



(21)申請案號：110117424 (22)申請日：中華民國 110 (2021) 年 05 月 14 日

(51)Int. Cl. : **G02B17/06 (2006.01)** **G02B26/08 (2006.01)**
G01N21/88 (2006.01) **G01N21/55 (2014.01)**

(30)優先權：2020/05/15 美國 63/025,192
2021/05/06 美國 17/313,703

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

(72)發明人：羅曼諾夫斯基 阿那托利 ROMANOVSKY, ANATOLY (US)；廖 振坤 LEONG, JENN-KUEN (US)；卡瓦德傑夫 丹尼爾 KAVALDJIEV, DANIEL (US)；王 春翰 WANG, CHUNHAI (US)；懷特席德 布萊特 WHITESIDE, BRET (US)；蘇史提夫 XU, STEVE (US)

(74)代理人：陳長文

(56)參考文獻：

| | | | |
|----|----------------|----|----------------|
| TW | I536012B | JP | 2018-512623A |
| US | 2002/0088952A1 | US | 2007/0013901A1 |
| US | 2020/0026053A1 | | |

審查人員：洪紹軒

申請專利範圍項數：38 項 圖式數：3 共 46 頁

(54)名稱

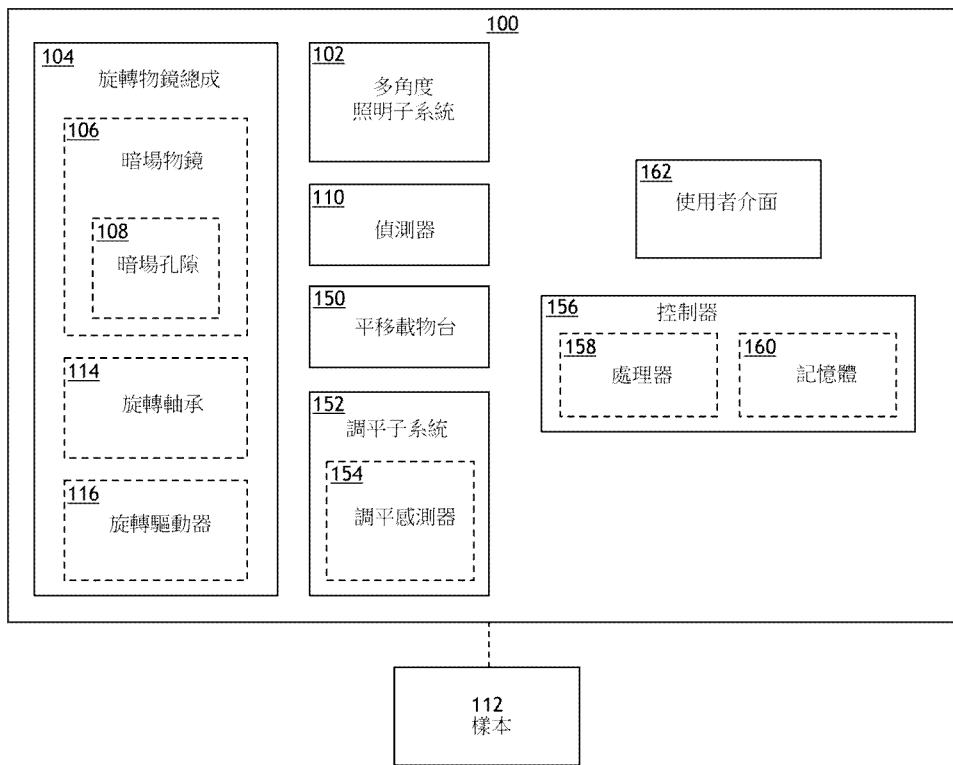
用於旋轉一光學物鏡之設備及方法

(57)摘要

本發明揭示一種暗場光學系統，其可包含一旋轉物鏡總成，該旋轉物鏡總成具有：一暗場物鏡，其在一集光數值孔徑內自一樣本收集光，其中該暗場物鏡包含相對於一光學軸成對稱相對方位角之一入口孔隙及一出口孔隙；一旋轉軸承，其容許包含該入口孔隙及該出口孔隙之該暗場物鏡之至少一部分繞該光學軸之旋轉；及一旋轉驅動器，其控制該入口孔隙之一旋轉角度。該系統亦可包含使用以兩個或更多個照明方位角穿過該入口孔隙之一照明光束照明該樣本之一多角度照明子系統，其中該照明光束在該樣本上之一方位角可藉由將該物鏡旋轉至該兩個或更多個照明方位角之任何者而選擇。

A dark-field optical system may include a rotational objective lens assembly with a dark-field objective lens to collect light from a sample within a collection numerical aperture, where the dark-field objective lens includes an entrance aperture and an exit aperture at symmetrically-opposed azimuth angles with respect to an optical axis, a rotational bearing to allow rotation of at least a part of the dark-field objective lens including the entrance aperture and the exit aperture around the optical axis, and a rotational driver to control a rotational angle of the entrance aperture. The system may also include a multi-angle illumination sub-system to illuminate the sample with an illumination beam through the entrance aperture at two or more illumination azimuth angles, where an azimuth angle of the illumination beam on the sample is selectable by rotating the objective lens to any of the two or more illumination azimuth angles.

指定代表圖：



【圖1A】

符號簡單說明：

100:暗場光學系統

102:多角度照明子系統

104:旋轉物鏡總成

106:暗場物鏡

108:暗場孔隙

110:偵測器

112:樣本

114:旋轉軸承

116:旋轉驅動器

150:樣本載物台

152:調平子系統

154:調平感測器

156:控制器

158:處理器

160:記憶體裝置

162:使用者介面



I860476

【發明摘要】

公告本

【中文發明名稱】

用於旋轉一光學物鏡之設備及方法

【英文發明名稱】

APPARATUS AND METHOD FOR ROTATING AN OPTICAL OBJECTIVE

【中文】

本發明揭示一種暗場光學系統，其可包含一旋轉物鏡總成，該旋轉物鏡總成具有：一暗場物鏡，其在一集光數值孔徑內自一樣本收集光，其中該暗場物鏡包含相對於一光學軸成對稱相對方位角之一入口孔隙及一出口孔隙；一旋轉軸承，其容許包含該入口孔隙及該出口孔隙之該暗場物鏡之至少一部分繞該光學軸之旋轉；及一旋轉驅動器，其控制該入口孔隙之一旋轉角度。該系統亦可包含使用以兩個或更多個照明方位角穿過該入口孔隙之一照明光束照明該樣本之一多角度照明子系統，其中該照明光束在該樣本上之一方位角可藉由將該物鏡旋轉至該兩個或更多個照明方位角之任何者而選擇。

【英文】

A dark-field optical system may include a rotational objective lens assembly with a dark-field objective lens to collect light from a sample within a collection numerical aperture, where the dark-field objective lens includes an entrance aperture and an exit aperture at symmetrically-opposed azimuth angles with respect to an optical axis, a rotational bearing to allow rotation of at least a part of the dark-field objective

lens including the entrance aperture and the exit aperture around the optical axis, and a rotational driver to control a rotational angle of the entrance aperture. The system may also include a multi-angle illumination sub-system to illuminate the sample with an illumination beam through the entrance aperture at two or more illumination azimuth angles, where an azimuth angle of the illumination beam on the sample is selectable by rotating the objective lens to any of the two or more illumination azimuth angles.

【指定代表圖】

圖1A

【代表圖之符號簡單說明】

- 100: 暗場光學系統
- 102: 多角度照明子系統
- 104: 旋轉物鏡總成
- 106: 暗場物鏡
- 108: 暗場孔隙
- 110: 偵測器
- 112: 樣本
- 114: 旋轉軸承
- 116: 旋轉驅動器
- 150: 樣本載物台
- 152: 調平子系統
- 154: 調平感測器

156: 控制器

158: 處理器

160: 記憶體裝置

162: 使用者介面

【發明說明書】

【中文發明名稱】

用於旋轉一光學物鏡之設備及方法

【英文發明名稱】

APPARATUS AND METHOD FOR ROTATING AN OPTICAL OBJECTIVE

【技術領域】

【0001】 本發明大體上係關於光學度量衡且更特定言之，係關於使用一旋轉光學物鏡之光學度量衡。

【先前技術】

【0002】 在半導體產業中使用之暗場光學檢測或度量衡系統通常基於自一樣本收集之光(其排除一照明光束之鏡面反射)產生量測，其中鏡面反射照明位於一集光數值孔徑(NA)之外或在到達一偵測器之前經阻擋。此外，許多光學檢測或度量衡技術利用基於使用不同方位角對樣本之照明之量測。

【0003】 在此等系統中，通常可期望利用具有一高集光NA之一物鏡以自樣本收集光以有效地在一廣泛範圍之角度內自樣本收集光。然而，增加一物鏡之NA通常導致樣本與物鏡之間之一愈來愈小之間隙，此可限制使用在集光NA之外之一入射角照明樣本之一能力。此外，藉由阻擋鏡面反射照明而產生之暗場量測可遭受藉由阻擋元件之非所要散射鏡面反射光。因此，可期望提供用於使用高NA物鏡之暗場照明之系統及方法。

【發明內容】

【0004】 根據本發明之一或多項闡釋性實施例，揭示一種暗場光學

系統。在一項闡釋性實施例中，該系統包含一照明源。在另一闡釋性實施例中，該系統包含一旋轉物鏡總成。在另一闡釋性實施例中，該旋轉物鏡總成包含用於在一集光數值孔徑內自一樣本收集量測光之一暗場物鏡，其中該暗場物鏡包含相對於該暗場物鏡之一光學軸成對稱相對方位角之一入口孔隙及一出口孔隙。在另一闡釋性實施例中，該旋轉物鏡總成包含用於容許包含該入口孔隙及該出口孔隙之該暗場物鏡之至少一部分繞該光學軸之旋轉之一旋轉軸承。在另一闡釋性實施例中，該旋轉物鏡總成包含用於控制該入口孔隙之一旋轉角度之一旋轉驅動器。在另一闡釋性實施例中，該系統包含用於使用以兩個或更多個照明方位角穿過該入口孔隙之一照明光束照明該樣本之一多角度照明子系統，其中該照明光束由該樣本反射之一部分透過該出口孔隙離開該物鏡作為一反射照明光束，且其中該照明光束在該樣本上之一方位角可藉由使用該旋轉物鏡總成將該物鏡旋轉至該兩個或更多個照明方位角之任何者而選擇。在另一闡釋性實施例中，該系統包含經組態以將該量測光之至少一部分自該暗場物鏡引導至一或多個偵測器之一集光子系統。

【0005】 根據本發明之一或多項闡釋性實施例，揭示一種旋轉物鏡總成。在一項闡釋性實施例中，該旋轉物鏡總成包含用於在一集光數值孔徑內自一樣本收集量測光之一暗場物鏡，其中該物鏡包含相對於該暗場物鏡之一光學軸成對稱相對方位角之一入口孔隙及一出口孔隙，且其中該物鏡經組態以接受穿過該入口孔隙之一照明光束，其中該照明光束由該樣本反射之一部分透過該出口孔隙離開該物鏡作為一反射照明光束。在另一闡釋性實施例中，該旋轉物鏡總成包含用於容許包含該入口孔隙及該出口孔隙之該暗場物鏡之至少一部分繞該光學軸之旋轉之一旋轉軸承。在另一闡

釋性實施例中，該旋轉物鏡總成包含用於控制該入口孔隙之一旋轉角度之一旋轉驅動器，其中該照明光束在該樣本上之一方位角可藉由使用該旋轉物鏡總成將該物鏡旋轉至一選定旋轉角度而選擇。

【0006】 根據本發明之一或多項闡釋性實施例，揭示一種暗場量測方法。在一項闡釋性實施例中，該方法包含將一樣本對準至一暗場物鏡之一視場，其中該暗場物鏡包含相對於該暗場物鏡之一光學軸成對稱相對方位角之一入口孔隙及一出口孔隙。在另一闡釋性實施例中，該方法包含旋轉該物鏡以沿著用於一量測之一選定方位角對準該入口孔隙。在另一闡釋性實施例中，該方法包含使用以該選定方位角穿過該入口孔隙之一照明光束照明該樣本，其中該照明光束由該樣本反射之一部分透過該出口孔隙離開該暗場物鏡作為一反射照明光束。在另一闡釋性實施例中，該方法包含在該暗場物鏡之一集光數值孔徑內自該樣本收集量測光。在另一闡釋性實施例中，該方法包含基於該量測光產生與該樣本相關聯之一或多個量測。

【0007】 應理解，前文一般描述及下文詳細描述兩者僅係例示性及說明性的且未必限制如主張之本發明。併入本說明書中且構成本說明書之一部分之隨附圖式繪示本發明之實施例且與一般描述一起用於解釋本發明之原理。

【圖式簡單說明】

【0008】 熟習此項技術者藉由參考附圖可更佳理解本發明之多個優點，其中：

圖1A係繪示根據本發明之一或多項實施例之一暗場光學系統之一概念方塊圖。

圖1B係根據本發明之一或多項實施例之一暗場物鏡之一概念輪廓視

圖，其繪示用於一暗場量測之照明及集光路徑。

圖1C係根據本發明之一或多項實施例之形成為外殼中之一孔之一暗場物鏡之一概念輪廓視圖。

圖1D係根據本發明之一或多項實施例之形成為外殼中之一缺口之一暗場物鏡之一概念輪廓視圖。

圖1E係根據本發明之一或多項實施例之包含兩個暗場孔隙以在一集光NA內提供一暗場照明路徑之一暗場孔隙之一透鏡元件之一橫截面視圖。

圖1F係根據本發明之一或多項實施例之具有一暗場孔隙之一暗場物鏡之一輪廓視圖，該暗場孔隙形成為穿過外殼之一部分之一孔以提供在暗場孔隙之集光NA之外之一暗場照明路徑。

圖1G係根據本發明之一或多項實施例之一暗場光學系統之一概念圖解視圖，其繪示以一單一方位角提供照明之一單一照明源。

圖2A係根據本發明之一或多項實施例之包含以分開90度之兩個方位角提供照明光束之兩個照明通道之一暗場光學系統之一概念俯視圖。

圖2B係根據本發明之一或多項實施例之包含一可旋轉照明通道之一多角度照明子系統之輪廓概念視圖。

圖3係繪示根據本發明之一或多項實施例之在一暗場量測方法中執行之步驟之一流程圖。

【實施方式】

相關申請案之交叉參考

【0009】本申請案根據35 U.S.C. § 119(e)主張2020年5月15日申請之標題為 APPARATUS AND METHOD TO ROTATE AN OPTICAL

OBJECTIVE 之以 Anatoly Romanovsky、Jenn-Kuen Leong、Daniel Kavaldjiev、Chunhai Wang、Bret Whiteside及Steve Xu為發明者之美國臨時申請案第63/025,192號之權利，該案之全文以引用的方式併入本文中。

【0010】 現將詳細參考在隨附圖式中繪示之所揭示標的物。已關於某些實施例及其等之特定特徵特別展示且描述本發明。將本文中闡述之實施例視為闡釋性而非限制性。一般技術者將容易瞭解，可作出形式及細節上之各種改變及修改而不脫離本發明之精神及範疇。

【0011】 本發明之實施例係關於用於適用於使用可選擇方位入射角之暗場光學量測之一旋轉物鏡總成之系統及方法。

【0012】 可通常藉由使用通常具有一有限角範圍之一照明光束照明一樣本且基於以排除照明光束之鏡面反射之角度自樣本發出之光產生一量測而執行暗場光學量測。因此，量測對散射及/或繞射光敏感。例如，一暗場影像可通常在樣本平滑時不含有信號(或一「暗」信號)且可在存在散射或繞射之情況下展示一明顯信號。因此，通常使用暗場光學量測，但不限於在製造之各個階段之半導體裝置之檢測及/或度量衡。

【0013】 在一般意義上，可藉由不收集鏡面反射照明光束或藉由將一或多個元件插入至一集光臂中以阻擋、重導引或以其他方式防止鏡面反射照明光束到達一偵測器而獲得一暗場組態。例如，可藉由在系統(例如，用於自樣本收集光之一物鏡)之一集光數值孔徑(NA)之外照明樣本使得照明光束之經鏡面反射之部分亦將位於集光NA之外而避免收集鏡面反射光。藉由另一實例，藉由系統收集之鏡面反射照明可由通常放置於一光瞳平面處之孔隙或鏡阻擋或重導引。

【0014】本文中審慎考慮，避免鏡面反射光之收集對於需要高靈敏度之某些應用(諸如(但不限於)使用高強度照明以提供來自小缺陷之可量測信號之平滑未圖案化晶圓上之缺陷檢測)可係較佳的。然而，例如，旨在阻擋或重導引高強度鏡面反射之阻擋器或其他元件可產生可降低量測之靈敏度之非所要散射。當鏡面反射照明僅未經收集時，此雜訊源不存在。

【0015】然而，其中照明及鏡面反射照明完全在系統之集光NA之外之一組態可限制可達成集光NA。例如，隨著一物鏡之集光NA減小，物鏡與樣本之間之間隙通常減小。隨著NA在空氣中接近1，使用在集光NA之外之角度照明樣本變得日益困難且有時不實際。

【0016】本發明之實施例係關於具有繞一中心光學軸成對稱相對方位角之至少一對暗場孔隙之暗場物鏡(dark-field objective lens) (例如，一暗場物鏡(dark-field objective))。此一暗場物鏡可在一集光數值孔径(NA)內自樣本收集光且可進一步包含用於提供一照明光束到達樣本之一路徑及供照明光束之鏡面反射部分離開暗場物鏡之一路徑之暗場孔隙。以此方式，來自樣本之鏡面反射光未由暗場物鏡收集且達成暗場操作而無需阻擋反射照明，此消除來自系統中之光束阻擋器對反射照明光束之假反射之雜訊。例如，一對暗場孔隙可包含成對稱相對方位角之一入口孔隙及一出口孔隙。入口孔隙及出口孔隙可具有(但不需要具有)相同極角(例如，相對於光學軸量測)或高度角(例如，相對於法向於光學軸之一平面量測)。例如，具有共同極角之入口孔隙及出口孔隙可適合與一平坦且調平的樣本一起使用。然而，可期望具有成一不同極角或具有一不同形狀(例如，長形形狀)以適應來自非平坦或非調平樣本之鏡面反射之一出口孔隙。

【0017】 在一些實施例中，暗場孔隙經配置使得照明光束及鏡面反射光束之路徑位於集光NA之外。例如，暗場孔隙可提供穿過原本將不可接達之外殼之一部分之一路徑。在一些實施例中，暗場孔隙經配置使得照明光束及鏡面反射光束之路徑位於集光NA內。在此組態中，集光NA在與暗場孔隙相關聯之方位角下稍微減小。然而，此組態可容許其他方位角中之經增加(例如，最大化)集光NA以改良整體靈敏度。此組態亦可以接近鏡面反射角之角度收集散射光且因此，可對僅引發照明之小偏差之許多小缺陷高度敏感。

【0018】 本文中進一步審慎考慮，可期望使用此一暗場物鏡提供以多個方位角之暗場量測。例如，當檢測除一裸半導體晶圓之外之表面時，表面粗糙度可變為一主導雜訊源，使得雷射照明可引發可降低對比度且限制量測靈敏度之一斑紋圖案(例如，在一偵測器平面處)。然而，此斑紋引發之對比度降低可藉由平均化使用不同方位角之照明產生之多個量測(具有相關聯斑紋圖案)而克服。例如，在2015年11月3日發佈之美國專利第9,176,072號及2020年8月11日發佈之美國專利第10,739,275號中大體上描述多定向照明，該兩個專利之全文以引用的方式併入本文中。

【0019】 在一般意義上，一暗場物鏡可具有任何數目個暗場孔隙以提供以多個方位角或極角之照明。然而，增加暗場孔隙之一數目亦可增加成本、製造複雜性、減小集光NA，且可增加非所要散射之可能性。在一些實施例中，一暗場量測系統包含用於提供一暗場物鏡之旋轉以將一暗場孔隙(例如，一入口孔隙)對準至選定方位角以實現以選定方位角之量測之一旋轉軸承。以此方式，使用來自多個方位角之照明之多個量測可使用具有一單一對對稱相對暗場孔隙之一暗場物鏡達成。此外，此一系統可適用

於具有不同表面平滑度之廣泛範圍之樣本上之高度靈敏量測。

【0020】 本發明之額外實施例係關於一暗場量測系統，其包含一旋轉物鏡總成及提供以選定方位角照明樣本之一多角度照明子系統。在一項實施例中，多角度量測子系統包含以固定方位角配置之靜態照明組件。以此方式，可藉由旋轉暗場物鏡以將暗場孔隙對準至固定方位角而提供以固定方位角之量測。在另一實施例中，多角度照明子系統包含可旋轉照明組件。例如，多角度照明子系統可包含在旋轉暗場物鏡時可維持與入口孔隙之對準之一或多個光束遞送組件(例如，一光纖、自由空間組件或類似者)。以此方式，可以任何選定方位角執行量測。

【0021】 本發明之額外實施例係關於用於相對於一對暗場孔隙調平一樣本之一樣本調平子系統。調平子系統可調整樣本之位置及/或傾斜以規定一照明光束透過一入口孔隙之鏡面反射與一出口孔隙準確地對準以緩解在未經對準時歸因於照明光束在物鏡之一部分上之反射之散射之潛在雜訊。例如，一調平子系統可包含用於監測照明光束之反射之一調平感測器及用於視需要調整一樣本之至少一翻轉或一傾斜之一可調整樣本載物台。

【0022】 現參考圖1A至圖3，根據本發明之一或多項實施例更詳細描述具有一可旋轉物鏡之用於以選定方位角之度量衡之系統及方法。

【0023】 圖1A係繪示根據本發明之一或多項實施例之一暗場光學系統100之一概念方塊圖。

【0024】 在一項實施例中，暗場光學系統100包含以兩個或更多個方位角提供照明之一多角度照明子系統102、用於旋轉具有至少一對對稱相對暗場孔隙108之一暗場物鏡106以與多角度照明子系統102對準之一旋轉物鏡總成104及用於自樣本112捕獲在暗場物鏡106之一集光NA內收集

之光之一偵測器110。例如，一對對稱相對暗場孔隙108可包含為自多角度照明子系統102至樣本112之照明提供一無障礙路徑之一入口孔隙及為照明之由樣本112反射之一部分提供一無障礙路徑之一出口孔隙。

【0025】一暗場量測可使用來自可由多角度照明子系統102定址之任何方位角之照明藉由使用旋轉物鏡總成104旋轉暗場物鏡106以將操作為暗場物鏡106之一入口孔隙之一暗場孔隙108對準至選定方位角且收集相關聯量測光而執行。例如，旋轉物鏡總成104可包含一旋轉軸承114及一相關聯旋轉驅動器116以驅動或以其他方式控制暗場物鏡106之旋轉。

【0026】現參考圖1B至圖1F，根據本發明之一或多項實施例描述一暗場物鏡106之各種非限制性組態及設計。圖1B係根據本發明之一或多項實施例之一暗場物鏡106之一概念輪廓視圖，其繪示用於一暗場量測之照明及集光路徑。圖1C至圖1D係圖1B之暗場物鏡106繞其光學軸118旋轉90度之概念輪廓視圖以繪示一暗場孔隙108之各種非限制性設計。

【0027】在一項實施例中，一暗場孔隙108形成為暗場物鏡106之一外殼120中之一空隙，從而提供以一選定極角124至樣本112或自樣本112之一無障礙暗場照明路徑122。例如，如圖1B中繪示，一暗場孔隙108可自外殼120之一外徑延伸至外殼120接近樣本112之一量測端126。圖1B進一步繪示用於為一照明光束128及一反射照明光束130（例如，照明光束128之由樣本112反射之一部分）兩者提供一暗場照明路徑122之一對對稱相對暗場孔隙108（此處沿著X軸分佈）。在此組態中，一暗場照明路徑122可在暗場物鏡106之一工作距離（例如，放置樣本112之一位置）處與光學軸118相交。在使用照明光束128照明樣本112之後，可在暗場物鏡106之集光NA 134內收集量測光132（例如，散射及/或繞射光）。

【0028】一暗場孔隙108可具有適用於提供一無障礙暗場照明路徑122穿過至少一部分之暗場物鏡106的外殼120之任何形狀、架構或設計，諸如(但不限於)一孔、一缺口或一壓痕。圖1C係根據本發明之一或多項實施例之形成為外殼120中之一孔之一暗場物鏡106之一概念輪廓視圖。此一孔可藉由製造(諸如(但不限於)鑽孔)形成。此外，此一孔可具有沿著暗場照明路徑122之任何選定直徑或一變動直徑。例如，暗場孔隙108可具有(但不需要具有)依據徑向位置變化而增加以接近一聚焦照明光束128或一發散反射照明光束130之一變動直徑之一直徑。雖然繪示為一圓形孔，但暗場孔隙108可通常具有任何形狀。圖1D係根據本發明之一或多項實施例之形成為外殼120中之一缺口之一暗場物鏡106之一概念輪廓視圖。另外，經組態以用作一入口孔隙之一暗場孔隙108可具有與經組態以用作一出口孔隙之暗場孔隙108相同或不同之一大小及/或形狀。以此方式，可針對光之一特定用途或預期分佈定製大小及/或形狀。例如，可根據來自樣本112之散射光之一預期分佈(例如，來自預期缺陷類型之量測光132之一分佈或類似者)定製一暗場孔隙108之大小及/或形狀。

【0029】一暗場孔隙108可經形成為以相對於光學軸118之任何選定極角124提供一暗場照明路徑122。在一項實施例中，極角124經組態以在暗場孔隙108之集光NA 134內。例如，暗場孔隙108可包含穿過外殼120以及暗場孔隙108之一或多個透鏡元件之一空隙。圖1E係根據本發明之一或多項實施例之包含兩個暗場孔隙108以在一集光NA 134內提供一暗場照明路徑122之一暗場孔隙108之一透鏡元件136之一橫截面視圖。本文中審慎考慮，具有在集光NA 134內之一極角124之一暗場照明路徑122可促進以接近照明光束128及/或反射照明光束130之角度收集量測光132。作為一

非限制性實例，當用於缺陷檢測時，某些缺陷(諸如(但不限於)淺凸塊、凹坑或劃痕)可散射接近反射照明光束130之光。因此，提供具有在集光NA 134內之一極角124之一暗場照明路徑122之暗場孔隙108可促進與此等缺陷相關聯之量測光132之收集且因此可提供此等缺陷之靈敏偵測。然而，應理解，圖1D中之透鏡元件136之圖解僅係為了闡釋性目的提供且不應解譯為限制性。例如，一暗場物鏡106可通常具有用於在一選定集光NA 134內收集光之任何適合設計。因此，一暗場孔隙108可穿過任何數目個透鏡元件136或其子元件。

【0030】 在另一實施例中，極角124經組態以在暗場孔隙108之集光NA 134之外。以此方式，一暗場孔隙108之存在可不限制集光NA 134。圖1F係根據本發明之一或多項實施例之具有暗場孔隙108之一暗場物鏡106之一輪廓視圖，暗場孔隙108經形成為穿過外殼120之一部分之一孔以提供在暗場孔隙108之集光NA 134之外之一暗場照明路徑122。然而，應理解，圖1F中之暗場物鏡106之圖解僅係為了闡釋性目的提供且不應解譯為限制性。類似於圖1B及圖1C中之圖解，經形成穿過一外殼120以提供在集光NA 134之外之一暗場照明路徑122之一暗場孔隙108可具有任何適合大小或形狀(包含(但不限於)一孔或一缺口)。

【0031】 再次大體上參考圖1A至圖1F，根據本發明之一或多項實施例更詳細描述旋轉物鏡總成104。

【0032】 在一般意義上，一暗場物鏡106可具有任何數目個暗場孔隙108或呈任何數目個方位角或極角之其對稱相對之對。然而，本文中審慎考慮，可期望同時提供使用一可自由選擇方位角之照明之一量測或使用兩個或更多個選定方位角之照明之多個量測，同時亦限制一暗場物鏡106

中之暗場孔隙108之一數目。例如，情況可係，增加暗場孔隙108之一數目亦可增加製造暗場物鏡106之成本及/或複雜性。藉由另一實例，在集光NA 134內之一暗場孔隙108 (例如，如關於圖1E描述)可必須針對至少相關聯方位角限制量測光132之收集。以此方式，增加暗場孔隙108之一數目可歸因於信號減少而降低量測靈敏度。藉由另一實例，一暗場孔隙108可自身散射光132或以其他方式使光132失真，此可將雜訊引入至一量測。

【0033】 因此，一旋轉物鏡總成104中之一旋轉軸承114可旋轉一暗場物鏡106以將一暗場孔隙108對準至用於照明樣本112之一選定方位角。旋轉軸承114可包含適用於繞一中心光學軸118旋轉一暗場物鏡106之任何組件或任何數目個組件。

【0034】 旋轉軸承114可包含適用於提供一暗場物鏡106之至少一部分之旋轉之任何類型之軸承，諸如(但不限於)一機械軸承(例如，一機械滾珠軸承或類似者)或一非接觸式軸承(例如，一空氣軸承、一磁性軸承或類似者)。在一項實施例中，旋轉軸承114包含一固定部分138及一可旋轉部分140，其中可旋轉部分安裝至暗場物鏡106或與暗場物鏡106整合且固定部分適用於將暗場物鏡106固定於暗場光學系統100內。

【0035】 在一項實施例中，旋轉軸承114經提供為與暗場物鏡106分開之一專屬組件。例如，旋轉軸承114可包含或形成為一旋轉物鏡基座，其中可旋轉部分經組態以接受且固定一暗場物鏡106使得整個暗場物鏡106可經旋轉。此外，旋轉軸承114或其各種組件可具有適用於固定或連接至一暗場物鏡106之任何設計。例如，圖1B繪示其中可旋轉部分140包含具有等於或大於暗場物鏡106之一直徑之一直徑之一內環142及自內環

142延伸之至少一個唇緣144。在此組態中，暗場物鏡106可包含具有等於或小於旋轉軸承114之內環142之一直徑之一下本體146及自下本體146延伸使得暗場物鏡106之一安裝延伸部148可擱置於唇緣144上之安裝延伸部148。圖1B中繪示之內環142進一步包含在內環142之相對端上之兩個唇緣144。以此方式，固定部分138可至少部分延伸至兩個唇緣144之間之一間隙中以提供機械穩定性。暗場物鏡106可使用此項技術中已知之任何技術(包含(但不限於)一或多個固定螺絲或一壓縮環)固定至可旋轉部分140(例如，內環142)。

【0036】 在另一實施例中，旋轉軸承114之至少一部分與暗場物鏡106整合。例如，暗場透鏡106之外殼120或其之一部分可附接至或以其他方式形成一旋轉軸承114之可旋轉部分140。外殼120之一額外部分可接著附接至或以其他方式形成固定部分138。在此組態中，各種驅動組件亦可整合於暗場物鏡106內、耦合至暗場物鏡106或其等之一組合。

【0037】 在另一實施例中，旋轉物鏡總成104包含用於驅動旋轉軸承114之一旋轉驅動器116。例如，旋轉驅動器116可包含(但不限於)用於驅動一機械軸承之一或多個齒輪、用於旋轉磁性軸承之磁性驅動器或類似者。旋轉驅動器116可進一步包含用於控制暗場物鏡106之運動及位置之一或多個致動器、驅動器及/或控制電路。在一般意義上，旋轉一暗場物鏡106之至少一部分以將一暗場孔隙108(例如，一入口孔隙)對準至用於一量測之一選定方位角之任何手段在本發明之精神及範疇內。

【0038】 現參考圖2A及圖2B，根據本發明之一或多項實施例更詳細描述多角度照明子系統102。

【0039】 在一項實施例中，多角度照明子系統102包含經定向以依

一或多個固定方位角(諸如(但不限於) 45度、90度或180度)提供一照明光束128之兩個或更多個固定角度照明通道202。圖2A係根據本發明之一或多項實施例之包含以分開90度之兩個方位角提供照明光束128之兩個照明通道202之一暗場光學系統100之一概念俯視圖。在此組態中，基於沿著X及Y方向之照明之暗場量測可使用包含一單對暗場孔隙108(例如，入口及出口孔隙)之一暗場物鏡106藉由將暗場物鏡106依序旋轉至兩個方位角且以用於一量測之各角度收集量測光132而有效地產生。

【0040】 在另一實施例中，多角度照明子系統102包含用於產生一照明光束128之至少一個照明源204。在一項實施例中，各照明通道202包含一單獨照明源204。在另一實施例中，一照明源204將一照明光束128提供至兩個或更多個照明通道202。

【0041】 照明源204可包含適用於提供至少一個照明光束128之任何類型之照明源。照明光束128可包含光之一或多個選定波長，包含(但不限於)真空紫外輻射(VUV)、深紫外輻射(DUV)、紫外(UV)輻射、可見輻射或紅外(IR)輻射。照明源204可進一步產生包含選定波長之任何範圍之一照明光束128。在另一實施例中，照明源204可包含用於產生具有一可調諧光譜之一照明光束128之一光譜可調諧照明源。

【0042】 在一項實施例中，照明源204係一雷射源。例如，照明源204可包含(但不限於)一或多個窄頻雷射源、一寬頻雷射源、一超連續雷射源、一白光雷射源或類似者。在此方面，照明源204可提供具有高相干性(例如，高空間相干性及/或時間相干性)之一照明光束128。在另一實施例中，照明源204包含一雷射持續電漿(LSP)源。例如，照明源204可包含(但不限於)適用於裝納在藉由一雷射源激發成一電漿狀態時可發射寬頻照

明之一或多個元件之一LSP燈、一LSP燈泡或一LSP腔室。在另一實施例中，照明源204包含一燈源。例如，照明源204可包含(但不限於)一弧光燈、一放電燈、一無電極燈或類似者。在此方面，照明源204可提供具有低相干性(例如，低空間相干性及/或時間相干性)之一照明光束128。

【0043】 照明源204可進一步產生具有任何時間輪廓之一照明光束128。例如，照明源204可產生一連續照明光束128、一脈衝照明光束128或一經調變照明光束128。另外，照明光束128可自照明源204經由自由空間傳播或導引光(例如，一光纖、一光管或類似者)遞送。

【0044】 圖2B係根據本發明之一或多項實施例之包含一可旋轉照明通道202之一多角度照明子系統102之輪廓概念視圖。在一項實施例中，一可旋轉照明通道202包含經對準以引導一照明光束128穿過一暗場孔隙108(例如，一入口孔隙)而無關於暗場物鏡106之方位角之一或多個可旋轉光束遞送光學器件206。例如，可旋轉光束遞送光學器件206或其之一部分可(例如，使用基座208)固定至暗場物鏡106之一旋轉部分。在此組態中，可藉由以下各者以任何選定方位角使用照明執行一暗場量測：將暗場物鏡106及可旋轉光束遞送光學器件206旋轉至選定方位角；以選定方位角將一照明光束128引導至樣本112；及在暗場物鏡106之集光NA 134內收集量測光132。

【0045】 可旋轉光束遞送光學器件206可包含此項技術中已知之適用於以任何選定方位角引導一照明光束128穿過一暗場孔隙108之任何光學元件。此外，可旋轉光束遞送光學器件206可包含或接收來自一照明源204之一照明光束128，該照明源204可相對於暗場物鏡106固定或可連同暗場物鏡106一起旋轉。例如，圖2B繪示包含可接受來自照明源204之一

照明光束128且引導照明光束128穿過一暗場孔隙108之一光纖210及一輸出聚焦器212之可旋轉光束遞送光學器件206之一非限制性組態。

【0046】 然而，應理解，圖2A及圖2B僅係為了闡釋性目的提供且不應解譯為限制性。例如，暗場光學系統100可包含任何數目個專屬照明通道202或任何數目個固定角度照明通道202。此外，雖然圖2B僅繪示照明光束128，但應理解，圖2B中之暗場物鏡106可包含反射照明光束130可傳播穿過其(例如，如圖1B中繪示)之一額外暗場孔隙108。

【0047】 再次參考圖1A及圖1B，根據本發明之一或多項實施例更詳細描述暗場光學系統100之各種額外組件。

【0048】 在一項實施例中，調平子系統152包含適用於至少調整樣本112之角位置(例如，翻轉及傾斜)之一樣本載物台150。以此方式，可在一量測之前調整樣本112之角位置以規定反射照明光束130透過一暗場孔隙108 (例如，一出口孔隙)離開暗場物鏡106。例如，樣本112之頂表面可經彎曲(有意地或無意地)、圖案化或以其他方式自一標稱狀態偏離，使得樣本112可需要在一量測之前經精確地對準以確保反射照明光束130透過一暗場孔隙108離開暗場物鏡106。

【0049】 在一項實施例中，暗場光學系統100包含用於使用一自動化程序檢測且控制樣本112之角位置以規定反射照明光束130透過一暗場孔隙108離開暗場物鏡106之一調平子系統152。例如，調平子系統152可包含用於監測樣本112及/或反射照明光束130之一調平感測器154。

【0050】 在一項實施例中，如圖1B中繪示，調平感測器154包含經定位以接收穿過暗場孔隙108之反射照明光束130之一或多個光學偵測器。例如，調平感測器154可包含用於監測傳播穿過暗場孔隙108之反射

照明光束130之一功率之一功率監測感測器。以此方式，樣本112可經對準以提供穿過暗場孔隙108之一相對最大功率。藉由另一實例，調平感測器154可包含一位置敏感光學偵測器。以此方式，可監測反射照明光束130之位置且可藉由規定反射照明光束130定位於適合位置處而對準樣本112。

【0051】 在另一實施例中，如在圖1B中進一步繪示，調平感測器154可包含一或多個樣本位置感測器，諸如(但不限於)近接或高度感測器。以此方式，調平感測器154可提供樣本112之實體定向之一量測且可藉由將樣本112定向至一水平位置而對準樣本112。

【0052】 應進一步理解，暗場光學系統100可包含任何數目或類型之調平感測器154且上文之實例僅係為了闡釋性目的提供且不應解譯為限制性。

【0053】 在另一實施例中，暗場光學系統100包含通信地耦合至暗場光學系統100之一或多個組件之一控制器156。在另一實施例中，控制器156包含一或多個處理器158。例如，一或多個處理器158可經組態以執行維持於一記憶體裝置160或記憶體中之一組程式指令。一控制器156之一或多個處理器158可包含此項技術中已知之任何處理元件。在此意義上，一或多個處理器158可包含經組態以執行演算法及/或指令之任何微處理器型裝置。

【0054】 一控制器156之一或多個處理器158可包含此項技術中已知之任何處理器或處理元件。為了本發明之目的，術語「處理器」或「處理元件」可被廣泛地定義以涵蓋具有一或多個處理或邏輯元件(例如，一或多個微處理器裝置、一或多個特定應用積體電路(ASIC)裝置、一或多個

場可程式化閘陣列(FPGA)或一或多個數位信號處理器(DSP))之任何裝置。在此意義上，一或多個處理器158可包含經組態以執行演算法及/或指令(例如，儲存於記憶體中之程式指令)之任何裝置。在一項實施例中，一或多個處理器158可體現為一桌上型電腦、主機電腦系統、工作站、影像電腦、平行處理器、網路連結電腦或經組態以執行一程式(其經組態以操作暗場光學系統100或結合暗場光學系統100操作)之任何其他電腦系統，如貫穿本發明所描述。再者，暗場光學系統100之不同子系統可包含適用於實行本發明中描述之步驟之至少一部分之一處理器或邏輯元件。因此，上文描述不應解譯為對本發明之實施例之一限制而僅為一圖解。此外，貫穿本發明描述之步驟可藉由一單一控制器或替代地多個控制器實行。另外，控制器156可包含容置於一共同外殼中或多個外殼內之一或多個控制器。以此方式，任何控制器或控制器之組合可單獨封裝為適用於整合至暗場光學系統100中之一模組。

【0055】 記憶體裝置160可包含此項技術中已知之適用於儲存可由相關聯之一或多個處理器158執行之程式指令之任何儲存媒體。例如，記憶體裝置160可包含一非暫時性記憶體媒體。藉由另一實例，記憶體裝置160可包含(但不限於)一唯讀記憶體(ROM)、一隨機存取記憶體(RAM)、一磁性或光學記憶體裝置(例如，磁碟)、一磁帶、一固態硬碟及類似者。應進一步注意，記憶體裝置160可與一或多個處理器158一起容置於一共同控制器外殼中。在一項實施例中，記憶體裝置160可相對於一或多個處理器158及控制器156之實體位置遠端定位。例如，控制器156之一或多個處理器158可存取可透過一網路(例如，網際網路、內部網路及類似者)存取之一遠端記憶體(例如，伺服器)。

【0056】 控制器156可(例如，透過控制信號)引導或接收來自暗場光學系統100之任何組件之資料。控制器156可進一步經組態以執行貫穿本發明描述之各種程序步驟之任何者。例如，控制器156可引導旋轉物鏡總成104以將暗場物鏡106旋轉至一選定方位角，自一或多個調平感測器154接收資料，引導樣本載物台150以定向樣本112使得反射照明光束130透過一暗場孔隙108離開暗場物鏡106，自偵測器110接收量測資料及/或基於量測資料產生度量衡量測。

【0057】 在一項實施例中，暗場光學系統100包含通信地耦合至控制器156之一使用者介面162。在一項實施例中，使用者介面162可包含(但不限於)一或多個桌上型電腦、膝上型電腦、平板電腦及類似者。在另一實施例中，使用者介面162包含用於將暗場光學系統100之資料顯示給一使用者之一顯示器。使用者介面162之顯示器可包含此項技術中已知之任何顯示器。例如，顯示器可包含(但不限於)一液晶顯示器(LCD)、一基於有機發光二極體(OLED)之顯示器或一CRT顯示器。熟習此項技術者應認知，能夠與一使用者介面162整合之任何顯示裝置適用於本發明中之實施方案。在另一實施例中，一使用者可回應於經由使用者介面162之一使用者輸入裝置顯示給使用者之資料而輸入選擇及/或指令。

【0058】 現參考圖1A及圖1F，本文中審慎考慮，暗場光學系統100可包含或經組態為此項技術中已知之任何類型之光學系統。在一項實施例中，暗場光學系統100係適用於識別及/或特性化一樣本112 (諸如(但不限於)一裸半導體晶圓、包含一或多個膜之一晶圓或一圖案化晶圓)上之缺陷之一檢測系統。在另一實施例中，暗場光學系統100係適用於產生指示樣本112之一或多個態樣(諸如(但不限於)一或多個樣本層上之特徵之間之一

疊對誤差、一膜層之一厚度、一膜層之一組合物或一或多個特徵之一臨界尺寸(CD))之一或多個度量衡量測之一度量衡系統。

【0059】此外，暗場光學系統100可在一成像或非成像模式中操作。例如，在一成像模式中操作之一暗場光學系統100可包含可定位於暗場光學系統100中之任何適合平面處之適用於擷取影像之至少一個偵測器110。例如，定位於一視場平面處之一偵測器110可產生樣本112上之一或多個特徵之一影像。在另一例項中，在一光瞳平面處之一偵測器110可產生代表來自樣本112之量測光132之一角分佈之影像。藉由另一實例，在一非成像模式中操作之一暗場光學系統100可包含一或多個單像素偵測器110。

【0060】圖1G係根據本發明之一或多項實施例之一暗場光學系統100之一概念圖解視圖，其繪示以一單一方位角提供照明之一單一照明源204。

【0061】在一項實施例中，照明源204經由一照明路徑164將照明光束128引導至一樣本112。照明路徑164可包含適用於修改及/或調節照明光束128之一或多個透鏡166或額外照明光學組件168。例如，一或多個照明光學組件168可包含(但不限於)一或多個偏光器、一或多個濾波器、一或多個光束分離器、一或多個漫射器、一或多個均質器、一或多個變跡器、一或多個光束塑形器或一或多個快門(例如，機械快門、電光快門、聲光快門或類似者)。藉由另一實例，一或多個照明光學組件168可包含用於控制樣本112上之照明角之孔徑光闌及/或用於控制樣本112上之照明之空間範圍之場光闌。在一個例項中，照明路徑164包含定位於與暗場物鏡106之後焦平面共軛之一平面處以提供樣本112之遠心照明之一孔徑光闌。

【0062】 在另一實施例中，偵測器110經組態以透過一集光路徑170捕獲量測光132。例如，集光路徑170可包含暗場物鏡106及視情況一或多個額外集光路徑透鏡172。在此方面，一偵測器110可接收自樣本112反射或散射(例如，經由鏡面反射、漫反射及類似者)或藉由樣本112產生(例如，與照明光束128之吸收相關聯之發光或類似者)之輻射。

【0063】 集光路徑170可進一步包含用於引導及/或修改由暗場物鏡106收集之照明之任何數目個集光光學組件174，包含(但不限於)一或多個集光路徑透鏡172、一或多個濾波器、一或多個偏光器或一或多個光束擋塊。另外，集光路徑170可包含用於控制經成像至偵測器110上之樣本112之空間範圍之場光闌或用於控制來自用於在偵測器110上產生一影像之樣本之照明之角範圍之孔徑光闌。在另一實施例中，集光路徑170包含定位於與一光學元件(暗場物鏡106)之後焦平面共軛之一平面中以提供樣本之遠心成像之一孔徑光闌。

【0064】 偵測器110可包含此項技術中已知之適用於量測自樣本112接收之照明之任何類型之光學偵測器。例如，一偵測器110可包含適用於(例如，在一靜態操作模式中)產生一靜態樣本112之一或多個影像之一感測器，諸如(但不限於)一電荷耦合裝置(CCD)、一互補金屬氧化物半導體(CMOS)感測器、一光電倍增管(PMT)陣列或一突崩光電二極體(APD)陣列。此外，偵測器110可包含每像素具有兩個或更多個分接頭之一多分接頭感測器，包含(但不限於)一多分接頭CMOS感測器。在此方面，一多分接頭像素中之電荷可在一曝光窗期間基於至像素之一或多個驅動信號而引導至任何選定分接頭。因此，在一單一讀出階段期間，包含一多分接頭像素陣列之一多分接頭感測器可產生多個影像，各影像與相關聯像素之不同

分接頭相關聯。此外，為了本發明之目的，一多分接頭感測器之一分接頭可係指連接至相關聯像素之一輸出分接頭。在此方面，(例如，在一讀出階段中)讀出一多分接頭感測器之各分接頭可產生一單獨影像。

【0065】 藉由另一實例，偵測器110可包含適用於產生在運動中之一樣本112之一或多個影像之一感測器(例如，一掃描操作模式)。例如，偵測器110可包含一線感測器，該線感測器包含一系列像素。在此方面，暗場光學系統100可藉由使樣本112在垂直於像素列之一掃描方向上平移通過一量測視場且在一連續曝光窗期間對線感測器連續地計時而一次一系列地產生一連續影像(例如，一條帶影像)。

【0066】 在另一例項中，偵測器110可包含一TDI感測器，該TDI感測器包含多個像素列及一讀出列。TDI感測器可以與線感測器類似之一方式操作，惟時脈信號可將電荷自一個像素列連續地移動至下一像素列直至電荷到達讀出列(其中產生一系列影像)除外。藉由將電荷轉移(例如，基於時脈信號)與樣本沿著掃描方向之運動同步，電荷可繼續跨像素列累積以提供相較於線感測器相對更高之一信雜比。

【0067】 在另一實施例中，偵測器110包含適用於識別自樣本112發出之輻射之波長之一光譜偵測器。在另一實施例中，暗場光學系統100可包含多個偵測器110。

【0068】 現參考圖3，圖3係繪示根據本發明之一或多項實施例之在一暗場量測方法300中執行之步驟之一流程圖。申請者應注意，本文中在暗場光學系統100之背景內容中先前描述之實施例及實現技術應解譯為延伸至方法300。然而，應進一步注意，方法300不限於暗場光學系統100之架構。

【0069】 在一項實施例中，方法300包含將一樣本對準至一暗場物鏡之一光學軸之一步驟302，其中暗場物鏡包含相對於光學軸成對稱相對方位角之一入口孔隙及一出口孔隙。例如，步驟302可包含對準樣本使得樣本之一頂表面在暗場物鏡之一工作距離之一位置處且法向於光學軸。在另一實施例中，方法300包含旋轉物鏡以沿著用於一量測之一選定方位角對準入口孔隙之一步驟304。暗場物鏡可藉由此項技術中已知之任何技術(諸如(但不限於)如相對於暗場光學系統100揭示之一旋轉軸承114)旋轉。在另一實施例中，方法300包含使用以選定方位角穿過入口孔隙之一照明光束照明樣本之一步驟306，其中照明光束由樣本反射之一部分透過出口孔隙離開物鏡作為一反射照明光束。以此方式，反射照明光束可離開暗場物鏡而不與物鏡之任何組件相互作用。本文中審慎考慮，此技術可消除或至少緩解反射照明光束之非所要散射，此可促進高度靈敏暗場量測。此外，可重複步驟306以提供以任何數目個選定方位角之量測。在另一實施例中，方法300包含在可(但不需要)在光學軸上居中之物鏡之一集光數值孔徑內自樣本收集量測光之一步驟308。在另一實施例中，方法300包含基於量測光產生與樣本相關聯之一或多個量測之一步驟310。例如，量測可包含(但不限於)缺陷檢測或度量衡量測。

【0070】 本文中描述之標的物有時繪示其他組件內含有或與其他組件連接之不同組件。應理解，此等所描繪之架構僅僅係例示性，且事實上可實施達成相同功能性之許多其他架構。在一概念意義上，用於達成相同功能性之組件之任何配置有效「相關聯」使得達成所要功能性。因此，在本文中組合以達成一特定功能性之任何兩個組件可被視為彼此「相關聯」使得達成所要功能性而不考慮架構或中間組件。同樣地，如此相關聯之任

何兩個組件亦可被視為彼此「連接」或「耦合」以達成所要功能性，且能夠如此相關聯之任何兩個組件亦可被視為彼此「可耦合」以達成所要功能性。可耦合之特定實例包含(但不限於)可實體互動及/或實體互動組件及/或可無線互動及/或無線互動組件及/或可邏輯互動及/或邏輯互動組件。

【0071】 據信本發明及許多其伴隨優點將藉由前述描述理解，且將明白，可對組件之形式、構造及配置做出多種改變而不脫離所揭示之標的物或不犧牲全部其材料優點。所描述之形式僅僅係解釋性，且以下發明申請專利範圍之意圖係涵蓋且包含此等改變。此外，應理解，本發明由隨附發明申請專利範圍界定。

【符號說明】

【0072】

100: 暗場光學系統

102: 多角度照明子系統

104: 旋轉物鏡總成

106: 暗場物鏡

108: 暗場孔隙

110: 偵測器

112: 樣本

114: 旋轉軸承

116: 旋轉驅動器

118: 光學軸

120: 外殼

122: 暗場照明路徑

- 124: 選定極角
- 126: 量測端
- 128: 照明光束
- 130: 反射照明光束
- 132: 量測光
- 134: 集光數值孔徑(NA)
- 136: 透鏡元件
- 138: 固定部分
- 140: 可旋轉部分
- 142: 內環
- 144: 唇緣
- 146: 下本體
- 148: 安裝延伸部
- 150: 樣本載物台
- 152: 調平子系統
- 154: 調平感測器
- 156: 控制器
- 158: 處理器
- 160: 記憶體裝置
- 162: 使用者介面
- 164: 照明路徑
- 166: 透鏡
- 168: 照明光學組件

- 170: 集光路徑
- 172: 集光路徑透鏡
- 174: 集光光學組件
- 202: 固定角度照明通道/可旋轉照明通道
- 204: 照明源
- 206: 可旋轉光束遞送光學器件
- 208: 基座
- 210: 光纖
- 212: 輸出聚焦器
- 300: 暗場量測方法
- 302: 步驟
- 304: 步驟
- 306: 步驟
- 308: 步驟
- 310: 步驟

【發明申請專利範圍】

【請求項1】

一種暗場光學系統，其包括：

一照明源，其提供一照明光束；

一旋轉物鏡總成，其包括：

一暗場物鏡，其經組態以在一集光數值孔徑內自一樣本收集量測光，其中該暗場物鏡包含相對於該暗場物鏡之一光學軸成對稱相對方位角之一入口孔隙及一出口孔隙；

一旋轉軸承，其容許包含該入口孔隙及該出口孔隙之該暗場物鏡之至少一部分繞該光學軸之旋轉；及

一旋轉驅動器，其控制該入口孔隙之一旋轉角度；

一多角度照明子系統，其經組態以使用以兩個或更多個照明方位角之任何者穿過該入口孔隙之該照明光束照明該樣本，其中該照明光束由該樣本反射之一部分透過該出口孔隙離開該暗場物鏡作為一反射照明光束，其中該照明光束在該樣本上之一方位角可藉由使用該旋轉物鏡總成將該暗場物鏡之該至少一部分旋轉至該兩個或更多個照明方位角之任何者而選擇；及

一集光子系統，其經組態以將該量測光之至少一部分自該暗場物鏡引導至一或多個偵測器。

【請求項2】

如請求項1之暗場光學系統，其中該入口孔隙提供以在該集光數值孔徑內之一極角至該樣本之一暗場照明路徑。

【請求項3】

如請求項2之暗場光學系統，其中該入口孔隙延伸穿過該暗場物鏡之一外殼之一部分及該暗場物鏡之至少一個透鏡元件。

【請求項4】

如請求項1之暗場光學系統，其中該入口孔隙提供以在該集光數值孔徑之外之一極角至該樣本之一暗場照明路徑。

【請求項5】

如請求項4之暗場光學系統，其中該入口孔隙延伸穿過該暗場物鏡之一外殼之一部分。

【請求項6】

如請求項1之暗場光學系統，其中該量測光包括：

來自該樣本之散射及繞射光之至少一者。

【請求項7】

如請求項1之暗場光學系統，其中該多角度照明子系統包括：

相對於該光學軸成兩個或更多個固定方位角之兩個或更多個照明通道，其中該旋轉驅動器經組態以選擇性地旋轉該暗場物鏡之該至少一部分以將該入口孔隙對準至用於使用該兩個或更多個照明通道進行量測之該兩個或更多個固定方位角之任何者。

【請求項8】

如請求項1之暗場光學系統，其中該多角度照明子系統包括：

與該入口孔隙對準之一或多個可旋轉光束遞送光學器件，其中該一或多個可旋轉光束遞送光學器件與該暗場物鏡之該至少一部分一起旋轉。

【請求項9】

如請求項8之暗場光學系統，其中該一或多個可旋轉光束遞送光學器件包括：

一光纖，其與該入口孔隙對準。

【請求項10】

如請求項1之暗場光學系統，其進一步包括：

一控制器，其通信地耦合至該一或多個偵測器，該控制器包含經組態以執行程式指令之一或多個處理器，該等程式指令引起該一或多個處理器：

自該一或多個偵測器接收量測資料；及

基於該量測資料產生與該樣本相關聯之一或多個量測。

【請求項11】

如請求項10之暗場光學系統，其進一步包括：

一樣本載物台，其用於調整該樣本之一角位置。

【請求項12】

如請求項11之暗場光學系統，其進一步包括：

一調平感測器，其提供指示該樣本相對於該光學軸之一角位置之一量測，其中該控制器經組態以基於來自該調平感測器之該量測調整該量測期間該樣本載物台之一位置以規定該照明光束由該樣本反射之該部分離開該出口孔隙。

【請求項13】

如請求項12之暗場光學系統，其中該調平感測器包括：

一樣本位置感測器，其提供該樣本之一角位置之一量測。

【請求項14】

如請求項12之暗場光學系統，其中該調平感測器包括：

一或多個光學偵測器，其經定位以接收該反射照明光束。

【請求項15】

如請求項1之暗場光學系統，其中該暗場物鏡包含以對稱方位角定向之一額外入口孔隙及一額外出口孔隙，其中該多角度照明子系統進一步經組態以透過該額外入口孔隙照明該樣本。

【請求項16】

如請求項1之暗場光學系統，其中該旋轉軸承包括：

一滾珠軸承、一空氣軸承及一磁性軸承之至少一者。

【請求項17】

如請求項1之暗場光學系統，其中該旋轉軸承包括：

一可旋轉部分及一固定部分。

【請求項18】

如請求項17之暗場光學系統，其中該暗場物鏡固定至該可旋轉部分。

【請求項19】

如請求項17之暗場光學系統，其中該旋轉軸承之至少一部分與該暗場物鏡整合，其中該暗場物鏡之一外殼之一第一部分包含該可旋轉部分，其中該暗場物鏡之該外殼之一第二部分包含該固定部分。

【請求項20】

如請求項1之暗場光學系統，其中該入口孔隙及該出口孔隙之至少一者包括：

一孔。

【請求項21】

如請求項1之暗場光學系統，其中該入口孔隙及該出口孔隙之至少一者包括：

一缺口，其延伸至該暗場物鏡之面向該樣本之一端。

【請求項22】

一種旋轉物鏡總成，其包括：

一暗場物鏡，其經組態以在一集光數值孔徑內自一樣本收集量測光，其中該暗場物鏡包含相對於該暗場物鏡之一光學軸成對稱相對方位角之一入口孔隙及一出口孔隙，其中該暗場物鏡經組態以接受穿過該入口孔隙之一照明光束，其中該照明光束由該樣本反射之一部分透過該出口孔隙離開該暗場物鏡作為一反射照明光束；

一旋轉軸承，其容許包含該入口孔隙及該出口孔隙之該暗場物鏡之至少一部分繞該光學軸之旋轉；及

一旋轉驅動器，其控制該入口孔隙之一旋轉角度，其中該照明光束在該樣本上之一方位角可藉由使用該旋轉物鏡總成將該暗場物鏡之該至少一部分旋轉至一選定旋轉角度而選擇。

【請求項23】

如請求項22之旋轉物鏡總成，其中該入口孔隙提供以在該集光數值孔徑內之一極角至該樣本之一暗場照明路徑。

【請求項24】

如請求項23之旋轉物鏡總成，其中該入口孔隙延伸穿過該暗場物鏡之一外殼之一部分及該暗場物鏡之至少一個透鏡元件。

【請求項25】

如請求項22之旋轉物鏡總成，其中該入口孔隙提供以在該集光數值孔徑之外之一極角至該樣本之一暗場照明路徑。

【請求項26】

如請求項25之旋轉物鏡總成，其中該入口孔隙延伸穿過該暗場物鏡之一外殼之一部分。

【請求項27】

如請求項22之旋轉物鏡總成，其中該量測光包括：

來自該樣本之散射及繞射光之至少一者。

【請求項28】

如請求項22之旋轉物鏡總成，其中該旋轉驅動器經組態以將該暗場物鏡之該至少一部分旋轉至任何旋轉角度。

【請求項29】

如請求項22之旋轉物鏡總成，其中該等旋轉角度之一範圍係180度。

【請求項30】

如請求項22之旋轉物鏡總成，其中該等旋轉角度之一範圍係90度。

【請求項31】

如請求項22之旋轉物鏡總成，其中該旋轉軸承包括：

一滾珠軸承、一空氣軸承及一磁性軸承之至少一者。

【請求項32】

如請求項22之旋轉物鏡總成，其中該旋轉軸承包括：

一可旋轉部分及一固定部分。

【請求項33】

如請求項32之旋轉物鏡總成，其中該暗場物鏡固定至該可旋轉部

分。

【請求項34】

如請求項32之旋轉物鏡總成，其中該旋轉軸承之至少一部分與該暗場物鏡整合，其中該暗場物鏡之一外殼之一第一部分包含該可旋轉部分，其中該暗場物鏡之該外殼之一第二部分包含該固定部分。

【請求項35】

如請求項22之旋轉物鏡總成，其中該入口孔隙及該出口孔隙之至少一者包括：

一孔。

【請求項36】

如請求項22之旋轉物鏡總成，其中該入口孔隙及該出口孔隙之至少一者包括：

一缺口，其延伸至該暗場物鏡之面向該樣本之一端。

【請求項37】

一種暗場量測方法，其包括：

將一樣本對準至一旋轉物鏡總成之一暗場物鏡之一光學軸，其中該暗場物鏡包含相對於該暗場物鏡之該光學軸成對稱相對方位角之一入口孔隙及一出口孔隙；

使用該旋轉物鏡總成之一旋轉軸承及一旋轉驅動器旋轉該暗場物鏡以沿著用於一量測之一選定方位角對準該入口孔隙；

使用一多角度照明子系統並使用以該選定方位角穿過該入口孔隙之一照明光束照明該樣本，其中該照明光束由該樣本反射之一部分透過該出口孔隙離開該暗場物鏡作為一反射照明光束；

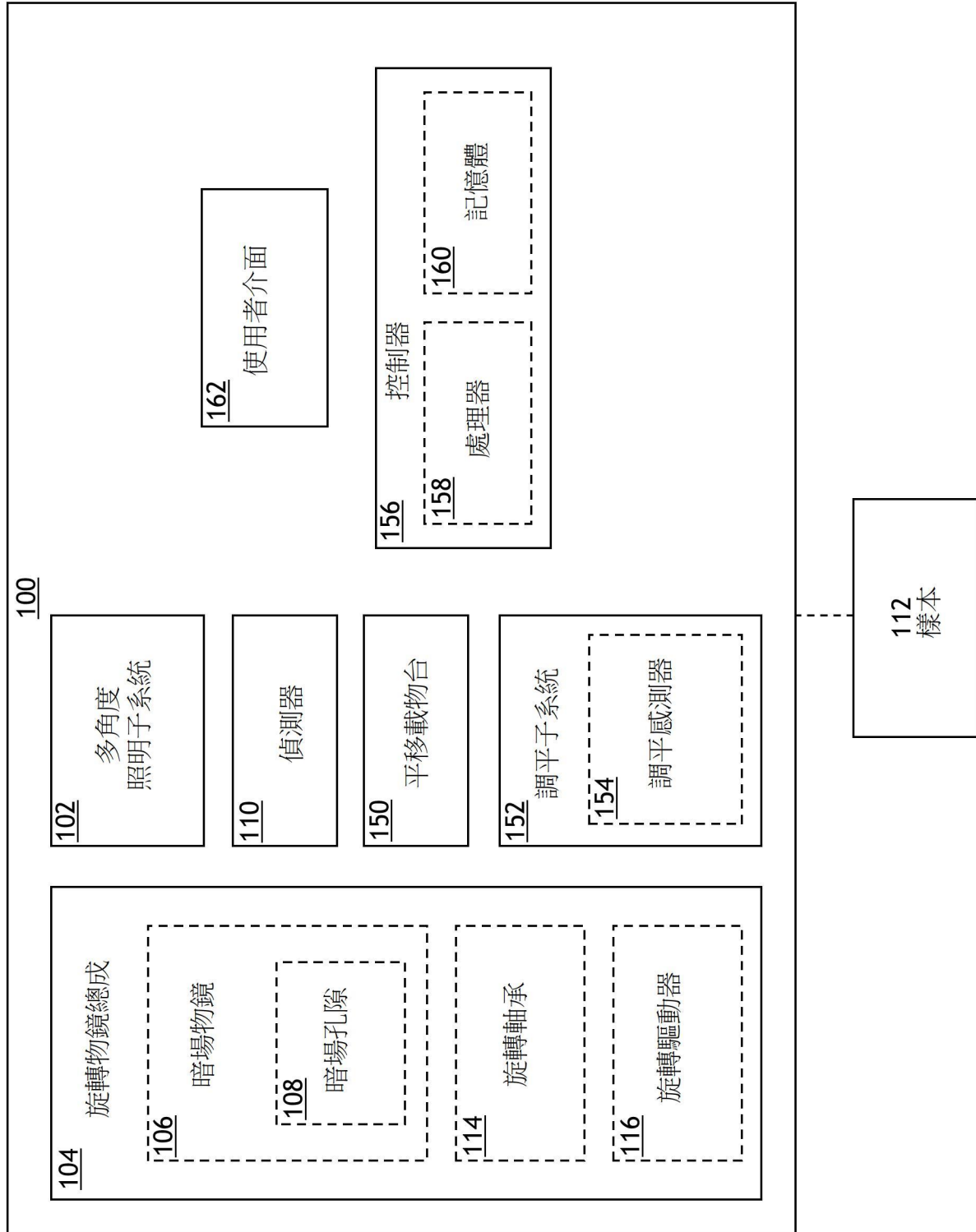
在該暗場物鏡之一集光數值孔徑內自該樣本收集量測光；及
基於該量測光產生與該樣本相關聯之一或多個量測。

【請求項38】

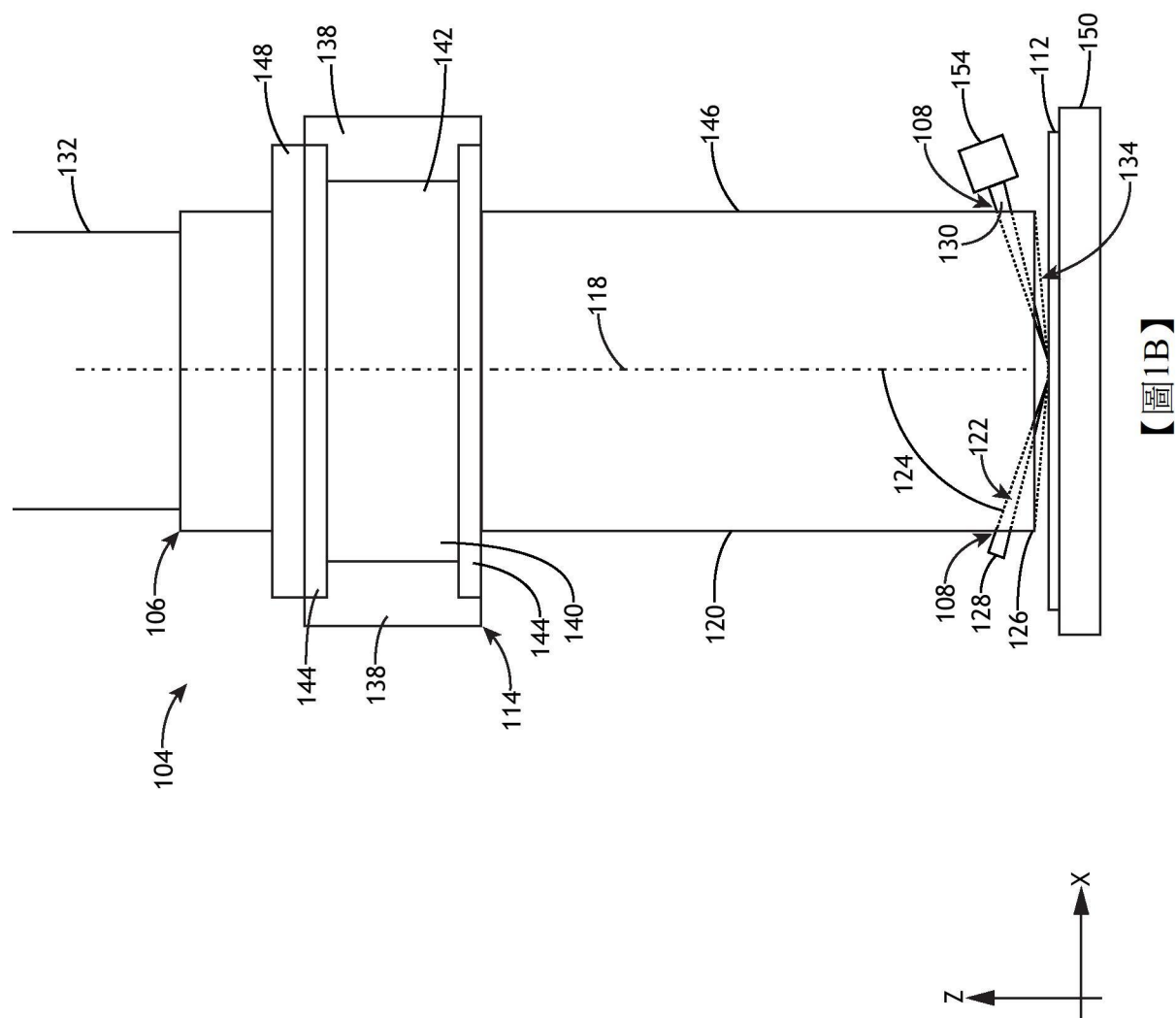
如請求項37之暗場量測方法，其中將該樣本對準至該暗場物鏡之該
光學軸包括：

調平該樣本以規定該反射照明光束透過該出口孔隙離開該暗場物
鏡。

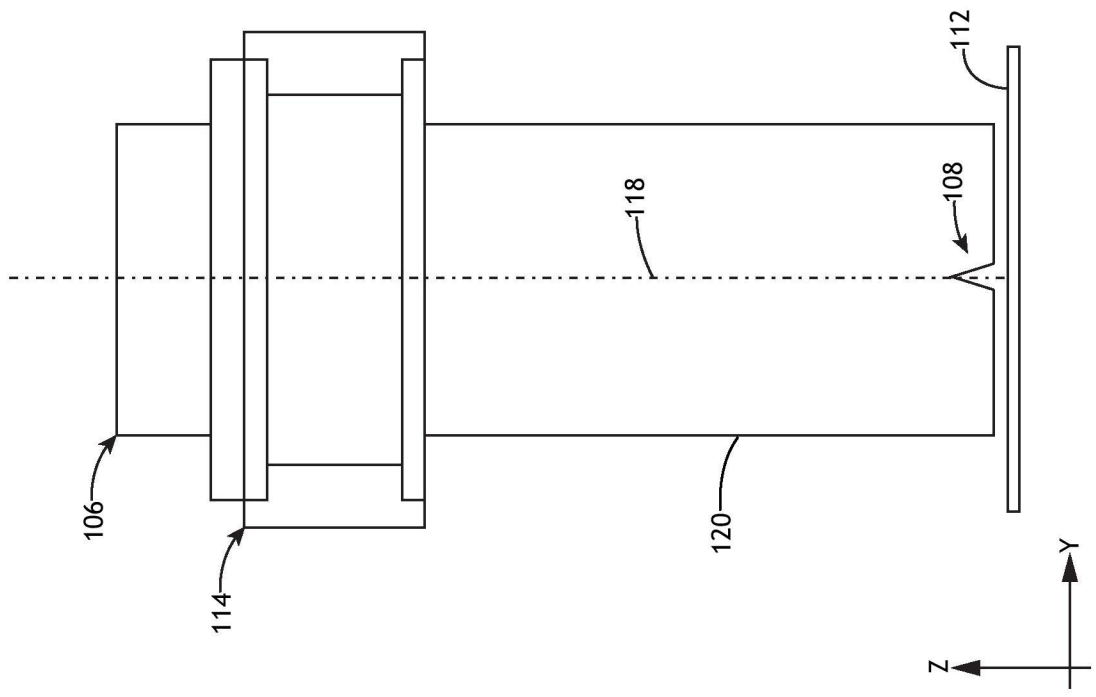
【發明圖式】



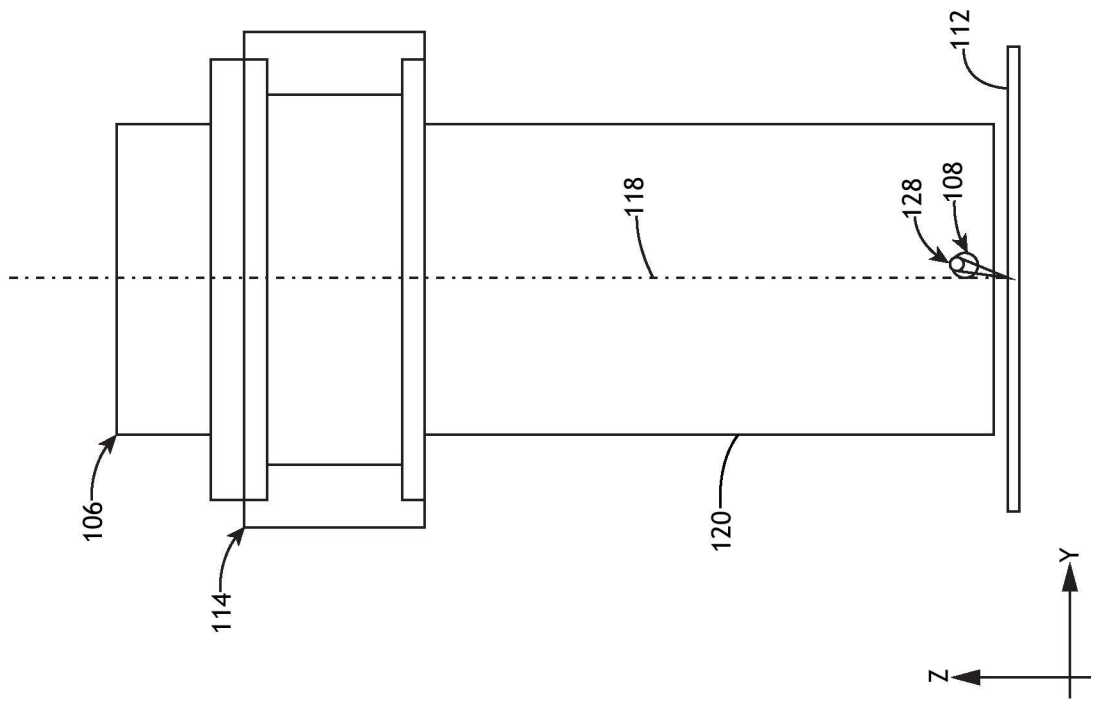
【圖1A】



【圖1B】

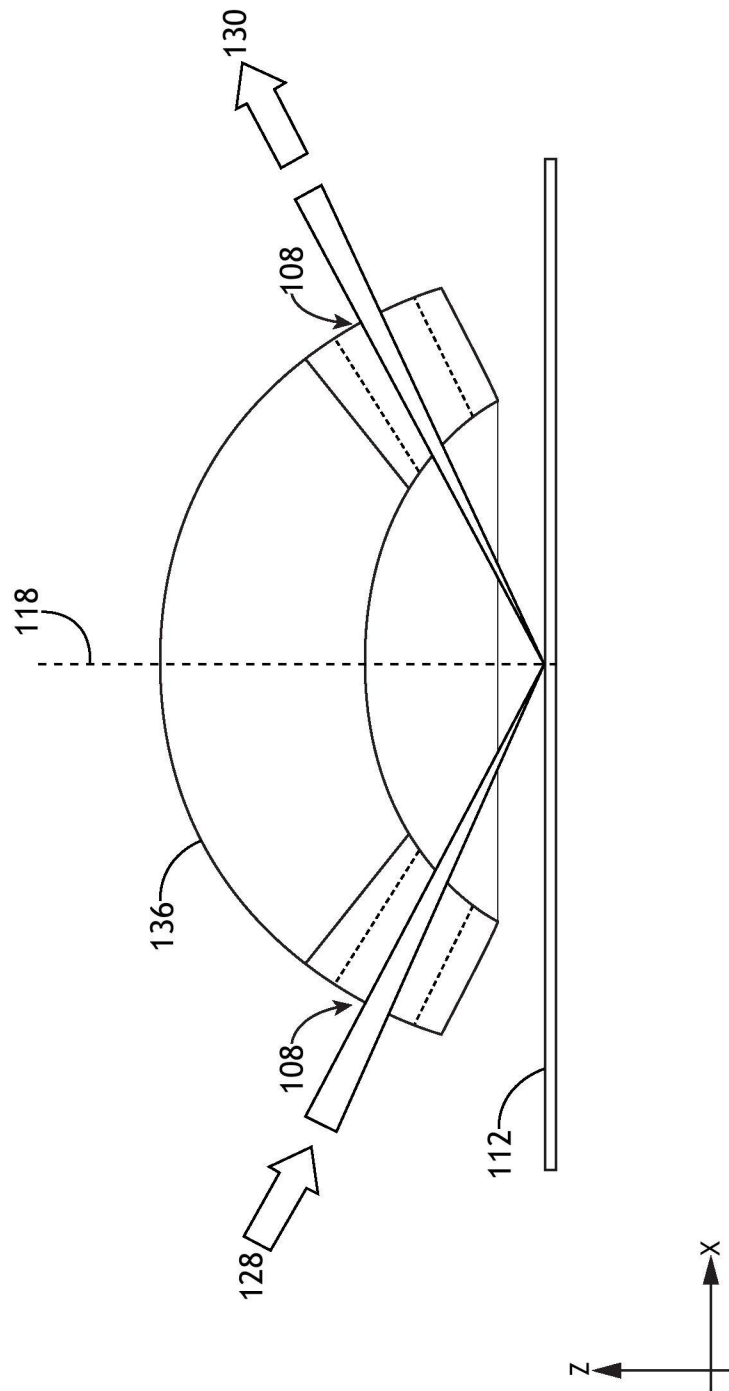


【圖1D】

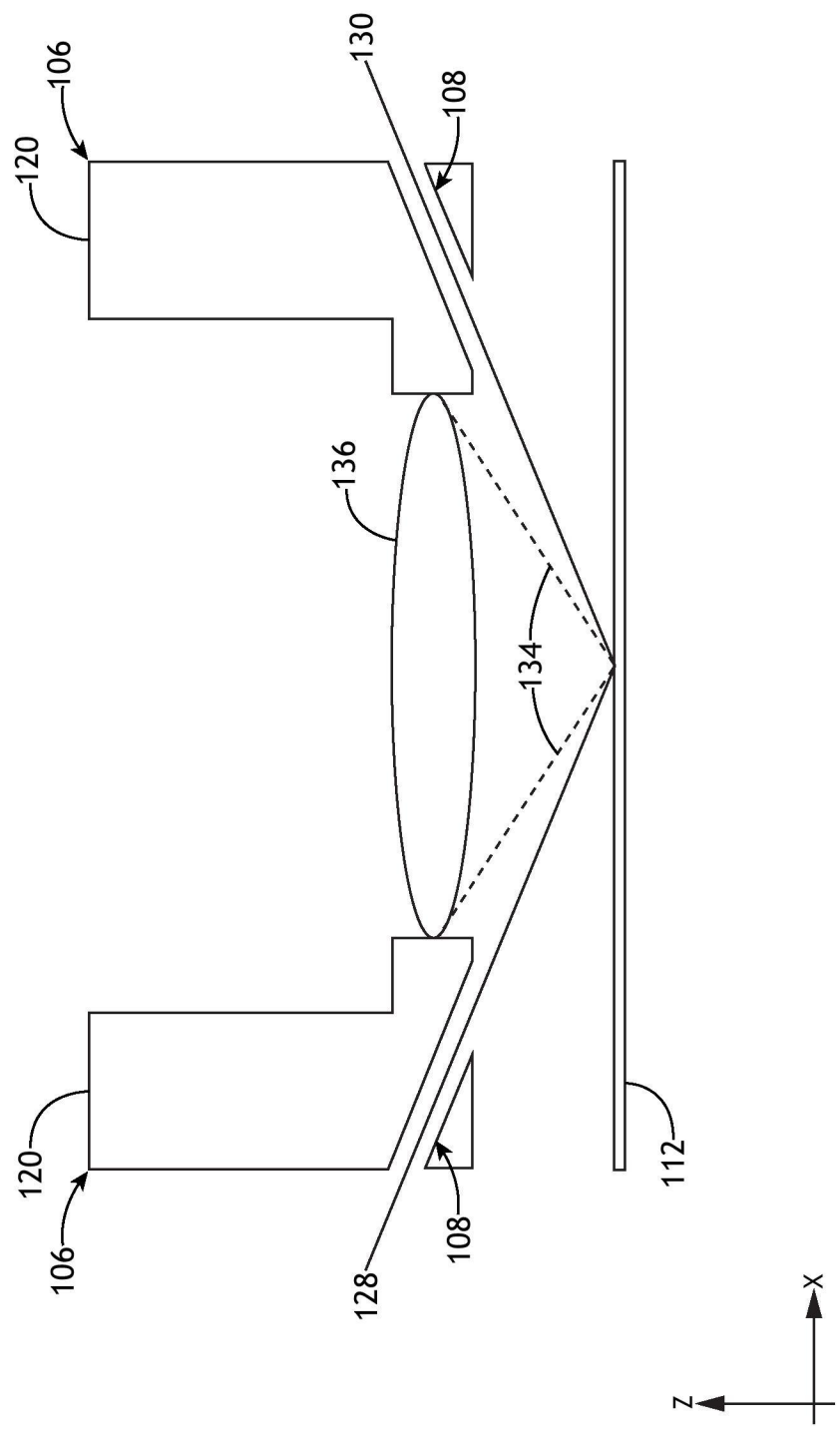


【圖1C】

106

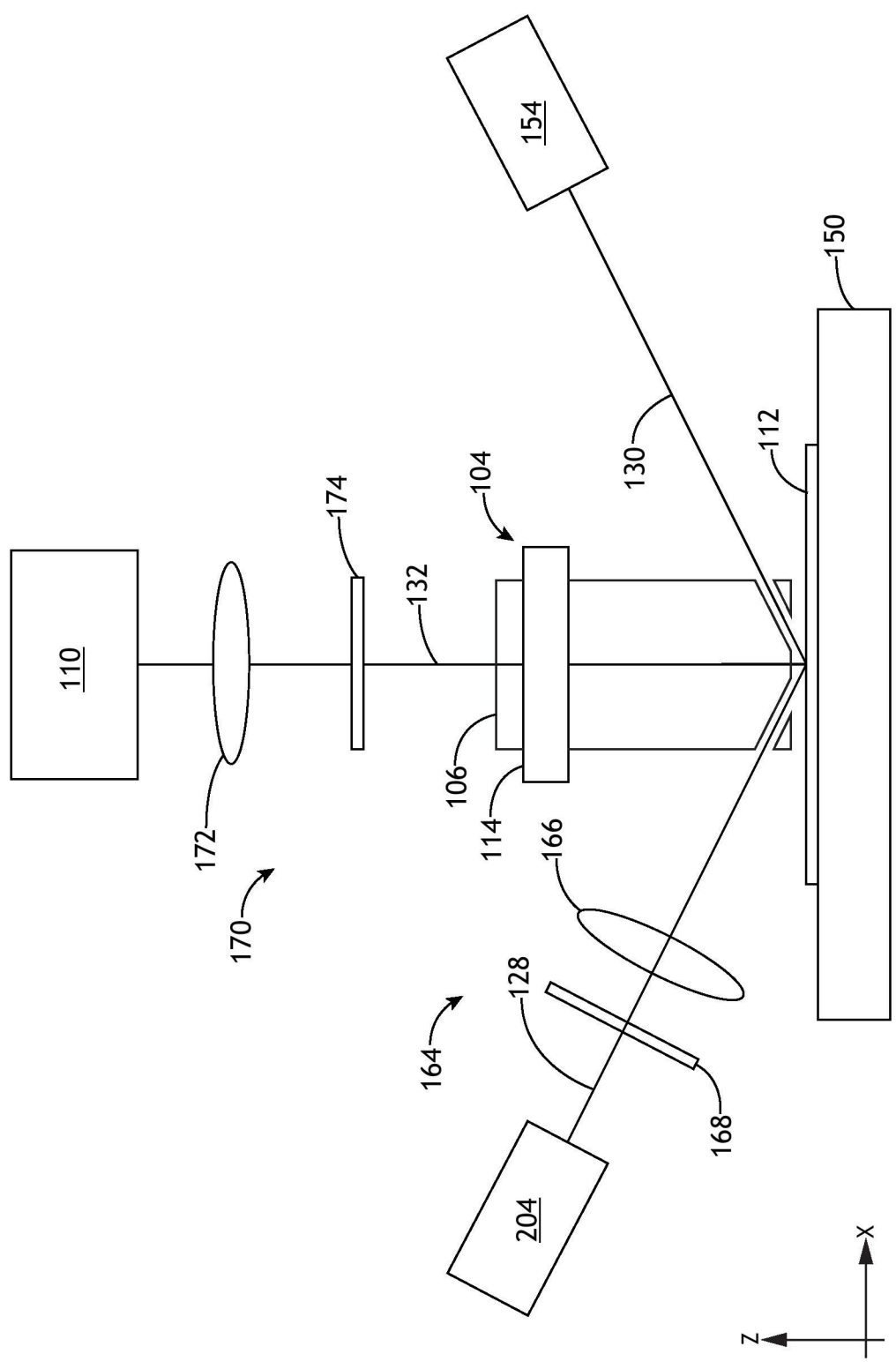


【圖1E】

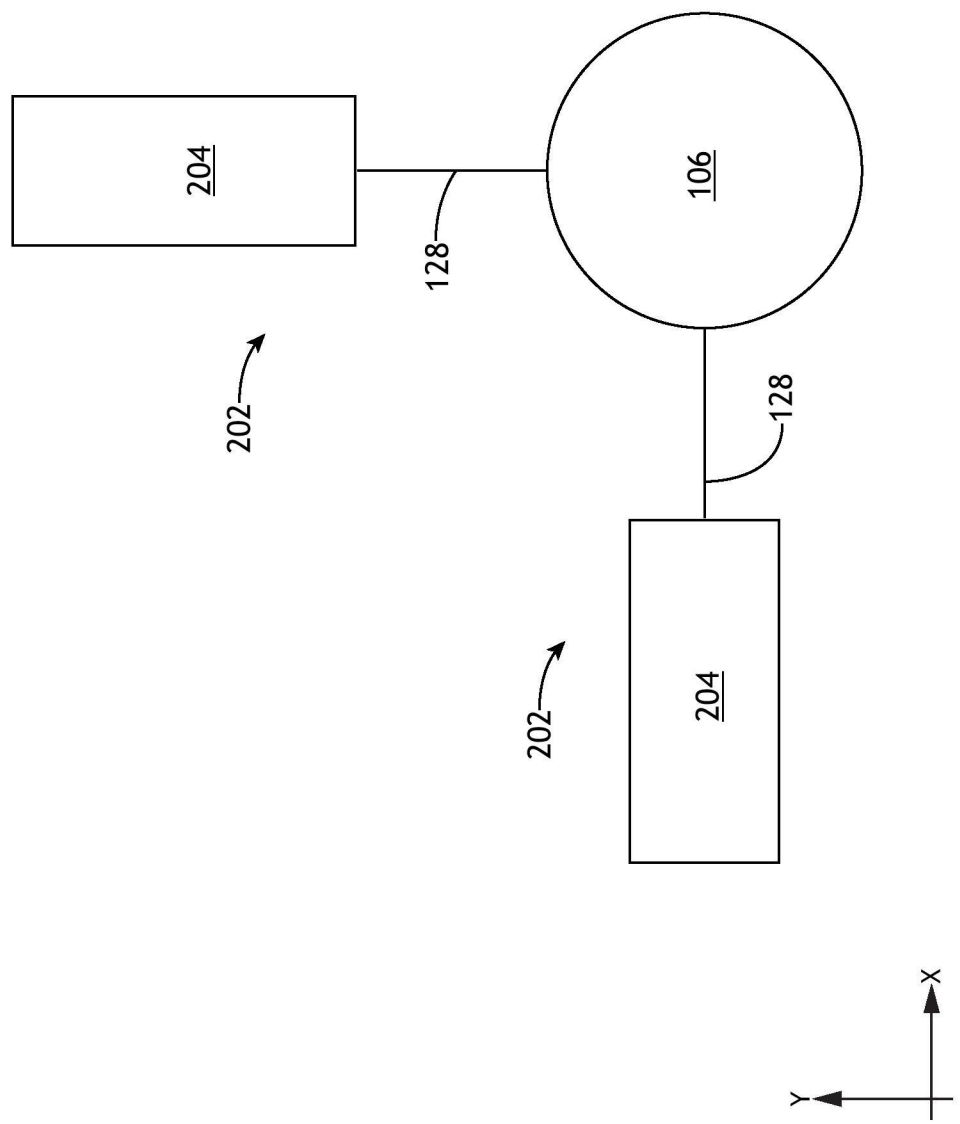


【圖1F】

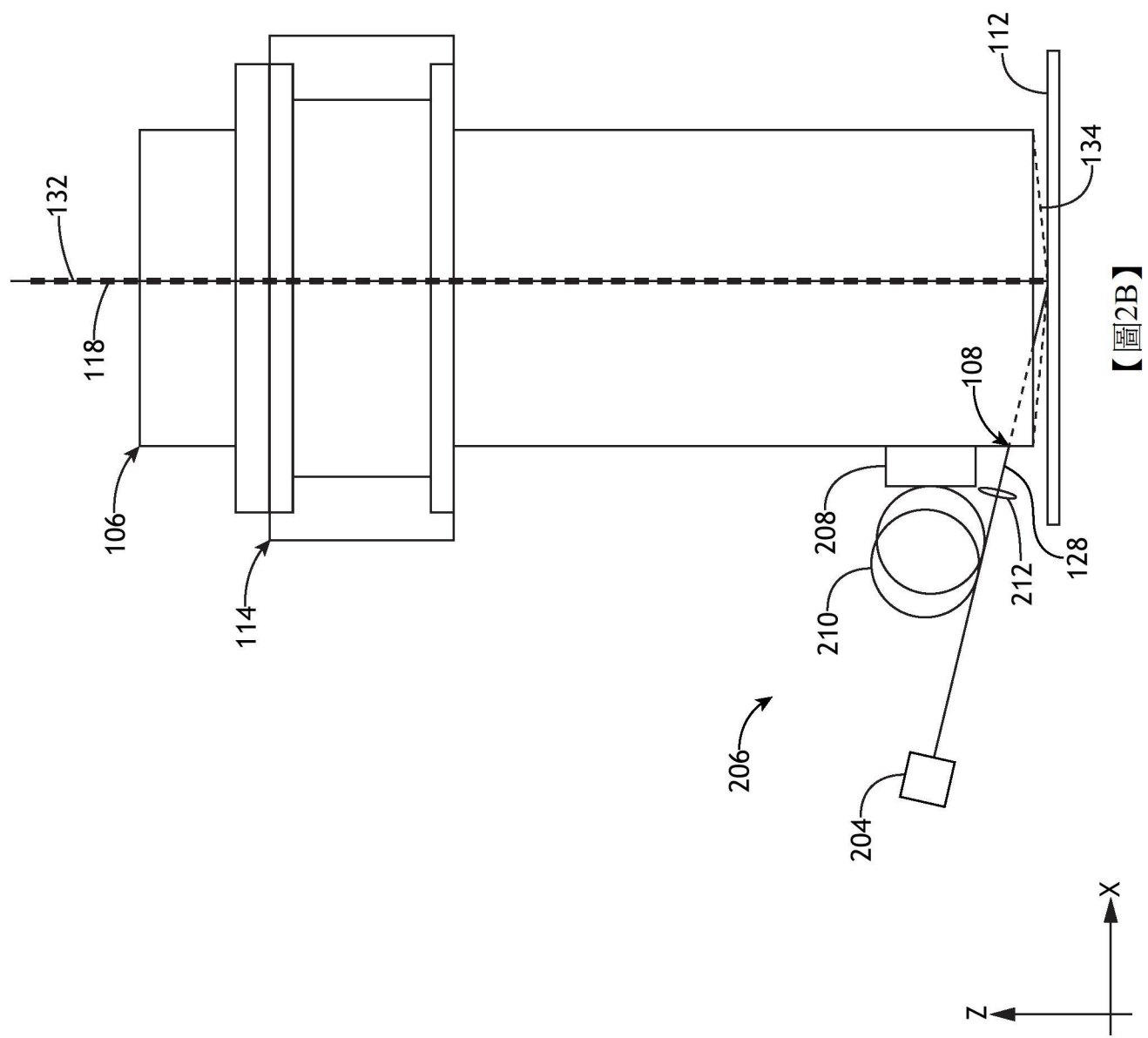
100



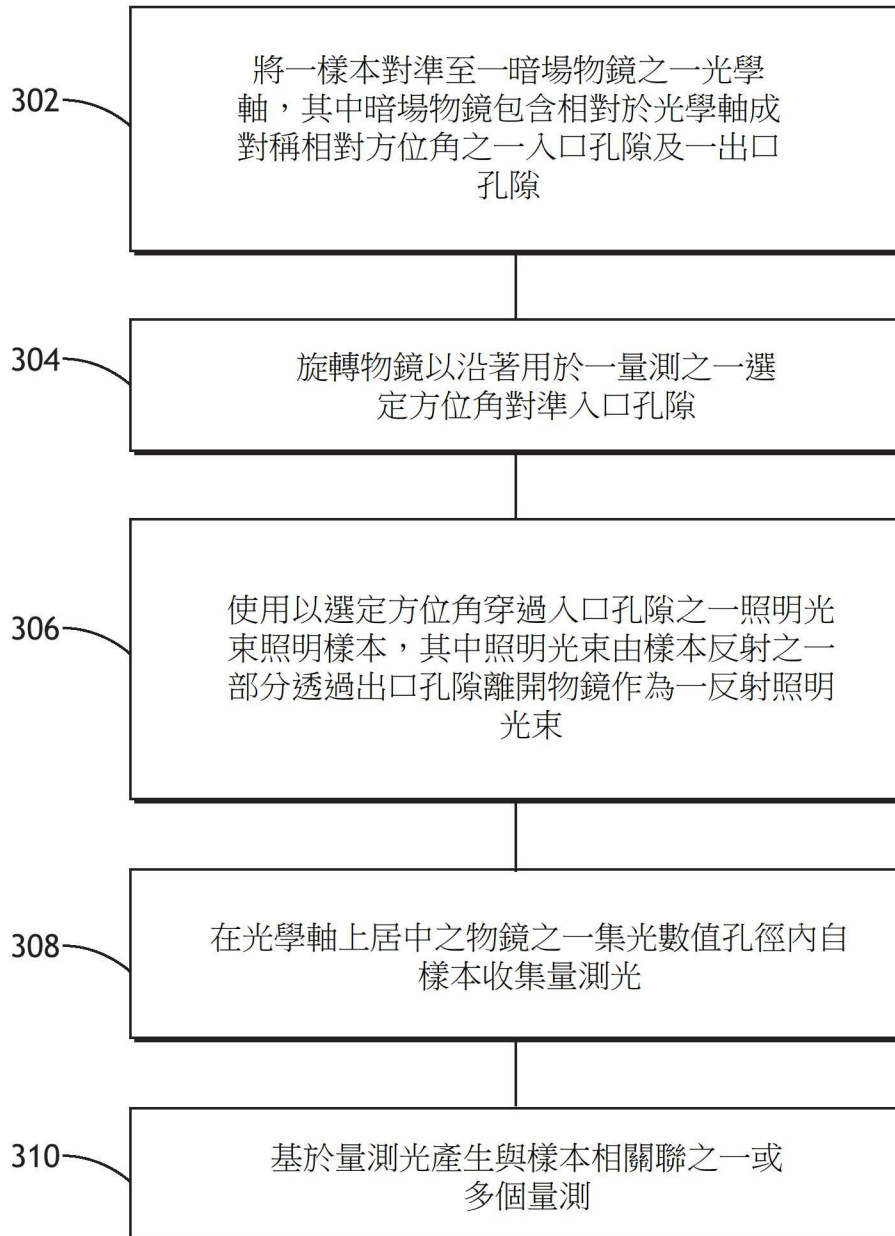
【圖1G】



【圖2A】



【圖2B】

300

【圖3】