



(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 I686684 B

(45)公告日：中華民國 109 (2020) 年 03 月 01 日

(21)申請案號：105114330

(22)申請日：中華民國 105 (2016) 年 05 月 09 日

(51)Int. Cl. : **G05B19/404 (2006.01)****H01L21/02 (2006.01)**

(30)優先權：2015/05/08 美國

62/158,618

2016/05/06 美國

15/148,116

(71)申請人：美商克萊譚克公司 (美國) KLA-TENCOR CORPORATION (US)

美國

(72)發明人：潘戴夫 史帝藍 伊凡渥夫 PANDEV, STILIAN IVANOV (US) ; 卡帕希 山傑
KAPASI, SANJAY (IN) ; 史密斯 馬克 D SMITH, MARK D. (US) ; 賴威 艾迪
LEVY, ADY (US)

(74)代理人：陳長文

(56)參考文獻：

US 2014/0297211A1

US 2014/0316730A1

US 2015/0046118A1

審查人員：黃衍勳

申請專利範圍項數：20 項 圖式數：5 共 40 頁

(54)名稱

量測系統及方法

(57)摘要

在本文中呈現用於監測特性化製造在一半導體晶圓上之不同位置處之一組熱點結構之參數之方法及系統。該等熱點結構係展現對程序變動之敏感性且引起必須執行以防止裝置故障及低良率之對可允許程序變動之限制之裝置結構。採用一經訓練熱點量測模型以接收藉由一或多個度量系統在一或多個度量目標處產生之量測資料且直接判定一或多個熱點參數之值。訓練該熱點量測模型以建立考慮中之一熱點結構之一或多個特性與相關聯於相同晶圓上之至少一個度量目標之量測之對應量測資料之間的一函數關係。基於一經量測熱點參數之該值來調整一製造程序參數。

Methods and systems for monitoring parameters characterizing a set of hot spot structures fabricated at different locations on a semiconductor wafer are presented herein. The hot spot structures are device structures that exhibit sensitivity to process variations and give rise to limitations on permissible process variations that must be enforced to prevent device failures and low yield. A trained hot spot measurement model is employed to receive measurement data generated by one or more metrology systems at one or more metrology targets and directly determine values of one or more hot spot parameters. The hot spot measurement model is trained to establish a functional relationship between one or more characteristics of a hot spot structure under consideration and corresponding measurement data associated with measurements of at least one metrology target on the same wafer. A fabrication process parameter is adjusted based on the value of a measured hot spot parameter.

指定代表圖：

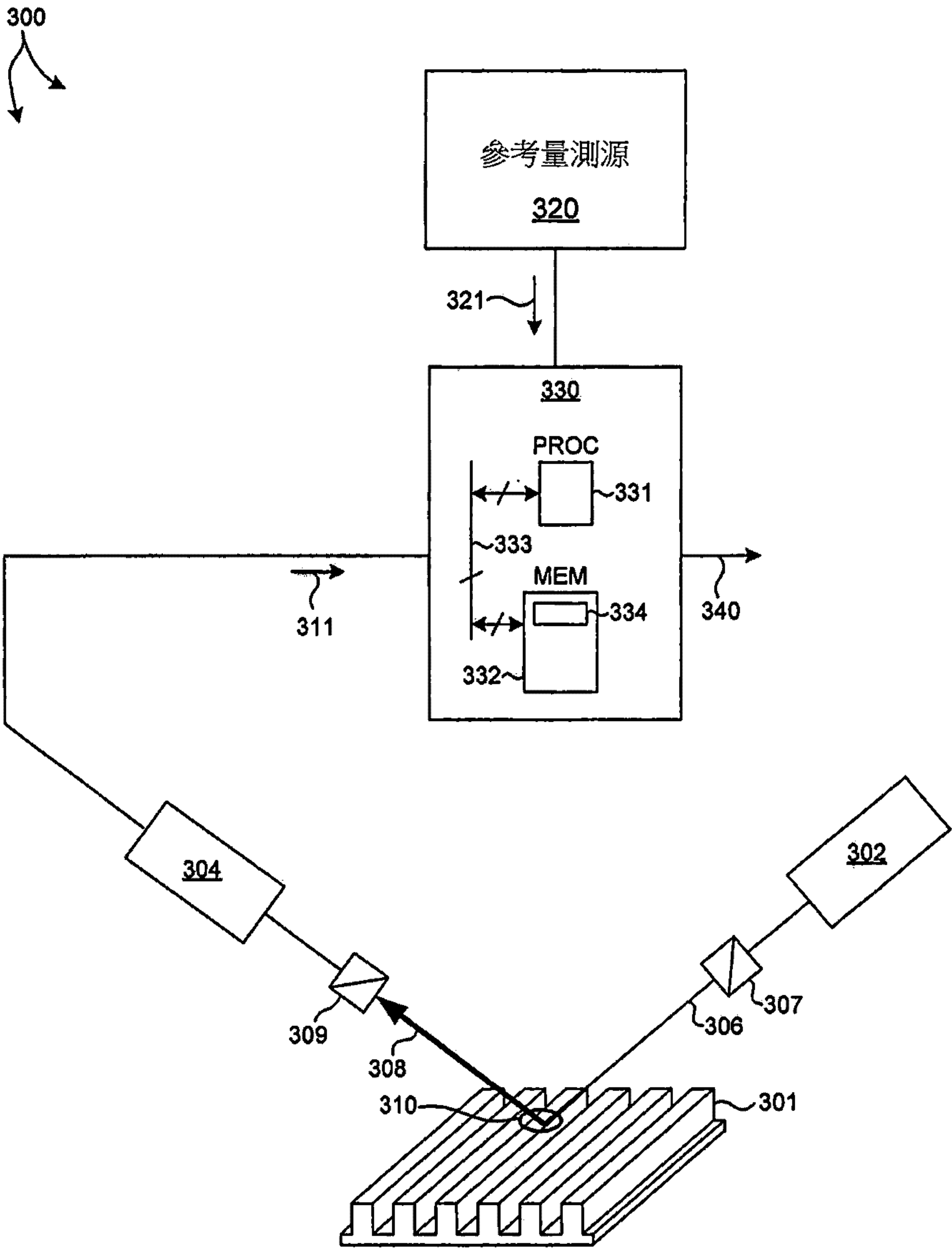


圖 1

- 符號簡單說明：
- 300:度量系統/量測系統
 - 301:樣品
 - 302:照明器
 - 304:光譜儀
 - 306:偏光照明光束
 - 307:偏光狀態產生器
 - 308:光束
 - 309:偏光狀態分析器
 - 311:光譜/量測/量測資料
 - 320:參考量測源
 - 321:參考量測資料
 - 330:電腦系統/運算系統
 - 331:處理器
 - 332:記憶體
 - 333:匯流排
 - 334:程式指令
 - 340:熱點參數值/輸出信號



I686684

發明摘要

※ 申請案號：105114330

※ 申請日：105年5月9日

※IPC 分類：G05B 19/404 (2006.01)
H01L 21/02 (2006.01)

【發明名稱】

量測系統及方法

MEASUREMENT SYSTEMS AND METHODS

【中文】

在本文中呈現用於監測特性化製造在一半導體晶圓上之不同位置處之一組熱點結構之參數之方法及系統。該等熱點結構係展現對程序變動之敏感性且引起必須執行以防止裝置故障及低良率之對可允許程序變動之限制之裝置結構。採用一經訓練熱點量測模型以接收藉由一或多個度量系統在一或多個度量目標處產生之量測資料且直接判定一或多個熱點參數之值。訓練該熱點量測模型以建立考慮中之一熱點結構之一或多個特性與相關聯於相同晶圓上之至少一個度量目標之量測之對應量測資料之間的一函數關係。基於一經量測熱點參數之該值來調整一製造程序參數。

【英文】

Methods and systems for monitoring parameters characterizing a set of hot spot structures fabricated at different locations on a semiconductor wafer are presented herein. The hot spot structures are device structures that exhibit sensitivity to process variations and give rise to limitations on permissible process variations that must be enforced to prevent device failures and low yield. A trained hot spot measurement model is employed to receive measurement data generated by one or more metrology systems at one or more metrology targets and directly determine values of one or more hot spot parameters. The hot spot measurement model is trained to establish a functional relationship between one or more characteristics of a hot spot structure under consideration and corresponding measurement data associated with measurements of at least one metrology target on the same wafer. A fabrication process parameter is adjusted based on the value of a measured hot spot parameter.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（1）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

300	度量系統/量測系統
301	樣品
302	照明器
304	光譜儀
306	偏光照明光束
307	偏光狀態產生器
308	光束
309	偏光狀態分析器
311	光譜/量測/量測資料
320	參考量測源
321	參考量測資料
330	電腦系統/運算系統
331	處理器
332	記憶體
333	匯流排
334	程式指令
340	熱點參數值/輸出信號

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

(無)

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】

量測系統及方法

MEASUREMENT SYSTEMS AND METHODS

相關申請案之交叉參考

本專利申請案根據35 U.S.C. §119規定主張在2015年5月8日申請之標題為「Model-Based Hot Spot Monitoring」之美國臨時專利申請案第62/158,618號之優先權，該案之標的之全部內容以引用之方式併入本文中。

【技術領域】

所描述之實施例係關於度量系統及方法，且更特定言之係關於用於半導體結構之改良量測之方法及系統。

【先前技術】

半導體裝置(諸如邏輯及記憶體裝置)通常藉由應用至一樣品之一序列處理步驟製造。藉由此等處理步驟形成半導體裝置之各種特徵及多個結構層級。舉例而言，微影尤其係涉及在一半導體晶圓上產生一圖案之一個半導體製造程序。半導體製造程序之額外實例包含(但不限於)化學機械拋光、蝕刻、沈積及離子植入。多個半導體裝置可在一單一半導體晶圓上製造且接著分為個別半導體裝置。

在一半導體晶圓上製造之結構之幾何形狀取決於微影曝光期間之程序條件。諸如焦點、劑量及掃描儀像差之程序參數取決於經製造結構之類型而不同地影響所得結構之形狀。舉例而言，相對隔離結構對焦點改變更敏感，而相對密緻結構對劑量改變更敏感。藉由由圖案化步驟(例如，微影、沈積、蝕刻等等)形成之結構之品質限制裝置功

能性及製造良率。

在一半導體製造程序期間之各種步驟處使用度量程序來偵測晶圓上之缺陷以促進更高良率。光學度量技術提供高處理能力之可能性而無樣本破壞之風險。包含散射術及反射術實施方案及相關聯分析演算法之數個以光學度量為基礎之技術常用於特性化臨界尺寸、膜厚度、組合物、疊對及奈米尺度結構之其他參數。

以現有模型為基礎之度量方法通常包含模型化且接著量測結構參數之一系列步驟。通常，自一特定度量目標收集量測資料(例如，DOE光譜)。公式化光學系統、分散參數及幾何特徵之一準確模型。收集膜光譜量測以判定材料分散。產生目標結構之一參數幾何模型以及一光學模型。另外，必須小心執行模擬近似法(例如，切塊(slabbing)、嚴格耦合波分析(RCWA)等等)以避免引入過大誤差。定義離散化及RCWA參數。執行一系列模擬、分析及回歸以定義幾何模型且判定哪些模型參數浮動。產生一合成光譜程式庫。最後，使用程式庫及幾何模型來執行量測。各步驟引入誤差且消耗大量計算及使用者時間。通常，一模型構建任務需要數天或甚至數周來完成。另外，程式庫之大小及相關聯於在量測期間執行回歸計算之計算時間降低量測系統之處理能力。

另外，習知度量技術依靠專用度量結構或目標。在半導體製造及特定言之圖案化程序中，藉由對特定專用結構執行度量而實現程序控制。此等專用結構可定位於晶粒之間或晶粒本身內之劃線道中。使用專用度量結構可引入顯著量測誤差。

實際裝置結構與專用度量目標之間的差異限制度量資料準確反映晶粒中之實際裝置特徵之狀態之能力。在一個實例中，歸因於程序載入、圖案密度或像差場中之位置相依差而引起差異，此係因為專用度量目標及實際裝置結構未經共置。在另一實例中，專用度量結構及

實際裝置結構之特性特徵大小通常十分不同。因此，即使專用度量目標及實際裝置結構緊密接近，大小差亦導致差異。

在一些實例中，CD-SEM用於熱點監測，但CD-SEM遭受低處理能力及不足精確性使得其不適用於線內高處理能力度量。另外，CD-SEM使經歷量測之圖案頻繁變形，且因此不適合於量測裝置結構。

未來度量應用歸因於愈來愈小解析度要求及愈來愈大複雜幾何結構而提出挑戰。期望用於製造期間之較大數目個不同類型之結構之幾何形狀之改良監測之方法及系統以在製造程序中較早識別缺陷。

【發明內容】

在本文中呈現用於監測特性化製造在一半導體晶圓上之不同位置處之一組熱點結構之參數之方法及系統。該等熱點結構係展現對程序變動之敏感性且引起必須執行以防止裝置故障及低良率之對可允許程序變動之限制之裝置結構。基於自製造在與該組熱點結構相同之晶圓上之度量目標收集之量測資料及一經訓練熱點量測模型來估計特性化一熱點結構之一參數之值。

在一個態樣中，一經訓練熱點量測模型經採用為用於具有未知參數值之熱點結構之量測模型。結構化該熱點量測模型以接收藉由一或多個度量系統在一或多個度量目標處產生之量測資料(例如，經量測光譜)，且直接判定熱點裝置結構之一或多個所關注參數。以此方式，藉由量測特性化之各結構(即，各熱點結構)不同於經歷藉由高處理能力度量技術之量測之一或多個度量目標。特性化該熱點結構之參數之實例包含(但不限於)臨界尺寸(CD)、高度、側壁角度、疊對等等。一般言之，可以包含影像特性、各種幾何特徵、圖案等等之任何合適方式特性化一熱點結構。

採用高處理能力線內度量技術(例如，光學散射術、成像或其他技術)以量測定位於經量測晶圓上之度量目標。高處理能力線內度量

技術通常缺乏對特性化該組熱點結構之參數之量測敏感性，但具有對度量目標中之結構之程序引發改變之充分敏感性。以此方式，採用使藉由一高處理能力度量技術自鄰近度量目標收集之量測資料與一熱點結構之所關注參數相關之一經訓練熱點量測模型以提供原本將不可量測之所關注參數之線內度量。

在另一態樣中，訓練該熱點量測模型以建立考慮中之一熱點結構之一或多個特性與相關聯於相同晶圓上之至少一個度量目標之量測之對應量測資料之間的一函數關係。如在本文中描述，藉由使用原始量測資料(即，藉由量測系統直接產生之量測資料)來產生該量測模型，減少相關聯於以傳統模型為基礎之度量方法之誤差及近似值。另外，該量測模型並不對系統誤差、不對稱性等等敏感，此係因為該量測模型基於自一特定度量系統收集或模擬之量測資料而訓練且用於基於自相同度量系統收集之量測資料執行量測。

在本文中描述之該等經訓練熱點量測模型直接接收量測資料作為輸入且提供所關注參數之值作為輸出。藉由流線化量測程序，改良預測結果且減少計算及使用者時間。在一些實例中，該熱點量測模型可在少於一小時中產生。另外，藉由採用一簡化模型，相較於現有度量方法減少量測時間。

在程序參數(例如，微影焦點、曝光、像差參數、疊對偏移、蝕刻時間、溫度、壓力及其他區域或全域參數)之一受控DOE (實驗設計)變動下執行該熱點量測模型之訓練。

在一進一步態樣中，來自相同度量目標之相同量測信號可用於產生用於量測其他所關注熱點參數之不同熱點量測模型。基於自該等度量目標模擬或量測之量測資料及包含如在本文中描述之程序變動範圍之經模擬或經量測熱點參數來訓練該熱點量測模型。憑藉針對各所關注熱點參數訓練之一熱點量測模型，一或多個度量目標之量測提供

至該等熱點量測模型之輸入以判定各所關注參數之值。

在另一進一步態樣中，來自各由多個度量技術量測之多個目標之信號增大訓練及使用該熱點量測模型所採用之該組信號中之資訊內容。度量目標及度量技術之多樣性減小與程序或其他參數變動之相關性。

前文係一發明內容且因此必然含有細節之簡化、概括及省略；因此，熟習此項技術者將瞭解，發明內容僅係闡釋性且不得以任何方式限制。將在本文闡述之非限制性實施方式中明白本文描述之裝置及/或程序之其他態樣、發明特徵及優點。

【圖式簡單說明】

圖1描繪適合於實施在圖2中描繪之方法110及在圖3中描繪之方法100之一度量系統300。

圖2圖解說明基於一經訓練熱點量測模型以基於鄰近度量目標之量測來量測熱點結構之一方法110。

圖3圖解說明訓練適合於基於鄰近度量目標之量測來量測熱點結構之一熱點量測模型之一方法100。

圖4描繪圖解說明表示用於在一DOE訓練集中表示之各劑量之CD值之例示性資料點151之一圖150。

圖5圖解說明具有展現一項實施例中之微影焦點及劑量之已知變動之目標之一柵格之一DOE晶圓160。

【實施方式】

現將詳細參考本發明之背景實例及一些實施例，在隨附圖式中圖解說明該等實施例之實例。

在本文中呈現用於監測特性化製造在一半導體晶圓上之不同位置處之一組熱點結構之參數之方法及系統。熱點結構係展現對程序變動之敏感性且引起必須執行以防止裝置故障及低良率之對可允許程序

變動之限制之裝置結構。基於自製造在與該組熱點結構相同之晶圓上之度量目標收集之量測資料及一經訓練熱點量測模型來估計特性化一熱點結構之一參數之值。

採用高處理能力線內度量技術(例如，光學散射術、成像或其他技術)以量測定位於經量測晶圓上之度量目標。高處理能力線內度量技術通常缺乏對特性化該組熱點結構之參數之量測敏感性，但具有對度量目標中之結構之程序引發改變之充分敏感性。以此方式，採用使藉由一高處理能力度量技術自鄰近度量目標收集之量測資料與一熱點結構之所關注參數相關之一經訓練熱點量測模型以提供所關注參數之線內度量。

圖1繪示用於根據本文呈現之例示性方法量測一樣品之特性之一系統300。如在圖1中展示，系統300可用來執行一樣品301之一或多個結構之光譜橢圓偏光術。在此態樣中，系統300可包含配備有一照明器302及一光譜儀304之一光譜橢圓偏光儀。系統300之照明器302經組態以產生一選定波長範圍(例如，100 nm至2500 nm)之照明且將其引導至安置於樣品301之表面上之結構。繼而，光譜儀304經組態以回應於藉由照明器302提供之照明而自樣品301之表面收集輻射。進一步注意，使用一偏光狀態產生器307使自照明器302出射之光偏光以產生一偏光照明光束306。自安置於樣品301上之結構收集之輻射通過一偏光狀態分析器309且至光譜儀304。就偏光狀態分析藉由光譜儀304以收集光束308接收之輻射，從而允許藉由分析器傳遞之輻射憑藉光譜儀進行光譜分析。此等光譜311經傳遞至運算系統330以用於分析結構。

如在圖1中描繪，系統300包含一單一量測技術(即，SE)。然而，一般言之，系統300可包含任何數目個不同量測技術。藉由非限制實例，系統300可經組態為一光譜橢圓偏光儀(包含穆勒(Mueller)矩陣橢圓偏光術)、一光譜反射儀、一光譜散射儀、一疊對散射儀、一角度

解析光束輪廓反射儀、一偏光解析光束輪廓反射儀、一光束輪廓反射儀、一光束輪廓橢圓偏光儀、任何單一或多個波長橢圓偏光儀或其等之任何組合。此外，一般言之，可自多個工具而非整合多個技術之一個工具收集藉由不同量測技術收集且根據在本文中描述之方法分析之量測資料。

在一進一步實施例中，系統300可包含用以基於根據本文中描述之方法開發之量測模型來執行實際裝置結構之量測之一或多個運算系統330。一或多個運算系統330可通信耦合至光譜儀304。在一個態樣中，一或多個運算系統330經組態以接收相關聯於樣品301之結構之量測之量測資料311。

應認知，可藉由一單一電腦系統330或替代性地一多電腦系統330實行貫穿本發明描述之各種步驟。再者，系統300之不同子系統(諸如光譜橢圓偏光儀304)可包含適合於實行在本文中描述之步驟之至少一部分之一電腦系統。因此，前述描述不應解釋為對本發明之一限制而僅係一圖解。此外，一或多個運算系統330可經組態以執行在本文中描述之方法實施例之任一者之(若干)任何其他步驟。

另外，電腦系統330可以此項技術中已知之任何方式通信耦合至光譜儀304。舉例而言，一或多個運算系統330可耦合至相關聯於光譜儀304之運算系統。在另一實例中，可藉由耦合至電腦系統330之一單一電腦系統直接控制光譜儀304。

度量系統300之電腦系統330可經組態以藉由可包含有線及/或無線部分之一傳輸媒體自系統之子系統(例如，光譜儀304及類似物)接收及/或獲取資料或資訊。以此方式，傳輸媒體可充當電腦系統330與系統300之其他子系統之間的一資料鏈路。

度量系統300之電腦系統330可經組態以藉由可包含有線及/或無線部分之一傳輸媒體自其他系統接收及/或獲取資料或資訊(例如，量

測結果、模型化輸入、模型化結果、參考量測結果等等)。以此方式，傳輸媒體可充當電腦系統330與其他系統(例如，板上記憶體度量系統300、外部記憶體、參考量測源320或其他外部系統)之間的一資料鏈路。舉例而言，運算系統330可經組態以經由一資料鏈路自一儲存媒體(即，記憶體332或一外部記憶體)接收量測資料。舉例而言，使用光譜儀304獲得之光譜結果可儲存於一永久或半永久記憶體裝置(例如，記憶體332或一外部記憶體)中。在此方面，可自板上記憶體或自一外部記憶體系統匯入光譜結果。在另一實例中，運算系統330可經組態以經由一資料鏈路自一參考量測源(例如，一儲存媒體)接收參考量測資料321。舉例而言，使用一參考量測系統獲得之參考量測結果可儲存於一永久或半永久記憶體裝置中。在此方面，可自板上記憶體或自一外部記憶體系統匯入參考量測結果。再者，電腦系統330可經由一傳輸媒體發送資料至其他系統。舉例而言，藉由電腦系統330判定之一量測模型或一熱點參數值340可經傳送且儲存於一外部記憶體中。在另一實例中，藉由電腦系統330判定之一熱點參數值340可傳送至一程序工具以導致程序工具基於特性化熱點結構之至少一個參數之值來調整相關聯於一半導體晶圓製造序列之一製造程序步驟之一程序參數。在此方面，可將量測結果匯出至另一系統。

運算系統330可包含(但不限於)個人電腦系統、主機電腦系統、工作站、影像電腦、平行處理器、或此項技術中已知之任何其他裝置。一般言之，術語「運算系統」可經廣泛定義以涵蓋具有執行來自一記憶體媒體之指令之一或多個處理器之任何裝置。

可透過諸如導線、電纜或無線傳輸鏈路之一傳輸媒體傳輸實施諸如在本文中描述之方法之程式指令334。舉例而言，如在圖1中圖解說明，儲存於記憶體332中之程式指令334透過匯流排333傳輸至處理器331。程式指令334儲存於一電腦可讀媒體(例如，記憶體332)中。

例示性電腦可讀媒體包含唯讀記憶體、隨機存取記憶體、磁碟或光碟或磁帶。

在一些實例中，在本文中描述之模型構建、訓練及量測方法經實施為可自美國加利福尼亞州，米爾皮塔斯市之KLA-Tencor公司購得之SpectraShape[®]光學臨界尺寸度量系統之一元件。以此方式，藉由該系統產生及訓練模型。

在一些其他實例中，(例如)藉由實施可自美國加利福尼亞州，米爾皮塔斯市之KLA-Tencor公司購得之AcuShape[®]軟體之一運算系統離線實施在本文中描述之模型構建及訓練方法。所得之經訓練模型可併入為可藉由執行量測之一度量系統存取之一AcuShape[®]程式庫之一元件。

在一個態樣中，採用一經訓練熱點量測模型作為用於具有未知參數值之熱點結構之量測模型。結構化熱點量測模型以接收藉由一或多個度量系統在一或多個度量目標處產生之量測資料(例如，經量測光譜)，且直接判定熱點裝置結構之一或多個所關注參數。特性化熱點結構之參數之實例包含(但不限於)臨界尺寸(CD)、高度、側壁角度、疊對等等。一般言之，可以包含影像特性、各種幾何特徵或圖案等等之任何合適方式特性化一熱點結構。在一個實例中，在一微影步驟之後，一熱點係兩個相鄰光阻圖案在其等應分開某臨界尺寸之處彼此接觸之一位置。此類型之熱點通常稱為一「橋接」。在另一實例中，在一微影步驟之後，一熱點係一金屬導線過度薄化或縮短之一位置。

圖2圖解說明適合於藉由一度量系統(諸如在本發明之圖1中圖解說明之度量系統300)實施之一方法110。在一個態樣中，應認知，可經由藉由運算系統330或任何其他通用運算系統之一或多個處理器執行之一預程式化演算法實行方法110之資料處理方塊。在本文中應認

知，度量系統300之特定結構態樣並不表示限制且僅應解釋為闡釋性。

在方塊111中，在一半導體晶圓製造序列之一中間程序步驟之後將一晶圓提供至一量測系統。晶圓包含在晶圓上之第一複數個位置處之複數個熱點結構。晶圓亦包含在晶圓上不同於第一複數個位置之第二複數個位置處之複數個度量目標。

在一選用方塊(未展示)中，基於縮減經量測資料之尺寸之一數學變換來判定來自經量測資料之至少一部分之主特徵。在一些實施例中，變換係用以縮減用以訓練熱點量測模型之對應訓練資料之尺寸之相同變換。

在方塊112中，藉由一度量系統之一照明器(例如，照明器302)照明第二複數個位置處之複數個度量目標之各者。一般言之，用以量測度量目標之度量系統或度量系統之組合採用相同度量技術或用以訓練熱點量測模型之度量技術之組合。類似地，藉由度量系統或度量系統之組合量測之度量目標係與用以訓練熱點量測模型之度量目標相同類型之結構。

在方塊113中，回應於提供至複數個度量目標之各者之照明而(例如，藉由光譜儀304)自複數個度量目標之各者偵測一光量。另外，基於經偵測光量(例如，藉由光譜儀304)產生一定量之量測資料(例如，量測資料311)之。藉由一運算系統(例如，運算系統330)接收與度量目標之量測相關聯之該一定量之量測資料。

在方塊114中，基於量測資料及一經訓練熱點量測模型(例如，參考方法100描述之經訓練熱點量測模型)來判定特性化一熱點結構之一或多個參數之值。當採用一數學變換來縮減經量測資料之尺寸時，基於主特徵及經訓練熱點量測模型來判定特性化熱點結構之一或多個參數之值。以此方式，基於經訓練熱點量測模型及量測信號之縮減集

合來判定熱點參數值。

在方塊115中，基於特性化熱點結構之至少一個參數之值來調整與半導體晶圓製造序列之一製造程序步驟相關聯之一程序參數。針對藉由一實驗設計(DOE)集合定義之程序變動空間中之所有經量測信號訓練熱點量測模型。因此，判定在DOE程序變動空間內之程序變量與所得熱點參數值之間之一映射。圖4描繪包含表示CD值(藉由一參考量測系統量測或針對在DOE訓練集合中表示之各劑量模擬)之例示性資料點151之一闡釋圖150。舉例而言，藉由將一曲線152擬合至資料點151而建立CD與劑量之間的一函數關係。

在方塊115中，基於一熱點參數之一經量測值及熱點參數值(例如，CD)與一或多個程序參數之間的映射來判定對一或多個程序參數之一校正。舉例而言，在圖4中圖解說明之點153表示與藉由如先前描述之一經訓練量測模型判定之一熱點結構相關聯之一經量測CD值。可期望校正程序劑量，使得一後續經量測CD值將在 CD_{max} 與 CD_{min} 之間的規格範圍內。基於CD與劑量之間的函數映射，判定一劑量校正 $\Delta DOSE$ ，其應導致處於規格範圍中間之一經量測CD值。

出於闡釋性目的呈現在圖4中圖解說明之實例。一般言之，可產生一多維回應表面，其使DOE程序變量與所關注熱點參數相關。可基於多維回應表面來計算對一或多個程序參數之校正以驅動規格內之所關注熱點參數之經量測值。

經判定熱點參數值儲存於一記憶體中。舉例而言，裝置參數值可儲存於板上量測系統300(例如，記憶體332中)，或可(例如，經由輸出信號340)傳送至一外部記憶體裝置(例如，一程序工具之一外部記憶體裝置)。

在另一態樣中，訓練熱點量測模型以建立考慮中之一熱點結構之一或多個特性與相關聯於相同晶圓上之至少一個度量目標之量測之

對應量測資料之間的一函數關係。以此方式，藉由量測特性化之各結構(即，各熱點結構)不同於經歷藉由高處理能力度量技術之量測之一或多個度量目標。在一些實例中，度量目標之至少一者係一裝置結構(例如，線距光柵、FinFET結構、SRAM裝置結構、快閃裝置結構、DRAM裝置結構等等)。在一些實例中，度量目標之一或多者係與經量測熱點結構相同類型之結構。

如在本文中描述，藉由使用原始量測資料(即，藉由量測系統直接產生之量測資料)來產生量測模型，減少相關聯於以傳統模型為基礎之度量方法之誤差及近似值。另外，量測模型不對系統誤差、不對稱性等等敏感，此係因為量測模型基於自一特定度量系統收集或模擬之量測資料而訓練且用以基於自相同度量系統收集之量測資料執行量測。

在本文中描述之經訓練熱點量測模型直接接收量測資料作為輸入且提供所關注參數之值作為輸出。藉由流線化量測程序，改良預測結果且減少計算及使用者時間。在一些實例中，熱點量測模型可在少於一小時中產生。另外，藉由採用一簡化模型，相較於現有度量方法減少量測時間。

在程序參數(例如，微影焦點、曝光、像差參數、疊對偏移、蝕刻時間、溫度、壓力及其他區域或全域參數)之一受控DOE (實驗設計)變動下執行熱點量測模型之訓練。在完成訓練之後，線內光學度量可以一獨立或整合模式操作。

圖3圖解說明在至少一個新穎態樣中訓練用於熱點監測之一熱點量測模型之一方法100。方法100適合於藉由一度量系統(諸如在本發明之圖1中圖解說明之度量系統300)實施。在一個態樣中，應認知，可經由藉由運算系統330 (或任何其他通用運算系統)之一或多個處理器執行之一預程式化演算法實行方法100之資料處理方塊。在本文中

應認知，度量系統300之特定結構態樣並不表示限制且僅應解釋為闡釋性。在製造程序之配方開發階段中執行訓練。熱點量測模型之訓練並非針對每一生產晶圓執行。

在方塊101中，藉由一運算系統(例如，運算系統330)接收待製造在一晶圓上之不同位置處之一組熱點結構之一指示。在一些實施例中，藉由一使用者基於經驗、先前量測等等來定義該組熱點結構。藉由使用者以任何合適方式參數化該組熱點結構。因此，在此實例中，藉由使用者輸入將該組熱點結構及其等之參數化傳送至運算系統330。

在方塊102中，藉由一運算系統(例如，運算系統330)接收待製造在晶圓上不同於待製造熱點結構之位置之位置處之一組度量目標之一指示。在一些實施例中，藉由一使用者定義該組度量目標及其等之參數化，且藉由使用者輸入將該組參數化度量目標傳送至運算系統330。

在方塊103中，藉由一運算系統(例如，運算系統330)接收相關聯於與在中間程序步驟之前且包含中間程序步驟之任何程序步驟相關聯之一或多個程序參數之一程序窗之一指示。在一個實例中，程序條件之集合描述微影焦點及劑量設定之一空間中之不同點。

在方塊104中，在程序窗內之複數個程序點之各者處估計特性化熱點結構之至少一個參數之一值。在一些實施例中，運算系統330基於一模擬來判定與各量測位點處之程序窗內之各程序點相關聯之預期熱點參數值。舉例而言，採用一程序模擬器以定義一熱點參數(即，一幾何或材料參數)對於一給定程序參數值集合之預期回應。一例示性程序模擬器包含可自美國加利福尼亞州，米爾皮塔斯市之KLA-Tencor公司購得之正型光阻劑光學微影(PROLITH)模擬軟體。一般言之，可在此專利文件之範疇內預期任何程序模型化技術或工具(例

如，可自美國北卡羅來納州，凱里市之Coventor, Inc.購得之Coventor模擬軟體)。

在一些其他實施例中，與各量測位點處之程序窗內之各程序點相關聯之預期熱點參數值係基於一或多個DOE晶圓藉由一參考度量系統(例如，參考量測源320)之實際量測(例如，參考量測321)。藉由參考度量系統探測之量測位點包含具有藉由參考度量系統量測之一或多個所關注參數之熱點結構。一般言之，可藉由一或多個參考度量系統執行參考量測。藉由非限制性實例，可單獨採用或組合採用一臨界尺寸掃描電子顯微鏡(CD-SEM)、一臨界尺寸小角度X射線散射儀(CD-SAXS)、一原子力顯微鏡(AFM)等等以執行一熱點結構之參考量測。此等量測技術歸因於低處理能力、對於各個別位點之高量測不確定性、樣本破壞風險等等而無法用於線內度量。可在定位於(例如)劃線區域中之裝置結構或似裝置結構上執行藉由一參考度量系統之量測。

在方塊105中，在程序窗內之複數個程序點之各者處判定與複數個度量目標之各者之一量測相關聯之一定量之量測資料。在一些實施例中，運算系統330基於一模擬來判定與各量測位點處之程序窗內之各程序點相關聯之預期度量目標參數值。舉例而言，採用一程序模擬器以定義一度量目標參數(即，一幾何或材料參數)對於一給定程序參數值集合之預期回應。另外，運算系統330採用一量測模擬器(例如，RCWA等等)以模擬藉由量測系統(例如，在圖1中描繪之光譜橢圓偏光儀)針對各度量目標產生之原始量測資料。

在一些其他實施例中，與程序窗內之各程序點處之各度量目標之量測相關聯之量測資料係基於一或多個DOE晶圓藉由度量目標量測系統(例如，在圖1中描繪之光譜橢圓偏光儀)之實際量測(例如，量測311)。藉由度量目標量測系統探測之量測位點包含具有藉由度量目標量測系統量測之一或多個所關注參數之度量目標。

在一些前述實施例中，參考熱點量測及度量目標之量測之一者或兩者係在一或多個DOE晶圓上執行之實際量測。在此等實施例中，出於訓練目的而將一或多個程序參數、結構參數或兩者之變動組織於一或多個半導體晶圓之表面上之一DOE圖案中。以此方式，參考及度量目標量測系統詢問晶圓表面上對應於一或多個程序參數、結構參數或兩者之不同值之不同位置。

在一些實例中，在一單一晶圓上產生度量目標及對應熱點結構之一DOE集合。舉例而言，可藉由依據一單一晶圓之表面上之位置來變動蝕刻設定、微影焦點、劑量、像差及疊對設定之任一者或組合而產生度量目標及熱點結構之DOE集合。在一些實例中，在若干晶圓上產生度量目標及對應熱點結構之一DOE集合。舉例而言，可使用多個DOE晶圓之一集合探索影響整個晶圓之程序參數(諸如沈積時間、蝕刻時間、晶圓級微影焦點等等)之變動之影響。以此方式，探索程序參數之變動對經量測度量信號及所關注熱點參數之影響。

可在一分開訓練晶圓上或在一生產晶圓上提供訓練目標。在一些實例中，度量目標定位於一生產品圓之一劃線道中。在一些其他實例中，度量目標定位於主動晶粒區域中。

在一些實例中，包含DOE變動之一特殊遮罩或遮罩集合經設計以產生訓練晶圓。在一些其他實例中，訓練目標可定位於生產遮罩內。在一些其他實例中，在無特殊遮罩或遮罩特徵之情況下藉由程序控制設定完全控制DOE變動。

在一個實例中，DOE圖案係一微影焦點/劑量圖案。通常，展現一焦點/劑量圖案之一DOE晶圓包含量測位點之一柵格圖案。在一個柵格方向(例如，x方向)上，焦點在x方向上變動而y方向上之焦點保持恆定。在正交柵格方向(例如，y方向)上，劑量誤差變動而x方向上之劑量保持恆定。以此方式，自DOE晶圓收集之量測資料包含與微影

焦點及劑量設定分別在x及y方向上之變動相關聯之資料。圖5描繪具有展現對焦點及劑量之變動之敏感性之目標(例如，目標161)之一柵格之一DOE晶圓160。焦點依據DOE晶圓160上沿x方向之位置而變動。劑量依據DOE晶圓160上沿y方向之位置而變動。

一般言之，針對可印刷性及對所關注程序參數、結構參數或兩者之改變之敏感性來設計度量目標。在一些實例中，度量目標係專用目標，其等並非與對應熱點結構相同之類型。在一些實施例中，度量目標係基於習知線/空間目標。藉由非限制性實例，可採用CD目標、SCOL目標或AiM目標。在一些其他實施例中，度量目標係與熱點結構相同類型之似裝置結構。在一些其他實例中，度量目標係裝置結構或裝置結構之部分。無關於所採用的度量目標之類型，必須提供展現對經探索程序變動、結構變動或兩者之敏感性之一組訓練目標以訓練熱點量測模型。一旦模型經訓練，便可將其用於執行具有如在本文中描述之一或多個所關注參數之未知值之熱點結構之量測。

視情況，基於一數學變換自量測資料提取數個主特徵。變換縮減光學量測資料之尺寸且將原始信號映射至一新的經縮減信號集合。將各經量測信號視為針對光學量測資料集合中之不同量測而在程序範圍內改變之一原始信號。變換可應用於所有量測信號或量測信號之一子集。在一些實例中，隨機選取經受分析之信號。在一些其他實例中，經受分析之信號歸因於其等對程序參數之改變之相對高敏感性而經選取。舉例而言，可忽略對程序參數之改變不敏感之信號。

藉由非限制性實例，可使用一主成分分析(PCA)模型、一核心PCA模型、一非線性PCA模型、一獨立成分分析(ICA)模型或使用字典之其他降維方法(一離散餘弦變換(DCT)模型、快速傅立葉變換(FFT)模型、一小波模型等等)之任一者達成變換。

在方塊106中，基於特性化熱點結構之至少一個參數在程序窗內

之複數個程序點之各者處之估計值及一定量之量測資料來訓練熱點量測模型。若執行一選用資料縮減步驟，則基於自量測資料提取之主特徵來訓練熱點量測模型。在一些實施例中，量測模型經實施為一神經網路模型。在一個實例中，基於自訓練資料提取之特徵來選擇神經網路之節點數目。在其他實例中，量測模型可經實施為一線性模型、一非線性模型、一多項式模型、一回應表面模型、一隨機森林模型、一支援向量機模型或其他類型之模型。在一些實例中，量測模型可經實施為一模型組合。模型經訓練使得其之輸出擬合用於藉由DOE度量目標集合及對應熱點結構定義之程序變動空間中之所有經量測信號之參考熱點參數值。

以此方式，經訓練量測模型將使用(若干)度量目標量測工具量測之度量信號映射至經模擬或經量測之所關注熱點參數之值。

在一進一步態樣中，判定在DOE程序變動空間內之程序變量與所關注熱點參數之值之間之一映射。由於針對藉由DOE集合定義之程序變動空間中之所有經量測信號訓練模型，故可增加經訓練量測模型以亦將程序條件映射至所關注熱點參數。以此方式，採用經訓練熱點量測模型以量測除來自相同度量目標之一或多個所關注熱點參數(例如，EPE、疊對、CD、間距游動(pitch walk)等等)以外的所關注程序參數(例如，焦點/劑量、曝光等等)。

在一些實施例中，度量目標係設計規則目標。換言之，度量目標遵循可應用於底層半導體製造程序之設計規則。在一些實例中，度量目標較佳定位於主動晶粒區域內。在一些實例中，度量目標具有 $15\ \mu\text{m} \times 15\ \mu\text{m}$ 或更小之尺寸。以此方式，可分析由微影缺陷引起之場內變動對疊對之影響。在一些其他實例中，度量目標定位於劃線道中或以其他方式定位於主動晶粒區域外部。

一般言之，待量測之度量目標與待特性化之熱點結構在空間上

分開。然而，在較佳實施例中，度量目標定位成接近於所關注熱點結構。度量目標經選擇以產生對所關注參數具有高敏感性之量測信號。然而，對使用諸如CD-SEM、CD/OVL-SAXS、AFM或以模型為基礎之光學CD之參考工具模擬或量測之實際裝置結構執行訓練或映射。在模型訓練之後，可在線內量測生產晶圓且自度量目標收集量測資料。藉由經訓練熱點量測模型將量測資料映射至所關注熱點參數。

在一些其他實施例中，度量目標與所關注熱點結構按時間分開(即，藉由一或多個程序步驟分開)。在此等實例中，訓練序列可使用藉由一或多個處理步驟與待量測之熱點結構分開之相同或不同類型之目標。在一些實例中，度量目標係在一特定程序狀態中之結構。使用自在一特定程序狀態中之熱點結構收集之量測資料來訓練如在本文中描述之熱點量測模型。接著使用經訓練熱點量測模型以基於自相同特定程序狀態下之度量目標收集之用於訓練熱點量測模型之量測資料來計算在一後續程序狀態中之熱點結構之結構參數、程序參數或兩者之值。

在一進一步態樣中，來自相同度量目標之相同量測信號可用於產生用於量測其他所關注熱點參數之不同熱點量測模型。一般言之，前述量測技術可應用於其他程序、結構、分散參數或此等參數之任何組合之量測。藉由非限制性實例，可使用前述技術量測疊對、輪廓幾何參數(例如，臨界尺寸)、程序參數(例如，焦點及劑量)、分散參數、間距游動、邊緣放置誤差或任何參數組合。必須提供具有各所關注參數之變動之一組訓練目標。接著基於自度量目標模擬或量測之量測資料及包含如在本文中描述之程序變動範圍之經模擬或經量測熱點參數來訓練熱點量測模型。憑藉針對各所關注熱點參數訓練之一熱點量測模型，一或多個度量目標之量測提供至熱點量測模型之輸入以判定各所關注參數之值。

在另一進一步態樣中，用於訓練量測模型之方法及系統包含用以使得出一經訓練量測模型所需之任何或所有元素自動化之一最佳化演算法。

在一些實例中，一最佳化演算法經組態以藉由最佳化下列參數之任一者或全部而最大化量測效能(藉由一成本函數定義)：特徵提取模型之類型(即，變換)、選定特徵提取模型之參數、熱點量測模型之類型及選定熱點量測模型之參數。最佳化演算法可包含使用者定義之試探法且可為巢狀最佳化之組合(例如，組合及連續最佳化)。

在一進一步態樣中，針對模型構建、訓練及量測收集來自多個不同目標之量測資料。使用與具有不同結構但由相同程序條件形成之多個目標相關聯之資料增大嵌入模型中之資訊且減小與程序或其他參數變動之相關性。嵌入模型中之額外資訊允許相關聯於一個所關注參數之資訊內容與相關聯於可以一類似方式影響經量測信號之其他參數(例如，膜厚度、CD等等)之資訊解耦合。在此等實例中，使用包含一或多個量測位點處之多個不同目標之量測之訓練資料實現更準確參數估計。在一些實例中，採用隔離及密緻線/空間目標之一混合以使疊對與下層影響解耦合。在一些實例中，在各晶粒中採用在正交方向上偏移之多個不同目標。此可有利於最小化下層對量測準確性之影響。在一個實例中，SRAM裝置區域可因其對CD改變敏感而用作一個度量目標，與對疊對敏感之另一度量目標組合。

在另一進一步態樣中，可處理來自多個目標之信號以減小對程序變動之敏感性且增大對所關注參數之敏感性。在一些實例中，將來自不同目標之信號彼此相減。在一些其他實例中，將來自不同目標之信號擬合至一模型，且使用殘差來構建、訓練及使用如在本文中描述之熱點量測模型。在一個實例中，將來自兩個不同目標之信號相減以消除或顯著減小各量測結果中之程序雜訊之影響。一般言之，可在來

自不同目標之信號之間應用各種數學運算以判定具有對程序變動之減小敏感性及對所關注參數之增大敏感性之信號。

在另一進一步態樣中，針對模型構建、訓練及量測收集自藉由多個不同量測技術之一組合執行之量測導出之量測資料。使用與多個不同量測技術相關聯之量測資料增大經組合信號集合中之資訊內容且減小與程序或其他參數變動之相關性。量測資料可自藉由多個不同量測技術之任何組合執行之量測導出。以此方式，可藉由多個不同量測技術(例如，光學SE、成像疊對等等)量測不同量測位點以增強可用於估計所關注參數之量測資訊。

一般言之，在本專利文件之範疇內可預期任何量測技術或者兩種或兩種以上量測技術之組合，此乃因藉由特徵提取模型以及用於訓練及量測之熱點量測模型處理之資料係呈向量形式。由於如本文中所述之信號回應度量技術對資料之向量進行操作，因此每一所收集信號係被獨立地處理。另外，可序連來自多個不同度量之資料，而無關於該資料是否係二維資料、一維資料或甚至單點資料。

可提供用於根據本文中所述之信號回應度量技術進行分析之資料之例示性量測技術包含(但不限於)：以成像為基礎之量測系統、光譜橢圓偏光術(包含穆勒矩陣橢圓偏光術及具有多個照明角度之橢圓偏光術)、單波長橢圓偏光術、光譜反射術、單波長反射術、光譜散射術、散射術疊對、光束輪廓反射術(角解析及偏光解析兩者)、光束輪廓橢圓偏光術、單一或多個離散波長橢圓偏光術、透射小角度x射線散射儀(TSAXS)、小角度x射線散射(SAXS)、掠入射小角度x射線散射(GISAXS)、寬角度x射線散射(WAXS)、x射線反射率(XRR)、x射線繞射(XRD)、掠入射x射線繞射(GIXRD)、高解析度x射線繞射(HRAXRD)、x射線光電子光譜(XPS)、x射線螢光(XRF)、掠入射x射線螢光(GIXRF)、x射線斷層攝影術、x射線橢圓偏光術、散射術(例如，

斑點)、拉曼光譜、掃描電子顯微鏡(SEM)、透射電子顯微鏡(TEM)及原子力顯微鏡(AFM)。一般言之，可個別考量或以任何組合考量適用於半導體結構之特性化之任何度量技術，包含以影像為基礎之度量技術。

在另一進一步態樣中，可處理藉由多個度量量測之信號以減小對程序變動之敏感性且增大對所關注參數之敏感性。在一些實例中，來自藉由不同度量量測之目標之信號彼此相減。在一些其他實例中，將來自藉由不同度量量測之目標之信號擬合至一模型，且使用殘差以構建、訓練及使用如在本文中描述之量測模型。在一個實例中，將來自藉由兩個不同度量量測之一目標之信號相減以消除或顯著減小各量測結果中之程序雜訊之影響。一般言之，可在藉由不同度量量測之信號之間應用各種數學運算以判定具有對程序變動之減小敏感性及對所關注參數之增大敏感性之信號。

一般言之，來自各藉由多個度量技術量測之多個目標之信號增大經組合信號集合中之資訊內容且減小與程序或其他參數變動之相關性。

在一進一步態樣中，在一差動模式中實施如前文描述之用於訓練及量測熱點結構之方法及系統。在此一方案中，在處理流程中之兩個不同步驟處執行度量目標量測及任何相關聯參考量測或模擬。將各相異處理步驟處之經量測信號之差視為用於訓練目的之訓練信號及用於量測目的之量測信號。

在一個實例中，相同位置點用於一微影步驟及一後續蝕刻步驟處之度量目標量測。微影與蝕刻步驟之間的差信號允許在每一點位點基礎上監測程序可變性，即使結構在晶圓上之點之間變動(例如，歸因於程序步驟或小定位誤差)。此差動度量模式較佳可用於SRAM裝置區域(其中量測目標之變動存在於晶圓上之不同場之間)之度量。

在一些實例中，量測目標之變動起因於經量測結構之週期性之一缺陷(例如，有限結構大小)或無法在度量系統之量測點內足夠地重複其他週期性結構之情境中之一缺陷。在一些實例中，量測目標之變動起因於光學度量系統之一小點大小及度量系統之量測位置放置誤差。

在一些實例中，在一或多個蝕刻步驟之前及之後的實際裝置參數值之間的差可用作至蝕刻程序之閉環控制之一輸入。

一般言之，差動熱點監測允許可用於(例如)設定兩個程序監測步驟(即，蝕刻與微影)之間的目標偏壓之全域(晶圓)、場(場平均)或區域(每位點)結果提供每場校正或提供高階校正(例如，OVL或EPE控制)。

在又另一態樣中，可使用本文中描述之熱點量測模型結果以提供主動回饋至一程序工具(例如，微影工具、蝕刻工具、沈積工具等等)。舉例而言，可將使用本文中描述之方法判定之熱點參數之值傳送至一微影工具以調整微影系統以達成一所要輸出。以一類似方式，可將蝕刻參數(例如，蝕刻時間、擴散率等等)或沈積參數(例如，時間、濃度等等)包含於一量測模型中以將主動回饋分別提供至蝕刻工具或沈積工具。在一些實例中，可將基於一經訓練熱點量測模型判定之程序參數之校正傳送至微影工具、蝕刻工具或沈積工具。

一般言之，在本文中描述之系統及方法可經實施為使一量測模型準備用於離線量測或工具上量測之程序之部分。

如在本文中描述，術語「臨界尺寸」包含一結構之任何臨界尺寸(例如，底部臨界尺寸、中間臨界尺寸、頂部臨界尺寸、側壁角度、光柵高度等等)、任何兩個或兩個以上結構之間的一臨界尺寸(例如，兩個結構之間的距離)及兩個或兩個以上結構之間的一位移(例如，疊對光柵結構之間的疊對位移等等)。結構可包含三維結構、圖

案化結構、疊對結構等等。

如在本文中描述，術語「臨界尺寸應用」或「臨界尺寸量測應用」包含任何臨界尺寸量測。

如在本文中描述，術語「度量系統」包含至少部分用以特性化任何態樣中之一樣品之任何系統，包含量測應用，諸如臨界尺寸度量、疊對度量、焦點/劑量度量及組合物度量。然而，此等技術術語並不限制如在本文中描述之術語「度量系統」之範疇。另外，度量系統100可經組態以用於量測圖案化晶圓及/或未圖案化晶圓。度量系統可經組態為一LED檢測工具、邊緣檢測工具、背側檢測工具、宏觀檢測工具或多模式檢測工具(涉及同時來自一或多個平台之資料)及獲益於基於臨界尺寸資料校準系統參數之任何其他度量或檢測工具。

在本文中針對可用於處理一樣品之一半導體處理系統(例如，一檢測系統或一微影系統)描述各種實施例。術語「樣品」在本文中用於係指一晶圓、一主光罩或可藉由此項技術中已知之方法處理(例如，印刷或檢測缺陷)之任何其他樣本。

如在本文中使用，術語「晶圓」通常係指由一半導體或非半導體材料形成之基板。實例包含(但不限於)單晶矽、砷化鎵及磷化銦。通常可在半導體製造設施中找到及/或處理此等基板。在一些情況中，一晶圓可僅包含基板(即，裸晶圓)。替代性地，一晶圓可包含形成於一基板上之不同材料之一或多個層。形成於一晶圓上之一或多個層可「經圖案化」或「未經圖案化」。舉例而言，一晶圓可包含具有可重複圖案特徵之複數個晶粒。

一「主光罩」可為在一主光罩製造程序之任何階段處之一主光罩，或可或不可經釋放以用於一半導體製造設施中之一完成主光罩。一主光罩或一「遮罩」通常定義為具有形成於其上且組態成一圖案之實質上不透明區域之一實質上透明基板。基板可包含(例如)一玻璃材

料，諸如非晶 SiO_2 。一主光罩可在一微影程序之一曝光步驟期間安置於一光阻劑之覆蓋晶圓上方，使得主光罩上之圖案可轉印至光阻劑。

形成於一晶圓上之一或多個層可經圖案化或未經圖案化。舉例而言，一晶圓可包含複數個晶粒，各晶粒具有可重複圖案特徵。此等材料層之形成及處理最終可導致完成裝置。許多不同類型之裝置可形成於一晶圓上，且如在本文中使用的術語晶圓旨在涵蓋其上製造此項技術中已知之任何類型的裝置之一晶圓。

在一或多項例示性實施例中，可在硬體、軟體、韌體或其等之任何組合中實施所描述之功能。若實施於軟體中，則功能可儲存於一電腦可讀媒體上或作為一電腦可讀媒體上之一或多個指令或程式碼而傳輸。電腦可讀媒體包含電腦儲存媒體及通信媒體兩者，其包含促進一電腦程式自一個位置轉移至另一位置之任何媒體。一儲存媒體可為可藉由一通用或專用電腦存取之任何可用媒體。藉由實例且非限制，此電腦可讀媒體可包括RAM、ROM、EEPROM、CD-ROM或其他光碟儲存器、磁碟儲存器或其他磁性儲存裝置或可用於攜載或儲存呈指令或資料結構形式之所要程式碼構件且可藉由一通用或專用電腦或一通用或專用處理器存取之任何其他媒體。再者，將任何連接適當地稱為一電腦可讀媒體。舉例而言，若使用一同軸電纜、光纖電纜、雙絞線、數位用戶線(DSL)或無線技術(諸如紅外線、無線電及微波)自一網站、伺服器或其他遠端源傳輸軟體，則同軸電纜、光纖電纜、雙絞線、DSL或無線技術(諸如紅外線、無線電及微波)包含於媒體之定義中。如在本文中使用，磁碟及光碟包含光碟(CD)、雷射光碟、光碟、數位多功能光碟(DVD)、軟碟及藍光光碟，其中磁碟通常磁性地重現資料，而光碟使用雷射光學地重現資料。上文之組合亦應包含於電腦可讀媒體之範疇內。

儘管在上文出於指導目的描述某些特定實施例，但此專利文件

之教示具有一般適用性且不限於上文描述之特定實施例。因此，在不脫離如在申請專利範圍中闡述之本發明之範疇的情況下可實踐所描述實施例之各種特徵之各種修改、調適及組合。

【符號說明】

100	方法
101	方塊
102	方塊
103	方塊
104	方塊
105	方塊
106	方塊
110	方法
111	方塊
112	方塊
113	方塊
114	方塊
115	方塊
150	圖
151	資料點
152	曲線
153	點
160	DOE晶圓
161	目標
300	度量系統/量測系統
301	樣品
302	照明器

304	光譜儀
306	偏光照明光束
307	偏光狀態產生器
308	光束
309	偏光狀態分析器
311	光譜/量測/量測資料
320	參考量測源
321	參考量測資料
330	電腦系統/運算系統
331	處理器
332	記憶體
333	匯流排
334	程式指令
340	熱點參數值/輸出信號

申請專利範圍

1. 一種量測系統，其包括：

一照明源，其經組態以照明安置於一晶圓上之第一複數個位置處之複數個度量目標之各者，該晶圓亦包含在該晶圓上之不同於該第一複數個位置之第二複數個位置處之複數個熱點結構，在一半導體晶圓製造序列之一中間程序步驟之後藉由該照明源照明該晶圓；

一偵測器，其經組態以回應於該複數個度量目標之各者之該照明而自該複數個度量目標之各者偵測一光量，且基於該等所偵測光量產生一定量之量測資料；及

一運算系統，其經組態以：

基於該一定量之量測資料及一經訓練熱點量測模型來判定特性化該複數個熱點結構之一熱點結構之至少一個參數之一值；及

將一信號傳送至一程序工具以導致該程序工具基於特性化該熱點結構之該至少一個參數之該值來調整與該半導體晶圓製造序列之一製造程序步驟相關聯之一程序參數。

2. 如請求項1之量測系統，其中該運算系統進一步經組態以：

接收在該晶圓上之該第二複數個位置處之該複數個熱點結構之一指示；

接收在該晶圓上之該第一複數個位置處之該複數個度量目標之一指示；

接收相關聯於與在該中間程序步驟之前且包含該中間程序步驟之任何程序步驟相關聯之一或多個程序參數之一程序窗之一指示；

在該程序窗內之複數個程序點之各者處估計特性化該熱點結構之該至少一個參數之一值；

在該程序窗內之該複數個程序點之各者處判定與該複數個度量目標之各者之一量測相關聯之一定量之量測資料；及

基於特性化該熱點結構之該至少一個參數在該程序窗內之複數個程序點之各者處之該估計值及該一定量之量測資料來訓練該熱點量測模型。

3. 如請求項2之量測系統，其中特性化該熱點結構之該至少一個參數之該值之該估計涉及：針對該熱點結構校準之一模擬。
4. 如請求項2之量測系統，其中特性化該熱點結構之該至少一個參數之該值之該估計涉及：特性化在該程序窗內之複數個程序點之各者處重複製造之該熱點結構之該至少一個參數藉由一參考度量系統之一量測。
5. 如請求項2之量測系統，其中與該中間程序步驟相關聯之該一或多個程序參數包含微影焦點及微影劑量。
6. 如請求項2之量測系統，其中與該複數個度量目標之各者之該量測相關聯之該一定量之量測資料之該判定涉及：在該程序窗內之該複數個程序點之各者處之該複數個度量目標之一量測。
7. 如請求項2之量測系統，其進一步包括：

藉由一模擬在該程序窗內之該複數個程序點之各者處估計特性化該複數個度量目標之各者之一或多個參數之一值，且其中與該複數個度量目標之各者之該量測相關聯之該一定量之量測資料之該判定係基於按特性化該複數個度量目標之各者之該一或多個參數之該值模擬特性化藉由該量測系統量測該複數個度量目標之各者之一度量目標量測模型。
8. 如請求項1之量測系統，其中該複數個熱點結構包含相對密緻結

構及相對隔離結構。

9. 如請求項1之量測系統，其中該複數個度量目標之至少一者係一實際裝置結構。
10. 如請求項9之量測系統，其中該複數個度量目標包含一線距光柵、一FinFET結構、一SRAM裝置結構、一快閃結構及一DRAM記憶體結構之任一者。
11. 如請求項1之量測系統，其中該熱點量測模型係一線性模型、一非線性模型、一多項式模型、一神經網路模型、一支持向量機模型及一隨機森林模型之任一者。
12. 如請求項1之量測系統，其中該複數個度量目標及該複數個熱點目標係相同類型之結構。
13. 如請求項1之量測系統，其中該複數個度量目標之各者之該照明及來自該複數個度量目標之各者之該光量之該偵測包含：藉由複數個不同度量技術獲取之量測。
14. 一種量測系統，其包括：

一照明源，其經組態以照明安置於一晶圓上之第一複數個位置處之複數個度量目標之各者，該晶圓亦包含在該晶圓上之不同於該第一複數個位置之第二複數個位置處之複數個熱點結構，在一半導體晶圓製造序列之一中間程序步驟之後藉由該照明源照明該晶圓；

一偵測器，其經組態以回應於該複數個度量目標之各者之該照明而自該複數個度量目標之各者偵測一光量，且基於該等所偵測光量產生一定量之量測資料；及

一非暫時性電腦可讀媒體，其儲存一定量之程式碼，該一定量之程式碼當藉由一運算系統執行時導致該運算系統：

基於該一定量之量測資料及一經訓練熱點量測模型來判定

特性化該複數個熱點結構之一熱點結構之至少一個參數之一值；及

將一信號傳送至一程序工具以導致該程序工具基於特性化該熱點結構之該至少一個參數之該值來調整與該半導體晶圓製造序列之一製造程序步驟相關聯之一程序參數。

15. 如請求項14之量測系統，其中該一定量之程式碼進一步導致該運算系統：

接收在該晶圓上之該第二複數個位置處之該複數個熱點結構之一指示；

接收在該晶圓上之該第一複數個位置處之該複數個度量目標之一指示；

接收相關聯於與在該中間程序步驟之前且包含該中間程序步驟之任何程序步驟相關聯之一或多個程序參數之一程序窗之一指示；

在該程序窗內之複數個程序點之各者處估計特性化該熱點結構之該至少一個參數之一值；

在該程序窗內之該複數個程序點之各者處判定與該複數個度量目標之各者之一量測相關聯之一定量之量測資料；及

基於特性化該熱點結構之該至少一個參數在該程序窗內之複數個程序點之各者處之該估計值及該一定量之量測資料來訓練該熱點量測模型。

16. 一種量測方法，其包括：

在一半導體晶圓製造序列之一中間程序步驟之後將一晶圓提供至一量測系統，該晶圓包含在該晶圓上之第一複數個位置處之複數個熱點結構及在該晶圓上不同於該第一複數個位置之第二複數個位置處之複數個度量目標；

照明在該第二複數個位置處之該複數個度量目標之各者；

回應於該複數個度量目標之各者之該照明而自該複數個度量目標之各者偵測一光量，且基於該等所偵測光量產生一定量之量測資料；

基於該一定量之量測資料及一經訓練熱點量測模型來藉由一運算系統判定特性化一熱點結構之至少一個參數之一值；及

將一信號傳送至一程序工具以導致該程序工具基於特性化該熱點結構之該至少一個參數之該值來調整與該半導體晶圓製造序列之一製造程序步驟相關聯之一程序參數。

17. 如請求項16之方法，其進一步包括：

接收在該晶圓上之該第一複數個位置處之該複數個熱點結構之一指示；

接收在該晶圓上之該第二複數個位置處之該複數個度量目標之一指示；

接收相關聯於與在該中間程序步驟之前且包含該中間程序步驟之任何程序步驟相關聯之一或多個程序參數之一程序窗之一指示；

藉由該運算系統在該程序窗內之複數個程序點之各者處估計特性化該複數個熱點結構之一熱點結構之該至少一個參數之一值；

藉由該運算系統在該程序窗內之該複數個程序點之各者處判定與該複數個度量目標之各者之一量測相關聯之一定量之量測資料；及

藉由該運算系統基於特性化該熱點結構之該至少一個參數在該程序窗內之複數個程序點之各者處之該估計值及該一定量之量測資料來訓練該熱點量測模型。

18. 如請求項17之方法，其中特性化該熱點結構之該至少一個參數之該值之該估計涉及：針對該熱點結構校準之一模擬。
19. 如請求項17之方法，其中與該中間程序步驟相關聯之該一或多個程序參數包含微影焦點及微影劑量。
20. 如請求項16之方法，其中該複數個度量目標之至少一者係一實際裝置結構。

圖式

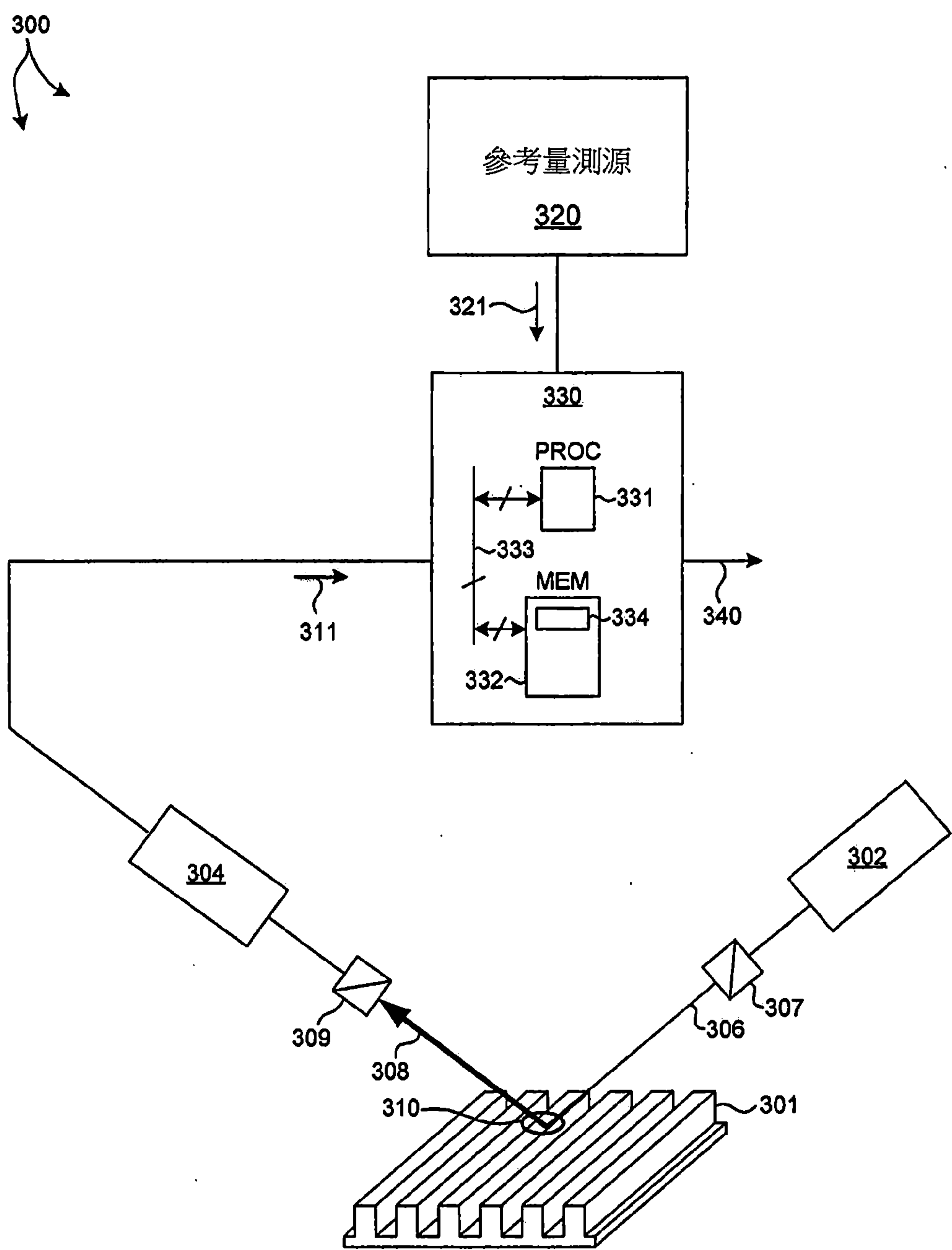


圖 1

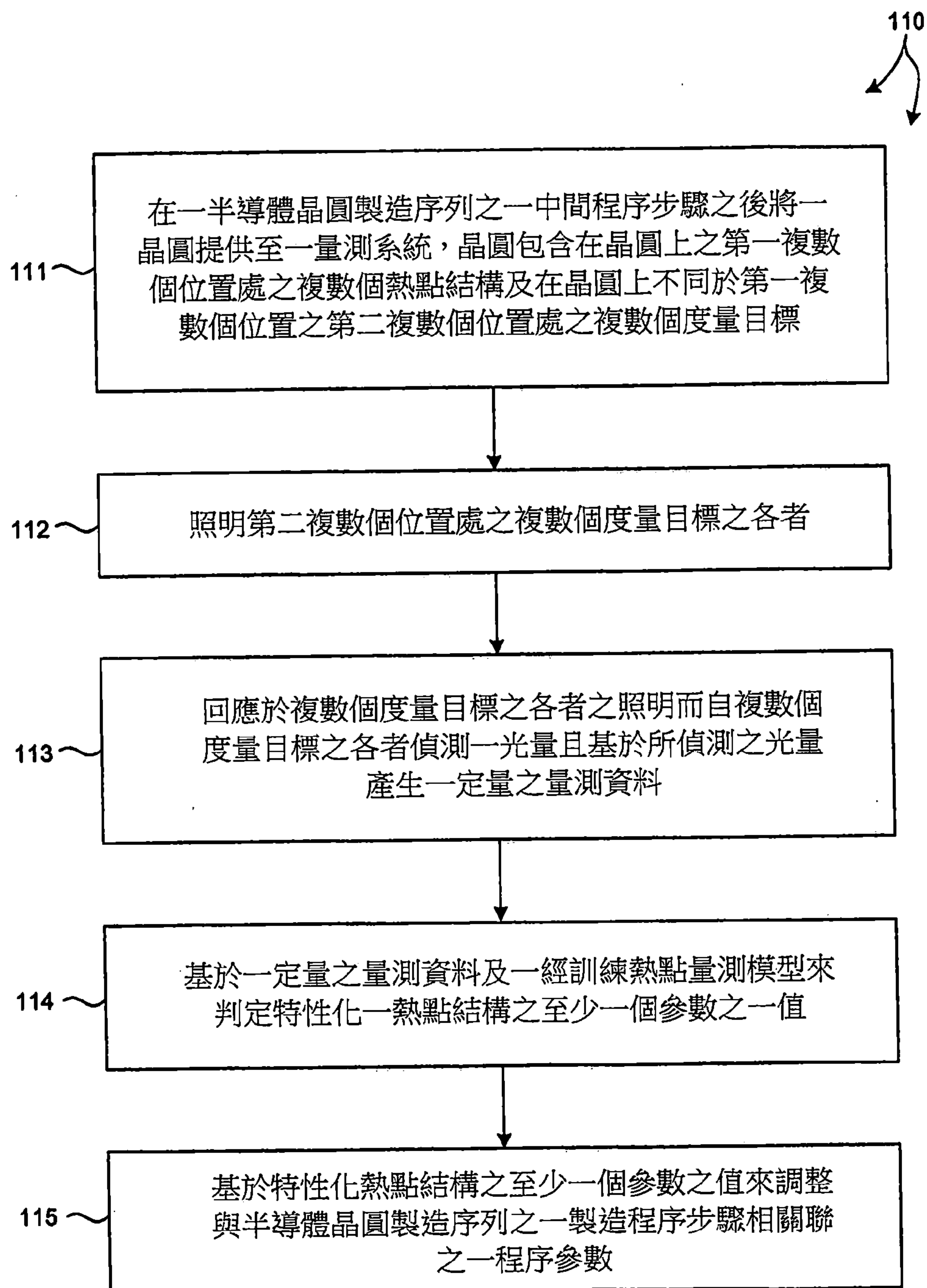


圖 2

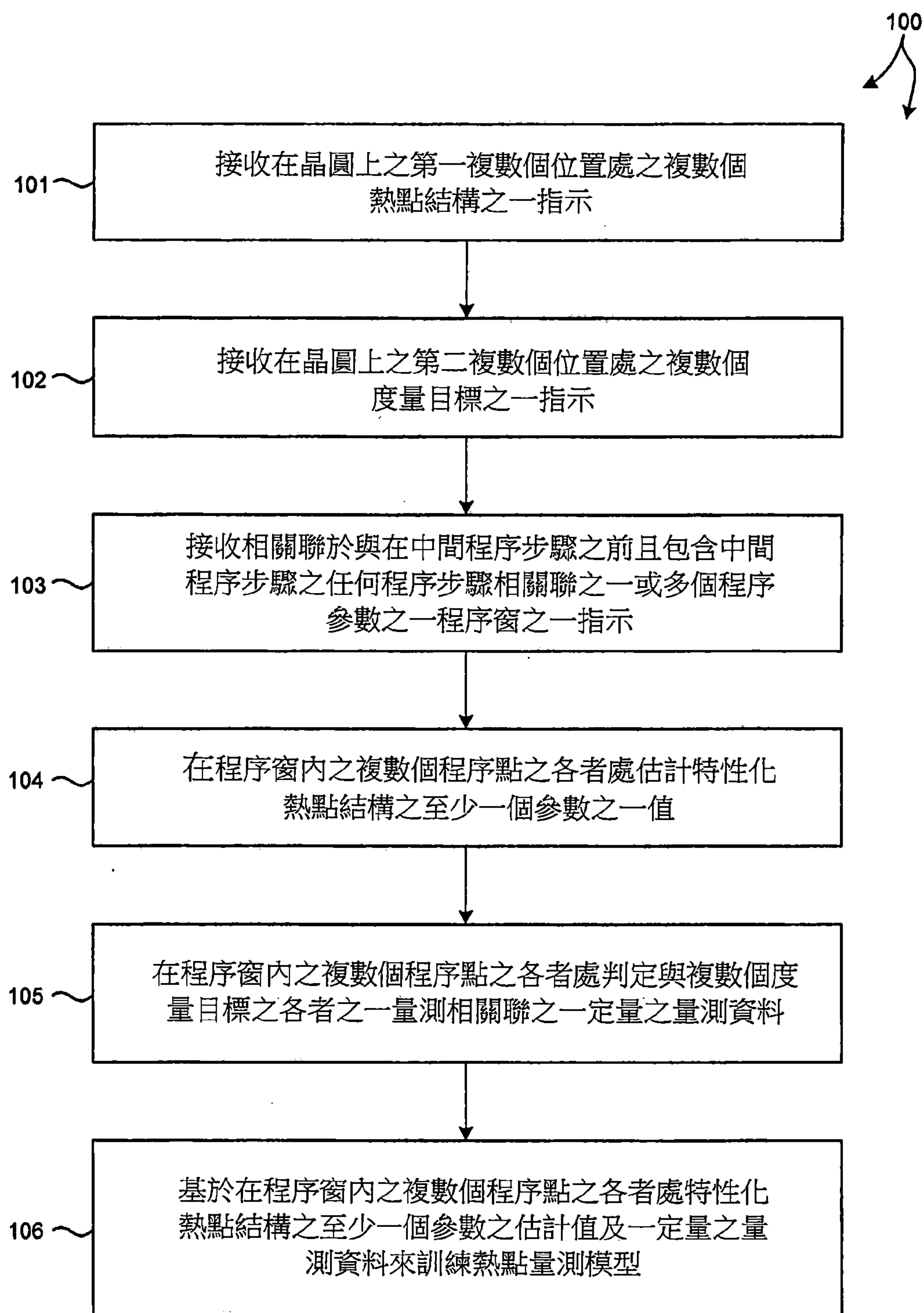


圖 3

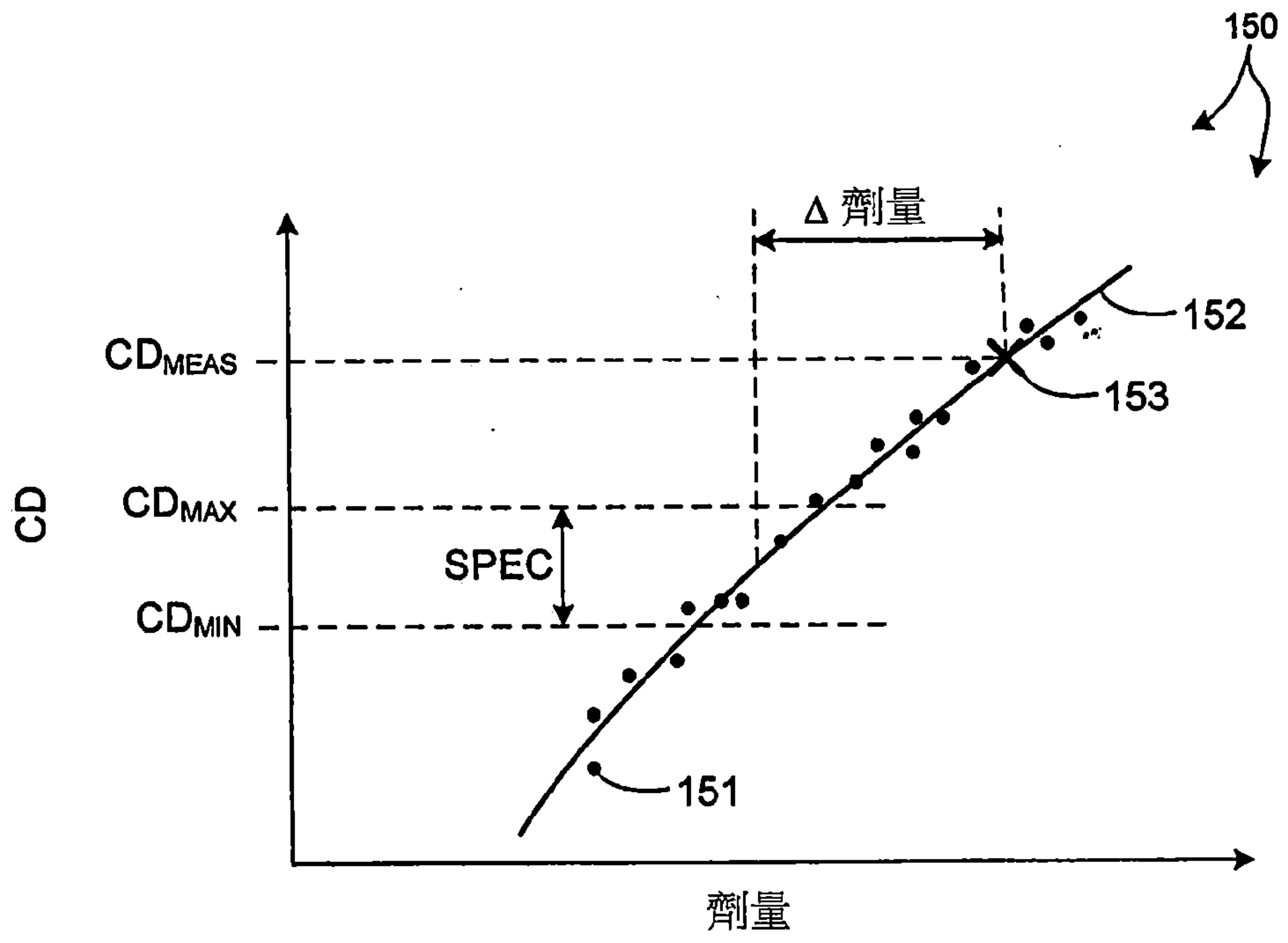


圖 4

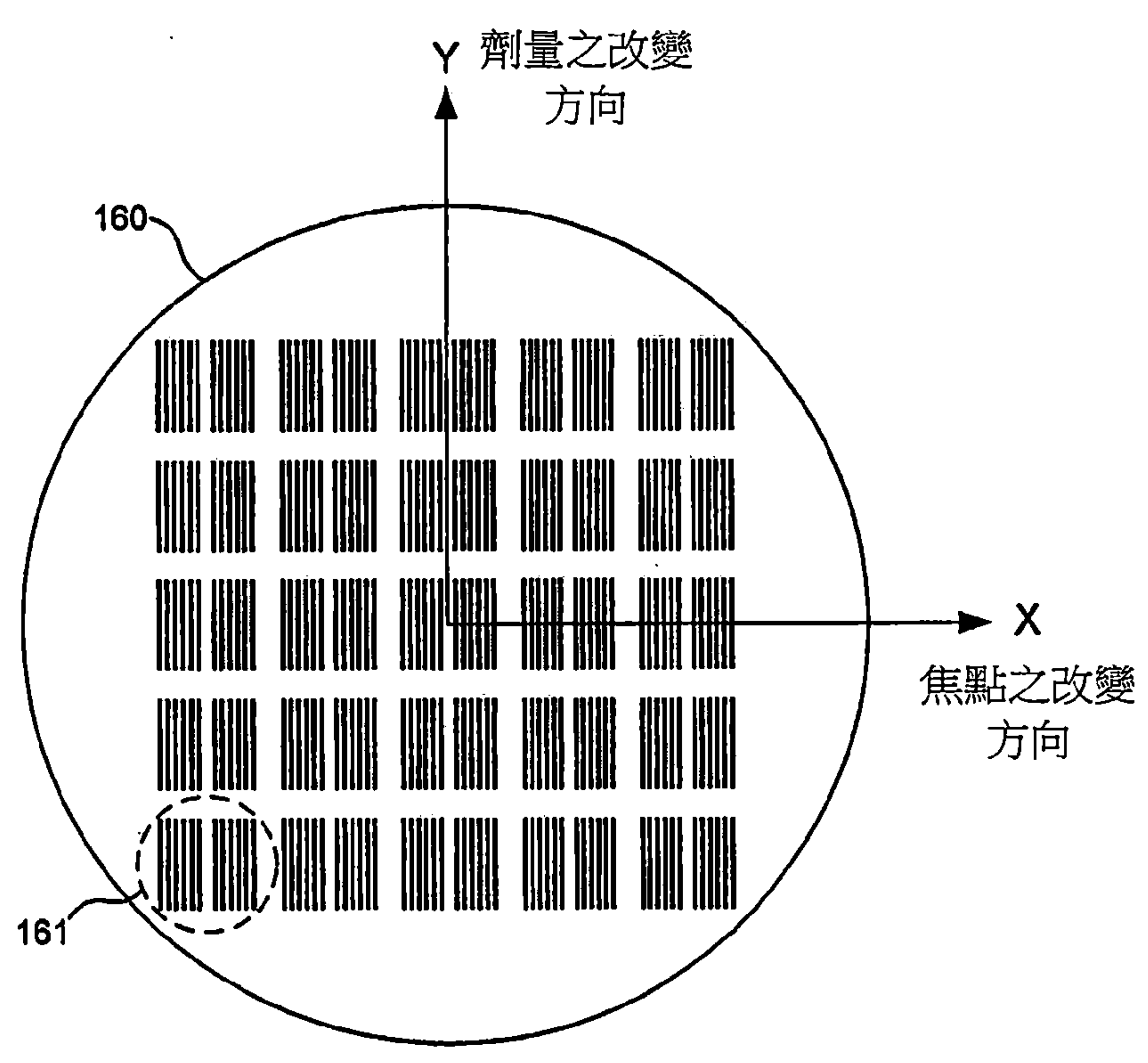


圖 5