I833042

(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 I833042 B**

(45)公告日： 中華民國 113 (2024) 年 02 月 21 日

(21)申請案號：109134647 (22)申請日： 中華民國 109 (2020) 年 10 月 06 日

(51)Int. Cl.： ***G01B11/00 (2006.01)*** ***G01B9/02 (2022.01)***

G01N21/88 (2006.01)

(30)優先權：2019/10/06 美國 62/911,279

(71)申請人：以色列商奧寶科技有限公司 (以色列) ORBOTECH LTD. (IL)
以色列

(72)發明人：歐隆 朗 ORON, RAM (IL)；提德哈 吉爾 TIDHAR, GIL (IL)；露斯克 伊利亞 LUTSKER, ILIA (IL)；戈蘭 漢妮娜 GOLAN, HANINA (IL)

(74)代理人：陳長文

(56)參考文獻：

CN	102305601A	US	9858671B2
US	2008/0266547A1	US	2019/0128823A1

審查人員：吳耿榮

申請專利範圍項數：43 項 圖式數：10 共 59 頁

(54)名稱

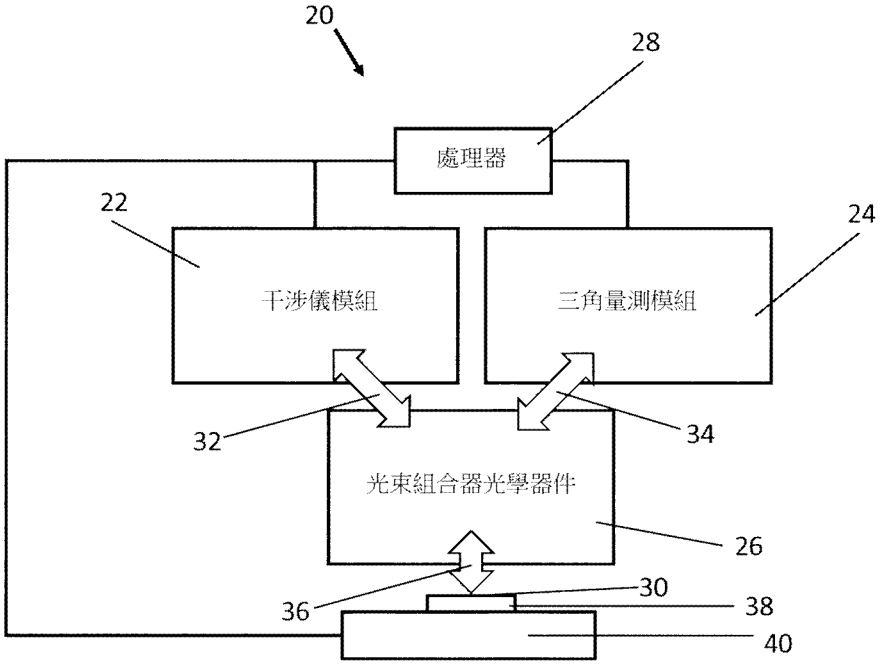
混合式 3D 檢測系統

(57)摘要

本發明揭示一種光學檢測設備，其包含經組態以將一同調光束導引向一受檢測區域且產生該區域之干涉條紋之一第一影像之一干涉儀模組。該設備亦包含經組態以將結構化光之一圖案投影至該區域上之一三角量測模組及經組態以擷取干涉條紋之該第一影像及自該區域反射之該圖案之一第二影像之至少一影像感測器。光束組合器光學器件經組態以導引該同調光束及該投影圖案觸及該區域上之相同位置。一處理器經組態以處理該第一影像及該第二影像以產生該區域之一 3D 圖。

An optical inspection apparatus includes an interferometer module, which is configured to direct a beam of coherent light toward an area under inspection and to produce a first image of interference fringes of the area. The apparatus also includes a triangulation module configured to project a pattern of structured light onto the area, and at least one image sensor configured to capture the first image of interference fringes and a second image of the pattern that is reflected from the area. Beam combiner optics are configured to direct the beam of coherent light and the projected pattern to impinge on the same location on the area. A processor is configured to process the first and second images in order to generate a 3D map of the area.

指定代表圖：



【圖1】

符號簡單說明：

20:光學檢測設備

22:干涉儀模組

24:三角量測模組

26:光束組合器光學器件

28:處理器

30:區域

32:光學信號流動

34:光學信號流動

36:光學信號流動

38:工件

40:平移載台

公告本

I833042

【發明摘要】

【中文發明名稱】

混合式3D檢測系統

【英文發明名稱】

HYBRID 3D INSPECTION SYSTEM

【中文】

本發明揭示一種光學檢測設備，其包含經組態以將一同調光束導引向一受檢測區域且產生該區域之干涉條紋之一第一影像之一干涉儀模組。該設備亦包含經組態以將結構化光之一圖案投影至該區域上之一三角量測模組及經組態以擷取干涉條紋之該第一影像及自該區域反射之該圖案之一第二影像之至少一影像感測器。光束組合器光學器件經組態以導引該同調光束及該投影圖案觸及該區域上之相同位置。一處理器經組態以處理該第一影像及該第二影像以產生該區域之一3D圖。

【英文】

An optical inspection apparatus includes an interferometer module, which is configured to direct a beam of coherent light toward an area under inspection and to produce a first image of interference fringes of the area. The apparatus also includes a triangulation module configured to project a pattern of structured light onto the area, and at least one image sensor configured to capture the first image of interference fringes and a second image of the pattern that is reflected from the area. Beam combiner optics are configured to direct the beam of coherent light and the projected pattern to impinge on the same location on the

area. A processor is configured to process the first and second images in order to generate a 3D map of the area.

【指定代表圖】

圖1

【代表圖之符號簡單說明】

20:光學檢測設備

22:干涉儀模組

24:三角量測模組

26:光束組合器光學器件

28:處理器

30:區域

32:光學信號流動

34:光學信號流動

36:光學信號流動

38:工件

40:平移載台

【發明說明書】

【中文發明名稱】

混合式3D檢測系統

【英文發明名稱】

HYBRID 3D INSPECTION SYSTEM

【技術領域】

【0001】 本發明大體上係關於光學裝置，且特定言之，本發明係關於檢測及度量系統。

【先前技術】

【0002】 在諸如印刷電路板、顯示面板及積體電路之工件之生產程序中，通常由經組態以量測電路板之特徵之三維(3D)構形之檢測系統檢測工件。可使用適合光學系統實現各種量測方法。此等方法之兩者係三角量測法及干涉法。

【0003】 如本描述及申請專利範圍中所使用，術語「光學」、「光」及「照明」大體上係指任何及所有可見、紅外及紫外輻射。

【0004】 一些三角量測法將光之一圖案(例如照明之平行線(條紋)之一圖案)投影至受檢測區域上。藉由觀察自受檢測區域鏡面反射或漫反射之投影圖案之二維(2D)影像，回應於區域之局部構形變動而看見圖案之局部移位。此種方法之一實例係相移法，其可使用靜態投影條紋及跨區域掃描之條紋(掃描相移法(scanning phase-shift method；SPSM))實施。在SPSM中，投影條紋具有一週期性強度圖案。當使用正弦變化條紋時，投影條紋圖案在橫向於條紋之一方向上依連續步階移位，其中一典型步階大小係條紋週期之1/4。替代地，可使用其他週期性圖案。例如，跨條紋梯

形變動之條紋能夠以每週期兩個步階但以較低準確度提取高度資訊。正弦條紋與跨條紋週期之多個步階之組合能夠以0.5微米之一準確度量測自局部條紋移位量測之區域之構形。

【0005】 三角量測法能够量測數十或數百微米之構形變動，具有明確量測結果，但其一般無法達到干涉法之解析度，如下文將描述。

【0006】 干涉法使用同調光照射受檢測區域，導引自受檢測區域反射之光干涉照明之一未受干擾部分(所謂之參考光束)，且自干涉圖案推斷3D構形。干涉法可為靜態或動態的。在靜態法中，獲得一干涉圖案且比較其與一參考圖案。一靜態干涉法之一實例係美國公開專利申請案2017/0003650中所描述之數位全像法。在動態法中，動態改變自區域反射之光與參考光束之間的相對相位以導致多個干涉圖案，且比較此等圖案與一固定參考時間之一圖案。干涉法能够達成低於50 nm之一垂直解析度。然而，歸因於形成同調照明之光波之循環重複，量測結果亦依λ/2之一週期(針對反射光)循環重複，其中λ表示照明之波長。因此，結果在所謂之模糊度範圍Δh外係模糊的。針對單波長操作，$\Delta h = \lambda/2$。可藉由採用具有不同波長λ_1及λ_2之兩個雷射來進一步拓寬干涉法之模糊度範圍。在此情況中，模糊度範圍將為$\Delta h = (\lambda_1 \times \lambda_2) / (\lambda_2 - \lambda_1)$。因此，可取決於波長而達成5 μm至15 μm之間的模糊度範圍。

【發明內容】

【0007】 下文將描述之本發明之實施例提供用於檢測之改良光學檢測系統及方法。

【0008】 因此，根據本發明之一實施例，提供一種光學檢測設備，其包含一干涉儀模組，該干涉儀模組經組態以將一同調光束導引向一受檢

測區域、接收自該區域反射之該光束及產生藉由組合該反射光束與一參考光束所產生之干涉條紋之一第一影像。該設備進一步包含：一三角量測模組，其包含經組態以將結構化光之一圖案投影至該受檢測區域上之一投影儀；及至少一影像感測器，其經組態以擷取該等干涉條紋之該第一影像及自該受檢測區域反射之該圖案之一第二影像。光束組合器光學器件經組態以導引該同調光束沿一第一光軸依一第一入射角觸及該受檢測區域上之一位置且導引該投影圖案沿一第二光軸依不同於該第一入射角之一第二入射角觸及該位置。一處理器經組態以處理該第一影像及該第二影像以提取該受檢測區域之各自第一三維(3D)量測及第二3D量測且組合該等第一3D量測與該等第二3D量測以產生該區域之一3D圖。

【0009】 在一揭示實施例中，該設備包含經組態以跨該受檢測區域平移該第一光軸及該第二光軸之一掃描機構。

【0010】 在一實施例中，該等第一3D量測以一第一解析度及一第一模糊度範圍為特徵，而該等第二3D量測以比該第一解析度粗糙之一第二解析度及比該第一模糊度範圍大之一第二模糊度範圍為特徵，且該處理器經組態以組合該等第一3D量測與該等第二3D量測，使得該3D圖在該第二模糊度範圍內以該第一解析度表示該區域。

【0011】 在另一實施例中，該第一入射角垂直於該受檢測區域之一表面，而該第二入射角係傾斜的。

【0012】 在另一實施例中，該設備亦包含經組態以將該同調光束及該投影圖案兩者導引至該位置上之一物鏡，其中該物鏡之一數值孔徑包含服務該干涉儀模組之一中心部分及服務該三角量測模組之一周邊部分。

【0013】 在又一實施例中，該至少一影像感測器包含經定位以擷取

該第一影像之一第一影像感測器及經定位以擷取該第二影像之一第二影像感測器，且該等光束組合器光學器件進一步經組態以沿對應於該第二入射角之一傾斜出射角將自該受檢測區域反射之該圖案導引向該第二影像感測器。

【0014】 在一揭示實施例中，該三角量測模組經組態以依不同各自角度導引來自該受檢測區域之兩個光束以在該至少一影像感測器上形成該圖案之各自影像，且該處理器經組態以一起處理該等各自影像以產生該3D圖。

【0015】 在另一實施例中，該三角量測模組包含一孔隙板，其經定位以攔截該反射圖案且含有依該等不同各自角度將該兩個光束導引向該至少一影像感測器之兩個孔隙。

【0016】 在又一實施例中，該設備包含經組態以接收該反射圖案且將該反射圖案導引向該至少一影像感測器之一物鏡，其中該三角量測模組使該孔隙板成像至該物鏡之一出射光瞳上且包含經組態以導引該兩個光束分別穿過該兩個孔隙之一雙楔。

【0017】 在一揭示實施例中，該等光束組合器光學器件包含複數個光學稜鏡，其等經組態以反射該同調光束及該投影圖案之至少一者以依該第一入射角及該第二入射角將該同調光束及該投影圖案導引向該位置。

【0018】 在又一實施例中，該處理器經組態以藉由量測該第一影像中之該等干涉條紋相對於一第一參考之第一位移來進行該等第一3D量測及藉由量測該第二影像中之該結構化光之該圖案相對於一第二參考之第二位移來進行該等第二3D量測。

【0019】 在另一實施例中，該干涉儀模組包含經組態以發射該同調

光之一光源，且該至少一影像感測器經組態以擷取該等干涉條紋之該第一影像。

【0020】 在又一實施例中，該至少一影像感測器經組態以擷取該受檢測區域之二維(2D)影像。另外或替代地，該處理器經組態以分割及分析該2D影像以識別該區域中之一或多個物件且在量測該一或多個經識別物件之一高度時應用該等第一3D量測及該等第二3D量測。

【0021】 在另一實施例中，該至少一影像感測器包含經組態以擷取該等干涉條紋之該第一影像及自該受檢測區域反射之該圖案之該第二影像兩者之一單一影像感測器。

【0022】 在又一實施例中，該設備包含經組態以擷取自該受檢測區域沿對應於該第二入射角之一傾斜出射角反射之該圖案之一第三影像之另一影像感測器，其中該處理器經組態以處理該第三影像以對該受檢測區域進行進一步3D量測。

【0023】 在一揭示實施例中，該干涉儀模組經組態以藉由自參考數位全像術(self-referenced digital holography)來產生該第一影像。

【0024】 在另一實施例中，該干涉儀模組經組態以藉由導引具有不同照明狀況之兩個該同調光束觸及該受檢測區域來產生該第一影像，其中該等光束之一者充當該參考光束。

【0025】 在又一實施例中，該干涉儀模組經組態以藉由光學操控該光束來自該同調光束得到該參考光束。

【0026】 在一揭示實施例中，該三角量測模組包含經組態以變動該投影圖案之一偏光狀態以調整該第二影像中之鏡面及漫反射之相對強度之至少一可旋轉偏光器。

【0027】 在另一實施例中，該干涉儀模組經組態以使用一數位全像法來擷取該第一影像。

【0028】 在又一實施例中，該三角量測模組經組態以使用一掃描相移法(SPSM)來擷取該第二影像。

【0029】 根據本發明之一實施例，另外提供一種光學檢測設備，其包含一干涉儀模組，該干涉儀模組經組態以導引一同調光束沿一第一光軸觸及一受檢測區域、接收自該區域反射之該光束及產生藉由組合該反射光束與一參考光束所產生之干涉條紋之一第一影像。一三角量測模組包含經組態以沿一第二光軸投影結構化光之一圖案觸及該受檢測區域之一投影儀。至少一影像感測器經組態以擷取該等干涉條紋之該第一影像及自該受檢測區域反射之該圖案之一第二影像。一掃描機構經組態以跨該受檢測區域將該第一光軸及該第二光軸平移成相互對位。一處理器經組態以：驅動該掃描機構以引起該第一光軸及該第二光軸連續觸及該受檢測區域中之位置；處理該第一影像及該第二影像以提取該受檢測區域之各自第一三維(3D)量測及第二3D量測；及組合該等第一3D量測與該等第二3D量測以產生該區域之一3D圖。

【0030】 根據本發明之一實施例，亦提供一種用於光學檢測之方法，其包含：將一同調光束導引向一受檢測區域；接收自該區域反射之該光束；及擷取藉由組合該反射光束與一參考光束所產生之干涉條紋之一第一影像。將結構化光之一圖案投影至該受檢測區域上，且擷取自該受檢測區域反射之該圖案之一第二影像。定位光束組合器光學器件以導引該同調光束沿一第一光軸依一第一入射角觸及該受檢測區域上之一位置且導引該投影圖案沿一第二光軸依不同於該第一入射角之一第二入射角觸及該位

置。處理該第一影像及該第二影像以提取該受檢測區域之各自第一三維(3D)量測及第二3D量測，且組合該等第一3D量測與該等第二3D量測以產生該區域之一3D圖。

【0031】 根據本發明之一實施例，進一步提供一種用於光學檢測之方法，其包含：導引一同調光束沿一第一光軸觸及一受檢測區域；接收自該區域反射之該光束；及擷取藉由組合該反射光束與一參考光束所產生之干涉條紋之一第一影像。沿一第二光軸投影結構化光之一圖案觸及該受檢測區域，且擷取自該受檢測區域反射之該圖案之一第二影像。跨該受檢測區域將該第一光軸及該第二光軸平移成相互對位以引起該第一光軸及該第二光軸連續觸及該受檢測區域中之位置。處理該第一影像及該第二影像以提取該受檢測區域之各自第一三維(3D)量測及第二3D量測。組合該等第一3D量測與該等第二3D量測以產生該區域之一3D圖。

【0032】 將自結合圖式之本發明之實施例之以下詳細描述更完全理解本發明。

【圖式簡單說明】

【0033】 圖1係示意性繪示根據本發明之一實施例之一光學檢測設備的一方塊圖；

【0034】 圖2a及圖2b係根據本發明之一實施例之圖1之設備中之一干涉儀模組之示意性側視圖；

【0035】 圖3係根據本發明之另一實施例之圖1之設備中之一干涉儀模組之一示意性側視圖；

【0036】 圖4係根據本發明之一實施例之一光學檢測設備之一示意性側視圖；

【0037】 圖5係根據本發明之另一實施例之一光學檢測設備之一示意性側視圖；

【0038】 圖6係繪示根據本發明之另一實施例之設備在映射一受檢測區域時之操作的圖5之光學檢測設備之一示意性側視圖；

【0039】 圖7係根據本發明之又一實施例之一光學檢測設備之一示意性側視圖；

【0040】 圖8a、圖8b及圖8c係繪示根據本發明之又一實施例之設備之操作模式的一光學檢測設備之示意性側視圖；

【0041】 圖9a、圖9b及圖9c係繪示根據本發明之又一實施例之設備之操作模式的一光學檢測設備之示意性側視圖；

【0042】 圖9d係根據本發明之一實施例之用於圖9a至圖9c之設備中之一孔隙板之一示意性前視圖；及

【0043】 圖10係示意性繪示根據本發明之一實施例之用於3D映射之一方法的一流程圖。

【實施方式】

【0044】

相關申請案之交叉參考

本申請案主張2019年10月6日申請之美國臨時專利申請案62/911,279之權利，該案以引用的方式併入本文中。

概述

【0045】 用於量測工件之3D構形之光學檢測系統可組合兩種不同互補方法。組合一三角量測模組與一干涉儀模組係有利的，因為由三角量測模組給出之絕對高度量測與由干涉儀模組給出之高量測準確度互補：由於

三角量測模組之準確度好於干涉儀模組之模糊度範圍，因此可利用來自三角量測模組之量測結果來打破干涉量測之模糊度以導致一大範圍內之準確及明確干涉量測。為將由兩種方法之各者給出之3D量測組合成一準確3D圖，三角量測模組及干涉量測模型兩者檢視工件上之相同區域係有利的，其中三角量測模組及干涉量測模型之各自視域彼此準確對位。

【0046】 本文中所描述之本發明之實施例藉由提供一光學檢測設備來解決上述需求，光學檢測設備併入具有互補量測結果之一干涉儀模組及一三角量測模組以在一廣泛高度範圍內提供準確3D量測。設備進一步包括使兩個模組之視域能夠準確相互對位之光束組合器光學器件。

【0047】 在揭示實施例中，光學檢測設備包括一干涉儀模組、一三角量測模組、光束組合光學器件及一處理器。干涉儀模組發射一同調光束且將其分成兩個部分。一部分觸及受檢測區域，自其反射，且接著光學干涉另一部分以產生反映區域之構形之一干涉圖案。干涉圖案由干涉儀模組之影像感測器記錄。

【0048】 三角量測模組將結構化光之一圖案投影至受檢測區域上。在所描繪之實例中，自一傾斜方向投影圖案，但漫反射表面亦容許投影垂直於區域。三角量測模組進一步使用沿相對於投影方向成角度之一方向定向之一影像感測器來記錄自區域反射之圖案(包含鏡面及/或漫反射)。結構化光之圖案可經組態為一組平行等距光線。替代地，可使用諸如二維週期性及非週期性圖案之其他圖案。

【0049】 光束組合器光學器件將干涉儀模組及三角量測模組兩者之光軸導引向受檢測區域上之一共同位置以因此確保由兩個模組看見之區域準確相互對位。干涉儀及三角量測模組可同時或循序地在各關注位置處進

行其量測。光束組合器光學器件劃分用於照射及成像受檢測區域之數值孔徑(NA)，其中NA之一部分專用於三角量測模組，且另一部分專用於干涉模組。針對具有一粗糙(散射)表面之區域，干涉模組之NA亦可用於使用漫反射光來使三角量測模組之條紋圖案成像。

【0050】 處理器執行三個主要任務：

1. 其自干涉影像計算跨受檢測區域之一干涉相位圖；

2. 其自三角量測資料計算跨區域之一三角量測高度圖；及

3. 其利用三角量測高度圖來展開干涉相位圖以因此獲得具有跨區域之干涉量測之準確度之一明確高度圖。

【0051】 在一些實施例中，干涉儀模型中之影像感測器亦使用僅照射受檢測區域而不產生一參考光束之一光源來擷取二維(2D)影像(明場影像)。處理器可分析此2D影像以識別用於後續檢測之特徵，例如焊料凸塊、柱、通路或缺陷。在識別之後，可使用干涉儀及三角量測模組兩者(或替代地，僅其等之一者)檢測此等特徵以產生特徵之一3D圖。

【0052】 在又一實施例中，干涉儀及三角量測模組可用於擷取投影至鏡面及漫反射光之區域上之結構化照明圖案之影像。鏡面反射光由三角量測模組之影像感測器擷取，如上文所描述。同時，一些漫反射光可輻射至干涉儀模組之NA空間中。干涉儀模組之影像感測器可擷取此光之一影像，且可依類似於鏡面反射圖案之一方式分析所記錄之結構化圖案。

系統描述

【0053】 圖1係示意性繪示根據本發明之一實施例之一光學檢測設備20的一方塊圖。光學檢測設備20包括一干涉儀模組22、一三角量測模組24、光束組合器光學器件26及耦合至干涉及三角量測模組之一處理器

28。設備20相鄰於一工件38之一區域30或其他受檢測樣本定位。

【0054】 一掃描機構(例如一平移載台40)在設備20內平移工件38以跨工件掃描干涉儀模組22及三角量測模組24之視域。(在後續圖中，為簡單起見，已省略載台40。)替代地或另外，掃描機構可使設備20之其他元件相對於工件移位。當執行量測時，載台40 (或另一掃描機構)可使工件38相對於干涉儀模組22及三角量測模組24保持固定。替代地，干涉儀模組22及三角量測模組24可經組態以在運動中(即，在載台40移動工件38時)執行其量測。

【0055】 如下圖中詳細展示，光束組合器光學器件26導引干涉儀模組22及三角量測模組24之各自光軸相互對位地觸及區域30中之一位置。在一些實施例中，光束組合器光學器件經組態使得兩個光軸精確入射於區域30中之相同位置處。在其他實施例中，光軸入射於區域30上之位置可彼此偏移(通常偏移一小的已知距離)，且載台40之運動引起光軸在不同已知時間入射於區域30中之各位置上。

【0056】 在一替代實施例(圖中未展示)中，設備20不包括光束組合器光學器件26，且干涉儀模組22及三角量測模組24之光軸沿單獨路徑入射於區域30上之不同位置處。入射位置之間的偏移係已知的且被準確控制。處理器28驅動載台40以在干涉儀模組22及三角量測模組24之各自視域(FOV)之間平移區域30，其中兩個FOV之間準確對位。例如，處理器28驅動載台40定位區域30以在一時刻T與干涉儀模組22之FOV重合，此時干涉模組擷取一干涉影像。接著，處理器28驅動載台40移動區域30以在一時刻T+ΔT與三角量測模組24之FOV重合，此時三角量測模組擷取結構化照明圖案之一影像。此操作模式使處理器能夠組合由模組22及24進行之

3D量測，即使缺少光束組合器光學器件。

【0057】 將在後續圖中進一步詳述干涉儀模組22、三角量測模組24及光束組合器光學器件26。

【0058】 處理器28包括一可程式化處理器，其經程式化於軟體及/或韌體中以實施本文中所描述之功能。另外或替代地，處理器28之至少一些功能可由可硬連線或可程式化之硬體邏輯電路實施。在任一情況中，處理器28具有用於自設備20之其他元件接收資料及指令及將資料及指令傳輸至設備20之其他元件之適合介面，如下文將描述。

【0059】 干涉儀模組22、三角量測模組24、光束組合器光學器件26及區域30之間的光學信號流動由箭頭32、34及36示意性指示：箭頭32指示干涉儀模組22與光束組合器光學器件26之間的光學信號雙向流動，箭頭34指示三角量測模組24與光束組合器光學器件26之間的光學信號雙向流動，箭頭36指示光束組合器光學器件26與區域30之間的光學信號雙向流動。箭頭36表示至及來自干涉儀模組22及三角量測模組24兩者之光學信號。

【0060】 圖2a及圖2b係根據本發明之一實施例之兩種不同操作模式中之干涉儀模組22之示意性側視圖。此等圖展示干涉儀模組22之一簡化代表性組態。

【0061】 干涉儀模組22包括一同調光源42、三個分束器44、46及48、一反射鏡50及一第一影像感測器52。另外，模組22可包括一第二光源，為簡單起見，其自圖省略。來自此源之觸及區域30之照明由圖2b中之箭頭54指示。替代地，照明可透過分束器48導引，如一虛線箭頭55所指示。為簡單起見，類似地省略其他光學組件，諸如用於擴展及準直由源

42發射之光之透鏡及用於使區域30成像至感測器52上之透鏡。

【0062】 同調光源42通常包括一雙波長連續波雷射，但可替代地使用其他源，諸如單波長雷射、窄頻氣體放電源或脈衝雷射(單波長或雙波長)。如上文所描述，使用具有兩個波長λ_1及λ_2之一雷射(或具有波長λ_1之一雷射及波長λ_2之另一雷射)產生$\Delta h = (\lambda_1 \times \lambda_2) / (\lambda_2 - \lambda_1)$之一擴展模糊度範圍。源42亦可經選通或脈動以使同調照明與在載台40上移動之工件38之可能運動同步及與藉由三角量測模組24之量測同步。

【0063】 分束器44、46及48表示為立方體分束器。替代地，可使用其他種類之分束器，諸如板分束器。反射鏡50通常包括由一金屬塗層(諸如鋁)或一介電多層塗層塗覆之一前表面反射鏡。感測器52包括一像素化攝影機，諸如一CCD (電荷耦合裝置)或CMOS (互補金屬氧化物半導體)攝影機。

【0064】 圖2a繪示干涉儀模組22之干涉功能。雷射42發射一同調光束60。分束器44將光束60分成一主光束62及一參考光束64。主光束62由分束器46反射以觸及區域30上，主光束62自區域30朝向分束器46反射回以進一步穿過分束器46及分束器48而觸及感測器52。參考光束64由分束器44反射且進一步由反射鏡50及分束器48反射而觸及感測器52，其中參考光束64與主光束62同調組合以產生區域30之一或多個干涉影像(取決於使用靜態還是動態干涉術)。處理器28讀取(若干)干涉影像，且計算區域30之一干涉相位圖。

【0065】 主光束62及參考光束64可分別共線或依一非共線角觸及感測器52。圖2a展示呈一非共線角之主光束62及參考光束64，其藉由適當轉動反射鏡50來實施。當使用數位全像法時，此一非共線角係有益的，如

上述美國公開專利申請案2017/0003650中所描述。

【0066】 圖2b繪示在感測器52上產生區域30之一2D (非干涉)影像時之干涉儀模組22之非干涉功能。在此操作模式中，可關斷雷射42，如由缺少光束60、62及64所展示。相反地，接通第二光源以照射區域30，如由箭頭54或箭頭55所指示。現由感測器52擷取區域30之一2D非干涉影像。處理器28分析此影像以識別用於後續3D映射之影像特徵，例如焊料凸塊、柱、通路或缺陷。

【0067】 在一替代實施例中，可藉由使用雷射42發射同調光束60，但同時(例如)由一適當定位快門(未展示)阻擋參考光束64來產生一2D影像。

【0068】 圖3係根據本發明之另一實施例之一干涉儀模組75之一示意性側視圖。此圖依一簡化方式展示圖1之干涉儀模組22之一替代組態，其中使用一自參考或共同路徑數位全像法。在此方法中，分離自樣本反射之一部分光束(樣本光束)充當一參考光束。隨後，依其傳播方向之間的一小角度重組兩個光束以形成一剪切干涉圖案。替代地，可在本發明中使用本技術中已知之其他類型之剪切干涉儀。相同元件符號用於指示相同或類似於圖2a至圖2b中之對應項之項。

【0069】 干涉儀模組75包括同調光源42、分束器66及68、反射鏡70及72及第一影像感測器52。為簡單起見，省略其他光學組件，諸如用於擴展及準直由源42發射之光之透鏡及用於使區域30成像至感測器52上之透鏡。

【0070】 分束器66及68表示為立方體分束器。替代地，可使用其他種類之分束器，諸如板分束器。反射鏡70及72通常包括由金屬塗層(諸如

鋁)或介電多層塗層塗覆之前表面反射鏡。

【0071】 圖3進一步繪示干涉儀模組75之干涉功能。如同圖2a，雷射42發射同調光束60。分束器66導引光束60觸及區域30，光束60自區域30朝向分束器66反射回以進一步穿過分束器66而到達分束器68，其中光束60被分成兩個光束：一參考光束76及一主光束74。主光束74由反射鏡70反射且由分束器68反射向感測器52。參考光束76由反射鏡72依相對於其原始方向之一小角度反射回，且接著由分束器68透射至感測器52，其中參考光束76與主光束74同調組合以產生區域30之一或多個干涉影像。處理器28讀取(若干)干涉影像，且計算區域30之一干涉相位圖。

【0072】 替代地，可在觸及區域30之前自樣本光束分離參考光束。接著，兩個光束用於以不同照明狀況((諸如)例如偏光、區域30上之入射角或數值孔徑(NA))照射區域30。在照射區域30之後，兩個光束觸及感測器52以產生區域之一或多個干涉影像。替代地，可透過光學操控(諸如空間過濾額外光學組件(諸如一相位板)及/或將額外光學組件引入至其光學路徑中)自樣本光束得到參考光束。

【0073】 作為圖2a及圖3中所繪示之方案之替代，本技術中已知之任何其他適合種類之成像干涉儀可適用於本發明目的。

第一實施例

【0074】 圖4係根據本發明之一實施例之一光學檢測設備80之一示意圖。如同設備20，設備80包括一干涉儀模組82、一三角量測模組84及光束組合光學器件86及處理器28。

【0075】 干涉儀模組82類似於圖2a中所展示之干涉儀模組22，且沿一第一光軸88發射及接收一同調光束，其由光束組合光學器件86導引以

觸及區域30。

【0076】 三角量測模組84包括沿一第二光軸92將結構化光之一或多個圖案投影至區域30上之一投影儀90。當使用SPSM (掃描相移法)時，投影儀90投影直線週期性條紋圖案，其中條紋具有一正弦變化強度，且其中連續條紋圖案通常移位一條紋週期之1/4。針對規格之剩餘者，吾人將參考此種四步SPSM，但可使用其他方法，諸如靜態相移、具有不同數目個步驟(最少三步)之SPSM或偽隨機或隨機二維或三維圖案。

【0077】 投影儀90可包含可互換投影圖案以能夠變動量測之範圍及準確度。另外，投影圖案可由(例如)不同頻率之若干子圖案組成以實現一大量測範圍及一高量測解析度(準確度)兩者。此等用於投影圖案之方案亦適用於後續圖5、圖6、圖7、圖8a、圖8c、圖9a及圖9c中所繪示之圖案投影儀。

【0078】 三角量測模組84進一步包括一第二影像感測器94，其通常包括諸如一CCD或CMOS攝影機之一像素化攝影機。為簡單起見，已省略用於將條紋圖案投影至區域30上及使區域成像至感測器94上之光學組件。

【0079】 在此實例中，光束組合光學器件86包括一複合稜鏡96，其包括沿一共同介面102接合之一第一稜鏡98及一第二稜鏡100。複合稜鏡96包括三個輸入/輸出面：一第一面104、一第二面106及一第三面108。稜鏡98及100由一透光材料(諸如玻璃)製造。介面102包括在稜鏡98與100之間透射及反射光束之一光學塗層103，通常為一介電抑或混合式多層塗層，如下文將詳述。輸入/輸出面104、106及108可塗覆有適合光學抗反射塗層。

【0080】 投影儀90之第二光軸92觸及第一面104，其中第二光軸92折射而進入至第一稜鏡98中。其經由介面102透射至第二稜鏡100中。塗層103可經設計有波長及/或偏光選擇性以透射自投影儀90沿第二光軸92傳播之幾乎所有光。替代地，塗層103可包括一簡單非選擇性50/50分束器塗層。光軸92觸及第二面106，由其透射，且隨後觸及區域30。第二光軸92現由區域30鏡面反射，由第二面106透射至複合稜鏡96中且進一步透射至介面102中，且隨後透過第一面104離開而觸及感測器94。感測器94擷取區域30上之圖案之影像。耦合至感測器之處理器28量測影像中之條紋圖案相對於一第二參考影像之位移，且自此等量測位移計算區域30之一三角量測高度圖。

【0081】 處理器28隨後將干涉相位圖及三角量測高度圖組合成一最終3D圖以利用三角量測高度圖之絕對高度量測來移除干涉相位圖中之任何模糊度。下文將在圖10中詳述干涉相位圖及三角量測高度圖兩者之計算及其等之組合。

【0082】 光束組合光學器件86分別與干涉儀模組82及三角量測模組84一起經組態使得各自光軸88及92觸及區域30上之一共同位置110。干涉儀模組82及三角量測模組84之視域可精確或至少足够緊密重合以確保干涉相位圖與三角量測高度圖之準確對位及組合。光束組合光學器件86亦可利用NA空間中干涉儀模組82與三角量測模組84之間的固有劃分。當干涉儀模組之光軸88依一法向角觸及區域30時，干涉儀模組表現最佳好，而三角量測模組在受檢測區域處使用光軸92之一非法向角。

第二實施例

【0083】 圖5係根據本發明之另一實施例之一光學檢測設備200之一

示意性側視圖。如同前述實施例，設備200包括一干涉儀模組202、一三角量測模組204及光束組合光學器件206及處理器28。

【0084】 除圖5中明確展示一物鏡208 (其係干涉儀模組202之一部分)之外，干涉儀模組202類似於圖2a中之干涉儀模組22及圖4中之干涉儀模組82。干涉儀模組202之剩餘部分示意性展示為一區塊203，且為簡單起見，省略細節。物鏡208使區域30成像至干涉儀模組202之感測器(圖5中未展示，但類似於圖2a及圖2b中之感測器52)上。干涉儀模組202具有一光軸213，其沿光軸213發射及接收一同調光束。如上文所描述，處理器28基於來自干涉儀模組202之影像計算區域30之干涉相位圖。

【0085】 三角量測模組204依類似於圖4中所展示之三角量測模組84之一方式運行，且包括類似於圖4中之投影儀90及感測器94之一投影儀210及一第二影像感測器212。三角量測模組204沿一第二光軸214投影一條紋圖案，如下文將詳述。

【0086】 光束組合光學器件206包括一複合稜鏡216，其包括一第一稜鏡218、一第二稜鏡220及一第三稜鏡222。稜鏡218、220及222由一透光材料(諸如玻璃)製造。第一稜鏡218及第三稜鏡222沿一第一共同介面224接合，且第二稜鏡220及第三稜鏡222沿一第二共同介面226接合。介面224及226分別包括反射三角量測模組204之光束之光學塗層225及227，通常為一介電或混合式多層塗層，如下文將詳述。替代地，如同塗層103，塗層225及227可包括簡單非選擇性50/50分束器塗層。稜鏡218、220及222包括以下輸入/輸出面：稜鏡218包括一第一面230、一第二面232及一第三面234；稜鏡220包括一第四面236、一第五面238及一第六面240；稜鏡222包括一第七面250及一第八面252。面230、234、236、

240、250及252可由光學抗反射塗層塗覆。面232及238由反射塗層(混合式或介電多層塗層)塗覆。替代地，面232及238可保持未塗覆，只要其透過全內反射(TIR)反射投影條紋圖案，如下文將詳述。

【0087】 干涉儀模組202沿垂直於區域30之光軸213發射一同調光束以依由虛線215界限之一光錐透過稜鏡222之第七面250及第八面252照射區域。(為簡單起見，已省略第三稜鏡222中虛線215之折射。)此錐之數值孔徑(NA)由NA=sin(α)給出，其中α係線215之一者與第一光軸213之間的一角度217之範圍。反射同調照明沿光軸213返回至干涉儀模組202。

【0088】 投影儀210沿光軸214投影條紋圖案。光軸214透過第一面230進入至第一稜鏡218中，自第二面232反射(藉由自一反射塗層反射或藉由TIR)，由第一共同介面224再次反射，且透過第三面234離開第一稜鏡以觸及區域30。第二光軸214自區域30鏡面反射，透過第四面236進入第二稜鏡220，由第二共同介面226反射，且接著(類似於自第二面232反射)自第五面238反射，且透過第六面240離開第二稜鏡220。隨後，第二光軸214觸及影像感測器212，影像感測器212擷取條紋圖案之影像供處理器28處理，如上文所描述。

【0089】 如同前述實施例，光束組合光學器件206經設計使得第一光軸213及第二光軸214分別觸及區域30上之一共同位置254。光束組合光學器件206中之稜鏡218、220及222之結構確保干涉儀模組202與三角量測模組204之數值孔徑(角域)之間的一分離。

【0090】 在一替代實施例(圖中未展示)中，可自光束組合光學器件省略第三稜鏡222，在該情況中，共同介面224及226變成類似於面232及238之玻璃/空氣介面。

【0091】 圖6係繪示根據本發明之另一實施例之在映射一受檢測區域256時使用設備的光學檢測設備200 (如上文所描述)之一示意性側視圖。為簡單起見，已自圖6省略圖5中所使用之大多數元件符號。

【0092】 在此實例中，區域256之表面鏡面及漫反射。自區域256鏡面反射之光由干涉儀模組202及三角量測模組204兩者利用，如圖5之背景中已描述。然而，照射區域256之條紋圖案之一部分漫反射至物鏡208之數值孔徑中，如由箭頭258所展示。此光進一步傳送至干涉儀模組202中，如由箭頭260所展示。

【0093】 由漫反射光傳送之條紋圖案由干涉儀模組202中之影像感測器擷取。處理器28現利用由干涉儀模組202之影像感測器擷取之影像來計算另一3D圖，其類似於自由三角量測模組204中之影像感測器擷取之影像計算之三角量測高度圖。當區域256具有一高度漫射表面時，使用此另一3D圖係尤其有利的。

第三實施例

【0094】 圖7係根據本發明之又一實施例之一光學檢測設備280之一示意性側視圖。除在三角量測模組204中將偏光器282及284分別添加至投影儀210及感測器212之外，設備280相同於圖5至圖6之設備200。區域30可包括具有高鏡面反射率之兩個表面(諸如金屬表面)及具有低鏡面反射率但可能較高漫反射率之表面(包括(例如)非金屬材料)。藉由調整偏光器282及284之旋轉角，可平衡沿朝向影像感測器212之一方向286傳播之鏡面反射光及漫反射光之相對強度以因此容許同時量測來自兩種表面之條紋圖案。

第四實施例

【0095】 圖8a、圖8b及圖8c係根據本發明之又一實施例之一光學檢測設備300之示意圖。如同前述實施例，設備300包括一干涉儀模組302、一三角量測模組304及光束組合光學器件306及處理器28。在圖8a至圖8c中，光束經展示為全光束，而非如同前述實施例般使用模組之各自光軸。

【0096】 除明確展示一透鏡308 (其係干涉儀模組之一部分)之外，干涉儀模組302類似於圖2a中之干涉儀模組22及圖4中之干涉儀模組82。干涉儀模組302之剩餘部分示意性展示為一區塊310。透鏡308使區域30成像至干涉儀模組302中之影像感測器上。為簡單起見，省略干涉儀模組之剩餘組件。

【0097】 三角量測模組304包括在設計及操作上類似於圖4中之投影儀90及感測器94之一投影儀316及一影像感測器318。三角量測模組304進一步包括透鏡320及322，其功能將在下文詳述。

【0098】 光束組合光學器件306包括一高NA物鏡324、一板分束器326及兩個反射鏡328及330。替代地，分束器326可包括一分束器立方體。分束器通常經塗覆以優先透射至及來自干涉儀模組302之光束，同時反射至及來自三角量測模組304之光束，例如基於偏光及/或波長選擇性。

【0099】 參考圖8b，干涉儀模組302發射由透鏡308準直之一同調光束314。光束314由板分束器326透射，且由物鏡324以具有一數值孔徑NA_i之一光錐聚焦至區域30中之一位置312上。數值孔徑NA_i由區域30之一法線317與一邊緣射線319之間的一角度315界定為$NA_i=\sin(\gamma)$，其中γ係角度315之大小。光束314自位置312反射回干涉儀模組302。

【0100】 參考圖8c，投影儀316以由透鏡320準直之一光束334投影條紋圖案。光束334朝向區域30之傳播由箭頭336指示。光束334由反射鏡

328及板分束器326反射向物鏡324。物鏡324依一角度340將光束334聚焦至位置312上。角度340之大小β由光束334在進入物鏡324之前自物鏡之一光軸342之一偏移d及物鏡之一焦距f判定。β現給出為β=arcsin(d/f)。如由箭頭338所指示，光束334自位置312透過分束器326、反射鏡330及透鏡322返回至感測器318，感測器318擷取條紋圖案之一影像。

【0101】 設備300之光學組件之尺寸、位置及光學參數經選擇使得$NA_i<\sin(\beta)$。因此，干涉儀模組302之光束314及三角量測模組304之光束334在物鏡324之NA空間(角域)及其在光束組合光學器件306內之路徑中分離。

第五實施例

【0102】 圖9a、圖9b、圖9c及圖9d係根據本發明之另一實施例之一光學檢測設備500之示意圖。圖9a至圖9c係設備之元件之側視圖，而圖9d係用於設備中之一孔隙板552之一示意性前視圖。如同前述實施例，設備500包括一干涉儀模組502、一三角量測模組504、光束組合光學器件506及處理器28。在圖9a至圖9c中，光束展示為全光束(類似於圖8a至圖8c)，而非使用模組之各自光軸。

【0103】 干涉儀模組502類似於圖8a中之干涉儀模組302，包括一干涉儀區塊510及一透鏡508。

【0104】 三角量測模組504包括在設計及操作上類似於圖4中之投影儀90及感測器94之一投影儀516及一影像感測器518。三角量測模組504進一步包括透鏡520及522、一雙楔550、孔隙板552 (具有圖9d中進一步詳述之孔隙572及574)、一光學中繼器554、一反射鏡556及一板分束器558，其等之功能將在下文詳述。

【0105】 光束組合光學器件506包括一高NA物鏡524及一板分束器526。替代地，分束器526及558可包括分束器立方體。分束器526通常經塗覆以優先透射至及來自干涉儀模組502之光束，同時(例如)基於偏光及/或波長選擇性反射至及來自三角量測模組504之光束。

【0106】 參考圖9b，干涉儀模組502發射由透鏡508準直之一同調光束514。光束514由分束器526透射，且由物鏡524聚焦至區域30中之一位置512上。光束514自位置512反射回干涉儀模組502。

【0107】 參考圖9c，投影儀516以一光束534投影條紋圖案，光束534由透鏡520準直。光束534朝向區域30之傳播由一箭頭536指示。光束534由分束器558及526反射向物鏡524，物鏡524將光束534聚焦至位置512上。如由箭頭562所指示，光束534自位置512透過分束器526、分束器558 (藉由透射)、反射鏡556、光學中繼器554、孔隙板552之孔隙572及574、雙楔550及透鏡522而返回至感測器518，感測器518擷取條紋圖案之一影像。在圖式中，返回光路徑中僅展示透射穿過孔隙572及574之光束564及566。

【0108】 光學中繼器554使孔隙板552之平面成像至物鏡524之一出射光瞳560上。因此，孔隙板552之孔隙572及574判定區域30正上方空間中之光束564及566之角範圍。

【0109】 雙楔550將穿過孔隙572及574之光束導引至成像器518上之兩個不同位置上以在成像器上獲得兩個條紋圖案影像。此等兩個影像之各者與光束564及566之各自不同角度相關且在一起使用時實現一更穩健量測及提高準確度。

【0110】 如圖9d中所展示，孔隙板552包括一不透光板570內之圓形

孔隙572及574。在所描繪之實施例中，孔隙572及574在板570內對稱定位，因此，光束564及566在區域30正上方之角域中對稱。替代地，孔隙板552可含有不同於圖9d中所展示孔隙之形狀及/或不同於圖9d中所展示之孔隙之位置中之兩個或更多個孔隙。

用於3D測繪之方法

【0111】 圖10係示意性繪示根據本發明之一實施例之用於計算干涉相位圖及三角量測高度圖及將其等組合之一方法的一流程圖600。

【0112】 在一三角量測獲取步驟602中，處理器28自三角量測模組24獲取連續影像，其中連續影像由條紋圖案之一相位步階分離。在一計算步驟606中，處理器28 (例如)使用方程式1來計算一相位圖$\emptyset(x, y)$：

$$\emptyset(x,y) = -atan\frac{\sum_{i=1}^{N} I_i(x,y)\cdot \sin(\delta_i)}{\sum_{i=1}^{N} I_i(x,y)\cdot \cos(\delta_i)}$$

其中x及y係區域30中之空間座標，N係相位步階之數目，δ_i係第i步階之相位。替代地，在其中使用兩個或更多個不同圖案之實施例中，如上文所解釋，可相應地修改此公式用於更快及更準確計算。當記錄兩個影像圖案(如圖9c中所繪示)時，處理器28可處理兩個圖案。此允許補償橫向影像移位，且因此可達成提高準確度及穩健性。

【0113】 在一轉換步驟608中，透過方程式2將所計算之相位圖$\emptyset(x, y)$轉換為一高度圖$\Delta Z(x, y)$：

$$\Delta Z(x,y) = \frac{\emptyset(x,y)}{2\cdot\pi\cdot tan(\gamma)}\cdot\lambda_{fr}$$

其中γ係一所謂之三角量測角(入射至區域30上之條紋圖案之光軸與反射條紋圖案之光軸之間的角度)，且λ_{fr}係投影條紋圖案之週期。

【0114】 在一干涉獲取步驟612中，處理器28自干涉儀模組22獲取影像。在一FFT步驟614中，處理器28對所獲取之影像執行一快速傅立葉

變換(FFT)分析。在一遮罩步驟616中，處理器28遮罩所得FFT資料以僅包含相關頻率(圍繞預期條紋頻率)且使用零來填充剩餘資料。在一IFFT步驟618中，處理器對來自步驟616之遮罩結果執行一反FFT。在一相位計算步驟620中，處理器28計算自IFFT步驟618所得之各點之相位。在一相位圖步驟620中，自IFFT步驟618之結果計算一干涉相位圖。自相位圖步驟620所得之相位圖具有2π之一範圍內之相位值，即，其係一模數(2π)相位圖。在一展開步驟622中，處理器28自模數(2π)相位圖計算一高度圖，且添加或減去對應於模糊度範圍之高度增量，直至各點處之高度最接近該點處之三角量測高度圖。

【0115】 在一3D圖步驟624中，處理器28藉由將展開相位轉換為高度來計算區域30之最終3D圖。為此，處理器使各點(x, y)處之相位與$\lambda/2\pi$相乘，其中λ係干涉儀模組22之同調光束之波長。當採用兩個波長λ_1及λ_2用於干涉量測時，使用一波長$\Lambda = (\lambda_1 \times \lambda_2) / (\lambda_2 - \lambda_1)$將相位轉換為高度。

【0116】 應瞭解，上述實施例僅供例示引用，且本發明不受限於上文已特別展示及描述之內容。確切而言，本發明之範疇包含上述各種特徵之組合及子組合及熟習技術者將在閱讀以上描述之後想到且先前技術中未揭示之本發明之變動及修改。

【符號說明】

【0117】

20:光學檢測設備

22:干涉儀模組

24:三角量測模組

26:光束組合器光學器件

28:處理器

30:區域

32:光學信號流動

34:光學信號流動

36:光學信號流動

38:工件

40:平移載台

42:同調光源/雷射

44:分束器

46:分束器

48:分束器

50:反射鏡

52:第一影像感測器

54:照明

55:導引

60:同調光束

62:主光束

64:參考光束

66:分束器

68:分束器

70:反射鏡

72:反射鏡

74:主光束

75:干涉儀模組

76:參考光束

80:光學檢測設備

82:干涉儀模組

84:三角量測模組

86:光束組合光學器件

88:第一光軸

90:投影儀

92:第二光軸

94:第二影像感測器

96:複合稜鏡

98:第一稜鏡

100:第二稜鏡

102:共同介面

103:光學塗層

104:第一面

106:第二面

108:第三面

110:共同位置

200:光學檢測設備

202:干涉儀模組

203:區塊

204:三角量測模組

206:光束組合光學器件

208:物鏡

210:投影儀

212:第二影像感測器

213:第一光軸

214:第二光軸

215:光錐

216:複合稜鏡

217:角度

218:第一稜鏡

220:第二稜鏡

222:第三稜鏡

224:第一共同介面

225:光學塗層

226:第二共同介面

227:光學塗層

230:第一面

232:第二面

234:第三面

236:第四面

238:第五面

240:第六面

250:第七面

252:第八面

254:共同位置

256:區域

258:漫反射

260:傳送

280:光學檢測設備

282:偏光器

284:偏光器

286:方向

300:光學檢測設備

302:干涉儀模組

304:三角量測模組

306:光束組合光學器件

308:透鏡

310:區塊

312:位置

314:光束

315:角度

316:投影儀

317:法線

318:影像感測器

319:邊緣射線

320:透鏡

322:透鏡

324:高NA物鏡

326:板分束器

328:反射鏡

330:反射鏡

334:光束

336:傳播

338:返回

340:角度

342:光軸

500:光學檢測設備

502:干涉儀模組

504:三角量測模組

506:光束組合光學器件

508:透鏡

510:干涉儀區塊

512:位置

514:光束

516:投影儀

518:影像感測器/成像器

520:透鏡

522:透鏡

524:高NA物鏡

526:板分束器

534:光束

536:傳播

550:雙楔

552:孔隙板

554:光學中繼器

556:反射鏡

558:板分束器

560:出射光瞳

562:返回

564:光束

566:光束

570:不透光板

572:孔隙

574:孔隙

600:流程圖

602:三角量測獲取步驟

606:計算步驟

608:轉換步驟

612:干涉獲取步驟

614:快速傅立葉變換(FFT)步驟

616:遮罩步驟

618:反FFT步驟

620:相位計算步驟/相位圖步驟

622:展開步驟

624:三維(3D)圖步驟

【發明申請專利範圍】

【請求項1】

一種光學檢測設備，其包括：

一干涉儀模組，其經組態以將一同調光束導引向一受檢測區域、接收自該區域反射之該光束及產生藉由組合該反射光束與一參考光束所產生之干涉條紋(interference fringes)之一第一影像；

一三角量測模組，其包括經組態以將結構化光之一圖案(pattern)投影至該受檢測區域上之一投影儀；

至少一影像感測器，其經組態以擷取該等干涉條紋之該第一影像及自該受檢測區域反射之該圖案之一第二影像；

光束組合器光學器件，其等經組態以導引該同調光束沿一第一光軸依一第一入射角觸及(impinge)該受檢測區域上之一位置，及導引該投影圖案沿一第二光軸依不同於該第一入射角之一第二入射角觸及該位置；及

一處理器，其經組態以處理該第一影像及該第二影像以提取(extract)該受檢測區域之各自第一三維(3D)量測及第二3D量測，及組合該等第一3D量測與該等第二3D量測以產生該區域之一3D圖(map)。

【請求項2】

如請求項1之設備，其亦包括經組態以跨該受檢測區域平移該第一光軸及該第二光軸之一掃描機構。

【請求項3】

如請求項1之設備，其中該等第一3D量測以一第一解析度及一第一模糊度範圍為特徵，而該等第二3D量測以比該第一解析度粗糙之一第二解析度及比該第一模糊度範圍大之一第二模糊度範圍為特徵，且該處理器經

組態以組合該等第一3D量測與該等第二3D量測，使得該3D圖表示在該第二模糊度範圍內具有該第一解析度之該區域。

【請求項4】

如請求項1之設備，其中該第一入射角垂直於該受檢測區域之一表面，而該第二入射角係傾斜的。

【請求項5】

如請求項4之設備，其亦包括經組態以將該同調光束及該投影圖案導引至該位置上之一物鏡，其中該物鏡之一數值孔徑包含服務該干涉儀模組之一中心部分及服務該三角量測模組之一周邊部分。

【請求項6】

如請求項4之設備，其中該至少一影像感測器包括經定位以擷取該第一影像之一第一影像感測器及經定位以擷取該第二影像之一第二影像感測器，且其中該等光束組合器光學器件進一步經組態以沿對應於該第二入射角之一傾斜出射角將自該受檢測區域反射之該圖案導引向該第二影像感測器。

【請求項7】

如請求項1之設備，其中該三角量測模組經組態以依不同各自角度導引來自該受檢測區域之兩個光束以在該至少一影像感測器上形成該圖案之各自影像，且該處理器經組態以一起處理該等各自影像以產生該3D圖。

【請求項8】

如請求項7之設備，其中該三角量測模組包括一孔隙板(aperture plate)，該孔隙板經定位以攔截該反射圖案且含有依該等不同各自角度將該兩個光束導引向該至少一影像感測器之兩個孔隙，且該設備進一步包括

經組態以接收該反射圖案且將該反射圖案導引向該至少一影像感測器之一物鏡，其中該三角量測模組使該孔隙板成像至該物鏡之一出射光瞳(exit pupil)上且包括經組態以導引該兩個光束分別穿過該兩個孔隙之一雙楔(double-wedge)。

【請求項9】

如請求項1之設備，其中該等光束組合器光學器件包括複數個光學稜鏡，該複數個光學稜鏡經組態以反射該同調光束及該投影圖案之至少一者以依該第一入射角及該第二入射角將該同調光束及該投影圖案導引向該位置。

【請求項10】

如請求項1之設備，其中該處理器經組態以藉由量測該第一影像中之該等干涉條紋相對於一第一參考之第一位移來進行該等第一3D量測及藉由量測該第二影像中之該結構化光之該圖案相對於一第二參考之第二位移來進行該等第二3D量測。

【請求項11】

如請求項1之設備，其中該干涉儀模組包括經組態以發射該同調光之一光源，且該至少一影像感測器經組態以擷取該等干涉條紋之該第一影像。

【請求項12】

如請求項11之設備，其中該至少一影像感測器經組態以擷取該受檢測區域之一二維(2D)影像，且其中該處理器經組態以分割(segment)及分析該2D影像以識別該區域中之一或多個物件且在量測該一或多個經識別物件之一高度時應用該等第一3D量測及該等第二3D量測。

【請求項13】

如請求項11之設備，其中該至少一影像感測器包括經組態以擷取該等干涉條紋之該第一影像及自該受檢測區域反射之該圖案之該第二影像兩者之一單一影像感測器。

【請求項14】

如請求項13之設備，其進一步包括經組態以擷取自該受檢測區域沿對應於該第二入射角之一傾斜出射角反射之該圖案之一第三影像之另一影像感測器，且其中該處理器經組態以處理該第三影像以對該受檢測區域進行進一步3D量測。

【請求項15】

如請求項1之設備，其中該干涉儀模組經組態以藉由自參考數位全像術(self-referenced digital holography)產生該第一影像。

【請求項16】

如請求項1之設備，其中該干涉儀模組經組態以藉由導引具有不同照明狀況之兩個該同調光束觸及該受檢測區域來產生該第一影像，其中該等光束之一者充當該參考光束。

【請求項17】

如請求項1之設備，其中該干涉儀模組經組態以藉由光學操控該光束來自該同調光束得到該參考光束。

【請求項18】

如請求項1之設備，其中該三角量測模組包括經組態以變動該投影圖案之一偏光狀態以調整第二影像中之鏡面反射(specular reflections)及漫反射(diffuse reflections)之相對強度之至少一可旋轉偏光器。

【請求項19】

如請求項1之設備，其中該干涉儀模組經組態以使用一數位全像法來擷取該第一影像。

【請求項20】

如請求項1之設備，其中該三角量測模組經組態以使用一掃描相移法(SPSM)來擷取該第二影像。

【請求項21】

一種光學檢測設備，其包括：

一干涉儀模組，其經組態以導引一同調光束沿一第一光軸觸及一受檢測區域、接收自該區域反射之該光束及產生藉由組合該反射光束與一參考光束所產生之干涉條紋之一第一影像；

一三角量測模組，其包括經組態以沿一第二光軸投影結構化光之一圖案觸及該受檢測區域之一投影儀；

至少一影像感測器，其經組態以擷取該等干涉條紋之該第一影像及自該受檢測區域反射之該圖案之一第二影像；

一掃描機構，其經組態以跨該受檢測區域將該第一光軸及該第二光軸平移成相互對位；及

一處理器，其經組態以驅動該掃描機構以引起該第一光軸及該第二光軸連續觸及該受檢測區域中之位置、處理該第一影像及該第二影像以提取該受檢測區域之各自第一三維(3D)量測及第二3D量測及組合該等第一3D量測與該等第二3D量測以產生該區域之一3D圖。

【請求項22】

一種用於光學檢測之方法，其包括：

將一同調光束導引向一受檢測區域，接收自該區域反射之該光束，且擷取藉由組合該反射光束與一參考光束所產生之干涉條紋之一第一影像；

將結構化光之一圖案投影至該受檢測區域上，且擷取自該受檢測區域反射之該圖案之一第二影像；

定位光束組合器光學器件以導引該同調光束沿一第一光軸依一第一入射角觸及該受檢測區域上之一位置及導引該投影圖案沿一第二光軸依不同於該第一入射角之一第二入射角觸及該位置；

處理該第一影像及該第二影像以提取該受檢測區域之各自第一三維(3D)量測及第二3D量測；及

組合該等第一3D量測與該等第二3D量測以產生該區域之一3D圖。

【請求項23】

如請求項22之方法，其進一步包括跨該受檢測區域掃描該第一光軸及該第二光軸。

【請求項24】

如請求項22之方法，其中該等第一3D量測以一第一解析度及一第一模糊度範圍為特徵，而該等第二3D量測以比該第一解析度粗糙之一第二解析度及比該第一模糊度範圍大之一第二模糊度範圍為特徵，且組合該等第一3D量測與該等第二3D量測包括產生該3D圖以表示在該第二模糊度範圍內具有該第一解析度之該區域。

【請求項25】

如請求項22之方法，其中該第一入射角垂直於該受檢測區域之一表面，而該第二入射角係傾斜的。

【請求項26】

如請求項25之方法，其中導引該同調光束包括透過一物鏡之一數值孔徑之一中心部分將該光束聚焦至該位置上，且投影該圖案包括透過該物鏡之該數值孔徑之一周邊部分將該投影圖案聚焦至該位置上。

【請求項27】

如請求項22之方法，其中擷取該第二影像包括依不同各自角度導引來自該受檢測區域之兩個光束以形成該圖案之各自影像，且其中處理該第一影像及該第二影像包括一起處理該等各自影像以提取該等第二3D量測。

【請求項28】

如請求項27之方法，其中導引該兩個光束包括定位兩個孔隙以攔截該反射圖案及依該等不同各自角度將該兩個光束導引向至少一影像感測器。

【請求項29】

如請求項27之方法，其中導引該兩個光束包括：定位一物鏡以接收該反射圖案且將該反射圖案導引向該至少一影像感測器，其中使該等孔隙成像至該物鏡之一出射光瞳上；及定位一雙楔以導引該兩個光束分別穿過該兩個孔隙。

【請求項30】

如請求項25之方法，其中該等光束組合器光學器件進一步經組態以沿對應於該第二入射角之一傾斜出射角將自該受檢測區域反射之該圖案導引向一影像感測器，該影像感測器擷取該第二影像。

【請求項31】

如請求項22之方法，其中該等光束組合器光學器件包括複數個光學稜鏡，該複數個光學稜鏡經組態以反射該同調光束及該投影圖案之至少一者以依該第一入射角及該第二入射角將該同調光束及該投影圖案導引向該位置。

【請求項32】

如請求項22之方法，其中處理該第一影像包括量測該第一影像中之該等干涉條紋相對於一第一參考之第一位移，而處理該第二影像包括量測該第二影像中之該結構化光之該圖案相對於一第二參考之第二位移。

【請求項33】

如請求項22之方法，其中擷取第一影像包括在一干涉儀模組中之一影像感測器上形成該等干涉條紋。

【請求項34】

如請求項33之方法，其進一步包括使用該影像感測器擷取該受檢測區域之一二維(2D)影像，及進一步包括分割及分析該2D影像以識別該區域中之一或多個物件，其中組合該等第一3D量測與該等第二3D量測包括在量測該一或多個經識別物件之一高度時應用該等第一3D量測及該等第二3D量測。

【請求項35】

如請求項33之方法，其中該影像感測器包括經組態以擷取該等干涉條紋之該第一影像及自該受檢測區域反射之該圖案之該第二影像兩者之一單一影像感測器。

【請求項36】

如請求項35之方法，其進一步包括擷取自該受檢測區域沿對應於該

第二入射角之一傾斜出射角反射之該圖案之一第三影像及處理該第三影像以對該受檢測區域進行進一步3D量測。

【請求項37】

如請求項22之方法，其中擷取該第一影像包括藉由自參考數位全像術產生該第一影像。

【請求項38】

如請求項22之方法，其中擷取該第一影像包括藉由導引具有不同照明狀況之兩個該同調光束觸及該受檢測區域來產生該第一影像，其中該等光束之一者充當該參考光束。

【請求項39】

如請求項22之方法，其中擷取該第一影像包括藉由光學操控該光束來自該同調光束得到該參考光束。

【請求項40】

如請求項35之方法，其中投影該圖案包括變動該投影圖案之一偏光狀態以調整第二影像中之鏡面及漫反射之相對強度。

【請求項41】

如請求項22之方法，其中擷取該第一影像包括將一數位全像法應用於該受檢測區域。

【請求項42】

如請求項22之方法，其中擷取該第二影像包括將一掃描相移法(SPSM)應用於該受檢測區域。

【請求項43】

一種用於光學檢測之方法，其包括：

導引一同調光束沿一第一光軸觸及一受檢測區域，接收自該區域反射之該光束，且擷取藉由組合該反射光束與一參考光束所產生之干涉條紋之一第一影像；

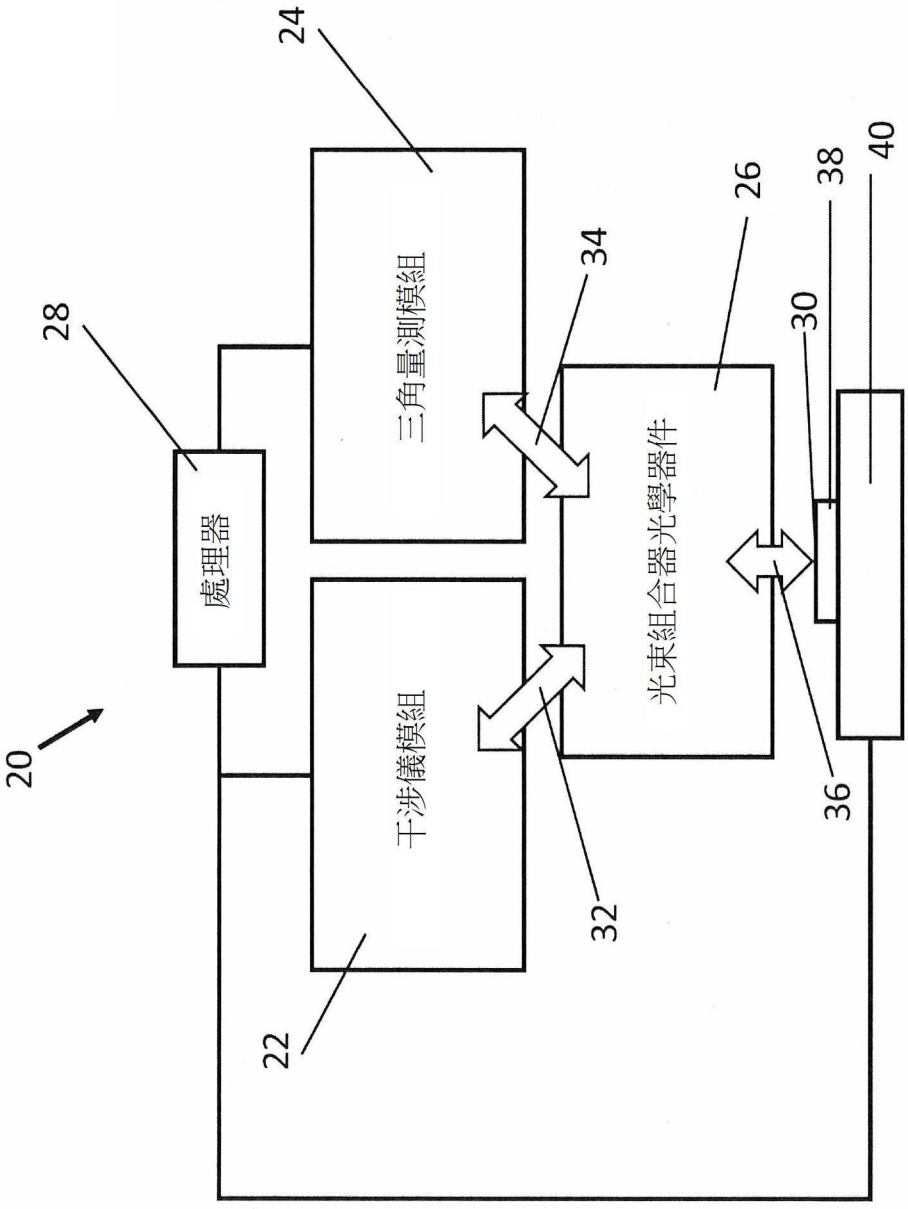
沿一第二光軸投影結構化光之一圖案觸及該受檢測區域且擷取自該受檢測區域反射之該圖案之一第二影像；

跨該受檢測區域將該第一光軸及該第二光軸平移成相互對位以引起該第一光軸及該第二光軸連續觸及該受檢測區域中之位置；

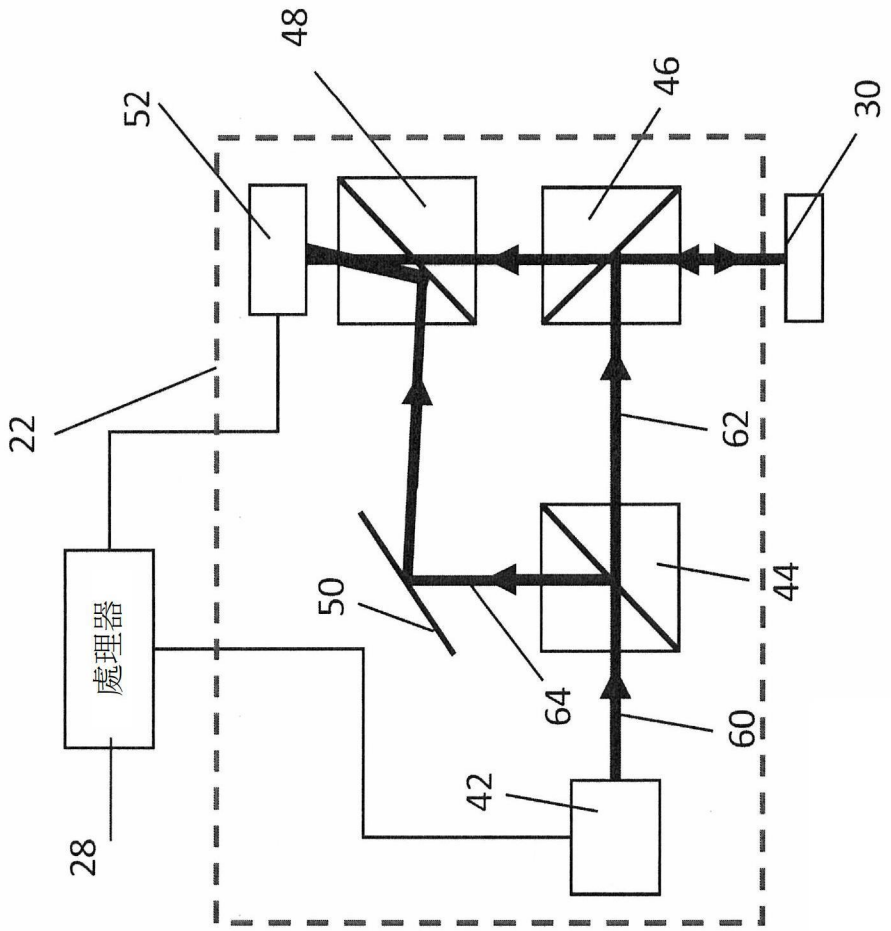
處理該第一影像及該第二影像以提取該受檢測區域之各自第一三維(3D)量測及第二3D量測；及

組合該等第一3D量測與該等第二3D量測以產生該區域之一3D圖。

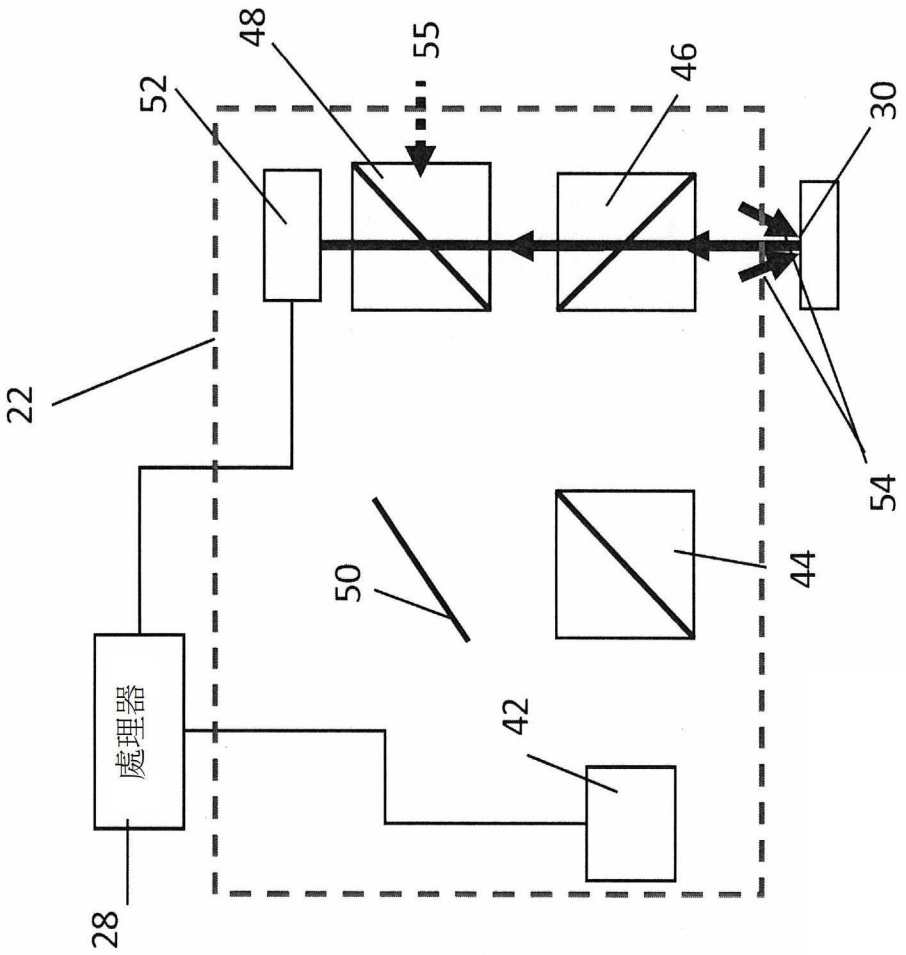
【發明圖式】



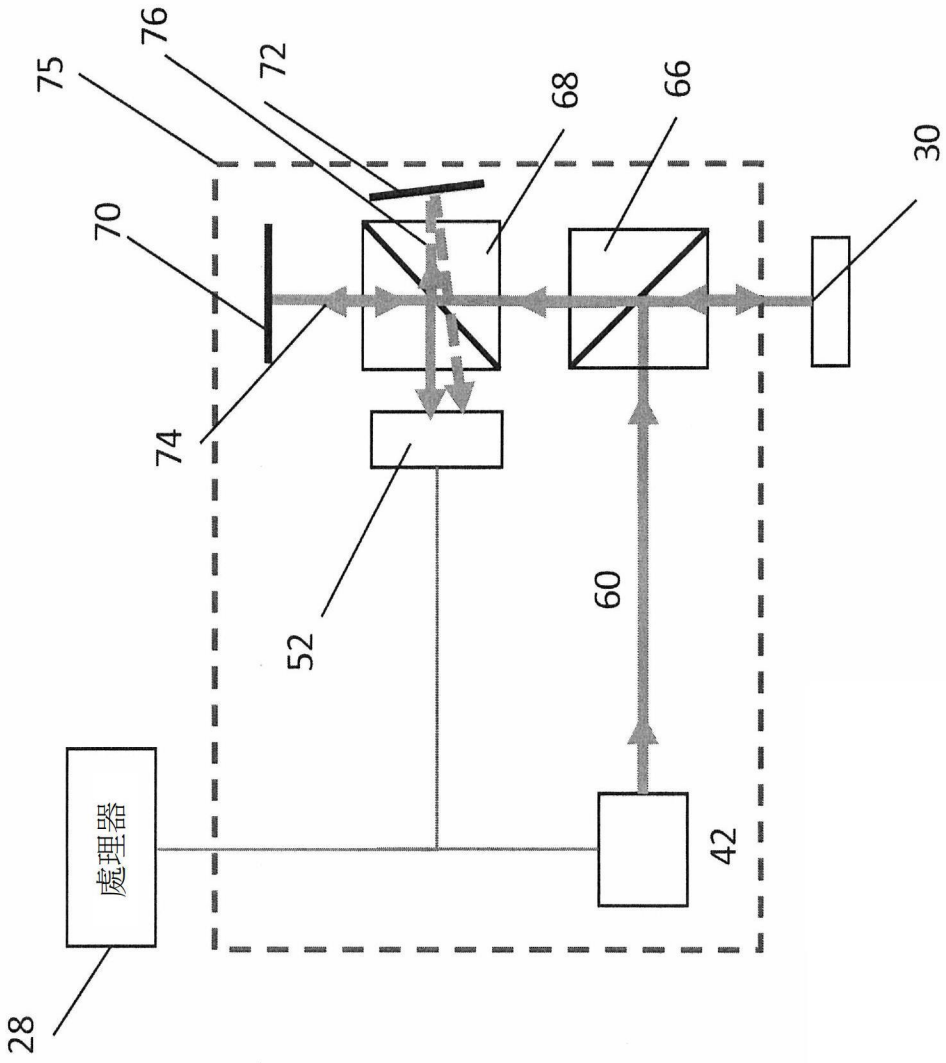
【圖1】



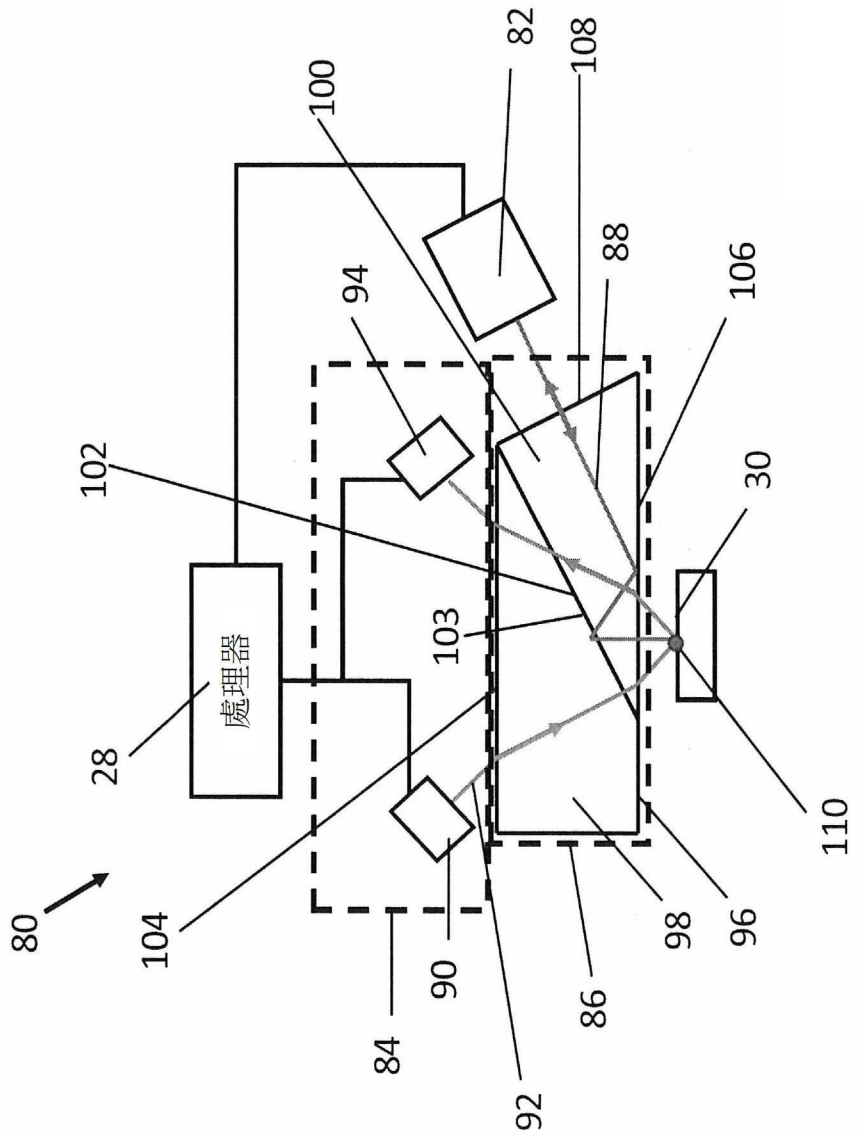
【圖2a】



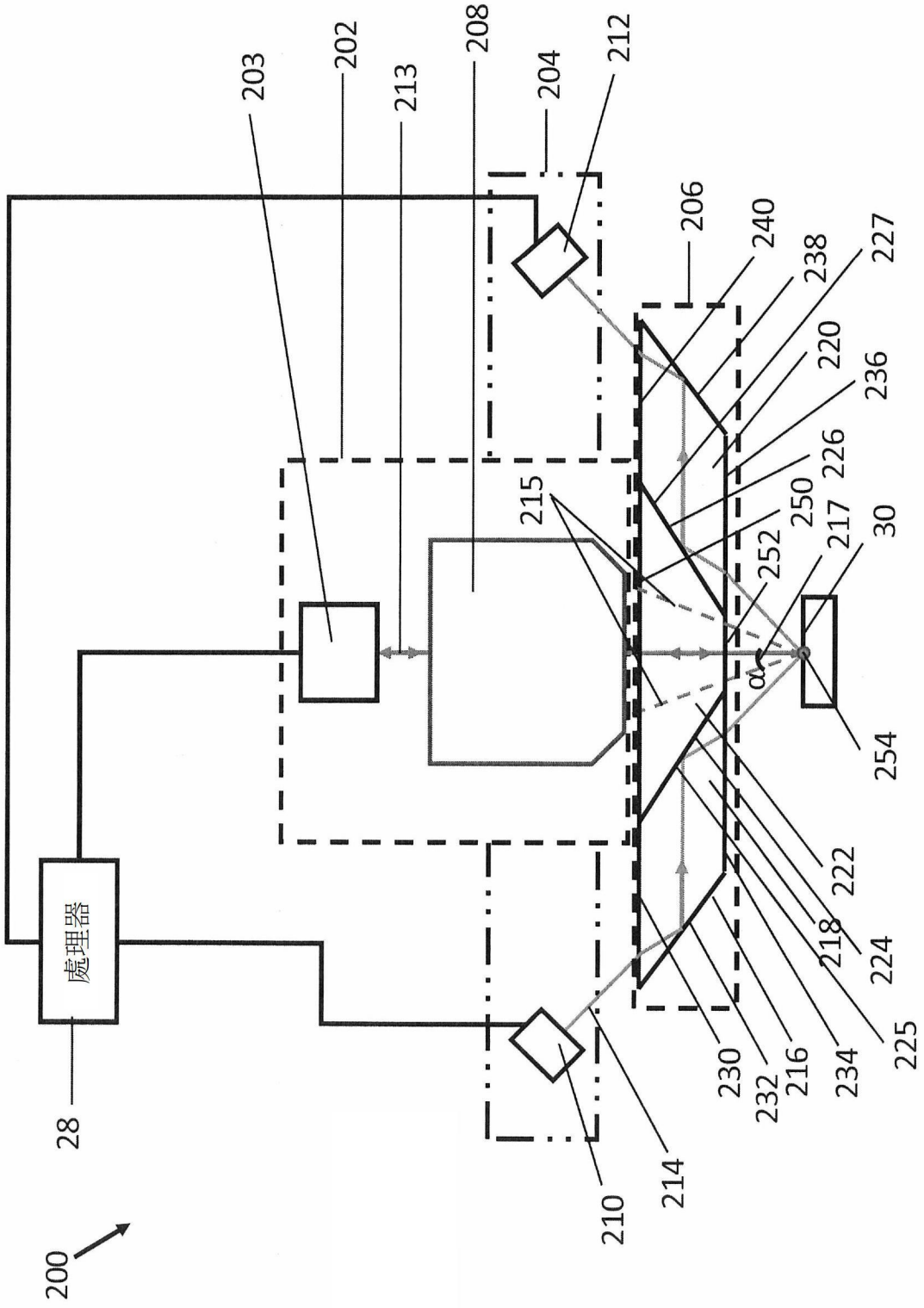
【圖2b】



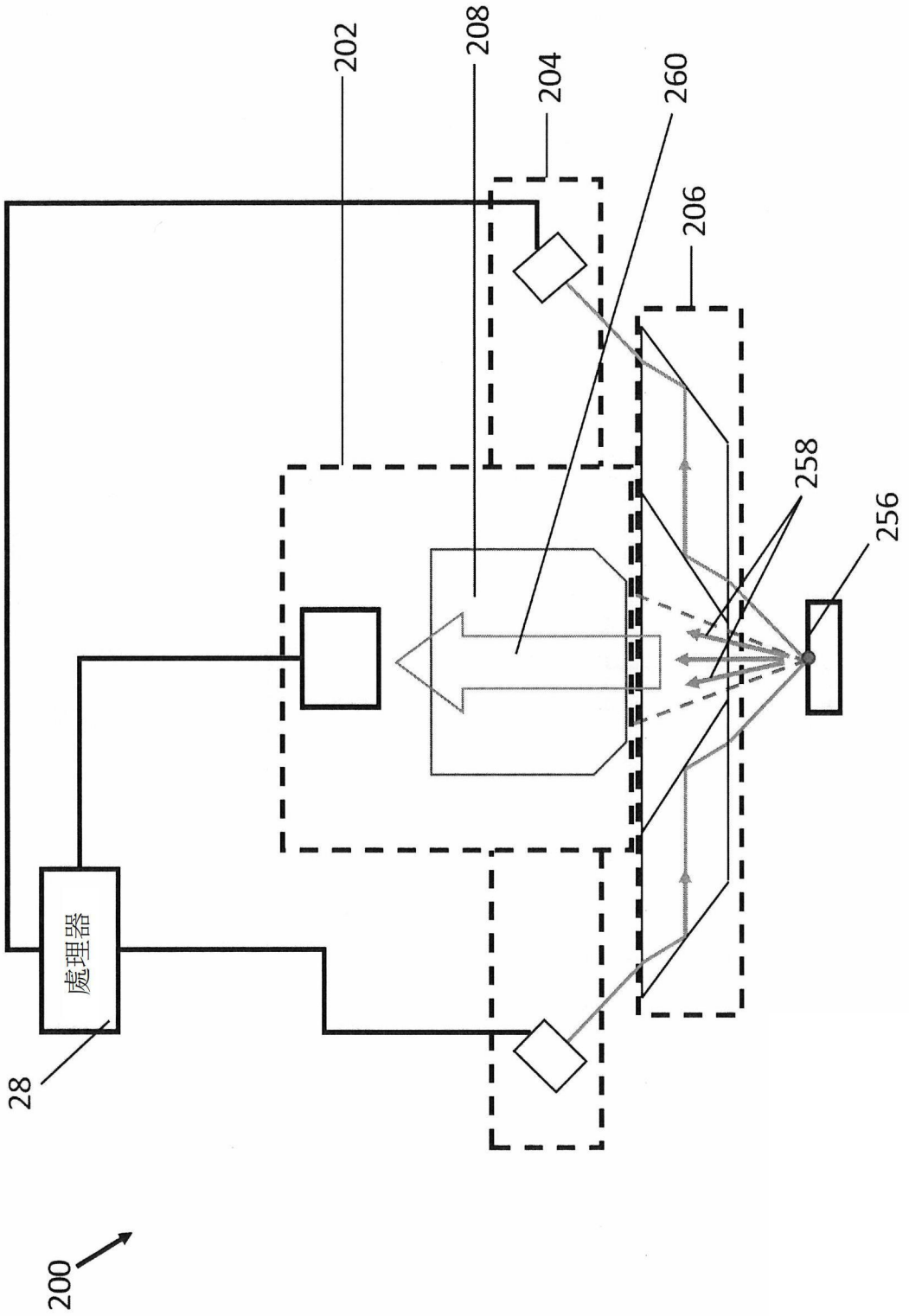
【圖3】



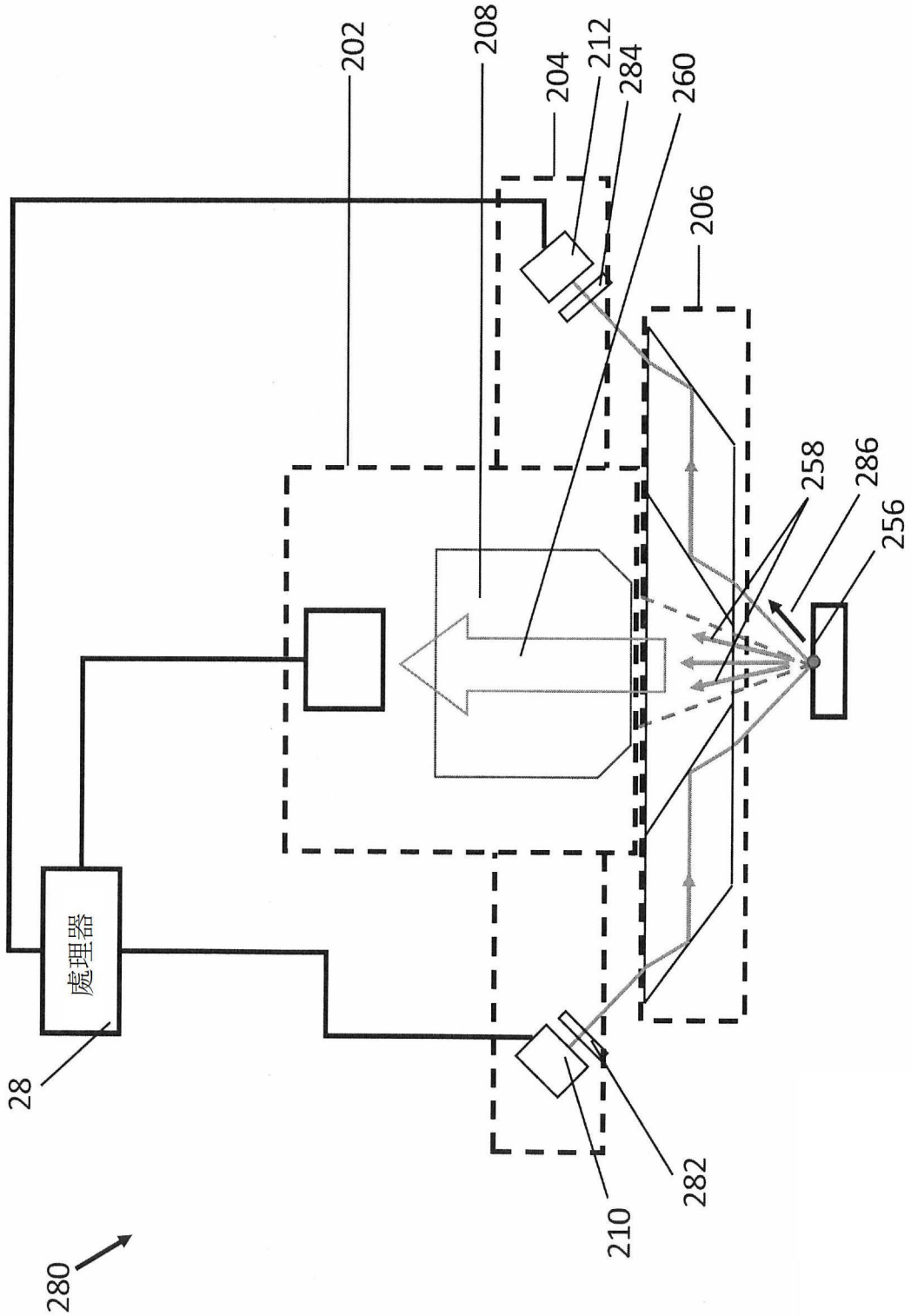
【圖4】


200
28
處理器
203
202
213
208
204
212
206
240
238
227
220
236
226
250
217
30
252
215
254
222
218
224
225
230
232
216
234
210
214

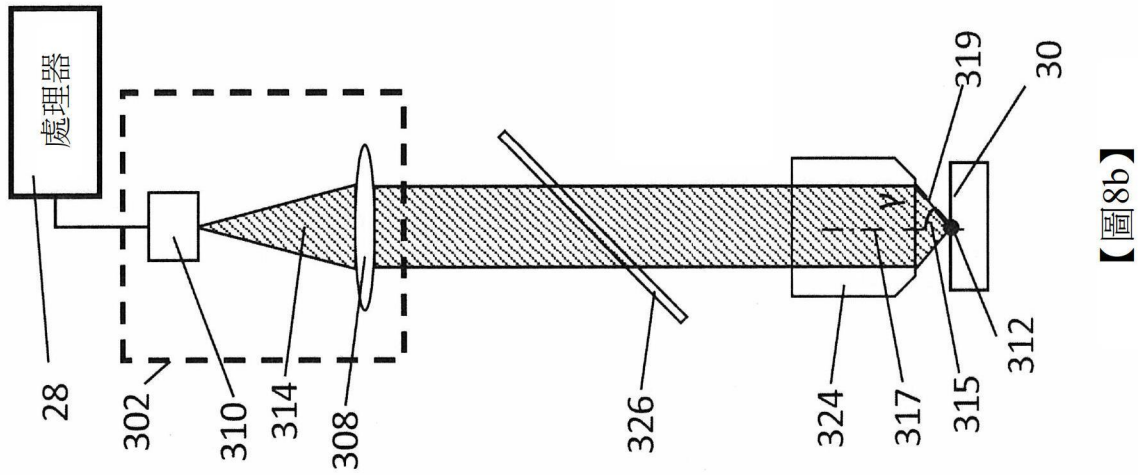
【圖5】



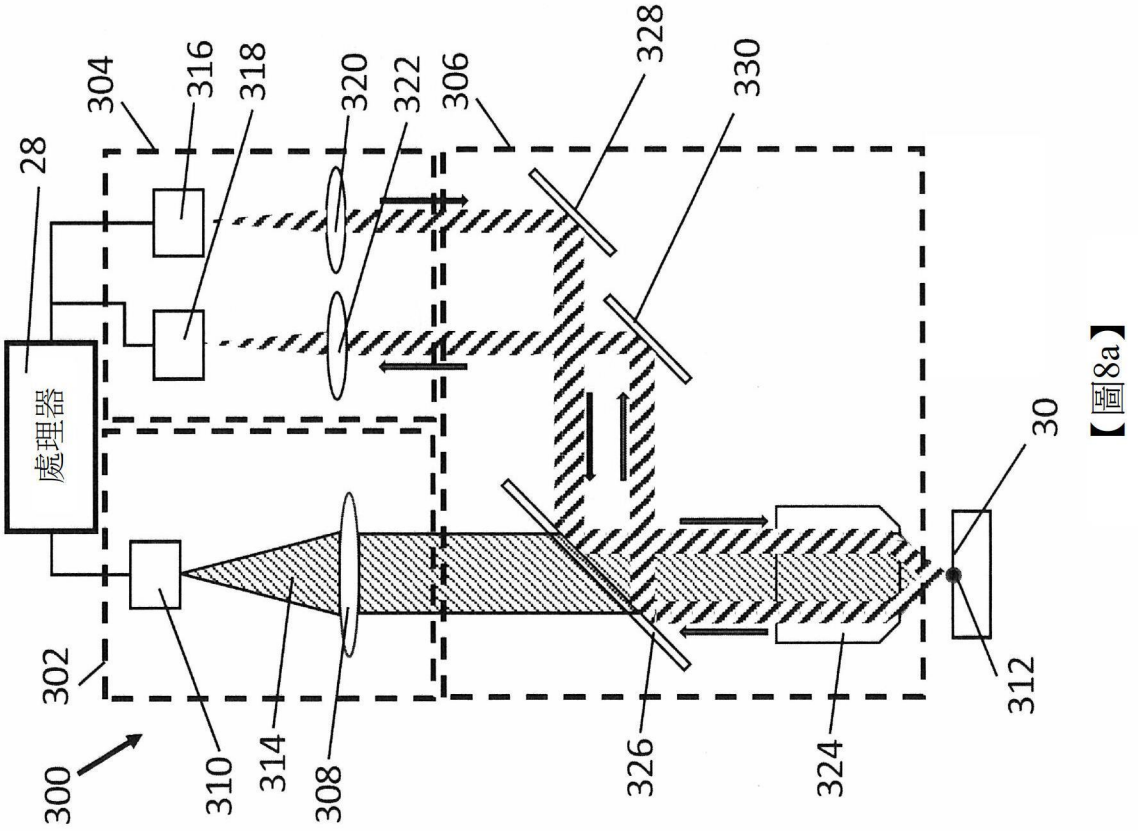
【圖6】



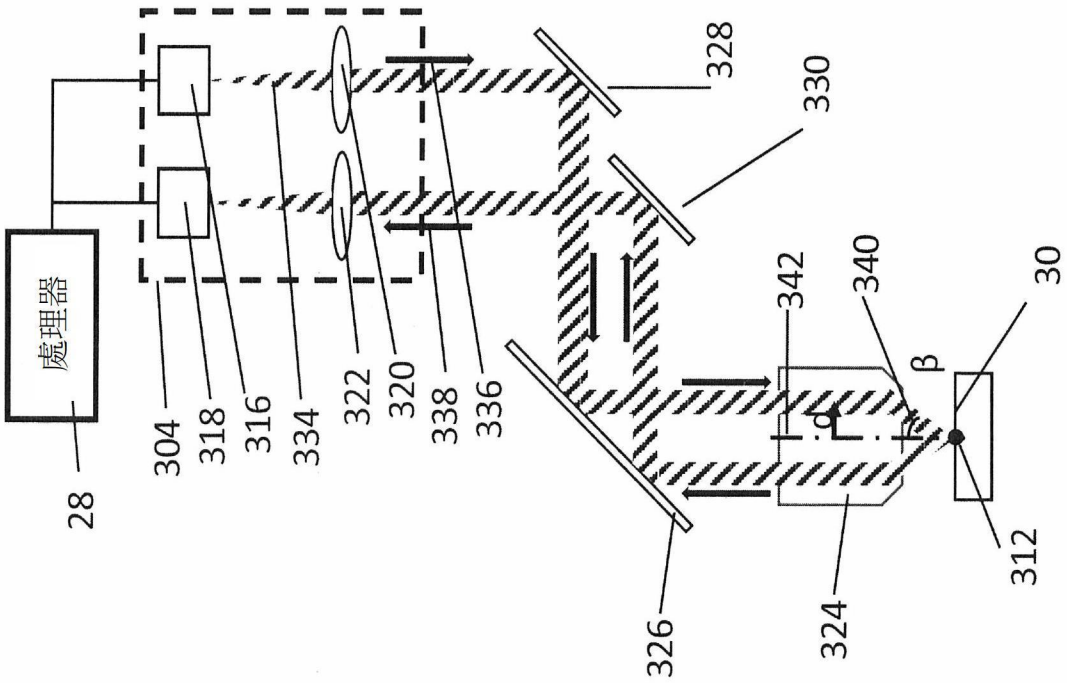
【圖7】


處理器
28
302
310
314
308
326
324
317
315
319
30
312

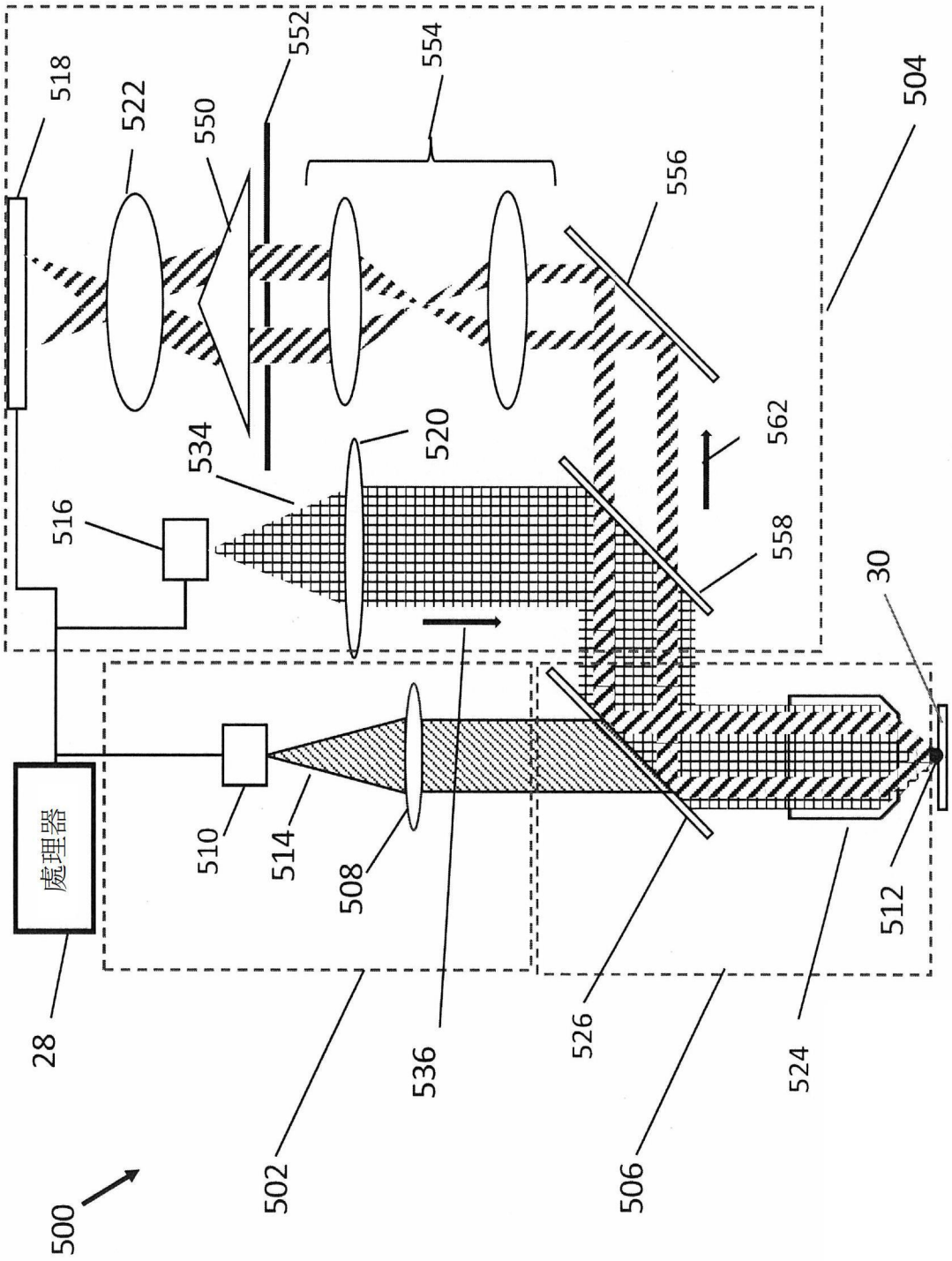
【圖8b】


處理器
28
304
316
318
320
322
306
328
330
300
302
310
314
308
326
324
30
312

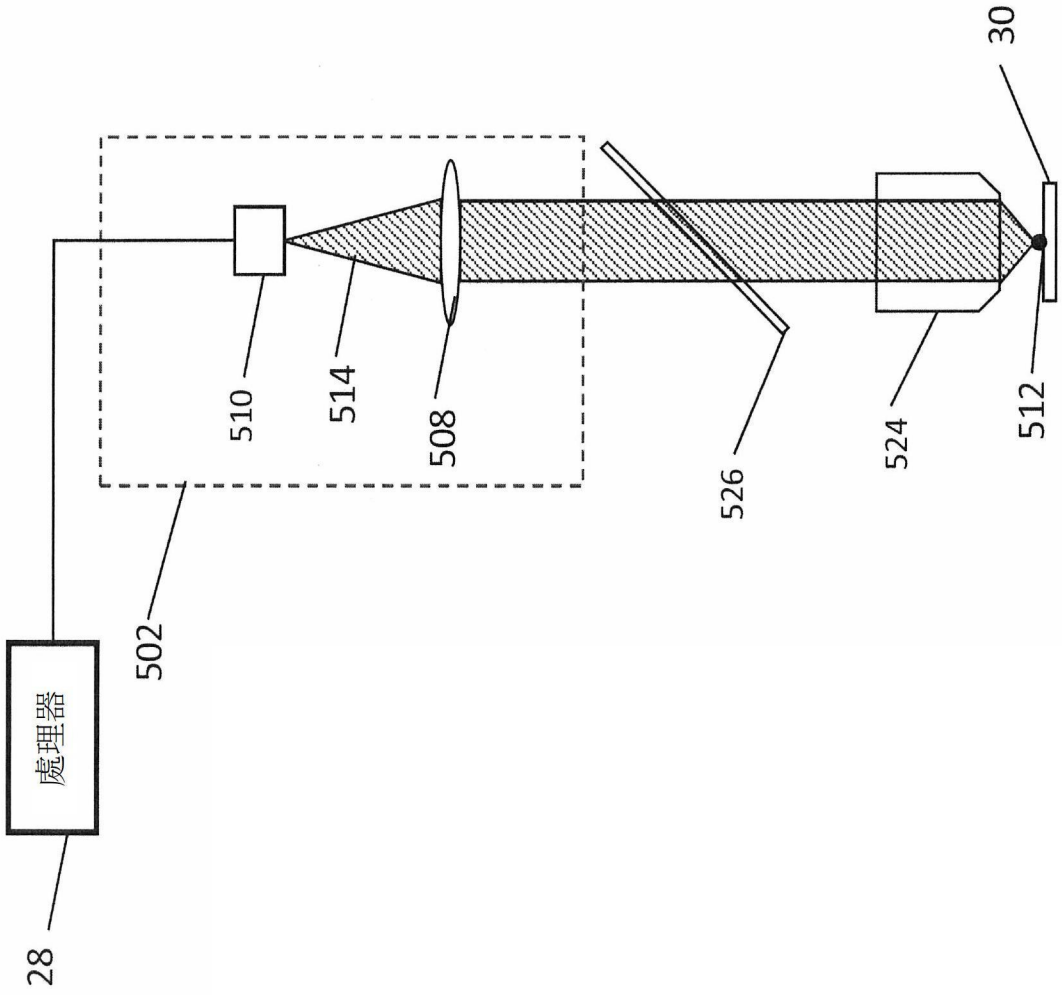
【圖8a】


處理器
28
304
318
316
334
322
320
338
336
328
330
342
340
30
β
312
324
326

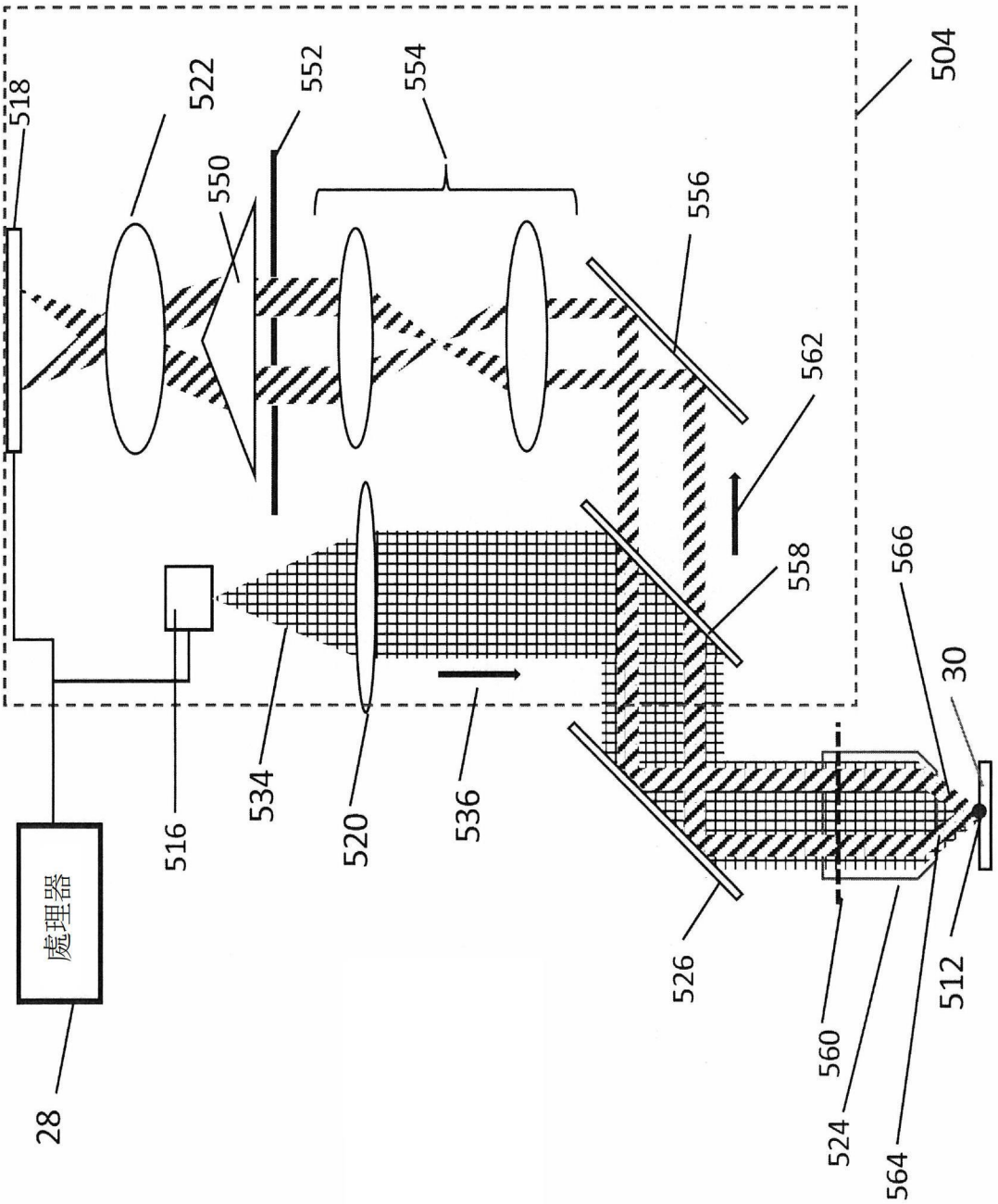
【圖8c】


518
522
550
552
554
504
556
534
520
562
516
558
30
處理器
510
514
508
512
28
536
526
524
502
506
500

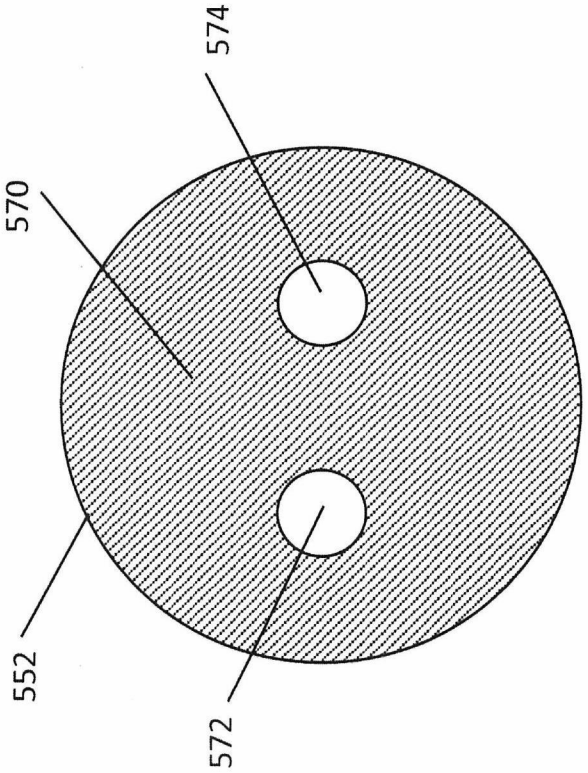
【圖9a】



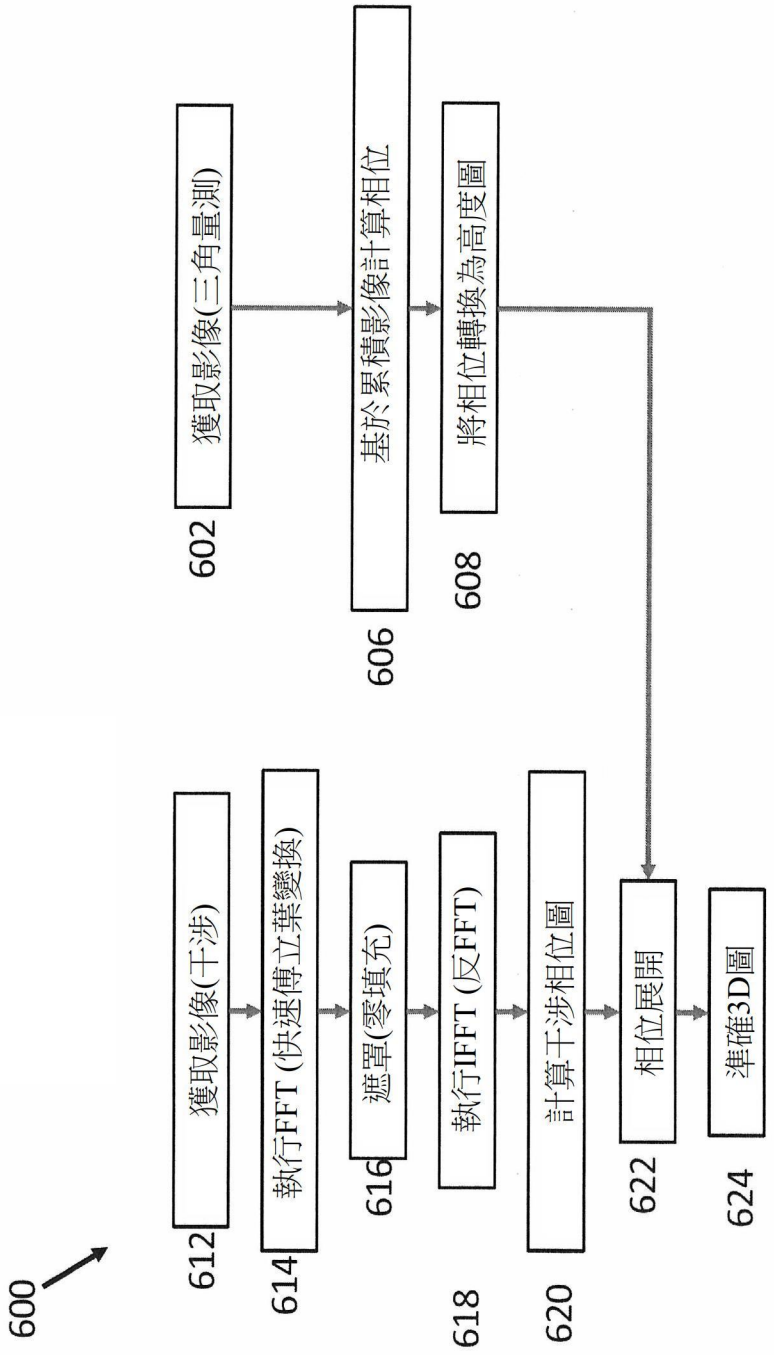
【圖9b】


504
518
522
552
554
550
556
562
558
566
30
534
520
536
516
526
560
524
564
512
28
處理器

【圖9c】



【圖9d】


600
612
獲取影像(干涉)
614
執行FFT (快速傅立葉變換)
616
遮罩(零填充)
618
執行IFFT (反FFT)
620
計算干涉相位圖
622
相位展開
624
準確3D圖
602
獲取影像(三角量測)
606
基於累積影像計算相位
608
將相位轉換為高度圖

【圖10】