



(21)申請案號：107133296 (22)申請日：中華民國 107 (2018) 年 09 月 21 日

(51)Int. Cl. : **G03F1/70 (2012.01)** **G03F7/20 (2006.01)**

(30)優先權：2017/09/28 歐洲專利局 17193637.0
2018/03/28 歐洲專利局 18164511.0
2018/04/11 歐洲專利局 18166720.5

(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：提那曼斯 派翠西斯 阿若瑟斯 約克伯 TINNEMANS, PATRICIUS ALOYSIUS JACOBUS (NL)；荷西布斯 愛多 瑪莉亞 HULSEBOS, EDO MARIA (NL)；麥更 亨力克斯 喬漢那 蘭伯特 MEGENS, HENRICUS JOHANNES LAMBERTUS (NL)；厄戴瑪 尤米特 柯瑞 ERDAMAR, AHMET KORAY (TR)；梵席斯 洛克 喬漢斯 彼托斯 VERHEES, LOEK JOHANNES PETRUS (NL)；羅伊羅夫斯 威廉 賽納 克里斯汀 ROELOFS, WILLEM SEINE CHRISTIAN (NL)；范 戴 凡 溫蒂 喬漢娜 瑪汀娜 VAN DE VEN, WENDY JOHANNA MARTINA (NL)；亞古比薩德 哈帝 YAGUBIZADE, HADI (NL)；希可利 哈奇 爾金 CEKLI, HAKKI ERGUN (NL)；布林克夫 拉夫 BRINKHOF, RALPH (NL)；余 陳清水 VU, TRAN THANH THUY (VN)；葛森 邁可 羅伯特 GOOSEN, MAIKEL ROBERT (NL)；凡 特 衛斯登得 瑪尹克 VAN T WESTEINDE, MAAIKE (NL)；寇偉田 KOU, WEITIAN (CN)；里澤斯特拉 馬諾克 RIJPSTRA, MANOUK (NL)；寇克斯 馬泰斯 COX, MATTHIJS (NL)；班捷恩 法蘭西斯科 哥登法蘭德斯 凱司柏 BIJNEN, FRANCISCUS GODEFRIDUS CASPER (NL)

(74)代理人：林嘉興

(56)參考文獻：

TW	201727391A	TW	201728991A
TW	201730546A	CN	101082783A
US	2007/0021860A1	US	2016/0223476A1

審查人員：蔡宏鑫

申請專利範圍項數：15 項 圖式數：15 共 68 頁

(54)名稱

微影方法及其電腦程式產品

(57)摘要

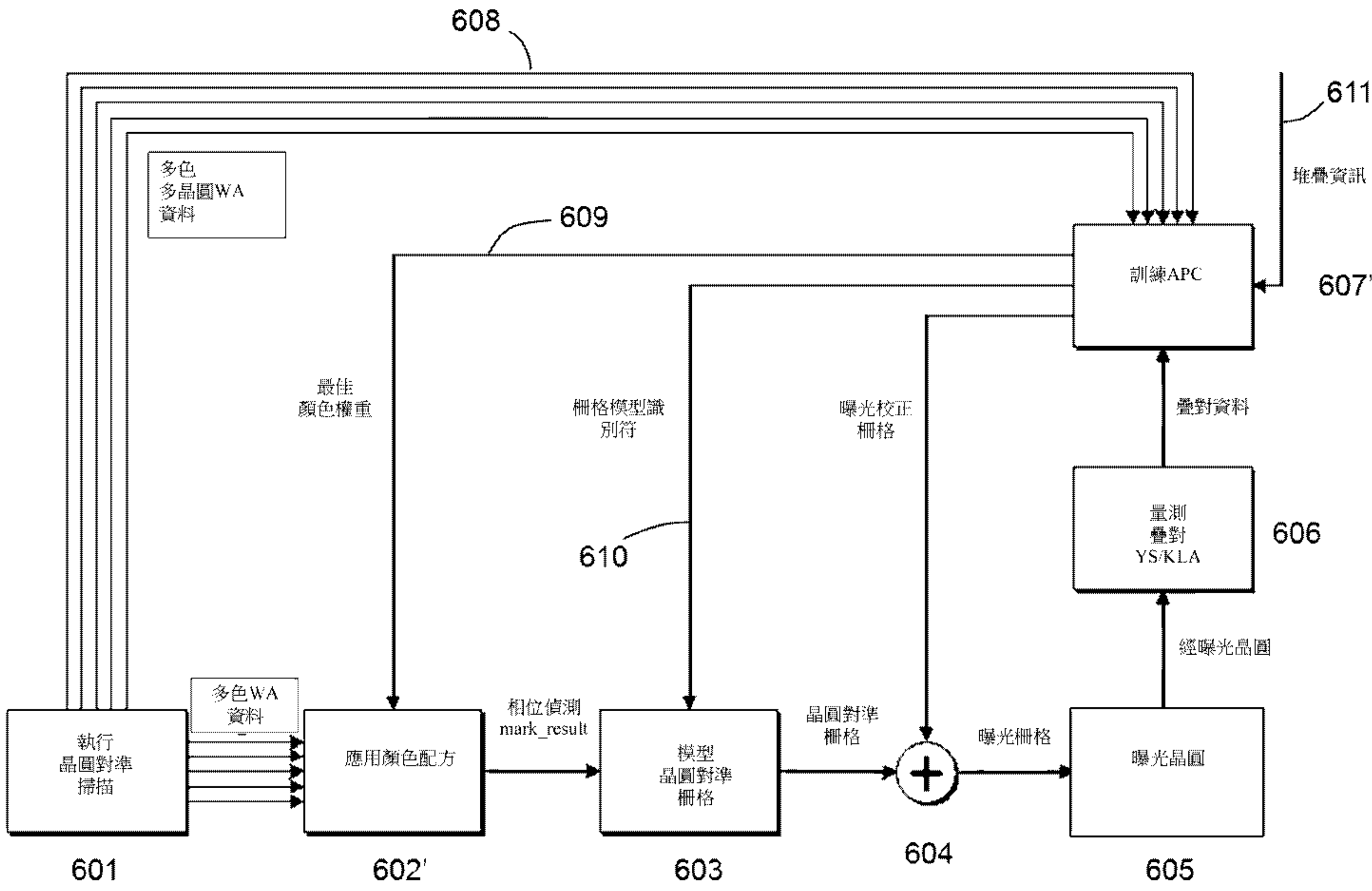
本發明揭示一種用於判定一感測器系統之一操作參數之一或多個最佳化值的方法，該感測器系統經組態以用於量測一基板之一屬性，該方法包含：判定關於複數個基板之一品質參數；判定針對該操作參數之複數個值使用該感測器系統所獲得的關於該複數個基板之量測參數；比較該品質參數之一基板間變化與該等量測參數之一映射之一基板間變化；及基於該比較判定該操作參數之該一或多個最佳化值。

A method for determining one or more optimized values of an operational parameter of a sensor system configured for measuring a property of a substrate is disclosed the method comprising: determining a quality parameter for a plurality of substrates; determining measurement parameters for the plurality of substrates obtained using the sensor system for a plurality of values of the operational parameter; comparing a substrate to substrate variation of the quality parameter and a substrate to substrate variation of a mapping of the measurement parameters; and determining the one or more optimized values of the operational parameter based on the comparing.

指定代表圖：

符號簡單說明：

- 601:步驟
- 602':步驟
- 603:步驟
- 604:步驟
- 605:步驟
- 606:步驟
- 607':步驟
- 608:對準量測資料
- 609:最佳顏色權重
- 610:基板柵格模型
- 611:堆疊資料



【圖6b】



I702468

【發明摘要】

【中文發明名稱】

微影方法及其電腦程式產品

【英文發明名稱】

LITHOGRAPHIC METHOD AND RELATED COMPUTER
PROGRAM PRODUCT

【中文】

本發明揭示一種用於判定一感測器系統之一操作參數之一或多個最佳化值的方法，該感測器系統經組態以用於量測一基板之一屬性，該方法包含：判定關於複數個基板之一品質參數；判定針對該操作參數之複數個值使用該感測器系統所獲得的關於該複數個基板之量測參數；比較該品質參數之一基板間變化與該等量測參數之一映射之一基板間變化；及基於該比較判定該操作參數之該一或多個最佳化值。

【英文】

A method for determining one or more optimized values of an operational parameter of a sensor system configured for measuring a property of a substrate is disclosed the method comprising: determining a quality parameter for a plurality of substrates; determining measurement parameters for the plurality of substrates obtained using the sensor system for a plurality of values of the operational parameter; comparing a substrate to substrate variation of the quality parameter and a substrate to substrate variation of a mapping of the measurement parameters; and determining the one or more optimized values of the operational parameter based on the comparing.

【指定代表圖】

圖6b

【代表圖之符號簡單說明】

- 601 步驟
- 602' 步驟
- 603 步驟
- 604 步驟
- 605 步驟
- 606 步驟
- 607' 步驟
- 608 對準量測資料
- 609 最佳顏色權重
- 610 基板柵格模型
- 611 堆疊資料

【發明說明書】

【中文發明名稱】

微影方法及其電腦程式產品

【英文發明名稱】

LITHOGRAPHIC METHOD AND RELATED COMPUTER
PROGRAM PRODUCT

【技術領域】

【0001】 本發明係關於一種用於製造器件之微影方法。更特定言之，本發明係關於一種在微影方法中量測基板之對準的方法。

【先前技術】

【0002】 微影方法係用以將所要圖案施加至基板上，通常施加至基板之目標部分上。微影可用於(例如)積體電路(IC)之製造中。在此狀況下，圖案化器件(其替代地被稱作光罩或倍縮光罩)可用以產生待形成於IC之個別層上之電路圖案。可將此圖案轉印至基板(例如矽晶圓)上之目標部分(例如包括晶粒之部分、一個晶粒或若干晶粒)上。通常經由成像至提供於基板上之輻射敏感材料(抗蝕劑)層上來進行圖案之轉印。一般而言，單一基板將含有經順次地圖案化之鄰近目標部分之網路。習知的微影裝置包括：所謂的步進器，其中藉由同時將整個圖案曝光至目標部分上來輻照每一目標部分；及所謂的掃描器，其中藉由在給定方向(「掃描」方向)上經由輻射光束而掃描圖案同時平行或反平行於此方向而同步地掃描基板來輻照每一目標部分。亦有可能藉由將圖案壓印至基板上而將圖案自圖案化器件轉印至基板。

【0003】 通常，如所製造之積體電路包括含有不同圖案之複數個層，每一層使用如以上所描述之曝光程序來產生。為了確保經製造之積體

電路之適當操作，連續曝光之該等層需要彼此適當地對準。為了實現此對準，基板通常具備複數個所謂的對準標記(亦被稱作對準目標)，藉以使用對準標記之位置以判定或估計先前經曝光圖案之位置。因而，在後續層之曝光之前，判定對準標記之位置且使用對準標記之該位置以判定先前經曝光之圖案之位置。通常，為了判定此等對準標記之位置，應用對準感測器，其可(例如)經組態以將輻射光束投影至對準標記或目標上且基於經反射輻射光束而判定對準標記之位置。在掃描器中，對準標記物係由掃描器對準系統讀出，且在經受由掃描器提供之圖案化步驟時有助於達成基板上之每一場之良好定位。理想地，對準標記之經量測位置將對應於對準標記之實際位置。

【0004】 然而，各種原因可引起對準標記之經量測位置與實際位置之間的偏差。詳言之，對準標記之變形可引起所提及之偏差。此變形可例如由基板之處理，例如蝕刻、化學機械拋光(CMP)或層沈積造成，從而導致次佳標記位置判定。結果，可將層投影或曝光於並不與先前經曝光圖案成一直線(亦即並不與先前經曝光圖案對準)之位置上，從而引起所謂的疊對誤差。

【發明內容】

【0005】 根據一第一態樣，本發明包含一種用於判定一感測器系統之一操作參數之一或多個最佳化值的方法，該感測器系統經組態以用於量測一基板之一屬性。該方法包含：判定關於複數個基板之一品質參數；判定針對該操作參數之複數個值使用該感測器系統所獲得的關於該複數個基板之量測參數；比較該品質參數之一基板間變化與該等量測參數之一映射之一基板間變化；及基於該比較判定該操作參數之該一或多個最佳化值。

【0006】該映射可為基於機器學習方法之一加權和、一非線性映射或一訓練映射。

【0007】該方法可進一步包含判定權重因子之一最佳集合的一步驟，該等權重因子用於基於該比較對與該操作參數之第一值相關聯的該量測參數及與該操作參數之第二值相關聯的該量測資料進行加權。

【0008】該品質參數可為一疊對或聚焦參數。

【0009】該量測參數可為提供至該複數個基板之一特徵之一位置或該基板上之一部位之一平面外偏差。

【0010】該操作參數可為與來自該感測器系統之一光源相關聯的一參數。該操作參數可為該光源之一波長、偏振狀態、空間相干性狀態或時間相干性狀態。

【0011】可使用一度量衡系統來判定該品質參數。可使用一模擬模型來判定該品質參數，該模擬模型基於以下各者中之任一者預測該品質參數：內容脈絡資訊、量測資料、重建構資料、混合度量衡資料。

【0012】該操作參數之該等最佳化值可包含與該等量測參數之一第一座標相關聯的一第一值集合，及與該等量測參數之一第二座標相關聯的一第二值集合。

【0013】該方法可進一步包含：判定平行於一標記之一第一優先方向之一第三座標；判定平行於一標記之一第二優先方向之一第四座標；判定與該第三座標相關聯的該操作參數之一第三最佳化值集合，及與該第四座標相關聯的該操作參數之一第四最佳化值集合；判定自該第三座標及該第四座標至該第一座標及該第二座標的一變換；及使用該經判定變換將在該第三座標及該第四座標中的該等操作參數之該等經判定最佳化值變換成

在該第一座標及該第二座標中的該等操作參數之最佳化值。

【0014】 該操作參數之該等第一值可獨立於該操作參數之該第二值予以最佳化。

【0015】 在一些實施例中，可針對該基板之不同區帶來執行基於該比較判定該操作參數之該一或多個最佳化值。該等不同區帶可包含緊接該基板之一邊緣的一區帶及緊接該基板之一中心的一區帶。每一區帶可包含施加至該基板之一或多個對準標記。每一區帶可對應於施加至該基板之複數個對準標記之一個別對準標記。

【0016】 在一些實施例中，該量測參數為一標記之一經量測位置，且該品質參數為一標記至器件移位，該操作參數之該等最佳化值經判定以便最佳化該品質參數使得一基板間變化最小。該等操作參數可為與一幅射源相關聯之參數，來自該源之輻射經導向於該基板處，且該操作參數之該最佳化值係藉由應用一加權以用於調整利用該操作參數所獲得的該等量測予以判定。導向於該基板處的來自該源之該輻射可在靶向該基板之後由一感測器系統收集。該加權可包括用於將輻射導向於該基板處及/或用於由該感測器系統收集輻射的一透鏡之一透鏡加熱效應。該方法可進一步包含判定對於該等操作參數之該等加權以用於使用自具有子分段標記之基板獲得之量測來量測子分段標記，該等子分段標記具有應用至其之故意標記至器件移位，以便判定該操作參數對標記至器件移位之一敏感度。

【0017】 在一些實施例中，該方法可用於最佳化用以控制基板之處理的度量衡系統之操作參數。該感測器系統可包含與一第一量測系統相關聯的一第一感測器系統及與一第二量測系統相關聯的一第二感測器系統，該第一量測系統經組態以在處理之前量測一基板之一第一特性，且該第二

量測系統經組態以在處理之後量測該基板之一第二特性。該方法可包含：判定針對該操作參數之該複數個值使用該第一感測器系統所獲得的關於該複數個基板之該等量測參數之一第一集合；判定針對該操作參數之該複數個值使用該第二感測器系統所獲得的關於該複數個基板之該等量測參數之一第二集合；及比較該品質參數之一基板間變化與關於量測參數之該第一集合及該第二集合中之每一者的該等量測參數之一映射之一基板間變化。該判定該等操作參數之一或多個最佳化值可包含同時最佳化與該第一量測系統相關聯的操作參數之一第一集合及與該第二量測系統相關聯的操作參數之一第二集合，其中該最佳化減輕該第二特性之一基板間變化。該品質參數可為在處理之後自該基板之該經量測第二特性判定之一疊對。

【0018】 根據一第二態樣，本發明包含一種用於判定一半導體製造程序之一條件之方法。該方法包含：根據本發明之該第一態樣判定該操作參數之該最佳化值；比較該經判定操作參數與一參考操作參數；及基於該比較判定該條件。

【0019】 根據第三態樣，本發明包含一種用於最佳化來自一感測器系統之量測資料之方法，該感測器系統經組態以用於量測一基板之一屬性。該方法包含獲得關於複數個基板之疊對資料。該疊對表示一基板上之一對準標記物之一經量測位置與一預期位置之間的一偏差且包含由一感測器系統進行的該對準標記物位置之複數個量測，該複數個量測中之每一者利用該感測器系統之一不同操作參數。該方法進一步包含基於該所獲得疊對資料且針對該等不同操作參數中之每一者，判定一權重以用於調整利用該操作參數所獲得的該等量測，使得組合對由該感測器系統針對所有該等不同操作參數進行之該等量測的該等加權調整以最小化該疊對。

【0020】該操作參數可為與來自該感測器系統之一輻射源相關聯的一參數。該操作參數可為該光源之一波長、偏振狀態、空間相干性狀態或時間相干性狀態。

【0021】根據另一態樣，本發明包含一種使一積體電路晶圓中之一層對準之方法。該方法包含使用一感測器系統以獲得該晶圓上之一對準標記物的複數個位置量測，其中該複數個量測中之每一者利用一不同操作參數。針對該複數個對準標記位置量測中之每一者判定作為一經預期對準標記位置與一經量測對準標記位置之間的一差之一位置偏差，該經量測對準標記位置係基於該各別對準標記位置量測予以判定。將一函數集合定義為該等位置偏差之可能的原因，該函數集合包括表示該基板之一變形的一基板變形函數，及表示該一或多個對準標記之一變形的至少一個標記變形函數。產生一矩陣方程式 $PD = M * F$ ，藉以將包含該等位置偏差之一向量 PD 設定為等於包含該基板變形函數及該至少一個標記變形函數之一向量 F 的由一權重係數矩陣 M 表示之一加權組合，藉以與該至少一個標記變形函數相關聯之權重係數取決於所應用對準量測而變化。基於針對複數個基板所獲得的疊對而判定該矩陣 M 之該等權重係數之值，該等疊對表示對準標記物之經量測位置與預期位置之間的偏差且包含由該感測器系統利用該等不同操作參數所進行的該等對準標記物位置之複數個量測，該等權重調整利用該等不同操作參數所獲得的該等量測使得組合對該等量測之該等加權調整以最小化疊對。判定該矩陣 M 之一逆或偽逆矩陣，藉此獲得作為該等位置偏差之一加權組合的用於該基板變形函數之一值。應用該基板變形函數之該值以執行運用經圖案化輻射光束進行之目標部分之一對準。

【圖式簡單說明】

【0022】本文中參考隨附圖式描述例示性實施例，在該等圖式中：

【0023】圖1描繪根據本發明之一實施例之微影裝置；

【0024】圖2之a、圖2之b及圖2之c描繪當應用不同量測參數時之若干可能的對準量測結果；

【0025】圖3說明當對基板進行量測時感測器之不同操作參數可如何受到影響；

【0026】圖4為展示不同操作參數可如何受到標記變形影響的曲線圖；

【0027】圖5描繪具有不同類型之標記變形的標記物；

【0028】圖6a為示意性地說明晶圓對準、曝光及疊對量測程序之流程圖；

【0029】圖6b為示意性地說明另一晶圓對準、曝光及疊對量測程序之流程圖。

【0030】圖7之a至c為展示產品及標記移位針對輻射之不同顏色如何變化的曲線圖。

【0031】圖8為展示可如何校準對標記至器件移位之敏感度的曲線圖。

【0032】圖9為展示橫越晶圓之對準標記不對稱性的標繪圖。

【0033】圖10之a為展示針對晶圓圖之產品上疊對的標繪圖，其中作用顏色為近紅外線(NIR)；圖10之b展示在使用兩色加權的情況下針對同一晶圓之產品上疊對晶圓圖；及圖10之c展示圖10之a與圖10之b之標繪圖之間的差異。

【0034】圖11之a及圖11之b為兩個曲線圖，一個曲線圖係針對晶圓

之邊緣處之標記且另一曲線圖係針對中心處之標記，其展示疊對誤差針對兩個正交方向依據不同兩色加權(TCW)組合如何變化。

【0035】 圖12示意性地展示用於使用多個不同顏色、模型及佈局判定OCW以用於對準校正，及用於使用多個頻率、模型及佈局判定疊對校正的程序。

【0036】 圖13示意性地展示用於判定對準校正及疊對校正兩者之最佳組合的程序。

【0037】 圖14描繪包含兩個光柵集合之對準標記。

【0038】 圖15為說明可用於利用本文件中所描述之實施例的電腦系統之方塊圖。

【實施方式】

【0039】 為了輔助理解在本發明之實施例中所應用之原理，首先參看圖1描述微影裝置及如何使用此微影裝置。

【0040】 圖1示意性地描繪根據本發明之一項實施例之微影裝置。該裝置包括：照明系統(照明器) IL，其經組態以調節輻射光束B (例如UV輻射或任何其他合適輻射)；光罩支撐結構(例如光罩台) MT，其經建構以支撐圖案化器件(例如光罩) MA且連接至經組態以根據某些參數來準確地定位該圖案化器件之第一定位器件PM。該裝置亦包括：基板台(例如晶圓台) WT或「基板支撐件」，其經建構以固持基板(例如抗蝕劑塗佈晶圓) W且連接至經組態以根據某些參數來準確地定位該基板之第二定位器件PW。該裝置進一步包括投影系統(例如折射投影透鏡系統) PS，其經組態以將由圖案化器件MA賦予至輻射光束B之圖案投影至基板W之目標部分C (例如包括一或多個晶粒)上。

【0041】 照明系統可包括用於導向、塑形或控制輻射的各種類型之光學組件，諸如折射、反射、磁性、電磁、靜電或其他類型之光學組件或其任何組合。

【0042】 光罩支撐結構支撐圖案化器件，亦即，承載圖案化器件之重量。光罩支撐結構以取決於圖案化器件之定向、微影裝置之設計及其他條件(諸如圖案化器件是否被固持於真空環境中)的方式來固持圖案化器件。光罩支撐結構可使用機械、真空、靜電或其他夾持技術以固持圖案化器件。光罩支撐結構可為(例如)框架或台，其可根據需要而固定或可移動。光罩支撐結構可確保圖案化器件(例如)相對於投影系統處於所要位置。可認為本文對術語「倍縮光罩」或「光罩」之任何使用皆與更一般之術語「圖案化器件」同義。

【0043】 本文所使用之術語「圖案化器件」應被廣泛地解譯為係指可用以在輻射光束之橫截面中向輻射光束賦予圖案以便在基板之目標部分中產生圖案的任何器件。應注意，舉例而言，若被賦予至輻射光束之圖案包括相移特徵或所謂的輔助特徵，則該圖案可不確切地對應於基板之目標部分中之所要圖案。通常，被賦予至輻射光束之圖案將對應於目標部分中所產生之器件(諸如積體電路)中的特定功能層。

【0044】 圖案化器件可為透射的或反射的。圖案化器件之實例包括光罩、可程式化鏡面陣列，及可程式化LCD面板。光罩在微影中係熟知的，且包括諸如二元、交變相移及衰減相移之光罩類型，以及各種混合式光罩類型。可程式化鏡面陣列之一實例使用小鏡面之矩陣配置，該等小鏡面中之每一者可個別地傾斜，以便使入射輻射光束在不同方向上反射。傾斜鏡面在由鏡面矩陣反射之輻射光束中賦予圖案。

【0045】 本文所使用之術語「投影系統」應被廣泛地解譯為涵蓋適於所使用之曝光輻射或適於諸如浸潤液體之使用或真空之使用之其他因素的任何類型之投影系統，包括折射、反射、反射折射、磁性、電磁及靜電光學系統，或其任何組合。可認為本文中對術語「投影透鏡」之任何使用皆與更一般之術語「投影系統」同義。

【0046】 如此處所描繪，裝置屬於透射類型(例如，使用透射光罩)。替代地，裝置可屬於反射類型(例如，使用如上文所提及之類型之程式化鏡面陣列，或使用反射光罩)。

【0047】 微影裝置可屬於具有兩個(雙載物台)或多於兩個基板台或「基板支撐件」(及/或兩個或多於兩個光罩台或「光罩支撐件」)之類型。在此等「多載物台」機器中，可並行地使用額外台或支撐件，或可對一或多個台或支撐件進行預備步驟，同時將一或多個其他台或支撐件用於曝光。

【0048】 微影裝置亦可屬於如下類型：其中基板之至少一部分可由具有相對較高折射率之液體(例如水)覆蓋，以便填充投影系統與基板之間的空間。亦可將浸潤液體施加至微影裝置中之其他空間，例如光罩與投影系統之間的空間。浸潤技術可用以增大投影系統之數值孔徑。本文中所使用之術語「浸潤」不意謂諸如基板之結構必須浸沒於液體中，而是僅意謂液體在曝光期間位於投影系統與基板之間。

【0049】 參看圖1，照明器IL自輻射源SO接收輻射光束。舉例而言，當源為準分子雷射時，源及微影裝置可為單獨實體。在此等狀況下，不認為源形成微影裝置之部件，且輻射光束係憑藉包括(例如)合適導向鏡及/或光束擴展器之光束遞送系統BD而自源SO傳遞至照明器IL。在其他狀

況下，舉例而言，當源為水銀燈時，源可為微影裝置之整體部件。源SO及照明器IL連同光束遞送系統BD在需要時可被稱作輻射系統。

【0050】 照明器IL可包括經組態以調整輻射光束之角強度分佈之調整器AD。通常，可調整照明器之光瞳平面中之強度分佈的至少外部徑向範圍及/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可包括各種其他組件，諸如積光器IN及聚光器CO。照明器可用以調節輻射光束，以在其橫截面中具有所要均一性及強度分佈。

【0051】 輻射光束B入射於被固持於光罩支撐結構(例如光罩台MT)上之圖案化器件(例如光罩MA)上，且係由該圖案化器件而圖案化。在已橫穿光罩MA的情況下，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。憑藉第二定位器件PW及位置感測器IF (例如干涉器件、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。相似地，第一定位器件PM及另一位置感測器 (其未在圖1中明確地描繪)可用以例如在自光罩庫之機械撷取之後或在掃描期間相對於輻射光束B之路徑來準確地定位光罩MA。一般而言，可憑藉形成第一定位器件PM之部件之長衝程模組(粗略定位)及短衝程模組(精細定位)來實現光罩台MT之移動。相似地，可使用形成第二定位器PW之部件之長衝程模組及短衝程模組來實現基板台WT或「基板支撐件」之移動。在步進器(相對於掃描器)之狀況下，光罩台MT可僅連接至短衝程致動器，或可固定。可使用光罩對準標記M1、M2及基板對準標記P1、P2來對準光罩MA及基板W。儘管如所說明之基板對準標記佔據專用目標部分，但該等基板對準標記可位於目標部分之間的空間中(此等標記被稱為切割道對準標記)。相似地，在多於一個晶粒提

供於光罩MA上之情形中，光罩對準標記可位於該等晶粒之間。

【0052】 所描繪裝置可用於以下模式中之至少一者中：

【0053】 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上時，使光罩台MT或「光罩支撐件」及基板台WT或「基板支撐件」保持基本上靜止(亦即單次靜態曝光)。接著，使基板台WT或「基板支撐件」在X及/或Y方向上移位，使得可曝光不同目標部分C。在步進模式中，曝光場之最大大小限制單次靜態曝光中所成像之目標部分C之大小。

【0054】 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，同步地掃描光罩台MT或「光罩支撐件」及基板台WT或「基板支撐件」(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或「基板支撐件」相對於光罩台MT或「光罩支撐件」之速度及方向。在掃描模式中，曝光場之最大大小限制單次動態曝光中之目標部分之寬度(在非掃描方向上)，而掃描運動之長度判定目標部分之高度(在掃描方向上)。

【0055】 在另一模式中，在將被賦予至輻射光束之圖案投影至目標部分C上時，使光罩台MT或「光罩支撐件」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或「基板支撐件」。在此模式中，通常使用脈衝式輻射源，且在基板台WT或「基板支撐件」之每一移動之後或在掃描期間之順次輻射脈衝之間根據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(諸如上文所提及之類型之可程式化鏡面陣列)之無光罩微影。

【0056】 亦可使用上文所描述之使用模式之組合及/或變化或完全不

同的使用模式。

【0057】 本發明之實施例通常將與如以上所描述之微影裝置一起使用，該微影裝置進一步包含經組態以判定存在於基板上之一或多個對準標記之位置的對準系統AS。對準系統經組態以執行複數次不同對準量測，藉此獲得所考慮之對準標記之複數個經量測對準標記位置。就此而言，對一特定對準標記執行不同對準量測意謂使用不同量測參數或特性執行對準量測。此等不同量測參數或特性可(例如)包括使用不同光學屬性以執行對準量測。作為一實例，如應用於根據本發明之微影裝置中之對準系統可包括：對準投影系統，其經組態以將具有不同特性或參數之複數個對準光束投影至基板上之對準標記位置上；及偵測系統，其經組態以基於離開基板之經反射光束而判定對準位置。

【0058】 在曝光步驟期間已對準及圖案化晶圓之後，如以上所描述，使晶圓經受度量衡以檢查圖案化之準確度。圖案之實際(經量測)位置與圖案之所要位置(參考晶圓上之前一層內之圖案之位置)之間的偏差通常被稱作疊對誤差，或簡單地被稱為疊對。與程序相關聯之疊對誤差為該程序品質之良好指示符。因此，可將疊對認為係程序之品質參數。疊對誤差並非指示程序品質之僅有相關參數。當曝光基板(晶圓)時所產生之聚焦誤差亦係重要的。疊對誤差通常與在基板之平面中之位置誤差相關聯，且因此與對準系統之效能密切相關。聚焦誤差係與垂直於基板之平面之位置誤差相關聯，且與微影裝置中之另一量測系統(位階量測系統)之效能密切相關。聚焦誤差亦可被認為係微影程序之品質參數。

【0059】 一般而言，藉由度量衡系統(例如用以判定疊對誤差之散射計)量測品質參數。然而，除了使用度量衡系統以外或替代使用度量衡系

統，亦可使用預測以導出品質參數。基於內容脈絡資料(例如哪些處理裝置已用以處理所關注基板之知識)及不與品質資料直接相關之量測資料(例如經量測以預測疊對誤差之晶圓形狀資料)，可重建構表示直接量測之品質參數資料之虛擬度量衡資料。此概念常常被稱為「混合度量衡」；一種用以組合多種資料源且在需要時組合模擬模型以重建構與所關注品質參數(疊對及/或聚焦誤差)相關聯的度量衡資料之方法。替代地，模擬模型可用以基於內容脈絡資料及/或量測資料導出品質參數。舉例而言，模擬模型可用以基於預曝光量測(位階量測資料、對準資料)及內容脈絡資料(倍縮光罩佈局、程序資訊)來模仿微影程序。模擬模型自身可產生品質參數資料(在此狀況下經預測疊對)圖。

【0060】 在本發明之涵義內，對準系統在不同操作參數下進行操作，該等操作參數至少包括對準光束之偏振差或波長(頻率)含量差。對準系統因此可使用不同操作參數(例如使用具有不同顏色，亦即頻率/波長之對準光束)來判定對準標記之位置。一般而言，如藉由對準系統所執行之此等對準標記量測之目標應係判定或估計下一曝光程序之目標部分(諸如，如圖1中所展示之目標部分C)之位置。通俗地說，術語「顏色」用以指具有特定量測參數或量測參數之集合之光束。此不同「顏色」光束未必需要為在可見光譜內具有不同顏色的光束，而是可具有不同頻率(波長)或其他屬性，諸如偏振。

為了判定此等目標部分位置，量測例如可提供於環繞目標部分之切割道中的對準標記之位置。當如所量測之對準標記位置偏離標稱或預期位置時，吾人可假定應發生下一曝光之目標部分亦具有偏離位置。在使用對準標記之經量測位置的情況下，吾人可判定或估計目標部分之實際位置，

因此確保可在適當位置處執行下一曝光，因此將下一曝光對準至目標部分。

【0061】 在經量測對準標記位置偏離於預期或標稱位置之狀況下，吾人將傾向於將此偏離歸因於基板之變形。基板之此變形可(例如)由基板所受到之各種程序造成。

【0062】 當可得到複數個經量測對準標記位置且已判定位置偏差(亦即，經預期對準標記位置之偏差)時，可將此等偏差(例如)擬合至一函數以便描述基板之變形。此函數可(例如)為將偏差 $D(\Delta x, \Delta y)$ 描述為 (x, y) 位置之函數的二維函數。在使用此函數的情況下，吾人可接著判定或估計其中圖案需要投影之目標部分之實際位置。

【0063】 如由對準系統執行之對準位置量測可受對準標記自身之變形或不對稱性干擾。換言之，歸因於對準標記之變形，與藉以對準標記未變形的情形相比較，可獲得偏離對準標記位置量測。在未採取措施之狀況下，此偏離對準標記位置量測可引起對準標記位置之錯誤判定。已進一步觀測到，此類型之偏差(亦即，由對準標記變形造成之偏離位置量測)取決於所利用之操作參數。作為一實例，當使用具有不同頻率之對準光束來量測對準標記位置時，此可導致不同結果，亦即針對對準標記之不同經量測位置。

【0064】 因而，當使用複數個不同操作參數(例如使用具有不同頻率之對準光束)來量測對準標記之位置時，會獲得不同的結果，例如可基於量測獲得複數個不同對準標記位置。

【0065】 如自上文將明確的是，對準量測工序之後果應為實際基板變形之評估，亦即，對準標記之實際位置之評估，該評估可接著用以判定

用於後續曝光之目標部分之實際位置。

【0066】 鑒於所描述之效應(特別是對準標記變形之效應)，經量測對準標記位置(例如一般被稱作「量測參數」)(亦即如自不同量測(亦即，使用不同操作參數)導出之對準標記位置)受到實際(未知)基板變形影響且受到發生之(未知)標記變形影響。

【0067】 兩種效應可導致預期對準標記位置與經量測對準標記位置之間的偏差。因而，當觀測到位置偏差時，其可由實際基板變形造成或由對準標記變形造成或其組合造成。

【0068】 圖2示意性地描繪一些可能的情境。假定執行三個量測M1、M2、M3以判定對準標記X之位置。圖2之(a)示意性地展示對準標記之標稱或預期位置E及經量測位置M1、M2、M3。圖2之(a)進一步展示對準標記之實際位置A。如可看出，所執行之量測中無任一者提供實際位置偏差(E-A)之準確表示。

【0069】 因此，圖2之(a)中所描繪之情境涉及與造成偏離量測的標記變形組合之對準標記之實際位移(實際對準標記位置A不同於預期位置E)。

【0070】 圖2之(b)展示替代情境，藉以在量測(M1、M2、M3)中觀測到差異，量測參數(在此狀況下為經量測位置)不同於量測參數(例如位置E)之預期值，而假定實際位置A與預期位置E重合。在此情境下，量測將暗示存在對準標記之位置偏差，而實際上不存在對準標記之位置偏差，亦即，對準標記之位置並不受到基板變形影響。

【0071】 圖2之(c)示意性地展示第三情境，藉以全部三個量測M1、M2、M3皆重合且與實際位置A重合。當不存在影響量測之對準標記變形

時可發生此情境。

【0072】如自所描繪之各種情境將明確的是，吾人需要能夠區分標記變形之效應與基板變形之效應，以便獲得實際對準標記位置之適當評估。

【0073】本發明提供一種用以實現兩種效應之此分離之方法。在一實例中，微影裝置可包括用以執行所需操作以將兩種效應分離之處理單元PU (參見圖1)。此處理單元PU可因此包括處理器、微處理器、電腦或其類似者。

【0074】圖3說明本發明所隱含之基本物理原理(當所關注操作參數為對準光束之顏色時，常常被稱作「最佳顏色加權」(OCW)概念)。頂部圖展示在理想情形中，用於多色量測中之所有顏色將針對幾何學上完美之基板34上之標記物32產生相同的對準位置指示30，然而實際上，出於上文所解釋之原因且如底部圖中所展示，不同顏色針對實際(亦即非完美的)基板38會引起不同的位置指示36。

【0075】圖4展示不同顏色可如何受到標記變形影響，且可假定如曲線圖40中所展示的每一顏色之位置誤差隨著變形程度(標記之頂部傾斜角度)線性變化。在彼狀況下，有可能將單一顏色判定為提供真實標記位置之最佳指示符。然而，如圖5中所展示，在可存在多個不同類型之標記變形的情況下，單一顏色可能不會提供針對所有變形類型之最佳擬合。實際上，已發現標記變形誘發之誤差針對不同顏色(例如波長或偏振)以及取決於層厚度變化及所量測之標記之類型而不同地縮放。基於OCW之方法之目標為判定用以最小化標記物變形對經判定標記物位置之影響的所有不同顏色之最佳組合。

【0076】 包括標記變形之處理變化(PV)造成經對準位置之變化針對顏色*i*在晶圓內且自一晶圓至另一晶圓移位(PV)。OCW解決方案移動遠離單一最佳顏色，但允許所有顏色($\bar{x}$)界定經對準位置。將「權重」 w_i 加至每一顏色(x_i)，以獲得 x_i' 之線性組合來界定程序穩固之對準位置 $\bar{y}$ 。

【0077】 因此，本發明之實施例解決了對準標記由於晶圓間程序變化(PV)而變形，從而導致產品上疊對誤差的問題。OCW解決方案涉及：

- 將OCW位置界定為對準位置 x 之線性加權組合。
- 藉由採取最佳線性組合而最小化 y 對程序變化之程序敏感度，使得最小化晶圓間疊對誤差。
- 使用運用疊對資料之訓練來判定針對每一顏色/偏振之最佳權重。
- 較佳地，自對已經歷相似處理之晶圓進行之量測獲得疊對資料，且其中量測及處理兩者已使用相同或相似裝備來執行。

【0078】 用以基於疊對資料判定顏色權重 $\bar{w}$ 之數學原理係如下。

- OCW位置 y 為對 M 個經量測顏色位置 $\bar{x}$ 之加權和

$$y = \sum_{m=1}^M w_m x_m = \underline{w}^T \cdot \underline{x}$$

- 在給出 N 個經量測標記的情況下

$$\underline{y} = \begin{bmatrix} y^{(1)} \\ y^{(2)} \\ \vdots \\ y^{(N)} \end{bmatrix} \quad \underline{X} = \begin{bmatrix} (\underline{x}^{(1)})^T \\ (\underline{x}^{(2)})^T \\ \vdots \\ (\underline{x}^{(N)})^T \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1^{(1)} & x_2^{(1)} & \dots & x_M^{(1)} \\ x_1^{(2)} & x_2^{(2)} & \dots & x_M^{(2)} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_1^{(N)} & x_2^{(N)} & \dots & x_M^{(N)} \end{bmatrix}$$

- 最佳化權重以最小化經解校正疊對 $\bar{y}_{ovl,decorr}$

$$\underline{y}_{ovl,decorr} = \underline{X} \underline{w}$$

其中經解校正疊對=疊對-所應用之晶圓對準

- 接著自以下方程式發現顏色權重 $\bar{w}$

$$\underline{w} = [\underline{X}^T \underline{X}]^{-1} \underline{X}^T \underline{y}_{ovl,decorr}$$

規則OCW

【0079】如以上所描述，最佳顏色加權(OCW)判定對準配方中之可用以達成品圓上之圖案之最小疊對變化的最佳顏色權重因子。可在標記上之多個位置處判定OCW。可使用二維表示來描述標記上之位置，二維表示可為一組座標，例如2D座標 u, v 。該組 u, v 座標可為線性座標，亦即，其關於兩條軸線(u 軸及 v 軸)來表示，該等軸線具有不平行於彼此之不同方向。 u 軸及 v 軸之方向可分別被稱作 u 座標及 v 座標之方向。 u 座標、 v 座標可為正交座標，或正規正交座標。 u 軸及 v 軸可獨立於標記而對準。可對先前獲得之對準及疊對資料訓練OCW。可針對 u 方向及 v 方向獨立訓練及應用顏色權重因子。可替代地針對組合之 u 及 v 訓練顏色權重因子，但獨立訓練會引起較佳疊對效能。

【0080】在數學上，針對兩個獨立方向判定顏色權重之一項實施可為如下：

$$u_{ocw} = \sum_{col} w_{u_{col}} u_{col}, \quad v_{ocw} = \sum_{col} w_{v_{col}} v_{col}$$

在以上方程式中，判定權重因子 $w_{u_{col}}$ 及 $w_{v_{col}}$ 最佳化疊對效能，從而引起OCW判定之位置 u_{ocw} 及 v_{ocw} 。可對顏色權重施加一或多個其他限定，例如以達成標稱標記位置、晶圓負載及晶圓變形不受權重因子的影響。此可藉由添加如下要求來達成：對於兩個獨立方向 u 及 v ，所有顏色權重之總和必須等於1，亦即權重總計為100%：

$$\sum_{col} w_{u_{col}} = 1, \quad \sum_{col} w_{v_{col}} = 1$$

【0081】在上述實施中，獨立計算在 u 及 v 方向上之顏色權重，然而，可將針對 u 及 v 之上述計算集合的記法組合為呈矩陣式之單一記法：

$$\begin{pmatrix} u_{ocw} \\ v_{ocw} \end{pmatrix} = \sum_{col} \begin{pmatrix} w_{u_{col}} & 0 \\ 0 & w_{v_{col}} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} u_{col} \\ v_{col} \end{pmatrix} = \sum_{col} \mathbf{w}_{col} \times \begin{pmatrix} u_{col} \\ v_{col} \end{pmatrix}$$

$$\sum_{col} \begin{pmatrix} w_{u_{col}} & 0 \\ 0 & w_{v_{col}} \end{pmatrix} = \sum_{col} \mathbf{w}_{col} = \mathbf{I}$$

在以上矩陣記法中，每一顏色 u_{col} 、 v_{col} 得到其自身權重矩陣 $\mathbf{w}_{col}$ ，其中每一 $\mathbf{w}_{col}$ 含有針對 u 及 v 方向座標兩者之顏色權重。在由以上計算所描述的 OCW 之實施中，權重矩陣 $\mathbf{w}_{col}$ 中之每一者為對角線矩陣，此意謂不位於主對角線上的元素等於零。如自以上矩陣方程式可看出，此指示 u_{ocw} 之計算並不包括依賴於 v_{col} 之項，且相似地， v_{ocw} 之計算並不包括依賴於 u_{col} 之項，且因此，顏色權重之計算在 OCW 之此實施中針對 u 及 v 方向係獨立的。

根據分段之 OCW

【0082】對準標記可包含具有一或多個優先方向之結構。舉例而言，標記可為如圖14中所展示之篩網BF標記，其包含2個光柵，該2個光柵之方向可並不與用於OCW之座標對準。若篩網BF標記之子分段(亦即其間距及方向)並不與座標 u ， v 對準，則OCW可引起針對不同角度之不同效應，從而使得OCW結果針對不同晶圓較不一致，從而導致晶圓間(疊對)效能之穩定性減低。

【0083】在對準標記具有並不與 u 、 v 座標對準之優先方向(例如在標記結構中之主導方向)之狀況下，使用新的替代座標集合來執行OCW以判定顏色權重可更可取，其中新座標方向匹配於標記之一或多個優先方向。舉例而言，在篩網BF標記之狀況下，可將如圖14中所展示之光柵方向用作優先方向以判定新座標 u' 、 v' 。在一些實施中，執行OCW因此可包含判定座標 u' 、 v' 之新集合，其中 u' 、 v' 方向可與標記之優先方向(例如篩網BF標記之間距方向)對準。可獨立於舊座標 u ， v 來選擇新座標 u' ， v' 。在可被稱作根據分段之OCW之此實施中，新座標用以執行如針對上述規則OCW方法所闡述的OCW。在座標 u 、 v 之舊集合中需要表達經判定OCW位置及顏色權重中

之一或多者的狀況下，可在已判定出顏色權重之後執行自座標之新集合 u' ， v' 至舊集合 u ， v 之座標變換。

【0084】 用以使用根據分段之OCW法基於疊對資料判定顏色權重之數學原理係如下：

將 φ_1 及 φ_2 視為相對於座標之正 u 方向與新方向 u' 及 v' 所成的角度。角度 φ_1 及 φ_2 可並不相同，其彼此之間亦不會形成 180° 角，亦即，方向 u' 與 v' 可並不平行。角度 φ_1 與 φ_2 可為正交的，或可在彼此之間形成另一角度。

可將新座標與舊座標之間的關係表達為：

$$\begin{pmatrix} u'_{col} \\ v'_{col} \end{pmatrix} = \mathbf{T} \times \begin{pmatrix} u_{col} \\ v_{col} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \varphi_1 & \cos \varphi_2 \\ \sin \varphi_1 & \sin \varphi_2 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} u_{col} \\ v_{col} \end{pmatrix}$$

使用以上所描述之方法使用座標 u' 與 v' 之新集合來執行OCW，其中將針對 u' 與 v' 之顏色權重彼此獨立地進行計算：

$$\begin{pmatrix} u'_{ocw} \\ v'_{ocw} \end{pmatrix} = \sum_{col} \begin{pmatrix} w'_{u_{col}} & 0 \\ 0 & w'_{v_{col}} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} u'_{col} \\ v'_{col} \end{pmatrix} = \sum_{col} \mathbf{w}'_{col} \times \begin{pmatrix} u'_{col} \\ v'_{col} \end{pmatrix}$$

$$\sum_{col} \begin{pmatrix} w'_{u_{col}} & 0 \\ 0 & w'_{v_{col}} \end{pmatrix} = \sum_{col} \mathbf{w}'_{col} = \mathbf{I}$$

【0085】 為了關於座標 u ， v 之集合來表達 u'_{ocw} 及 v'_{ocw} ，根據以下方程式執行自新座標系至舊座標系之變換：

$$\begin{pmatrix} u_{col} \\ v_{col} \end{pmatrix} = \mathbf{T}^{-1} \times \begin{pmatrix} u'_{col} \\ v'_{col} \end{pmatrix} = \frac{1}{\det \mathbf{T}} \begin{pmatrix} \sin \varphi_2 & -\cos \varphi_2 \\ -\sin \varphi_1 & \cos \varphi_1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} u'_{col} \\ v'_{col} \end{pmatrix}$$

其導致以下方程式：

$$\begin{pmatrix} u_{ocw} \\ v_{ocw} \end{pmatrix} = \sum_{col} \mathbf{T}^{-1} \times \mathbf{w}'_{col} \times \mathbf{T} \times \begin{pmatrix} u_{col} \\ v_{col} \end{pmatrix} = \sum_{col} \mathbf{w}_{col} \times \begin{pmatrix} u_{col} \\ v_{col} \end{pmatrix}$$

自此，在 u ， v 座標中表達之 $\mathbf{w}_{col}$ 為

$$= \frac{1}{\det \mathbf{T}} \begin{pmatrix} w'_{u_{col}} \cos \varphi_1 \sin \varphi_2 - w'_{v_{col}} \cos \varphi_2 \sin \varphi_1 & (w'_{u_{col}} - w'_{v_{col}}) \cos \varphi_2 \sin \varphi_2 \\ (w'_{v_{col}} - w'_{u_{col}}) \cos \varphi_1 \sin \varphi_1 & w'_{v_{col}} \cos \varphi_1 \sin \varphi_2 - w'_{u_{col}} \cos \varphi_2 \sin \varphi_1 \end{pmatrix}$$

【0086】 在使用藉由區段之OCW的情況下，在新座標 u' ， v' 中獨立於兩個方向來判定顏色權重。在新座標 u' ， v' 中表達，OCW位置 u'_{ocw} 與 v'_{ocw} 獨立於彼此意謂 u'_{ocw} 並不取決於 $w'_{v_{col}}$ 權重或 v'_{col} 位置，且 v'_{ocw} 並不取決於 $w'_{u_{col}}$ 權

重或 u'_{col} 位置。當在舊座標 u, v 中表達經判定OCW位置時，其中 u_{ocw} 及 v_{ocw} 被表達為 $w'_{u_{col}}$ 及 $w'_{v_{col}}$ 之函數，經最佳化位置 u_{ocw} 及 v_{ocw} 兩者可被書寫為在 u 及 v 兩個方向上之顏色 u_{col} 及 v_{col} 以及兩個顏色權重 $w'_{u_{col}}$ 及 $w'_{v_{col}}$ 之加權組合。若對座標 u', v' 滿足權重約束之總和，則對在座標 u, v 中表達之對應顏色權重亦滿足約束：

$$\sum_{col} w_{col} = 1$$

【0087】 下文向根據分段之此OCW之實例提供篩網BF標記，該篩網BF標記具有較佳方向且具有角度 $\phi_1 = -45^\circ$ 及 $\phi_2 = 45^\circ$ 。可將舊座標描述為具有 0° 之方向之 u 及具有 90° 之方向之 v 。對於此特定實例，在上文所闡明的根據分段之OCW演算法之後，可將在座標 u 及 v 中表達之顏色權重矩陣書寫為：

$$W_{col} = \frac{1}{2} \cdot \begin{pmatrix} w'_{u_{col}} + w'_{v_{col}} & w'_{u_{col}} - w'_{v_{col}} \\ w'_{v_{col}} - w'_{u_{col}} & w'_{u_{col}} + w'_{v_{col}} \end{pmatrix}$$

對於針對新座標基於 $\phi_1 = -45^\circ$ 及 $\phi_2 = 45^\circ$ 之經變換座標角度判定之此顏色權重矩陣，可將在 u 及 v 中表達之OCW位置書寫為：

$$\begin{aligned} u_{ocw} &= \frac{1}{2} \sum_{col} (w'_{u_{col}} + w'_{v_{col}}) \cdot u_{col} + (w'_{u_{col}} - w'_{v_{col}}) \cdot v_{col} \\ v_{ocw} &= \frac{1}{2} \sum_{col} (w'_{v_{col}} - w'_{u_{col}}) \cdot u_{col} + (w'_{u_{col}} + w'_{v_{col}}) \cdot v_{col} \end{aligned}$$

展開之OCW

【0088】 在基於 u, v 座標之規則OCW之實例中，將針對 u 及 v 方向之顏色權重 $w_{u_{col}}$ 及 $w_{v_{col}}$ 獨立於彼此進行判定。在根據分段之OCW中，使用 u', v' 座標將 $w'_{u_{col}}$ 及 $w'_{v_{col}}$ 獨立於彼此進行判定，但當以舊座標 u, v 表達OCW位置時， u_{ocw} 及 v_{ocw} 並不獨立於權重 $w'_{u_{col}}$ 及 $w'_{v_{col}}$ 及在另一方向上連結之顏色 u_{col} 及 v_{col} 。兩種方法提供藉由獨立判定在兩個方向上之顏色權重而判定最佳顏色權重方面的2個自由度。

【0089】 在OCW之一些實施中，用以判定OCW位置之自由度之數目進一步增加為每顏色多於2個。此可藉由將額外係數加至顏色權重以用於判定OCW位置來達成。具體言之，增加自由度可藉由將單獨顏色權重元素加於顏色權重矩陣之未在主對角線上的一或多個位置處予以判定。所得顏色權重矩陣包含獨立於彼此的多於兩個單獨顏色權重。顏色權重係獨立的，此係因為一個顏色權重之值並不取決於其他單獨顏色權重中之任何一或多者之值。

【0090】 此方法不同於根據分段之OCW，該根據分段之OCW可具有處於除在主對角線上之外的位置中之非零顏色權重矩陣元素，但該等顏色權重矩陣元素中之每一者僅依據兩個單獨獨立顏色權重 $w'_{u_{col}}$ 及 $w'_{v_{col}}$ 而互連。

【0091】 具有多於兩個自由度之OCW之實施為擴展之OCW，其中將兩個額外獨立顏色權重加至每一顏色權重矩陣以用於判定OCW：

$$\mathbf{w}_{col} = \begin{pmatrix} w_{uu_{col}} & w_{uv_{col}} \\ w_{vu_{col}} & w_{vv_{col}} \end{pmatrix}$$

在擴展之OCW中，使用以上顏色權重矩陣以判定 u_{ocw} 及 v_{ocw} 。四個單獨顏色權重 $w_{uu_{col}}$ 、 $w_{uv_{col}}$ 、 $w_{vu_{col}}$ 、 $w_{vv_{col}}$ 皆可獨立於彼此予以判定。以上矩陣在擴展之OCW中用以計算OCW位置 u_{ocw} 、 v_{ocw} ：

$$\begin{pmatrix} u_{ocw} \\ v_{ocw} \end{pmatrix} = \sum_{col} \mathbf{w}_{col} \times \begin{pmatrix} u_{col} \\ v_{col} \end{pmatrix}$$

在擴展之OCW中，亦可應用權重約束之總和，亦即，此處以矩陣式書寫的以下方程組可需要藉由顏色權重來滿足：

$$\sum_{col} \mathbf{w}_{col} = \mathbf{I}$$

以非矩陣式，可將擴展之OCW方程式書寫為：

$$u_{ocw} = \sum_{col} w_{uu_{col}} \cdot u_{col} + w_{uv_{col}} \cdot v_{col}$$

$$v_{ocw} = \sum_{col} w_{vu_{col}} \cdot u_{col} + w_{vv_{col}} \cdot v_{col}$$

及 $\sum_{col} w_{uu_{col}} = 1, \sum_{col} w_{vv_{col}} = 1, \sum_{col} w_{uv_{col}} = 0, \sum_{col} w_{vu_{col}} = 0$ 。

【0092】 若標記橫越複數個方向包含已形成為同一程序層之部分的一個、多個或全部特徵，則彼程序中發生之變形可在彼等多個方向中之一些或全部上影響特徵。舉例而言，標記可在 u 及 v 方向或 u' 及 v' 方向上具有已受到對應及/或相關變形影響的特徵。在此類狀況下，使最佳化顏色權重位置取決於兩個方向之顏色位置可導致較準確結果，且因此擴展之OCW可提供增加且較佳最佳化，從而改良疊對。

【0093】 可將應用至量測參數(對準資料)之所描述線性加權方法廣義化為量測參數之映射。如先前所描述，映射通常為量測參數之線性加權和。然而，本發明不限於線性加權和，而是亦可利用諸如用於機器學習演算法中之訓練映射。

【0094】 所描述之最佳顏色加權方法不限於將顏色用作所關注操作參數，亦可利用不同偏振模式以導出如藉由例如對準感測器系統(量測標記位置)所量測之不同量測參數。相干度亦可被認為係操作參數(在相干度例如可調整之狀況下，舉例而言，藉由調整雷射特性，可調整時間及/或空間相干性)。亦可考慮不同量測參數，舉例而言，在操作參數為顏色且感測器系統為位階感測器之狀況下，量測參數將為與經受位階感測器量測之基板相關聯的聚焦值。與位階感測器量測相關聯的品質參數為在基板之曝光期間產生之聚焦誤差。

【0095】 圖6a為示意性地說明晶圓對準、曝光及疊對量測程序之流程圖。如所展示，在步驟601處，使用多個不同顏色(感測器系統之操作參數)來進行晶圓對準掃描。在步驟602處，使用顏色配方以判定應如何應用

不同顏色量測以判定用於對準晶圓之晶圓標記物位置。在步驟604處，藉由裝置使用自先前步驟判定之標記物位置來對準晶圓(或層)。在步驟604處，基於資料對晶圓定位進行調整，該資料係自在前一階段(亦即在處理晶圓之底層之後)對晶圓進行之量測提供。在步驟605處，接著將晶圓曝光至處理階段(如上文參看圖1所描述)。在步驟606處，進行疊對量測且將疊對資料提供至訓練資料處理器(APC)。在步驟607處，APC評估疊對資料以判定與預期位置之任何偏差，且使用此以提供對下一晶圓/層之對準之校正。

【0096】 圖6b為示意性地說明另一晶圓對準、曝光及疊對量測程序之流程圖。以上針對圖6a所描述之相同步驟在圖6b中具有相同元件符號。一個差異在於：在與圖6a中之步驟602相同的地點發生的步驟602'處，代替每次應用相同顏色配方，使用最佳顏色權重來判定用於對準晶圓之標記物位置。另一差異在於：在步驟607'處，代替簡單地判定如自疊對判定之對準校正，將更多資料用作訓練資料。此資料包括針對在步驟601處獲得之顏色中之每一者之對準量測資料608，以及來自先前晶圓量測(步驟606)之疊對資料。任何其他相關資料，諸如堆疊資料611亦可用於訓練資料。訓練資料接著不僅用以在步驟604處提供晶圓定位對準校正，而且用以更新在步驟602'處使用之最佳顏色權重609且更新在步驟603處使用之基板柵格模型610。

【0097】 自圖6b將顯而易見的是，系統在其正使用時係學習的，從而不斷更新用於OCW量測及對準工序之權重。因此，以上所描述之方法之主要優點為，將會考量及校正所使用之感測器系統之操作參數的任何局部的裝置特定變化。使用的感測器系統及裝置愈多，對準就將變得愈佳。

【0098】 本文所描述之最佳顏色加權(OCW)技術將同時量測之來自所有波長之對準資訊組合且計算待用於顏色之線性組合中的最佳集合權重，使得經量測對準位置對標記變形最不敏感。然而，標記物經蝕刻之堆疊或覆蓋標記之堆疊的性質可隨時間改變。當該改變影響堆疊之光學屬性(例如折射率)時，標記對各種操作參數(顏色、偏振狀態)之回應亦可相應地改變。堆疊屬性之此等改變的含意可為：待用於操作參數之線性組合中的某一最佳權重集合可能不再為最佳的。

【0099】 另外，標記變形可歸因於例如處理設備(比如CMP工具及沈積設備)之特性改變而隨時間改變。舉例而言，標記變形可在經蝕刻至基板中時自類地板傾斜變形改變成頂部傾斜變形及/或標記之側壁角改變。標記變形特性之改變的結果可能為：與顏色之線性組合相關聯的權重之先前經判定最佳集合不再最佳(例如將造成基板之次佳對準且因此疊對品質可受損)。

【0100】 在本發明中提議週期性地判定權重之最佳集合，從而得到基板之間的最少量之疊對變化。在基於經判定之權重集合計算之品質參數之基板間變化顯著偏離品質參數之先前觀測到之晶圓間變化的狀況下，很可能已發生半導體製造程序內之一或多個程序之改變。換言之，在基於品質參數之新近觀測到之基板間變化而判定之新權重集合顯著偏離先前經判定權重集合的狀況下，很可能已發生半導體製造程序內之一或多個程序之改變。

【0101】 在一實施例中，半導體製造程序之條件係藉由以下各操作而判定：a)判定操作參數之最佳化值(例如與對準之顏色相關聯的新權重集合)；及b)比較經判定操作參數與參考操作參數(例如與對準之顏色相關

聯的先前經判定之權重集合)；及c)基於該比較而判定條件。

【0102】 在存在與對準感測器之顏色相關聯的先前經判定之權重集合之狀況下，可將參考操作參數表示為向量。舉例而言，當針對紅色之最佳權重為+1且針對綠色之最佳權重為-1時，可將參考操作參數表示為向量 $\langle 1, -1 \rangle$ 。此向量不具有與其正交補 $\langle 1, 1 \rangle$ 平行的分量。舉例而言，分量向量 $\langle 1, -1 \rangle$ 係與(經蝕刻)對準標記之頂部傾斜變形相關聯，且分量向量 $\langle 1, 1 \rangle$ 係與(經蝕刻)標記之側壁角變形相關聯。在存在程序改變之狀況下，權重之新最佳集合針對紅色可變為1.2且針對綠色可變為0.6。操作參數之新最佳化值現在可由向量 $1.2 * \langle 1, -1 \rangle + 0.6 * \langle 1, 1 \rangle$ 表示。顯然，向量 $\langle 1, 1 \rangle$ 變得更相關，從而指示經蝕刻對準標記根據側壁角剖面(亦)變得變形。藉由監視最佳操作參數之向量表示，可監視半導體製造程序。

【0103】 在一實施例中，最初基於品質參數(基板間)變化及其對操作參數之變化的敏感度來判定權重之最佳集合。隨後，經量測基板藉由向量之正交(或正規正交)集合而進一步特性化，向量之該正交集合表示量測資料之基板間變化內所存在的操作參數之比率。舉例而言，當與紅色相關聯的對準資料表明晶圓相依變化 $f(w_i)$ (晶圓「 w_i 」之函數)且與綠色相關聯的對準資料表明晶圓相依變化 $-f(w_i)$ 時，據稱向量表示 $\langle 1, -1 \rangle$ 存在於量測資料中。在出現程序改變之狀況下，可能發生的是，對準資料之變化發生改變；舉例而言，紅色可表明晶圓相依變化 $3 * g(w_i)$ ，而綠色可表明晶圓相依變化 $g(w_i)$ ，該向量表示為 $\langle 3, 1 \rangle$ 。可將向量 $\langle 3, 1 \rangle$ 書寫為其在 $\langle 1, -1 \rangle$ 上之投影 $1 * \langle 1, -1 \rangle$ 及其在 $\langle 1, 1 \rangle$ 上之投影 $2 * \langle 1, 1 \rangle$ ($\langle 1, 1 \rangle$ 為 $\langle 1, -1 \rangle$ 之正交補)。程序改變因此將分量 $\langle 1, 1 \rangle$ 引入至在之前並不存在的量測資料之變化中。權重之最佳集合現在可經最佳化使得其抑制在彼量測資料集合

中觀測到的最強分量(具有最大振幅之向量)。提議將新近經量測操作參數週期性地投影至對應於權重之最佳集合之校準之原始力矩的正交基準上。當振幅遍及向量之分佈已改變時，很可能已發生程序改變。

【0104】 在一實施例中，藉由以下各操作來監視半導體製造程序之條件：a)獲得如藉由本發明之一實施例所判定之操作參數之最佳化值，其中操作參數之該最佳化值被表示為具有個別操作參數作為基礎的第一向量；b)獲得量測資料之基板間變化之橫越操作參數的變化；c)判定與量測資料之預期最小基板間變化相關聯的操作參數之新值，其中操作參數之該新值被表示為具有個別操作參數作為基礎的第二向量；及d)基於該第一向量與該第二向量之比較而判定半導體製造程序之條件。

【0105】 在一實施例中，遵循以下步驟：a)獲得關於複數個基板之量測資料以及複數個操作參數；b)判定表示存在於量測資料內的操作參數之線性組合之向量集合；c)視情況：若可得到用於操作參數之權重之先前經判定之最佳集合，則自該向量集合減去該向量集合至由最佳權重之該先前經判定集合界定的空間之投影；d)將奇異值分解(SVD)應用至該向量集合；e)分析藉由先前步驟獲得之奇異值；與(接近)零奇異值相關聯的向量受到特別關注，此係因為其表示並不含有關於標記變形之資訊之操作參數之組合；f)基於與(接近)零奇異值相關聯的向量，計算所謂的「零核心」；該零核心基本上為線性向量空間，其表示並不受受到初始標記變形及/或初始堆疊(光學)屬性影響的操作參數之組合。

【0106】 在一實施例中，對奇異值進行排序且濾出超過臨限值的的所有奇異值。基於與未被濾出之奇異值相關聯的向量而判定零核心。

【0107】 藉由新近判定之操作參數資料(與一或多個基板相關聯)投

影於經判定零核心上來拾取處理條件之改變。在標記變形及/或堆疊屬性之性質改變之狀況下，新操作參數資料至零核心之投影發生改變，且因此零核心可在方法中用以監視及/或判定處理條件之改變。

【0108】 在一實施例中，針對複數個操作參數判定表示量測資料及/或效能資料之變化的向量之初始集合。該等向量表示與量測及/或品質參數之減小之基板間變化相關聯的操作參數之線性組合。針對複數個不同標記變形及/或堆疊屬性重複判定向量集合之工序。向量之總總因此描述針對標記變形及/或堆疊特性之標準集合之最佳選擇之操作參數(組合)。針對新基板及針對多個操作參數週期性地獲得新量測資料。使用新近獲得之量測資料以獲得與新最佳操作參數相關聯的新向量表示。將新近獲得之向量表示投影至向量之初始集合，且計算與至出自該向量集合之每一向量之投影相關聯的相對權重。隨後，對相對權重進行排序，且將低於臨限值之相對權重認為係零(例如濾出低於某一相關性量度的分量)。在一實施例中，監視最佳操作參數且將其向量表示分解成屬於向量之初始集合的向量。隨後執行分量之排序及臨限值之應用。非零分量之相對強度可被認為係半導體製造程序之KPI，此係因為可自此等分量(向量)推斷出經蝕刻標記如何受到影響(例如頂部傾斜、側壁角改變等)，此又可指示哪些程序步驟已改變。舉例而言，向量 $\langle 1, -1 \rangle$ 之相關性的大改變可指示對準標記之頂部傾斜屬性已改變，其通常與CMP程序步驟之漂移相關聯。

【0109】 體現上述原理之一種應用為校正所謂的標記至器件偏移(MTD)。此為對準標記具有與周圍產品特徵不同的至標稱之移位之效應。該效應係由具有比對準標記顯著更小的間距(亦即特徵之間的特徵寬度或間距)的產品特徵之存在造成，且因此曝光光行進通過投影透鏡之不同部

分。在存在例如由透鏡加熱造成的透鏡像差之狀況下，此導致間距相依移位。由於此等效應取決於特定掃描器上之照明設定及產品特徵之歷史，故其在晶圓之間或在批次之間並不穩定，且因此無法藉由APC系統完全校正。

【0110】 為此問題已提議的解決方案包括：標記設計及演算MTD (c-MTD)。標記設計受到設計規則、可偵測性及像差敏感度限制，而cMTD並不考量處理影響。

【0111】 另一方法涉及使用子分段標記。此處在基板上包括額外標記，其具有較精細間距(相似於產品特徵之間距)。此等所謂的子分段標記係由粗略間距標記(用於對準)及精細間距(用以遵守產品設計規則)組成。用於照明精細間距之標記的曝光光穿過投影透鏡之與用於產品特徵之曝光光相同的部分。由透鏡像差造成的間距相依移位或MTD引起微影誘發之標記不對稱性。此標記不對稱性導致在針對對準感測器之不同顏色之經對準位置方面的差異。

【0112】 可將OCW原理應用至子分段標記以判定針對子分段標記之不同顏色(操作參數)中之每一者的加權，然而在此狀況下，亦可考慮針對不同顏色中之每一者之透鏡像差的效應。自產品疊對資料得出用以判定顏色加權之訓練資料。

【0113】 應注意，一般而言，應用OCW以最小化程序誘發之標記不對稱性之影響，且特別適合於預期到處理問題之層(主要為後端光學微影-BEOL)。然而，MTD主要為關於前端光學微影-FEOL之問題，其中使用極值照明設定。

【0114】 圖7說明在三種情境中之MTD移位效應。在圖7之(a)中，

透鏡像差Z對針對器件(產品)特徵之較小間距之所感測疊對誤差(OVL)的影響被展示為 ΔD ，其基本上與透鏡像差Z線性地成比例，使得 $\Delta D = m1 + SdZ$ ，其中 $m1$ 為恆定偏移且 Sd 為器件像差敏感度。在圖7之(b)中，較大間距對準標記物展示偵測到之標記位置(APD)之移位 ΔM ，其再次基本上係線性的且與Z成比例，且獨立於照明輻射(顏色)使得不存在微影誘發之顏色不對稱性。在此狀況下， $\Delta M = m2 + SmZ$ ，其中 $m2$ 為恆定偏移且 Sm 為主要標記物像差敏感度。 ΔM 並不具有與 ΔD 相同的關係(亦即曲線圖之梯度)，此係因為照明輻射傳遞通過投影透鏡之不同部分。

【0115】 在圖7之(c)中，展示針對子分段標記之效應。此處，存在顏色(波長)相依性，其引起微影誘發之不對稱性(針對不同顏色之不同量測)。此處， $\Delta M = m3 + SmZ + K(\lambda)[Sm - Ss]Z$ ，其中 Ss 為分段標記敏感度且 $K(\lambda)$ 為堆疊敏感度。然而，藉由使用如上文所論述之OCW之原理，其中將不同加權應用至不同顏色，有可能判定顏色加權之量測，其非常接近於實際疊對誤差且考量到造成MTD移位之透鏡像差效應。

【0116】 為了校準將對MTD不敏感的顏色權重，校準集合可包括透鏡加熱效應。亦有可能自使用設計者分段標記(DSM)進行之量測獲得校準資料，其中具有故意MTD移位之標記用以針對每一顏色計算對準位置對MTD之敏感度。圖8以圖形方式展示實例校準。另一可能性為使用演算方法計算不同顏色之敏感度。

【0117】 相同原理亦可應用於用以量度疊對之度量衡標記，此係由於此等標記亦可經子分段且將遭受相似的標記至器件偏移。

【0118】 可由本文中所描述之OCW原理解決的另一問題係關於可橫越基板或晶圓發生的變化。迄今晶圓對準設定，諸如標記佈局、顏色及標

記類型用於整個晶圓。然而，標記不對稱性通常橫越晶圓在不同區中變化。將相同顏色設定用於整個晶圓之晶圓對準並不考量變化之標記不對稱性，且此可導致另外的晶圓間變化。舉例而言，在晶圓邊緣標記不對稱性很大之情形下，若晶圓邊緣處之標記引起不可接受大的誤差，則當前實踐為忽略此等標記。

【0119】 因此，實施例可藉由使用OCW來提供最佳化，以用於藉由將不同顏色加權應用至晶圓之不同區域或區帶而橫越晶圓表面區域應用晶圓對準。因此，，不同顏色加權實現了在標記不對稱性比晶圓之其餘部分更大或不同於晶圓之其餘部分的區域中之疊對誤差之減小。此外，當每區/區帶(亦即，邊緣對中心)應用正確顏色加權時，晶圓對準佈局最佳化的靈活性更大。

【0120】 圖9展示橫越晶圓之對準標記不對稱性標繪圖。該標繪圖展示用於晶圓上方之對準標記陣列之四個顏色之間的變化。與標記相關聯之箭頭愈大，標記不對稱度愈大。晶圓之邊緣上之標記不對稱性明顯較大。圖10中可看到相似效應，其中標繪圖(a)展示在作用顏色為近紅外線(NIR)的情況下之產品上疊對晶圓圖。標繪圖10之(b)展示使用兩色加權針對同一晶圓之產品上疊對晶圓圖。標繪圖10之(c)展示標繪圖10之(a)與10之(b)之間的差異，且明顯的是在NIR與TCW之間存在顯著差異。分佈於晶圓之邊緣周圍的區域中之差異最顯著。此表明標記不對稱性之影響橫越晶圓而變化。為了研究此行為，對晶圓之邊緣及對晶圓之中心執行TCW分析以判定用於晶圓上之區帶兩者之最佳顏色加權。

【0121】 可關於僅兩個顏色且應用兩色加權(TCW)來展示晶圓對準效能之改良。圖11含有兩個曲線圖，一個曲線圖係針對晶圓之邊緣處之標

記且另一曲線圖係針對中心處之標記。每一曲線圖展示針對平行於晶圓表面之兩個正交方向(X疊對及Y疊對)之疊對誤差依據不同兩色加權組合如何變化。在此狀況下之兩個顏色為綠色(亦即處於大約510奈米之可見光)及近紅外線(NIR)。兩色加權針對綠色為-1至2且針對NIR為2至-1。總權重始終為1。

【0122】 圖11展示針對晶圓之邊緣及針對晶圓之中心的最佳顏色加權(其中疊對誤差處於最小值)係不同的。對於晶圓之邊緣，運用-1加權之綠色與運用2加權之NIR之組合給出最佳效能，而針對晶圓之中心，運用-0.4加權之綠色與運用1.4加權之NIR給出最佳效能。該等加權之間的差為20%。

【0123】 應瞭解，可藉由使用較多顏色/顏色加權來實現較大改良。

【0124】 將顏色加權應用至晶圓之不同區帶(最終每標記)會降低在晶圓之邊緣處以及在中心之標記不對稱性的影響。對於可應用此方法之晶圓之每一區帶，存在不同顏色設定(顏色，加權)。以此方式，使用者可最佳化用於晶圓之不同區帶之晶圓對準策略，且微調晶圓對準以減小在其程序期間之晶圓間變化。

【0125】 在以上所描述之晶圓處理方法中，應用對疊對晶圓間變化有影響的疊對校正之兩個集合。一個校正係來自對準。在使晶圓曝光之前，由掃描器對準感測器量測彼晶圓上之對準標記，且使用預定義對準模型對對準量測計算校正集合。在曝光期間，接著將校正應用至彼晶圓。另一校正係每晶圓之疊對程序校正。在晶圓曝光之後，將其發送至疊對度量衡工具以量測疊對標記。經量測疊對用以計算校正集合，該校正集合用於設定隨後曝光。可每個晶圓進行此校正。

【0126】 該兩種校正方法各自具有優缺點。總是每個晶圓進行對準且對準為即時校正，但對準標記之數目歸因於有限量測時間而受到限制且其可受到對準標記不對稱性不利地影響。每晶圓之疊對校正具有更多校正能力-可量測每晶圓之多個疊對標記-但該校正通常並非「即時的」：例如時間濾波器用於批次控制。

【0127】 對準及每晶圓疊對校正具有相同目標，其為減小疊對晶圓間變化。分別進行兩種方法之設置：對於對準校正，設置係基於最佳化對準模型、取樣及顏色；而對於疊對校正，設置係基於最佳化疊對模型、取樣、量測頻率等。然而，獨立設置並不考量對準與疊對之間的相互作用。因此，該等設定可為次佳的。

【0128】 此要點在圖12中示意性地說明。頂部圖解展示用於使用多個不同顏色、模型及佈局來判定OCW以用於對準校正的程序。疊對量測用以評估顏色、模型及佈局之最佳組合，且如上文所描述，針對對準校正程序判定最佳顏色加權。底部圖解展示使用多個頻率、模型及佈局針對疊對校正之相對應的程序。疊對量測用以評估頻率、模型及佈局之最佳組合，且再次針對對準校正程序判定最佳顏色加權。應注意，最佳顏色加權針對該兩種校正工序將為不同的。

【0129】 在本發明之實施例中，如圖13中所展示，疊對之評估用以提供單一評估，以判定針對對準校正及疊對校正兩者之最佳組合。因此，藉由基於相同疊對量測同時評估設定，判定對準設定參數及疊對設定參數之單一組合，其對於對準及疊對校正之組合係最佳的，但可能變得不同於對準及疊對校正中之僅一者或另一者所判定之設定中的任一者。

【0130】 最佳顏色加權(OCW)之所描述方法為用以最小化處理假影

(例如影響標記)對微影裝置之控制之影響的極有效方法。然而，並非在所有狀況下皆需要利用OCW方法。可能的情形為：a)處理誘發之晶圓間品質參數(例如疊對)變化較小或不可校正；該處理誘發之變化接著將不存在於最終結果中；及/或b)標記對處理假影足夠穩固且讀取針對任何所選擇操作參數之標記(或在位階感測器讀出之狀況下之堆疊)將給出相似結果。可需要針對經受半導體製造程序的基板上之每一層進行OCW之價值之評估。在一實施例中，針對所關注層集合，判定i)與品質參數相關聯的可校正值之晶圓間變化及ii)橫越操作參數之量測資料之變化的晶圓間變化兩者。可自OCW構架排除關於可校正值之晶圓間變化及/或量測資料變化之晶圓間變化低於某一臨限值的層。

【0131】 在一實施例中，基於評估以下各者來選擇與基板相關聯的層：a)與該層相關聯的品質參數之第一基板間變化；及b)與該層相關聯的量測參數之間的橫越選擇之操作參數的變化之第二基板間變化。

【0132】 在一實施例中，在第一基板間變化及第二基板間變化超過臨限值之狀況下，選擇該層以用於應用OCW演算法。

【0133】 在一實施例中，第一基板間變化及第二基板間變化經組態為半導體程序之KPI。藉由例如將此等KPI標繪於一個標繪圖中(x軸為與第一基板間變化相關聯的第一KPI之值，且y軸為與第二基板間變化相關聯的第二KPI之值)來及時監視該等KPI。

【0134】 在第一KPI及第二KPI兩者超過臨限值之狀況下，可決定藉由重新計算經組態以得到品質參數之最小基板間變化的最佳操作參數從而判定新OCW配方。在品質參數之變化與橫越操作參數之量測資料之可變性耦合時，可得出以下結論：a)量測受到處理之改變明確地影響，及b)結

果效能(由品質參數表示)受損。因此，重新計算最佳操作參數將很可能改良效能(例如減小第一基板間變化)且因此有意義。

【0135】 替代地，可將第一KPI及第二KPI兩者集總成單KPI。在此狀況下，可決定在單KPI超過臨限值時判定新OCW配方。

【0136】 在僅第二KPI超過臨限值之狀況下，標記很可能受到處理之改變影響，但此不會導致效能明顯惡化。可得出以下結論：當前OCW設定(包含最佳操作參數設定之配方)足以控制改變之處理。

【0137】 在僅第一KPI超過臨限值之狀況下，程序誘發之標記變形及/或堆疊特性改變很可能並不負責品質參數可變性之所觀測到之改變。因此重新計算最佳操作參數的意義較小。

【0138】 在以下經編號條項之清單中揭示了本發明之另外實施例：

1. 一種用於判定一感測器系統之一操作參數之一或多個最佳化值的方法，該感測器系統經組態以用於量測一基板之一屬性，該方法包含：

判定關於複數個基板之一品質參數；

判定針對該操作參數之複數個值使用該感測器系統所獲得的關於該複數個基板之量測參數；

比較該品質參數之一基板間變化與該等量測參數之一映射之一基板間變化；及

基於該比較判定該操作參數之該一或多個最佳化值。

2. 如條項1之方法，其中該映射為基於機器學習方法之一加權和、一非線性映射或一訓練映射。

3. 如條項1之方法，其進一步包含判定權重因子之一最佳集合的一步驟，該等權重因子用於基於該比較對與該操作參數之一第一值相關聯的該

量測參數及與該操作參數之一第二值相關聯的該量測參數進行加權。

4. 如任一前述條項之方法，其中該品質參數為一疊對或聚焦參數。

5. 如任一前述條項之方法，其中該量測參數為提供至該複數個基板之一特徵之一位置或該基板上之一部位之一平面外偏差。

6. 如任一前述條項之方法，其中該操作參數為與來自該感測器系統之一光源相關聯的一參數。

7. 如條項5之方法，其中該操作參數為該光源之一波長、偏振狀態、空間相干性狀態或時間相干性狀態。

8. 如任一前述條項之方法，其中使用一度量衡系統來判定該品質參數。

9. 如條項1至6中任一項之方法，其中使用一模擬模型來判定該品質參數，該模擬模型基於以下各者中之任一者預測該品質參數：內容脈絡資訊、量測資料、重建構資料、混合度量衡資料。

10. 一種用於判定一半導體製造程序之一條件之方法，該方法包含：
根據任一前述條項判定該操作參數之該最佳化值；
比較該經判定操作參數與一參考操作參數；及
基於該比較判定該條件。

11. 一種用於最佳化來自一感測器系統之量測資料之方法，該感測器系統經組態以用於量測一基板之一屬性，該方法包含：

獲得關於複數個基板之疊對資料，其中該疊對表示一基板上之一對準標記物之一經量測位置與一預期位置之間的一偏差且包含由一感測器系統進行的該對準標記物位置之複數個量測，該複數個量測中之每一者利用該感測器系統之一不同操作參數；

基於該所獲得疊對資料且針對該等不同操作參數中之每一者，判定一權重以用於調整利用該操作參數所獲得的該等量測，使得組合對由該感測器系統針對所有該等不同操作參數進行之該等量測的該等加權調整以最小化該疊對。

12.如條項11之方法，其中該操作參數為與來自該感測器系統之一輻射源相關聯的一參數。

13.如條項12之方法，其中該操作參數為該光源之一波長、偏振狀態、空間相干性狀態或時間相干性狀態。

14.如條項1至9中任一項之方法，其中針對該基板之不同區帶來執行基於該比較判定該操作參數之該一或多個最佳化值。

15.如條項14之方法，其中該等不同區帶包含緊接該基板之一邊緣的一區帶及緊接該基板之一中心的一區帶。

16.如條項14或條項15之方法，其中每一區帶包含施加至該基板之一或多個對準標記。

17.如條項14或條項15之方法，其中每一區帶對應於施加至該基板之複數個對準標記之一個別對準標記。

18.如條項1至9中任一項之方法，其中該量測參數為一標記之一經量測位置，且該品質參數為一標記至器件移位，該操作參數之該等最佳化值經判定以便最佳化該品質參數使得一基板間變化最小。

19.如條項18之方法，其中該等操作參數為與一輻射源相關聯之參數，來自該源之輻射經導向於該基板處，且該操作參數之該最佳化值係藉由應用一加權以用於調整利用該操作參數所獲得的該等量測予以判定。

20.如條項19之方法，其中導向於該基板處的來自該源之該輻射在靶

向該基板之後係由一感測器系統收集。

21.如條項19之方法，其中該加權包括用於將輻射導向於該基板處及/或用於由該感測器系統收集輻射的一透鏡之一透鏡加熱效應。

22.如條項18至21中任一項之方法，其進一步包含判定對於該等操作參數之該等加權以用於使用自具有子分段標記之基板獲得之量測來量測子分段標記，該等子分段標記具有應用至其之故意標記至器件移位，以便判定該操作參數對標記至器件移位之一敏感度。

23.如條項1至9中任一項之方法，其用於最佳化用以控制基板之處理的度量衡系統之操作參數，其中該感測器系統包含與一第一量測系統相關聯的一第一感測器系統及與一第二量測系統相關聯的一第二感測器系統，該第一量測系統經組態以在處理之前量測一基板之一第一特性，且該第二量測系統經組態以在處理之後量測該基板之一第二特性，其中該方法包含：

判定針對該操作參數之該複數個值使用該第一感測器系統所獲得的關於該複數個基板之該等量測參數之一第一集合；

判定針對該操作參數之該複數個值使用該第二感測器系統所獲得的關於該複數個基板之該等量測參數之一第二集合；

比較該品質參數之一基板間變化與關於量測參數之該第一集合及該第二集合中之每一者的該等量測參數之一映射之一基板間變化；且

其中該判定該等操作參數之一或多個最佳化值包含同時最佳化與該第一量測系統相關聯的操作參數之一第一集合及與該第二量測系統相關聯的操作參數之一第二集合，其中該最佳化減輕該第二特性之一基板間變化。

24.如條項23之方法，其中該品質參數為在處理之後自該基板之該經量測第二特性判定之一疊對。

25.如條項1之方法，其中該品質參數及該量測參數係與一特定層相關聯，該特定層係與該複數個基板相關聯。

26.如條項25之方法，其中基於評估以下各者來選擇該特定層：i)與該特定層相關聯的該品質參數之一第一基板間變化；及ii)與該特定層相關聯的該等量測參數之間的變化之一第二基板間變化。

27.如條項26之方法，其中在該第一基板間變化及該第二基板間變化超過一臨限值之狀況下選擇該特定層。

28.一種用於監視一半導體製造程序之條件之方法，該方法包含：

a. 使用如條項1至27中任一項之方法獲得該操作參數之一最佳化值；

b. 獲得使用該感測器系統針對該操作參數之複數個值所獲得的關於一另外基板之量測參數；

c. 判定與該量測資料之一預期最小基板間變化相關聯的該操作參數之一新值；及

d. 基於該操作參數之該最佳化值與該新值之比較而判定該半導體製造程序之該條件。

29.如條項1之方法，其中該操作參數之該等最佳化值包含與該等量測參數之一第一座標相關聯的一第一值集合，及與該等量測參數之一第二座標相關聯的一第二值集合。

30.如條項29之方法，其進一步包含：

判定平行於一標記之一第一優先方向之一第三座標；

判定平行於一標記之一第二優先方向之一第四座標；

判定與該第三座標相關聯的該操作參數之一第三最佳化值集合，及與該第四座標相關聯的該操作參數之一第四最佳化值集合；

判定自該第三座標及該第四座標至該第一座標及該第二座標的一變換；及

使用該經判定變換將在該第三座標及該第四座標中的該等操作參數之該等經判定最佳化值變換成在該第一座標及該第二座標中的該等操作參數之最佳化值。

31. 如條項29之方法，其中該操作參數之該等第一值獨立於該操作參數之該等第二值予以最佳化。

【0139】 圖15為說明可輔助實施本文所揭示之方法及流程之電腦系統100的方塊圖。電腦系統100包括用於傳達資訊之匯流排102或其他通信機構，及與匯流排102耦接以用於處理資訊之一處理器104（或多個處理器104及105）。電腦系統100亦包括耦接至匯流排102以用於儲存待由處理器104執行之資訊及指令的主記憶體106，諸如，隨機存取記憶體(RAM)或其他動態儲存器件。主記憶體106亦可用於在待由處理器104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100進一步包括耦接至匯流排102以用於儲存用於處理器104之靜態資訊及指令的唯讀記憶體(ROM) 108或其他靜態儲存器件。提供諸如磁碟或光碟之儲存器件110，且儲存器件110耦接至匯流排102以用於儲存資訊及指令。

【0140】 電腦系統100可經由匯流排102而耦接至用於向電腦使用者顯示資訊之顯示器112，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114耦接至匯流排102

以用於將資訊及命令選擇傳達至處理器104。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104且用於控制顯示器112上之游標移動的游標控制件116，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))中之兩個自由度，使得允許該器件指定在一平面中之位置。觸控面板(螢幕)顯示器亦可用作輸入器件。

【0141】 根據一項實施例，可由電腦系統100回應於處理器104執行主記憶體106中含有之一或多個指令之一或多個序列而執行程序之部分。可將此類指令自另一電腦可讀媒體(諸如儲存器件110)讀取至主記憶體106中。主記憶體106中所含有之指令序列之執行使處理器104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以執行主記憶體106中含有之指令序列。在一替代實施例中，可代替或結合軟體指令而使用硬連線電路系統。因此，本文之描述不限於硬體電路及軟體之任何特定組合。

【0142】 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104以供執行之任何媒體。此媒體可採取許多形式，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110。揮發性媒體包括動態記憶體，諸如主記憶體106。傳輸媒體包括同軸纜線、銅線及光纖，其包括包含匯流排102之電線。傳輸媒體亦可採取聲波或光波之形式，諸如，在射頻(RF)及紅外線(IR)資料通信期間產生之聲波或光波。電腦可讀媒體之常見形式包括例如軟碟、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、如下文所描述之載波，或可供電腦讀取之任何其他媒體。

【0143】 可在將一或多個指令之一或多個序列攜載至處理器104以供執行時涉及電腦可讀媒體之各種形式。舉例而言，最初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而發送指令。在電腦系統100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以將資料轉換成紅外線信號。耦接至匯流排102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102上。匯流排102將資料攜載至主記憶體106，處理器104自該主記憶體106擷取及執行指令。由主記憶體106接收之指令可視情況在由處理器104執行之前或之後儲存於儲存器件110上。

【0144】 電腦系統100亦理想地包括耦接至匯流排102之通信介面118。通信介面118提供對網路鏈路120之雙向資料通信耦合，網路鏈路120連接至區域網路122。舉例而言，通信介面118可為整合式服務數位網路(ISDN)卡或數據機以提供至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118可為區域網路(LAN)卡以提供對相容LAN之資料通信連接。亦可實施無線鏈路。在任何此類實施中，通信介面118發送且接收攜載表示各種類型之資訊之數位資料串流的電信號、電磁信號或光信號。

【0145】 網路鏈路120通常經由一或多個網路而向其他資料器件提供資料通信。舉例而言，網路鏈路120可經由區域網路122而向主機電腦124或向由網際網路服務提供者(ISP) 126操作之資料設備提供連接。ISP 126又經由全球封包資料通信網路(現在通常被稱作「網際網路」) 128而

提供資料通信服務。區域網路122及網際網路128兩者皆使用攜載數位資料串流之電信號、電磁信號或光信號。經由各種網路之信號及在網路鏈路120上且經由通信介面118之信號(該等信號將數位資料攜載至電腦系統100及自電腦系統100攜載數位資料)為輸送資訊的載波之實例形式。

【0146】 電腦系統100可經由網路、網路鏈路120及通信介面118發送訊息及接收資料，包括程式碼。在網際網路實例中，伺服器130可能經由網際網路128、ISP 126、區域網路122及通信介面118而傳輸用於應用程式之經請求程式碼。一個此類經下載應用程式可提供(例如)實施例之照明最佳化。所接收程式碼可在其被接收時由處理器104執行，及/或儲存於儲存器件110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100可獲得呈載波之形式的應用程式碼。

【0147】 本發明之實施例可以硬體、韌體、軟體或其任何組合予以實施。本發明之實施例亦可被實施為儲存於機器可讀媒體上之指令，該等指令可由一或多個處理器讀取及執行。機器可讀媒體可包括用於儲存或傳輸以可由機器(例如計算器件)讀取之形式之資訊的任何機構。舉例而言，機器可讀媒體可包括唯讀記憶體(ROM)；隨機存取記憶體(RAM)；磁碟儲存媒體；光學儲存媒體；快閃記憶體器件；電信號、光信號、聲信號或其他形式之傳播信號(例如載波、紅外線信號、數位信號等)，及其他者。另外，韌體、軟體、常式、指令可在本文中被描述為執行某些動作。然而，應瞭解，此等描述僅僅出於方便起見，且此等動作事實上係由計算器件、處理器、控制器或執行韌體、軟體、常式、指令等之計算器件引起。

【0148】 在方塊圖中，所說明之組件被描繪為離散功能區塊，但實施例不限於本文中所描述之功能性如所說明來組織之系統。由組件中之每

一者提供之功能性可由軟體或硬體模組提供，該等模組以與目前所描繪之方式不同之方式組織，例如，可摻和、結合、複寫、解散、分配(例如，在資料中心內或按地區)，或另外以不同方式組織此軟體或硬體。本文中所描述之功能性可由執行儲存於有形的、非暫時性機器可讀媒體上之程式碼之一或多個電腦之一或多個處理器提供。在一些狀況下，第三方內容遞送網路可主控經由網路傳達之資訊中的一些或全部，在此狀況下，在據稱供應或以另外方式提供資訊(例如，內容)之情況下，可藉由發送指令以自內容遞送網路擷取彼資訊提供該資訊。

【0149】 除非另外特定陳述，否則如自論述顯而易見，應瞭解，貫穿本說明書，利用諸如「處理」、「演算」、「計算」、「判定」或其類似者之術語的論述係指諸如專用電腦或相似專用電子處理/計算器件之特定裝置的動作或程序。

【0150】 讀者應瞭解，本申請案描述若干發明。申請人已將此等發明分組成單一文件，而非將彼等發明分離成多個單獨的專利申請案，此係因為該等發明之相關主題可在應用程序中有助於經濟發展。但不應合併此等發明之相異優點及態樣。在一些狀況下，實施例解決本文中所提及之所有缺陷，但應理解，該等發明係獨立地有用，且一些實施例僅解決此等問題之子集或提供其他未提及之益處，該等益處對於檢閱本發明之熟習此項技術者將顯而易見。歸因於成本約束，目前可不主張本文中所揭示之一些發明，且可在稍後申請案(諸如接續申請案或藉由修正本技術方案)中主張該等發明。相似地，歸因於空間約束，本發明文件之[發明摘要]及[發明內容]章節皆不應被視為含有所有此等發明之全面清單或此等發明之所有態樣。

【0151】應理解，描述及圖式並不意欲將本發明限於所揭示之特定形式，而正相反，本發明意欲涵蓋屬於如由所附申請專利範圍所界定之本發明之精神及範疇的所有修改、等效者及替代方案。

【0152】鑒於本說明書，本發明之各種態樣之修改及替代實施例將對於熟習此項技術者而言顯而易見。因此，本說明書及圖式應被解釋為僅為說明性的且係出於教示熟習此項技術者進行本發明之一般方式之目的。應理解，本文中所展示及描述之本發明之形式應被視為實施例之實例。元件及材料可替代本文中所說明及描述之元件及材料，部分及程序可被反轉，按次序改變或被省略，可獨立利用某些特徵，且可組合實施例或實施例之特徵，此皆如對熟習此項技術者在獲得本發明之本說明書之益處之後將顯而易見。可在不脫離如在以下申請專利範圍中所描述之本發明之精神及範疇的情況下對本文中所描述之元件作出改變。本文中所使用之標題係僅出於組織之目的，且不意欲用以限制本說明書之範疇。

【0153】如貫穿本申請案所使用，詞語「可」係在許可之意義(亦即，意謂有可能)而非強制性之意義(亦即，意謂必須)下予以使用。詞語「包括(include/including/includes)」及其類似者意謂包括但不限於。如貫穿本申請案所使用，單數形式「a/an/the」包括複數個參照物，除非內容另有明確地指示。因此，舉例而言，對「元件(an element/a element)」之參考包括兩個或多於兩個元件之組合，儘管會針對一或多個元件使用其他術語及片語，諸如「一或多個」。除非另有指示，否則術語「或」係非獨占式的，亦即，涵蓋「及」與「或」兩者。描述條件關係之術語，例如「回應於X，而Y」、「在X後，即Y」、「若X，則Y」、「當X時，Y」及其類似者涵蓋因果關係，其中前提為必要的因果條件，前提為充分的因果條

件，或前提為結果的貢獻因果條件，例如，「在條件Y獲得後，即出現狀態X」對於「僅在Y後，才出現X」及「在Y及Z後，即出現X」為通用的。此等條件關係不限於即刻遵循前提而獲得之結果，此係由於可延遲一些結果，且在條件陳述中，前提連接至其結果，例如，前提係與出現結果之可能性相關。除非另有指示，否則複數個特質或功能經映射至複數個物件(例如，執行步驟A、B、C及D之一或多個處理器)之陳述涵蓋所有此等特質或功能經映射至所有此等物件及特質或功能之子集經映射至特質或功能之子集兩者(例如，所有處理器各自執行步驟A至D，及其中處理器1執行步驟A，處理器2執行步驟B及步驟C之一部分，且處理器3執行步驟C之一部分及步驟D之狀況)。另外，除非另有指示，否則一個值或動作係「基於」另一條件或值之陳述涵蓋條件或值為單獨因子之情況及條件或值為複數個因子當中的一個因子之情況兩者。除非另有指示，否則某集合之「每一」例項具有某種屬性之陳述不應被理解為排除較大集合之一些另外相同或相似部件並不具有該屬性之狀況，亦即，各自未必意謂每個都。

【0154】 在某些美國專利、美國專利申請案或其他材料(例如論文)已以引用方式併入之範圍內，此等美國專利、美國專利申請案及其他材料之文字僅在此材料與本文中所闡述之陳述及圖式之間不存在衝突之範圍內併入。在存在此類衝突之情況下，在此類以引用方式併入的美國專利、美國專利申請案及其他材料中之任何此類衝突文字並不特定地以引用方式併入本文中。雖然上文已描述本發明之特定實施例，但應瞭解，可以與所描述之方式不同的其他方式來實踐實施例。

【符號說明】

【0155】

30	對準位置指示
32	標記物
34	幾何學上完美之基板
36	位置指示
38	實際基板
40	曲線圖
100	電腦系統
102	匯流排
104	處理器
105	處理器
106	主記憶體
108	唯讀記憶體(ROM)
110	儲存器件
112	顯示器
114	輸入器件
116	游標控制件
118	通信介面
120	網路鏈路
122	區域網路
124	主機電腦
126	網際網路服務提供者(ISP)
128	網際網路
130	伺服器

601	步驟
602	步驟
602'	步驟
603	步驟
604	步驟
605	步驟
606	步驟
607	步驟
607'	步驟
608	對準量測資料
609	最佳顏色權重
610	基板柵格模型
611	堆疊資料
A	實際對準標記位置
AD	調整器
AS	對準系統
B	輻射光束
BD	光束遞送系統
C	目標部分
CO	聚光器
E	標稱或預期位置
IF	位置感測器
IL	照明系統/照明器

IN	積光器
M1	光罩對準標記(圖1)/量測/經量測位置(圖2)
M2	光罩對準標記(圖1)/量測/經量測位置(圖2)
M3	量測/經量測位置
MA	圖案化器件/光罩
MT	光罩支撐結構/光罩台
P1	基板對準標記
P2	基板對準標記
PM	第一定位器件
PS	投影系統
PU	處理單元
PV ₁	處理變化/晶圓間程序變化
PV ₂	處理變化/晶圓間程序變化
PV ₃	處理變化/晶圓間程序變化
PV ₄	處理變化/晶圓間程序變化
PV ₅	處理變化/晶圓間程序變化
PW	第二定位器件/第二定位器
SO	輻射源
W	基板
WT	基板台
X	對準標記
x _i	顏色

【發明申請專利範圍】

【第1項】

一種用於判定一感測器系統之一操作參數之一或多個最佳化值 (optimized values) 的方法，該感測器系統經組態以用於量測一基板之一屬性，該方法包含：

判定關於複數個基板之一品質參數(quality parameter)；

判定針對該操作參數之複數個值使用該感測器系統所獲得的關於該複數個基板之量測參數；

比較該品質參數之一基板間變化(substrate to substrate variation)與該等量測參數之一映射之一基板間變化；及

基於該比較判定該操作參數之該一或多個最佳化值。

【第2項】

如請求項1之方法，其中該映射為基於機器學習方法之一加權和、一非線性映射或一訓練映射。

【第3項】

如請求項1之方法，其中該品質參數為一疊對或聚焦參數。

【第4項】

如請求項1之方法，其中該量測參數為提供至該複數個基板之一特徵之一位置或該基板上之一部位之一平面外偏差。

【第5項】

如請求項1之方法，其中該操作參數為與來自該感測器系統之一光源之一波長、偏振狀態、空間相干性狀態或時間相干性狀態相關聯的一參數。

【第6項】

如請求項1之方法，其中使用一度量衡系統及/或一模擬模型判定該品質參數，該模擬模型基於內容脈絡資訊及/或量測資料預測該品質參數。

【第7項】

如請求項1之方法，其中該操作參數之該等最佳化值包含與該等量測參數之一第一座標相關聯的一第一值集合，及與該等量測參數之一第二座標相關聯的一第二值集合。

【第8項】

如請求項1之方法，其中針對該基板之不同區帶來執行基於該比較判定該操作參數之該一或多個最佳化值。

【第9項】

如請求項1之方法，其中該量測參數為一標記之一經量測位置，且該品質參數為一標記至器件移位，該操作參數之該等最佳化值經判定以便最佳化該品質參數使得一基板間變化最小。

【第10項】

如請求項1之方法，其用於最佳化用以控制基板之處理的度量衡系統之操作參數，其中該感測器系統包含與一第一量測系統相關聯的一第一感測器系統及與一第二量測系統相關聯的一第二感測器系統，該第一量測系統經組態以在處理之前量測一基板之一第一特性，且該第二量測系統經組態以在處理之後量測該基板之一第二特性，其中該方法包含：

判定針對該操作參數之該複數個值使用該第一感測器系統所獲得的關於該複數個基板之該等量測參數之一第一集合；

判定針對該操作參數之該複數個值使用該第二感測器系統所獲得的

關於該複數個基板之該等量測參數之一第二集合；

比較該品質參數之一基板間變化與關於量測參數之該第一集合及該第二集合中之每一者的該等量測參數之一映射之一基板間變化；且

其中該判定該等操作參數之一或多個最佳化值包含同時最佳化與該第一量測系統相關聯的操作參數之一第一集合及與該第二量測系統相關聯的操作參數之一第二集合，其中該最佳化減輕該第二特性之一基板間變化。

【第11項】

如請求項1之方法，其中該品質參數及該量測參數係與一特定層相關聯，該特定層係與該複數個基板相關聯，且其中基於評估以下各者來選擇該特定層：

i)與該特定層相關聯的該品質參數之一第一基板間變化；及

ii)與該特定層相關聯的該等量測參數之間的變化之一第二基板間變化。

【第12項】

如請求項11之方法，其中在該第一基板間變化及該第二基板間變化超過一臨限值之狀況下選擇該特定層。

【第13項】

一種用於判定一半導體製造程序之一條件之方法，該方法包含：

根據請求項1判定該操作參數之該最佳化值；

比較該經判定操作參數與一參考操作參數；及

基於該比較判定該條件。

【第14項】

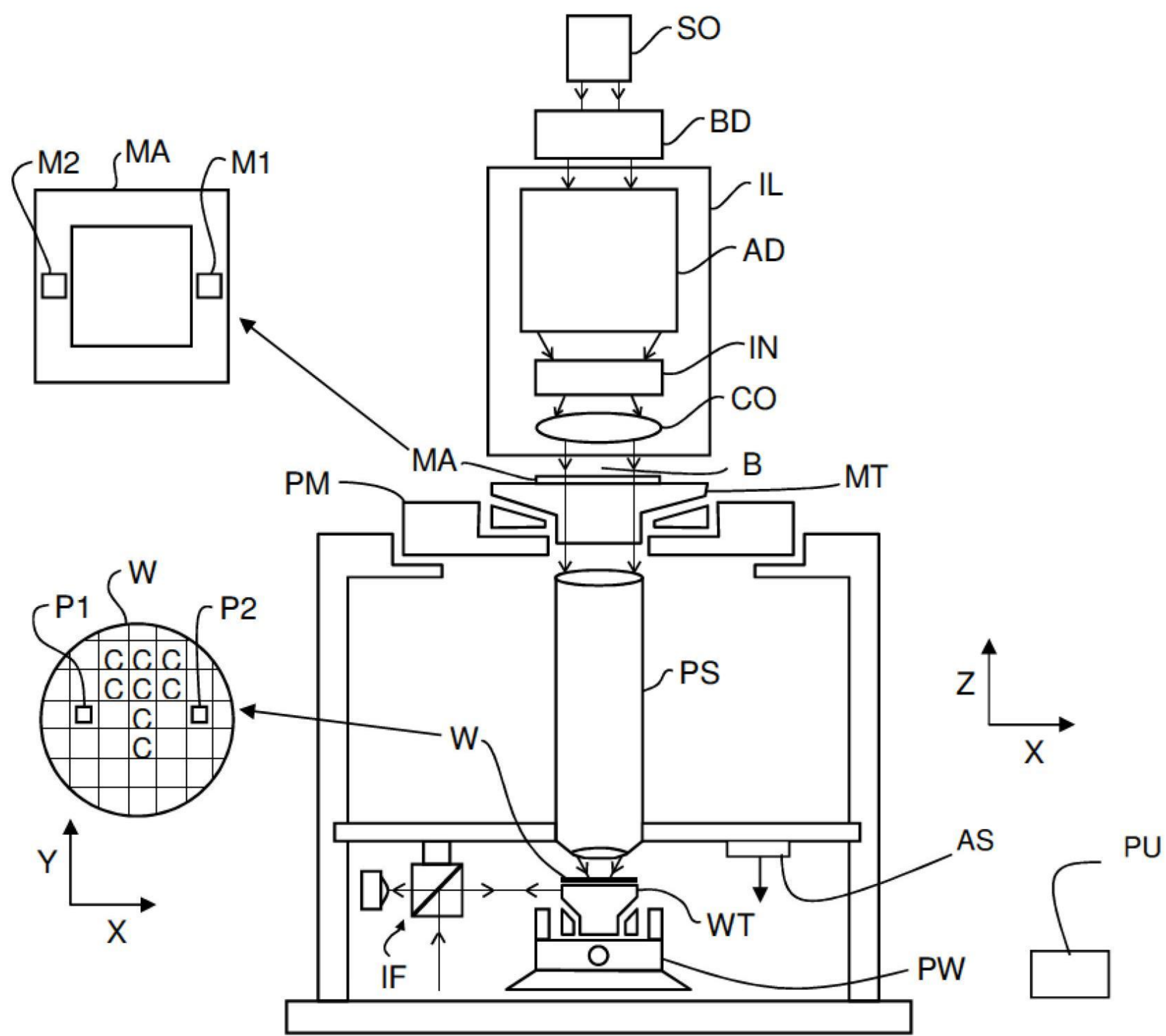
一種用於監視一半導體製造程序之條件之方法，該方法包含：

- a. 使用如請求項1之方法獲得該操作參數之一最佳化值；
- b. 獲得使用該感測器系統針對該操作參數之複數個值所獲得的關於一另外基板之量測參數；
- c. 判定與該量測資料之一預期最小基板間變化相關聯的該操作參數之一新值；及
- d. 基於該操作參數之該最佳化值與該新值之比較而判定該半導體製造程序之該條件。

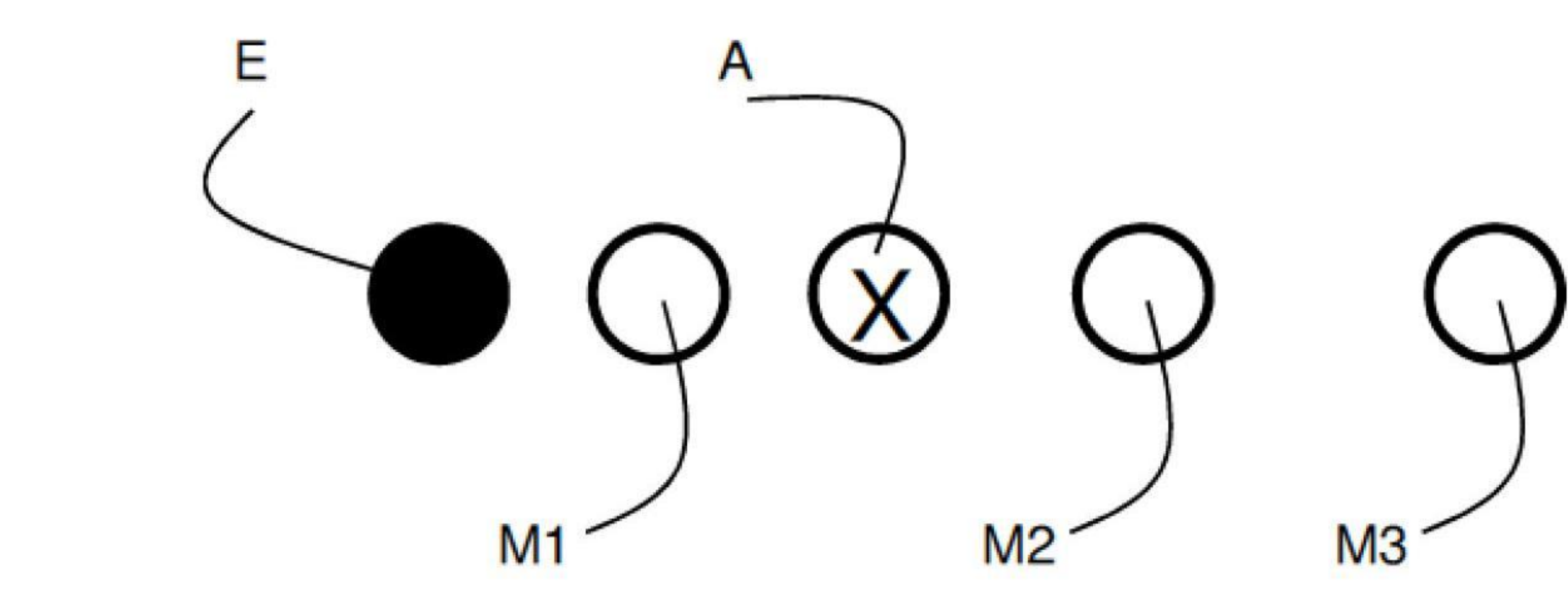
【第15項】

一種電腦程式產品，其包含可操作以在執行於一計算裝置上時執行如請求項1之方法的程式指令。

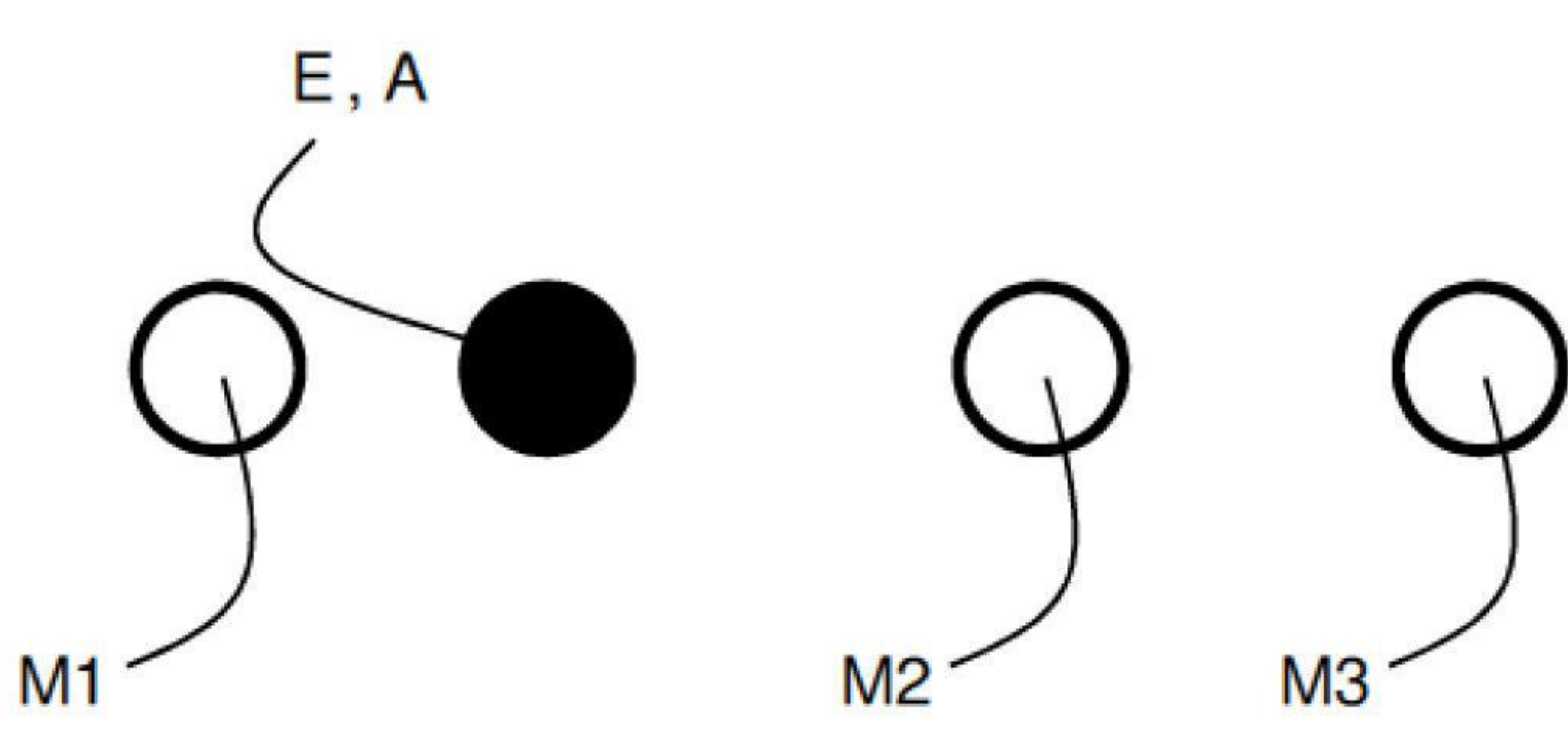
【發明圖式】



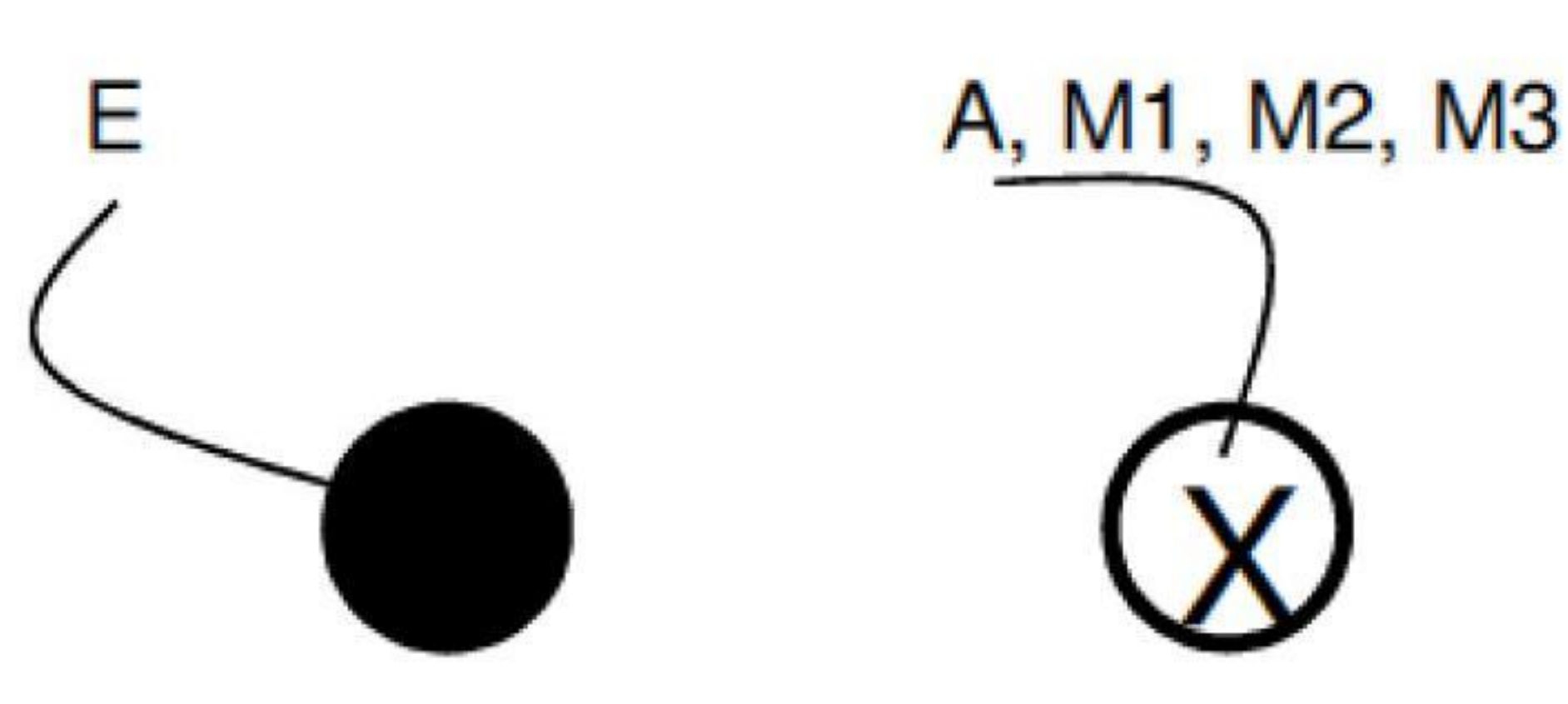
【圖1】



(a)

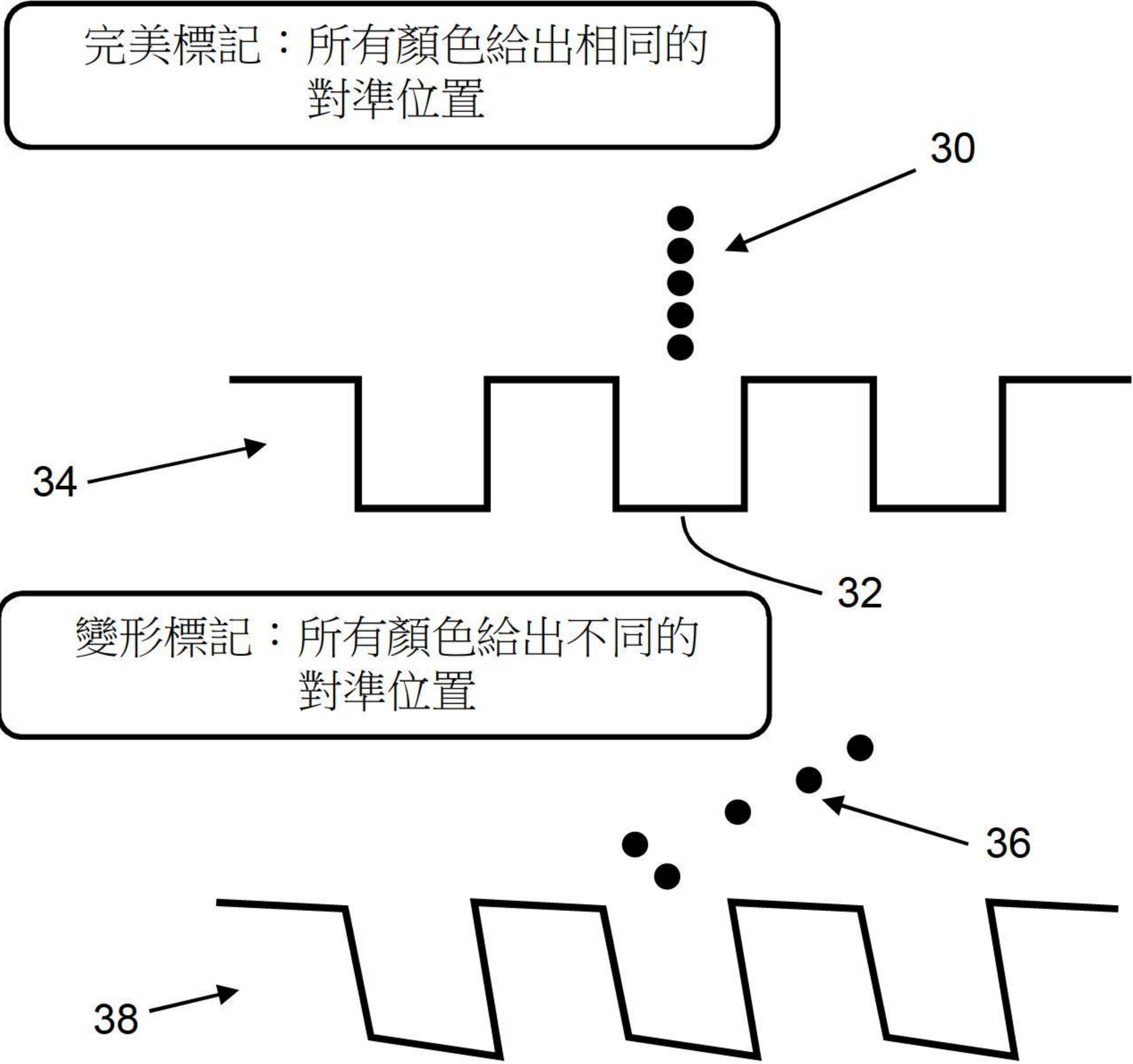


(b)

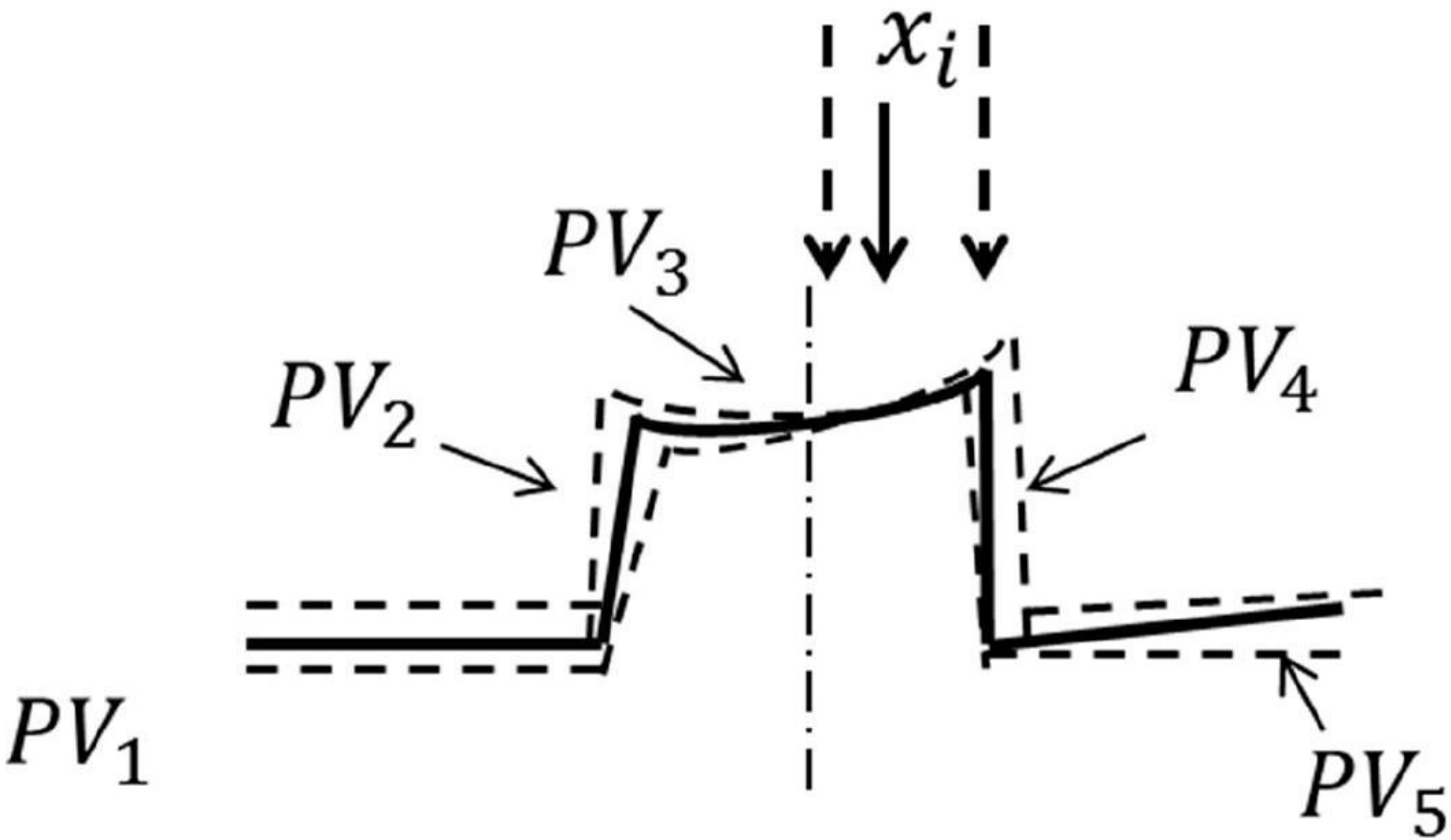


(c)

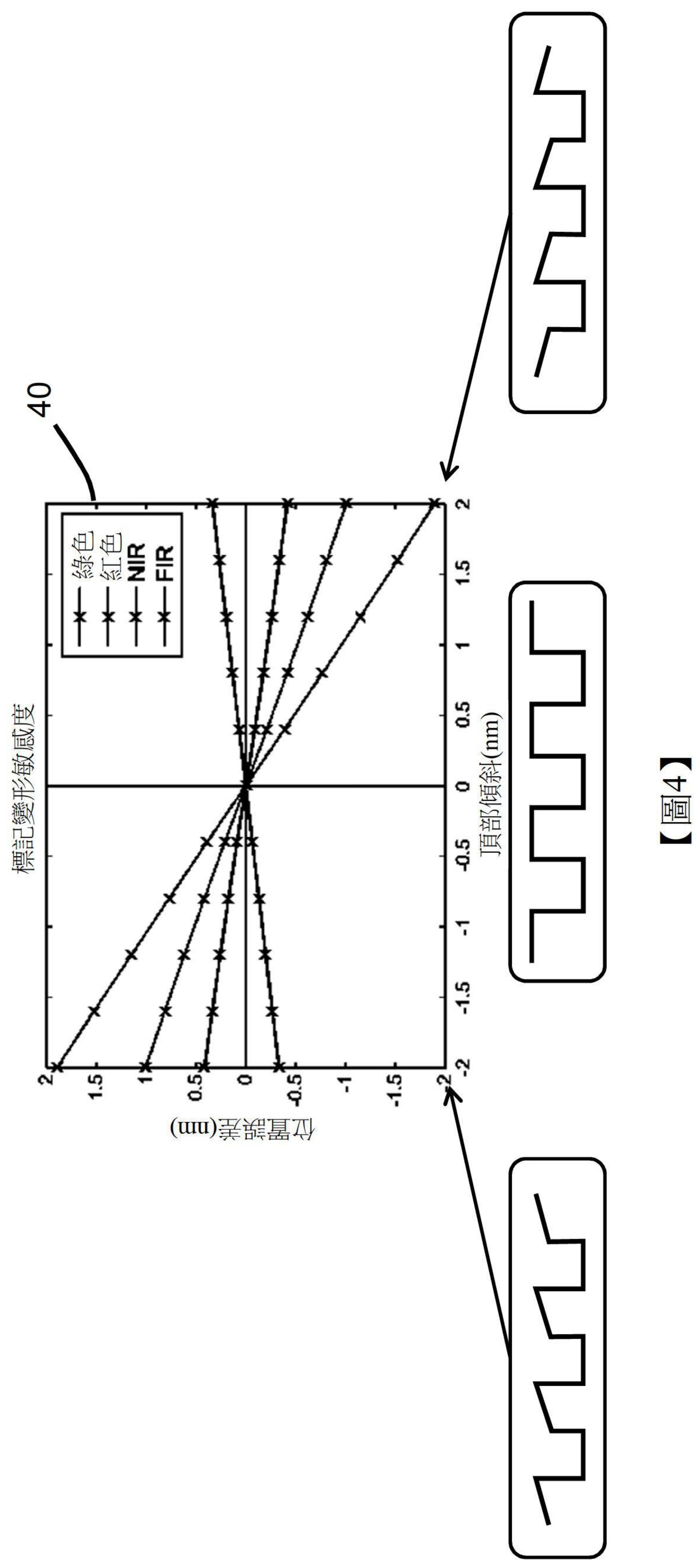
【圖2】



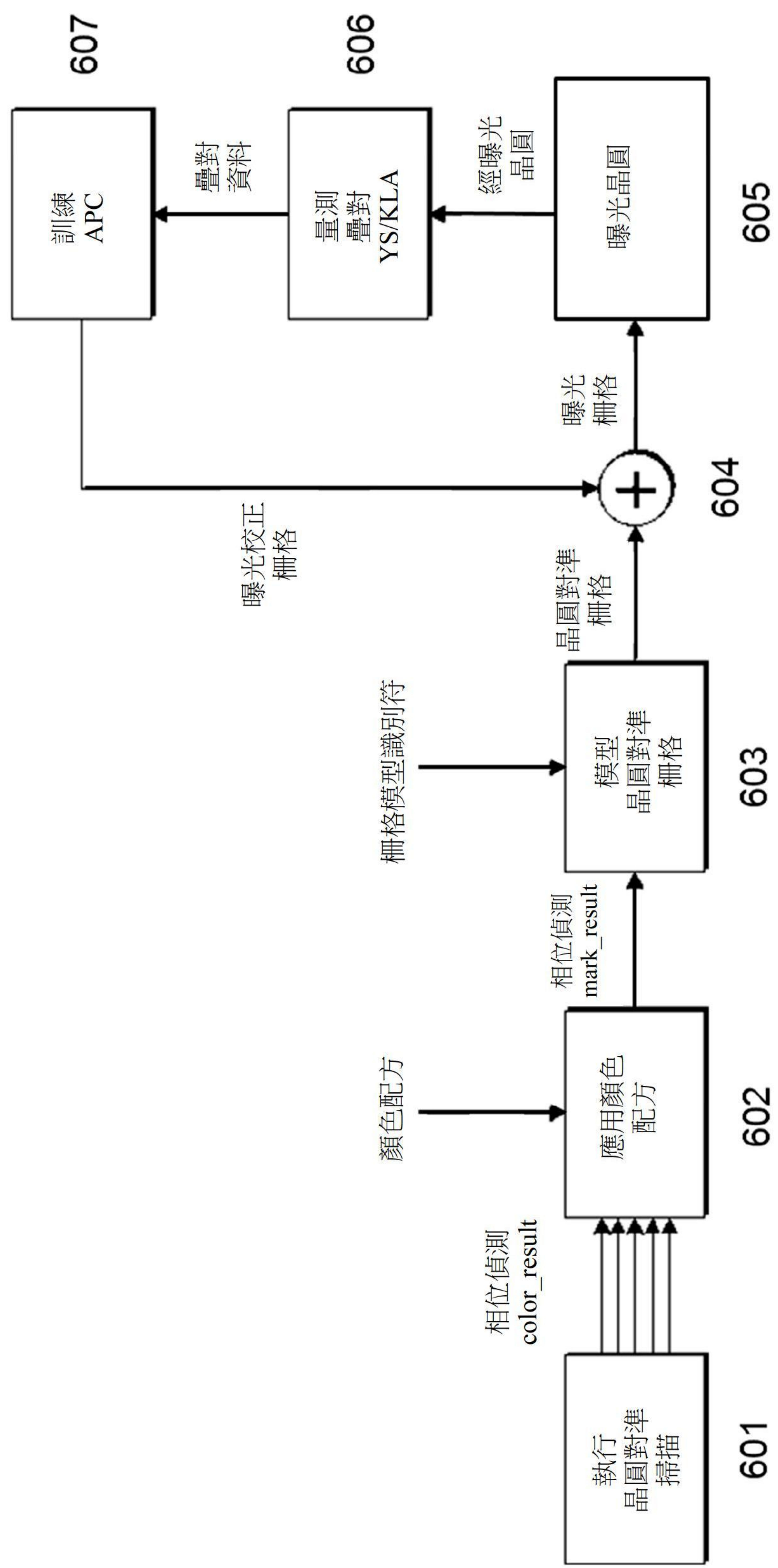
【圖3】



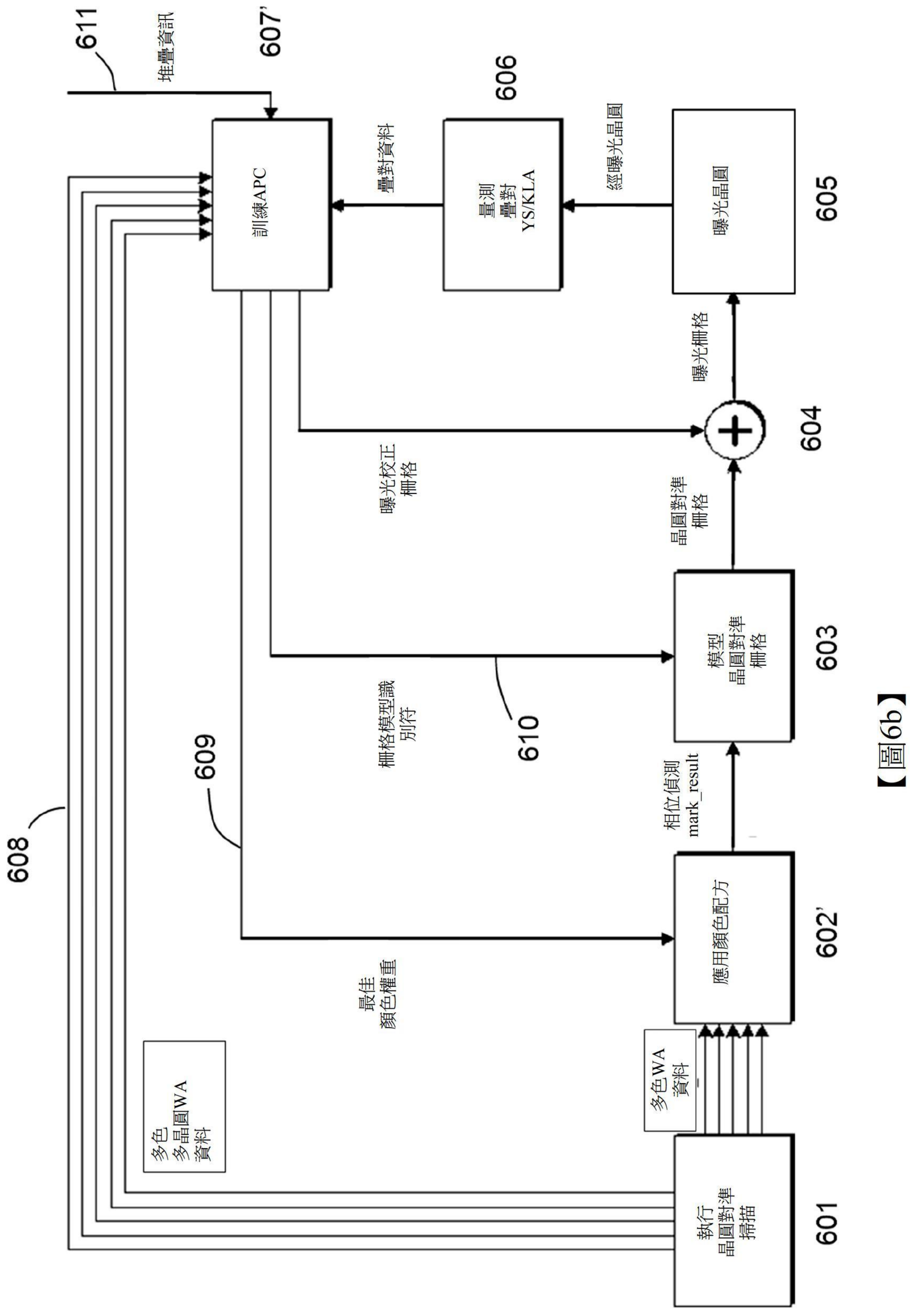
【圖5】



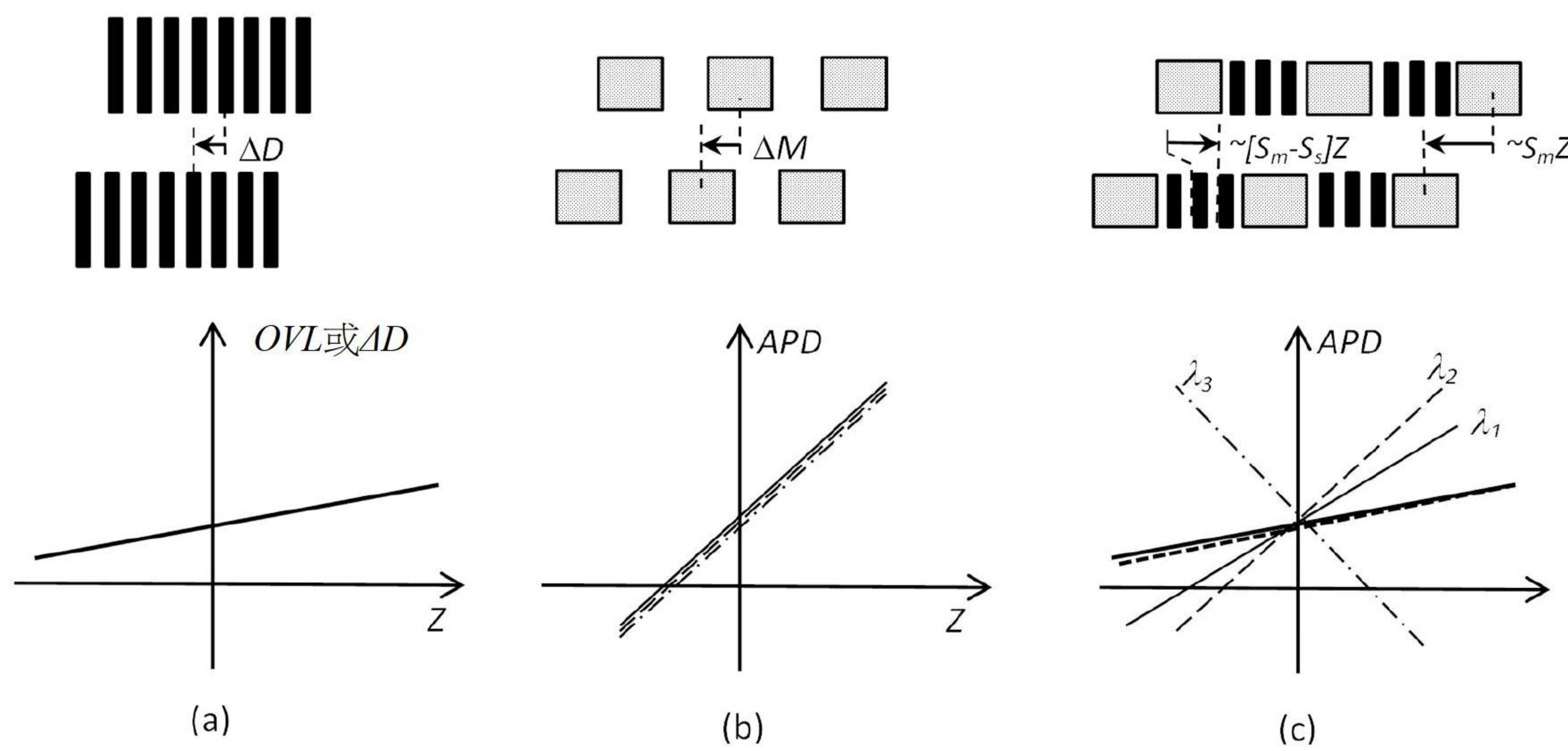
【圖4】



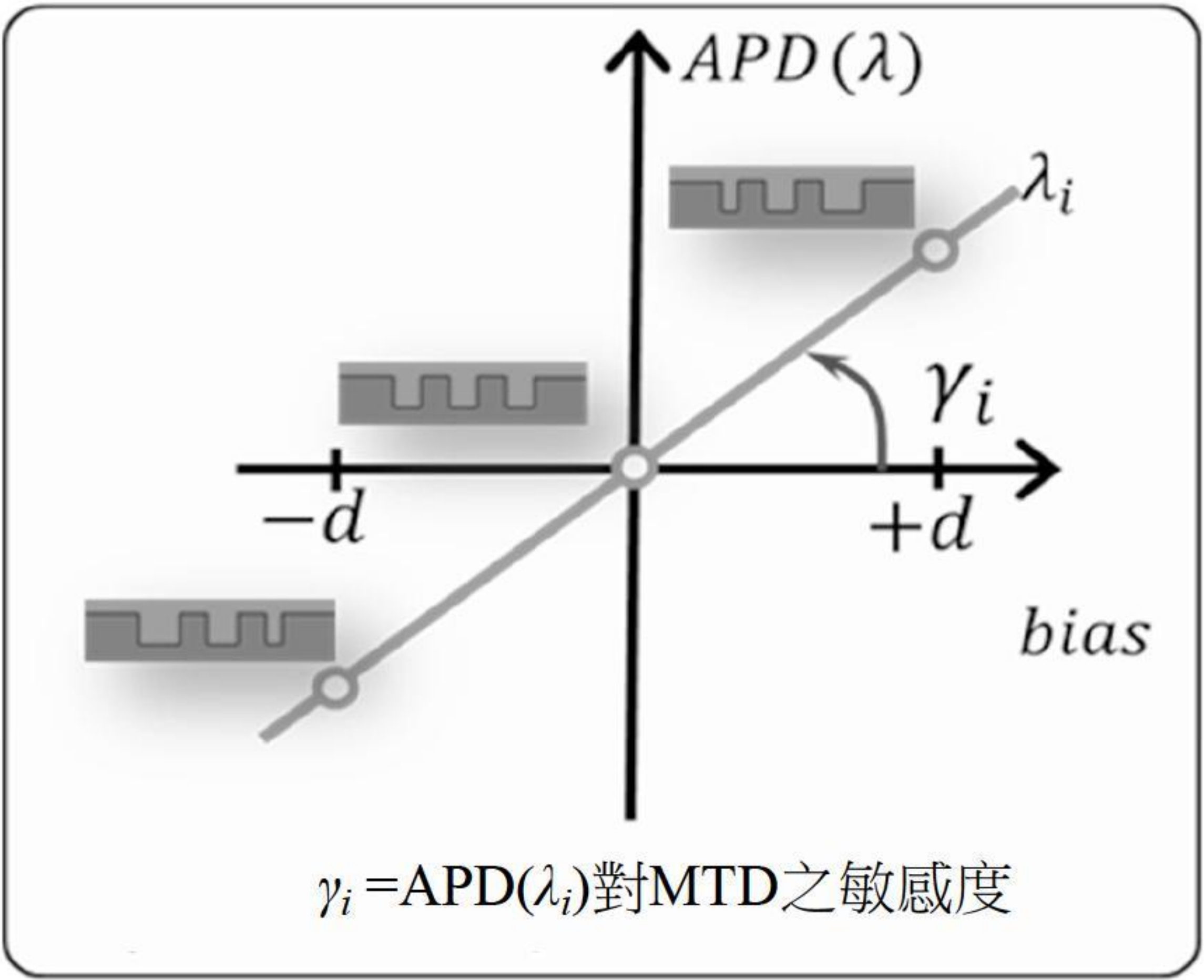
【圖6a】



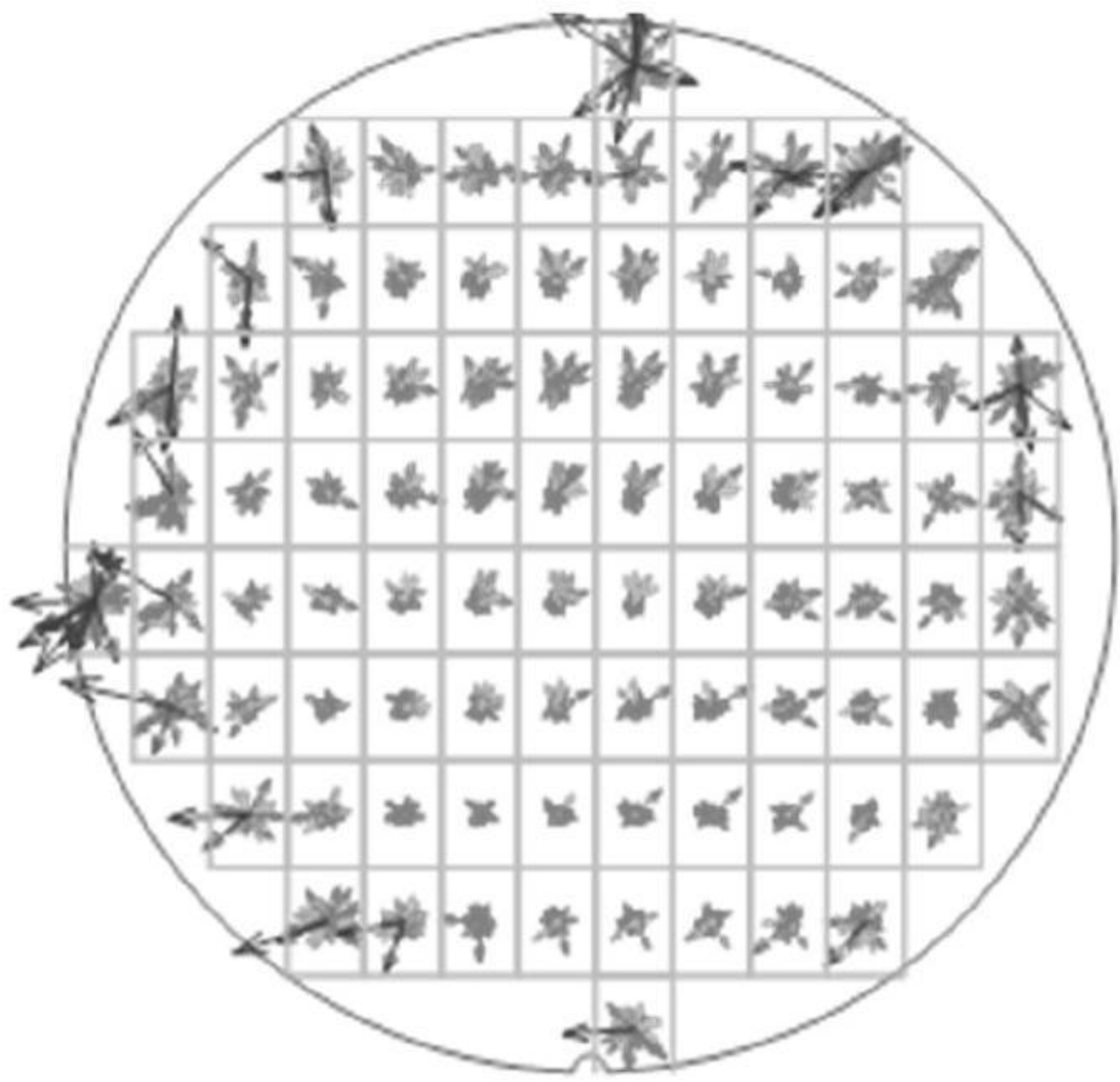
【圖6b】



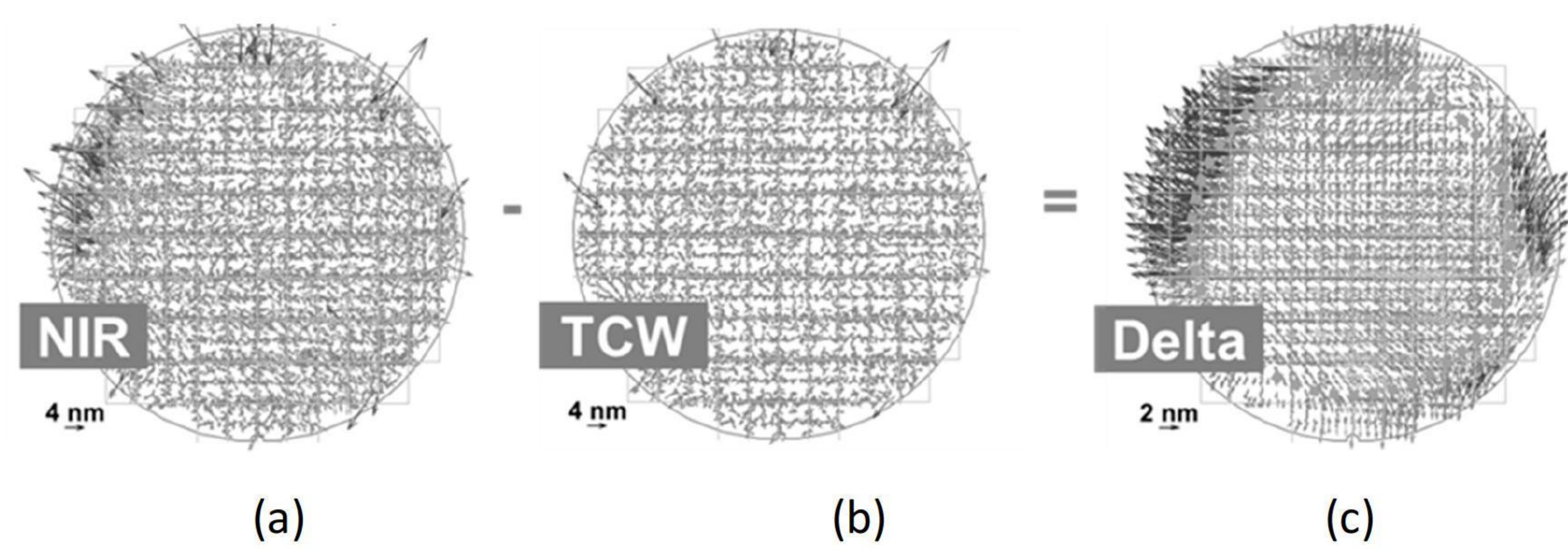
【圖7】



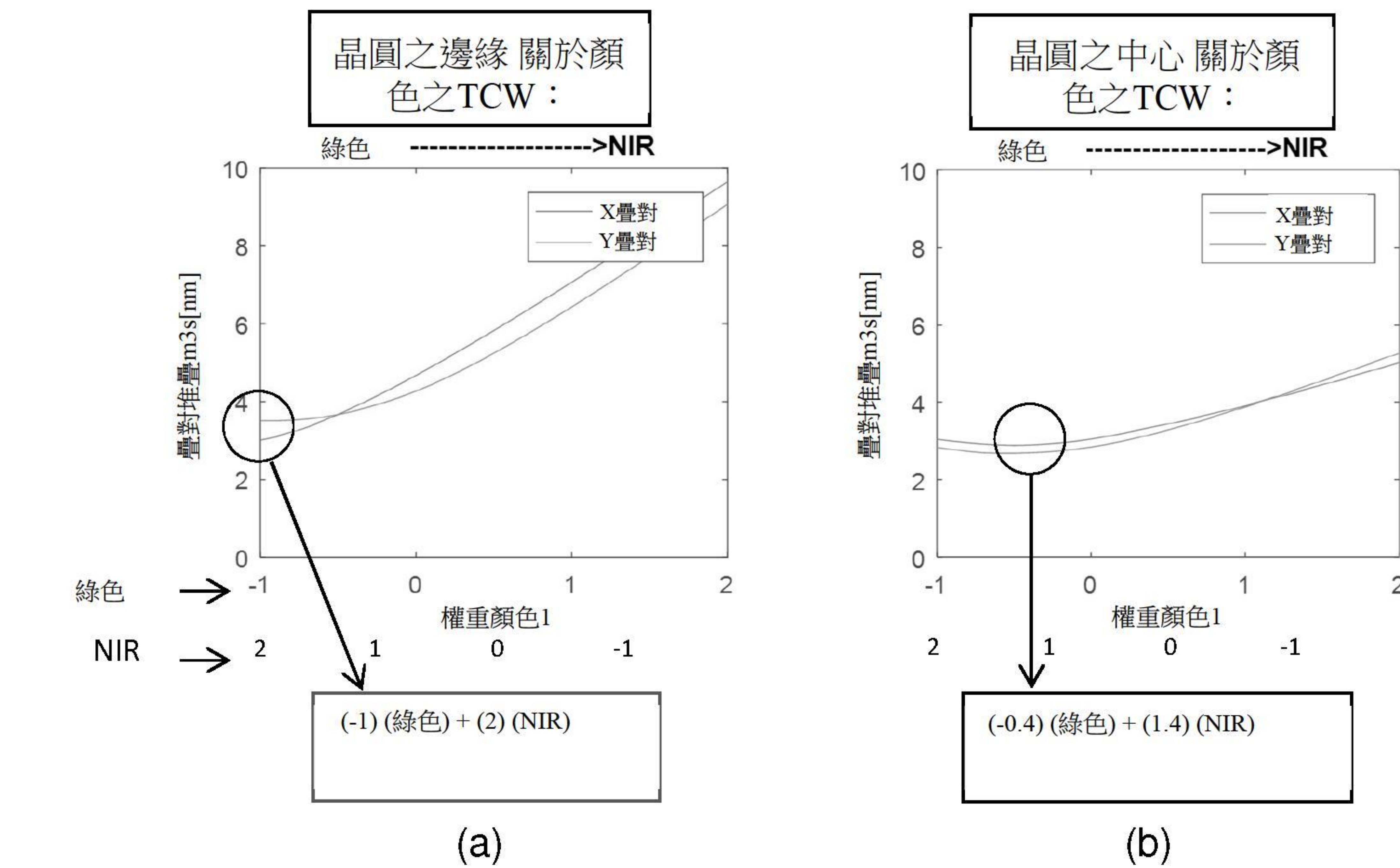
【圖8】

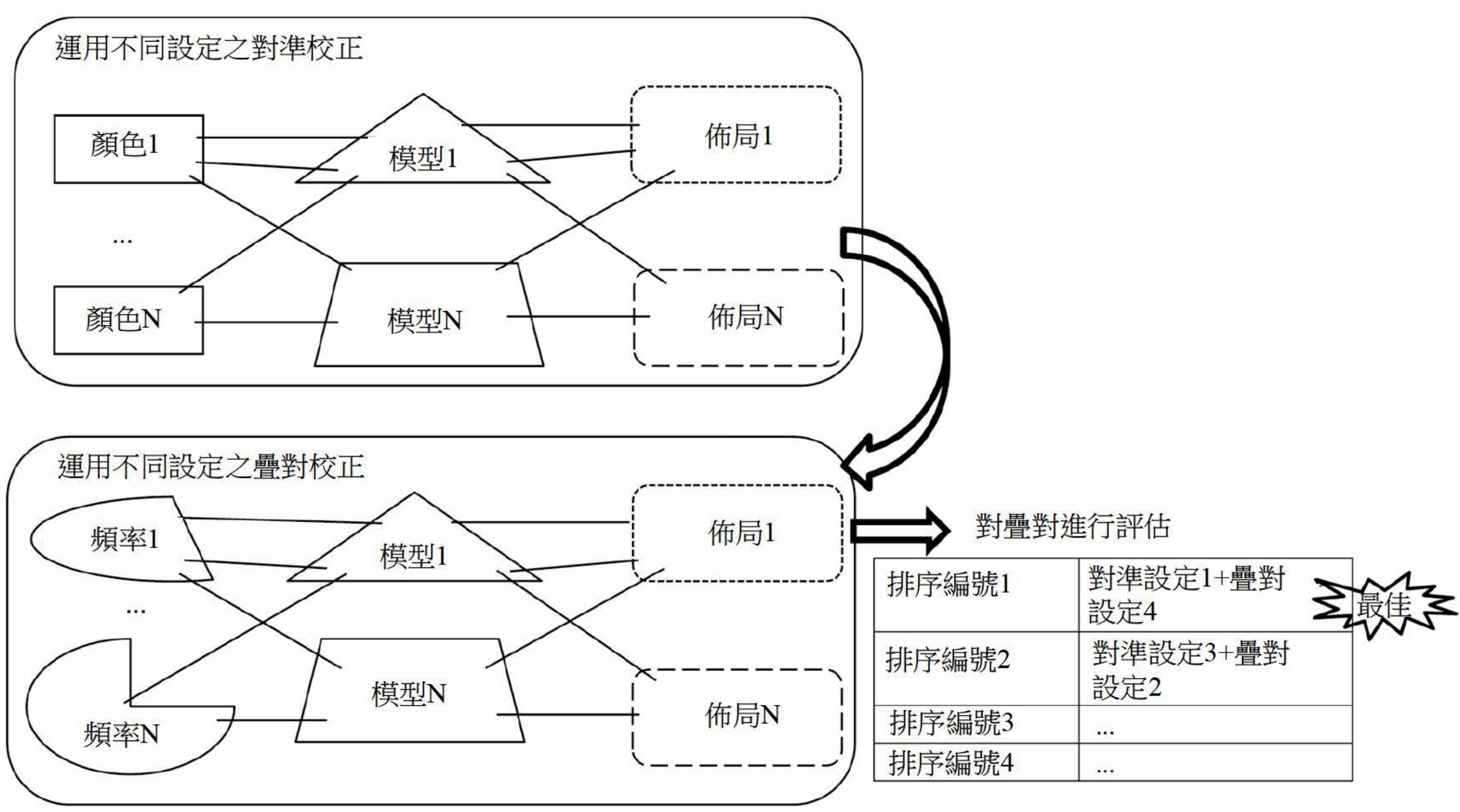


【圖9】

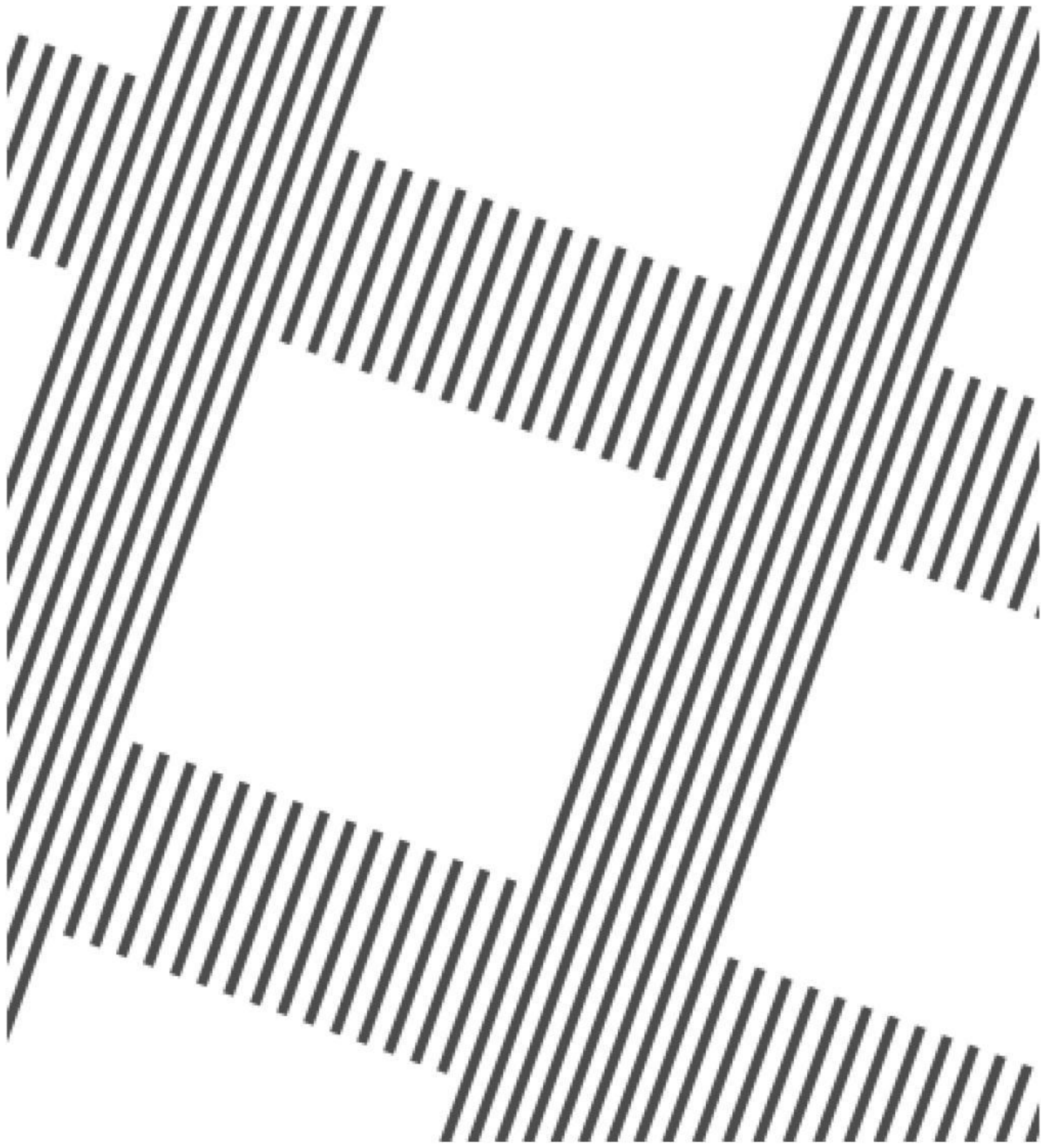


【圖10】

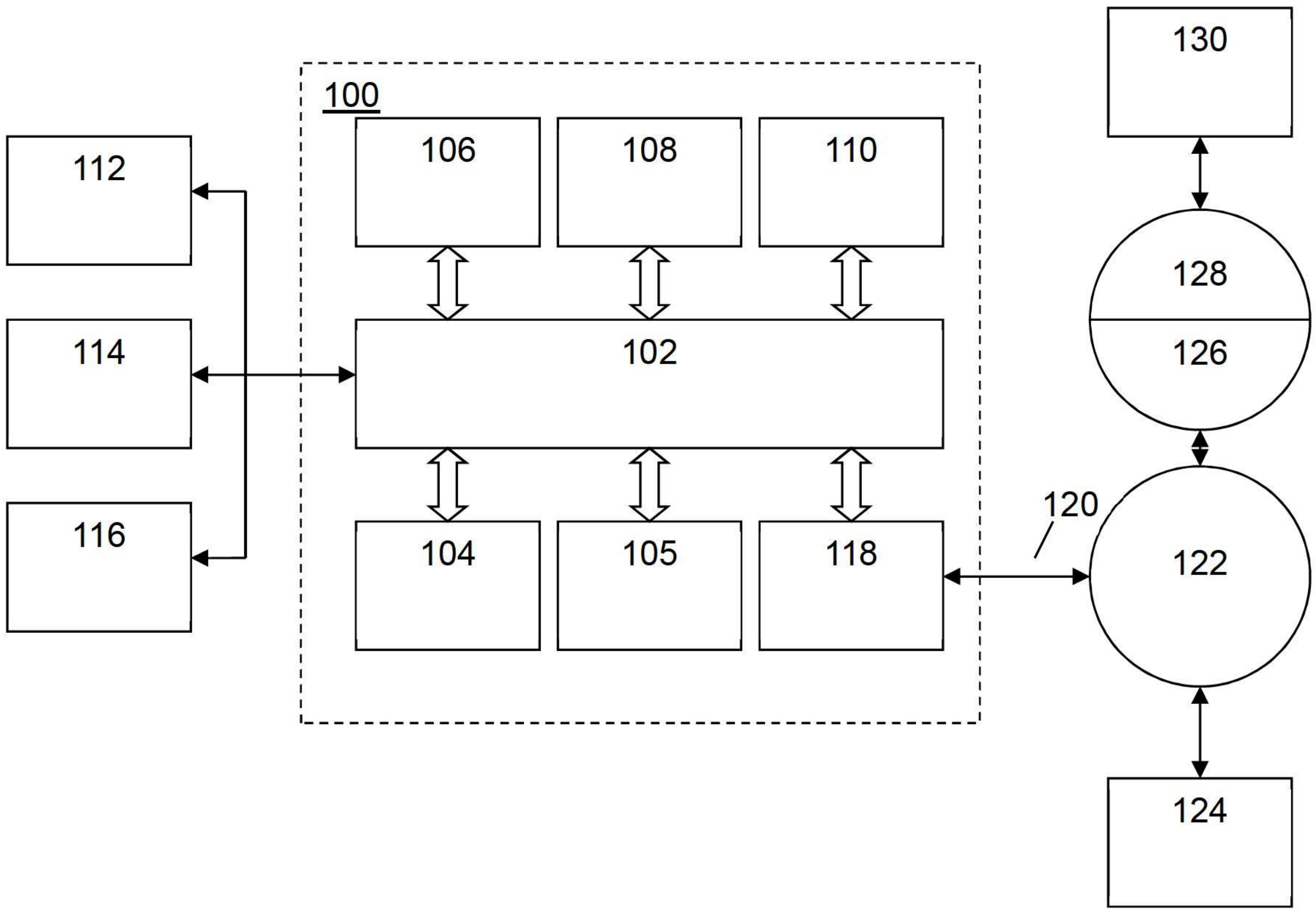




【圖13】



【圖14】



【圖15】