



(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 I718771 B

(45)公告日：中華民國 110 (2021) 年 02 月 11 日

(21)申請案號：108142067

(22)申請日：中華民國 108 (2019) 年 11 月 20 日

(51)Int. Cl. : G06T7/13 (2017.01)

G06T7/44 (2017.01)

G01R31/26 (2020.01)

(30)優先權：2018/12/04 歐洲專利局

18210026.3

(71)申請人：荷蘭商 A S M L 荷蘭公司 (荷蘭) ASML NETHERLANDS B.V. (NL)

荷蘭

(72)發明人：庫伊曼 瑪爾連 KOOIMAN, MARLEEN (NL)

(74)代理人：林嘉興

(56)參考文獻：

TW 201631404A

TW 201702775A

TW 201736981A

US 2013/0198891A1

審查人員：彭智輝

申請專利範圍項數：15 項 圖式數：15 共 73 頁

(54)名稱

用於減小與晶圓上之結構相關聯的誤差之可變性的方法、電腦程式產品、及系統

(57)摘要

本發明揭示一種在一微影程序中減小與一晶圓上之一結構相關聯的一誤差之可變性的方法。該方法包括基於藉由一掃描電子顯微鏡(SEM)對該晶圓進行之掃描而獲得的一影像(或多個影像)判定歸因於該影像中之一 SEM 失真的一第一誤差。該方法亦包括基於該影像判定與該結構之一真實誤差相關聯的一第二誤差，其中與該結構相關聯之該誤差包含該第一誤差及該第二誤差。藉由一資料處理器產生一命令，該命令基於減小該第一誤差或該第二誤差中之任一者實現該微影程序的一修改及該誤差之該可變性的一相關聯減小。

A method of reducing variability of an error associated with a structure on a wafer in a lithography process is disclosed. The method includes determining, based on an image (or images) obtained based on a scan of the wafer by a scanning electron microscope (SEM), a first error due to a SEM distortion in the image. The method also includes determining, based on the image, a second error associated with a real error of the structure, where the error associated with the structure comprises the first error and the second error. A command is generated by a data processor that enables a modification of the lithography process and an associated reduction of the variability of the error based on reducing any of the first error or the second error.

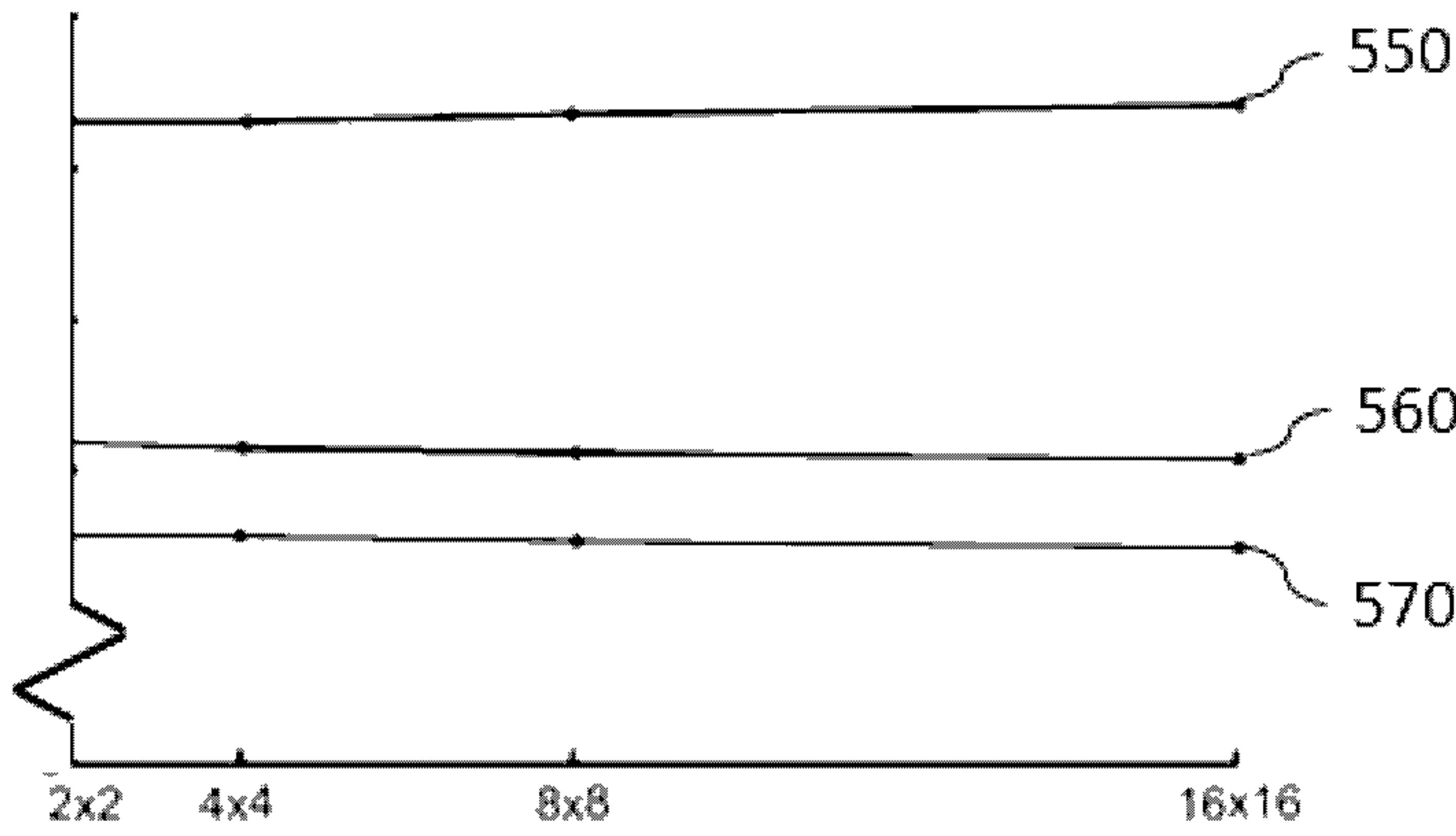
指定代表圖：

符號簡單說明：

550:真實誤差

560:時間恆定誤差

570:每影像 SEM 失真



【圖5B】



I718771

【發明摘要】

【中文發明名稱】

用於減小與晶圓上之結構相關聯的誤差之可變性的方法、電腦程式產品、及系統

【英文發明名稱】

METHODS, COMPUTER PROGRAM PRODUCT, AND SYSTEMS
FOR REDUCING VARIABILITY OF AN ERROR ASSOCIATED WITH
A STRUCTURE ON A WAFER

【中文】

本發明揭示一種在一微影程序中減小與一晶圓上之一結構相關聯的一誤差之可變性的方法。該方法包括基於藉由一掃描電子顯微鏡(SEM)對該晶圓進行之掃描而獲得的一影像(或多個影像)判定歸因於該影像中之一SEM失真的一第一誤差。該方法亦包括基於該影像判定與該結構之一真實誤差相關聯的一第二誤差，其中與該結構相關聯之該誤差包含該第一誤差及該第二誤差。藉由一資料處理器產生一命令，該命令基於減小該第一誤差或該第二誤差中之任一者實現該微影程序的一修改及該誤差之該可變性的一相關聯減小。

【英文】

A method of reducing variability of an error associated with a structure on a wafer in a lithography process is disclosed. The method includes determining, based on an image (or images) obtained based on a scan of the wafer by a scanning electron microscope (SEM), a first error due to a SEM distortion in the image. The method also includes determining, based on the image, a second error associated with a real

error of the structure, where the error associated with the structure comprises the first error and the second error. A command is generated by a data processor that enables a modification of the lithography process and an associated reduction of the variability of the error based on reducing any of the first error or the second error.

【指定代表圖】

圖5B

【代表圖之符號簡單說明】

- 550 真實誤差
- 560 時間恆定誤差
- 570 每影像SEM失真

【發明說明書】

【中文發明名稱】

用於減小與晶圓上之結構相關聯的誤差之可變性的方法、電腦程式產品、及系統

【英文發明名稱】

METHODS, COMPUTER PROGRAM PRODUCT, AND SYSTEMS FOR REDUCING VARIABILITY OF AN ERROR ASSOCIATED WITH A STRUCTURE ON A WAFER

【技術領域】

【0001】 本文中之描述大體上係關於改良經印刷圖案之量測。更明確而言，本發明包括用於隔離及鑑別歸因於影像俘獲器件的量測中之明顯誤差的裝置、方法及電腦程式。

【先前技術】

【0002】 製造半導體器件通常涉及使用若干製造程序處理基板(例如，半導體晶圓)以形成半導體器件之各種特徵及多個層。通常使用例如沈積、微影、蝕刻、化學機械拋光及離子植入來製造及處理此類層及特徵。可在基板上之不同位置製造多個器件，且接著將該等器件分離成個別器件。可將此器件製造程序視為圖案化程序。圖案化程序可包括用以將圖案自圖案化器件轉印至基板的圖案化步驟。此外，可接著存在一或多個相關圖案處理步驟，諸如藉由顯影裝置進行的抗蝕劑顯影、使用烘烤工具烘烤基板、使用蝕刻裝置將圖案蝕刻至基板上，等等。

【發明內容】

【0003】 本發明揭示一種在一微影程序中減小與一晶圓上之一結構相關聯的一誤差之可變性的方法。該方法包括基於藉由一掃描電子顯

微鏡(SEM)對該晶圓進行之掃描而獲得的一影像(或多個影像)判定歸因於該影像中之一SEM失真的一第一誤差。該方法亦包括基於該影像判定與該結構之一真實誤差相關聯的一第二誤差，其中與該結構相關聯之該誤差包含該第一誤差及該第二誤差。藉由一資料處理器產生一命令，該命令基於減小該第一誤差或該第二誤差中之任一者實現該微影程序的一修改及該誤差之該可變性的一相關聯減小。

【0004】 在某些變化形式中，基於藉由該SEM對該晶圓進行的該掃描而獲得的該影像對該第一誤差進行的判定可包括基於藉由該SEM對該晶圓進行的該掃描而獲得的若干影像判定該第一誤差。此外，該基於該影像判定與該結構之該真實誤差相關聯的該第二誤差可包括基於該複數個影像判定與該結構之該真實誤差相關聯的該第二誤差。

【0005】 在一些變化形式中，SEM失真可係歸因於以下各者中之任一者：電子成像中之假影、SEM系統中之振動，或電子偵測中之假影。此外，該結構可為以下各者中之任一者：一主特徵或一接觸孔。該真實誤差可為該結構上之一特徵與目標圖案中之一對應特徵之間的差。該特徵可為以下各者中之任一者：一邊緣置放量規、一接觸孔中心，或一臨界尺寸。

【0006】 在其他變化形式中，該方法可包括將該第一誤差分解成時間恆定誤差或時間相依誤差。此亦可包括自該第一誤差移除該時間恆定誤差或該時間相依誤差中之任一者以減小誤差。

【0007】 在又其他變化形式中，該第一誤差或該第二誤差可為均方誤差且誤差之可變性可為誤差之標準偏差或誤差之方差。

【0008】 在其他變化形式中，一邊緣偵測演算法可產生該結構之一部分上的一輪廓且該誤差可係基於該輪廓與目標圖案中之一對應特徵之間

的差而判定。

【0009】 在一些變化形式中，該誤差可藉由平均對應於SEM之視野中之相鄰特徵的局部誤差而部分地判定。該局部誤差可根據局部誤差之加權平均值來加權並居中於相鄰特徵之中心處。局部誤差可根據居中於該複數個相鄰特徵之中心處的高斯分佈而加權。

【0010】 在其他變化形式中，該方法可包括藉由至少移除與SEM失真相關聯的第一誤差而產生一真實殘餘位移，及當與該結構之一特徵相關聯的該真實殘餘位移之一部分超過臨限值時對該特徵加旗標。

【0011】 在又其他變化形式中，該方法可包括運用資料處理器或另一資料處理器監控藉由SEM獲取的影像，判定誤差是否超過臨限值，當超過臨限值時產生以下各者中之任一者：至使用者的重新校準SEM之警報、促使SEM自動地重新校準的命令，或修改SEM之操作以減小誤差的指令。

【0012】 在一些變化形式中，修改微影程序可包括以下各者中之任一者：改變用以製造晶圓之光源之焦點，修改用於源光罩最佳化的參數，修改用於微影程序之光源的數目，或修改數位鏡面器件上之鏡面的組態。

【0013】 在相關態樣中，一種在一微影程序中減小與一晶圓上之一結構相關聯的一誤差之可變性的方法可包括：基於藉由一掃描電子顯微鏡(SEM)對該晶圓進行之掃描而獲得的一影像判定歸因於該影像中之一SEM失真的一第一誤差；及藉由一資料處理器產生一命令，該命令基於減小該第一誤差實現該微影程序的一修改及該誤差之該可變性的一相關聯減小。

【0014】 本文中亦揭示電腦程式產品，其包含一非暫時性電腦可讀

媒體，該非暫時性電腦可讀媒體上記錄有指令，該等指令在由一電腦執行時實施本文所描述之任一方法。

【0015】 在另一相關態樣中，一種系統包括經組態以運用一電子束掃描一晶圓並產生該晶圓之一影像的一SEM，該影像指示與該晶圓上之一結構相關聯的一誤差。該系統亦包括儲存指令之一非暫時性機器可讀媒體，該等指令在由一資料處理器執行時促使該資料處理器執行包括以下各者的操作：基於藉由一掃描電子顯微鏡(SEM)對該晶圓進行之該掃描而獲得的該影像判定歸因於該影像中之一SEM失真的一第一誤差；及藉由該資料處理器產生一命令，該命令基於減小該第一誤差實現一微影程序的一修改及該誤差之一可變性的一相關聯減小。

【0016】 在一些變化形式中，該等操作可進一步包括藉由該資料處理器調整該SEM之一操作參數以減小一透鏡像差之一效應，其中該操作參數可為以下各者中之任一者：一射束能量、該SEM射束之一焦點，或一掃描速度，且其中該效應之該減小促使該誤差之可變性的該相關聯減小。此外，操作可進一步包括藉由該資料處理器回應於對該SEM失真之分析而自動地優化SEM之定位柵格校準。該等操作可進一步包括藉由該資料處理器產生促使該SEM之自動重新校準的一命令。

【圖式簡單說明】

【0017】 併入本說明書中且構成其一部分的隨附圖式展示本文中所揭示之主題的某些態樣，且與描述一起，有助於闡明與所揭示之實施相關聯的一些原理。在圖式中，

【0018】 圖1示意性地描繪根據一實施例的電子束檢測裝置之實施例。

【0019】 圖2示意性說明根據一實施例的檢測裝置之另外實施例。

【0020】 圖3示意性地描繪根據一實施例之與目標圖案相關聯之例示性SEM影像。

【0021】 圖4示意性地描繪根據一實施例的與目標圖案中之接觸孔位置的重疊之例示性SEM影像。

【0022】 圖5A示意性地描繪根據一實施例之如與例示性誤差判定程序一起使用的晶圓上之接觸孔的分格。

【0023】 圖5B示意性地描繪根據一實施例之分解自SEM影像所量測之誤差的例示性結果。

【0024】 圖6示意性地描繪根據一實施例的殘餘接觸孔位移之例示性直方圖。

【0025】 圖7示意性地描繪根據一實施例之表示所分解SEM失真的例示性向量場。

【0026】 圖8示意性地為根據一實施例的例示性程序之方塊圖。

【0027】 圖9說明根據一實施例之微影投影裝置之各種子系統的方塊圖。

【0028】 圖10說明根據一實施例的用於模擬微影投影裝置中之微影的例示性流程圖。

【0029】 圖11為根據一實施例之實例電腦系統的方塊圖。

【0030】 圖12為根據一實施例的一微影投影裝置之示意圖。

【0031】 圖13為根據一實施例之另一微影投影裝置的示意圖。

【0032】 圖14為根據一實施例之微影投影裝置的詳細視圖。

【0033】 圖15為根據一實施例的微影投影裝置之源收集器模組的詳

細視圖。

【實施方式】

【0034】 當製造電腦晶片或其他類型之積體電路時，在一些情況下，極小結構形成於矽晶圓上。此等結構可包括電晶體(其執行電腦晶片之「思考」)及用於連接電晶體的金屬線。此等結構係極小的，例如並排放的1000個金屬線可適配於人毛髮之寬度。電腦晶片可具有若干金屬線層，一層在另一層之頂部上，其中一些層主要在北/南方向上延行，且其他層主要在東/西方向上延行。第一層上之金屬線可藉由在兩個層之間切割的以金屬填充的接觸孔連接至第二層上之金屬線。在此等線及接觸孔之極其小尺寸的情況下，此等線及接觸孔必須被極精確地置放(亦稱作對準)，或其將並不正常對齊。甚至最小數量的未對準將促使經由接觸孔金屬自第一線至第二線的連接發生故障，此可促使整個電腦晶片發生故障且變得無用。

【0035】 微影為形成此等結構時所涉及之程序。微影程序之品質可運用例如掃描電子顯微鏡(SEM)評估。SEM可用以實際上將此等極小結構成像，從而獲取結構之「圖像」。影像可用以判定結構是否正常形成，且亦結構是否形成於適當位置中。同樣，甚至在形成或置放結構時的小誤差可促使電腦晶片發生故障。然而，藉由影像指示之誤差可為「真」或可為「假」。舉例而言，當SEM成像結構時，影像可失真，此可促使該結構出現變形或錯位，實際上，問題為影像之失真且並非為在形成或置放該結構時的任何真實誤差。

【0036】 本發明描述例如用於分析SEM影像以區分真實誤差與SEM失真的方法。當明顯誤差經鑑別為由SEM所引起時，SEM可經調整以減

小明顯誤差。此外，若真實誤差經準確鑑別，則微影程序中之步驟可經修改以減小此等真實誤差。以此方式，不僅最終產品可藉由知曉真實誤差而改良，而且微影程序之效率可藉由移除可基於失真之SEM影像建議的「假」誤差而改良。舉例而言，技術員可藉由判定誤差恰巧為「假」而不需要浪費時間。更重要的是，技術員可避免校正「假」誤差。「假」誤差之校正可藉由將新的(及真實)誤差引入至程序中導致實際上使微影程序更差。

【0037】 在一些實施例中，晶圓之影像或其他經印刷圖案可自影像俘獲器件(例如掃描電子顯微鏡(亦稱作電子束檢測系統))獲得。參看圖1及圖2更詳細地描述電子束檢測系統之例示性實施例。在一些情況下，電子束檢測系統可類似於掃描電子顯微鏡，但具有大視野(LFOV)及高產出率以用於獲得經量測影像。在一些實施例中，LFOV可在一側量測例如大致1至1000微米、100至500微米、1至50微米、6至12微米等。

【0038】 圖2示意性地描繪根據一實施例的檢測裝置50之實施例。在一實施例中，檢測裝置50可為得到基板上之結構之影像的電子束檢測裝置(例如，與掃描電子顯微鏡相同或類似)。

【0039】 在操作中，自電子源58發射之初級電子束56係由聚光器透鏡60會聚且接著傳遞通過光束偏轉器62、E×B偏轉器64及物鏡66以在一焦點處輻照基板台54上之基板52。當運用電子束56輻照基板52時，自基板52產生次級電子。該等次級電子係由E×B偏轉器64偏轉且由次級電子偵測器68偵測。二維電子束影像可藉由以下操作而獲得：偵測自樣本產生之電子，而與例如藉由光束偏轉器62使電子束二維掃描同步或與藉由光束偏轉器62使電子束56在X或Y方向上重複掃描，以及藉由基板台54在X或Y

方向中之另一者上連續移動基板52同步。因此，在一實施例中，電子束檢測裝置具有由角程界定的電子束之視野，電子束可由電子束檢測裝置提供至該角程(例如，偏轉器62可藉以提供電子束56之角程)中。因此，該視野之空間範圍為電子束之角程可照射於表面上所達之空間範圍(其中該表面可為靜止的或可相對於該場移動)。

【0040】 由次級電子偵測器68偵測到之信號係由類比/數位(A/D)轉換器70轉換成數位信號，且該數位信號被發送至影像處理系統72。在一實施例中，影像處理系統72可具有用以儲存數位影像中之全部或部分以供處理單元80處理的記憶體78。處理單元80 (例如經專門設計之硬體或硬體與軟體之組合或包含軟體之電腦可讀媒體)經組態以將數位影像轉換或處理成表示數位影像之資料集。在一實施例中，處理單元80經組態或經程式化以促使執行本文中所描述之方法。此外，影像處理系統72可具有經組態以將數位影像及對應資料集儲存於參考資料庫中之儲存媒體78。顯示器件76可與影像處理系統72連接，使得操作者可藉助於圖形使用者介面實施設備之必要操作。

【0041】 圖3示意性說明根據一實施例的檢測裝置之另外實施例。該系統用以檢測樣本載物台88上之樣本90 (諸如基板)且包含帶電粒子束產生器81、聚光器透鏡模組82、探針形成物鏡模組83、帶電粒子束偏轉模組84、次級帶電粒子偵測器模組85及影像形成模組86。

【0042】 帶電粒子束產生器81產生初級帶電粒子束91。聚光器透鏡模組82將所產生之初級帶電粒子束91聚光。探針形成物鏡模組83將經聚光初級帶電粒子束聚焦為帶電粒子束探針92。帶電粒子束偏轉模組84使所形成之帶電粒子束探針92橫越緊固於樣本載物台88上之樣本90上的所

關注區域之表面進行掃描。在一實施例中，帶電粒子束產生器81、聚光器透鏡模組82及探針形成物鏡模組83或其等效設計、替代方案或其任何組合一起形成產生掃描帶電粒子束探針92之帶電粒子束探針產生器。

【0043】 次級帶電粒子偵測器模組85偵測在由帶電粒子束探針92轟擊後即自樣本表面發射的次級帶電粒子93 (亦可能與來自樣本表面之其他反射或散射帶電粒子一起)以產生次級帶電粒子偵測信號94。影像形成模組86 (例如計算器件)與次級帶電粒子偵測器模組85耦接以自次級帶電粒子偵測器模組85接收次級帶電粒子偵測信號94，且相應地形成至少一個經掃描影像。在一實施例中，次級帶電粒子偵測器模組85及影像形成模組86或其等效設計、替代方案或其任何組合一起形成由帶電粒子束探針92轟擊的自樣本90發射的偵測到之次級帶電粒子形成經掃描影像的影像形成裝置。

【0044】 在一實施例中，監控模組87耦接至影像形成裝置之影像形成模組86以監控、控制等圖案化程序及/或使用自影像形成模組86接收到之樣本90之經掃描影像來導出用於圖案化程序設計、控制、監控等之參數。因此，在一實施例中，監控模組87經組態或經程式化以促使執行本文中所描述之方法。在一實施例中，監控模組87包含計算器件。在一實施例中，監控模組87包含用以提供本文中之功能性且經編碼於形成監控模組87或安置於該監控模組內的電腦可讀媒體上之電腦程式。

【0045】 圖3之系統中電子電流與例如，CD SEM相比較顯著較大，使得探針光點大得足以使得檢測速度可快速。然而，由於探針光點較大，因此解析度可能不與CD SEM之解析度一樣高。

【0046】 圖3說明可由成像器件(諸如SEM、本文中所描述的其他檢

測裝置中之任一者，或適合於成像經印刷圖案的任何成像器件)俘獲的影像300之一個實例。如圖中所見，SEM影像300表示晶圓之一部分，其中若干接觸孔已藉由微影程序形成於晶圓中。接觸孔與剩餘影像相比看起來較暗，此係因為在接觸孔之邊界內部發現的表面處於不同高度及/或具有與晶圓表面自身不同的材料。舉例而言，接觸孔內部之材料可對應於底層而非抗蝕劑。

【0047】 在圖3中，接觸孔之邊界經展示為圍繞接觸孔中之每一者的較暗曲線或輪廓320。在一些實施中，邊緣偵測演算法可用以產生結構(例如，接觸孔)之至少一部分上的輪廓(例如，如被添加至SEM影像)。邊緣偵測演算法可包括例如判定影像中之梯度或較高導數以定位邊緣，基於影像中之像素強度定位邊緣，等等。

【0048】 圖3中所見的亦係指示接觸孔之所計算中心的淺色彩X。此類接觸孔中心330可基於接觸孔310之質心、基於如藉由輪廓320所界定的接觸孔310之最大X或Y延伸的線之相交點等等而判定。在一些實施中，諸如經成像結構的邊緣座標或接觸孔中心之特徵可經計算並用以表徵該結構而不必產生在電腦記憶體中或作為觀測之部分的輪廓。

【0049】 為提供本文中所描述的實施之簡化解釋，基於判定結構(諸如接觸孔，而非更複雜的2D或3D形狀)中之誤差提供大多數實例。然而，所揭示之方法應用於形成於晶圓或其他材料中之任何結構。舉例而言，結構可包括主要特徵(例如，2D線性結構，諸如通道)，或形成於晶圓或正被分析的其他材料中的任何其他類型之實體結構。雖然圖3展示接觸孔310之陣列，但在其他實施中，線、柵格或其他2D結構之圖案可經形成及成像以用於度量衡目的或可為經歷品質控制或評定的最終投影之部分。以此

方式，所揭示之方法應用於能夠成像的任何結構。

【0050】 為判定SEM影像與目標圖案之間的差，在某些實施例中，所揭示程序可包括執行SEM影像與目標圖案之間的影像對準或以執行SEM影像與目標圖案之間的影像對準開始。此對準可包括例如執行在X及Y(或Z，對於3D影像)中之平移、對稱及不對稱旋轉以及對稱及不對稱放大的任何組合。此程序可被稱作六參數線性失真校正且可對SEM影像或目標圖案來執行。此線性失真校正之結果的一個實例經展示於圖4中，其中重疊至SEM影像上的係具有說明目標圖案340中之接觸孔之中心的相交點420的柵格410。雖然柵格相交點420看起來通常與接觸孔中心330重合，但在接近檢測(亦見到在圖之頂部處展示的一個接觸孔中心330之經擴大區段)後，可見一些接觸孔中心處於與由目標圖案340所預期之位置不同的位置處，如藉由柵格相交點420所說明。在圖頂部處的經擴大區段中亦展示說明實際接觸孔中心330與柵格相交點420之間的置放誤差的向量430。下文在分解及鑑別SEM影像中所俘獲之各種類型誤差的論述中進一步描述此向量之使用。

【0051】 在接觸孔中心與柵格相交點之間的一些差運用影像對準來解析的情況下，誤差分析可藉由將真實誤差與歸因於SEM失真之明顯誤差分隔而繼續進行。如此執行的一種方式係使用高階多項式失真而非上文應用的六參數線性失真校正。一些缺點可包括：

- 高階項可為主要雜訊擬合或真實失真之擬合。此導致高估失真比重(用於此之校正，方差公式之分析，亦稱作ANOVA，參見例如方程8至10)；
- 過度擬合可藉由在多個影像內平均而克服，然而其意指時間相依

SEM失真不能被俘獲且被錯誤地鑑別為晶圓偏差；

- 位移之不連續跳變不能被模型化。後者可歸因於SEM中之機械振動或數位再新率而發生。此導致低估SEM比重。

【0052】如本文中更詳細地描述，所揭示之方法中的一些可減小與微影程序中之晶圓上的結構相關聯的誤差的可變性。在一些實施例中，此可包括至少基於藉由藉由掃描電子顯微鏡對晶圓進行之掃描而獲得的影像判定歸因於影像中之SEM失真的第一誤差。視情況，第二誤差可基於影像而判定，其中該第二誤差與結構之真實誤差相關聯。以此方式，與該結構相關聯(如藉由SEM所量測)的總誤差可包括第一誤差(歸因於SEM失真)及第二誤差(形成於晶圓上的結構中之真實實體誤差)中之一者或兩者。

【0053】如本文所用，術語「誤差之可變性」意謂與經印刷圖案之結構相關聯的誤差之程度或出現率的偏差、分散或通常改變。此外，術語「可變性」不同於如本文所使用係指相同名稱之統計數量的「方差」。

【0054】此外，如本文所用，術語「SEM失真」意謂由對SEM資料之操作、獲取或分析中的誤差產生的任何種類之誤差(或明顯失真)。SEM失真可存在於一SEM影像中或存在於包含該SEM影像的資料中。

【0055】另外，在一些實施中，多個影像可用以判定本文中所描述的誤差中之任一者。舉例而言，基於藉由SEM對晶圓進行之掃描而獲得的影像對於該第一誤差之判定可包括基於藉由SEM對晶圓進行之掃描而獲得的影像判定該第一誤差。此外，基於影像對於與結構之真實誤差相關聯的第二誤差之判定可包括基於影像判定與結構之真實誤差相關聯的第二誤差。

【0056】如先前論述，SEM影像中明顯的一些誤差為經印刷結構中

之真實實體誤差。其可為當改良微影程序時主要關注的彼等誤差。舉例而言，接觸孔可並非為極佳圓形且因此其中心可歸因於製造中之誤差或在此小尺度下操作的限制而恰好不在預期之處。此等為「真實誤差」的實例且並非為任何成像程序之結果。因此，如本文所使用，「真實誤差」為結構上之特徵與目標圖案中之對應特徵之間的差。如本文所使用，「特徵」可包括例如邊緣置放量規(可例如限定接觸孔的不同側面(諸如左邊、右邊、頂部或底部)之邊緣置放的特徵之座標)、接觸孔中心、臨界尺寸、SEM影像中之接觸孔的色彩(例如，以灰階位準量測)、接觸孔之橢圓率等。

【0057】 可存在的另一類型之誤差為歸因於成像程序之明顯誤差。如本文所使用，此等類型之誤差統稱為「SEM失真」。SEM失真亦可歸因於多種源。舉例而言，SEM失真可歸因於電子成像中之假影、SEM系統中之振動或電子偵測中之假影中的一或多者。電子成像可包括在顯微術期間的步驟，其中SEM自電子槍以極小光點(其可與像素尺寸相關)引入初級電子至晶圓，並將次級電子返回引入至SEM偵測器(其可包括孔徑及磁透鏡)。電子成像中之假影可使光點在晶圓處較大、非圓形、未聚焦、針對光束中之不同電子能量不同、移位等，其可接著導致次級電子之未預期集合，導致SEM失真。電子偵測可指代偵測器運用次級電子進行的電子偵測。電子偵測中之假影可促使次級電子之某一部分未被偵測，其可同樣導致SEM失真。

【0058】 當分析SEM影像以判定及/或減小歸因於SEM失真之誤差時，當前主題之實施可包括將第一誤差(歸因於SEM失真)分解成至少一時間恆定誤差及時間相依誤差。此類分解可係有價值的，此係因為特定類型誤差的數量或特性可指示例如對SEM進行什麼調整，可存在什麼假影或其

他誤差，建議SEM之操作的特定改變，等。以此方式，誤差(其同樣可為真實誤差與SEM失真之乘積)可藉由例如自第一誤差移除或減小時間恆定誤差及時間相依誤差中之任一者而減小誤差。

【0059】更正式地，本文所述之主題的一些實施可用以藉由計算置放誤差來判定SEM影像中所展示的誤差，該置放誤差可為所計算特徵(例如，如自SEM影像推導出的接觸孔中心)與目標圖案之對應預期特徵(例如，目標圖案中之接觸孔的中心)之間的向量。雖然本文中用作向量，但在其他實施中，置放誤差亦可為純量。舉例而言，X及Y位移可經單獨地處理並表達為純量。與純量位移相關聯的誤差可接著經單獨或組合地分析，以導出SEM之異向性的估計值及/或置放誤差，類似於下文基於向量置放誤差的例示性分析所描述之方法。

【0060】置放誤差之實例係在圖4的頂部處藉由接觸孔中心330及目標圖案之對應中心420之經擴大說明而展示，其中置放誤差向量430係在其之間。在經印刷結構之邊緣而非接觸孔中心被分析的一實施例中，置放誤差可為經計算邊緣置放誤差(EPE)，其可係基於自SEM影像量測之彼等邊緣與目標圖案中之彼等邊緣之間的邊緣座標的差。因此，在一些實施中，真實誤差可係基於輪廓與目標圖案340中之對應特徵之間的差而判定。

【0061】在實施中，程序亦可包括執行諸如接觸孔或邊緣置放量規的結構中之置放誤差的方差之分解，其中方差可為存在於SEM影像中的隨機誤差類型及其幅值之統計量化。舉例而言，置放誤差之方差可按以下分解：

$$\sigma^2(\vec{P}) = \sigma_{FOV,constant}^2 + \sigma_{FOV,time-dependent}^2 + \sigma_{wafer}^2 \quad (1)$$

【0062】 在方程1中， σ_{wafer}^2 含有感信為結構於晶圓上的置放之真實偏差的偏差。為了完整性， σ_{wafer}^2 亦含有SEM散粒雜訊比重，其為歸因於SEM中之電子之散粒雜訊的量測不確定度。散粒雜訊比重數量可使用經重複SEM量測而判定。然而，此數量可對於CD量測為小且因此在一些情況下，可經假設並非係所關注的。相比之下，在其他情況下，邊緣置放之SEM散粒雜訊效應(或歸因於線邊緣粗糙度之偏差)可係重要的，且因此可視情況作為 σ_{wafer}^2 之部分而包括。

【0063】 此外，在方程1中， $\sigma_{FOV,constant}^2$ 及 $\sigma_{FOV,time-dependent}^2$ 為歸因於SEM中之失真的置放誤差之方差。前者為可在SEM影像之集合中的時間恆定誤差，且後者為可在在不同時間獲取的SEM影像之間不同的時間相依誤差。

【0064】 可假設在一些實施中，SEM FOV中之假影可在FOV之部分內相對平滑地變化(例如，若假影經假設為分段平滑地變化)，而微影誘發之偏差可在比FOV更長的長度尺度(諸如全域CD指紋)上，或在短得多的長度尺度(通常比CD小或與CD相當)上變化(諸如散粒雜訊誘發之偏差及光罩可變性)。如下文所論述，一些短長度尺度特徵可在SEM FOV之某一部分內平均。

【0065】 在一些實施中，誤差可藉由平均對應於SEM之視野中的T個相鄰特徵(例如，接觸孔中心)的局部誤差中之一些部分地判定。歸因於短長度尺度上之偏差的置放誤差可平均，且因此藉由因數 $\sqrt{T}$ 減小，而長長度尺度上之偏差(歸因於SEM失真)可在T個相鄰接觸孔中心之此群組中實質上恆定。以此方式，誤差可歸因於晶圓上之SEM失真及真實誤差而分成比重。

【0066】 在其他實施中，局部誤差可根據居中於相鄰特徵之中心處的局部誤差之加權平均值而加權。在其他實施中，局部誤差可根據居中於相鄰特徵之中心處的高斯分佈而加權。

【0067】 為進一步繼續實例晶圓510的簡化之實例，如圖5A中所展示，在FOV 520中可存在 M 個影像(在圖5A中 $M=8$)及 N 個接觸孔310 (在圖5A中 $N=16$)，因此可量測總共 $N \times M$ 個接觸孔。在如圖之下部部分中的展開圖中所展示之FOV 520中， N 個接觸孔可分裂成 T (在圖5A中 $T=4$)個接觸孔之 R 個群組530 (在圖5A中 $R=4$)。在各種實施例中，FOV可分裂成例如 2×2 、 4×4 或 8×8 接觸孔之方框。在其他實施中，可使用方框之其他大小或尺寸，舉例而言， 4×1 、 6×1 、 5×2 、 3×1 、 4×2 等之矩形方框，其中在任一維度中數目較大且在另一維度中數目較小。另一方向可正交於第一維度(例如，矩形)，但亦可在非正交維度中(例如，偏斜框或平行四邊形型分格)。

【0068】 繼續，可計算 $\sigma^2(\vec{P})$ 之單獨比重。在獲得 $\sigma^2(\vec{P})$ 的比重中，平方之總和可計算為：

$$SS_{FOV,constant} = M \times T \times \sum_{i=1}^R \left(\frac{\sum_{j=1}^M \sum_{k=1}^T \vec{P}^{i,j,k}}{M \times T} - \frac{\sum_{i=1}^R \sum_{j=1}^M \sum_{k=1}^T \vec{P}^{i,j,k}}{R \times M \times T} \right)^2, \quad (2)$$

$$SS_{FOV,time-dependent} = T \times \sum_{i=1}^R \sum_{j=1}^M \left(\frac{\sum_{k=1}^T \vec{P}^{i,j,k}}{T} - \frac{\sum_{j=1}^M \sum_{k=1}^T \vec{P}^{i,j,k}}{M \times T} \right)^2, \quad \text{及}(3)$$

$$SS_{wafer} = \sum_{i=1}^R \sum_{j=1}^M \sum_{k=1}^T \left(\vec{P}^{i,j,k} - \frac{\sum_{k=1}^T \vec{P}^{i,j,k}}{T} \right)^2 \quad (4)$$

【0069】 此外，均方可計算為：

$$MS_{FOV,constant} = SS_{FOV,constant} / (R - 1), \quad (5)$$

$$MS_{FOV,time-dependent} = SS_{FOV,time-dependent} / R \times (M - 1), \quad \text{及}(6)$$

$$MS_{wafer} = SS_{wafer} / R \times M \times (T - 1) \quad (7)$$

【0070】 最終，方差之比重可由以下得到：

$$MS_{FOV,constant} = \sigma_{wafer}^2 + T \times \sigma_{FOV,time-dependent}^2 + M \times T \times \sigma_{FOV,constant}^2, (8)$$

$$MS_{FOV,time-dependent} = \sigma_{wafer}^2 + T \times \sigma_{FOV,time-dependent}^2, \text{ 及}(9)$$

$$MS_{wafer} = \sigma_{wafer}^2. (10)$$

【0071】 以此方式，當計算存在於SEM影像中之誤差的類型之比重時，第一誤差或第二誤差可為均方誤差。此外，如自上文所見，誤差之可變性可表達為誤差之標準偏差或誤差之方差。

【0072】 在另一實施例中，可視情況不執行平均。此等效於其中 $T=1$ 之特殊情況，其中上述方程如下文所示改寫。在獲得 $\sigma^2(\bar{P})$ 的比重中，平方之總和可計算為：

$$SS_{FOV,constant} = M \times \sum_{i=1}^R \left(\frac{\sum_{j=1}^M \bar{P}^{i,j}}{M} - \frac{\sum_{i=1}^R \sum_{j=1}^M \bar{P}^{i,j}}{R \times M} \right)^2, (11)$$

$$SS_{FOV,timedependent \& wafer} = \sum_{i=1}^R \sum_{j=1}^M \left(\bar{P}^{i,j} - \frac{\sum_{j=1}^M \bar{P}^{i,j}}{M} \right)^2. (12)$$

【0073】 此外，均方可計算為：

$$MS_{FOV,constant} = SS_{FOV,constant} / (R - 1), (13)$$

$$MS_{FOV,timedependent \& wafer} = \frac{SS_{FOV,timedependent \& wafer}}{R \times (M - 1)}, \text{ 及} (14)$$

【0074】 最終，方差之比重可由以下得到：

$$MS_{FOV,constant} = \sigma_{FOV,timedependent \& wafer}^2 + M \times \sigma_{FOV,constant}^2, (15)$$

$$MS_{FOV,timedependent \& wafer} = \sigma_{FOV,timedependent \& wafer}^2. (16)$$

【0075】 在圖5B中展示運用在大FOV SEM度量衡器件上量測的數百萬個接觸孔之資料集執行的上述實例程序之結果。在圖5B中之標繪圖說明用於每群組之增加數目個孔的分解之不同分量。特定言之，曲線經展示用於真實誤差550、時間恆定誤差560及每影像之SEM失真570。此外，展示結果甚至在 T 之此類相對較小值下仍係穩定的。

【0076】 在其他實施例中，如所描述藉由計算殘餘位移而分解的誤

差可允許鑑別微影系統中之誤差的源並提供用於自動改良微影程序之基礎。此可藉由計算自SEM影像判定之殘餘位移而實現。在一些實施例中，真實殘餘位移可由例如移除與SEM失真相關聯的第一誤差而產生。舉例而言，對於接觸孔中之任一者(例如， $N \times M$ 個接觸孔中之每一者)，歸因於真實晶圓位移之真實殘餘位移(及SEM散粒雜訊，同樣假設較小)可經計算為：

$$\delta \vec{p}_{wafer}^{i,j,k} = \vec{p}_{i,j,k} - \frac{\sum_{k=1}^T \vec{p}_{i,j,k}}{T} \quad (17)$$

【0077】 此真實殘餘位移可藉由計算例如方向依賴性、較高矩或產生其之直方圖來進一步分析。在圖6中展示數百萬點之上述資料集的直方圖610之實例。直方圖可經分析以例如計算沿著一或多個軸線之分佈，其可鑑別歸因於隨機、隨機效應之局部誤差，但亦可鑑別由微影程序之特定部分所引起的晶圓上的結構中之系統誤差。舉例而言，此直方圖可在不同方向中分析以判定位移是否根據高斯分佈。若否，且存在比預期更多的離群值，則可能已基於 σ_{wafer} 的故障率預測將不再保持。

【0078】 可預期對於極準確程序，如圖6中所展示之三維直方圖將靠近軸線定位且非常對稱。然而，若判定直方圖含有不對稱性(例如，超出某一臨限條件)，則對應於直方圖中之彼等資料點的特徵可經加旗標。基於真實殘餘位移，當與特徵相關聯的殘餘失真之一部分超過臨限值時可對結構之一或多個特徵(例如，接觸孔中心)加旗標。

【0079】 在一些實施中，不正確置放特徵之頻率可用作微影程序之品質的量測。若直方圖偏離期望值或形狀，則程序可經加旗標為「易於誤差」。(在邊界點直方圖的實例中：與高斯分佈相比更加外向偏移可建議程序具有合併接觸孔)。因此，程序應接著經調整或最佳化。在一些實施

中，一個臨限值可需要偏度高於或低於特定值，或不超過接觸孔之給定分數(例如，0.1%、0.01%、0.001%、0.0001%等)位於偏離0大於3或6個標準偏差。臨限值之另一實例可為絕對距離(例如，10 nm、3 nm、1 nm等)。因此，「故障率」(基於以上臨限值)接著仍然與置放之標準偏差(分佈之寬度)很大程度上有關聯。臨限值之另一實例可為相對距離(例如大於3或6個標準偏差)。「故障率」接著為用於分佈之「非高斯」度(“non-Gaussian”-ness)的上文所提及之度量。

【0080】此外，吾人可對於接觸孔(例如，FOV中之接觸孔的R個群組中之每一者)判定與SEM失真相關聯的均值時間恆定及均值時間相依殘餘位移：

$$\delta \vec{P}_{FOV,constant}^i = \frac{\sum_{j=1}^M \sum_{k=1}^T \vec{p}^{i,j,k}}{M \times T} - \frac{\sum_{i=1}^R \sum_{j=1}^M \sum_{k=1}^T \vec{p}^{i,j,k}}{R \times M \times T} \text{ 及(18)}$$
$$\delta \vec{P}_{FOV,time-dependent}^{i,j} = \frac{\sum_{k=1}^T \vec{p}^{i,j,k}}{T} - \frac{\sum_{j=1}^M \sum_{k=1}^T \vec{p}^{i,j,k}}{M \times T} . \tag{19}$$

【0081】圖7為說明呈向量場形式之時間恆定殘餘710及時間相依殘餘720的合成資料之標繪圖。此等實例向量場可由分格及平均合成產生的SEM FOV中之一些或所有中的若干位移而產生(在圖7中T=8×8=64)。此類向量場籍此可用以計算SEM FOV之「指紋」(或實質上唯一特性)。此類向量場亦可用以監控或改良SEM之操作，或整體上微影程序，如本文所描述。

【0082】如本文所描述的誤差判定之實施可用以改良微影程序或SEM成像。如圖8中所說明，在一微影程序中減小與一品圓上之一結構相關聯的誤差之可變性的方法之一個實例可包括在810處，至少基於基於藉由一掃描電子顯微鏡(SEM)對該晶圓進行的一掃描而獲得的一影像判定歸因於該影像中之一SEM失真的一第一誤差。

【0083】 在820處，至少一個資料處理器可產生一命令，該命令基於減小該第一誤差實現該微影程序的一修改及該誤差之該可變性的一相關聯減小。

【0084】 更一般而言，所揭示主題之其他實施可包括在判定第一誤差或第二誤差之後，藉由資料處理器產生一命令，該命令基於減小該第一誤差或該第二誤差中之任一者實現微影程序的修改及誤差之可變性的相關聯減小。在一些實施例中，微影程序的修改可包括例如改變用以製造晶圓之光源之焦點，修改用於源光罩最佳化之一或多個參數，修改用於微影程序之若干光源，及修改數位鏡面器件上之鏡面的組態。

【0085】 可改良微影程序之方式的特定實例可包括最佳化光瞳(「光源」)或光罩以最小化 σ_{wafer} 。另一實施可包括產生具有對應於例如微影掃描器中之焦點方面的問題或一些程序相關問題的呈指紋形式之圖案的晶圓指紋。因此，在一些實施中，微影掃描器之焦點可基於第一誤差或第二誤差而自動地調整以減小藉由SEM獲取的影像中之誤差的可變性。

【0086】 此外，在一些實施例中，基於影像計算的明顯誤差可藉由改變SEM之操作而校正。詳言之，實施例可包括藉由至少一個資料處理器監控藉由SEM獲取的影像及判定誤差是否超過臨限值。當超過臨限值時，可產生以下各者中之任一者：至一使用者的重新校準該SEM之一警報，促使該SEM自動地重新校準的一命令，或修改該SEM之該操作以減小該誤差的一指令。

【0087】 在一些實施中，每圖像失真剖面的旋轉/縮放的晶圓指紋可經分析以揭示SEM晶圓載物台中之問題。對SEM失真之此類分析可藉由軟體實施以自動地優化SEM之定位柵格校準。在其他實施中，對不同圖像

中之失真剖面之頻率分析可揭示SEM中之共振。此類共振可藉由主要在一個方向(例如，y方向)上變化的失真剖面表徵。在又其他實施中，SEM中之磁透鏡的像差可與失真指紋中之特定形狀相關。當方法應用於影像品質參數(例如邊界之銳度)之指紋時，此亦可揭示透鏡像差(或可能其他類型之像差)之效應，其效應可藉由調整SEM之操作參數(例如，射束能量、焦點、掃描速度等)而減小，以此方式誤差之可變性可減小。方法因此可用以認定SEM，監控SEM之像差的偏移，且用於其中像差經預期發揮作用的問題之根本原因分析。

【0088】微影投影裝置可用於(例如)積體電路(IC)製造中。在此情況下，圖案化器件(例如，光罩)可含有或提供對應於IC之個別層的圖案(「設計佈局」)，且此圖案可藉由諸如經由圖案化器件上之圖案輻照目標部分的方法經轉印於一基板(例如，矽晶圓)上之目標部分(例如，包含一或多個晶粒)上，該目標部分已塗佈有一層輻射敏感材料(「抗蝕劑」)。大體而言，單個基板含有複數個鄰近目標部分，圖案藉由微影投影裝置順次地轉印至該複數個鄰近目標部分，一次一個目標部分。在一種類型微影投影裝置中，整個圖案化器件上之圖案一次性經轉印至一個目標部分上；此裝置亦可稱為步進器。在替代裝置中，步進掃描裝置可使得投影光束在給定參考方向(「掃描」方向)上掃描圖案化器件同時平行或反平行於此參考方向同步地移動基板。圖案化器件上之圖案之不同部分逐漸地轉印至一個目標部分。一般而言，由於微影投影裝置將具有減小比率 M (例如，4)，因此移動基板所藉以之速度 F 將為投影光束掃描圖案化器件所藉以的速度的 $1/M$ 倍。關於微影器件之更多資訊可見於例如以引用方式併入本文中之US 6,046,792。

【0089】 在將圖案自圖案化器件轉印至基板之前，基板可經歷各種工序，諸如，上底漆、抗蝕劑塗佈，及軟烘烤。在曝光之後，基板可經受其他工序(「曝光後工序」)，諸如曝光後烘烤(PEB)、顯影、硬烘烤及對經轉印圖案之量測/檢測。此程序陣列用作製造器件(例如IC)之個別層的基礎。基板接著可經歷各種程序，諸如蝕刻、離子植入(摻雜)、金屬化、氧化、化學-機械拋光等等，該等程序皆意欲精整器件之個別層。若在器件中需要若干層，則針對每一層來重複整個工序或其變體。最終，在基板上之每一目標部分中將存在器件。接著藉由諸如切塊或鋸切之技術來使此等器件彼此分離，據此，可將個別器件安裝於載體上、連接至銷釘等。

【0090】 如所提及，微影為在諸如IC之器件之製造時的中心步驟，其中形成於基板上之圖案界定器件之功能元件，諸如微處理器、記憶體晶片等。類似微影技術亦用於形成平板顯示器、微機電系統(MEMS)及其他器件。

【0091】 隨著半導體製造程序繼續進步，幾十年來，功能元件之尺寸已不斷地減小，而每器件的諸如電晶體之功能元件之量已在穩固地增加，此遵循通常稱為「莫耳定律(Moore's law)」之趨勢。在當前技術狀態下，使用微影投影裝置來製造器件之層，該等微影投影裝置使用來自深紫外線照明源之照明將設計佈局投影至基板上，從而產生尺寸充分低於100 nm，亦即小於來自照明源(例如193 nm照明源)之輻射的波長之一半的個別功能元件。

【0092】 供印刷尺寸小於微影投影裝置之經典解析度極限之特徵的此程序根據解析度公式 $CD = k1 \times \lambda / NA$ 可稱為低 $k1$ 微影，其中 λ 為所使用輻射之波長(例如，248 nm或193 nm)，NA為微影投影裝置中之投影光學

件之數值孔徑， CD 為「臨界尺寸」(通常為所印刷之最小特徵大小)，且 k_1 為經驗解析度因數。大體而言， k_1 愈小，則在基板上再現類似於由設計者規劃之形狀及尺寸以便達成特定電功能性及效能的圖案變得愈困難。為了克服此等困難，將複雜微調步驟應用至微影投影裝置、設計佈局或圖案化器件。此等微調步驟包括(例如，但不限於)： NA 及光學相干設定之最佳化、定製照明方案、相移圖案化器件之使用、設計佈局中之光學近接校正(OPC，有時亦被稱作「光學及程序校正」)，或通常被定義為「解析度增強技術」(RET)之其他方法。如本文所使用之術語「投影光學件」應被廣泛地解譯為涵蓋各種類型之光學系統，包括(例如)折射光學件、反射光學件、孔徑及反射折射光學件。術語「投影光學件」亦可包括根據此等設計類型中之任一者操作從而集體地或單獨地導向、塑形或控制投影輻射光束的組件。術語「投影光學件」可包括微影投影裝置中之任何光學組件，而不管光學組件定位於微影投影裝置之光學路徑上之何處。投影光學件可包括用於在來自源之輻射通過圖案化器件之前塑形、調整及/或投影該輻射的光學組件，及/或用於在該輻射通過圖案化器件之後塑形、調整及/或投影該輻射的光學組件。投影光學件一般不包括源及圖案化器件。

【0093】 儘管在本文中可特定地參考IC製造，但應明確地理解，本文之描述具有許多其他可能應用。舉例而言，其可用於製造整合式光學系統、用於磁疇記憶體之導引及偵測圖案、液晶顯示面板、薄膜磁頭等。熟習此項技術者將瞭解，在此類替代應用之情形下，本文中對術語「倍縮光罩」、「晶圓」或「晶粒」之任何使用應視為可分別與更一般的術語「光罩」、「基板」及「目標部分」互換。

【0094】 在本發明之文件中，術語「輻射」及「光束」用以涵蓋所

有類型之電磁輻射，包括紫外線輻射(例如具有為365 nm、248 nm、193 nm、157 nm或126 nm之波長)及極紫外線輻射(EUV，例如具有在約5 nm至100 nm之範圍內之波長)。

【0095】 圖案化器件可包含或可形成一或多個設計佈局。可利用電腦輔助設計(CAD)程式來產生設計佈局，此程序常常被稱作電子設計自動化(EDA)。大多數CAD程式遵循預定設計規則之集合，以便產生功能設計佈局/圖案化器件。藉由處理及設計限制來設定此等規則。舉例而言，設計規則定義器件(諸如閘、電容器等)或互連線之間的空間容許度，以便確保器件或線不會以不合需要的方式彼此相互作用。設計規則限制中之一或多者可稱為「臨界尺寸」(CD)。可將器件之臨界尺寸定義為線或孔之最小寬度或兩條線或兩個孔之間的最小空間。因此，CD判定經設計器件之總大小及密度。當然，器件製造之目標中之一者為在基板上如實地再現原始設計意圖(經由圖案化器件)。

【0096】 如本文中所使用之術語「光罩」或「圖案化器件」可被廣泛地解譯為係指可用以向入射輻射光束賦予經圖案化橫截面之通用圖案化器件，經圖案化橫截面對應於待在基板之目標部分中產生之圖案；術語「光閥」亦可用於此內容背景中。除經典光罩(透射或反射；二元、相移、混合式等)以外，其他此類圖案化器件之實例包括可程式化鏡面陣列及可程式化LCD陣列。

【0097】 可程式化鏡面陣列之一實例可為具有黏彈性控制層及反射表面之矩陣可定址表面。此裝置所隱含之基本原理為(例如)：反射表面之經定址區域使入射輻射反射為繞射輻射，而未經定址區域使入射輻射反射為非繞射輻射。在使用適當濾光器之情況下，可自經反射光束濾出該非繞

射輻射，從而僅留下繞射輻射；以此方式，光束根據矩陣可定址表面之定址圖案而變得圖案化。可使用合適之電子方法來執行所需矩陣定址。

【0098】 可程式化LCD陣列之實例在以引用之方式併入本文中之美國專利第5,229,872號中給出。

【0099】 圖9說明根據一實施例之微影投影裝置10A之各種子系統的方塊圖。主要組件為：輻射源12A，其可為深紫外線準分子雷射源或包括極紫外線(EUV)源之其他類型的源(如上文所論述，微影投影裝置本身無需具有輻射源)；照明光學件，其例如界定部分相干性(經表示為均方偏差)且可包括塑形來自源12A之輻射的光學件14A、光學件16Aa及光學件16Ab；圖案化器件18A；及透射光學件16Ac，其將圖案化器件圖案之影像投影至基板平面22A上。在投影光學件之光瞳平面處的可調整濾光器或孔徑20A可限定照射於基板平面22A上之光束角度之範圍，其中最大可能角度界定投影光學件之數值孔徑 $NA = n \sin(\Theta_{\max})$ ，其中 n 為基板與投影光學件之最後元件之間的媒體之折射率，且 $\Theta_{\max}$ 為自投影光學件射出的仍可照射於基板平面22A上之光束的最大角度。

【0100】 在微影投影裝置中，源將照明(亦即，輻射)提供至圖案化器件，且投影光學件經由該圖案化器件將該照明導向至基板上且塑形該照明。投影光學件可包括組件14A、16Aa、16Ab及16Ac中之至少一些。空中影像(AI)為在基板位階處之輻射強度分佈。可使用抗蝕劑模型以自空中影像計算抗蝕劑影像，可在全部揭示內容據此以引用方式併入之美國專利申請公開案第US 2009-0157630號中找到此情形之實例。抗蝕劑模型僅與抗蝕劑層之性質(例如，在曝光、曝光後烘烤(PEB)及顯影期間發生的化學程序之效應)有關。微影投影裝置之光學性質(例如，照明、圖案化器件及

投影光學件之性質)指示空中影像且可定義於光學模型中。由於可改變用於微影投影裝置中之圖案化器件，故需要使圖案化器件之光學性質與至少包括源及投影光學件的微影投影裝置之其餘部分之光學性質分離。用以將設計佈局變換至各種微影影像(例如，空中影像、抗蝕劑影像等)、使用彼等技術及模型應用OPC且評估效能(例如，依據程序窗)的技術及模型之細節描述於美國專利申請公開案第US 2008-0301620、2007-0050749、2007-0031745、2008-0309897、2010-0162197及2010-0180251號中，前述各案之揭示內容特此以全文引用之方式併入。

【0101】 理解微影程序之一個態樣係理解輻射與圖案化器件之相互作用。可自在輻射到達圖案化器件之前的輻射之電磁場及表徵該相互作用之函數判定在輻射通過圖案化器件之後的輻射之電磁場。此函數可稱為光罩透射函數(其可用於描述透射圖案化器件及/或反射圖案化器件之相互作用)。

【0102】 光罩透射函數可具有各種不同形式。一種形式為二元的。二元光罩透射函數在圖案化器件上之任何給定位置處具有兩個值(例如零及正常數)中之任一者。呈二元形式之光罩透射函數可被稱作二元光罩。另一形式為連續的。亦即，圖案化器件之透射率(或反射率)的模數係圖案化器件上之位置的連續函數。透射率(或反射率)之相位亦可為圖案化器件上之位置的連續函數。呈連續形式之光罩透射函數可被稱作連續色調光罩或連續透射光罩(CTM)。舉例而言，可將CTM表示為像素化影像，其中可向每一像素指派介於0與1之間的值(例如0.1、0.2、0.3等)來代替0或1之二元值。在一實施例中，CTM可為像素化灰階影像，其中每一像素具有若干值(例如在範圍[-255,255]內、在範圍[0,1]或[-1,1]或其他適當範圍內

之正規化值)。

【0103】薄光罩近似(亦稱為克希荷夫(Kirchhoff)邊界條件)廣泛地用於簡化對輻射與圖案化器件之相互作用之判定。薄光罩近似假定圖案化器件上之結構之厚度與波長相比極小，且光罩上的結構之寬度與波長相比極大。因此，薄光罩近似假定在圖案化器件之後的電磁場係入射電磁場與光罩透射函數之乘積。然而，當微影程序使用具有愈來愈短之波長的輻射，且圖案化器件上之結構變得愈來愈小時，對薄光罩近似之假定可分解。舉例而言，由於結構(例如頂面與側壁之間的邊緣)之有限厚度，輻射與結構之相互作用(「光罩3D效應」或「M3D」)可變得重要。在光罩透射函數中涵蓋此散射可使得光罩透射函數能夠較佳俘獲輻射與圖案化器件之相互作用。依據薄光罩近似之光罩透射函數可被稱作薄光罩透射函數。涵蓋M3D的光罩透射函數可稱為M3D光罩透射函數。

【0104】根據本發明之一實施例，可產生一或多個影像。影像包括可由每一像素之像素值或強度值表徵的各種類型之信號。取決於影像內像素之相對值，信號可稱作例如弱信號或強信號，如一般熟習此項技術者可理解。術語「強」及「弱」為基於影像內之像素之強度值的相對術語，且強度之具體值可能並不限制本發明之範疇。在實施例中，強信號及弱信號可基於所選擇之臨限值來鑑別。在一實施例中，臨限值可為固定的(例如影像內像素之最高強度與最低強度的中點)。在實施例中，強信號可指具有大於或等於越過影像之平均信號值之值的信號，且弱信號可指具有低於平均信號值之值的信號。在一實施例中，相對強度值可基於百分比。舉例而言，弱信號可為具有低於影像內像素(例如對應於目標圖案之像素可被視為具有最高強度之像素)之最高強度的50%的強度之信號。此外，影像

內之每一像素可視為變數。根據本發明實施例，導數或偏導數可相對於影像內之每一像素予以判定，且每一像素之值可根據基於成本函數之評估及/或成本函數之基於梯度的計算來判定或修改。舉例而言，CTM影像可包括像素，其中每一像素為可採用任何實數值之變數。

【0105】 圖10說明根據一實施例的用於模擬微影投影裝置中之微影的例示性流程圖。源模型31表示源之光學特性(包括輻射強度分佈及/或相位分佈)。投影光學件模型32表示投影光學件之光學特性(包括由投影光學件引起的輻射強度分佈及/或相位分佈之變化)。設計佈局模型35表示設計佈局之光學特性(包括由設計佈局33引起的輻射強度分佈及/或相位分佈之變化)，該設計佈局為在圖案化器件上或藉由圖案化器件形成之特徵配置的表示。可自設計佈局模型35、投影光學件模型32及設計佈局模型35來模擬空中影像36。可使用抗蝕劑模型37自空中影像36模擬抗蝕劑影像38。微影之模擬可例如預測抗蝕劑影像中之輪廓及CD。

【0106】 更特定言之，應注意源模型31可表示源之光學特性，該等光學特性包括(但不限於)數值孔徑設定、照明均方偏差(σ)設定，以及任何特定照明形狀(例如，離軸輻射源，諸如環圈、四極子、偶極子等)。投影光學件模型32可表示投影光學件之光學特性，該等光學特性包括像差、失真、一或多個折射率、一或多個實體大小、一或多個實體尺寸，等等。設計佈局模型35可表示實體圖案化器件之一或多個物理性質，如(例如)以全文引用的方式併入本文中之美國專利第7,587,704號中所描述。模擬之目標為準確地預測例如邊緣置放、空中影像強度斜率及/或CD，接著可將邊緣置放、空中影像強度斜率及/或CD與預期設計進行比較。預期設計通常被定義為可以諸如GDSII或OASIS或其他檔案格式之標準化數位檔案格式

而提供之預OPC設計佈局。

【0107】 自此設計佈局，可鑑別被稱作「剪輯」之一或多個部分。在實施例中，提取剪輯集合，其表示設計佈局中之複雜圖案(通常為約50個至1000個剪輯，但可使用任何數目個剪輯)。此等圖案或剪輯表示設計之小部分(亦即，電路、胞元或圖案)，且更特定言之，該等剪輯通常表示需要特定注意及/或驗證的小部分。換言之，剪輯可為設計佈局之部分，或可為相似的或具有設計佈局之部分的相似行為，其中一或多個臨界特徵藉由體驗(包括由客戶提供之剪輯)、藉由試誤法或藉由執行全晶片模擬來予以鑑別。剪輯可含有一或多個測試圖案或量規圖案。

【0108】 可由客戶基於設計佈局中需要特定影像最佳化之已知臨界特徵區域而先驗地提供初始較大剪輯集合。替代地，在另一實施例中，可藉由使用鑑別該一或多個臨界特徵區域之某種自動(諸如機器視覺)或手動演算法自整個設計佈局提取初始較大剪輯集合。

【0109】 在微影投影裝置中，作為一實例，成本函數可表達為

$$CF(z_1, z_2, \dots, z_N) = \sum_{p=1}^P w_p f_p^2(z_1, z_2, \dots, z_N) \quad (\text{方程1})$$

【0110】 其中 $(z_1, z_2, \dots, z_N)$ 為N個設計變數或其值。 $f_p(z_1, z_2, \dots, z_N)$ 可為設計變數 $(z_1, z_2, \dots, z_N)$ 的函數，諸如對於 $(z_1, z_2, \dots, z_N)$ 之設計變數的值集合的特性之實際值與預期值之間的差。 w_p 為與 $f_p(z_1, z_2, \dots, z_N)$ 相關聯之權重常數。舉例而言，特性可為在邊緣上之給定點處量測的圖案之邊緣之位置。不同 $f_p(z_1, z_2, \dots, z_N)$ 可具有不同權重 w_p 。舉例而言，若特定邊緣具有窄准許位置範圍，則用於表示邊緣之實際位置與預期位置之間的差之 $f_p(z_1, z_2, \dots, z_N)$ 之權重 w_p 可被給出較高值。 $f_p(z_1, z_2, \dots, z_N)$ 亦可為層間特性之函數，層間特性又為設計變數 $(z_1, z_2, \dots, z_N)$ 之函數。當然， $CF(z_1, z_2, \dots, z_N)$ 不限於方程1中之形式。

$CF(z_1, z_2, \dots, z_N)$ 可呈任何其他合適形式。

【0111】 成本函數可表示微影投影裝置、微影程序或基板之任何一或多個適合特性，例如，焦點、CD、影像移位、影像失真、影像旋轉、隨機偏差、產出率、局部CD偏差、程序窗、層間特性或其組合。在一個實施例中，設計變數 $(z_1, z_2, \dots, z_N)$ 包含選自劑量、圖案化器件之全域偏置及/或照明形狀中之一或多者。由於抗蝕劑影像常常規定基板上之圖案，故成本函數可包括表示抗蝕劑影像之一或多個特性之函數。舉例而言， $f_p(z_1, z_2, \dots, z_N)$ 可僅係抗蝕劑影像中之一點與彼點之預期位置之間的距離(亦即，邊緣置放誤差 $EPE_p(z_1, z_2, \dots, z_N)$)。設計變數可包括任何可調整參數，諸如源、圖案化器件、投影光學件、劑量、焦點等等之可調整參數。

【0112】 微影裝置可包括可用於調整波前及強度分佈之形狀及/或輻射光束之相移的總稱為「波前操控器」之組件。在一實施例中，微影裝置可調整沿著微影投影裝置之光學路徑之任何位置處的波前及強度分佈，諸如在圖案化器件之前、在光瞳平面附近、在影像平面附近及/或在焦點平面附近。波前操控器可用以校正或補償由(例如)源、圖案化器件、微影投影裝置中之溫度偏差、微影投影裝置之組件之熱膨脹等等所導致的波前及強度分佈及/或相移的某些失真。調整波前及強度分佈及/或相移可改變由成本函數表示之特性的值。可自模型模擬此等變化或實際上量測此等變化。設計變數可包括波前操控器之參數。

【0113】 設計變數可具有約束，該等約束可被表達為 $(z_1, z_2, \dots, z_N) \in Z$ ，其中 Z 係設計變數之可能值集合。可藉由微影投影裝置之所要產出率來強加對設計變數之一個可能約束。在無藉由所要產出率強加之此約束的情況下，最佳化可得到不切實際的設計變數之值集合。舉例而言，若劑量為設

計變數，則在無此約束之情況下，最佳化可得到使產出率經濟上不可能的劑量值。然而，約束之有用性不應解釋為必要性。舉例而言，產出率可受光瞳填充比影響。對於一些照明設計，低光瞳填充比可捨棄輻射，從而導致較低產出率。產出率亦可受抗蝕劑化學反應影響。較慢抗蝕劑(例如，要求適當地曝光較高量之輻射的抗蝕劑)導致較低產出率。

【0114】如本文所用，術語「圖案化程序」意謂作為微影程序之部分的藉由施加光之所指定圖案產生經蝕刻基板的程序。

【0115】如本文中所使用，術語「目標圖案」意謂將在基板上蝕刻之理想化圖案。

【0116】如本文中所使用，術語「印刷圖案」意謂基板上之基於目標圖案蝕刻的實體圖案。經印刷圖案可包括例如接觸孔、凹槽、通道、凹陷、邊緣或由微影程序產生之其他兩維及三維特徵。

【0117】如本文中所用，術語「影像俘獲器件」意謂任何數量或組合之器件及可經組態以產生目標影像(諸如經印刷圖案或其部分)的相關聯電腦硬體及軟體。成像器件之非限制性實例可包括：掃描電子顯微鏡(SEM)、x射線機器、度量衡系統等。

【0118】如本文中所使用，術語「程序模型」意謂包括模擬圖案化程序之一或多個模型的模型。舉例而言，程序模型可包括以下各者之任何組合：光學模型(例如，模型化用以在微影程序中遞送光的透鏡系統/投影系統且可包括模型化到光阻上的光之最終光學影像)、抗蝕劑模型(例如，模型化抗蝕劑之物理效應，諸如歸因於光的化學效應)、OPC模型(例如，可以用於形成目標圖案且可包括子解析度抗蝕劑特徵(SRAF)等等)、成像器件模型(例如，模型化成像器件可自經印刷圖案成像之物)。

【0119】如本文所用，術語「校準」意謂修改(例如改良或調整)及/或驗證某物，諸如程序模型。

【0120】圖11為根據一實施例之實例電腦系統CS的方塊圖。

【0121】電腦系統CS包括用於傳達資訊之匯流排BS或其他通信機構，及與匯流排BS耦接以用於處理資訊之處理器PRO (或多個處理器)。電腦系統CS亦包括耦接至匯流排BS以用於儲存待由處理器PRO執行之資訊及指令的主記憶體MM，諸如隨機存取記憶體(RAM)或其他動態儲存器件。主記憶體MM亦可用於在待由處理器PRO執行之指令之執行期間儲存暫時性變數或其他中間資訊。電腦系統CS進一步包括耦接至匯流排BS以用於儲存用於處理器PRO之靜態資訊及指令的唯讀記憶體(ROM) ROM或其他靜態儲存器件。提供諸如磁碟或光碟之儲存器件SD，且將其耦接至匯流排BS以用於儲存資訊及指令。

【0122】電腦系統CS可經由匯流排BS耦接至用於向電腦使用者顯示資訊之顯示器DS，諸如，陰極射線管(CRT)或平板顯示器或觸控面板顯示器。包括文數字按鍵及其他按鍵之輸入器件ID耦接至匯流排BS以用於將資訊及命令選擇傳達至處理器PRO。另一類型之使用者輸入器件為用於將方向資訊及命令選擇傳達至處理器PRO且用於控制顯示器DS上之游標移動的游標控制件CC，諸如，滑鼠、軌跡球或游標方向按鍵。此輸入器件通常具有在兩個軸線-第一軸線(例如，x)及第二軸線(例如，y)上之兩個自由度，從而允許該器件限定平面中之位置。觸控面板(螢幕)顯示器亦可被用作輸入器件。

【0123】根據一個實施例，本文中所描述之一或多種方法的數個部分可藉由電腦系統CS回應於處理器PRO執行含有於主記憶體MM中之一或

多個指令之一或多個序列而執行。可將此等指令自另一電腦可讀媒體(諸如儲存器件SD)讀取至主記憶體MM中。執行主記憶體MM中含有之指令序列使得處理器PRO執行本文中所描述之程序步驟。呈多處理配置之一或多個處理器亦可用於執行主記憶體MM中所含有之指令序列。在替代性實施例中，可代替或結合軟體指令而使用硬連線電路。因此，本文中之描述不限於硬體電路系統與軟體之任何特定組合。

【0124】如本文中所使用之術語「電腦可讀媒體」係指參與將指令提供至處理器PRO以供執行之任何媒體。此媒體可呈許多形式，包括但不限於非揮發性媒體、揮發性媒體及傳輸媒體。非揮發性媒體包括例如光碟或磁碟，諸如儲存器件SD。揮發性媒體包括動態記憶體，諸如主記憶體MM。傳輸媒體包括同軸纜線、銅線及光纖，包括包含匯流排BS之線。傳輸媒體亦可採用聲波或光波之形式，諸如在射頻(RF)及紅外線(IR)資料通信期間所產生的聲波或光波。電腦可讀媒體可為非暫時性的，例如軟碟、可撓性磁碟、硬碟、磁帶、任何其他磁性媒體、CD-ROM、DVD、任何其他光學媒體、打孔卡、紙帶、具有孔圖案之任何其他實體媒體、RAM、PROM及EPROM、FLASH-EPROM、任何其他記憶體晶片或卡匣。非暫時性電腦可讀媒體可具有記錄於其上之指令。在由電腦執行時，指令可實施本文中所描述的特徵中之任一者。暫時性電腦可讀媒體可包括載波或其他傳播電磁信號。

【0125】各種形式之電腦可讀媒體可涉及將一或多個指令之一或多個序列攜載至處理器PRO以供執行。舉例而言，初始地可將該等指令承載於遠端電腦之磁碟上。遠端電腦可將指令載入至其動態記憶體中，且使用數據機經由電話線來發送指令。在電腦系統CS本端之數據機可接收電話

線上之資料，且使用紅外線傳輸器將資料轉換為紅外線信號。耦接至匯流排BS之紅外線偵測器可接收紅外線信號中所攜載之資料且將資料置放於匯流排BS上。匯流排BS將資料攜載至主記憶體MM，處理器PRO自該主記憶體MM擷取且執行指令。由主記憶體MM接收之指令可視情況在由處理器PRO執行之前或之後儲存於儲存器件SD上。

【0126】 電腦系統CS亦可包括耦接至匯流排BS之通信介面CI。通信介面CI提供與網路鏈路NDL之雙向資料通信耦合，該網路鏈路連接至區域網路LAN。舉例而言，通信介面CI可為整合服務數位網路(ISDN)卡或數據機以提供與對應類型之電話線的資料通信連接。作為另一實例，通信介面CI可為區域網路(LAN)卡以提供與相容LAN的資料通信連接。亦可實施無線鏈路。在任何此實施中，通信介面CI發送且接收攜載表示各種類型之資訊的數位資料串流之電信號、電磁信號或光學信號。

【0127】 網路鏈路NDL通常經由一或多個網路提供與其他資料器件之資料通信。舉例而言，網路鏈路NDL可經由區域網路LAN提供連接至主電腦HC。此可包括經由全球封包資料通信網路(現在通常被稱作「網際網路」INT)而提供之資料通信服務。區域網路LAN (網際網路)皆使用攜載數位資料串流之電信號、電磁信號或光學信號。經由各種網路之信號及在網路資料鏈路NDL上且經由通信介面CI之信號為輸送資訊的例示性載波形式，該等信號將數位資料攜載至電腦系統CS且自該電腦系統攜載數位資料。

【0128】 電腦系統CS可經由網路、網路資料鏈路NDL及通信介面CI發送訊息及接收資料(包括程式碼)。在網際網路實例中，主電腦HC可經由網際網路INT、網路資料鏈路NDL、區域網路LAN及通信介面CI傳輸

用於應用程式之經請求程式碼。舉例而言，一個此類經下載應用程式可提供本文中所描述之方法中的全部或部分。所接收程式碼可在其被接收時由處理器PRO執行，及/或儲存於儲存器件SD或其他非揮發性儲存器中以供稍後執行。以此方式，電腦系統CS可獲得呈載波形式之應用程式碼。

【0129】 圖12為根據實施例的一微影投影裝置之示意圖。

【0130】 微影投影裝置可包括照明系統IL、第一物件台MT、第二物件台WT及投影系統PS。

【0131】 照明系統IL可調節輻射光束B。在此特定情況下，照明系統亦包含輻射源SO。

【0132】 第一物件台(例如，圖案化器件台) MT可具備用以固持圖案化器件MA (例如，倍縮光罩)之圖案化器件固持器，且連接至用以相對於項目PS來準確地定位圖案化器件之第一定位器。

【0133】 第二物件台(基板台) WT可具備用以固持基板W (例如，抗蝕劑塗佈矽晶圓)之基板固持器，且連接至用以相對於項目PS來準確地定位該基板的第二定位器。

【0134】 投影系統(「透鏡」) PS (例如折射、反射或反射折射光學系統)可將圖案化器件MA之經輻照部分成像至基板W之目標部分C (例如包含一或多個晶粒)上。

【0135】 如本文中所描繪，裝置可屬於透射類型(亦即，具有透射圖案化器件)。然而，一般而言，其亦可屬於反射類型，例如(具有反射圖案化器件)。裝置可使用與經典光罩不同種類之圖案化器件；實例包括可程式化鏡面陣列或LCD矩陣。

【0136】 源SO (例如，水銀燈或準分子雷射、雷射產生電漿(LPP)

EUV源)產生輻射光束。舉例而言，此光束係直接地或在已橫穿諸如光束擴展器Ex之調節裝置之後饋入至照明系統(照明器) IL中。照明器IL可包含調整器件AD，以用於設定光束中之強度分佈之外部徑向範圍及/或內部徑向範圍(通常分別被稱作 σ 外部及 σ 內部)。另外，照明器IL通常將包含各種其他組件，諸如，積光器IN及聚光器CO。以此方式，照射於圖案化器件MA上之光束B在其橫截面中具有所要均一性及強度分佈。

【0137】 在一些實施例中，源SO可在微影投影裝置之殼體內(如常常係當源SO為例如水銀燈時的情況)，但其亦可遠離微影投影裝置，源SO產生的輻射光束經引導至裝置中(例如藉助於合適之導向鏡)；此後一情形可為當源SO為準分子雷射(例如基於KrF、ArF或F₂雷射作用)時的情況。

【0138】 光束PB可隨後截取被固持於圖案化器件台MT上之圖案化器件MA。在已橫穿圖案化器件MA的情況下，光束B傳遞通過透鏡PL，該透鏡PL將光束B聚焦至基板W之目標部分C上。藉助於第二定位裝置(及干涉式量測裝置IF)，可準確地移動基板台WT，例如以便將不同目標部分C定位於光束PB之路徑中。類似地，第一定位裝置可用以例如在自圖案化器件庫中機械擷取圖案化器件MA之後或在掃描期間相對於光束B之路徑準確地定位圖案化器件MA。大體而言，可藉助於長衝程模組(粗略定位)及短衝程模組(精細定位)來實現物件台MT、WT之移動。然而，在步進器(與步進掃描工具相反)之情況下，圖案化器件台MT可僅連接至短衝程致動器，或可經固定。

【0139】 可在兩種不同模式(步進模式及掃描模式)下使用所描繪工具。在步進模式下，將圖案化器件台MT保持基本上靜止，且將整個圖案化器件影像一次性投影((亦即，單次「閃光」)至目標部分C上。在x及/或

y方向上使基板台WT移位，以使得不同目標部分C可由光束PB輻照。

【0140】 在掃描模式中，基本上相同的情形適用，惟不在單次「閃光」中曝光給定目標部分C除外。實際上，圖案化器件台MT可在給定方向(所謂「掃描方向」，例如，y方向)上以速度v移動，使得引起投影光束B在圖案化器件影像上進行掃描；同時發生地，基板台WT以速度 $V=Mv$ 在相同或相對方向上同時地移動，其中M為透鏡PL之放大率(通常， $M=1/4$ 或 $=1/5$)。以此方式，可在不必損害解析度之情況下曝光相對較大之目標部分C。

【0141】 圖13為根據一實施例之另一微影投影裝置(LPA)的示意圖。

【0142】 LPA可包括源收集器模組SO、經組態以調節輻射光束B(例如EUV輻射)的照明系統(照明器) IL、支撐結構MT、基板台WT及投影系統PS。

【0143】 支撐結構(例如，圖案化器件台) MT可經建構以支撐圖案化器件(例如，光罩或倍縮光罩) MA且連接至經組態以準確地定位圖案化器件之第一定位器PM；

【0144】 基板台(例如，晶圓台) WT可經建構以固持基板(例如，抗蝕劑塗佈晶圓) W且連接至經組態以準確地定位該基板之第二定位器PM。

【0145】 投影系統(例如，反射投影系統) PS，其經組態以將藉由圖案化器件MA賦予給輻射光束B之圖案投影於基板W的目標部分C(例如，包含一或多個晶粒)上。

【0146】 如此處所描繪，LPA可屬於反射類型(例如，使用反射圖案化器件)。應注意，因為大多數材料在EUV波長範圍內具吸收性，所以圖

案化器件可具有包含(例如)鉬與矽之多堆疊的多層反射器。在一個實例中，多堆疊反射器具有鉬與矽之40個層對，其中每一層之厚度為四分之一波長。可運用X射線微影來產生甚至更小之波長。由於大部分材料在EUV及x射線波長下具吸收性，因此圖案化器件構形上的圖案化吸收材料之薄片(例如，在多層反射器的頂部上之TaN吸收體)界定特徵將印刷(正性抗蝕劑)或不印刷(負性抗蝕劑)在何處。

【0147】 照明器IL可自源收集器模組SO接收極紫外線輻射光束。同以產生EUV輻射之方法包括但不一定限於藉由EUV範圍中之一或多個發射譜線將材料轉換成具有元素之電漿狀態，元素例如氫、鋰或錫。在一種此類方法(常常被稱為雷射產生電漿(「LPP」))中，可藉由運用雷射光束來輻照燃料(諸如，具有譜線發射元素之材料小滴、串流或叢集)而產生電漿。源收集器模組SO可為包括雷射之EUV輻射系統的部分，該雷射用於提供激發燃料之雷射光束。所得電漿發射輸出輻射，例如EUV輻射，該輻射係使用安置於源收集器模組中之輻射收集器予以收集。舉例而言，當使用CO₂雷射以提供用於燃料激發之雷射光束時，雷射及源收集器模組可為分離實體。

【0148】 在此等情況下，可不認為雷射形成微影裝置之部分，且輻射光束可藉助於包含例如適合導向鏡及/或光束擴展器之光束遞送系統而自雷射傳遞至源收集器模組。在其他情況下，舉例而言，當源為放電產生電漿EUV產生器(常常被稱為DPP源)時，源可為源收集器模組之整體部分。

【0149】 照明器IL可包含用於調整輻射光束之角強度分佈之調整器。一般而言，可調整照明器之光瞳平面中之強度分佈之至少外部徑向範

圍及/或內部徑向範圍(通常分別稱作 σ 外部及 σ 內部)。另外，照明器IL可包含各種其他組件，諸如琢面化場鏡面器件及琢面化光瞳鏡面器件。照明器可用以調節輻射光束，以在其橫截面中具有所需均一性及強度分佈。

【0150】 輻射光束B可入射於固持於支撐結構(例如，圖案化器件台) MT上之圖案化器件(例如，光罩) MA上，且由該圖案化器件圖案化。在自圖案化器件(例如，光罩) MA反射之後，輻射光束B傳遞通過投影系統PS，投影系統PS將該光束聚焦至基板W之目標部分C上。藉助於第二定位器PW及位置感測器PS2 (例如，干涉量測器件、線性編碼器或電容式感測器)，可準確地移動基板台WT，例如，以便使不同目標部分C定位於輻射光束B之路徑中。類似地，第一定位器PM及另一位置感測器PS1可用以相對於輻射光束B之路徑來準確地定位圖案化器件(例如，光罩) MA。可使用圖案化器件對準標記M1、M2及基板對準標記P1、P2來對準圖案化器件(例如，光罩) MA及基板W。

【0151】 所描繪裝置LPA可用於以下模式中之至少一者：步進模式、掃描模式及靜止模式。

【0152】 在步進模式中，在將被賦予至輻射光束之整個圖案一次性投影至目標部分C上(亦即，單次靜態曝光)時，使支撐結構(例如，圖案化器件台) MT及基板台WT保持基本上靜止。接著使基板台WT在X方向及/或Y方向上移位，使得可曝光不同目標部分C。

【0153】 在掃描模式中，在將被賦予至輻射光束之圖案投影至目標部分C上時，同步地掃描支撐結構(例如，圖案化器件台) MT及基板台WT (亦即，單次動態曝光)。可藉由投影系統PS之放大率(縮小率)及影像反轉特性來判定基板台WT相對於支撐結構(例如，圖案化器件台) MT之速度

及方向。

【0154】 在靜止模式中，在將被賦予至輻射光束之圖案投影至目標部分C上時，使支撐結構(例如，圖案化器件台) MT保持基本上靜止，從而固持可程式化圖案化器件，且移動或掃描基板台WT。在此模式中，通常使用脈衝式輻射源，且在基板台WT之每一移動之後或在掃描期間之逐次輻射脈衝之間視需要而更新可程式化圖案化器件。此操作模式可易於應用於利用可程式化圖案化器件(諸如，可程式規劃鏡面陣列)之無光罩微影。

【0155】 圖14為根據一實施例之微影投影裝置的詳細視圖。

【0156】 如所示，LPA可包括源收集器模組SO、照明系統IL及投影系統PS。源收集器模組SO經建構及配置成使得可在源收集器模組SO之圍封結構ES中維持真空環境。可藉由放電產生電漿源而形成EUV輻射發射熱電漿HP。可藉由氣體或蒸汽(例如，Xe氣體、Li蒸汽或Sn蒸汽)而產生EUV輻射，其中產生熱電漿HP以發射在電磁波譜之EUV範圍內之輻射。舉例而言，藉由產生至少部分離子化電漿之放電來產生熱電漿HP。為了輻射之高效產生，可能需要分壓為例如10 Pa之Xe、Li、Sn蒸汽或任何其他適合氣體或蒸汽。在一實施例中，提供經激發錫(Sn)電漿以產生EUV輻射。

【0157】 由熱電漿HP發射之輻射經由定位於源腔室SC中的開口中或後方之視情況選用的氣體障壁或污染物截留器CT (在一些情況下，亦稱為污染物障壁或箔片截留器)而自源腔室SC傳遞至收集器腔室CC中。污染物截留器CT可包括通道結構。污染物截留器CT亦可包括氣體障壁或氣體障壁與通道結構之組合。如在此項技術中為吾人所知，本文中進一步所指

示之污染物截留器或污染物障壁CT至少包括通道結構。

【0158】 收集器腔室CC可包括可為所謂的掠入射收集器之輻射收集器CO。輻射收集器CO具有上游輻射收集器側US及下游輻射收集器側DS。橫穿輻射收集器CO之輻射可自光柵光譜濾光器SF反射以沿由點虛線「O」指示之光軸聚焦於虛擬源點IF中。虛擬源點IF可被稱作中間焦點，且源收集器模組可經配置使得中間焦點IF位於圍封結構ES中之開口OP處或附近。虛擬源點IF為輻射發射電漿HP之影像。

【0159】 隨後，輻射橫穿照明系統IL，該照明系統可包括琢面化場鏡面器件FM及琢面化光瞳鏡面器件pm，該琢面化場鏡面器件及琢面化光瞳鏡面器件經配置以提供在圖案化器件MA處的輻射光束B之所要角度分佈以及在圖案化器件MA處的輻射振幅之所要均一性。在由支撐結構MT固持之圖案化器件MA處的輻射光束B之反射後，形成經圖案化光束PB，且藉由投影系統PS經由反射元件RE將經圖案化光束PB成像至由基板台WT固持之基板W上。

【0160】 比所展示之元件更多的元件通常可存在於照明光學件單元IL及投影系統PS中。取決於微影裝置之類型，光柵光譜濾光器SF可視情況存在。另外，可存在比圖式中所展示之鏡面更多的鏡面，例如，可存在存在於投影系統PS中的1至6個額外反射元件。

【0161】 收集器光學件CO可為具有掠入射反射器GR之巢套式收集器，僅作為收集器(或收集器鏡面)之實例。掠入射反射器GR經安置為圍繞光軸O軸向對稱，且此類型之收集器光學件CO可與常常被稱為DPP源之放電產生電漿源組合使用。

【0162】 圖15為根據一實施例的微影投影裝置LPA之源收集器模組

SO的詳細視圖。

【0163】源收集器模組SO可為LPA輻射系統之部分。雷射LA可經配置以將雷射能量存放至諸如氙(Xe)、錫(Sn)或鋰(Li)之燃料中，從而產生具有數10 eV之電子溫度的高度離子化電漿HP。在此等離子之去激發及再結合期間所產生之高能輻射自電漿發射，由近正入射收集器光學件CO收集，且聚焦至圍封結構ES中的開口OP上。

【0164】本文中所揭示之概念可模擬或數學上模型化用於使子波長特徵成像之任何通用成像系統，且可尤其供能夠產生愈來愈短波長之新興成像技術使用。已經在使用中之新興技術包括能夠藉由使用ArF雷射來產生193 nm波長且甚至能夠藉由使用氟雷射來產生157 nm波長之極紫外線(EUV)、DUV微影。此外，EUV微影能夠藉由使用同步加速器或藉由用高能電子撞擊材料(固體或電漿中任一者)來產生在20 nm至50 nm之範圍內的波長，以便產生在此範圍內之光子。

【0165】可使用以下條項進一步描述實施例：

1. 一種在一微影程序中減小與一晶圓上之一結構相關聯的一誤差之可變性的方法，該方法包含：

基於藉由一掃描電子顯微鏡(SEM)對該晶圓進行之一掃描而獲得的一影像判定歸因於該影像中之一SEM失真的一第一誤差；

基於該影像判定與該結構之一真實誤差相關聯的一第二誤差，其中與該結構相關聯之該誤差包含該第一誤差及該第二誤差；及

藉由一資料處理器產生一命令，該命令基於減小該第一誤差或該第二誤差中之任一者實現該微影程序的一修改及該誤差之該可變性的一相關聯減小。

2. 如條項1之方法，其中該基於基於藉由該SEM對該晶圓進行之該掃描而獲得的該影像判定該第一誤差包括基於基於藉由該SEM對該晶圓進行之該掃描而獲得的複數個影像判定該第一誤差；且

其中該基於該影像判定與該結構之該真實誤差相關聯的該第二誤差包括基於該複數個影像判定與該結構之該真實誤差相關聯的該第二誤差。

3. 如條項1之方法，其中該結構為以下各者中之任一者：一主特徵或一接觸孔。

4. 如條項3之方法，其中該真實誤差為該結構上之一特徵與一目標圖案中之一對應特徵之間的一差。

5. 如條項4之方法，其中該特徵為以下各者中之任一者：一邊緣置放量規、一接觸孔中心，或一臨界尺寸。

6. 如條項1之方法，其中該SEM失真係歸因於以下各者中之任一者：該電子成像中之一假影、該SEM系統中之振動，或該電子偵測中之假影。

7. 如條項1之方法，其進一步包含將該第一誤差分解成一時間恆定誤差或一時間相依誤差。

8. 如條項5之方法，其進一步包含自該第一誤差移除該時間恆定誤差或該時間相依誤差中之任一者以減小該誤差。

9. 如條項1之方法，其中該第一誤差或該第二誤差為均方誤差，且其中該誤差之該可變性為該誤差之一標準偏差或該誤差之一方差。

10. 如條項1之方法，其進一步包含：

運用一邊緣偵測演算法產生該結構之一部分上之一輪廓；及

基於該輪廓與一目標圖案中之一對應特徵之間的一差判定該誤差。

11. 如條項1之方法，其中該誤差係藉由平均對應於該SEM之一視野中的複數個相鄰特徵的複數個局部誤差而部分地判定。

12. 如條項11之方法，其中該等局部誤差係根據該複數個局部誤差之一加權平均值而加權並居中於該複數個相鄰特徵之一中心處。

13. 如條項11之方法，其中該等局部誤差係根據居中於該複數個相鄰特徵之一中心處的一高斯分佈而加權。

14. 如條項1之方法，其進一步包含：

藉由至少移除與該SEM失真相關聯的該第一誤差而產生一真實殘餘位移；及

當與該結構之一特徵相關聯的該真實殘餘位移之一部分超過一臨限值時對該特徵加旗標。

15. 如條項1之方法，其進一步包含

運用該資料處理器或另一資料處理器監控藉由該SEM獲取的複數個影像；

判定該誤差是否超過一臨限值；及

當超過該臨限值時，產生以下各者中之任一者：至一使用者的重新校準該SEM之一警報，促使該SEM自動地重新校準的一命令，或修改該SEM之操作以減小該誤差的一指令。

16. 如條項1之方法，該微影程序的該修改包含以下各者中之任一者：改變用以製造該晶圓之一光源之一焦點，修改用於一源光罩最佳化的參數，修改用於該微影程序之光源的一數目，或修改一數位鏡面器件上之鏡面的一組態。

17. 一種在一微影程序中減小與一晶圓上之一結構相關聯的一誤差

之可變性的方法，該方法包含：

基於藉由一掃描電子顯微鏡(SEM)對該晶圓進行之掃描而獲得的一影像判定歸因於該影像中之一SEM失真的一第一誤差；及

藉由一資料處理器產生一命令，該命令基於減小該第一誤差實現該微影程序的一修改及該誤差之該可變性的一相關聯減小。

18. 一種電腦程式產品，其包含一非暫時性電腦可讀媒體，該非暫時性電腦可讀媒體上記錄有指令，該等指令在由一電腦執行時實施如以上條項中任一項之方法。

19. 一種系統，其包含：

一掃描電子顯微鏡(SEM)，其經組態以運用一電子束掃描一晶圓並產生該晶圓之一影像，該影像指示與該晶圓上之一結構相關聯的一誤差；及

一非暫時性機器可讀媒體，其儲存在由一資料處理器執行時使該資料處理器執行操作之指令，該等操作包含：

基於藉由該SEM對該晶圓進行之該掃描而獲得的該影像判定歸因於該影像中之一SEM失真的一第一誤差；及

藉由該資料處理器產生一命令，該命令基於減小該第一誤差實現一微影程序的一修改及該誤差之一可變性的一相關聯減小。

20. 如條項14之系統，該等操作進一步包含：

基於該影像判定與該結構之一真實誤差相關聯的一第二誤差，其中與該結構相關聯之該誤差包含該第一誤差及該第二誤差，及

其中該命令基於減小該第一誤差或該第二誤差中之任一者實現該微影程序的該修改及該誤差之該可變性的該相關聯減小。

21. 如條項14之系統，該等操作進一步包含藉由該資料處理器調整該SEM之一操作參數以減小一透鏡像差之一效應，其中該操作參數可為以下各者中之任一者：一射束能量、該SEM射束之一焦點，或一掃描速度，且其中該效應之該減小促使該誤差之該可變性的該相關聯減小。

22. 如條項14之系統，該等操作進一步包含藉由該資料處理器回應於對該SEM失真之分析自動地優化該SEM之一定位柵格校準。

23. 如條項14之系統，該等操作進一步包含藉由該資料處理器產生促使該SEM之一自動重新校準的一命令。

【0166】 雖然本文中所揭示之概念可用於在諸如矽晶圓之基板上成像，但應理解，所揭示之概念可與任何類型之微影成像系統一起使用，例如，用於在不同於矽晶圓的基板上之成像的微影成像系統。

【0167】 如本文中所使用，除非另外特定陳述，否則術語「或」涵蓋所有可能組合，除非不可行。舉例而言，若陳述資料庫可包括A或B，則除非另有具體說明或不可行，否則資料庫可包括A，或B，或A及B。作為第二實例，若陳述資料庫可包括A、B或C，則除非另外具體說明或不可行，否則資料庫可包括A，或B，或C，或A及B，或A及C，或B及C，或A及B及C。

【0168】 以上描述意欲為說明性，而非限制性的。因此，對於熟習此項技術者將顯而易見，可在不脫離下文所闡明之申請專利範圍之範疇的情況下如所描述進行修改。

【符號說明】

【0169】

10A 微影投影裝置

12A	輻射源
14A	光學件
16Aa	光學件
16Ab	光學件
16Ac	透射光學件
18A	圖案化器件
20A	可調整濾光器/孔徑
22A	基板平面
31	源模型
32	投影光學件模型
35	設計佈局模型
36	空中影像
37	抗蝕劑模型
38	抗蝕劑影像
50	檢測裝置
52	基板
54	基板台
56	初級電子束
58	電子源
60	聚光器透鏡
62	光束偏轉器
64	E×B偏轉器
66	物鏡

68	次級電子偵測器
70	類比/數位(A/D)轉換器
72	影像處理系統
76	顯示器件
78	記憶體
80	處理單元
81	帶電粒子束產生器
82	聚光器透鏡模組
83	探針形成物鏡模組
84	帶電粒子束偏轉模組
85	次級帶電粒子偵測器模組
86	影像形成模組
87	監控模組
88	樣本載物台
90	樣本
91	初級帶電粒子束
92	帶電粒子束探針
93	次級帶電粒子
94	次級帶電粒子偵測信號
300	SEM影像
310	接觸孔
320	輪廓
330	接觸孔中心

340	目標圖案
410	柵格
420	相交點
430	向量
510	實例晶圓
520	視野(FOV)
530	群組
550	真實誤差
560	時間恆定誤差
570	每影像SEM失真
610	直方圖
710	時間恆定殘餘
720	時間相依殘餘
AD	調整器件
B	輻射光束
BS	匯流排
C	目標部分
CC	游標控制件
CI	通信介面
CO	聚光器/近正入射收集器光學件
CS	電腦系統
CT	污染物截留器
DS	顯示器/下游輻射收集器側

ES	圍封結構
FM	琢面化場鏡面器件
GR	掠入射反射器
HC	主電腦
HP	熱電漿
ID	輸入器件
IF	干涉式量測裝置/虛擬源點/中間焦點
IL	照明系統
IN	積光器
INT	網際網路
LA	雷射
LAN	區域網路
LPA	微影投影裝置
M1	圖案化器件對準標記
M2	圖案化器件對準標記
MA	圖案化器件
MM	主記憶體
MT	第一物件台
NDL	網路鏈路/網路資料鏈路
O	點虛線/光軸
OP	開口
P1	基板對準標記
P2	基板對準標記

PB	光束
PM	琢面化光瞳鏡面器件/第一定位器
PRO	處理器
PS	投影系統
PS1	位置感測器
PS2	位置感測器
PW	第二定位器
RE	反射元件
ROM	唯讀記憶體
SC	源腔室
SD	儲存器件
SF	光柵光譜濾光器
SO	輻射源
US	上游輻射收集器側
W	基板
WT	第二物件台

【發明申請專利範圍】

【第1項】

一種在一微影程序中減小與一晶圓上之一結構相關聯的一誤差之可變性的方法，該方法包含：

基於藉由一掃描電子顯微鏡(SEM)對該晶圓進行之一掃描而獲得的一影像判定歸因於該影像中之一SEM失真(distortion)的一第一誤差；

基於該影像判定與該結構之一真實誤差相關聯的一第二誤差，其中與該結構相關聯之該誤差包含該第一誤差及該第二誤差；及

藉由一資料處理器產生一命令，該命令基於減小該第一誤差或該第二誤差中之任一者實現該微影程序的一修改(modification)及該誤差之該可變性的一相關聯減小(reduction)，其中該誤差係藉由平均對應於該SEM之一視野中的複數個相鄰特徵的複數個局部(local)誤差而部分地判定。

【第2項】

如請求項1之方法，其中該基於基於藉由該SEM對該晶圓進行之該掃描而獲得的該影像判定該第一誤差包括基於基於藉由該SEM對該晶圓進行之該掃描而獲得的複數個影像判定該第一誤差；且

其中該基於該影像判定與該結構之該真實誤差相關聯的該第二誤差包括基於該複數個影像判定與該結構之該真實誤差相關聯的該第二誤差。

【第3項】

如請求項1之方法，其中該結構為以下各者中之任一者：一主特徵或一接觸孔，其中該真實誤差為該結構上之一特徵與一目標圖案中之一對應特徵之間的一差，或其中該特徵為以下各者中之任一者：一邊緣置放量規、一接觸孔中心或一臨界尺寸。

【第4項】

如請求項1之方法，其中該SEM失真係歸因於以下各者中之任一者：
該電子成像中之一假影、該SEM系統中之振動，或該電子偵測中之假影。

【第5項】

如請求項1之方法，其進一步包含將該第一誤差分解成一時間恆定誤差或一時間相依誤差。

【第6項】

如請求項1之方法，其進一步包含自該第一誤差移除該時間恆定誤差或該時間相依誤差中之任一者以減小該誤差。

【第7項】

如請求項1之方法，其中該第一誤差或該第二誤差為均方誤差，且其中該誤差之該可變性為該誤差之一標準偏差或該誤差之一方差。

【第8項】

如請求項1之方法，其進一步包含：

運用一邊緣偵測演算法產生該結構之一部分上之一輪廓；及

基於該輪廓與一目標圖案中之一對應特徵之間的一差判定該誤差。

【第9項】

如請求項8之方法，其中該等局部誤差係根據該複數個局部誤差之一加權平均值而加權並居中於該複數個相鄰特徵之一中心處，或該等局部誤差係根據居中於該複數個相鄰特徵之一中心處的一高斯分佈而加權。

【第10項】

如請求項1之方法，其進一步包含：

藉由至少移除與該SEM失真相關聯的該第一誤差而產生一真實殘餘

位移；及

當與該結構之一特徵相關聯的該真實殘餘位移之一部分超過一臨限值時對該特徵加旗標。

【第11項】

如請求項1之方法，其進一步包含

運用該資料處理器或另一資料處理器監控藉由該SEM獲取的複數個影像；

判定該誤差是否超過一臨限值；及

當超過該臨限值時，產生以下各者中之任一者：至一使用者的重新校準該SEM之一警報、促使該SEM自動地重新校準的一命令、或修改該SEM之操作以減小該誤差的一指令。

【第12項】

如請求項1之方法，該微影程序的該修改包含以下各者中之任一者：改變用以製造該晶圓之一光源之一焦點、修改用於一源光罩最佳化的參數、修改用於該微影程序之光源的一數目、或修改一數位鏡面器件上之鏡面的一組態。

【第13項】

一種電腦程式產品，其包含一非暫時性電腦可讀媒體，該非暫時性電腦可讀媒體上記錄有指令，該等指令在由一電腦執行時實施如請求項1之方法。

【第14項】

一種用於減小與一晶圓上之一結構相關聯的一誤差之可變性的系統，其包含：

一掃描電子顯微鏡(SEM)，其經組態以運用一電子束掃描一晶圓並產生該晶圓之一影像，該影像指示與該晶圓上之一結構相關聯的一誤差；及

一非暫時性機器可讀媒體，其儲存在由一資料處理器執行時使該資料處理器執行操作之指令，該等操作包含：

基於藉由該SEM對該晶圓進行之該掃描而獲得的該影像判定歸因於該影像中之一SEM失真的一第一誤差；及

藉由該資料處理器產生一命令，該命令基於減小該第一誤差實現一微影程序的一修改及該誤差之一可變性的一相關聯減小。

【第15項】

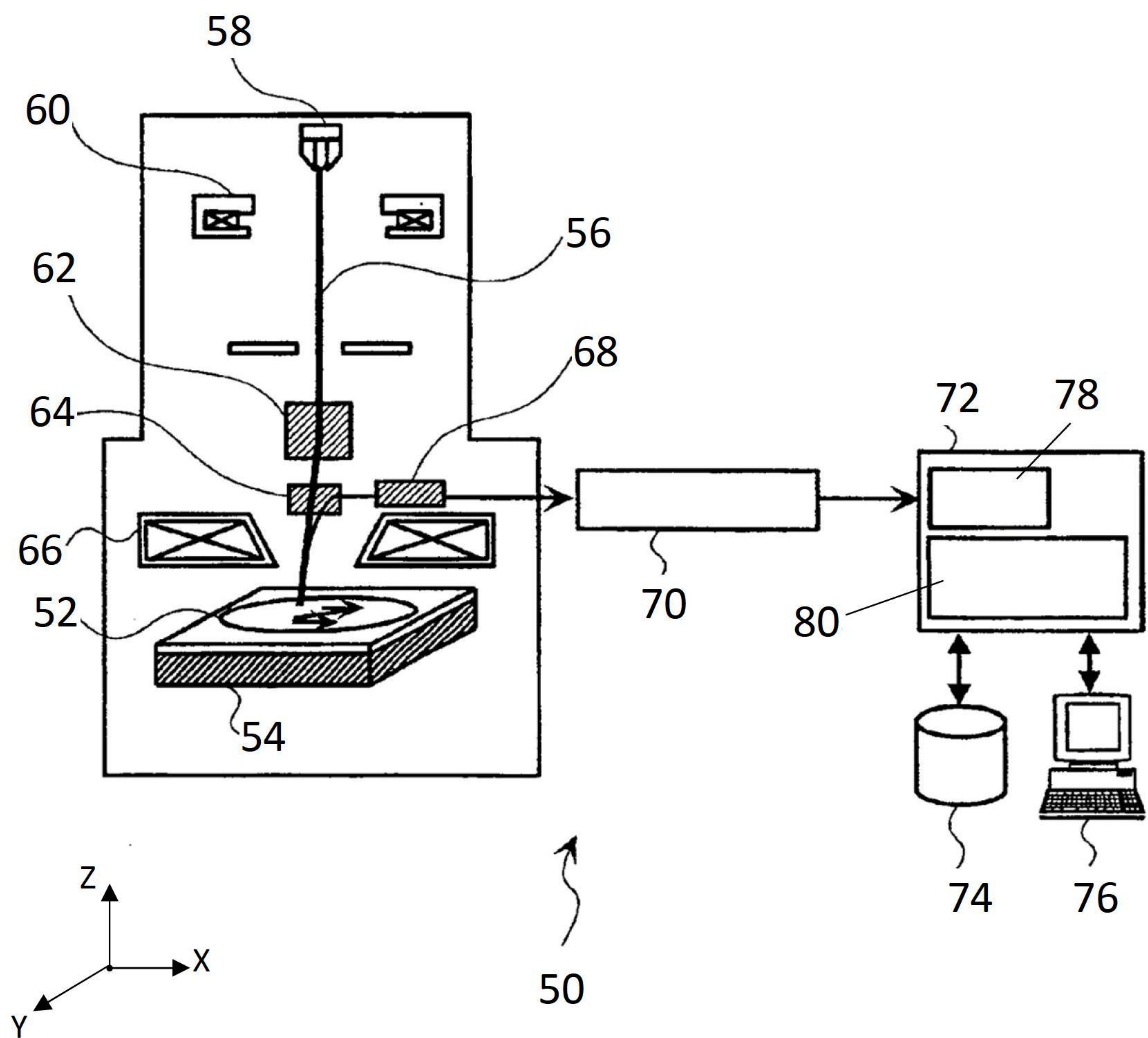
如請求項14之系統，該等操作進一步包含：

基於該影像判定與該結構之一真實誤差相關聯的一第二誤差，其中與該結構相關聯之該誤差包含該第一誤差及該第二誤差，

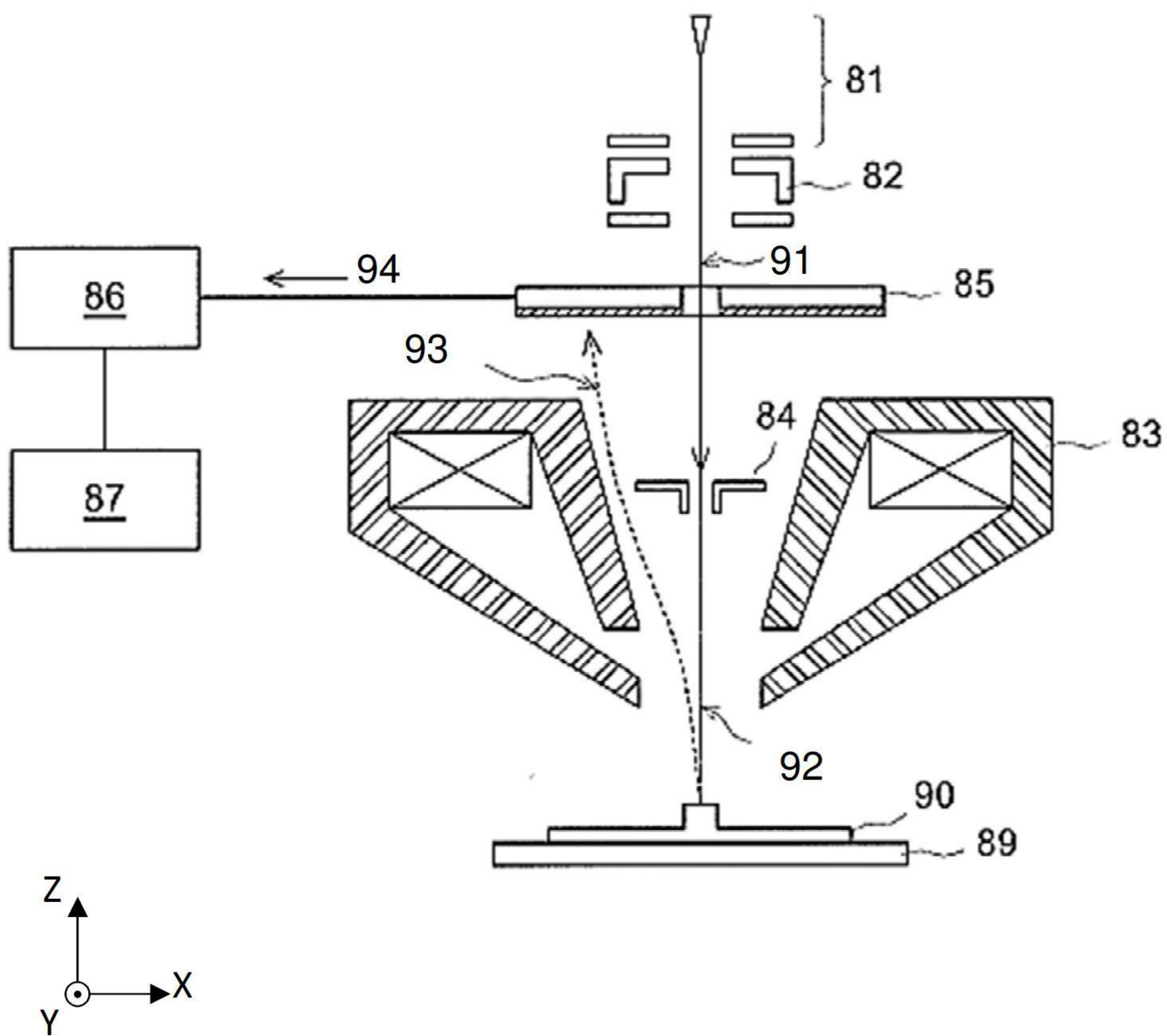
其中該命令基於減小該第一誤差或該第二誤差中之任一者實現該微影程序的該修改及該誤差之該可變性的該相關聯減小，且

其中該誤差係藉由平均對應於該SEM之一視野中的複數個相鄰特徵的複數個局部誤差而部分地判定。

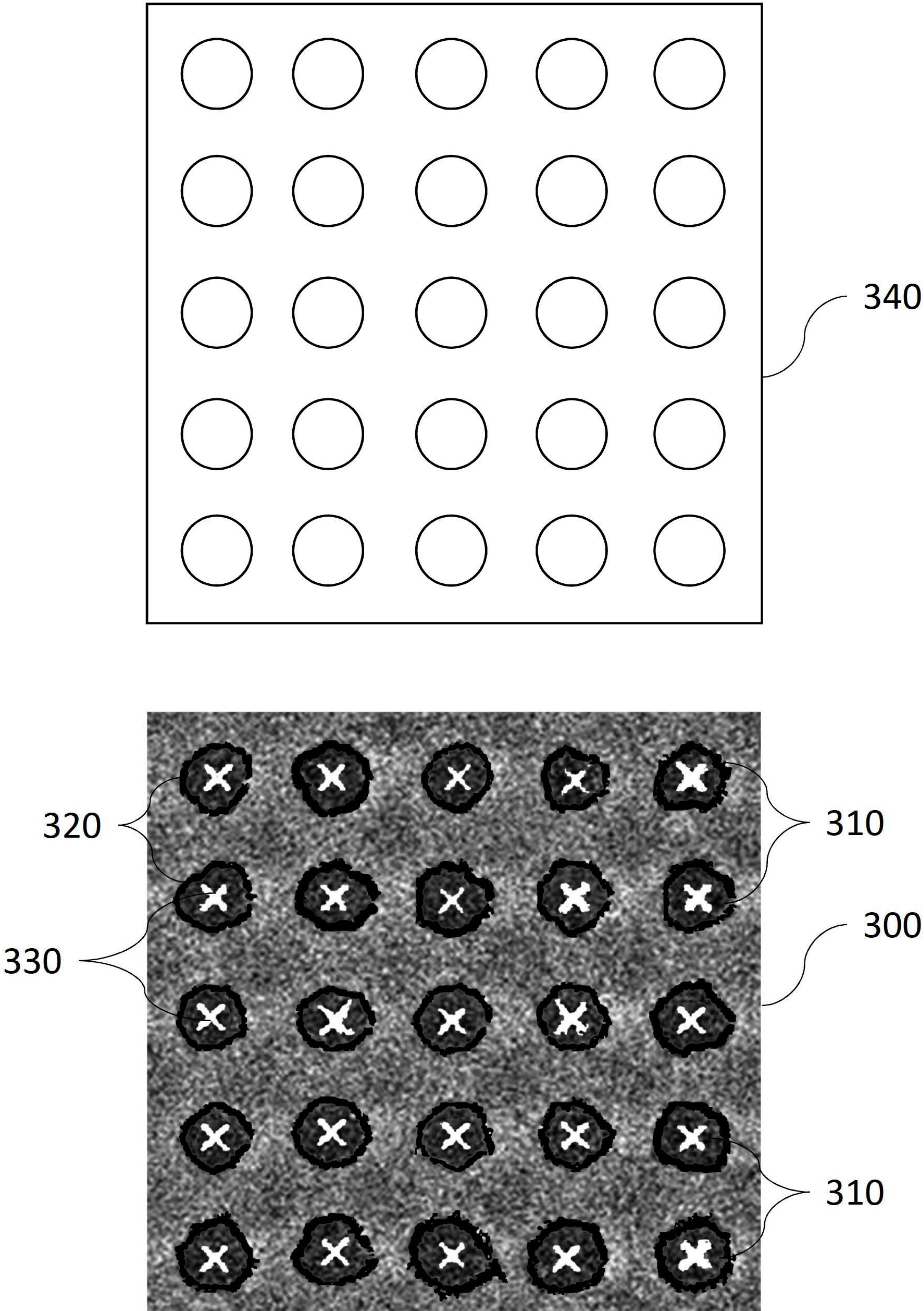
【發明圖式】



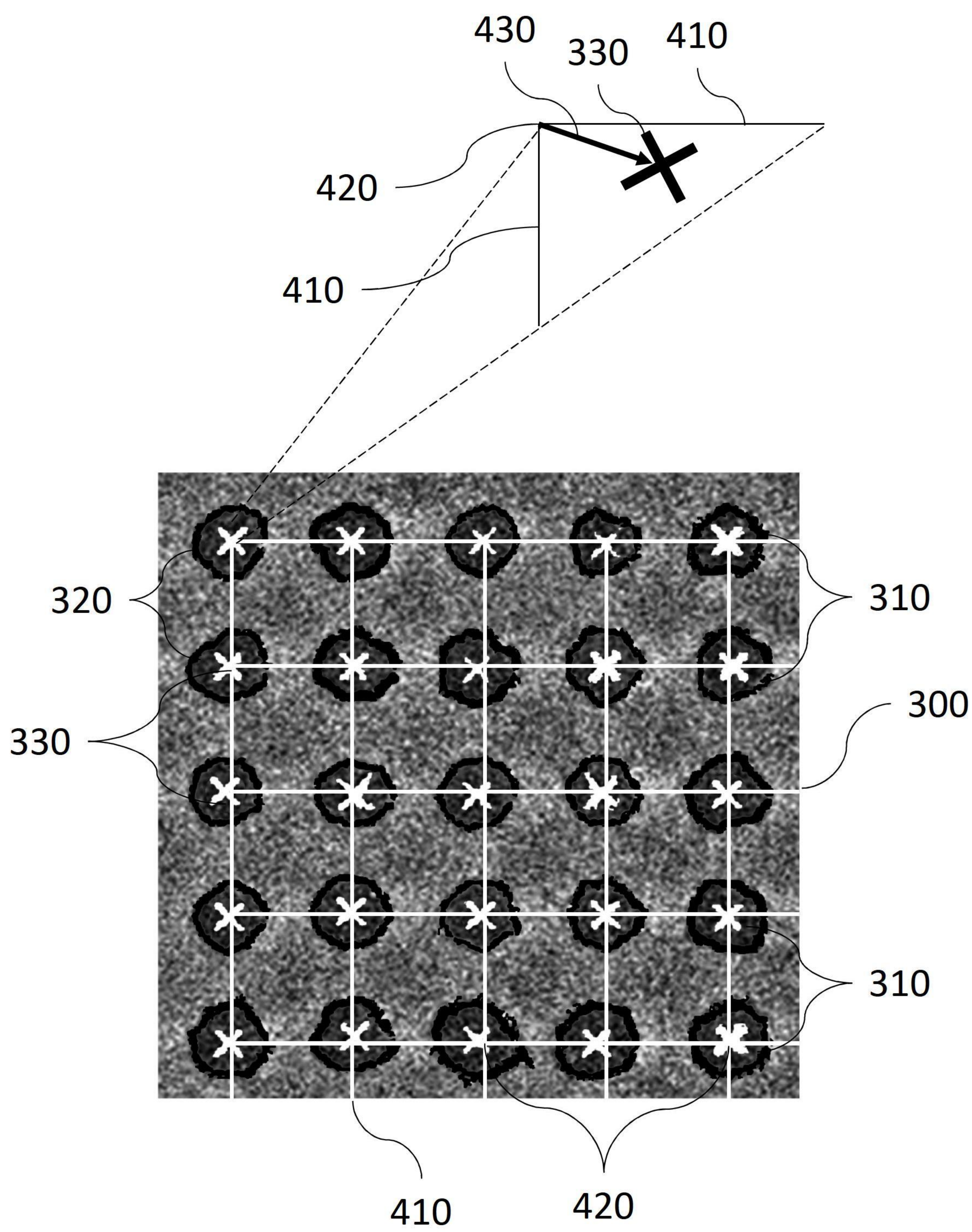
【圖1】



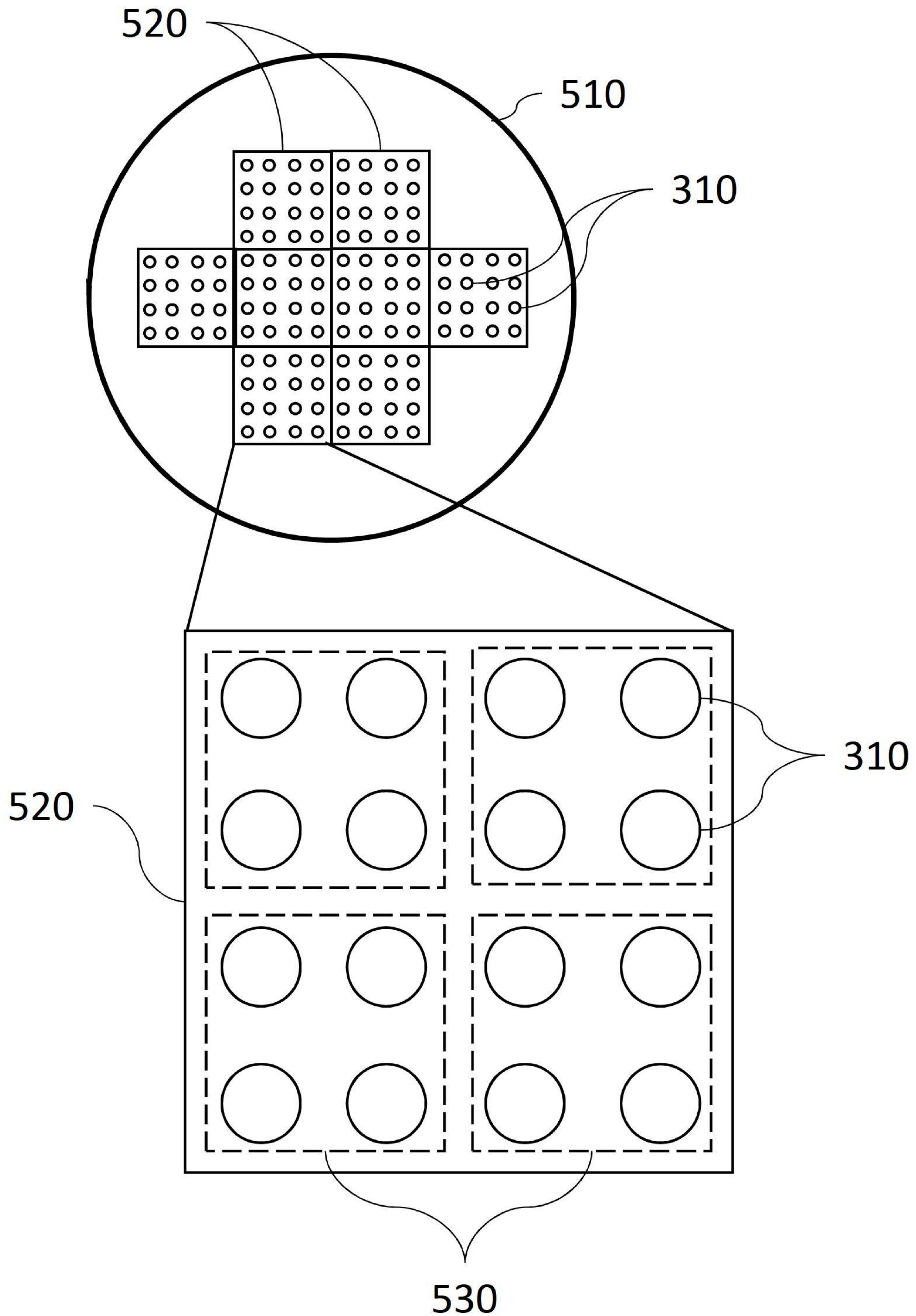
【圖2】



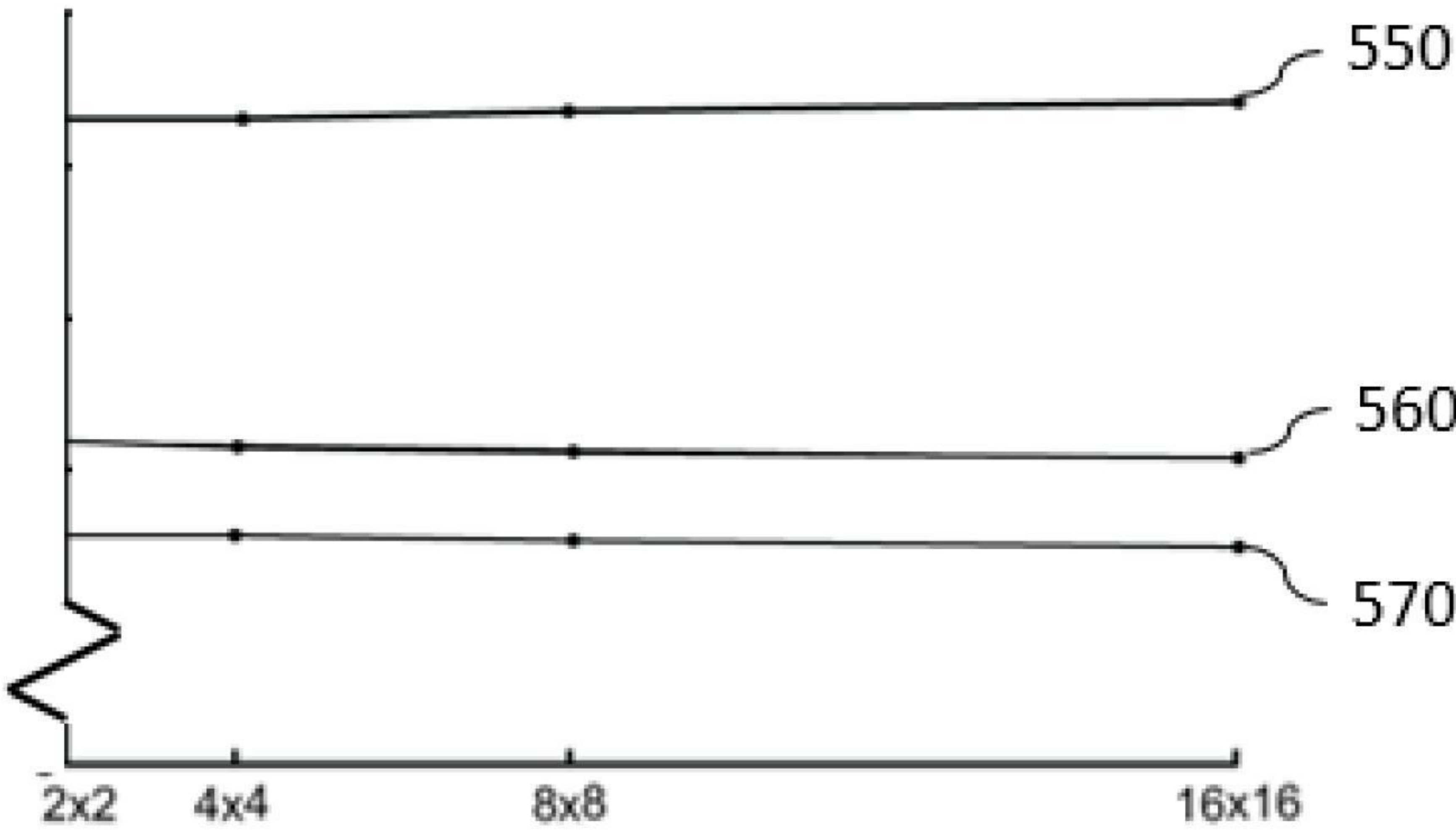
【圖3】



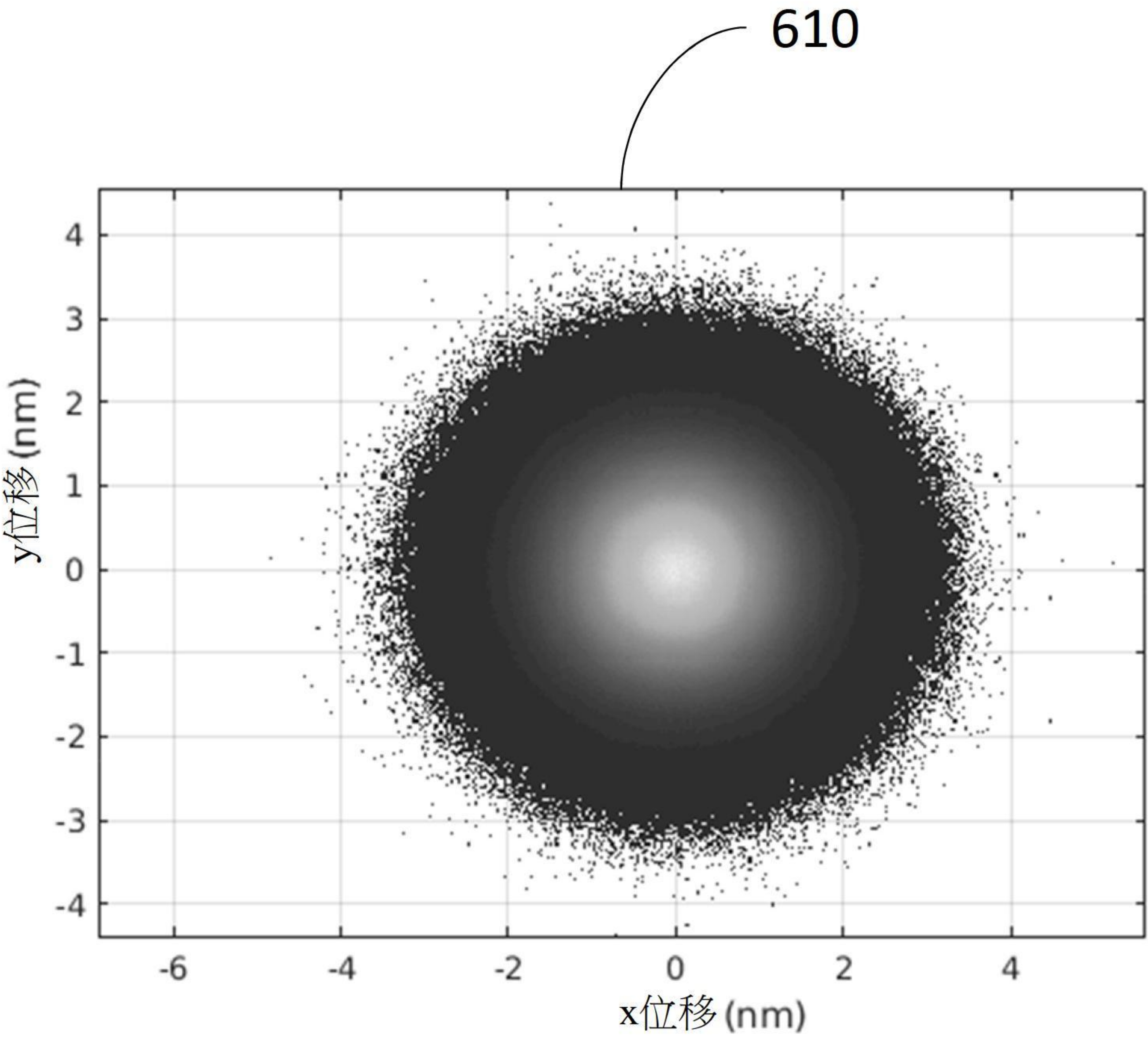
【圖4】



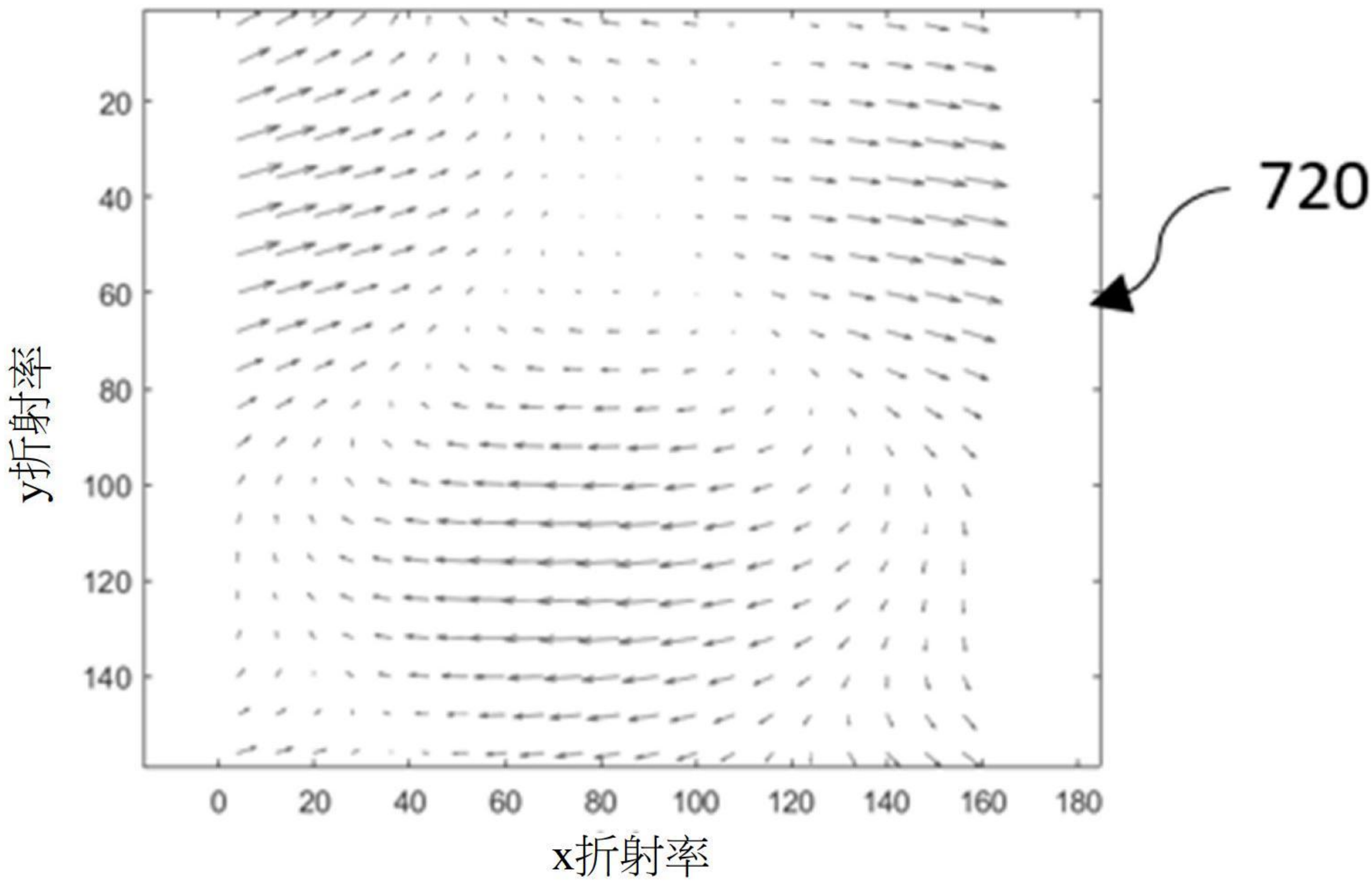
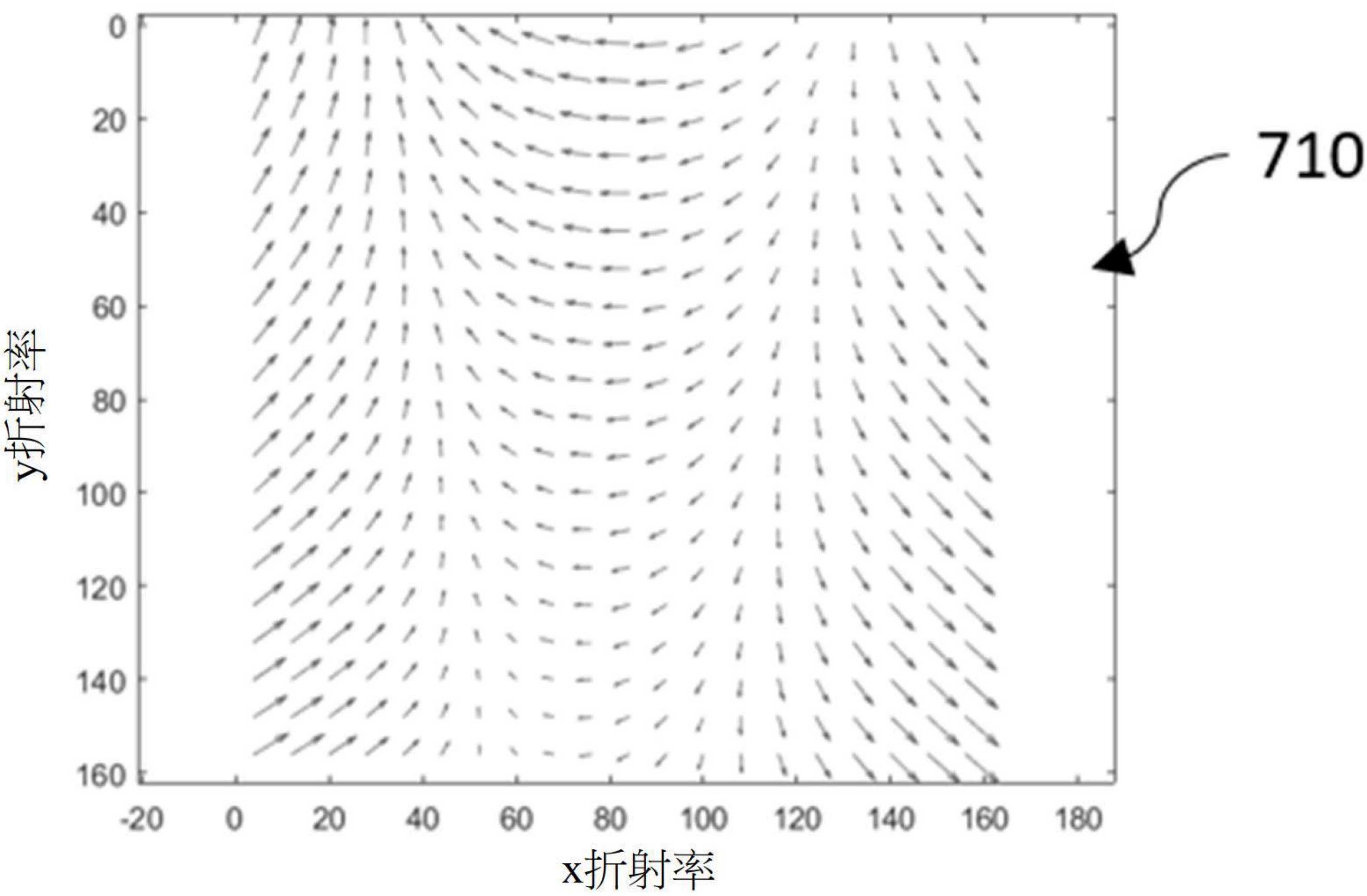
【圖5A】



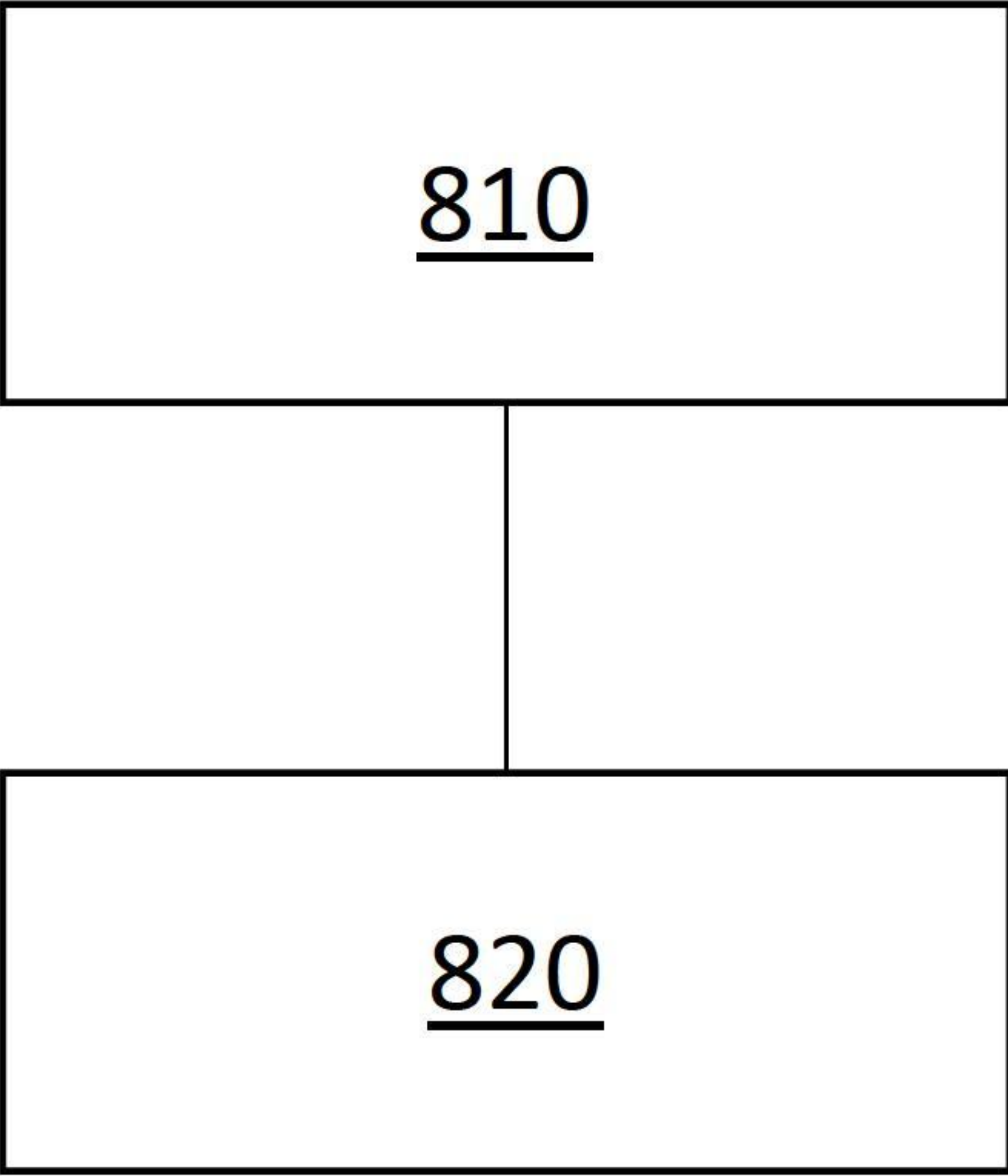
【圖5B】



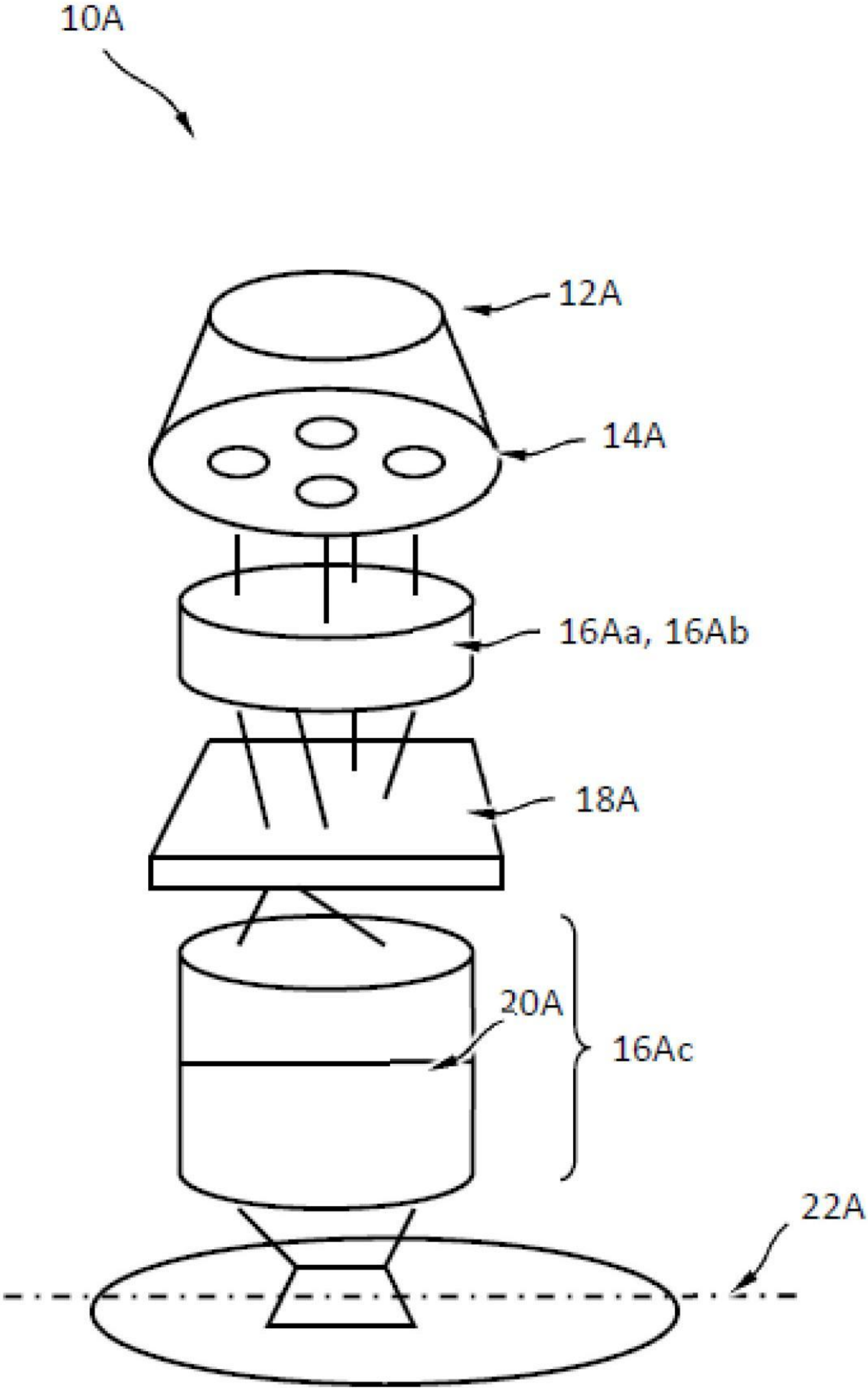
【圖6】



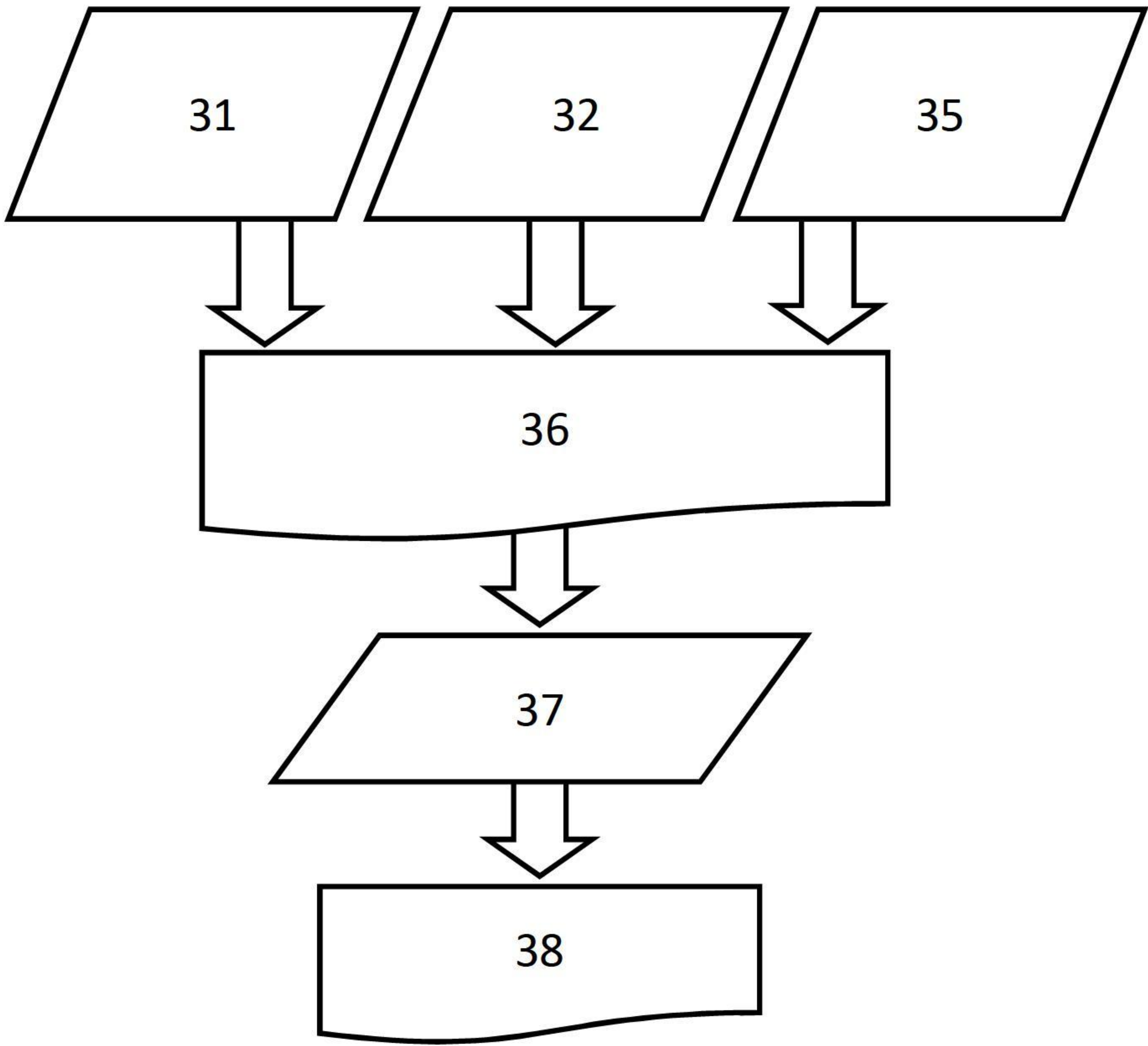
【圖7】



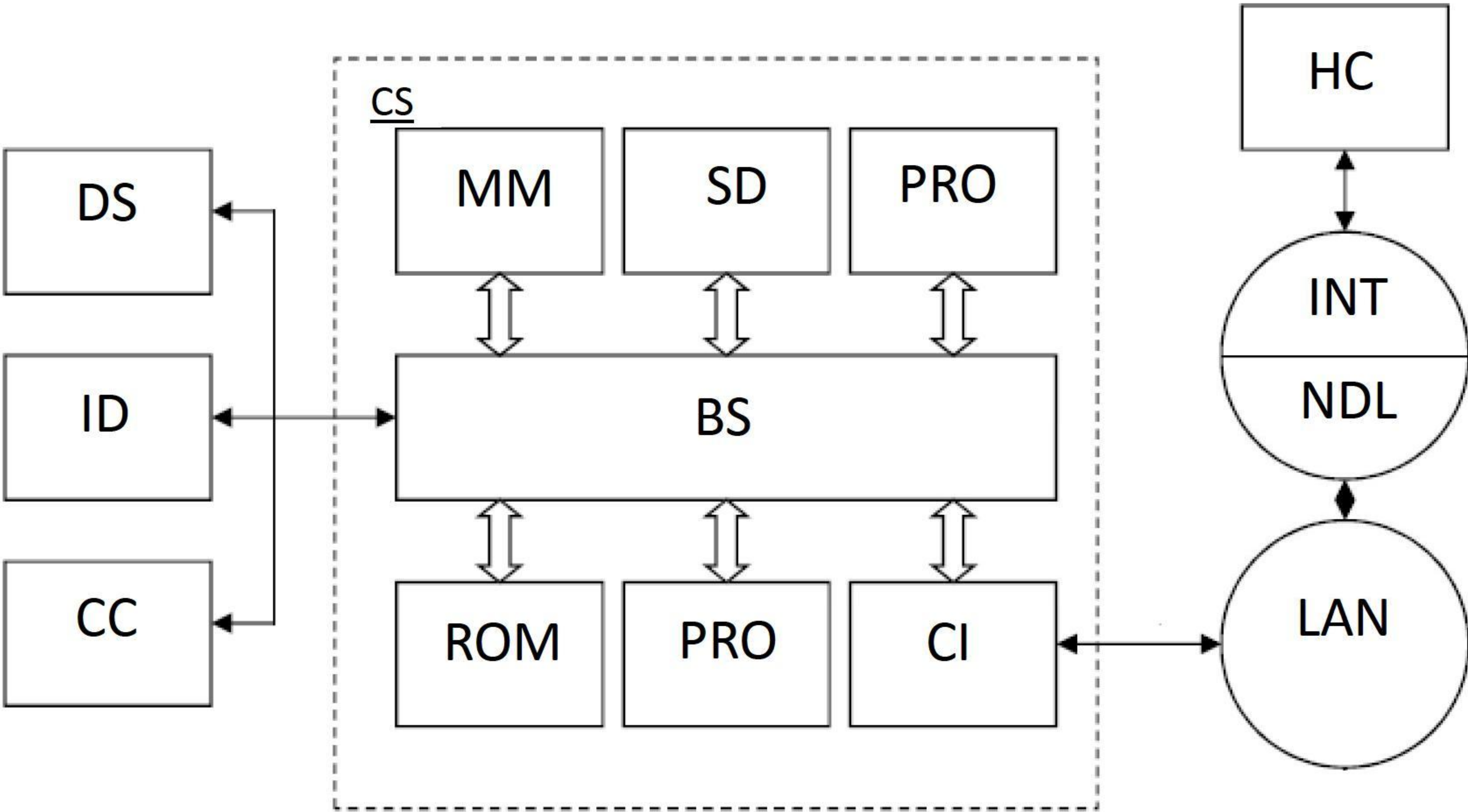
【圖8】



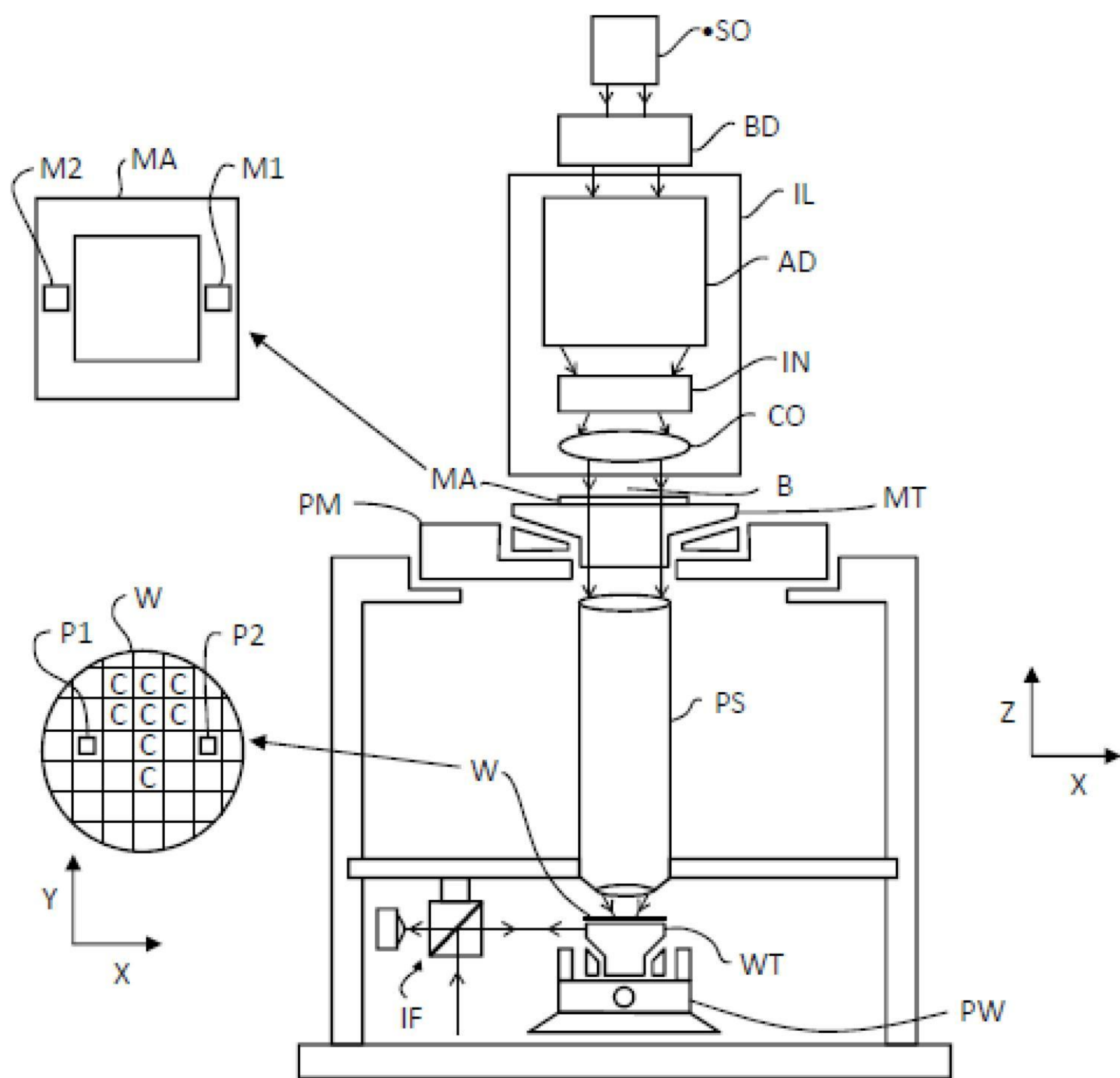
【圖9】



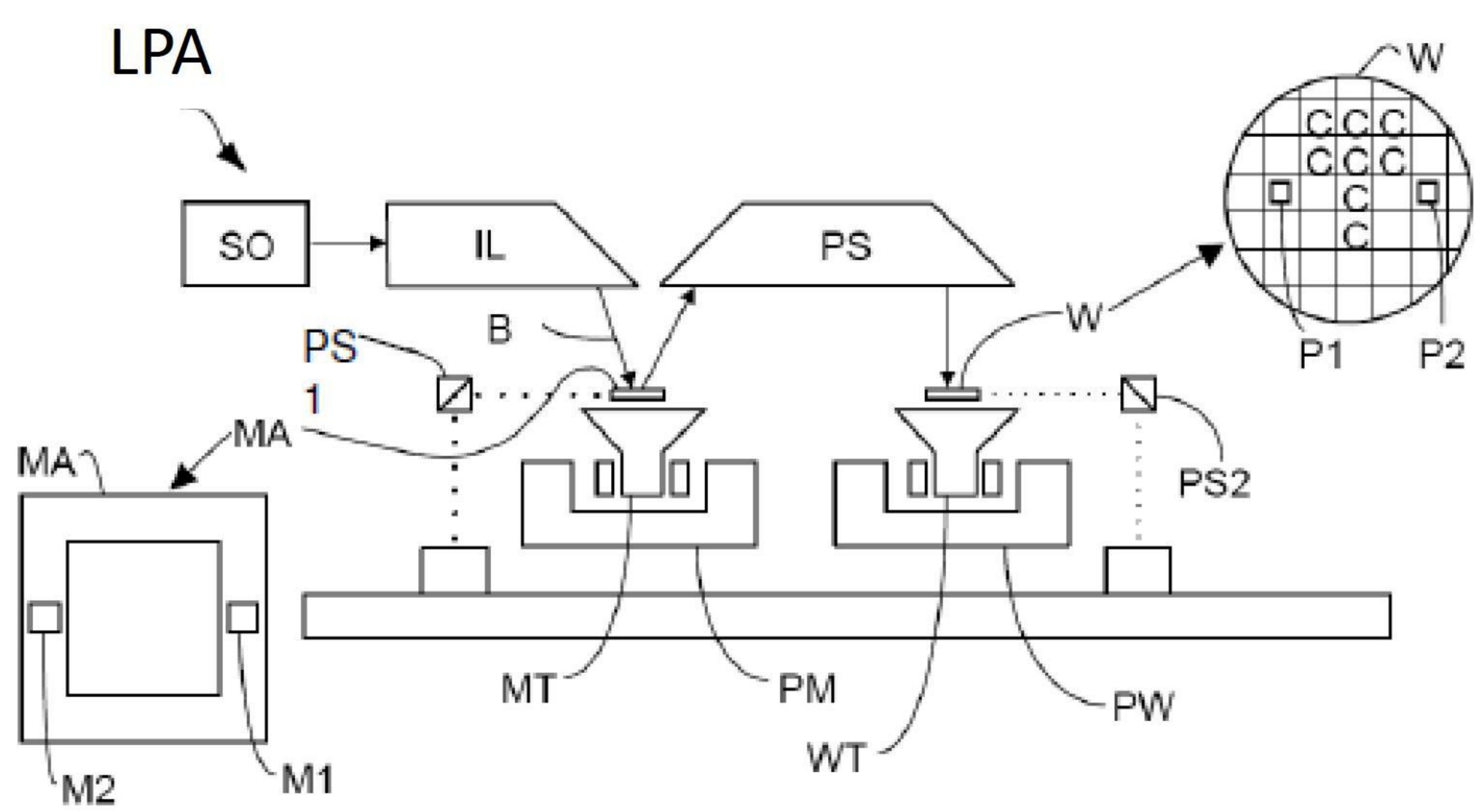
【圖10】



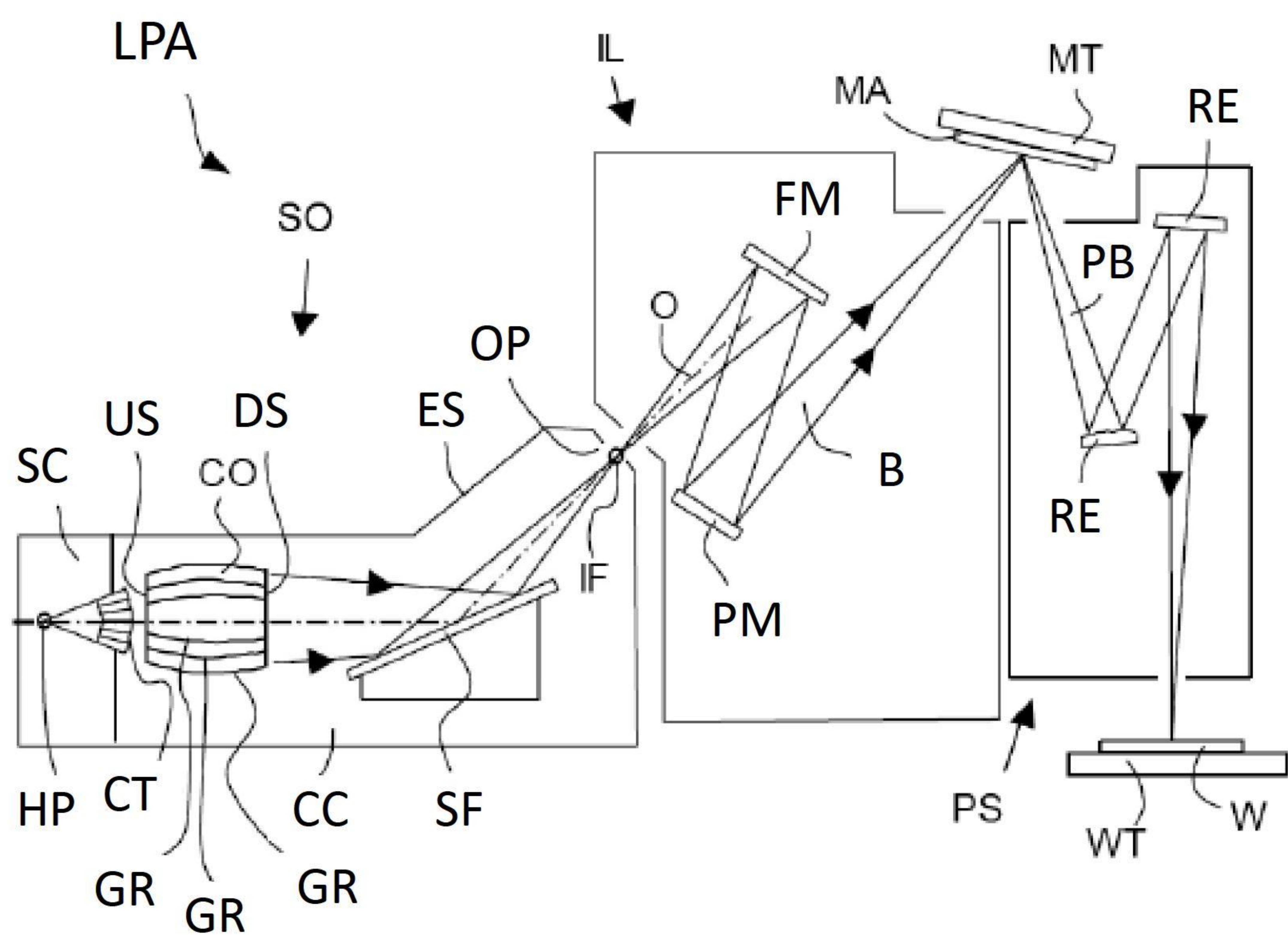
【圖11】



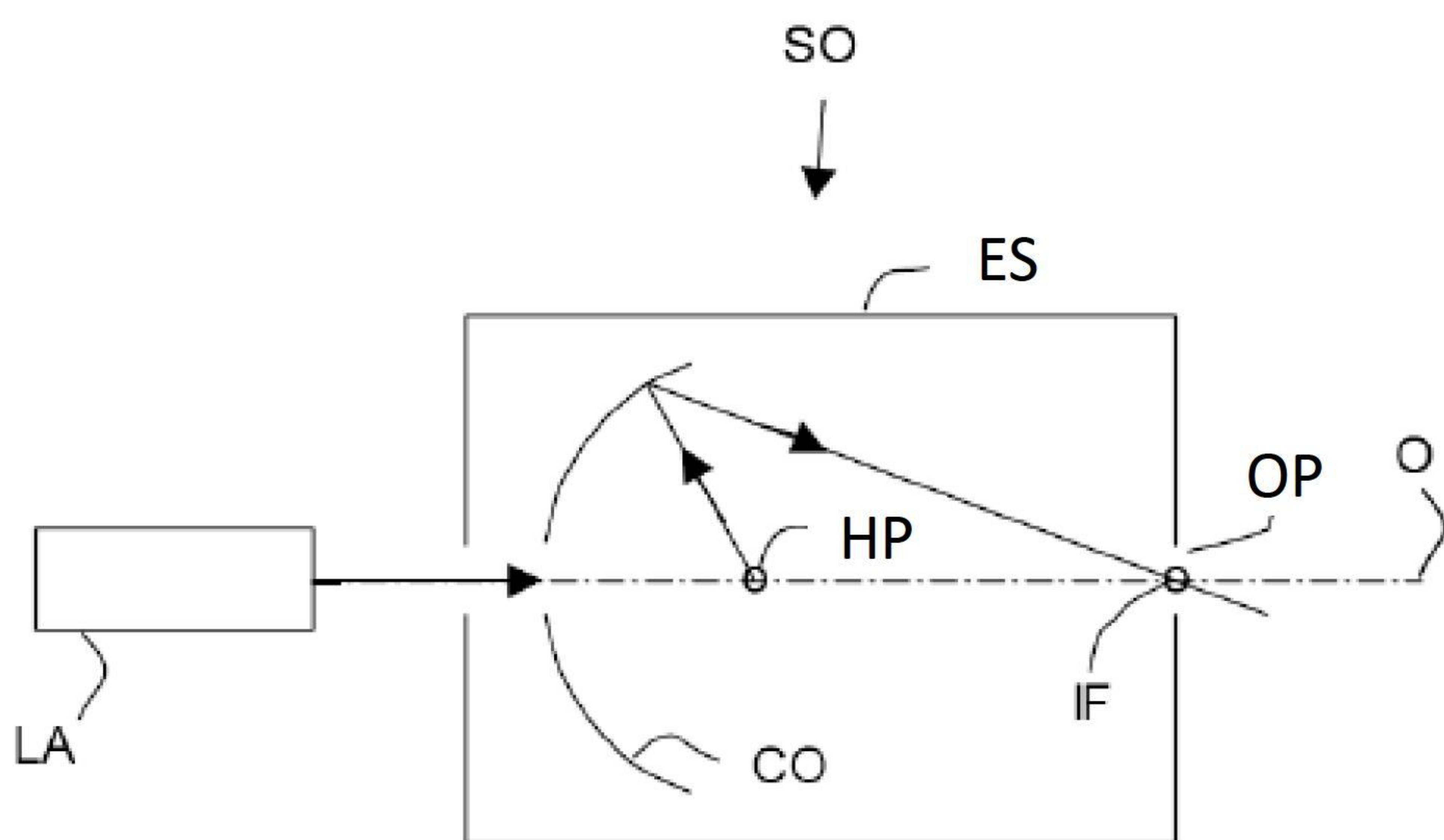
【圖12】



【圖13】



【圖14】



【圖15】