



(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 I603076 B

(45)公告日：中華民國 106 (2017) 年 10 月 21 日

(21)申請案號：103112611

(22)申請日：中華民國 103 (2014) 年 04 月 03 日

(51)Int. Cl. : G01N21/95 (2006.01)

(30)優先權：2013/04/03 美國 61/807,753

2014/03/26 美國 14/226,745

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

美國

(72)發明人：蘭芝 史提文 R LANGE, STEVEN R. (US)；達納 羅伯特 M DANEN, ROBERT M. (US)；波拉曼巴 史提法諾 PALOMBA, STEFANO (IT)

(74)代理人：陳長文

(56)參考文獻：

US 2005/0134857A1

US 2005/0156098A1

US 2008/0151226A1

審查人員：林永昌

申請專利範圍項數：22 項 圖式數：7 共 40 頁

(54)名稱

用於判定在垂直堆疊記憶體中缺陷深度之裝置及方法

APPARATUS AND METHODS FOR DETERMINING DEFECT DEPTHS IN VERTICAL STACK MEMORY

(57)摘要

本發明揭示用於檢驗複數個層之一垂直半導體堆疊之方法及裝置。該方法包含：(a)在一共焦工具上，將一照射光束重複聚焦於一第一垂直堆疊之複數個不同深度的複數個焦點平面處，其中一缺陷係定位在該等不同深度之一未知者處，且該照射光束具有在約 700nm 與約 950nm 之間之一波長範圍；(b)基於在該等不同深度自該第一垂直堆疊偵測之對焦輸出光而產生該等不同深度之複數個對焦影像，其中抑制失焦輸出光達到該共焦系統之該偵測器，且抑制其促成該等對焦影像之產生；及(c)基於該等對焦影像來判定在該第一垂直堆疊中之該缺陷係定位於該等不同深度之何者處。

Disclosed are methods and apparatus for inspecting a vertical semiconductor stack of a plurality of layers. The method includes (a) on a confocal tool, repeatedly focusing an illumination beam at a plurality of focus planes at a plurality of different depths of a first vertical stack, wherein a defect is located at an unknown one of the different depths and the illumination beam has a wavelength range between about 700nm and about 950nm, (b) generating a plurality of in-focus images for the different depths based on in-focus output light detected from the first vertical stack at the different depths, wherein out-of-focus output light is inhibited from reaching the detector of the confocal system and inhibited from contributing to generation of the in-focus images, and (c) determining which one of the different depths at which the defect is located in the first vertical stack based on the in-focus images.

指定代表圖：

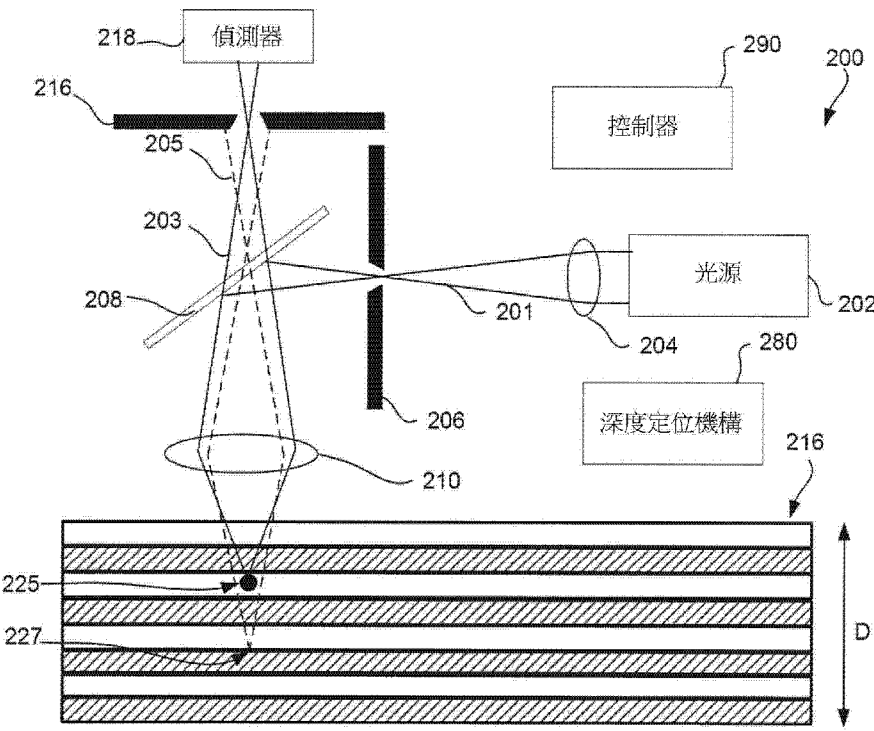


圖 2

符號簡單說明：

- 200 . . . 系統
- 201 . . . 照射光
- 202 . . . 可調波長雷射/光源
- 203 . . . 經聚焦輸出光
- 204 . . . 透鏡
- 205 . . . 未經聚焦光
- 206 . . . 孔模組/照射孔輸出模組
- 208 . . . 光束分離器
- 210 . . . 物鏡透鏡
- 216 . . . 樣本/輸出孔模組
- 218 . . . 偵測器
- 225 . . . 焦點
- 227 . . . 非焦點
- 280 . . . 定位機構
- 290 . . . 控制器



發明摘要

※ 申請案號：103112611

※ 申請日：103/04/03

※IPC 分類：G01N 21/95 (2006.01)

【發明名稱】

用於判定在垂直堆疊記憶體中缺陷深度之裝置及方法

APPARATUS AND METHODS FOR DETERMINING DEFECT
DEPTHS IN VERTICAL STACK MEMORY

【中文】

本發明揭示用於檢驗複數個層之一垂直半導體堆疊之方法及裝置。該方法包含：(a)在一共焦工具上，將一照射光束重複聚焦於一第一垂直堆疊之複數個不同深度的複數個焦點平面處，其中一缺陷係定位在該等不同深度之一未知者處，且該照射光束具有在約700 nm與約950 nm之間之一波長範圍；(b)基於在該等不同深度自該第一垂直堆疊偵測之對焦輸出光而產生該等不同深度之複數個對焦影像，其中抑制失焦輸出光達到該共焦系統之該偵測器，且抑制其促成該等對焦影像之產生；及(c)基於該等對焦影像來判定在該第一垂直堆疊中之該缺陷係定位於該等不同深度之何者處。

【英文】

Disclosed are methods and apparatus for inspecting a vertical semiconductor stack of a plurality of layers. The method includes (a) on a confocal tool, repeatedly focusing an illumination beam at a plurality of focus planes at a plurality of different depths of a first vertical stack, wherein a defect is located at an unknown one of the different depths and the illumination beam has a wavelength range between about 700nm and about 950nm, (b) generating a plurality of in-focus images for the different depths based on in-focus output light detected from the first vertical stack at the different depths, wherein out-of-focus output light is inhibited from reaching the detector of the confocal system and inhibited from contributing to generation of the in-focus images, and (c) determining which one of the different depths at which the defect is located in the first vertical stack based on the in-focus images.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（2）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

200	系統
201	照射光
202	可調波長雷射/光源
203	經聚焦輸出光
204	透鏡
205	未經聚焦光
206	孔模組/照射孔輸出模組
208	光束分離器
210	物鏡透鏡
216	樣本/輸出孔模組
218	偵測器
225	焦點
227	非焦點
280	定位機構
290	控制器

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

無

發明專利說明書

【發明名稱】

用於判定在垂直堆疊記憶體中缺陷深度之裝置及方法

APPARATUS AND METHODS FOR DETERMINING DEFECT DEPTHS IN VERTICAL STACK MEMORY

相關申請案交叉參考

本申請案主張2013年4月3日申請之美國臨時專利申請案第61/807,753號之權利，為全部目的，該案全文以引用方式併入本文中。

【技術領域】

本發明大體上係關於晶圓及光罩檢驗系統。更特定言之，本發明係關於垂直記憶體器件結構之檢驗及再檢測。

【先前技術】

隨對於不斷縮減半導體器件之需要繼續增加，歸因於與微影相關聯之迅速增加之成本及與間距分裂技術相關聯之多個程序步驟，繼續縮減半導體器件(諸如記憶體)已變得尤其困難。

垂直記憶體(諸如3D或垂直NAND (VNAND)記憶體)似乎係增加記憶體密度之一有用方向。3D或VNAND之實施方案包含垂直建立電晶體(位元)，而非以一平面方式定向記憶體結構。早期VNAND器件具有16至24垂直位元，其具有垂直延伸至48及64位元或更多之將來計劃。與平面方法比較，可使用較少程序步驟、寬鬆微影大小及較低製造成本達成此等改變。

在半導體工業內使用各種檢驗系統以偵測在一半導體光罩或晶圓上之缺陷。然而，存在用於與垂直半導體器件(諸如3D或VNAND記憶體或其他垂直堆疊)一起實施之改進半導體晶圓檢驗系統之一需

要。

【發明內容】

以下內容呈現本發明之一簡化總結以提供本發明之特定實施例之一基本理解。此總結並非係本發明之廣泛概述且其並非識別本發明之重要/關鍵元件或劃界本發明之範疇。其唯一目的係作為以後呈現之更詳細描述之一序部以一簡化形式呈現本文所揭示之一些概念。

在一實施例中，揭示一種用於檢驗複數個層之一垂直堆疊之方法。該方法包含：(a)在一共焦工具上，將一照射光束重複聚焦在第一垂直堆疊之複數個不同深度之複數個焦點平面處，其中在不同深度之一未知者處定位一缺陷且該照射光束具有在約700 nm與約950 nm之間之一波長範圍；(b)基於依該等不同深度自該第一垂直堆疊偵測之對焦輸出光而產生不同深度之複數個對焦影像，其中抑制失焦輸出光達到共焦系統之該偵測器且抑制其促成對焦影像之產生；及(c)基於對焦影像判定在第一垂直堆疊中之缺陷係定位在該等不同深度之何者處。

在一具體實施方案中，波長範圍係一紅外線及/或近紅外線範圍。在一實例中，藉由一輸出孔模組抑制失焦光到達共焦工具之偵測器，輸出孔模組經定位及經尺寸設計以阻止在約700 nm與約950 nm之間之波長範圍處之失焦輸出光到達偵測器。在另一態樣中，使用不同於共焦工具之另一檢驗工具在垂直堆疊中偵測缺陷，其中無需判定相對於垂直堆疊之此缺陷之一深度偵測此缺陷。

在一進一步態樣中，方法包含在基於對焦影像判定在第一垂直堆疊中之缺陷係定位在不同深度之何者處之前，基於對焦影像判定缺陷。在另一態樣中，判定在第一垂直堆疊中之缺陷係定位在不同深度之何者處包含判定具有一最鮮明對比度之對焦影像之一特定者及將特定對焦影像之對應深度界定為缺陷之深度。在另一實施例中，方法包

含基於對焦影像判定缺陷之一分類或區別缺陷之一材料。

在另一實施例中，本發明係關於一種用於偵測或再檢測在一垂直半導體結構中之缺陷之裝置。系統包含一照射光學模組，其用於將照射光束重複聚焦在一第一垂直堆疊之複數個不同深度之複數個焦點平面處。照射光束具有在約700 nm與約950 nm之間之一波長範圍。一缺陷係定位在不同深度之一者中之一未知平面處。系統亦包含：一收集光學模組，其用於自複數個不同深度收集回應於聚焦在此等不同深度處之照射光束之對焦輸出光；及一偵測器，其用於偵測自複數個不同深度收集之對焦輸出光。收集光學模組經進一步配置以抑制失焦輸出光到達偵測器以便於抑制此失焦輸出光促成對焦影像之產生。系統進一步包括一控制器，其可操作以執行以下操作：(i)基於依該等不同深度自該第一垂直堆疊偵測之對焦輸出光而產生不同深度之複數個對焦影像，及(ii)基於對焦影像判定在第一垂直堆疊中之缺陷係定位在該等不同深度之何者處。在一具體實施方案中，系統係呈用於再檢測缺陷之一共焦再檢測模組之形式，且系統進一步包括使用一非共焦檢驗模式偵測缺陷之一檢驗器模組。

在一具體實施方案中，照射光學模組包含一照射孔模組且收集光學模組包含一輸出孔模組。在另一實施方案中，照射孔模組及輸出孔模組之各者係呈一固定針孔或狹縫陣列之形式。在一進一步態樣中，照射孔模組及輸出孔模組之各者係呈用於使經聚焦照射光束掃描橫跨樣本之一焦點平面區域之一旋轉尼普克（Nipkow）圓盤之形式。在一實施例中，照射孔模組及輸出孔模組之各者係呈用於使經聚焦照射光束掃描橫跨樣本之一焦點平面區域之一可程式空間調變器之形式。在一實施例中，輸出孔模組經定位及經尺寸設計以便於阻止在約700 nm與約950 nm之間之波長範圍處之失焦輸出光到達偵測器。

在一態樣中，輸入孔模組及輸出孔模組係實體上相同(舉例而言)

使得輸入光自一方向經過孔、狹縫或SLM且在一光學元件重新引導返回光至偵測器之前自其他方向返回。在另一實施例中，照射光學模組包含用於使經聚焦照射光束掃描橫跨樣本之一焦點平面區域之一或多個電鍍鏡。在一具體實例中，波長範圍係一紅外線及/或近紅外線範圍。在一進一步態樣中，使用不同於共焦工具之另一檢驗工具在垂直堆疊中偵測缺陷，且無需判定相對於垂直堆疊之此缺陷之一深度偵測此缺陷。在此實施例中，一或多個電鍍鏡之相同或另一集合將對焦輸出光掃描至偵測器上。

在一具體實施例中，控制器係進一步可操作以在基於對焦影像判定在第一垂直堆疊中之缺陷係定位在不同深度之何者處之前基於對焦影像偵測缺陷。在一態樣中，判定在第一垂直堆疊中缺陷係定位在不同深度之何者處包含判定具有一最鮮明對比度之對焦影像之一特定者及將特定對焦影像之對應深度界定為缺陷之深度。在另一態樣中，控制器係進一步可操作以對焦影像判定缺陷之一分類或區別缺陷之一材料。

參考圖式，下文進一步描述本發明之此等及其他態樣。

【圖式簡單說明】

圖1A至圖1D圖解說明一種用於製造一「後閘極」式垂直NAND (VNAND)記憶體器件之程序。

圖1E與圖解說明具有在其堆疊中呈現之缺陷之圖1D之VNAND結構部分。

圖1F係一閘極第一類型之VNAND結構之圖解側視圖。

圖1G展示作為波長之函數之未摻雜多晶矽之穿透深度。

圖2係根據本發明之一特定實施方案之一例示性檢驗或再檢測裝置之一圖解示圖。

圖3A係根據本發明之一實施例繪示一檢驗程序之一流程圖。

圖3B圖解說明作為堆疊深度之函數之一特定缺陷之xy位置之一強度圖。

圖4係根據一代替實施例之包含次頻帶濾波器之一共焦檢驗系統之一圖解示圖。

圖5係根據本發明之一特定實施方案之一組合檢驗系統之一圖解示圖。

圖6係根據本發明之一實施例用於檢驗及減少缺陷之一系統之一圖解示圖。

圖7係根據本發明之一代替實施例繪示一檢驗及再檢測程序之一流程圖。

【實施方式】

在以下描述中，陳述若干具體細節以提供本發明之一透徹理解。可在不具有一些或全部此等具體細節之情況下，實踐本發明。在其他情況中，未詳細描述已知組件或程序操作以避免不必要地模糊本發明。儘管將連同特定實施例描述本發明，但應瞭解不意欲將本發明限於實施例。

儘管本文將檢驗系統及技術描述為應用至特定類型垂直NAND (VNAND)記憶體結構，但應瞭解本發明之實施例可應用至任何3D或垂直半導體結構，諸如，使用兆位元胞陣列電晶體(TCAT)、垂直堆疊陣列電晶體(VSAT)、位元成本可縮放技術(BiCST)、管道塑形BiCS技術(P-BiCS)等形成之NAND或NOR記憶體器件。垂直方向通常係垂直於基板表面之一方向。額外地，儘管描述用於形成3D結構之特定製造步驟、程序、及材料，但可在製造流程中之任何點處應用之檢驗實施例導致在一基板上形成多個層，且此等層可包含任何數目個及任何類型材料。

將在描述本發明之各種檢驗系統及技術之實施例之前描述用於

形成垂直結構(諸如VNAND)之一般製造技術。為清晰起見，省略具體製造細節及材料類型及特性。

圖1A至圖1D圖解說明一種用於製造一「後閘極」式垂直NAND(VNAND)記憶體器件之程序。此後閘極架構通常可包含氧化物及氮化矽或氮化物材料之交替層，其等共同稱為一氧化物-氮化物-氧化物-氮化物(ONON)結構。圖1A係一後閘極VNAND記憶體部分100之圖案化ONON層之一圖解側視圖。如所展示，一氧化物(O)及氮化物(N)材料之交替層經圖案化為ONON堆疊102a、102b、102c及102d。例如，堆疊102b包含氧化物(O)層部分110及氮化物(N)層部分108。可藉由任何合適沈積及蝕刻程序來形成ONON堆疊，以便於形成ONON堆疊以及W/L (字線)切口(例如，106)及通孔(例如，104a及104b)。通孔可填充一多晶矽(PolySi)材料。如所展示，多晶矽(PolySi)亦可經沈積及蝕刻，以填充在ONON堆疊集合之間的通孔或通道104a及104b。

圖1B圖解說明在(例如)自區域112a及112b移除氮化物材料之後之後閘極VNAND部分100。舉例而言，可使用一濕式蝕刻程序來移除氮化物材料。圖1C圖解說明在沈積一閘極材料(例如，鎢(W))114之後之VNAND部分100。一介電層116亦經沈積。W及介電材料係在先前移除氮化物的空間內形成。即，氮化物材料係由W材料取代。圖1D展示在W材料經回蝕以便於形成隔離閘極部分，諸如116a、116b、116c、116d及116e之後之VNAND部分100。W/L切口亦可填充有任何合適導電材料(未展示)。

與平面記憶體器件相比，垂直記憶體趨於具有較厚堆疊之材料及結構。例如，早期VNAND器件具有2 μm 至3 μm 厚之堆疊，而可預測將來堆疊係在6 μm 至8 μm 範圍。一些堆疊可輕易包含不同厚度之60至90層。相比之下，取決於程序步驟，一典型平面記憶體厚度係約0.1 μm 至1 μm 。

缺陷可貫穿此等堆疊之層發生且需要被偵測以確保高製造良率。圖1E圖解說明具有呈現在其堆疊中之缺陷之圖1D之VNAND結構部分100。如所展示，一缺陷120係存在於W閘極部分116c與O部分110a之間的介面處，而另一缺陷122係存在於閘極部分116e中。包含粒子或空隙之缺陷可存在於任何W閘極部分、O部分或其等之間的介面中。

圖1F係一閘極第一類型VNAND結構之一圖解側視圖。如所展示，可藉由沈積交替氧化物(O)及多晶矽(Poly Si)層來形成一閘極第一VNAND部分，其等係圖案化為堆疊152a、152b、152c及152d。舉例而言，堆疊152b包含多晶矽(Poly Si)閘極部分158及氧化物(O)部分160。此類型之VNAND係稱為一OPOP VNAND記憶體器件。VNAND部分150亦可包含多晶矽通道(或其他通道材料)154a及154b以及W/L切口區域156。缺陷可存在於OPOP結構之任何階層處。例如，粒子或空隙可存在於一OPOP結構之任何層中。

無論製造程序之特定類型，需要在多個層堆疊之全部階層中及儘早在特定程序中偵測缺陷。特定檢驗實施例較佳地包含貫穿一堆疊之缺陷偵測，其包含堆疊表面及貫穿一堆疊之各種深度。舉例而言，特定實施例允許缺陷在高達約3 μm 之深度處可見。在另一實施例中，可在與約8 μm 一樣大之堆疊深度處偵測缺陷。穿過一ONON或OPOP堆疊之傳輸並未受在較長波長處之吸收限制，故不存在對於理論上可檢驗之垂直ONON或OPOP之厚度之真實限制。

圖1G展示作為波長之函數之未摻雜多晶矽之穿透深度。本發明之特定實施例可使用較高頻寬以再檢測多晶矽(例如，一OPOP結構)之增加深度以及其他類型之堆疊。可在其他結構(諸如，VNAND器件之W/L溝渠)形成之前以及在其他結構(諸如，W/L溝渠)形成之後，檢驗OPOP層。

在一檢驗程序期間，使用較短波長可難以穿透一OPOP結構。多晶矽對於450 nm以下之波長係不透明且在較長波長處逐漸變得較透明。在檢驗期間，光理想地需要具有足夠長之波長以穿透多晶矽之堆疊且到達一特定缺陷位置且導致自缺陷反射或散射之光能通過欲被偵測之多晶矽堆疊返回穿透。總而言之，較長波長可用以到達及偵測深度定位在一OPOP堆疊內之缺陷。對於一ONON堆疊，另一方面，全部材料在約240 nm以上係透明。

亮場(BF)工具通常係能夠偵測位於表面上或藉由一極薄薄膜覆蓋之3D堆疊之缺陷。僅當表面下方缺陷靠近表面或其等在堆疊中產生可傳播至表面之凸塊及因此產生一可偵測表面缺陷時，BF工具可偵測到表面下方缺陷。此等工具偵測來自樣本之全部聚焦及散焦之光，其防止一特定焦點平面之局部化。後者係歸因於在無法輕易穿透材料之一極短波長處共焦能力及光之使用之缺失。

本發明之特定實施例包含使用一共焦顯微鏡檢查系統或模組以在一多層半導體堆疊(諸如，一VNAND結構)中之各種深度處偵測缺陷。舉例而言，任何合適共焦系統可經組態用於檢驗3D堆疊。總體而言，共焦系統經組態以在較長波長範圍(諸如，可見光至近紅外線光(NIR)或約700 nm至約950 nm)操作。在另一實施例中，共焦系統經組態以在220 nm以上之較短波長下操作(例如，但不限於)ONON堆疊。在其他實施例中，一種用於在其他檢驗模式中檢驗晶圓或其類似物之檢驗系統可包含用於偵測及/或再檢測在3D堆疊中之缺陷之一共焦模組。

總體而言，一共焦檢驗工具可包含：至少一光源，其用於產生較長波長之一照射光束以偵測一垂直半導體堆疊之各種深度處之缺陷；一照射光學模組，其用於將照射光束引導至堆疊；一收集光學模組，其用於引導對焦輸出，同時抑制或阻止回應於照射光束而自堆疊

發出之失焦輸出光；一偵測器或感測器，其用於偵測一輸出光束及產生用於輸出光束之一影像或信號；及一控制器，其用於控制檢驗/再檢測工具之組件及促進之基於針對如本文進一步描述之堆疊中之各種深度產生之影像之缺陷偵測及/或再檢測。

圖2係根據本發明之一特定實施方案之一例示性檢驗或再檢測裝置200之一圖解示圖。如所展示，系統200可包含用於產生在一可見光、IR及/或NIR波長範圍中之光之一或多個光源(諸如一波長可調雷射202)。例如，光源輸出在約700 nm與約950 nm之間之一範圍之照射光以便於穿透3D堆疊。光源之實例包含一雷射驅動光源、一高功率電漿光源、一透射光源(例如鹵素燈或氙氣燈)、一濾波燈、LED光源等。多種LED或斑點抑制雷射二極體亦係可行來源。

系統包含照射光學器件以向樣本216引導藉由光源202產生之照射光。舉例而言，來自光源之照射亦可穿過用以向樣本216轉播(例如，塑形、聚焦或調整焦點偏移、濾波/選擇波長、濾波/選擇極化狀態、調整大小、放大、減少變形等)光束之若干透鏡。如所展示，藉由透鏡204聚焦之照射光201穿過一照射孔模組206至一光束分離器208(諸如，二向分光鏡)上，其經由光學透鏡系統210向樣本216反射照射光201，光學透鏡系統210經組態以將來自孔模組206之照射光201聚焦至定位在堆疊內之一特定深度處之樣本216之一焦點或光點(例如，225)上。

透過透鏡210及光束分離器208返回引導來自焦點225之經聚焦輸出光203。另外，亦可透過透鏡210及光束分離器208返回引導在堆疊內定位在不同於經聚焦點深度處之來自非焦點(例如，227)之未經聚焦光205。一輸出孔模組216經定位及尺寸設計以便於通過經聚焦光203及阻止未經聚焦光205。因此，經聚焦光203可到達偵測器218，而較大程度上阻止未經聚焦光205到達偵測器218。

總體而言，可針對光之較長波長範圍優化共焦系統或模組之各光學元件以用於偵測在3D堆疊中之各種深度處之缺陷。優化可包含(例如)藉由選擇玻璃類型、配置、形狀及塗層(例如，防反射塗層、高度反射塗層)最小化視波長而定之像差以最小化對應波長範圍之像差。舉例而言，透鏡經配置以藉由較長波長範圍(可見光至近紅外線光)最小化藉由分散導致之影響。

可使用任何合適材料塗佈或形成光束分離器208用於反射及通過用於穿透3D堆疊結構之較長波長。用於與在NIR範圍中之光一起運作之例示性材料包含最常見光學玻璃材料(諸如BK7或熔矽石等)。物鏡透鏡210較佳地針對用於缺陷偵測之全部波長優化。例如，物鏡210具有包含透鏡塗層及用於顏色像差校正之配置之一成分。在一代替實施例中，物鏡透鏡210可係一全反射物鏡或折射或一組合(反射折射)組態。

為便於討論，照射孔模組206及輸出孔模組216各係繪示為一單一孔。然而，各孔模組可係一單一針孔/狹縫、針孔陣列、狹縫陣列等。例示性孔模組包含一固定針孔/狹縫、一旋轉尼普克圓盤、一可程式空間光調變器(SLM)等。本文涵蓋不同類型之共焦系統。例示性共焦系統包含共焦雷射掃描顯微鏡、旋轉圓盤(尼普克圓盤)共焦顯微鏡及可程式陣列顯微鏡(PAM)。

可自對於較長波長係透明之一洞/狹縫式材料或在一不透明遮罩材料中之一洞/狹縫開口形成各孔或狹縫。多洞/狹縫孔模組可用以同時向樣本引導多個光點且偵測樣本之不同區域及/或深度之多個光點影像。

孔模組206及216之孔/狹縫經尺寸設計以使各者具有等於或小於輻射之繞射限制之一大小。孔可自彼此分離至少數倍繞射限制以最小化雜散輻射及光點之間之串擾之產生。在一實例中，具有約700 nm之

一波長之光針對具有 $0.90\ \mu\text{m}$ 之一數值孔徑(NA)之照射透鏡之繞射限制係大約 $0.80\ \mu\text{m}$ 使得具有 $0.60\ \mu\text{m}$ 之一直徑之圓形針孔將對此等透鏡(如經調整用於物鏡透鏡210之放大)提供足夠小之孔。偵測器亦較佳地包含各經大小分類以偵測在小於或等於針孔區域之一區域中之光之感測器。針孔及感測器亦可分離 $5\ \mu\text{m}$ 之一距離以便於最小化串擾。

返回參考圖2，檢驗系統200亦可包含用於相對於樣本216在(例如)方向D中移動聚焦光點之深度位置之一定位機構280。即，定位機構280可控制在樣本之一多層堆疊內之聚焦光點之焦點深度。例如，定位機構可耦合至用於移動樣本216之台(未標註)使得聚焦光點穿透樣本堆疊216之不同深度。代替地或另外，可藉由一定位機構移動光學器件以便於相對於樣本移動聚焦光點。亦可藉由相對於樣本傾斜一孔陣列(及對應輸出孔陣列)或相對於孔模組傾斜樣本達成同時產生之光點之不同深度。

在1993年9月28日發佈之Kerstens等人之美國專利第5,248,876號中進一步描述數種孔模組配置及組態以及共焦系統組態，為各種不同共焦系統可經組態用於實施本發明之技術，該專利以引用方式併入本文中。

共焦檢驗系統200亦可包含用於使聚焦光點掃描橫跨平行於樣本之一表面之一焦點平面之一或多個掃描機構。在一單一孔實施方案中，一掃描模組(例如，電鍍鏡之一集合)可用以使一聚焦光點掃描及偵測焦點平面。在另一實施例中，各孔模組係呈一SLM之形式，其經程式化以提供導致使一聚焦光點掃描及偵測橫跨焦點平面之一移動孔。一SLM可經程式化以提供任何掃描圖案(諸如，光柵、螺旋等)。在一代替實施例中，各孔模組係呈一旋轉孔圓盤形式，其經程式化以提供用於旋轉及偵測在焦點平面中之一聚焦光點之一移動孔。

一或多個定位機構亦可經組態以移動檢驗系統之其他組件(諸如

孔模組、照射或收集鏡、波長濾波器、極化器等)。藉由具體實例，一或多個馬達機構各可自一螺桿傳動及步進馬達、具有反饋位置之線性驅動或帶傳動裝置及步進馬達形成。

任何合適偵測器類型或若干偵測元件均可用以自一或多個聚焦光點接收輸出光且基於所接收之輸出光之特性(例如，強度)提供一影像或一信號。藉由實例，偵測器218可呈一CCD (電荷耦合器件)或TDI (延時積分)偵測器、光電倍增器管(PMT)或其他感測器(或感測器陣列)之形式。在一實施例中，偵測器係隔離點偵測器之一陣列，其等感測在一區域中之輻射，該區域亦大約係輻射之繞射限制之大小或比其小以在最小化未經聚焦光之偵測同時有效感測經聚焦輻射。

系統亦包含用於控制系統之各種組件及接收且分析自偵測器218偵測之信號或影像之一或多個控制器或電腦系統模組(例如，290)。例如，控制器可控制照射源、照射或輸出孔設定、波段、焦點偏移設定、極化設定等之選擇啟動。

另外，藉由偵測器捕獲之信號可藉由控制器290處理，其可包含一信號處理器件，其具有經組態以將來自各感測器之類比信號轉換成用於處理之數位信號之一類比轉數位轉換器。控制器290可經組態以分析經感測光束之強度、相位及/或其他特性。

此或任何其他共焦系統可用以發現或再檢測埋置在3D堆疊(諸如3D或VNAND記憶體結構)中之經偵測缺陷。可使用本發明之檢驗裝置檢驗或成像之其他類型之堆疊結構包含太陽能板結構、光盤等。

圖3A係根據本發明之一實施例繪示一檢驗程序300之一流程圖。最初，在操作301中可產生具有在可見光與NIR之間之一波長範圍之照射光。接著在操作302中照射光可經引導以便於使一聚焦光點掃描在3D堆疊內之一第一深度處。舉例而言，可使一聚焦光點依一特定焦點深度跨樣本之一部分進行掃描。代替地，可使多個光點同時掃描

相同或不同深度。

接著可在操作304中偵測回應於經掃描聚焦光點而自3D堆疊反射或散射之對焦輸出光。代替地，若在樣本中引導多個光點，則可偵測來自多個經聚焦光點之輸出光。在操作306中亦可基於經偵測對焦輸出光，依當前焦點深度產生一樣本影像。若使多個光點掃描橫跨樣本，則可自此等多個光點偵測之輸出光可用以產生經掃描樣本深度之一影像。若同時以多個光點掃描樣本之不同深度，則針對不同光點分別產生對應於不同深度之不同影像。

接著判定在操作308中欲掃描之深度是否係最後深度。例如，已知欲掃描之3D堆疊之深度且可自3D堆疊之頂部表面至3D堆疊之底部增量焦點深度。當到達底部時，掃描即完成。另外，多個3D堆疊結構各可依多個焦點深度予以掃描且當已增量掃描3D堆疊結構之各者之深度時，掃描即完成。若掃描未完成，則可藉由重複操作302、304及306而用下一焦點深度之一或多個聚焦光點進行掃描及偵測且用以產生在各種深度之對應偵測影像。

若掃描全部所要深度完成，則在操作310中可定位一或多個缺陷，且可基於依不同焦點深度獲得之影像來判定各缺陷之深度。在一實施例中，可執行任何合適檢驗分析程序以首先發現缺陷。另一非共焦檢驗工具可用以偵測缺陷。代替地，共焦工具可用於藉由來自各焦點深度之影像來發現缺陷。例如，可在各測試及參考影像之間執行一胞至胞、晶粒至晶粒或晶粒至資料庫比較。舉例而言，可針對在一特定深度處之一成像區域偵測缺陷，其不同於在相同深度處之另一參考影像區域，其係自另一晶粒、胞獲得，或自一設計資料庫模擬。

若發現一缺陷，則缺陷之深度可關聯至對此缺陷具有最鮮明對比度之影像。例如，與影像中之周圍背景相比，缺陷將趨於具有一最大亮度(暗度)，該影像係自對應於樣本內此缺陷之深度的焦點深度產

生。因此，用以對缺陷產生具有最高亮度之影像之焦點深度的中心可界定為缺陷的深度。因此，缺陷之深度可與來自參考缺陷之一集合相關以判定缺陷分類或以區別材料類型。例如，具有已知分類及成分之參考表面缺陷可用以分類缺陷或區別材料。

用於一特定堆疊區域之共焦影像可經掃描以發現其中缺陷具有最強峰值之影像。影像中xy定位可界定為缺陷之像素定位。可藉由共焦照射系統之對應z位置來判定缺陷之深度。可藉由移動穿過z或焦點位置以發現表面來發現與共焦照射系統或台相關之樣本表面，其中存在一最小強度峰值。

圖3B圖解說明對於埋置於堆疊中之一特定深度處之一特定缺陷，強度隨堆疊深度的繪圖。強度點352對應於共焦影像內之最高強度峰值，其給出在表面下方之約-1.3 μm 之一深度。應瞭解，表面深度為0對應一較小強度峰值354，而多數其他深度係在焦點之外且具有相對較低強度值。在此圖中，強度值範圍為0至1.0，但可使用任何合適度量值(諸如灰度級(例如，0至225))來繪圖。除表面外，已藉由使用來自晶圓上一非缺陷但相似區域之一特定深度處之共焦影像，自圖3B中之圖表移除來自常規晶圓圖案之信號，該等圖案在多個深度處重複。

返回參考圖3A，接著可判定在對應深度處再檢測各缺陷之後，樣本是否已通過操作312中之檢驗。例如，可判定缺陷是否為良率限制缺陷或僅是妨礙型缺陷。亦可判定缺陷是否係可修復。若樣本未通過，則可在操作314中變更程序或樣本。除變更程序外，亦可廢除樣本。

圖4係根據本發明之一代替實施例之包含次頻帶濾波器之一共焦檢驗系統400之一圖解示圖。此系統因增加一可調或可選光譜濾波器404而與圖2之系統相似，濾波器係可組態以增加對於特定材料及堆疊

類型之敏感性。一光譜濾波器可用以進一步動態界定照射光束之光譜。

一或多個光譜次頻帶濾波器可放置在照射光束之一照射光瞳中以達成不同次頻帶波長範圍。如所展示，一光譜次頻帶濾波器404係放置在物鏡210與準直器透鏡402之間。然而，系統可包含任何數目及類型之透鏡，其等用於形成照射光瞳，其中可定位一光譜次頻帶濾波器。

本文描述之共焦技術可與其他技術(諸如螢光及多光子偵測)組合，其中當分別在較短及較長之不同波長處照射樣本時，自掩蔽缺陷偵測之光係在較長或較短波長處。

圖5係根據本發明之一特定實施方案之一組合檢驗系統500之一圖解示圖。如所展示，系統500包含用於產生照射光503之一寬帶光源(例如，Xe弧光燈502)。除寬頻光源外，檢驗系統可包含任何合適數目及類型之額外光源。

照射光503接著可藉由透鏡504校準。經校準光接著可藉由一或多個可選濾波器或極化器(例如，505a及505b)接收，其可經組態以過濾超過一最大範圍或低於一最小範圍之波長及/或極化照射。照射光接著可藉由通過不同波長帶以在一缺陷檢驗/再檢測程序中使用之波長旁路濾波器506a及506b接收。系統500可包含用於沿兩個不同路徑通過(或反射)兩個或兩個以上不同波長帶之任何合適光學元件。在所繪示之系統中，一第一光譜濾波器506a經配置以反射在一第一波長帶處之一第一照射光束503a及通過在其他波長處之光至一第二濾波器506b。相似地，第二濾波器506b經配置以反射在一第二波長帶處之一第二照射光束503b。包含傳輸濾波器之任何合適數目個光譜濾波器可用以達成不同光譜帶。

一旁路濾波器可以任何合適形式實施(諸如所繪示之二向分光光

束分離器506a及506b)。例如，取決於光之波長，選擇性反射或傳輸光之具有二向分光光學塗層之二向分光稜鏡可在系統500中利用以分離照射光束至兩個各別波長路徑。

在不同波長處之兩個照射光束503a及503b接著通過個別光束分離器516a及516b且經由透鏡508a及508b聚焦穿過個別孔模組510a及510b且接著藉由透鏡512a及512b校準。兩個照射光束接著藉由鏡514a及514b再組合且經由透鏡210聚焦在多層樣本216之一特定深度處。

經組合輸出光束接著藉由二向分光鏡514a及514b分解為其各自波長帶。在兩個不同波長帶處之各輸出光束接著經引導穿過一輸出光束光學系統(例如，透鏡512a及512b、508a及508b，自光束分離器516a及516b反射至偵測器517a及517b上)。

額外光譜濾波器可放置在兩個光譜路徑之各者上且用以進一步界定各光束之光譜。舉例而言，一或多個額外光譜濾波器可進一步用以針對意欲捕獲之缺陷優化各路徑之敏感性。一各別極化濾波器亦可定位在各光譜路徑中以進一步針對各波長範圍優化檢驗敏感性。在2013年11月12日申請之Steven R. Lange之美國申請案第14/078,271號中進一步描述用於達成多個波長帶之進一步實施例，為描述可與本發明之特定實施例之共焦特徵及技術組合之檢驗工具特徵及技術之目的，該申請案以引用方式併入本文中。

總體而言，可基於次頻帶之優化、照射及收集光瞳孔形狀、照射及收集路徑之極化、放大、像素大小或其等之任何組合選擇各檢驗波長範圍。

對於3D堆疊之檢驗，不同波長帶通過範圍可在約700 nm與950 nm之間選擇以針對掩蔽3D缺陷類型及/或3D結構材料優化檢驗敏感性。例如，兩個長波長範圍可呈各具有等於或小於50 nm之一寬度之兩個窄次頻帶之形式。一較短波長範圍(諸如小於400 nm)亦可與一較

長波長範圍一起用以檢驗表面缺陷。在一實施例中，可在一深紫外光(DUV)或UV範圍至一NIR範圍之間選擇任何合適數目個波長範圍。

一極化設定亦可應用至各波長範圍(或次頻帶)。例如，可選擇一水平極化用於選定較長波長次頻帶。可基於任何合適檢驗參數(諸如缺陷類型、樣本成分、波長範圍或次頻帶選擇等)應用一極化設定。

圖6係根據本發明之一實施例用於檢驗及減少缺陷之一系統600之一圖解示圖。如所展示，系統可包含用於使用任何類型檢驗模式發現缺陷之一檢驗器系統604且並非必須包含一共焦模式。系統600亦可包含用於再檢測藉由檢驗器604在3D堆疊結構中發現之缺陷之一共焦再檢測系統602。系統600亦可包含用於自檢驗器604移動一樣本(諸如，一晶圓)至再檢測台602之一樣本處理系統606。

圖7係根據本發明之一代替實施例繪示一檢驗及再檢測程序700。此組合程序700可使用各別檢驗及再檢測工具或一組合系統(諸如圖6之系統)實施。最初，在操作701中，可使用一檢驗工具(模組)針對包含在一多層中且具有一未知深度之缺陷，檢驗一樣本。例如，一非共焦檢驗工具可用以發現缺陷及其等一般XY位置，而非其等深度位置。

在發現缺陷之後，接著在操作702中可將樣本裝載至一共焦再檢測台(模組)中。接著在操作704中可選擇一第一缺陷用於再檢測。例如，可選擇在一已知3D堆疊區域中之一缺陷用於再檢測。

使用共焦台，在操作706中接著可獲得在焦點之多個深度處之當前缺陷之多個影像，而抑制來自影像之失焦光。即，獲得缺陷區域之對焦影像。對應缺陷深度之一影像將具有比其他影像鮮明之一對比度。因此，在操作708中可基於再檢測台之共焦影像獲得當前缺陷之一深度。

在操作710中接著可判定此是否係待再檢測之最後缺陷。例如，

可再檢測3D堆疊中之全部缺陷。當然，亦可基於藉由檢驗器工具提供之影像再檢測其他類型缺陷。在再檢測最後缺陷之後，接著可在操作712中判定樣本是否已通過檢驗。例如，其判定缺陷係良率限制缺陷或僅妨礙類缺陷。亦可判定缺陷是否係可修復。若樣本未通過，則在操作714中可變更程序或樣本。除變更程序外，亦可廢棄樣本。

本發明之特定實施例允許發現埋置在3D堆疊結構中之缺陷位置之一高準確度。另外，亦可使用本發明之特定技術發現對於其他高解析度檢驗方法係不可見之一些埋置缺陷。一些實施例可允許敏感性之一改進。

一旦獲得缺陷之深度，則此資訊可用以律定非共焦檢驗工具之組態以(例如)透過極化或多個波長選擇(例如，處方設定及隨後VENN分析)對於在特定深度或深度範圍處之缺陷敏感。在以上參考之美國申請案第14/078,271號中進一步描述此等有用申請案之實例。

以上描述之系統之任何可包含一控制器，其經組態(例如，使用程式化指令)以提供用於顯示如本文進一步描述之所得測試影像及其他檢驗特性之一使用者介面(例如，在一電腦螢幕上)。控制器亦可經組態以接收藉由各偵測器產生之影像或信號且分析所得影像或信號以判定樣本上是否存在缺陷、特徵化樣本上存在之缺陷或以其方式特徵化樣本。

控制器可係軟體及硬體之任何合適組合。舉例而言，控制器可包含一處理器，其經由合適匯流排或其他連通機構耦合至輸入/輸出埠及一或多個記憶體。處理器及記憶體可經程式化以實施本發明之方法實施例之指令。控制器亦可包含用於提供使用者輸入(諸如，改變焦點深度、觀測偵測結果資料或影像、設定一檢驗工具處方)之一或多個輸入器件(諸如，一鍵盤、滑鼠、操縱桿)。

因為此等資訊及程式指令可在一特定組態電腦系統上實施，故

此一系統包含程式指令/電腦編碼，其(等)用於執行可儲存在一電腦可讀媒體上之本文描述之各種操作。機器可讀媒體之實例包含(但不限於)磁性媒體(諸如硬碟、軟碟及磁帶)、光學媒體(諸如CD-ROM碟)、磁光媒體(諸如一光碟)及經特定組態以儲存及執行程式指令之硬體器件(諸如唯讀記憶體器件(ROM)及隨機存取記憶體(RAM))。程式指令之實例包含機器編碼(諸如，藉由一編碼器產生)及含有可使用一解譯器藉由電腦執行之更高級編碼之文件。

共焦檢驗/再檢測工具之光學佈局可不同於以上所描述。舉例而言，若針對特定選擇波長帶或次頻帶優化傳輸塗層且跨各波段之像差係最小化，則物鏡可係許多可行佈局中之一者。

本發明之特定實施例提供在可見光至NIR波長處產生至少一光路徑之一檢驗系統。系統亦可包含3D晶圓結構之檢驗中之組件，其等用於在各照射及收集路徑中之可選極化光、在各照射及接收路徑中之可選光譜次頻帶濾波器及可選孔形狀。

任何合適透鏡配置可用以將照射光束向樣本引導且將發源於樣本之輸出光束向一偵測器引導。系統之照射及收集光學元件可係反射性或傳輸性。輸出光束可自樣本反射或散射或傳輸穿過樣本。

應瞭解，一檢驗系統之以上描述及圖式不應理解為對於系統之具體組件之限制且系統可以許多其他形式體現。舉例而言，可預期檢驗或量測工具可具有任何合適特徵，其等係來自經配置用於偵測及/或解析一光罩或晶圓之特徵之關鍵態樣之任何數目個已知成像或計量工具。藉由實例，一檢驗或量測工具可經調整用於亮場成像顯微鏡檢查、暗場成像顯微鏡檢查、全景成像顯微鏡檢查、相位對比顯微鏡檢查、極化對比顯微鏡檢查及相干性探測顯微鏡檢查。亦可預期可使用單一及多影響方法以捕獲目標影像。此等方法包含(例如)單一抓取、雙重抓取、單一抓取相干性探測顯微鏡檢查(CPM)及雙重抓取CPM方

法。亦可預期非成像光學方法(諸如散射測量)形成檢驗或計量裝置之部分。

儘管為便於理解之目的已詳細描述前述發明，但應明白在隨附專利申請範圍之範疇內可實踐特定改變及修改。應瞭解存在實施本發明之程序、系統及裝置之許多代替方法。舉例而言，可自一傳輸、反射或一組合輸出光束獲得缺陷偵測特性資料。另外，除可見光至NIR外，可在其他波長範圍(諸如，一可見光、紫外線光或深紫外線波長範圍)處使用共焦系統以判定缺陷之深度。因此，本實施例可視為繪示性且並非限制性且不意欲將本發明限制於本文給出之細節。

【符號說明】

100	後閘極VNAND記憶體部分
102a	ONON堆疊
102b	ONON堆疊
102c	ONON堆疊
102d	ONON堆疊
104a	通孔/通道
104b	通孔/通道
106	字線(W/L)切口
108	氮化物層
110	氧化物層
112a	區域
112b	區域
114	閘極材料
116	介電層
116a	隔離閘極部分
116b	隔離閘極部分

116c	隔離閘極部分
116d	隔離閘極部分
116e	隔離閘極部分
120	缺陷
122	缺陷
150	VNAND部分
152a	堆疊
152b	堆疊
152c	堆疊
152d	堆疊
154a	多晶矽通道
154b	多晶矽通道
156	字線切口區域
158	多晶矽閘極部分
160	氧化物部分
200	系統
201	照射光
202	可調波長雷射/光源
203	經聚焦輸出光
204	透鏡
205	未經聚焦光
206	孔模組/照射孔輸出模組
208	光束分離器
210	物鏡透鏡
216	樣本/輸出孔模組
218	偵測器

225	焦點
227	非焦點
280	定位機構
290	控制器
300	檢驗程序
301	操作
302	操作
304	操作
306	操作
308	操作
310	操作
312	操作
314	操作
400	共焦檢驗系統
402	準直器透鏡
404	光譜濾波器
500	組合檢驗系統
502	Xe弧光燈
503	照射光
503a	第一照射光束
503b	第二照射光束
504	透鏡
505a	濾波器/極化器
505b	濾波器/極化器
506a	第一濾波器/光束分離器
506b	第二濾波器光束分離器

508a	透鏡
508b	透鏡
510a	孔模組
510b	孔模組
512a	透鏡
512b	透鏡
514a	二向分光鏡
514b	二向分光鏡
516a	光束分離器
516b	光束分離器
517a	偵測器
517b	偵測器
600	系統
602	共焦再檢測系統/再檢測台
604	檢驗器系統
606	樣本處理系統
700	檢驗及再檢測程序
701	操作
702	操作
704	操作
706	操作
708	操作
710	操作
712	操作
714	操作

申請專利範圍

1. 一種用於檢驗一垂直堆疊結構之方法，其包括：

(a)在一共焦工具上，將一照射光束重複聚焦於一第一垂直堆疊結構之一相同特定之xy位置及複數個不同深度的複數個焦點平面處，該第一垂直堆疊結構具有複數個經圖案化層，其中該等不同深度對應於自該第一垂直堆疊結構之一頂部表面穿過該第一垂直堆疊結構之該複數個經圖案化層而至該第一垂直堆疊結構之一底部之增量z位置，且其中一缺陷係定位於該等不同深度之一未知者處，且該照射光束具有在約700 nm與約950 nm之間之一波長範圍；

(b)基於依該等不同深度自該第一垂直堆疊結構偵測之對焦輸出光而產生該等不同深度之複數個對焦影像，其中抑制失焦輸出光達到該共焦系統之一偵測器，且抑制其促成該等對焦影像之產生；及

(c)基於該等對焦影像來判定在該第一垂直堆疊結構中之該缺陷係定位在該等不同深度之何者處。

2. 如請求項1之方法，其中藉由一輸出孔模組來抑制該失焦光到達該共焦工具之該偵測器，該輸出孔模組經定位及經尺寸設計以便於阻止在約700 nm與約950 nm之間之波長範圍處之該等失焦輸出光到達該偵測器。
3. 如請求項1之方法，其中使用不同於該共焦工具之另一檢驗工具來偵測在該第一垂直堆疊結構中之該缺陷，其中在無需判定相對於該第一垂直堆疊結構之此缺陷之一深度下，偵測此缺陷。
4. 如請求項1之方法，進一步包含在基於該等對焦影像判定在該第一垂直堆疊結構中之該缺陷係定位在該等不同深度之何者處之

前，基於該等對焦影像來偵測該缺陷。

5. 如請求項1之方法，其中判定在該第一垂直堆疊結構中之該缺陷係定位在該等不同深度之何者處包含：判定具有一最鮮明對比度之該等對焦影像之一特定者，及界定該特定對焦影像之對應深度為該缺陷之該深度。
6. 如請求項1之方法，進一步包含基於該等對焦影像來判定該缺陷之一分類或區別該缺陷之一材料。
7. 如請求項1之方法，進一步包括：

在該共焦工具上，將一或多個照射光束聚焦在第二複數個垂直堆疊結構之各者之第二複數個不同深度的第二複數個焦點平面處；

基於在該等第二不同深度處自該等第二垂直堆疊結構偵測之對焦輸出光而產生該等第二不同深度之第二複數個對焦影像，其中抑制失焦輸出光到達該共焦系統之該偵測器，且抑制其促成該等第二對焦影像之產生；及

偵測在該等第二垂直堆疊結構中之一或多個第二缺陷；及

針對各經偵測第二缺陷，基於該等第二對焦影像來判定該第二缺陷係定位在該等不同深度之何者處。

8. 如請求項7之方法，其中複數個照射光束係同時聚焦在該等第二垂直堆疊結構之該等第二焦點平面處。
9. 如請求項1之方法，其中該第一垂直堆疊結構係一三維記憶體結構，該三維記憶體結構具有形成自一氧化物材料及一氮化物或多晶矽材料之複數個交替經圖案化層。
10. 一種用於在一垂直半導體結構中偵測缺陷或再檢測缺陷之系統，該系統包括：

一照射光學模組，用於將一照射光束重複聚焦在一第一垂直

堆疊結構之一相同特定之 xy 位置及複數個不同深度的複數個焦點平面處，該第一垂直堆疊結構具有複數個經圖案化層，其中該等不同深度對應於自該第一垂直堆疊結構之一頂部表面穿過該第一垂直堆疊結構之該複數個經圖案化層而至該第一垂直堆疊結構之一底部之增量 z 位置，且其中一缺陷係定位在該等不同深度之一未知者處，且該照射光束具有在約700 nm與約950 nm之間之一波長範圍；

一收集光學模組，用於收集回應於聚焦在該複數個不同深度處之該經聚焦照射光束而來自此等不同深度之對焦輸出光；

一偵測器，用於偵測自該複數個不同深度收集之該對焦輸出光，其中該收集光學模組經進一步配置以抑制失焦輸出光到達該偵測器以便於抑制此失焦輸出光促成該等對焦影像之產生；及

一控制器，其可操作以執行以下操作：

基於依該等不同深度自該第一垂直堆疊結構偵測之對焦輸出光而產生該等不同深度的複數個對焦影像；及

基於該等對焦影像來判定在該第一垂直堆疊結構中之該缺陷係定位在該等不同深度之何者處。

11. 如請求項10之系統，其中該照射光學模組包含照射孔模組，且該收集光學模組包含一輸出孔模組。
12. 如請求項11之系統，其中該等照射及輸出孔模組之各者係呈一固定針孔或狹縫陣列之形式。
13. 如請求項11之系統，其中該等照射及輸出孔模組之各者係呈用於使該經聚焦照射光束掃描橫跨該樣本之一焦點平面區域之一旋轉尼普克圓盤形式。
14. 如請求項11之系統，其中該等照射及輸出孔模組之各者係呈用於

使該經聚焦照射光束掃描橫跨該樣本之一焦點平面區域之一可程式空間調變器形式。

15. 如請求項11之系統，其中該照射孔模組經定位及尺寸設計以便於阻止在約700 nm與約950 nm之間之該波長範圍處之該失焦輸出光達到該偵測器。
16. 如請求項10之系統，其中該照射光學模組包含用於使該經聚焦照射光束掃描橫跨該樣本之一焦點平面區域之一或多個電鍍鏡。
17. 如請求項10之系統，其中使用不同於該共焦工具之另一檢驗工具來偵測在該第一垂直堆疊結構中之該缺陷，其中在無需判定相對於該第一垂直堆疊結構之此缺陷之一深度下，偵測此缺陷。
18. 如請求項10之系統，其中在基於該等對焦影像來判定在該第一垂直堆疊結構中之該缺陷係在該等不同深度之何者處之前，該控制器係進一步可操作以基於該等對焦影像來偵測該缺陷。
19. 如請求項10之系統，其中判定在該第一垂直堆疊結構中之該缺陷係定位在該等不同深度之何者處包含：判定具有一最鮮明對比度之該等對焦影像之一特定者，及界定該特定對焦影像之對應深度為該缺陷之該深度。
20. 如請求項10之系統，其中該控制器係進一步可操作以基於該等對焦影像來判定該缺陷之一分類或區別該缺陷之一材料。
21. 如請求項10之系統，其中該系統係呈用於再檢測缺陷之一共焦再檢測模組形式，其中該系統進一步包括用於使用一非共焦再檢測模式來偵測缺陷之一檢驗器模組。
22. 如請求項10之系統，其中該第一垂直堆疊結構係一三維記憶體結構，該三維記憶體結構具有形成自一氧化物材料及一氮化物或多晶矽材料之複數個交替經圖案化層。

圖式

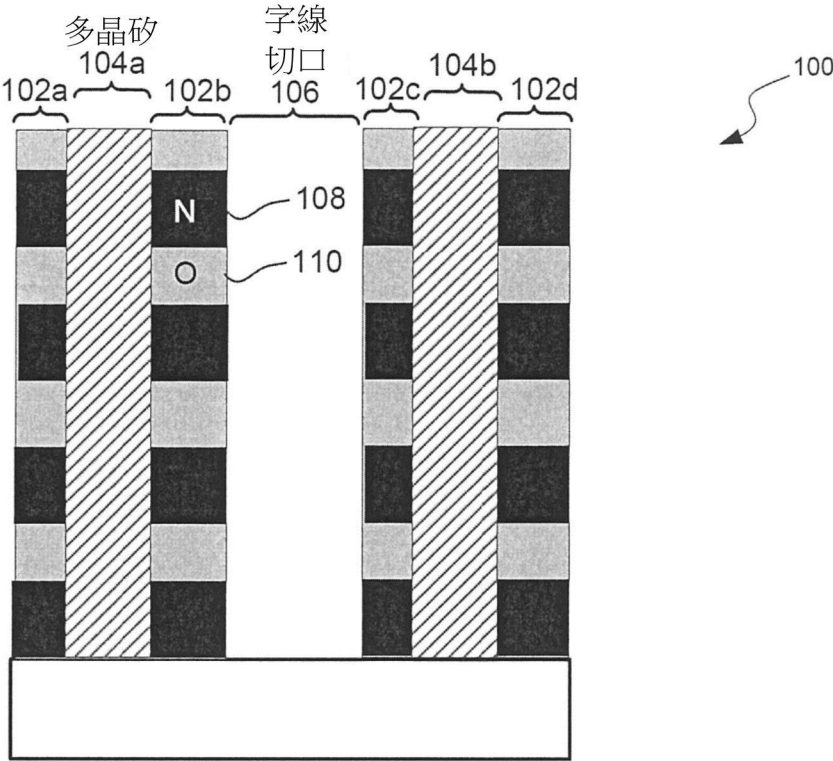


圖 1A

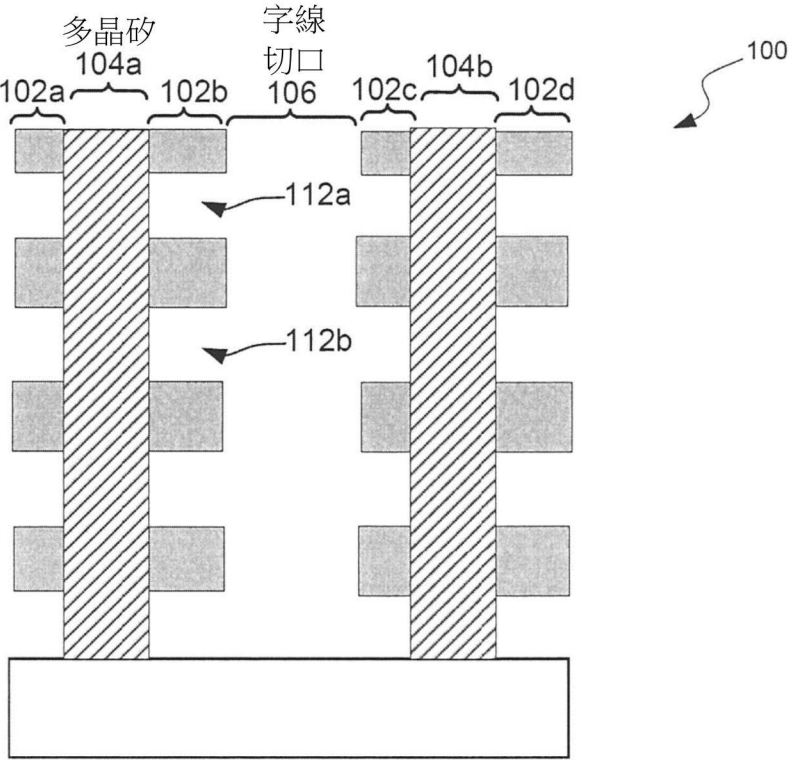


圖 1B

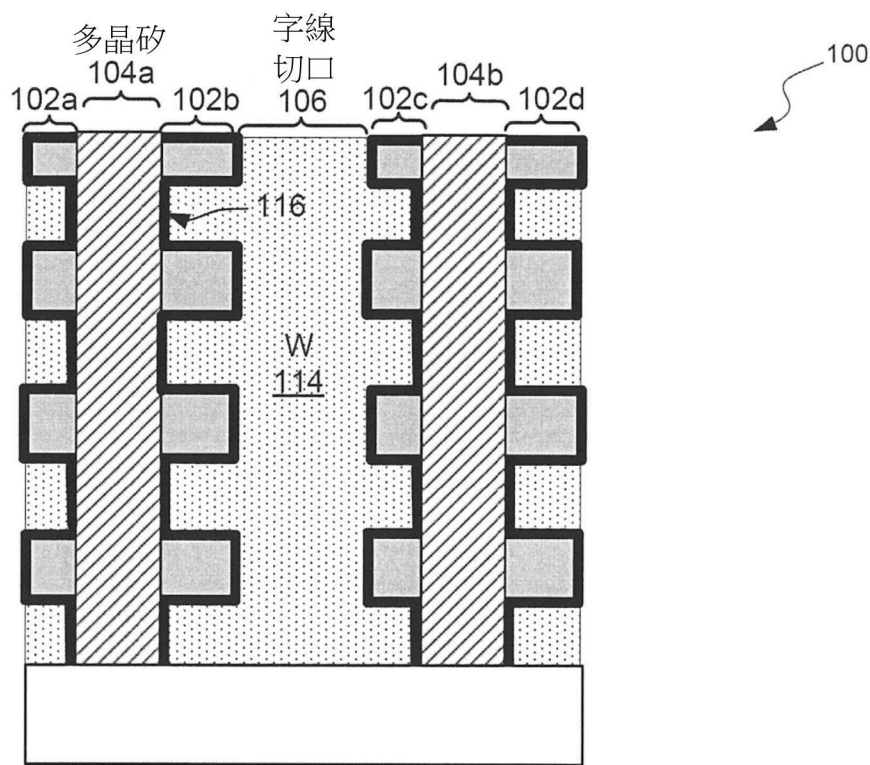


圖 1C

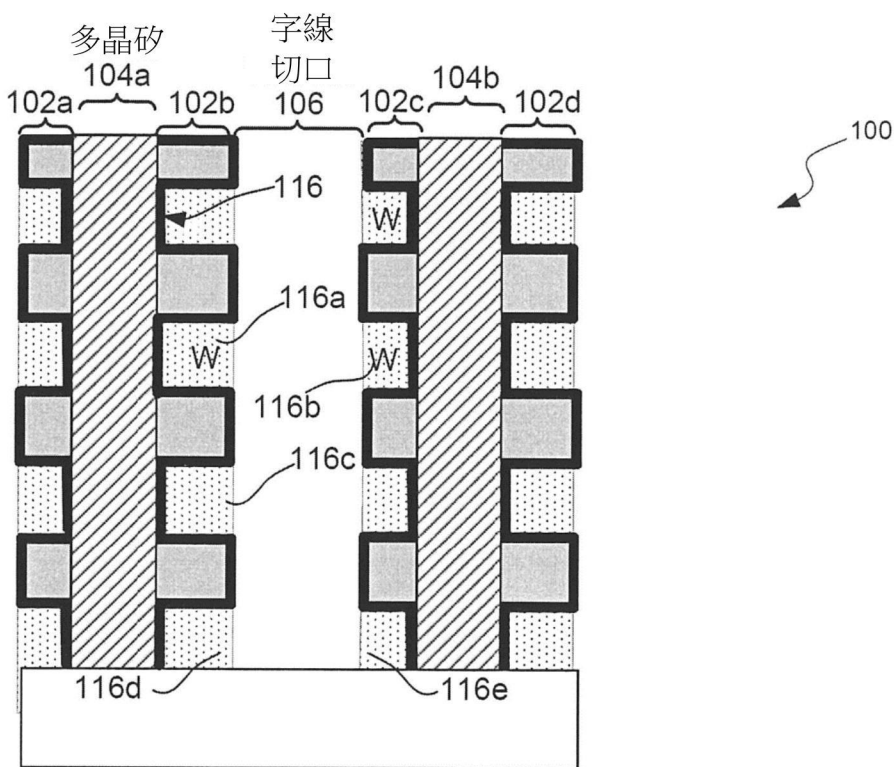


圖 1D

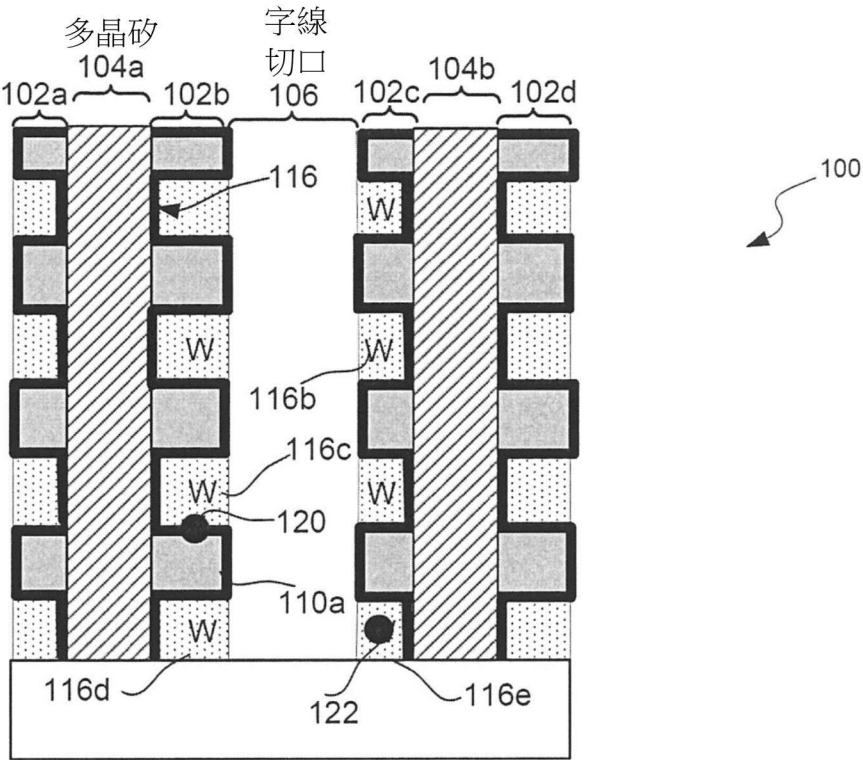


圖 1E

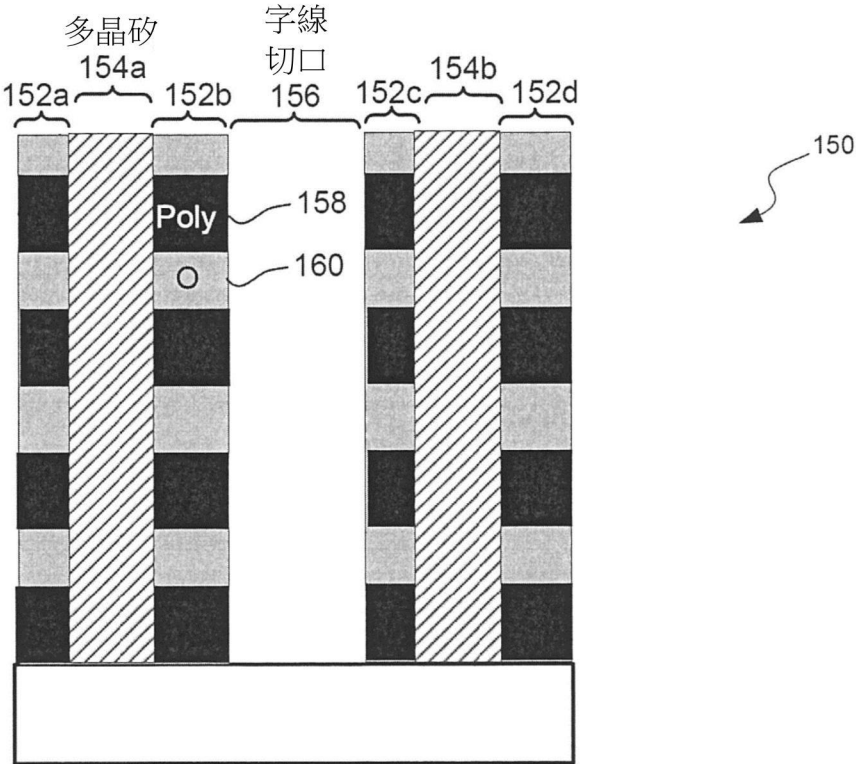


圖 1F

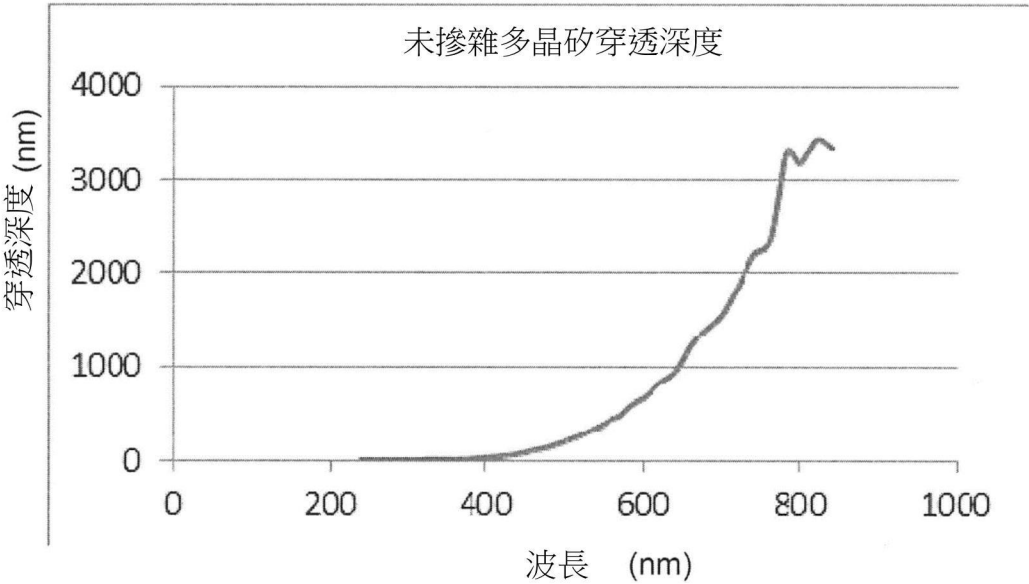


圖 1G

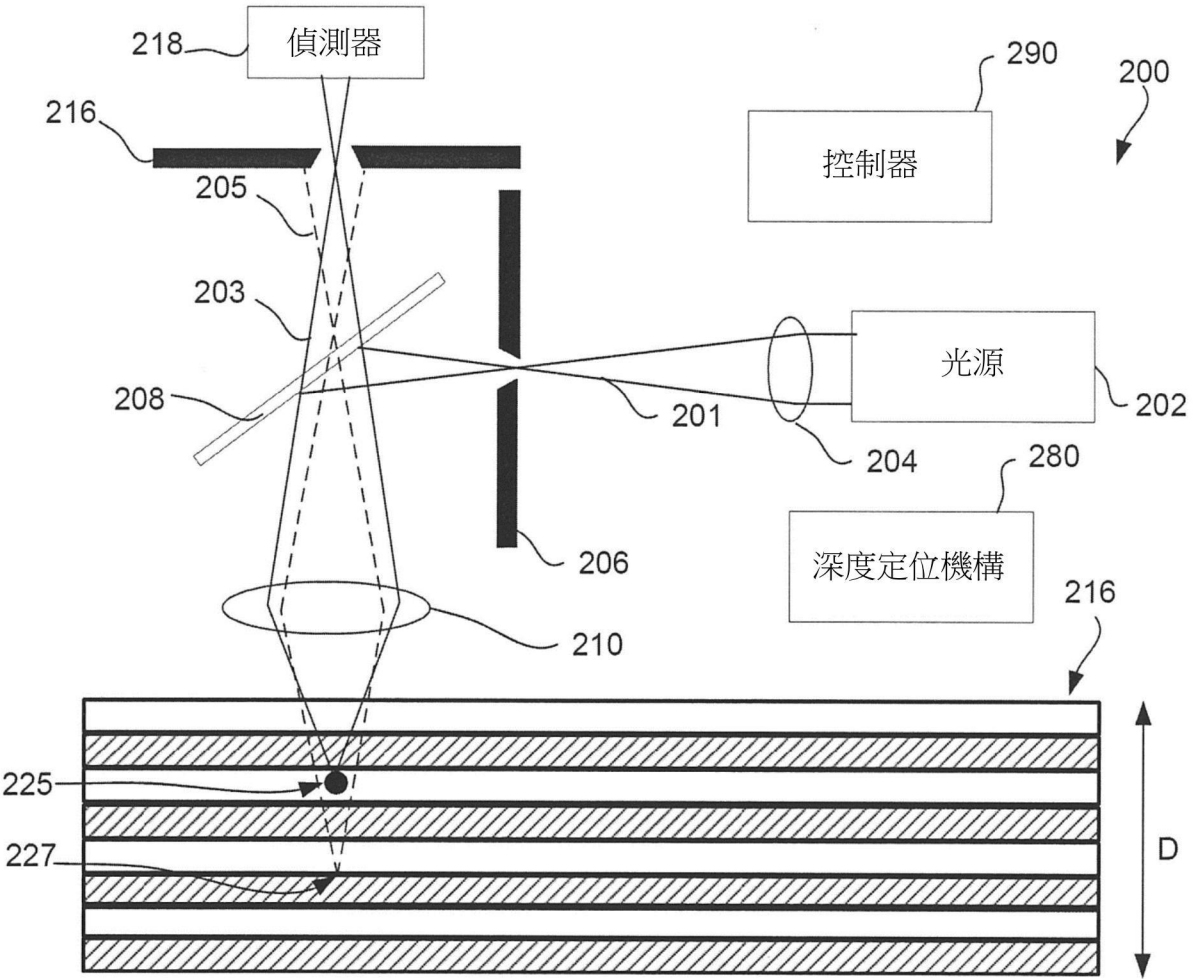


圖 2

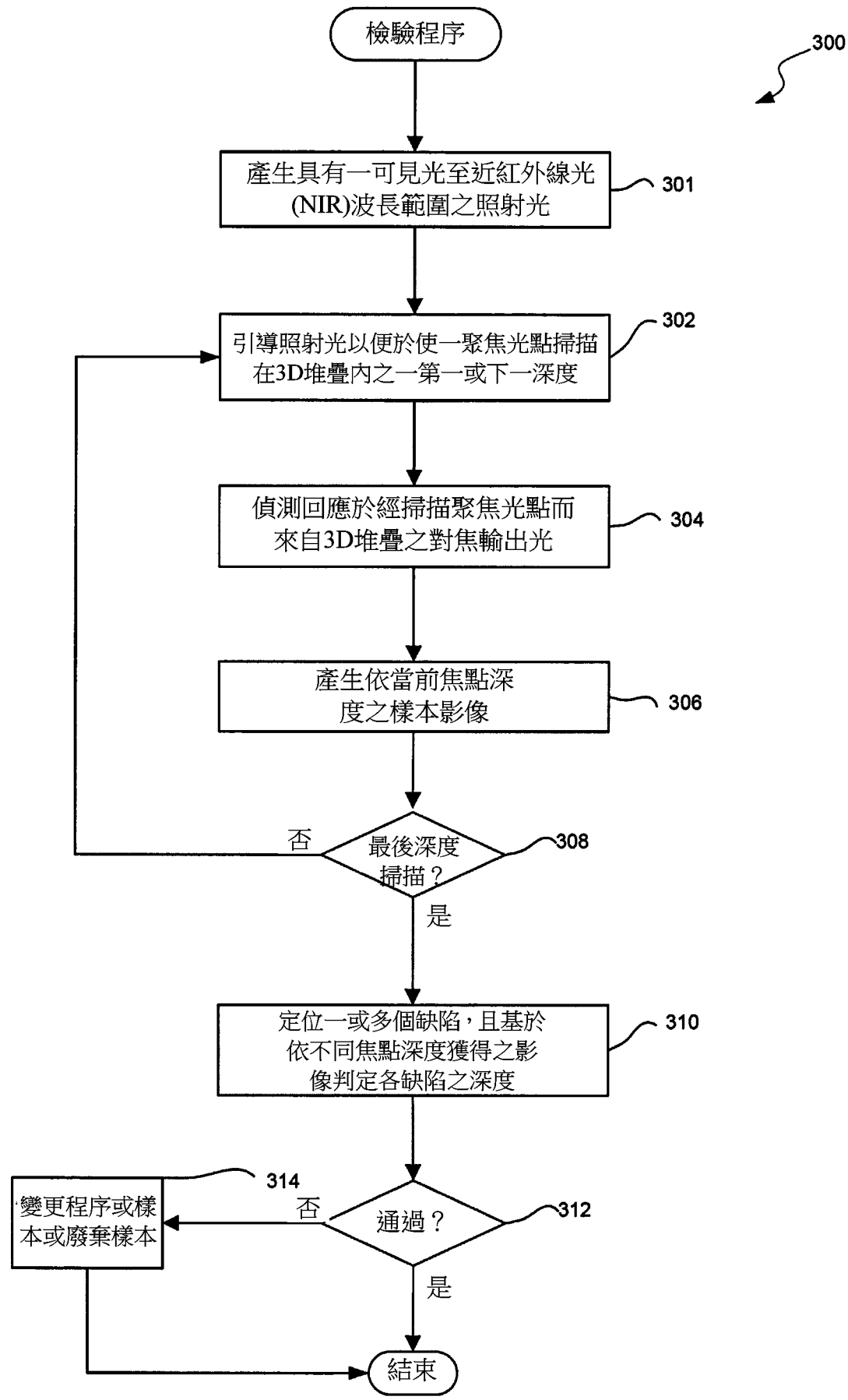


圖 3A

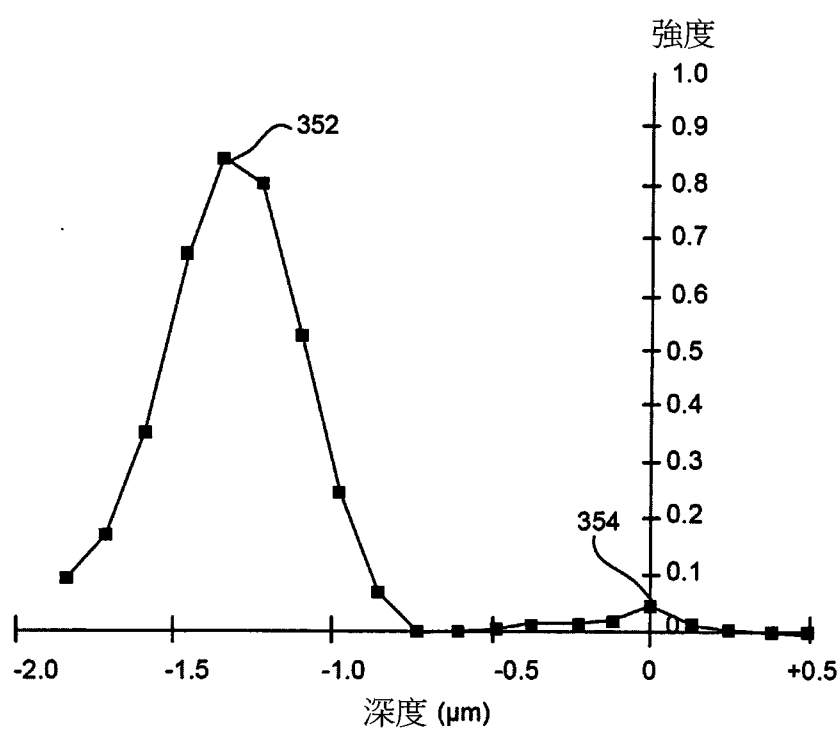


圖 3B

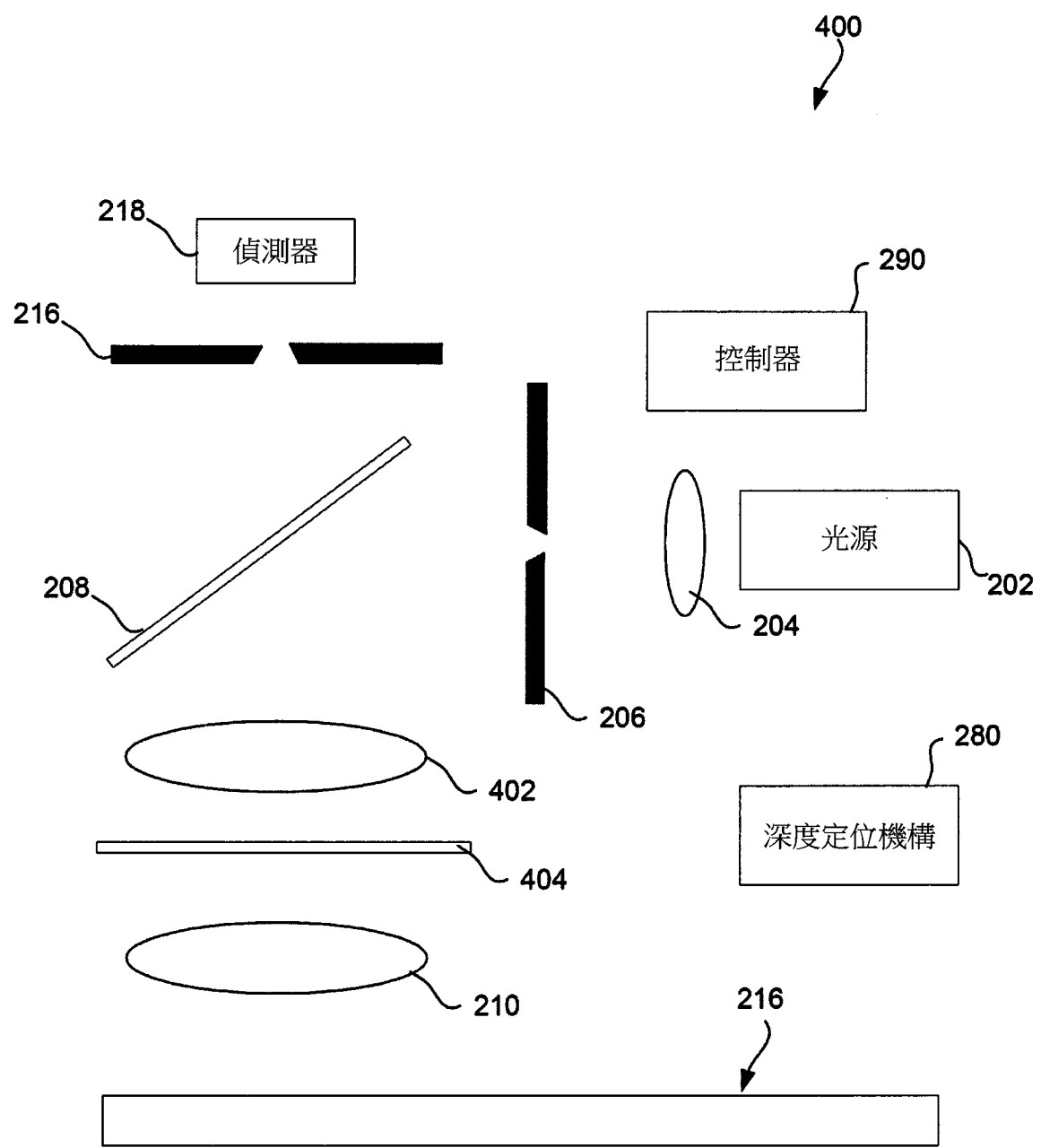


圖 4

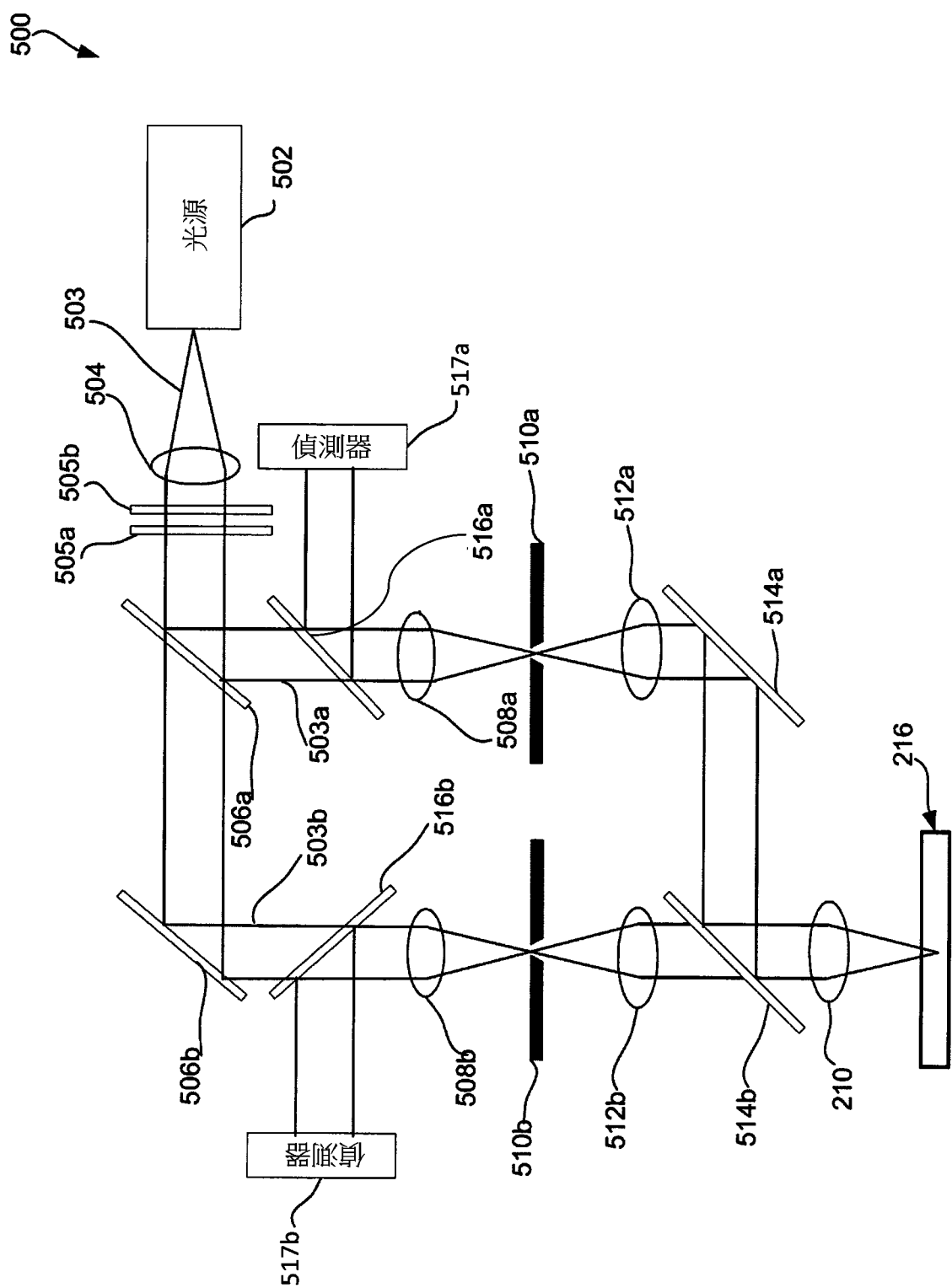


圖 5

600

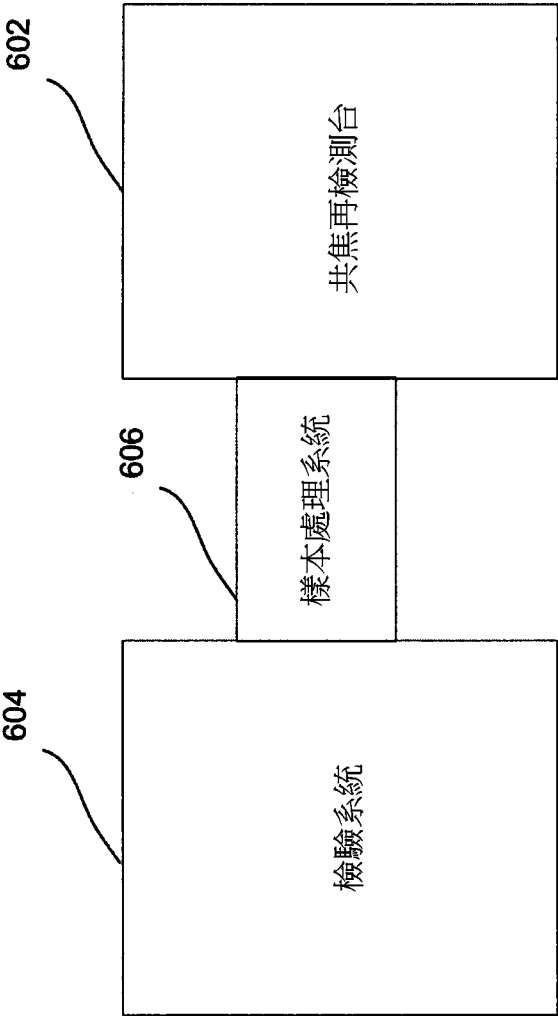


圖 6

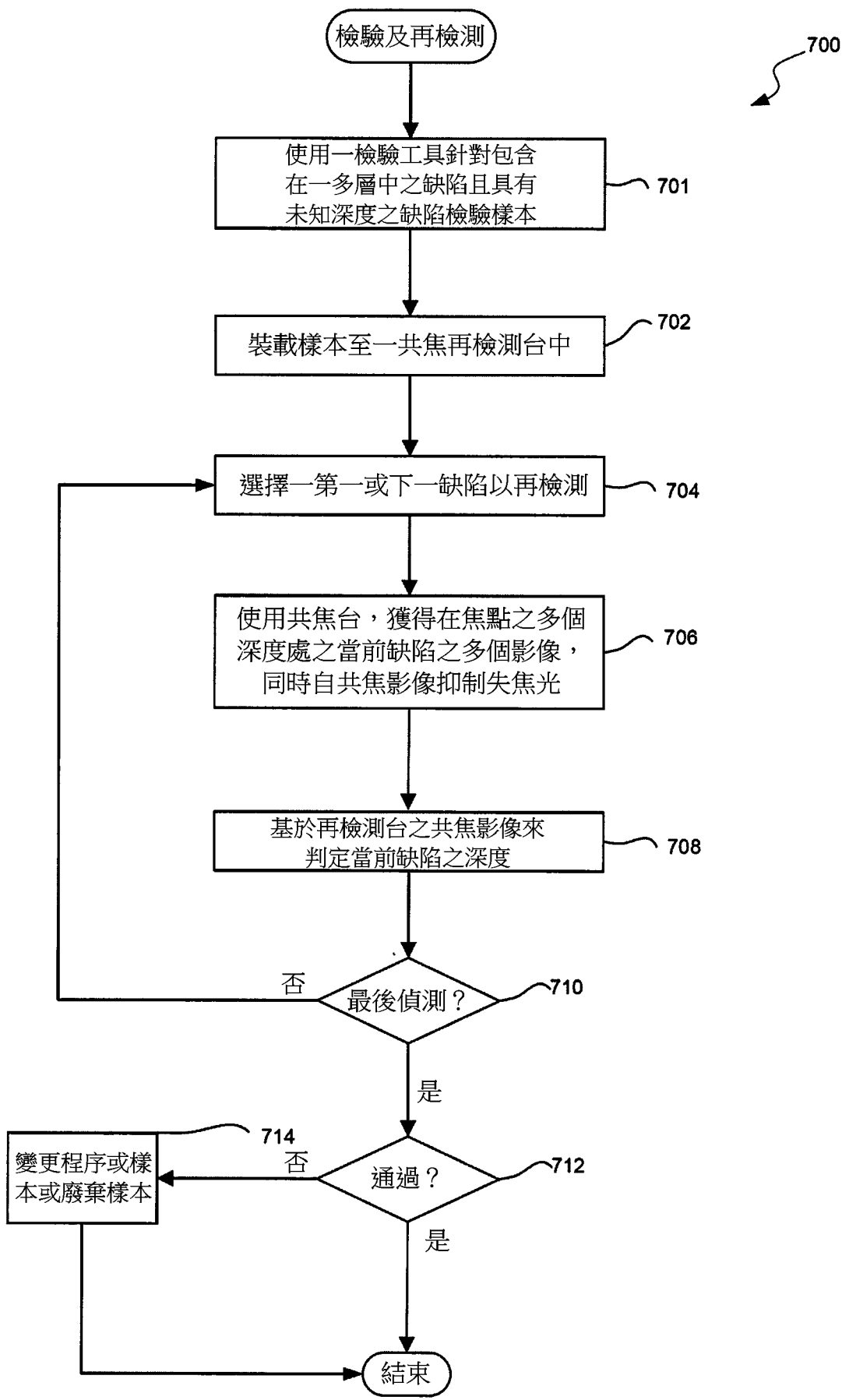


圖 7