



(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 I862882 B

(45)公告日：中華民國 113 (2024) 年 11 月 21 日

(21)申請案號：110141758

(22)申請日：中華民國 110 (2021) 年 11 月 10 日

(51)Int. Cl. : G03F7/20 (2006.01)

G01N21/88 (2006.01)

G01N21/956 (2006.01)

(30)優先權：2021/10/21 世界智慧財產權組織 PCT/US21/55930

(71)申請人：美商科磊股份有限公司(美國) KLA CORPORATION (US)

美國

(72)發明人：吉納渥克 馬克 GHINOVKER, MARK (IL)；飛勒 亞爾 FELER, YOEL (IL)

(74)代理人：陳長文

(56)參考文獻：

TW 202132907A

US 7608468B1

US 2006109438A1

審查人員：呂燦

申請專利範圍項數：20 項 圖式數：6 共 40 頁

(54)名稱

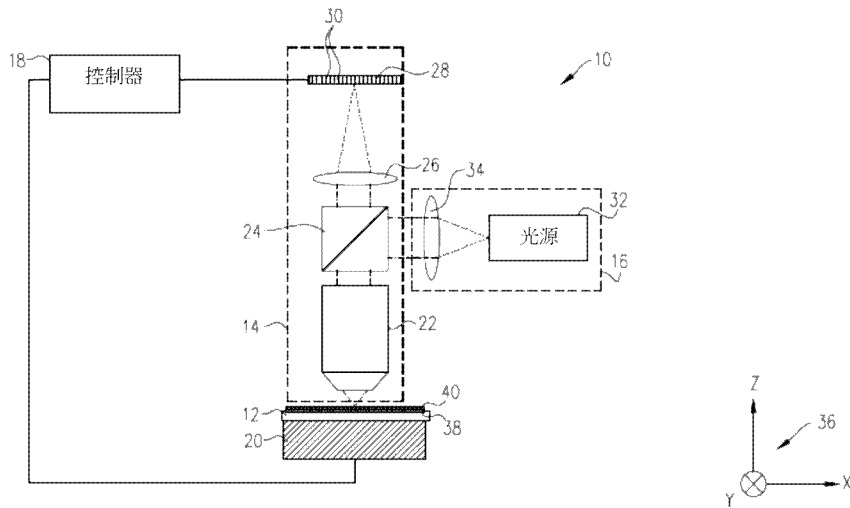
用於半導體計量之方法及光學計量裝置

(57)摘要

本發明揭示一種用於半導體計量之方法，其包含將一第一薄膜層沈積於一半導體基板上並沈積上覆該第一薄膜層之一第二薄膜層。圖案化該第一薄膜層及該第二薄膜層以界定複數個疊對目標，該複數個疊對目標包括：第一目標特徵，其等形成於具有隔開第一標稱距離之各自第一位置之該第一膜層中；及第二目標特徵，其等形成於具有隔開不同於該等第一標稱距離之第二標稱距離之各自第二位置之該第二膜層中。處理該半導體基板之一影像以量測該等疊對目標之各者中之該第一目標位置與該第二目標位置之間的各自位移，且估計該第一薄膜層與該第二薄膜層之該圖案化之間的一實際疊對誤差及該成像總成之一量測誤差兩者。

A method for semiconductor metrology includes depositing a first film layer on a semiconductor substrate and a second film layer overlying the first film layer. The first and second film layers are patterned to define a plurality of overlay targets comprising first target features formed in the first film layer having respective first locations, which are spaced apart by first nominal distances, and second target features formed in the second film layer having respective second locations, which are spaced apart by second nominal distances, which are different from the first nominal distances. An image of the semiconductor substrate is processed to measure respective displacements between the first and second target locations in each of the overlay targets, and to estimate both an actual overlay error between the patterning of the first and second film layers and a measurement error of the imaging assembly.

指定代表圖：



【圖1】

符號簡單說明：

10:光學計量裝置

12:基板

14:成像總成

16:照明總成

18:控制器

20:台

22:物鏡

24:立方體光束分離器

26:成像透鏡

28:感測器

30:二維像素陣列

32:光源

34:透鏡

36:笛卡爾座標

38:第一薄膜層/第一層/下伏層

40:第二薄膜層/第二層



I862882

【發明摘要】

【中文發明名稱】

用於半導體計量之方法及光學計量裝置

【英文發明名稱】

METHOD FOR SEMICONDUCTOR METROLOGY AND OPTICAL METROLOGY APPARATUS

【中文】

本發明揭示一種用於半導體計量之方法，其包含將一第一薄膜層沈積於一半導體基板上並沈積上覆該第一薄膜層之一第二薄膜層。圖案化該第一薄膜層及該第二薄膜層以界定複數個疊對目標，該複數個疊對目標包括：第一目標特徵，其等形成於具有隔開第一標稱距離之各自第一位置之該第一膜層中；及第二目標特徵，其等形成於具有隔開不同於該等第一標稱距離之第二標稱距離之各自第二位置之該第二膜層中。處理該半導體基板之一影像以量測該等疊對目標之各者中之該第一目標位置與該第二目標位置之間的各自位移，且估計該第一薄膜層與該第二薄膜層之該圖案化之間的一實際疊對誤差及該成像總成之一量測誤差兩者。

【英文】

A method for semiconductor metrology includes depositing a first film layer on a semiconductor substrate and a second film layer overlying the first film layer. The first and second film layers are patterned to define a plurality of overlay targets comprising first target features formed in the first film layer having respective first locations, which are spaced apart by first nominal distances, and second target features formed in the second

film layer having respective second locations, which are spaced apart by second nominal distances, which are different from the first nominal distances. An image of the semiconductor substrate is processed to measure respective displacements between the first and second target locations in each of the overlay targets, and to estimate both an actual overlay error between the patterning of the first and second film layers and a measurement error of the imaging assembly.

【指定代表圖】

圖1

【代表圖之符號簡單說明】

- 10:光學計量裝置
- 12:基板
- 14:成像總成
- 16:照明總成
- 18:控制器
- 20:台
- 22:物鏡
- 24:立方體光束分離器
- 26:成像透鏡
- 28:感測器
- 30:二維像素陣列
- 32:光源
- 34:透鏡

36:笛卡爾座標

38:第一薄膜層/第一層/下伏層

40:第二薄膜層/第二層

【發明說明書】

【中文發明名稱】

用於半導體計量之方法及光學計量裝置

【英文發明名稱】

METHOD FOR SEMICONDUCTOR METROLOGY AND OPTICAL METROLOGY APPARATUS

【技術領域】

【0001】 本發明大體上係關於半導體器件之製造，且特定言之係關於用於半導體電路計量之方法及目標特徵。

【先前技術】

【0002】 半導體電路通常使用光微影方法製造。在光微影中，一感光聚合物(光阻劑)之一薄層沈積於一半導體基板上且使用光學或其他輻射圖案化以使基板之部分由光阻劑覆蓋。光阻劑由通常使用紫外線輻射將一倍縮光罩之一影像投影至光阻劑上之一掃描器圖案化。在圖案化之後，藉由方法(諸如蝕刻及離子轟擊)對基板進行修飾以改變基板之材料性質及/或形貌，而基板之由光阻劑覆蓋之部分不受影響。

【0003】 半導體電路計量用於量測經圖案化光阻劑之性質，諸如經圖案化之特徵之形貌及位置。光阻劑之經圖案化特徵相對於先前程序層之準確位置對於達成光微影程序之一高良率至關重要。經圖案化之光阻劑相對於一下伏層程序層之定位(偏移)中之任何誤差指稱「疊對誤差」。作為一實例，在具有10 nm至14 nm (所謂之10-nm設計規則)之最小線寬之典型半導體電路中，最大允許疊對誤差係2 nm至3 nm。在前沿半導體電路中，線寬收縮至5 nm，同時最大允許疊對誤差亦隨之減小。

【0004】 疊對誤差通常使用光學疊對計量裝置(通常稱為光學疊對計量工具)來量測，因為可見及紅外波長中之光學輻射能夠穿透光阻層並且穿透光阻劑下之介電層。此外，紅外波長能夠穿透一半導體基板(諸如矽)以達成透過基板之計量。

【0005】 光學疊對計量工具(諸如KLA公司(Milpitas, CA, USA)之Archer™系列工具，對位於半導體基板之劃線(分離相鄰晶粒之線)及/或晶粒內之一疊對目標(諸如KLA之AIM™疊對目標)成像。將一影像分析演算法應用於所獲取影像以定位程序層中之目標特徵之對稱中心及經圖案化之光阻層中之目標特徵之對稱中心。基於兩層中之目標特徵之對稱中心之間的位移來計算疊對誤差。

【0006】 替代地，可在一散射量測模式下量測疊對誤差。在此量測模式下，自計量工具之物鏡之出射光瞳擷取疊對目標之週期性目標特徵之一散射量測影像。處理指示自目標特徵散射之光學輻射之角分佈之散射量測影像以量測疊對誤差。

【0007】 在本描述及申請專利範圍中使用之術語「光學射線」、「光學輻射」、「光」及「輻射束」通常係指任何及所有可見光、紅外及紫外輻射。

【發明內容】

【0008】 下文所描述之本發明之實施例提供用於半導體電路計量之改善方法及目標特徵。

【0009】 因此，根據本發明之一實施例，提供一種用於半導體計量之方法。該方法包含將一第一薄膜層沈積於一半導體基板上並沈積上覆該第一薄膜層之一第二薄膜層。圖案化該第一薄膜層及該第二薄膜層以界定

複數個疊對目標，該複數個疊對目標包含：第一目標特徵，其等形成於具有隔開第一標稱距離之各自第一位置之該第一膜層中；及第二目標特徵，其等形成於具有隔開不同於該等第一標稱距離之第二標稱距離之各自第二位置之該第二膜層中。各第二目標特徵上覆一各自第一目標特徵以界定該等疊對目標之一各自者。該方法進一步包含使用一成像總成擷取已在其上形成該等疊對目標之該半導體基板之至少一個影像，及處理該至少一個影像以量測該等疊對目標之各者中之該第一目標位置與該第二目標位置之間的各自位移。基於該等經量測之位移及該第一標稱距離及該第二標稱距離，估計該第一薄膜層與該第二薄膜層之該圖案化之間的一實際疊對誤差及該成像總成之一量測誤差兩者。

【0010】 在一些實施例中，圖案化該第一薄膜層及該第二薄膜層包含圖案化一場矩陣及在該等場之各者中界定多個該等疊對目標，且擷取一影像包含在該等場之至少一者中擷取該多個疊對目標之至少一個影像。

【0011】 在進一步實施例中，選擇該等第一標稱距離及該等第二標稱距離使得對於各疊對目標，該第一位置與該第二位置之間的該各自位移對應於一各自標稱位移。另外或替代地，估計該實際疊對誤差及該量測誤差兩者包含比較該等經量測之位移與針對一組該等疊對目標之各自模型化位移，各模型化位移包含自一掃描器模型計算之一位移及針對一給定疊對目標之該各自標稱位移之一總和。

【0012】 在又進一步實施例中，該掃描器模型包含界定藉由一光微影程序形成於該第一薄膜層及該第二薄膜層中之圖案之間的位移之係數。

【0013】 在一些實施例中，估計該量測誤差包含找到該組該等疊對目標上之各自標稱位移與經量測之位移之間的一線性係數。另外或替代

地，找到該線性係數包含在該等各自經量測之位移與該等模型化位移之間應用一迴歸方法以估計該掃描器模型之該等係數及該線性係數。

【0014】 在進一步實施例中，估計該實際疊對誤差包含將該線性係數應用於該等經量測之位移。

【0015】 在又進一步實施例中，估計該實際疊對誤差及該量測誤差包含找到一掃描器模型之係數，且圖案化該第一薄膜層及該第二薄膜層包含選擇至少部分地正交於該掃描器模型之該等疊對目標之各自標稱位移。另外或替代地，選擇該等各自標稱位移包含計算該等標稱位移至該掃描器模型上之一投影，及選擇該等各自標稱位移使得該投影不超過一預定義限制。

【0016】 在一些實施例中，選擇該等各自標稱位移包含在各疊對目標之一位置處計算一正交標稱位移以用於選擇該等疊對目標之該等各自標稱位移。

【0017】 根據本發明之一實施例，亦提供一種光學計量裝置。該裝置包含具有沈積於其上之一第一薄膜層及上覆該第一薄膜層之一第二薄膜層之一半導體基板。圖案化該第一薄膜層及該第二薄膜層以界定複數個疊對目標，該複數個疊對目標包含：第一目標特徵，其等形成於具有隔開第一標稱距離之各自第一位置之該第一膜層中；及第二目標特徵，其等形成於具有隔開不同於該等第一標稱距離之第二標稱距離之各自第二位置之該第二膜層中。各第二目標特徵上覆一各自第一目標特徵以界定該等疊對目標之一各自者。該裝置進一步包含經組態以擷取已在其上形成該等疊對目標之該半導體基板之至少一個影像之一成像總成。一控制器經組態以處理該至少一個影像以量測該等疊對目標之各者中之該第一目標位置與該第二

目標位置之間的各自位移且基於該等經量測之位移及該第一標稱距離及該第二標稱距離，估計該第一薄膜層與該第二薄膜層之該圖案化之間的一實際疊對誤差及該成像總成之一量測誤差兩者。

【0018】 將自結合圖式一起進行之本發明之實施例之以下詳細描述更完全理解本發明，其中：

【圖式簡單說明】

【0019】

圖1係根據本發明之一實施例之用於量測一半導體基板上之疊對誤差之一光學計量裝置之一示意性側視圖；

圖2係根據本發明之一實施例之圖1之半導體基板之一示意性俯視圖，其展示基板上之疊對目標；

圖3A係根據本發明之一實施例之圖1之半導體基板之一單一場之一示意性俯視圖，其展示疊對目標；

圖3B係根據本發明之一實施例之兩個疊對目標之一示意性俯視圖；

圖4係示意性地繪示根據本發明之一實施例之用於估計一掃描器模型之可校正項及疊對誤差量測之一線性係數之一方法之一流程圖；及

圖5及圖6係示意性地繪示根據本發明之一實施例之用於選擇疊對目標之替代方法之流程圖。

【實施方式】

【0020】 概述

【0021】 用於疊對計量之疊對目標通常用於一半導體基板上之連續圖案化層之間的疊對誤差之精確及準確量測。此等層可包括(例如)一程序層及一光阻層(光阻劑)，或，在後蝕刻應用中，包括兩個程序層，或，如

在一些多重圖案化應用中，包括一個程序層。因此，儘管下文參考一程序層及一光阻層描述一些實例性實施例，但此等實施例之原理可經適當修改而應用於一第一程序層及一第二程序層。在一些多重圖案化應用中，第一程序層及第二程序層可包括相同材料。

【0022】 在半導體電路之製造程序中，經量測疊對誤差通常用於計算及將回饋提供至用於在光微影程序中印刷電路之特徵之掃描器。如下文將進一步詳細描述，回饋以一給定掃描器模型(指稱「可校正項」)之係數之形式給出。此模型描述掃描器中之半導體基板之定位及定向誤差(晶圓模型)，以及掃描器之倍縮光罩與基板之間的光學及機械圖案放置誤差(場模型)。替代地或另外，經量測之疊對誤差可用於「處置」半導體基板，即判定一光阻劑圖案跨半導體基板相對於先前程序層之位移是否在預定義限制內，使得基板之處理可繼續至下一步驟，或圖案化基板是否必須被返回以進行重複處理。

【0023】 然而，可校正項之準確度可受用於量測疊對誤差之計量裝置之不準確度(例如計量裝置之成像總成中之量測誤差)影響。例如，如由計量裝置量測且由Meas_Displ指定之程序層中之目標特徵之對稱中心之間的量測位移可能具有與由Actual_Displ指定之實際位移之一線性關係，但可能具有偏離一理想值1之一線性係數。線性關係可寫成一方程式 $Meas_Displ = \alpha * Actual_Displ + \beta$ 。在此方程式中， α 係線性係數且 β 係偏移，其在實際應用中通常可忽略。具有不同於1之一線性係數 α 可能使疊對誤差之量測值顯著失真。此等失真繼而可以不準確之可校正項之形式將錯誤回饋發送至掃描器且甚至可導致關於一圖案化半導體基板之處置之一不正確決策。儘管在下文所描述之實施例中，一線性誤差模型用於估計由

計量裝置引入之誤差，但亦可替代地使用一高階誤差模型，諸如一二次或其他函數模型。

【0024】 本文所描述之本發明之實施例藉由估計第一薄膜層與第二薄膜層之圖案化之間的實際疊對誤差及成像總成之量測誤差兩者來解決上述疊對誤差計量問題。為此目的，例如，所揭示之實施例提供一種用於提取量測誤差與實際疊對誤差之間的線性係數之方法。

【0025】 在下文之描述中，一半導體基板上之一對連續薄膜層中之各疊對目標由以一第一位置形成於第一薄膜層中之一個或多個第一目標特徵及以一第二位置形成於第二薄膜層中之第二目標特徵組成。(術語「連續」係指第一薄膜層及第二薄膜層在基板上之沈積順序但且不隱含直接連續，即在此處指稱之第一層與第二層之間可存在一個或多個額外層。)在本技術中已知之計量系統中，第一位置與第二位置之間的標稱位移(亦指稱「偏移」)係零。對於此等零位移或零偏移目標，如由一理想計量系統量測之疊對誤差係零。此標稱位移在用於光微影程序中之倍縮光罩設計中實施。然而，在實踐中，歸因於失準及其他製造誤差，位置之間的實際位移係非零。

【0026】 然而，在本發明之實施例中，至少一些疊對目標中之目標特徵之各自位置之間的標稱位移被有意地設定為已知非零值。因此，即使在理想量測條件下，實際位移亦將因目標而異，且第一組目標特徵與第二組目標特徵之間的實際位移由因程序引起之疊對誤差加上位置之間的有意(標稱)位移給出。因此，經量測之位移(即，如由計量裝置量測之一疊對目標之第一組目標特徵與第二組目標特徵之間的位移)等於此等特徵之間的實際位移與由計量裝置引入之任何誤差之總和。在本實施例中，目標特

徵之位置之間的有意、變化位移用於估計量測誤差且因此導出實際疊對誤差之一更準確量測。

【0027】 為產生可依此方式使用之一組疊對目標，將第一薄膜及第二薄膜層沈積於一半導體表面上，其中第二薄膜層上覆第一薄膜層。在一些多重圖案化應用中(諸如「光微影-凍結 光微影-蝕刻」(LFLE))，第一層及第二層包括相同薄膜材料。圖案化第一薄膜層及第二薄膜層以界定複數個疊對目標，該複數個疊對目標分別包括第一薄膜層及第二薄膜層中之具有各自第一位置及第二位置之第一目標特徵及第二目標特徵。第一目標特徵隔開第一標稱距離，而第二位置隔開不同於第一標稱距離之第二標稱距離。各第二目標特徵上覆一各自第一目標特徵以界定疊對目標之一者，但由於位置之間的不同標稱距離，疊對目標具有不同標稱位移。(術語「上覆」在本說明書及申請專利範圍之上下文中根據其簡單意義使用：目標特徵之一者安置於另一者上，但不限於特徵之精確對準或重疊。)

【0028】 一計量工具中之一成像總成擷取已在其上形成疊對目標之半導體基板之一個或多個影像。處理該或該等影像以量測疊對目標之各者之第一目標位置與第二目標位置之間的各自位移。如先前所述，此等位移反映歸因於程序誤差之薄膜層中之圖案之間的實際位移及成像總成之量測誤差兩者。基於此等經量測之位移及標稱位移之已知變動(由於第一層及第二層中之不同標稱距離)，可估計成像總成之量測誤差及第一薄膜層與第二薄膜層之圖案化之間的實際疊對誤差兩者。藉由模型化量測誤差(例如藉由找到線性係數)，可以改善準確度導出實際疊對誤差。

【0029】 在下文所描述之實施例中，目標特徵之位置由此等特徵之預定義幾何特性(例如其等之各自對稱中心)判定。替代地，目標特徵之其

他特性可用於判定其等之位置。

【0030】 儘管所描述之實施例係關於成像疊對誤差計量，但本發明之原理可類似地應用於額外疊對誤差計量方法。此外，儘管所描述之實施例係關於藉由一掃描器之圖案化，但本發明之原理可類似地應用於由替代方案或更複雜之圖案化方法產生之圖案。

【0031】 系統描述

圖1係根據本發明之一實施例之用於量測一半導體基板12上兩個圖案化薄膜層之間的一位移之一光學計量裝置10之一示意性側視圖。為了具體性及清晰起見，以實例之方式展示此裝置；且本發明之原理可類似地使用本技術中已知之其他類別之計量工具來應用。

【0032】 光學計量裝置10包括一成像總成14、一照明總成16、一控制器18及基板12安裝於其上之一台20。成像組件14包括一物鏡22、一立方體光束分離器24及一成像透鏡26。成像總成14進一步包括感測器28，其包括(例如)具有一二維像素陣列30之一互補金屬氧化物半導體(CMOS)影像感測器。

【0033】 照明總成16包括發射光學輻射之一光源32及一透鏡34。台20位於物鏡22附近，且包括由控制器18控制之致動器，其可在x、y及z方向(參考笛卡爾座標36)上線性移動台，以及圍繞z軸旋轉台。笛卡爾座標36展示於此圖及後續圖中以闡明此等圖相對於裝置10之定向。

【0034】 在所繪製之實施例中，第一薄膜層38及第二薄膜層及40已沈積於半導體基板12上且在一光微影程序中圖案化，如下圖中所展示。在本實施例中，第一層38係一程序層，且第二層40係沈積於程序層上之一光阻層。替代地，層38及40均可為程序層，包含具有相同材料之層。

【0035】 為量測基板12上層40中之圖案與下伏層38中之圖案之間的位移，包括目標特徵之疊對目標(如下文中之圖2及圖3A至圖3B中所展示)已藉由光微影程序形成於層38及40中。基板12定位於台20上使得透鏡22及透鏡26之組合光學器件將基板成像至感測器28上(即，基板及感測器位於光學共軛平面上)。

【0036】 控制器18自感測器28接收影像且調整台20之位置及定向。控制器18通常包括在軟體及/或韌體中程式化以執行本文所描述之功能之一可程式化處理器，連同用於連接至裝置10之其它元件之適合數位及/或類比介面。替代地或另外，控制器18包括實施控制器之至少一些功能之硬接線及/或可程式化硬體邏輯電路。儘管控制器18在圖1中展示，但為了簡單起見，作為一單一、單片功能塊，在實踐中，控制器可包括具有用於接收及輸出圖中所繪示及文本中所描述之信號之適合介面之多個互連控制單元。實施(諸如)本文所描述之方法之程式指令可經由載體媒體傳輸或儲存於載體媒體上。載體媒體可包含一儲存媒體，諸如一唯讀記憶體、一隨機存取記憶體、一磁碟或光碟、一非揮發性記憶體、一固態記憶體、一磁帶及其類似者。

【0037】 為擷取半導體基板12上之疊對目標之一影像，光源32將一光學輻射光束投射至透鏡34，其進一步將光束投射至立方體光束分離器24。光束分離器24將光束反射至物鏡22 (其將光束投射至基板12上)中。照射至基板12上之輻射散射回物鏡22且傳遞至光束分離器24，透射至透鏡26，且聚焦於感測器28上。控制器18讀出由感測器28擷取之影像且處理影像以識別基板12上之層40及下伏層38中之疊對目標之特徵之各自位置。控制器18基於目標特徵之各自位置之間的位移來量測此等兩個圖案化

層之間的位移。

【0038】 替代地，裝置10可經組態以在一散射量測模式下量測位移。對於此模式，修改及/或移動透鏡26以將物鏡22之出射光瞳(圖中未展示)成像至感測器陣列28上。此散射量測影像指示自目標特徵散射之光學輻射之角分佈，且在此情況中，控制器18經組態以處理角分佈以量測位移。

【0039】 圖2係根據本發明之一實施例之半導體基板12之一示意性俯視圖(自z方向)，其展示基板上之疊對目標112、114。

【0040】 在一光微影程序中，M個場103之一矩陣100已曝光於基板12上。(在圖中所顯示之實施例中，場之數目M係32，儘管在替代實施例中，場之數目可小於或大於32。)在光微影程序之連續曝光步驟中，一掃描器將一倍縮光罩之一影像投影至一場103上以與多個疊對目標112及114一起曝光一晶粒102，下文將進一步詳述。(在替代實施例中，一場103內可曝光一個以上之晶粒102。)為闡明圖2中之場103與晶粒102之間的區別，使用交叉影線標記一場103a，且使用相反交叉影線標記一晶粒102a(不在場103a中)。晶粒102由劃線104分離且含有包括電路組件108之作用區域106(由劃線外接)。

【0041】 在一實例性實施例中，通常亦稱為一晶圓或半導體晶圓之半導體基板12通常具有300 mm之一直徑。各晶粒102通常係(例如)具有尺寸20 mm × 20 mm之一方形，儘管替代地可使用其他大小及形狀。劃線104通常具有約100 μm之寬度。

【0042】 半導體基板12上之薄膜層(諸如圖1中展示為層38及40)經圖案化以界定各場103內之N個偏移疊對目標112 ($N \geq 2$)，層38及40中之

目標特徵之對稱中心之間有非零標稱位移，如下文進一步描述。替代地，標稱位移以及量測位移可在目標特徵之其他幾何特性之間界定。薄膜層亦可經圖案化以在各場103內以一零標稱位移界定額外預設疊對目標114。儘管圖2中繪示晶粒102內之偏移目標112，且在劃線104中展示預設疊對目標114，但各類型之疊對目標可替代地位於場103中之任何位置中。

【0043】為界定掃描器可校正項，如下文所描述，使用兩個二維笛卡爾座標系統界定各場103內之各點：晶圓座標軸120及場座標軸122，其中其等各自x軸及y軸與笛卡爾座標36之x軸及y軸對準。晶圓座標軸120參考晶圓(即，參考半導體基板12)，其中其座標軸標記為 x^W 及 y^W ，其中W係指「晶圓」。各場103具有相同地定位於各各自場中之其各自之場座標軸122，其中座標軸標記為 x^F 及 y^F ，其中F係指「場」。(為了清楚起見，僅展示一組場座標軸122)。因此，場103中之一給定點之位置可由四個座標(x^W, y^W, x^F, y^F)描述，其中 x^W 及 y^W 係指晶圓座標軸120且 x^F 及 y^F 係指(點位於其中之特定場之)場座標軸122。

【0044】藉由j標記場103，其中 $j = 1, 2, \dots, M$ ，且藉由i標記偏移目標112，其中 $i = 1, 2, \dots, N$ ，且半導體基板12內之標稱位移目標之座標可寫成($x^W_{i,j}, y^W_{i,j}, x^F_{i,j}, y^F_{i,j}$)。與場座標軸122相關聯之場座標($x^F_{i,j}, y^F_{i,j}$)僅具有一個索引(i)，因為場座標軸在各場103中重複。

【0045】圖3A係根據本發明之一實施例之展示偏移疊對目標112之半導體基板12之一單一場103之一示意性俯視圖。

【0046】各偏移疊對目標112包括形成於第一薄膜層38中之一第一組目標特徵及形成於第二薄膜層40中之一第二組目標特徵。此等兩組目標特徵由已透過一第一倍縮光罩(在各自光微影程序步驟中)曝光一各自光阻

層以用於在層38中形成第一組目標特徵及類似地已透過一第二倍縮光罩曝光層40以用於形成第二組目標特徵之掃描器形成。第一倍縮光罩已經設計及製造以使用高度準確之製造方法(諸如電子束寫入)形成隔開第一標稱距離之第一目標特徵。類似地，第二倍縮光罩已經設計及製造以形成隔開第二標稱距離之第二目標特徵，其中第二標稱距離不同於第一預定義標稱距離。各第二目標特徵上覆一各自第一目標特徵且界定一對應偏移目標112。

【0047】 已選擇第一標稱距離及第二標稱距離使得包括第一目標特徵及第二目標特徵之各偏移疊對目標112在第一組目標特徵及第二組目標特徵之對稱中心之間在各自x方向及y方向上具有 ΔX 及 ΔY 之一標稱位移。在所繪製之實施例中，標稱位移 ΔX 及 ΔY 相等且在圖3A中由各目標112內之一數位標籤指示。(替代地，可選擇不相等之標稱位移 ΔX 及 ΔY ，在該情況中，各目標112將由兩個位移圖特徵化。)因此，對於一偏移疊對目標112a，第二組目標特徵相對於第一組目標特徵的標稱位移為 $\Delta X = +8 \text{ nm}$ 及 $\Delta Y = +8 \text{ nm}$ (即，在兩個正軸方向上均為8 nm)，而對於一偏移目標112b，標稱位移係 $\Delta X = -5 \text{ nm}$ 且 $\Delta Y = 5 \text{ nm}$ (即，在負軸方向上係5 nm)。

【0048】 儘管在本實施例中，偏移疊對目標112在x方向及y方向兩者上均具有標稱位移，但相同原理可經適當修改應用於僅在一個方向上具有偏移之單向疊對目標。

【0049】 一般而言，具有各自標稱位移 ΔX_i 及 ΔY_i 之N個偏移疊對目標i形成於場103中，其中 $i = 1, 2, \dots, N$ 。在以下描述中，N被視為15，儘管可形成小於及大於15之其他數目個目標。有利的係，目標112之標稱位移相同於測試中之光微影程序中之預期疊對誤差之數量級。

【0050】 N個偏移疊對目標可類似或不同。類似目標之一實例係盒中盒目標，其中目標之外盒形成於程序層中且內盒形成於光阻層中。不同目標之一實例係盒中盒目標，其中對於一些目標，外盒在程序層中且內盒在光阻層中，而對於其他目標，內盒在程序層中且外盒在光阻層中。此種方案亦可應用於其他目標設計，例如AIM目標。

【0051】 圖3B係根據本發明之一實施例之兩個疊對目標162及164之組件之一示意性俯視圖。此等目標由層38中之第一目標特徵142及144及層40中之第二目標特徵152及154組成以在半導體基板12上形成兩個盒中盒疊對目標162及164。如在疊對誤差計量中所使用及在本實施例中用於例示疊對目標之位移，盒中盒疊對目標之目標特徵包括沿x軸及y軸對準之兩個標稱同心方形(一個方形在另一方形內部)。外方形通常具有 $20\ \mu\text{m} \times 20\ \mu\text{m}$ 之尺寸且內方形具有 $10\ \mu\text{m} \times 10\ \mu\text{m}$ 之尺寸，但可替代地使用其他尺寸。x方向及y方向兩者上之各方形之中心係方形之對稱中心，此處用於界定目標特徵之位置。為了清楚起見，所繪製之實施例僅在x方向上展示目標特徵(方形)之位移，其中目標特徵之中心在y方向上彼此對準。

【0052】 包括兩個方形之兩個第一目標特徵142及144形成於第一薄膜層38中。中心線146及148分別在x方向上標記第一目標特徵142及144之中心。第一目標特徵142及144在x方向上隔開 $1.000010\ \text{mm}$ 之一第一標稱距離，展示為中心線146與148之間的距離。兩個第二目標特徵152及154(兩個方形)形成於第二薄膜層40中。中心線156及158分別在x方向上標記第二目標特徵152及154之中心。第二目標特徵152及154在x方向上隔開 $1.000000\ \text{mm}$ 之一第二標稱距離，展示為中心線156與158之間的距離。(為了清楚起見，兩個標稱距離之差值被高度誇大地展示。)

【0053】 假定在其中目標特徵142、144、152及154形成於半導體基板12上之各自薄膜層中的光微影程序中不存在誤差，目標特徵在x方向上對準使得各自目標特徵144及154之中心線148及158在彼此頂部上對準以形成疊對目標164。因此，疊對目標164之標稱位移係零(類似於(例如)圖2中之目標114)，如藉由在半導體基板12上具有在彼此頂部上之兩個目標特徵之中心線148及158展示。歸因於目標特徵144及154之此零對準及歸因於兩對中心線146及148與156及158之間的分別係1.000010 mm及1.000000 mm之第一標稱距離與第二標稱距離之間的差值，由目標特徵142及152形成之疊對目標162在x方向上具有一10 nm (0.000010 mm)之標稱位移，如由半導體基板12上之各自中心線146與156之分離展示。因此，疊對目標162類似於偏移疊對目標112。

【0054】 儘管在所繪製之實施例中對準目標特徵以使疊對目標164之標稱位移為零，但可實施不同對準方案以相應地改變疊對目標162及164之標稱位移。當疊對誤差出現時，實際位移將不同於標稱位移。

【0055】 y方向上之標稱位移(或x方向及y方向上之標稱位移)可在盒及盒疊對目標以及其他種類之疊對目標中以一類似方式實施，諸如由KLA提供之AIM、AIMid (晶粒中AIM)、rAIM (穩健-AIM疊紋)及SCOL (散射量測疊對)目標。

【0056】 計量及分析

1. 掃描器模型

掃描器模型用於描述由一掃描器中之半導體基板12之錯位感應之疊對誤差，以及掃描器內在將一倍縮光罩之影像投影至基板上時產生之誤差及具有一類似系統行為之其他誤差。例如，掃描器模型可藉由以下兩個方

程式描述一晶圓上(即，在半導體基板12上)在各自x方向及y方向上藉由 Model_OVLX (x^W, y^W, x^F, y^F) 及 Model_OVLY (x^W, y^W, x^F, y^F) 在一點 (x^W, y^W, x^F, y^F) 處之掃描器感應之疊對誤差：

$$\text{Model_OVLX}(x^W, y^W, x^F, y^F) = \text{OffX} + \text{ScalX} * x^W + \text{WrotX} * y^W + \text{MagX} * x^F + \text{FRotX} * y^F$$

及

$$\text{Model_OVLY}(x^W, y^W, x^F, y^F) = \text{OffY} + \text{WrotY} * x^W + \text{ScalY} * y^W + \text{FRotY} * x^F + \text{MagY} * y^F$$

，

其中OVL係指疊對誤差。掃描器可校正項乘以適當座標給出歸因於掃描器內之各種誤差之圖案放置錯誤如下：

OffX = 歸因於晶圓(半導體基板12)在x方向上之一固定錯位之圖案放置誤差；

OffY = 歸因於晶圓在y方向上之一固定錯位之圖案放置誤差；

ScalX = 歸因於晶圓移動之一縮放誤差之x方向上之圖案放置誤差，即歸因於晶圓在掃描器內移動與預期距離相差一常數因數之一距離之誤差；

ScalY = 歸因於晶圓移動之一縮放誤差之y方向上之圖案放置誤差；

WrotX = 歸因於一晶圓旋轉之x方向上之圖案放置誤差，即歸因於晶圓在掃描器內放置之一角度誤差；

WrotY = 歸因於一晶圓旋轉之y方向上之圖案放置誤差；

MagX = 歸因於掃描器之光學放大誤差之x方向上之圖案放置誤差；

MagY = 歸因於掃描器之光學放大誤差之y方向上之圖案放置誤差；

FrotX =歸因於掃描器場之意外旋轉之x方向上之圖案放置誤差；及
FrotY =歸因於掃描器場之一意外旋轉之y方向上之圖案放置誤差。

【0057】 藉由根據掃描器模型將經量測之疊對誤差擬合至疊對誤差，通常藉由一擬合程式(諸如線性迴歸)自經量測之疊對誤差估計此等掃描器可校正項。接著，將可校正項回饋至掃描器以用於校正掃描器內之晶圓之線性及旋轉定位誤差以用於後續曝光，以及校正將掃描器倍縮光罩投影至場103上之誤差。

【0058】 包括晶圓及/或場座標中之高階項之掃描器模型可用於替代實施例中。

【0059】 2.疊對誤差量測中之線性誤差

如上文所解釋，量測位移Meas_Displ具有與實際位移ACtual_Displ之一線性關係，但線性係數可偏離一理想值1。此關係可寫成具有一非統一線性係數 α 之方程式 $Meas_Displ = \alpha * Actual_Displ + \beta$ 。假定偏移量 β 可忽略，且將自隨後之計算忽略。

【0060】 若未特徵化及校正，則疊對誤差計量中之線性誤差可導致不正確掃描器可校正項且因此可導致不充分掃描器校正或可能甚至導致歸因於掃描器之圖案放置誤差中之增加。此外，其可導致對圖案化基板12之不正確處置。

【0061】 3.使用偏移疊對目標消除線性誤差

圖4係示意性地繪示根據本發明之一實施例之用於估計一掃描器模型之可校正項及疊對誤差量測之一線性係數之一方法之一流程圖200。該方法在下文呈現為與x方向上之位移有關。相同方法亦可應用於y方向上之位移。

【0062】方法在一開始步驟202中開始。在一位移選擇步驟204中，選擇N個標稱位移 ΔX_i (x^F_i, y^F_i)。(用於位移選擇之具體方法在圖5及圖6中詳述。)在一目標形成步驟206中，使偏移疊對目標112形成於半導體基板12之各場103內(圖3A)。在一位移量測步驟208中，使用光學計量裝置10針對各場103之各目標112量測層38及40中之目標特徵之各自對稱中心之間的位移。x方向上之經量測之 $M \times N$ 個位移由Meas_DisplX ($x^W_{i,j}, y^W_{i,j}, x^F_i, y^F_i$)指定，其中 $i = 1, 2, \dots, N$ 且 $j = 1, 2, \dots, M$ 。

【0063】在一掃描器模型選擇步驟210中，選擇用於計算之掃描器模型，例如上文所描述之模型。在一模型化位移誤差步驟212中，修改原始掃描器模型中之模型化疊對誤差以解釋目標112之不同標稱位移。因此，模型化位移係歸因於掃描器及目標112之標稱位移之疊對誤差之一總和，且其亦考量線性係數 α_x 。使用上文所引入之符號，將第j個場103中之第i個偏移目標112之模型化位移寫成：

$$\begin{aligned} \text{Model_DisplX}(x^W_{i,j}, y^W_{i,j}, x^F_i, y^F_i) = \\ \alpha_x * [\text{OffX} + \text{ScalX} * x^W_{i,j} + \text{WRotX} * y^W_{i,j} + \text{MagX} * x^F_i + \text{FRotX} * y^F_i \\ + \Delta X_i(x^F_i, y^F_i)] \end{aligned}$$

【0064】由於偏移目標112之位置由在光微影程序中用於掃描器中之倍縮光罩界定，因此 ΔX_i 僅取決於場座標(x^F, y^F)。

【0065】在一計算步驟214中，藉由在模型化位移Model_DisplX ($x^W_{i,j}, y^W_{i,j}, x^F_i, y^F_i$)之所有 $M \times N$ 個值與位移Meas_DisplX ($x^W_{i,j}, y^W_{i,j}, x^F_i, y^F_i$)之各自量測值之間應用一迴歸方法來估計掃描器可校正項OffX、ScalX、WRotX、MagX、FRotX及線性係數 α_x 。由於模型包括變數之乘積，因此需要應用一高階迴歸而非線性迴歸。迴歸方法之目的係最小化可能隨機或

高階計量誤差對估計之掃描器可校正項及線性係數之影響。執行迴歸可找到最小化由以下給出之總和 S_x 之可校正項及線性係數之值之集合：

$$S_x = \sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^N [Meas_DisplX(x_{i,j}^W, y_{i,j}^W, x_i^F, y_i^F) - Model_DisplX(x_{i,j}^W, y_{i,j}^W, x_i^F, y_i^F)]^2$$

【0066】 替代地，替代在估計一單一線性係數 α_x 時包含所有場103，可基於場103之一個或多個子集執行 α_x 之計算，其中各子集包括一個或多個場(未展示於流程圖200中)。進一步替代地，可在所有場上平均化位移，且可省略與晶圓模型相關之項。藉由估計跨半導體基板12之場103之多個子集之 α_x ，獲得跨基板之 α_x 之多個各自值以反映跨基板之潛在量測偏差及疊對誤差計量之線性係數 α_x 之伴隨變動。為在場103之子集上估計 α_x ，分別針對各子集計算上述總和 S_x ，其中相應地修改 S_x 中之總和之限制。方法在一結束步驟216中結束。

【0067】 作為非線性迴歸之替代方案，可使用本技術中已知之用於將量測值擬合至一模型之其他計算方法。此等方法可包含(例如)變數之一非線性變化，其可允許應用線性迴歸。

【0068】 4. 偏移疊對目標之選擇

圖5及圖6分別係示意性地繪示根據本發明之一實施例之用於選擇偏移疊對目標112之兩種替代方法之流程圖300及400。

【0069】 若N個偏移疊對目標112及其等之位置之量值位於掃描器模型之線性空間中(即，若N個目標之標稱位移及目標位置之組合可由掃描器模型完全描述)，則偏移疊對目標將僅修改掃描器可校正項之估計但將不透過圖4中描述之方法產生關於線性係數 α_x 及 α_y 之任何資訊。因此，掃描器可校正項將包含歸因於標稱位移及歸因於線性係數 α_x 及 α_y 之未校正值兩

者而產生之誤差。因此，目標112中之對稱中心之位移及目標之位置之量值應在圖4之位移選擇步驟204中選擇(且在目標形成步驟206中實施)使得其等至少部分地正交於用於計算中之掃描器模型。術語「部分地正交」在此處用於意謂位移向量具有正交於掃描器模型之一分量。由於目標112之位置取決於場座標 (x^F, y^F) ，因此僅掃描器模型之場座標相依部分用於判定正交性。

【0070】 對於幾乎位移之任何隨機選擇之集合 $\Delta X_i(x_i^F, y_i^F)$ ($i = 1, 2, \dots, N$)，只要 N 足夠大以給出統計上顯著之量測，即可滿足上述要求(對於一線性掃描器模型而言)。然而，出於數值考慮，系統方法(諸如下文在圖5及圖6中所展示)係有利的。

【0071】 流程圖300 (圖5)展示用於判定及改善偏移疊對目標112與掃描器模型之正交性之一反覆方法。方法在一開始步驟301處開始。在一選擇步驟302中，選擇 N 個標稱位移 $\Delta X_i(x_i^F, y_i^F)$ 。在一投影步驟304中，藉由自 $\Delta X_i(x_i^F, y_i^F)$ 與 $\text{MagX} * x_i^F + \text{FRotX} * y_i^F$ 之間的一線性迴歸估計掃描器場校正項 MagX 及 FRotX 來計算掃描器場模型上之 $\Delta X_i(x_i^F, y_i^F)$ 之投影 $\text{MagX} * x_i^F + \text{FRotX} * y_i^F$ ，其中 $i = 1, 2, \dots, N$ 。在一投影量值步驟306中，投影之相對量值 Proj_x 計算為

$$\text{Proj}_x = \frac{\sqrt{\text{MagX}^2 + \text{FRotX}^2}}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (\Delta X_i)^2}}$$

【0072】 在一第一比較步驟308中，比較 Proj_x 與一預定限制。若 Proj_x 超過預定限制，則在一調整步驟310中，藉由隨機選擇標稱位移目標之量值及/或位置或藉由自較大線性空間(包含由模型之向量跨越之線性空間作為一子空間)之一線性基礎系統性地在向量上進行反覆，對標稱位移

$\Delta X_i(x^{F_i}, y^{F_i})$ 進行另一選擇。反覆投影步驟304、投影量值步驟306、第一比較步驟308及調整步驟310之迴路，直至 Proj_x 達到低於預定限制之一值。

【0073】一旦判定標稱位移 $\Delta X_i(x^{F_i}, y^{F_i})$ 使得 Proj_x 不超過預定限制，即在一第二比較步驟312中將標稱位移 $\Delta X_i(x^{F_i}, y^{F_i})$ 之量值與光微影程序中之疊對誤差之預期量值進行比較。若標稱位移之量值與所考量之光微影程序中之疊對誤差值之預期範圍顯著不同，則 $\Delta X_i(x^{F_i}, y^{F_i})$ 之所有分量在一縮放步驟314中乘以一共同常數以使標稱位移之量值進入預期範圍。反覆步驟312及314之迴路直至標稱位移之量值令人滿意，且程序在一結束步驟316處結束。源自方法之標稱位移 $\Delta X_i(x^{F_i}, y^{F_i})$ 應用於在一光微影步驟中形成目標112，諸如步驟206 (圖4)。

【0074】流程圖400 (圖6)展示用於選擇正交於掃描器場模型(即,在掃描器場模型上具有一零投影)之偏移疊對目標112之一直接方法。方法自一開始步驟402開始。類似於步驟302及304 (圖5)，在一選擇步驟404中，選擇N個標稱位移 $\Delta X_i(x^{F_i}, y^{F_i})$ 。在一投影步驟406中，藉由自 $\Delta X_i(x^{F_i}, y^{F_i})$ 與 $\text{MagX} * x^{F_i} + \text{FRotX} * y^{F_i}$ 之間的一線性迴歸估計掃描器場校正項 MagX 及 FRotX 來計算 $\Delta X_i(x^{F_i}, y^{F_i})$ 在掃描器場模型上之投影 $\text{MagX} * x^{F_i} + \text{FRotX} * y^{F_i}$ ，其中 $i=1, 2, \dots, N$ 。在一正交標稱位移分量計算步驟408中， $\Delta X_i(x^{F_i}, y^{F_i})$ 之分量 $\Delta X_i^{\text{ORTHO}}(x^{F_i}, y^{F_i})$ (即，正交於掃描器場模型 $\text{MagX} * x^{F_i} + \text{FRotX} * y^{F_i}$ 之分量 $\Delta X_i(x^{F_i}, y^{F_i})$)計算為 $\Delta X_i^{\text{ORTHO}}(x^{F_i}, y^{F_i}) = \Delta X_i(x^{F_i}, y^{F_i}) - \text{MagX} * x^{F_i} + \text{FRotX} * y^{F_i}$ ，其中 $i=1, 2, \dots, N$ 。

【0075】類似於步驟312及314 (圖5)，在一比較步驟410中，比較正交標稱位移分量 $\Delta X_i^{\text{ORTHO}}(x^{F_i}, y^{F_i})$ 之量值與所考量之光微影程序中之疊對

誤差之預期量值。若有必要，則在一縮放步驟412中將正交標稱位移分量乘以一共同常數直至達到 $\Delta X_i^{\text{ORTHO}}(x_i^F, y_i^F)$ 之標稱位移分量之所需量值。方法在一結束步驟414中結束。源自方法之正交標稱位移 $\Delta X_i^{\text{ORTHO}}(x_i^F, y_i^F)$ 在一光微影步驟(諸如步驟206 (圖4))中應用於形成目標112。

【0076】 類似地，對於一高維掃描器模型(即，對於一非線性模型)，位移 $\Delta X_i(x_i^F, y_i^F)$ 之選定集合不應位於由掃描器模型定義之高維平面內。例如，對於一二次掃描模型，高維平面由五個向量 (x_1^F, \dots, x_N^F) 、 (y_1^F, \dots, y_N^F) 、 $((x_1^F)^2, \dots, (x_N^F)^2)$ 、 $((y_1^F)^2, \dots, (y_N^F)^2)$ 及 $(x_1^F y_1^F, \dots, x_N^F y_N^F)$ 跨越。在此情況中，對於 $N > 5$ ，幾乎任何向量 $\Delta X_i(x_i^F, y_i^F)$ 將滿足充分正交性之要求。

【0077】 應瞭解，上述實施例係作為實例引用，且本發明不受限於上文已特別繪示及描述之內容。確切而言，本發明之範疇包含上述各種特徵之組合及子組合，以及熟習技術者在閱讀前述描述時將想起且在先前技術中未揭示之其變動及修改。

【符號說明】

【0078】

- 10:光學計量裝置
- 12:基板
- 14:成像總成
- 16:照明總成
- 18:控制器
- 20:台
- 22:物鏡

- 24:立方體光束分離器
- 26:成像透鏡
- 28:感測器
- 30:二維像素陣列
- 32:光源
- 34:透鏡
- 36:笛卡爾座標
- 38:第一薄膜層/第一層/下伏層
- 40:第二薄膜層/第二層
- 100:矩陣
- 102:晶粒
- 102a:晶粒
- 103:場
- 103a:場
- 104:劃線
- 106:作用區域
- 108:電路組件
- 112:偏移疊對目標
- 112a:偏移疊對目標
- 112b:偏移目標
- 114:預設疊對目標
- 120:晶圓座標軸
- 122:場座標軸

- 142:第一目標特徵
- 144:第一目標特徵
- 146:中心線
- 148:中心線
- 152:第二目標特徵
- 154:第二目標特徵
- 156:中心線
- 158:中心線
- 162:疊對目標
- 164:疊對目標
- 200:流程圖
- 202:開始步驟
- 204:位移選擇步驟
- 206:目標形成步驟
- 208:位移量測步驟
- 210:掃描器模型選擇步驟
- 212:模型化位移誤差步驟
- 214:計算步驟
- 216:結束步驟
- 300:流程圖
- 301:開始步驟
- 302:選擇步驟
- 304:投影步驟

- 306: 投影量值步驟
- 308: 第一比較步驟
- 310: 調整步驟
- 312: 第二比較步驟
- 314: 縮放步驟
- 316: 結束步驟
- 400: 流程圖
- 402: 開始步驟
- 404: 選擇步驟
- 406: 投影步驟
- 408: 正交標稱位移分量計算步驟
- 410: 比較步驟
- 412: 縮放步驟
- 414: 結束步驟

【發明申請專利範圍】

【請求項1】

一種用於半導體計量之方法，其包括：

將一第一薄膜層沈積於一半導體基板上並沈積上覆該第一薄膜層之一第二薄膜層；

圖案化該第一薄膜層及該第二薄膜層以界定複數個疊對目標(overlay targets)，該複數個疊對目標包括：

第一目標特徵，其等形成於具有隔開第一標稱距離(nominal distances)之各自第一位置之該第一膜層中；及

第二目標特徵，其等形成於具有隔開不同於該等第一標稱距離之第二標稱距離之各自第二位置之該第二膜層中，各第二目標特徵上覆一各自第一目標特徵以界定該等疊對目標之一各自者；

使用一成像總成(imaging assembly)擷取已在其上形成該等疊對目標之該半導體基板之至少一個影像；

處理該至少一個影像以量測該等疊對目標之各者中之該各自第一位置與該第二位置之間的位移；及

基於該等經量測之位移及該第一標稱距離及該第二標稱距離，估計該第一薄膜層與該第二薄膜層之該圖案化之間的一實際疊對誤差及該成像總成之一量測誤差兩者。

【請求項2】

如請求項1之方法，其中圖案化該第一薄膜層及該第二薄膜層包括圖案化一場矩陣及在該等場之各者中界定多個該等疊對目標，且擷取一影像包括在該等場之至少一者中擷取該多個疊對目標之至少一個影像。

【請求項3】

如請求項1之方法，其中選擇該等第一標稱距離及該等第二標稱距離使得對於該等疊對目標之各者，該第一位置與該第二位置之間的該各自位移對應於一各自標稱位移(respective nominal displacement)。

【請求項4】

如請求項3之方法，其中估計該實際疊對誤差及該量測誤差兩者包括比較該等經量測之位移與針對一組該等疊對目標之各自模型化位移，該等模型化位移之各者包括自一掃描器模型計算之一位移及針對一給定疊對目標之該各自標稱位移之一總和。

【請求項5】

如請求項4之方法，其中該掃描器模型包括界定藉由一光微影程序形成於該第一薄膜層及該第二薄膜層中之圖案之間的位移之係數。

【請求項6】

如請求項5之方法，其中估計該量測誤差包括：找到該組該等疊對目標上之該等各自標稱位移與該等經量測之位移之間的一線性係數。

【請求項7】

如請求項6之方法，其中找到該線性係數包括：在該等各自經量測之位移與該等模型化位移之間應用一迴歸方法以估計該掃描器模型之該等係數及該線性係數。

【請求項8】

如請求項6之方法，其中估計該實際疊對誤差包括：將該線性係數應用於該等經量測之位移。

【請求項9】

如請求項3之方法，其中估計該實際疊對誤差及該量測誤差包括找到一掃描器模型之係數，且其中圖案化該第一薄膜層及該第二薄膜層包括選擇至少部分地正交於該掃描器模型之該等疊對目標之各自標稱位移。

【請求項10】

如請求項9之方法，其中選擇該等各自標稱位移包括：計算該等標稱位移至該掃描器模型上之一投影；及選擇該等各自標稱位移使得該投影不超過一預定義限制。

【請求項11】

如請求項9之方法，其中選擇該等各自標稱位移包括：在該等疊對目標之各者之一位置處計算一正交標稱位移以用於選擇該等疊對目標之該等各自標稱位移。

【請求項12】

一種光學計量裝置，其包括：

一半導體基板，其具有沈積於其上之一第一薄膜層及上覆該第一薄膜層之一第二薄膜層，其中圖案化該第一薄膜層及該第二薄膜層以界定複數個疊對目標，該複數個疊對目標包括：

第一目標特徵，其等形成於具有隔開第一標稱距離之各自第一位置之該第一膜層中；及

第二目標特徵，其等形成於具有隔開不同於該等第一標稱距離之第二標稱距離之各自第二位置之該第二膜層中，各第二目標特徵上覆一各自第一目標特徵以界定該等疊對目標之一各自者；

一成像總成，其經組態以擷取已在其上形成該等疊對目標之該半導體基板之至少一個影像；及

一控制器，其經組態以處理該至少一個影像以量測該等疊對目標之各者中之該各自第一位置與該第二位置之間的位移且基於該等經量測之位移及該第一標稱距離及該第二標稱距離，估計該第一薄膜層與該第二薄膜層之該圖案化之間的一實際疊對誤差及該成像總成之一量測誤差兩者。

【請求項13】

如請求項12之裝置，其中圖案化該第一薄膜層及該第二薄膜層以形成一場矩陣及在該等場之各者中界定多個該等疊對目標，且該成像總成經組態以在該等場之至少一者中擷取該多個疊對目標之至少一個影像。

【請求項14】

如請求項12之裝置，其中選擇該等第一標稱距離及該等第二標稱距離使得對於該等疊對目標之各者，該第一位置與該第二位置之間的該各自位移對應於一各自標稱位移。

【請求項15】

如請求項14之裝置，其中該控制器經組態以比較該等經量測之位移與針對一組該等疊對目標之各自模型化位移，該等模型化位移之各者包括自一掃描器模型計算之一位移及針對一給定疊對目標之該各自標稱位移之一總和。

【請求項16】

如請求項15之裝置，其中該掃描器模型包括界定藉由一光微影程序形成於該第一薄膜層及該第二薄膜層中之圖案之間的位移之係數。

【請求項17】

如請求項16之裝置，其中估計該量測誤差包括：找到該組該等疊對目標上之該等各自標稱位移與該等經量測之位移之間的一線性係數。

【請求項18】

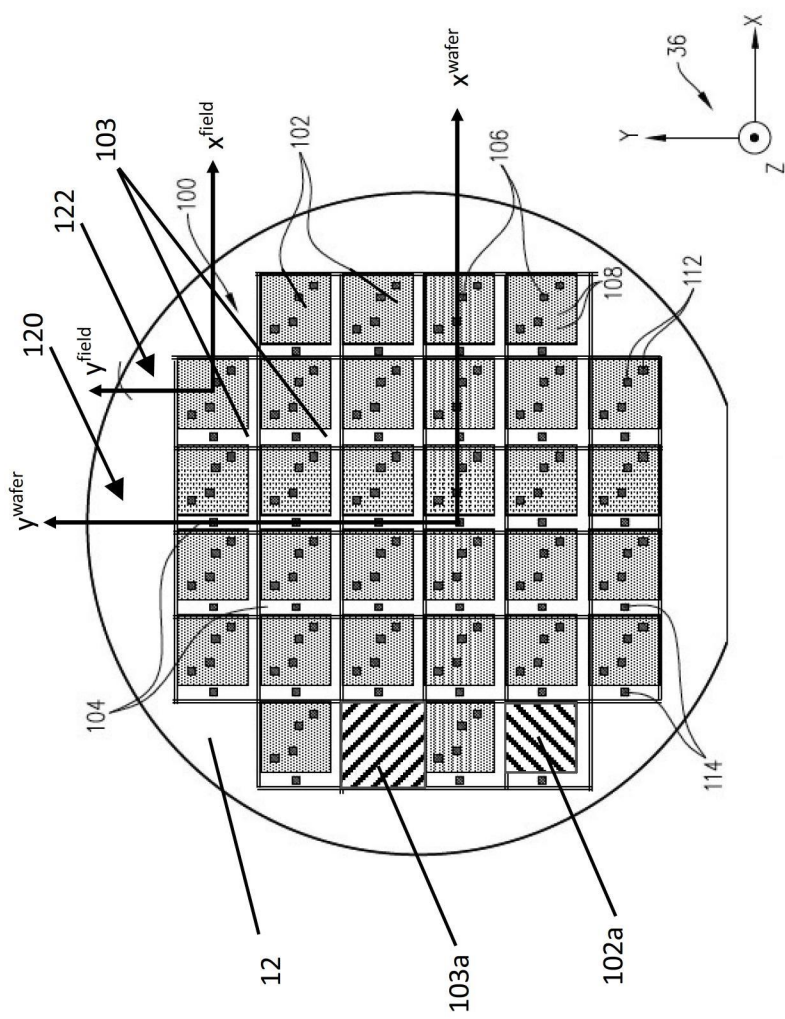
如請求項17之裝置，其中找到該線性係數包括：在該等各自經量測之位移與該等模型化位移之間應用一迴歸方法以估計該掃描器模型之該等係數及該線性係數。

【請求項19】

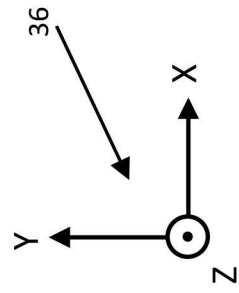
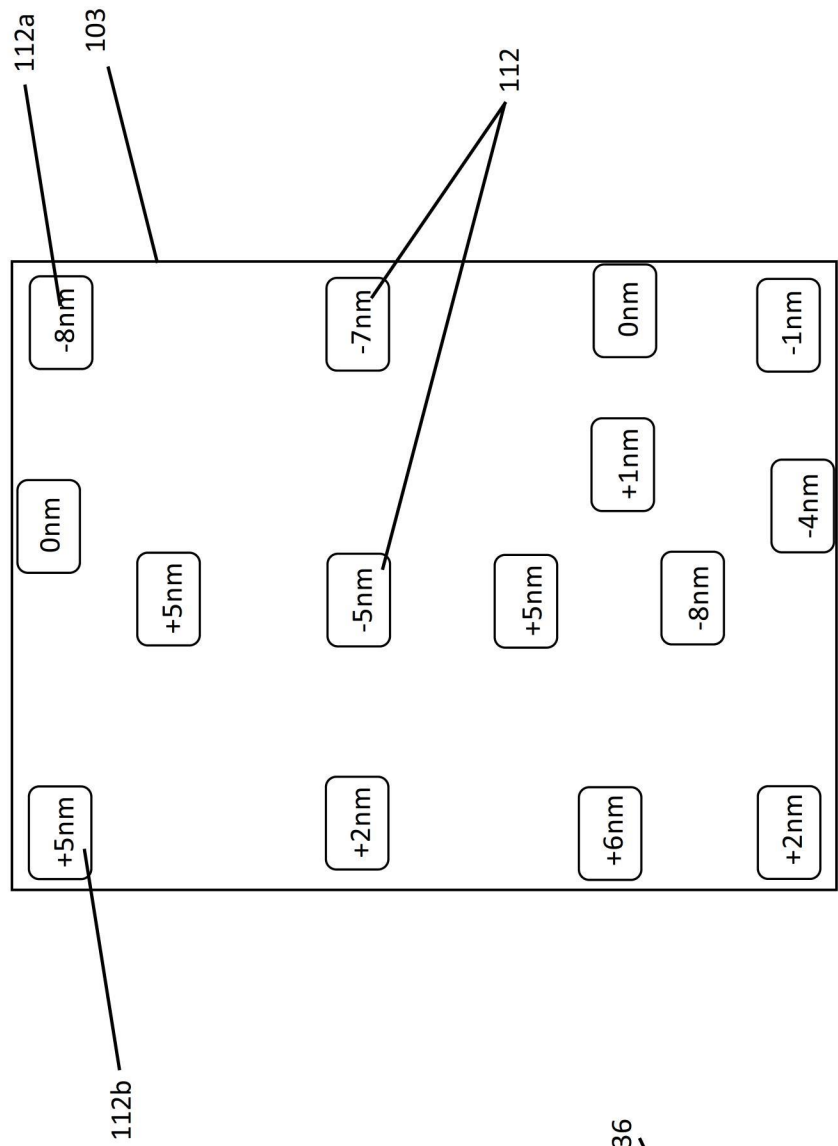
如請求項17之裝置，其中估計該實際疊對誤差包括：將該線性係數應用於該等經量測之位移。

【請求項20】

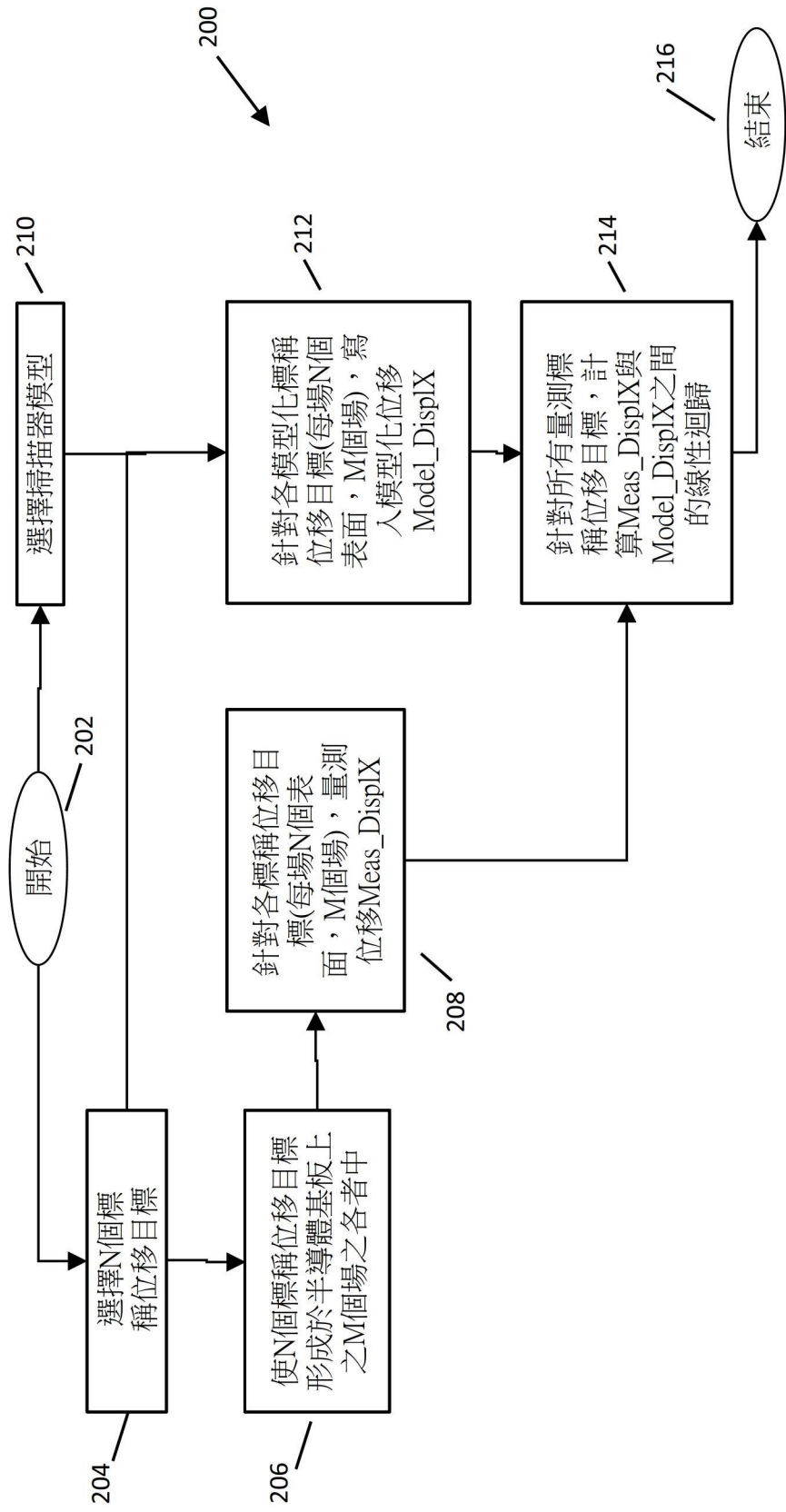
如請求項14之裝置，其中估計該實際疊對誤差及該量測誤差包括：尋找一掃描器模型之係數，其中該等疊對目標之該等各自標稱位移至少部分地正交於該掃描器模型。



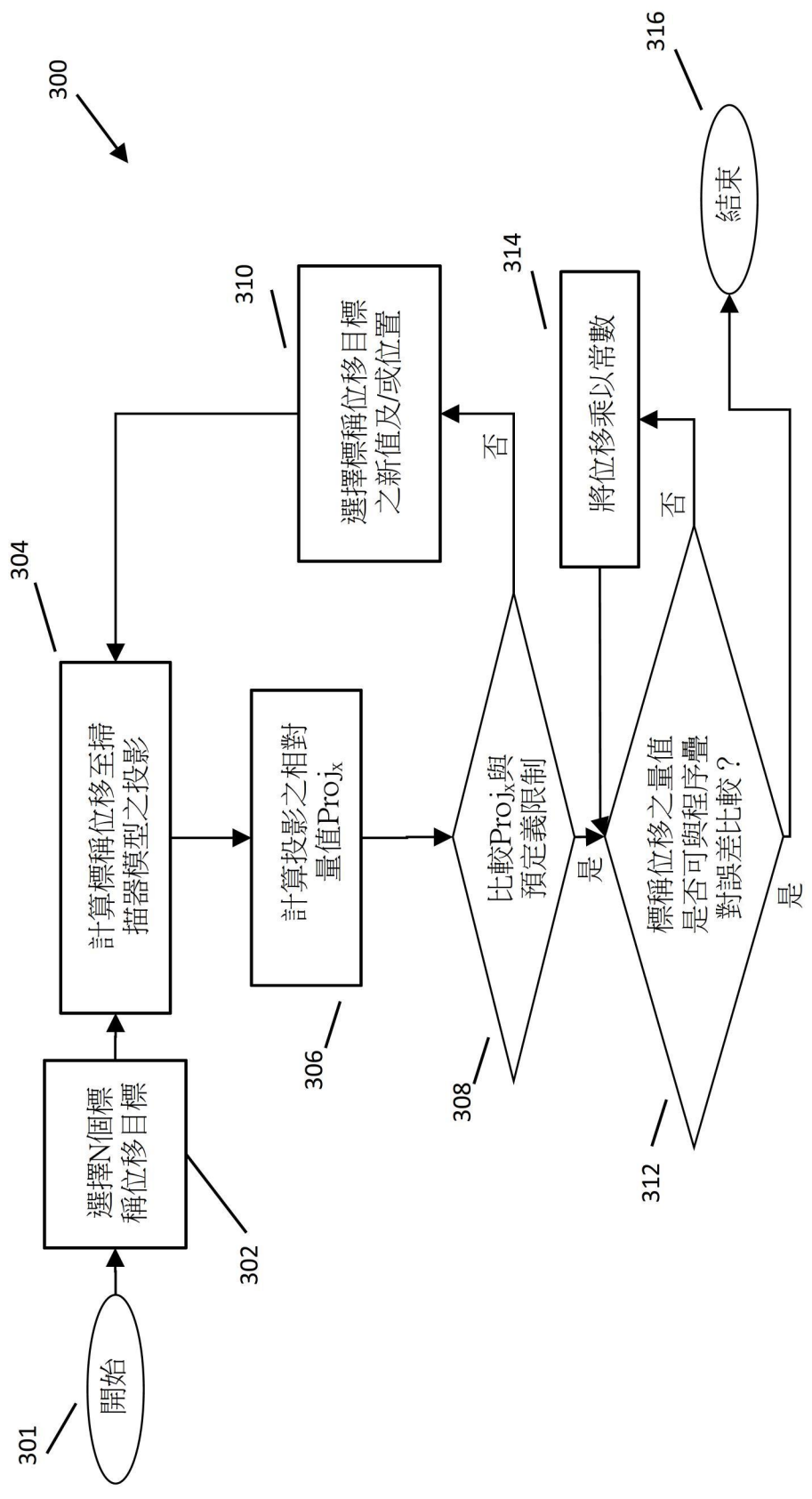
【圖2】



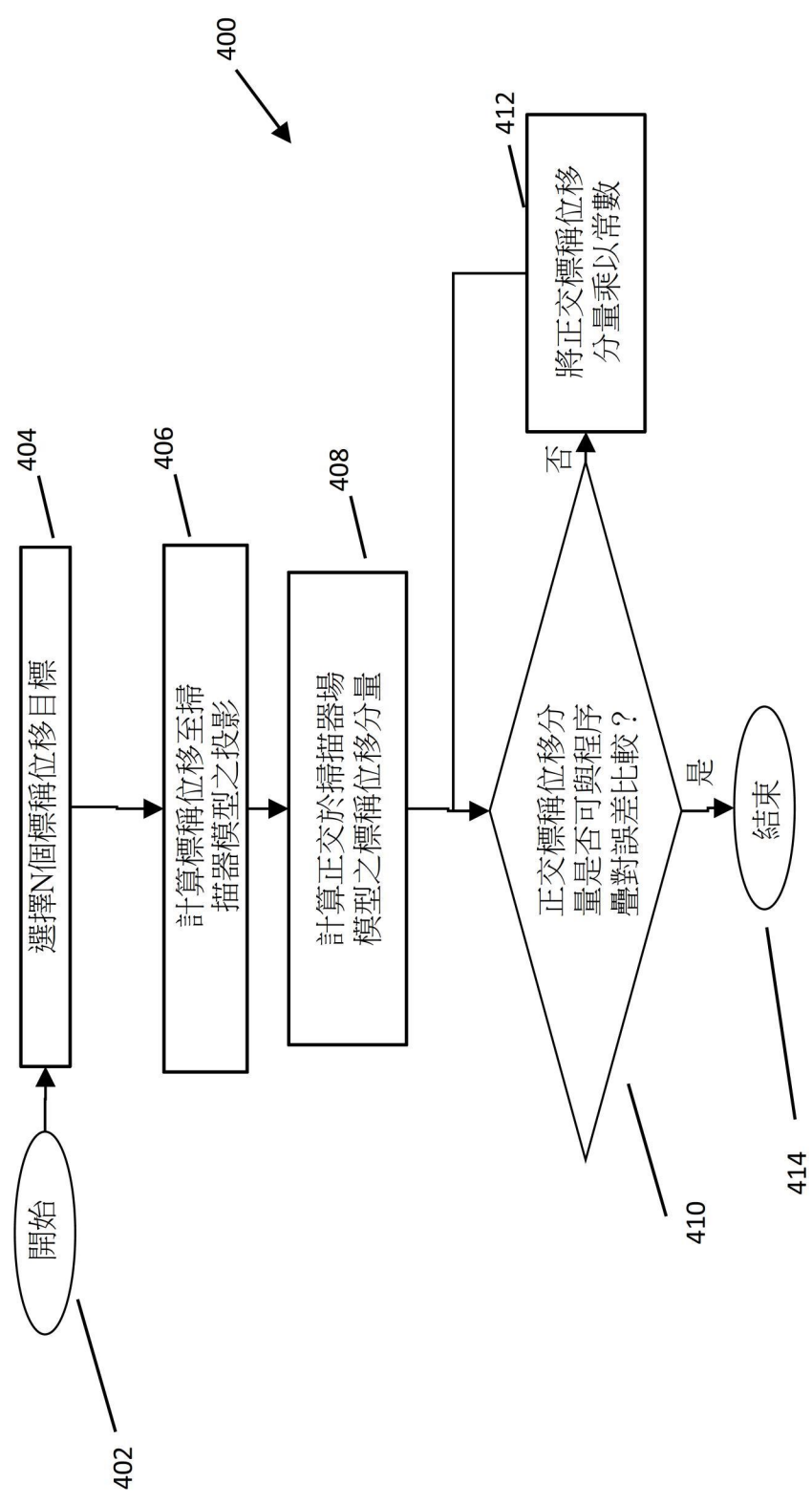
【圖3A】



【圖4】



【圖5】



【圖6】