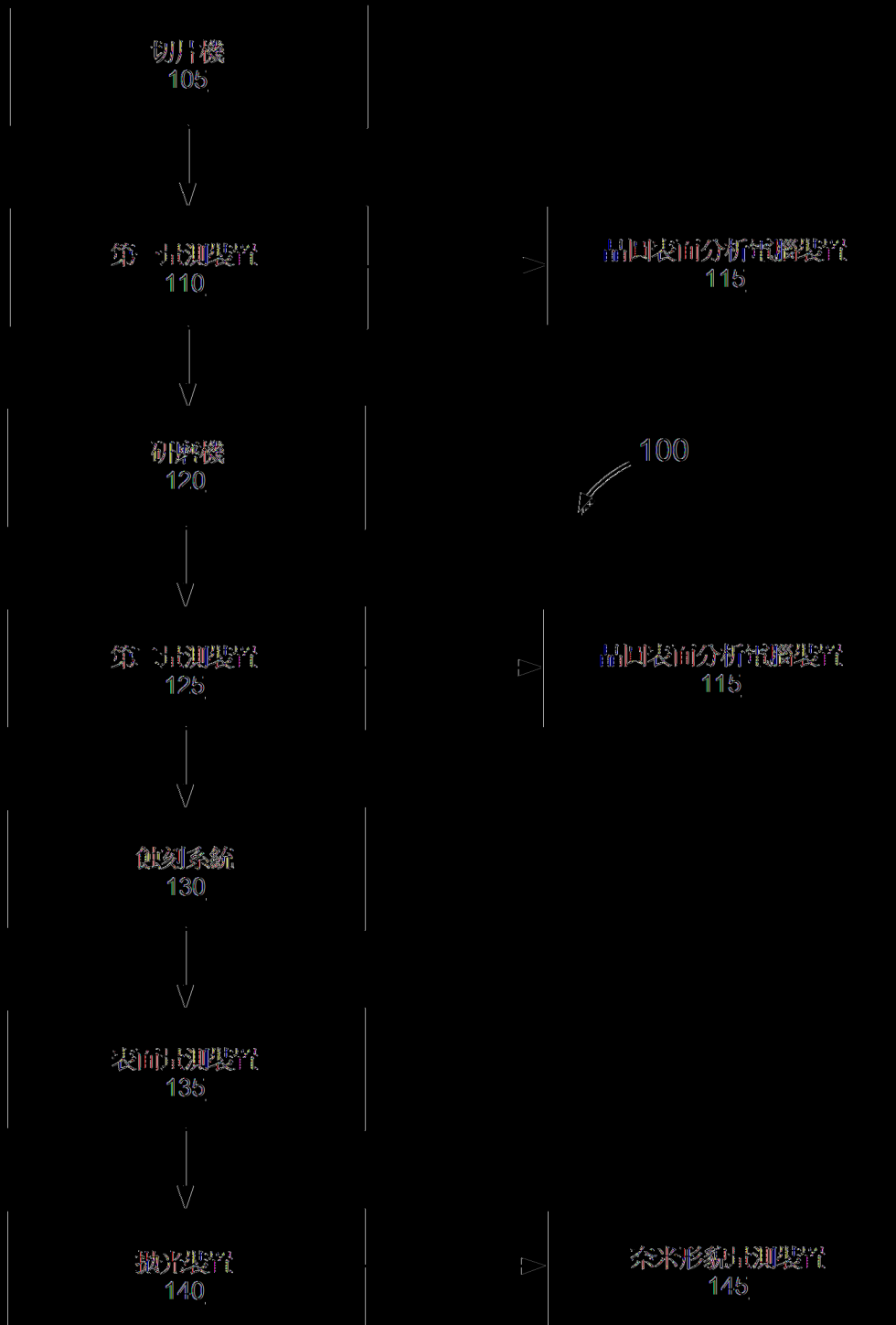
比較該一或多個產品屬性與該一或多個臨限值；及

若該一或多個產品屬性超過該一或多個臨限值，則引起調整該第一裝置。

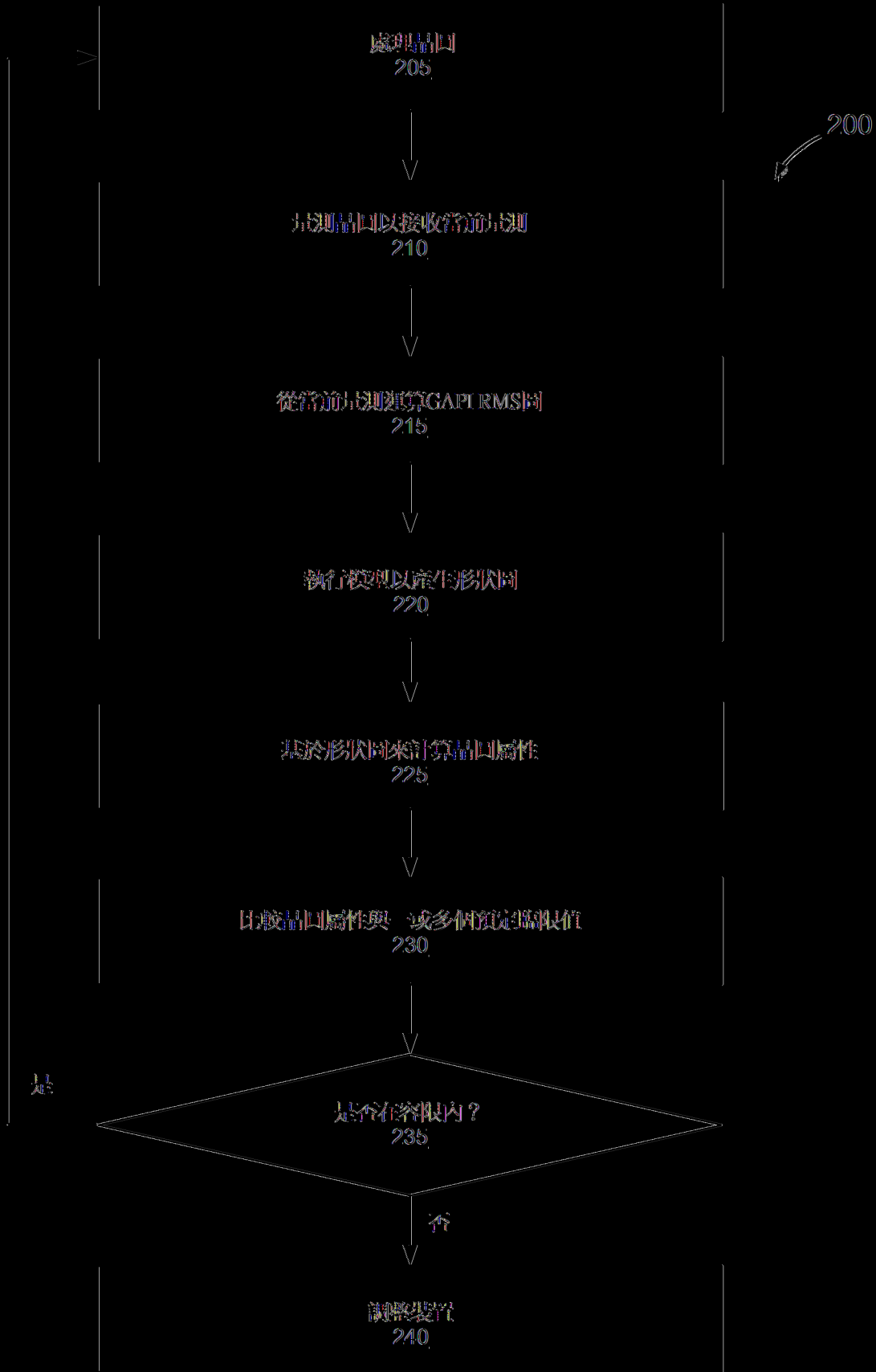
**【請求項20】**

如請求項18之方法，其中該第一形狀圖係一研磨後形狀圖，其中該第一最終形狀圖係一拋光後奈米形貌圖，其中該第二形狀圖係一GAPI RMS (均方根)圖，且其中該第二最終形狀圖係一平面內變形(IPD)圖。

|(發明圖式)|



|(圖1)|



〔圖2〕



【圖3】







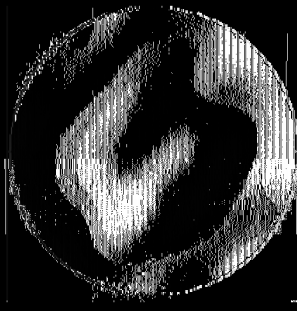






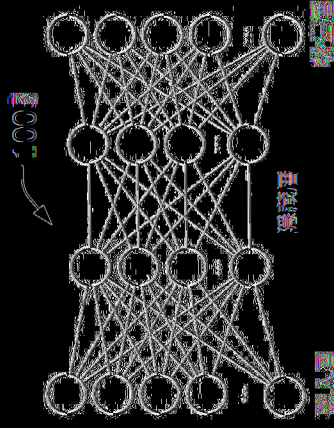


調整後之輸入(輸入)



0.00

GAN A模型



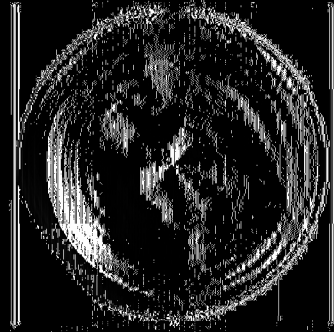
0.00

調整後之輸入(輸入)

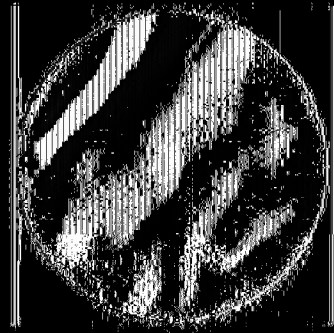


0.00

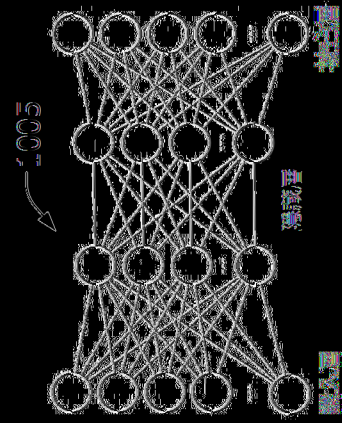
GAN B模型  
(輸入)



GAN A模型  
(輸出)

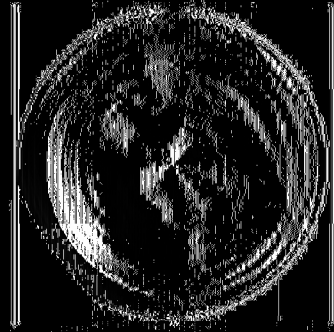


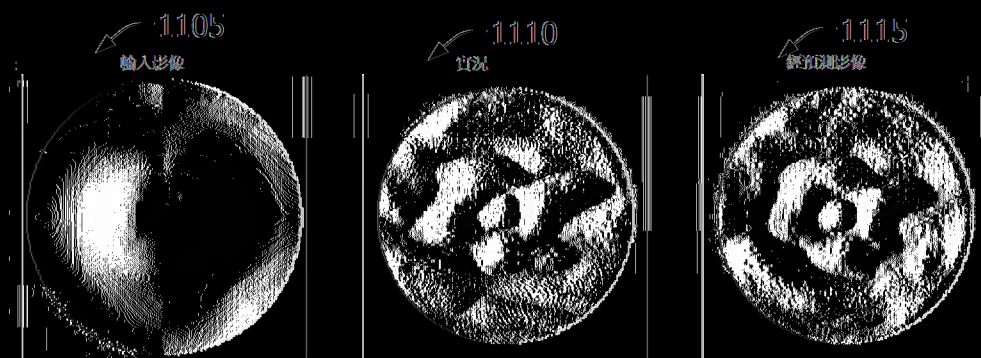
GAN A模型



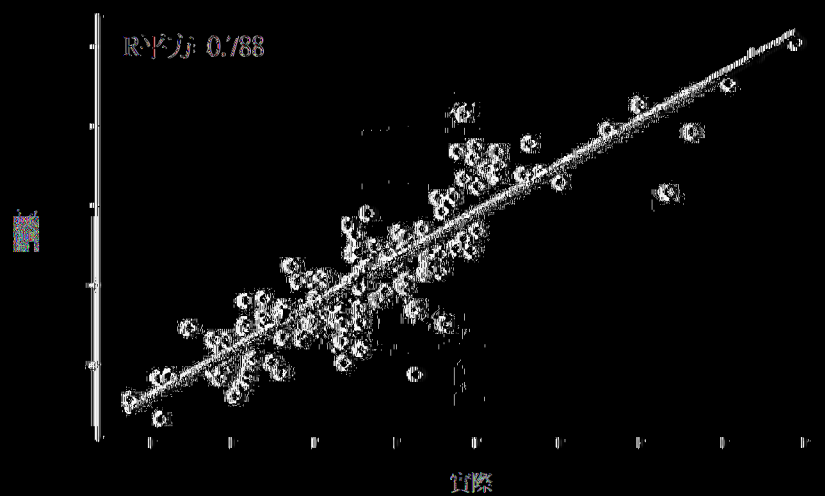
0.005

GAN B模型  
(輸入)





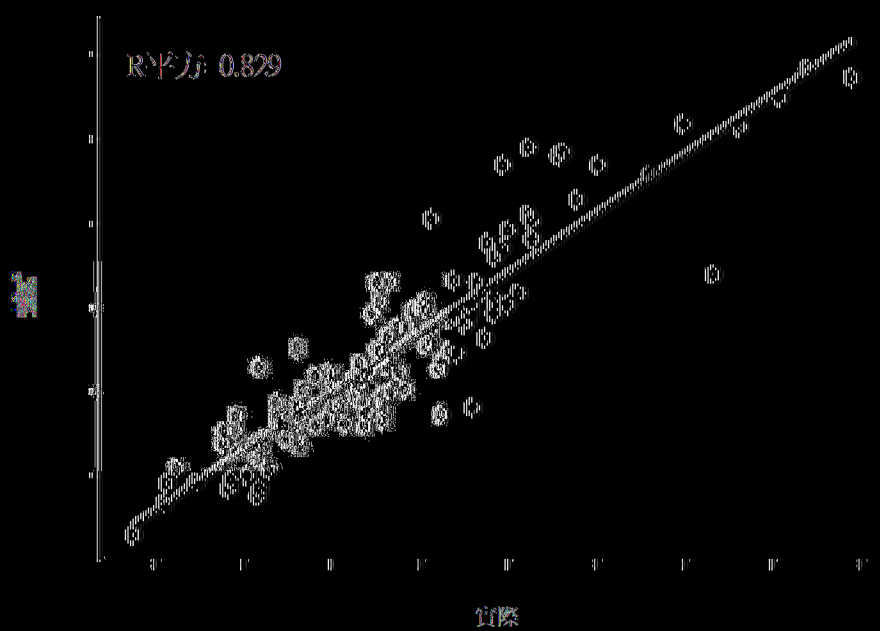
(圖11A)



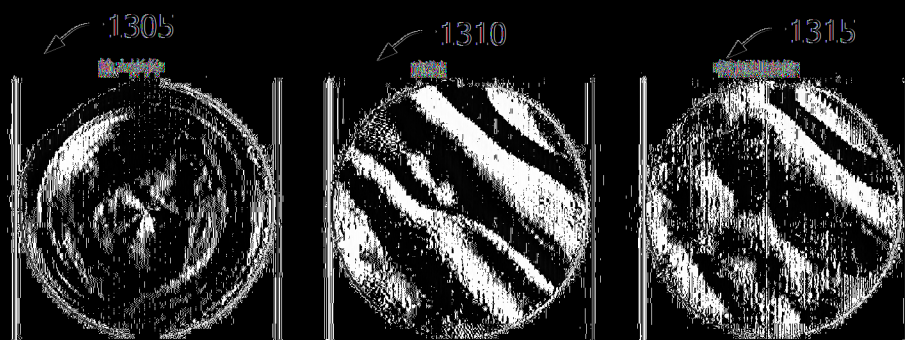
(圖11B)



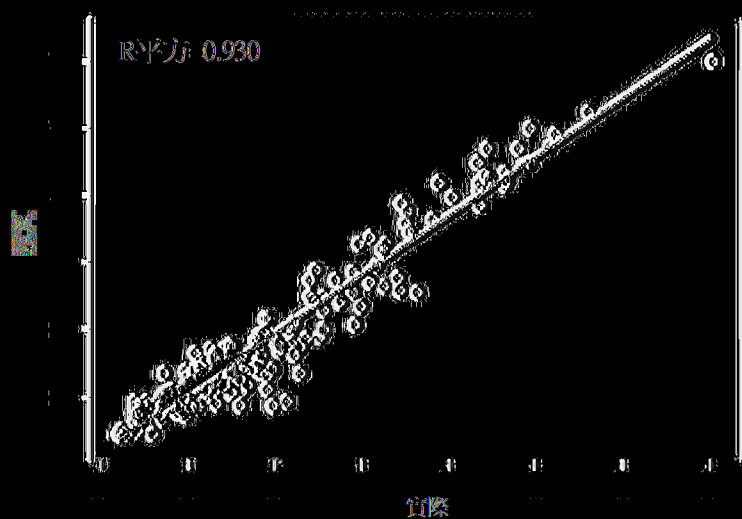
[(圖)12A]



[(圖)12B]



【圖13A】



【圖13B】