



(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 I656409 B

(45)公告日：中華民國 108 (2019) 年 04 月 11 日

(21)申請案號：104144070

(22)申請日：中華民國 104 (2015) 年 12 月 28 日

(51)Int. Cl. : G03F7/20 (2006.01)

G01B11/00 (2006.01)

(30)優先權：2015/09/09 美國

62/215,895

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

(72)發明人：朗維司基 維拉得摩 LEVINSKI, VLADIMIR (IL)；帕斯卡維爾 尤瑞 PASKOVER, YURI (IL)；路巴希福斯基 尤法 LUBASHEVSKY, YUVAL (IL)；馬那森 阿農 MANASSEN, AMNON (IL)

(74)代理人：陳長文

(56)參考文獻：

US 9753379B2

US 2006/0033921A1

US 2007/0002336A1

US 2011/0292365A1

US 2015/0204664A1

審查人員：李科

申請專利範圍項數：23 項 圖式數：5 共 31 頁

(54)名稱

基於輔助電磁場之引入之一階散射測量疊加之新方法

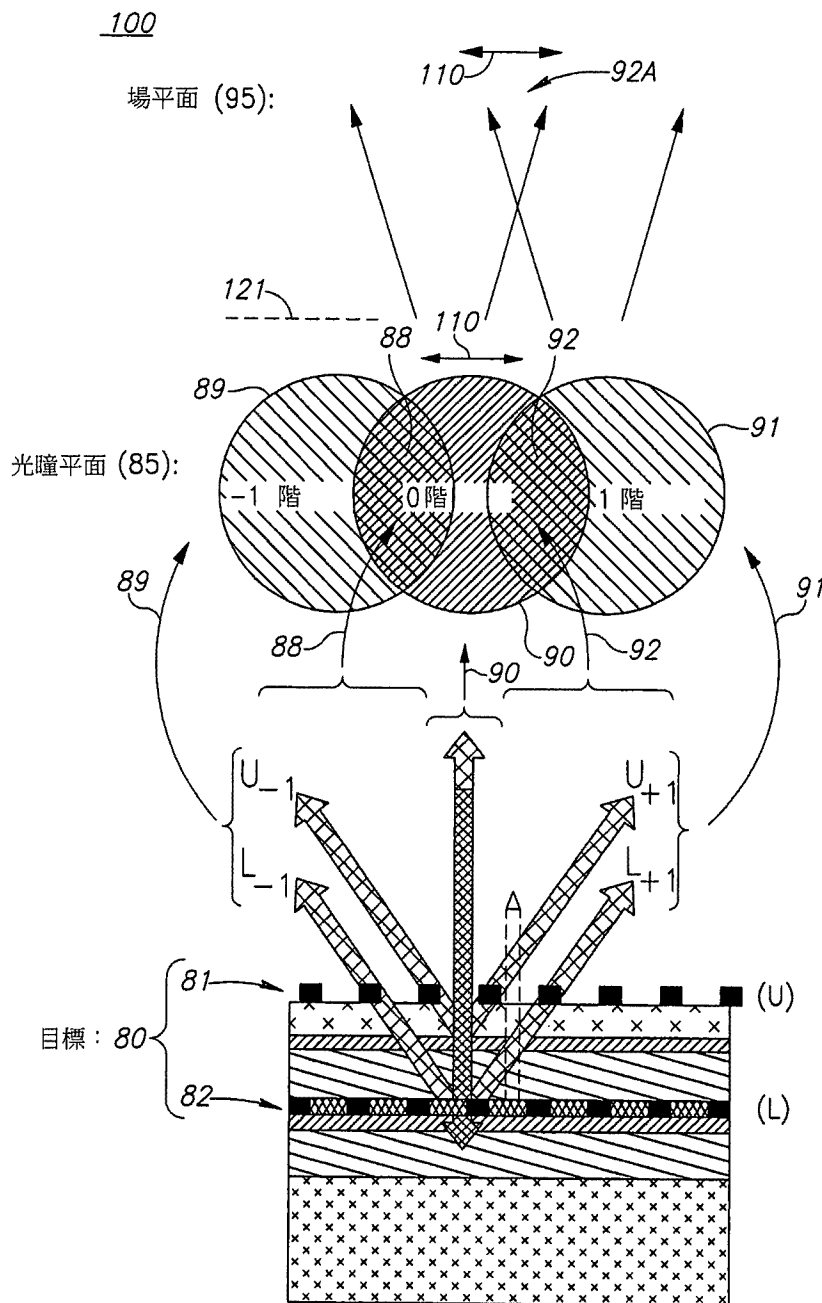
NEW APPROACHES IN FIRST ORDER SCATTEROMETRY OVERLAY BASED ON
INTRODUCTION OF AUXILIARY ELECTROMAGNETIC FIELDS

(57)摘要

本發明提供計量量測方法及工具，其藉由一固定的照明源照明一固定的繞射目標；量測由一零階繞射信號及一一階繞射信號之一總和組成之一信號；維持該繞射目標及該照明源固定的同時，針對該零階繞射信號與該一階繞射信號之間的複數個關係重複該量測；及自該等量測總和導出該一階繞射信號。照明可係同調的且可在光瞳平面中量測，或照明可係不同調的且可在場平面中量測，在任一情況下，量測該零繞射階與該一繞射階之部分疊加。照明可係環形且該繞射目標可係帶有具有不同節距以分離該等疊加區域之週期性結構之一個一單元 SCOL 目標。

Metrology measurement methods and tools are provided, which illuminate a stationary diffractive target by a stationary illumination source, measure a signal composed of a sum of a zeroth order diffraction signal and a first order diffraction signal, repeat the measuring for a plurality of relations between the zeroth and the first diffraction signals, while maintaining the diffractive target and the illumination source stationary, and derive the first order diffraction signal from the measured sums. Illumination may be coherent and measurements may be in the pupil plane, or illumination may be incoherent and measurements may be in the field plane, in either case, partial overlapping of the zeroth and the first diffraction orders are measured. Illumination may be annular and the diffractive target may be a one cell SCOL target with periodic structures having different pitches to separate the overlap regions.

指定代表圖：



符號簡單說明：

80 · · · 繞射目標/疊
加目標/目標

81 · · · 光柵/週期性
結構/上部光柵/上部週
期性結構

82 · · · 光柵/週期性
結構/底部光柵/下部週
期性結構

85 · · · 光瞳平面/集
光光瞳

88 · · · 區域

89 . . . -1 一階繞射
信號/-1 繞射階/-一階繞
射信號

90 · · · 零階繞射信號

91 · · · +1 一階繞射
信號/一階繞射信號/
繞射階

92 · · · 區域

92A . . . 區域

95 . . . 場平面

100 · · · 計量工具/
系統/工具

110 · · · 相位扫描

121 · · · 光罩

L . . . 光柵/下部週
期性結構

$L_{-1} \cdots$ 繞射信號

$L_{+1} \cdots$ 繞射信號

U . . . 光柵/上部週
期性結構

U₋₁ . . . 繞射信號

U₊₁ . . . 繞射信號

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】

基於輔助電磁場之引入之一階散射測量疊加之新方法

NEW APPROACHES IN FIRST ORDER SCATTEROMETRY

OVERLAY BASED ON INTRODUCTION OF AUXILIARY

ELECTROMAGNETIC FIELDS

相關申請案之交叉參考

本申請案主張於2015年9月9日申請之美國臨時專利申請案第62/215,895號之權利，該案之全文以引用的方式併入本文中。

【技術領域】

本發明係關於散射測量計量之領域，且更特定言之，係關於單個一階繞射信號的量測。

【先前技術】

角度解析散射測量正被廣泛用於監測堆疊式週期性結構(例如，光柵上光柵(grating on grating)目標)之間的疊加誤差。

全文以引用的方式併入本文中之美國專利案第7,403,293號揭示使用：經配置以產生一量測光束之一超連續譜光源、經配置以將量測光束引導至基板上之一光學系統及用於偵測由結構反射及/或繞射之輻射的一感測器。

【發明內容】

下文係提供本發明之一初步理解的一簡化概述。概述不一定標示關鍵元件也不限制本發明之範疇，而僅作為下文描述之一引言。

本發明之一態樣提供一種計量量測方法，其包括：藉由一固定的照明源照明一固定的繞射目標；量測由一零階繞射信號與一一階繞

射信號之一總和組成之一信號；維持繞射目標及照明源固定的同時，針對零階繞射信號與一階繞射信號之間的複數個關係重複該量測；及自該等量測總和導出一階繞射。

本發明之此等、額外及/或其他態樣及/或優點於下列實施方式中加以陳述；可由實施方式推斷；及/或可由本發明之實踐而學習。

【圖式簡單說明】

為了更好地理解本發明之實施例且展示可如何實行本發明之實施例，現將僅以實例方式參考隨附圖式，其中相似的元件符號指定全文對應元件或區段。

在隨附圖式中：

圖1係根據本發明之一些實施例之藉由一計量工具分別於光瞳或場平面中進行相位掃描之一高階示意圖解。

圖2係根據本發明之一些實施例之用於量測場平面中之信號的光瞳組態(在光瞳平面中)之一高階示意圖解。

圖3係根據本發明之一些實施例之帶有自一目標單元繞射之環形照明的一光瞳方案之一高階示意圖解，該目標單元具有帶有不同節距之週期性結構。

圖4A係根據本發明之一些實施例之計量工具之一高階示意方塊圖。

圖4B係根據本發明之一些實施例之一繞射目標之一高階示意圖解。

圖5係繪示根據本發明之一些實施例之一計量量測方法之一高階流程圖。

【實施方式】

在陳述實施方式之前，陳述將在下文中使用之某些術語之定義可能係有用的。

如用於本申請案之術語「繞射信號」係指經繞射離開一週期性結構之電磁場。如使用於本申請案之術語「零階繞射信號」及「一階散射信號」係指與指定繞射階(即零階及一階)相關之電磁場。 $+1$ 及 -1 一階繞射信號係指一階繞射信號之兩個波瓣。如使用於本申請案之關於兩個繞射階信號之術語「總和」係指對應的繞射階信號之電磁場的干涉造成的電磁場。

現在詳細地具體參考該等圖式，吾人強調所示特定性係以實例方式說明且僅為了闡釋性地論述本發明之較佳實施例之目的，且經呈現以提供被認為係本發明之原理及概念態樣之最有用且最容易理解的描述。就此而言，未嘗試以多於基本理解本發明所必需的細節之細節展示本發明之結構細節，該描述結合該等圖式使熟習此項技術者明白在實踐中如何具體實施本發明之若干形式。

在詳細地解釋本發明之至少一實施例之前，應瞭解本發明在其應用方面不限於下列描述中陳述或該等圖式中圖解說明之組件之建構及配置之細節。本發明可適用於可以各種方式實踐或實行之其他實施例。又，應瞭解本文中採用的用語及術語係為了描述之目的且不應被視為限制。

提供計量量測方法及工具：藉由一固定的照明源照明一固定的繞射目標；量測由一零階繞射信號與一一階繞射信號之一總和組成之一信號；維持繞射目標及照明源固定的同時，針對零階繞射信號與一階繞射信號之間的複數個關係重複該量測；及自量測總和導出一階繞射信號。照明可係同調的且可在光瞳平面中量測，或照明可係不同調的且可在場平面中量測，在任一情況下，量測零繞射階與一繞射階之部分疊加。照明可係環形且繞射目標可係帶有具有不同節距以分離疊加區域之週期性結構的一個一單元SCOL (散射測量疊加)目標。

現在一階散射測量疊加之新方法係基於輔助電磁場之引入以克

服用於疊加量測之標準散射測量方法的一主要缺點，即缺乏對光柵之地形相位及繞射效率的控制，此導致諸如起因於目標不對稱及處理不穩定之量測誤差不確定地增大。

例如，零繞射階信號，或任何其他干涉測量的穩定基準可用於增強偵測器上的SCOL信號。可藉由相對於一階信號之零階(或基準場)之相位掃描，或藉由將相位差映射至多像素偵測器座標(攝影機)上而擷取SCOL信號之振幅。

在另一實例中，藉由光柵之各者使個別光柵之不同節距可用於擷取繞射電磁場(即，繞射照明)之相位。可自照明光瞳點之間的相位掃描導出相位。可自對應的繞射階之相位差導出個別光柵位置且可自個別光柵位置之差擷取疊加。

圖1係根據本發明之一些實施例之藉由一計量工具100分別在光瞳或場平面85、95中相位掃描110的一高階示意圖解。圖1示意性描繪帶有週期性結構81、82 (例如，分別為光柵U及L)之一疊加目標80中之一典型目標單元，及用於量測之繞射階。元件符號90係指來自目標80之零階繞射信號，元件符號91係指來自目標80之+1一階繞射信號，其作為分別來自光柵81、82之繞射信號 U_{+1} 、 L_{+1} 之總和，且元件符號89係指來自目標80之-1一階繞射信號，其作為分別來自光柵81、82之繞射信號 U_{-1} 、 L_{-1} 之總和。圖1進一步繪示光瞳平面85中之區域88、92，在該等區域中零階繞射信號90分別與-1一階繞射信號89及+1一階繞射信號91疊加，藉由箭頭示意性繪示相位掃描。在場平面95中，零階繞射信號90與+1一階繞射信號91之一例示性總和示意性展示為區域92A (其中-1一階繞射信號89被光罩121阻斷，見於圖2)，可藉由相位掃描110修改區域92A (見於下文之另外解釋)。

一階散射測量組態之信號係分別具有相同節距之上部及底部光柵81、82之一繞射階之間的干涉的一結果。分別來自上部(U)或下部

(L) 週期性結構 81、82 之繞射電磁場可表達為

$$E_{U,L}^{(\pm 1)} = A_{U,L}^{(\pm 1)} e^{i[\pm \frac{2\pi}{P}(OVL+f_0)+\Psi_{U,L}]}$$

，其中 ± 1 係指各自的一階繞射階，

A_U 及 A_L 係指個別光柵之繞射階的振幅(與其等繞射效率相關)，相位 Ψ_U 及 Ψ_L 對應於由於正及負繞射階所共同之堆疊參數引起之地形相位，且 $\pm f_0$ 係指各自的目標單元中之光柵81、82 (具有一節距 P)之間 $\pm f_0$ 之設計的移位(偏移)。繞射階之強度 $I^{\pm 1}(\pm f_0)$ 取決於光柵81、82之繞射效率且取決於地形相位差 $\Psi_U - \Psi_L$ ，如方程式1所表達：

$$I^{\pm 1}(\pm f_0) = |E_{scol}^{(\pm 1)}|^2 = |E_U^{(\pm 1)} + E_L^{(\pm 1)}|^2 = A_U^2 + A_L^2 + 2A_U A_L \cos \left[\Psi_U - \Psi_L \pm \frac{2\pi}{P}(OVL \pm f_0) \right] = |A_{scol}^{(\pm 1)} E^{i\Psi_{scol}}|^2 = |A_{scol}^{(\pm 1)}|^2 \quad \text{方程式1}$$

照明(光瞳點)之各角度的差動信號(D)被給定為+1與-1一繞射階之間的強度差，表達於方程式2中：

$$D(\pm f_0) = I^1(\pm f_0) - I^{-1}(\pm f_0) \approx A_U A_L \sin(\Psi_U - \Psi_L) \sin \left[\frac{2\pi}{P}(OVL \pm f_0) \right] \quad \text{方程式2}$$

對差動信號D之量測(於 $\pm f_0$ 單元處量測)提供疊加(OVL)。

儘管該方法之概念簡單，但是存在有關於上文表達式的若干根本問題，例如：(i)每當光柵之繞射效率(A_U 及 A_L)低時，信號強度(表達於方程式1中)弱且可低於偵測器雜訊位準(受限制的光預算)。(ii)每當任一光柵之繞射效率(A_U 或 A_L)低時，在量測系統之光學雜訊位準內或非週期性目標缺陷之散射內(即，目標雜訊內)可能無法偵測到差動信號(表達於方程式2中)。(iii)對於帶有高地形的目標而言，可能會發生的是，由頂部及底部光柵繞射之電磁場的有效光學路徑差係 $\frac{\lambda}{2}$ 的一整數倍，其中 λ 係照明波長。在此一情況下，差動信號成為零而不管疊加為何($(\Psi_U - \Psi_L) = m\pi$ ， m 為整數)，此表明對疊加(方程式2)缺乏靈敏度。為了克服後一問題，必須在一寬範圍之地形相位上量測差動信號且選擇提供對疊加之足夠靈敏度及/或用以增大入射角之覆蓋範圍

的值，對於一標準SCOL組態，此受到一繞射階與零繞射階之所需分離之強烈限制。所揭示之用於疊加散射測量的新方法克服標準一階散射測量組態之此等典型的問題，且進一步使得能夠使用一增大範圍之入射角及/或地形相位。

經常在弱信號條件下達成對疊加的高靈敏度，此意為量測能力經常受到損害。在一標準的一階散射測量組態中，使用一小照明NA(數值孔徑)以分離對應於0及一繞射階之光瞳區域。代替地，本發明實現利用全照明(例如，達到NA~0.9)之疊加散射測量。如圖1所繪示，光瞳中對應於零繞射階與一繞射階之疊加之區域中，電磁場表達於方程式3中：

$$E(\vec{\theta}) = E^{(0)}(-\vec{\theta}) + E_U^{(\pm 1)}\left(-\vec{\theta} \mp \frac{\lambda}{p} \hat{e}_x\right) + E_L^{(\pm 1)}\left(-\vec{\theta} \mp \frac{\lambda}{p} \hat{e}_x\right) = E^{(0)}(-\vec{\theta})e^{i\phi(-\vec{\theta})} + [E_U^{(\pm 1)}\left(-\vec{\theta} \mp \frac{\lambda}{p} \hat{e}_x\right) + E_L^{(\pm 1)}\left(-\vec{\theta} \mp \frac{\lambda}{p} \hat{e}_x\right)]e^{i\phi(-\vec{\theta} \mp \frac{\lambda}{p} \hat{e}_x)} \quad \text{方程式3}$$

其中 $\vec{\theta}$ 係指集光光瞳座標， λ 及 p 分別係照明波長及光柵節距， $\hat{e}_x$ 係光柵方向上之一單位向量且 $\phi(\vec{\theta})$ 係作為控制參數之一相位函數。

於集光光瞳之每個點處量測之強度表達於方程式4中：

$$I(\vec{\theta}) = |E^{(0)}(-\vec{\theta})|^2 + \left|E_U^{(\pm 1)}\left(-\vec{\theta} \mp \frac{\lambda}{p} \hat{e}_x\right) + E_L^{(\pm 1)}\left(-\vec{\theta} \mp \frac{\lambda}{p} \hat{e}_x\right)\right|^2 + 2E^{(0)}(-\vec{\theta})[E_U^{(\pm 1)}\left(-\vec{\theta} \mp \frac{\lambda}{p} \hat{e}_x\right) + E_L^{(\pm 1)}\left(-\vec{\theta} \mp \frac{\lambda}{p} \hat{e}_x\right)] \cos\left[\phi(-\vec{\theta}) - \phi\left(-\vec{\theta} \mp \frac{\lambda}{p} \hat{e}_x\right)\right] = I_0(-\vec{\theta}) + I^{(\pm 1)}\left(-\vec{\theta} \mp \frac{\lambda}{p} \hat{e}_x\right) + 2\sqrt{I_0(-\vec{\theta}) I^{(\pm 1)}\left(-\vec{\theta} \mp \frac{\lambda}{p} \hat{e}_x\right)} \cos[\phi(-\vec{\theta}) - \phi\left(-\vec{\theta} \mp \frac{\lambda}{p} \hat{e}_x\right) - \Psi_{scol}\left(-\vec{\theta} \mp \frac{\lambda}{p} \hat{e}_x\right)] \quad \text{方程式4}$$

來自方程式1之項 $\Psi_{scol}\left(-\vec{\theta} \mp \frac{\lambda}{p} \hat{e}_x\right)$ 表示隨著照明點之間的相位變動而對集光光瞳之每個點中之強度的調變。在應用於照明路徑中之相圖之一足夠的範圍上量測之調變的振幅可用於計算繞射階的強度，該強度隨後可用於計算上部與下部光柵之間的疊加。以此方式，集光光

瞳之一大得多的面積可用於信號偵測，從而允許探測一更寬範圍之地形相位。

方程式4之一替代公式表示於方程式5中：

$$I = A_0^2 + A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos \left[\Psi_1 - \Psi_2 \pm \frac{2\pi}{p} (OVL \pm f_0) \right] + 2A_0A_1 \cos \left[\Psi_0 - \Psi_1 \mp \frac{2\pi}{p} (x - GP_1) \right] + 2A_0A_2 \cos \left[\Psi_0 - \Psi_2 \mp \frac{2\pi}{p} (x - GP_2) \right] \quad \text{方程式5}$$

其中， A_0 及 Ψ_0 分別係零繞射階之振幅及相位， GP_1 及 GP_2 係光柵位置 ($OVL \pm f_0 = GP_1 - GP_2$) 且 x 係對應於照明光點中心之位置的掃描參數。兩個最後項可轉換成下列形式，表達於方程式6中：

$$2A_0A_1 \cos \left[\Psi_0 - \Psi_1 \mp \frac{2\pi}{p} (x - GP_1) \right] + 2A_0A_2 \cos \left[\Psi_0 - \Psi_2 \mp \frac{2\pi}{p} (x - GP_2) \right] = 2A_0 \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos \left[\Psi_1 - \Psi_2 \pm \frac{2\pi}{p} (OVL \pm f_0) \right]} - \cos \left[\Psi_0 - \frac{\Psi_1 + \Psi_2}{2} - \frac{\pi}{p} x + \frac{\pi}{p} (GP_1 + GP_2) + \tan^{-1} \frac{(A_1 - A_2) \tan(\frac{\Psi_1 - \Psi_2}{2} \pm \frac{2\pi}{p} (OVL \pm f_0))}{A_1 + A_2} \right] \quad \text{方程式6}$$

(例如)藉由在光瞳中使用一掃描鏡而在光柵方向上掃描照明光點 (即，改變方程式6中之參數 x) 且執行對量測信號之振幅之一擬合等效於量測下列信號，表達於方程式7中：

$$I_m = 2A_0 \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos \left[\Psi_1 - \Psi_2 \pm \frac{2\pi}{p} (OVL \pm f_0) \right]}$$

及，對應的 方程式7

$$I_m^2 = 4A_0^2 (A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos \left[\Psi_1 - \Psi_2 \pm \frac{2\pi}{p} (OVL \pm f_0) \right])$$

後者係於標準散射測量組態中量測之信號乘以零繞射階振幅之平方。換言之，使用所描述的程序擷取標準SCOL信號，且可將其作為零繞射階之一高得多的信號的一可控調變而進行偵測，其在低繞射效率情況下可達到百倍強。

系統100及方法200可採用下列方式之任一者以掃描照明點之間的相位：諸如(i)在散射測量儀之照明路徑中使用一自適應相位元件 (例如，一DLP-數位光處理元件) 以引入及使用任何相位模式；(ii)以

一可調節傾角使用一鏡子，該鏡子定位於照明光瞳內以使用傾角在點之間提供一線性相位掃瞄；及(iii)使用散焦像差修改目標相對於照明/集光透鏡之軸向位置以引入相轉變。

替代地或互補地，當在集光光瞳(85)中選擇合適的繞射階時，可於場平面(95)中量測信號。圖2係根據本發明之一些實施例之用於量測場平面95中之信號的光瞳組態(在光瞳平面85中)的一高階示意圖解。例如，可互換光罩121、122可用於集光光瞳85中，從而允許零繞射階透射且替代地允許 ± 1 一繞射階透射。在此一設置中，增強的SCOL信號表現為影像中之節距諧波的振幅，且可藉由標準影像處理方法擷取。替代地，藉由使用專門設計的光學器件來分離階(見於圖4A)，可於不同的偵測器上同時偵測零階與 ± 1 一繞射階之組合。此場平面偵測具有同時量測所有目標單元之優點。例如，圖2示意性繪示中心照明71，且在左邊，分別藉由光罩元件121A、121B (即，在x及y方向上)阻斷-1繞射階(89)且量測零階與+1階(90及91)之總和，且在右邊，分別藉由光罩元件122A、122B (即，在x及y方向上)阻斷+1繞射階(91)且量測零階與-1階(90及89)之總和。此組態允許同時量測帶有不同偏移 $\pm f_0$ 及X、Y目標之兩個單元。分離光瞳中之零繞射階與一繞射階允許對反射零階的振幅進行額外地控制。量測信號係如方程式5A中所表達：

$$I = A_0^2 + A_U^2 + A_L^2 + 2A_U A_L \cos \left[\Psi_U - \Psi_L \pm \frac{2\pi}{p} (OVL \pm f_0) \right] + 2A_0 A_U \cos \left[\Psi_0 - \Psi_U \mp \frac{2\pi}{p} (x - GP_U) \right] + 2A_0 A_L \cos \left[\Psi_0 - \Psi_L \mp \frac{2\pi}{p} (x - GP_L) \right] \quad \text{方程式 5A}$$

其中x係一場參數，例如，偵測器處的一座標，其避免了對掃瞄相位的需要。擬合場中之週期性信號的振幅，使信號成為表達於方程式7A中之 I_m ：

$$I_m = 2A_0 \sqrt{A_U^2 + A_L^2 + 2A_U A_L \cos \left[\Psi_U - \Psi_L \pm \frac{2\pi}{p} (OVL \pm f_0) \right]} \quad \text{方程式 7A}$$

在使用多個偵測器情況下，可同時攫取兩個或兩個以上影像，至少一個影像包括零繞射階及+1一繞射階且至少另一影像包括零繞射階及-1一繞射階。例如，一光學元件(例如，圖4A之階分離光學器件124)可定位於光學系統之集光光瞳85附近以使光瞳的各半部分朝向不同的偵測器126重新引導。藉由正規化影像可補償光學元件的定位誤差，藉由零階之對應部分之總強度的平方根正規化影像。替代地，對帶有低繞射效率之目標而言，藉由使影像相對於其之平均灰階之平方根正規化，可在演算上達成正規化。此組態允許MAN (移動-截獲-量測)時間顯著的升高。

用於場平面量測之又一選項可藉由替代偏離軸線的照明而實現。若(例如)藉由於圖4A中示意性繪示之光束位移器108將照明中心自法線照明充分地位移，則在任何時候僅零繞射階及+1一繞射階或-1一繞射階到達集光光瞳。以兩個對稱的偏離軸線照明點執行順序量測能夠捕捉為疊加量測所必需的影像而不需要額外相位掃描。另外及有利地，若入射角及波長對節距之比率經選取以接近自準式(Littrow)組態(完全相同的繞射入射角)，則可顯著地抑制散焦上之信號的相關性。

在某些實施例中，目標可係包括兩個或兩個以上週期性結構(帶有一相同的節距或帶有不同的節距)之一成像目標(例如，AIM進階成像計量目標)。計量工具可經進一步組態以對目標進行至少兩次疊加量測(在場平面中)，該至少兩次疊加量測中之至少一者係針對一阻斷的+1繞射階且至少另一者係針對一阻斷的-1繞射階，且藉由平均該至少兩次疊加量測而導出一疊加(即，週期性結構之間的位移)。量測可包括阻斷的+1與-1繞射階之間的一或多個改動。

圖3係根據本發明之一些實施例之帶有自一目標單元繞射之環形照明之一光瞳方案140的一高階示意圖解，該目標單元具有帶有不同

節距之週期性結構。使用帶有針對至少兩個週期性結構之不同節距之繞射目標，在一非限制性實例中，頂部及底部光柵151、152 (見於例如圖4B，在圖3中分別用 G_1 及 G_2 表示)允許將光瞳中對應於頂部及底部光柵之繞射的光點分離。以至少部分單獨地允許不同光柵151、152之各者之零階與一繞射階之間的疊加的方法組織照明方案，以單獨地增強光柵之各者的信號且判定光柵之各者的位置。不失一般性，圖3例示允許此一量測之一可能的光瞳方案140。在下部光柵152具有小於上部光柵151之一節距($P_2 < P_1$)的一非限制性實例中，光瞳方案140包括具有表示環形照明之一環寬的一寬度 W 之零階繞射信號149；分別作為單獨的環之週期性結構151、152之+1一繞射信號141B、142B；及分別作為單獨的環之週期性結構151、152之-1一繞射信號141A、142A。圍繞零階信號149之一黑色圓圈係指一可能的集光NA 148，NA 148包含針對信號149、信號141A、141B及信號149與所有四個信號141A、141B、142A、142B之疊加(總和)之分離的區域。集光NA 148可經選定以具有可藉由計量需求判定之不同的尺寸。

光瞳點處帶有第一光柵151之一繞射階信號141A、141B與零繞射階149疊加的疊加部之(總和)信號可表達為如方程式8中：

$$I_1^1 = \left(A_0 e^{i\Psi_0} + A_1 e^{2\pi i \left[\frac{(GP_1 - X)}{P_1} + \frac{\Psi_1}{2\pi} \right]} \right)^2 = A_0^2 + A_1^2 + 2A_0 A_1 \cos \left[\frac{2\pi}{P_1} (GP_1 - X) + (\Psi_1 - \Psi_0) \right]$$

$$I_{-1}^1 = \left(A_0 e^{i\Psi_0} + A_{-1} e^{-2\pi i \left[\frac{(GP_1 - X)}{P_1} - \frac{\Psi_1}{2\pi} \right]} \right)^2 = A_0^2 + A_{-1}^2 + 2A_0 A_{-1} \cos \left[\frac{2\pi}{P_1} (GP_1 - X) - (\Psi_1 - \Psi_0) \right] \quad \text{方程式8}$$

其中， I_1^1 及 I_{-1}^1 表示光瞳區域中光柵151之 0^{th} 階與 1^{st} 及 -1^{st} 繞射階之疊加的強度(用上標1表示)； P_1 係第一光柵151之節距； A_0 、 A_1 及 A_{-1} 分別係指 0^{th} 、 1^{st} 及 -1^{st} 繞射階之振幅， GP_1 係指第一光柵151之位置，且 X 係指相對於光柵151之照明光點的位置，且 Ψ_1 及 Ψ_0 係考慮中的光柵之一

及零繞射階信號之地形相位。類似地，光柵152之信號可加以計算。例如，使用光學構件掃瞄照明光點相對於光柵之位置，或替代地藉由照明中之可控像差掃瞄照明相位(Ψ_0)，該方法可擷取光柵之各者的位置。生成的兩個光柵位置之間的差係疊加。應注意缺乏對兩個光柵之繞射階之間的干涉信號的需要允許當(例如)藉由不同波長、極化整合時間等最佳化單獨地用於層之各者之信號時執行量測。

因此可利用干涉測量的穩定電磁場之間的相位掃瞄以擷取場之空間疊加之區域中之SCOL信號的振幅。可利用個別光柵之不同節距以允許擷取由光柵之各者繞射的電磁場之相位。可自照明光瞳點之間的相位掃瞄導出相位，或在某些實施例中，藉由相對於光學軸線之目標位移或藉由相對於目標之光學軸線位移而導出相位。可自對應的繞射階之間的相位差導出個別光柵位置，且可自個別光柵位置之差擷取疊加。

圖4A係根據本發明之一些實施例之計量工具100的一高階示意方塊圖。圖4A繪示可替代或互補使用之多個量測配置。計量工具100包括：經組態以照明固定的繞射目標80或150之一固定的照明源70；經組態以重複地量測由零階繞射信號90與一一階繞射信號91或89 (前者以一非限制性方式繪示)之一總和組成之一信號的一量測單元130，其中維持繞射目標80或150及照明源70固定的同時，針對零階繞射信號90與一階繞射信號91之間的複數個關係分別進行重複量測；及經組態以自量測總和導出一階繞射信號91之一處理單元140。量測單元130可經組態以在光瞳平面85 (標示為130A)及/或場平面95 (標示為130B)中進行量測，如上文所解釋。

照明可係同調的且可在相對於目標80或150之光瞳平面85 (示意性繪示)中進行量測。照明波長及目標80或150之節距可經選定以使分別地零繞射階90與一繞射階91在光瞳平面85中產生部分疊加。

照明可係不同調的且可在相對於目標80或150之場平面95 (示意性繪示)中進行量測。計量工具100在目標80或150之光瞳平面85處可進一步包括一光罩121或122，光罩121或122經組態以阻斷一不量測的一階繞射信號(非限制性繪示的案例中之-1繞射階89)以產生量測總和。

計量工具100可經組態以在一訓練階段期間識別且隨後移除引入不準確性之照明點。使用及最佳化訓練階段中之照明模式可能夠避免將不準確性引入至量測的照明點之貢獻。可在訓練期間(例如，在配方選擇期間)藉由掃描照明點的同時觀察場影像或藉由分析自目標接收之光瞳影像而發現引入不準確性之照明點。為實現準確的光瞳分析，後一選項可額外地涉及引入專門的一單元「訓練」目標，或可涉及使視場向下降低至一單個單元。引入不準確性之照明點可經識別為對光柵之間的疊加具有低靈敏度之點，或使用最後影像的反轉對比度進行識別。在實際量測中(訓練相位之後)(例如)使用一可控像素化照明器，可移除(即，自照明方案排除)已識別的引入不準確性之照明點。

量測單元130可經進一步組態以針對作為零階繞射信號90與一階繞射信號91之間的關係的複數個相位分別進行重複量測。量測單元130可經進一步組態以針對複數個角度及/或相位及/或照明之波長進行重複量測以修改分別地零階繞射信號90與一階繞射信號91之間的關係。計量工具100可進一步包括經組態以進行重複相位量測(如圖1中之相位掃描110)之一光學相位掃描器107 (例如，一數位光處理元件DLP、一可傾斜的鏡子、一聚焦致像差元件等)。可代替或除零階繞射信號90以外使用一基準光束93 (示意性示於圖4A中)以增強如文中所述之對一階繞射信號之量測能力。計量工具100可進一步包括經組態以在重複量測之間修改一照明光束入射角的一光束位移器108。應

注意可藉由實體地移動目標80或150、照明源70及/或量測平面而替換或增強相位掃描。

計量工具100可進一步包括經組態以分離與不同繞射階有關之場信號的階分離光學器件124，該等不同繞射階將藉由與量測單元130相關聯之各別至少兩個偵測器126量測，量測單元130用於量測分離的場信號(如130C所示，顯然偵測器126係量測單元130之部分)。可藉由使用專門設計的光學器件來分離階而在不同的偵測器上同時偵測零階與 ± 1 一繞射階之組合。此場平面偵測具有同時量測所有目標單元的優點。

圖4B係根據本發明之一些實施例之繞射目標150的一高階示意圖解。照明可係環形且繞射目標150可包括分別地具有至少兩個對應的不同節距 P_1 、 P_2 之至少兩個週期性結構151、152。環形照明之一寬度(W ，見於圖3中)及節距 P_1 、 P_2 可經選定以分離零階繞射信號91與來自週期性結構151、152之各者之一階繞射信號89、91之各者之間的疊加區域。某些實施例包括繞射目標150作為一單個單元SCOL目標，其中計量工具及量測經組態以自繞射離開單個單元SCOL目標之信號判定相位資訊，如上文所解釋。

圖5係繪示根據本發明之一些實施例之一計量量測方法200的一高階流程圖。例如，在一計量模組中，藉由至少一個電腦處理器可至少部分地實現方法200。某些實施例包括具有一電腦可讀儲存媒體之電腦程式產品，該電腦可讀儲存媒體具有隨其具體實施且經組態以進行方法200之相關階段的電腦可讀程式。某些實施例包括由方法200之實施例設計之各別目標之目標設計檔案。某些實施例包括藉由方法200及/或藉由工具100導出之計量信號。

計量量測方法200包括：藉由一固定的照明源照明一固定的繞射目標(階段210)；量測由一零階繞射信號與一一階繞射信號之一總和

組成之一信號(階段220)；維持繞射目標及照明源固定的同時，針對零階繞射信號與一階繞射信號之間的複數個關係重複該量測(階段230)；及自所量測總和導出一階繞射信號(階段240)。

方法200可包括提供同調的照明且在光瞳平面中量測(階段250)使得利用同調照明實行照明210且在相對於目標之一光瞳平面中進行量測220、230。方法200可進一步包括選擇照明波長及目標之節距以使零繞射階與一繞射階在光瞳平面中產生部分疊加(階段255)。

方法200可包括提供不同調照明且在場平面中量測(階段260)使得利用不同調照明實行照明210且在相對於目標之一場平面中進行量測220、230。方法200可進一步包括在目標之光瞳平面處遮擋一不量測的一階繞射信號(階段265)以產生所量測總和。方法200可進一步包括對一成像目標(包括至少兩個週期性結構，諸如帶有相同或不同節距之光柵，例如，AIM目標)進行至少兩次疊加量測，該至少兩次疊加量測中之至少一者係針對一遮擋的+1繞射階且至少另一者係針對一遮擋的-1繞射階，且藉由平均該至少兩次疊加量測而導出一疊加。方法200可進一步包括於一訓練階段期間識別及移除引入不準確性之照明點，如上文所解釋。

方法200可包括針對作為零階繞射信號與一階繞射信號之間的關係之複數個相位進行重複量測(階段270)，及/或藉由針對複數個角度及/或相位及/或照明之波長進行重複量測以修改零階繞射信號與一階繞射信號之間的關係(階段275)。

方法200可包括提供環形照明且使用帶有不同節距之光柵的目標(階段280)，使得照明呈環形且繞射目標包括具有至少兩個對應的不同節距之至少兩個週期性結構。方法200可進一步包括選擇照明寬度及節距以分離零階繞射信號與一階繞射信號之間的疊加區域(階段285)，例如，以分離零階繞射與來自相應的週期性結構之各者之一階

繞射信號之各者之間的疊加區域。

方法200可進一步包括使用具有帶有不同節距之光柵的一單個單元SCOL目標(階段282)，量測帶有環形照明之單個單元SCOL目標(階段283)且量測零階繞射信號與光柵之各者之各一階繞射信號之間的疊加(階段284)。

有利地，所揭示系統100及方法200提供於散射測量疊加量測中達成一較高準確度之新的光學組態，其改良工具效能且降低製程變動的影響，此外，所揭示系統100及方法200允許偵測光柵上方光柵(grating-over-grating)目標中之偵測器位置處之多於一單個繞射階，藉由照明點之間的相位掃描擷取資訊，且藉由目標位移或照明光點位移組織一繞射階與零繞射階或一基準光束之間的相位掃描。可藉由於照明之中引入可控像差(即藉由自適應光學元件)對繞射階之間的相位進行掃描。當於偵測器處允許多於一單個繞射階時，系統100及方法200可在場平面中實現對光柵上方光柵目標之調變振幅的量測。藉由繞射階之相位調變及捕捉各別光瞳影像，系統100及方法200亦可實現對帶有不同節距之光柵上方光柵目標的量測及實現對光柵位置(及疊加)的擷取。最後，所揭示系統100及方法200改良疊加量測的準確度且將散射測量之適用性延伸至以前幾乎不可定址的層。

在上文描述中，一實施例係本發明之一實例或實施方案。「一項實施例」、「一實施例」、「某些實施例」或「一些實施例」之各種出現不一定全部係指相同實施例。

雖然可在一單項實施例之內容脈絡中描述本發明之各種特徵，但是該等特徵亦可單獨或以任何適當組合提供。相反地，雖然為清楚起見可在本文中在不同實施例之內容脈絡中描述本發明，但是本發明亦可實施於一單項實施例中。

本發明之某些實施例可包含來自上文揭示之不同實施例之特

徵，且某些實施例可併有來自上文揭示之其他實施例之元件。本發明之元件在一特定實施例之內容脈絡中的揭示內容並未被視為限制其等僅用於該特定實施例。

此外，應瞭解本發明可以各種方式實行或實踐，且本發明可實施於惟上文描述中概述之實施例以外的某些實施例中。

本發明不限於該等圖或對應描述。例如，流程無須透過各自圖解說明之方塊或陳述或以與圖解說明且描述之順序完全相同之順序移動。

除非另有定義，否則本文中使用的技術及科學術語的意思係為熟習本發明所屬之此項技術者所通常理解。

雖然已關於有限數目項實施例描述本發明，但是此等實施例不應被解釋為限制本發明之範疇，且反而作為一些較佳實施例之例示。其他可能的變動、修改及應用亦在本發明之範疇內。因此，本發明之範疇不應受限於迄今為止所描述的內容，但應受限於隨附申請專利範圍及其等同等法律效力。

【符號說明】

80	繞射目標/疊加目標/目標
81	光柵/週期性結構/上部光柵/上部週期性結構
82	光柵/週期性結構/底部光柵/下部週期性結構
85	光瞳平面/集光光瞳
88	區域
89	-1一階繞射信號/-1繞射階/一階繞射信號
90	零階繞射信號
91	+1一階繞射信號/一階繞射信號/一繞射階
92	區域
92A	區域

95	場平面
100	計量工具/系統/工具
110	相位掃瞄
121	光罩
121A	光罩元件
121B	光罩元件
122	光罩
122A	光罩元件
122B	光罩元件
124	階分離光學器件
126	偵測器
130	量測單元
140	光瞳方案
141A	-1一繞射信號/信號
141B	+1一繞射信號/信號
142A	-1一繞射信號/信號
142B	+1一繞射信號/信號
148	集光數值孔徑/數值孔徑
149	零階繞射信號/零階信號/信號
150	繞射目標/目標
151	週期性結構
152	週期性結構
G_1	頂部光柵
G_2	底部光柵
L	光柵/下部週期性結構
L_{+1}	繞射信號

L_{-1}	繞射信號
P_1	節距
P_2	節距
U	光柵/上部週期性結構
U_{+1}	繞射信號
U_{-1}	繞射信號
W	寬度

I656409

發明摘要

※ 申請案號：104144070

※ 申請日：104年12月28日

※IPC 分類：G03F 7/20 (2006.01)
G01B 11/00 (2006.01)

【發明名稱】

基於輔助電磁場之引入之一階散射測量疊加之新方法

NEW APPROACHES IN FIRST ORDER SCATTEROMETRY
OVERLAY BASED ON INTRODUCTION OF AUXILIARY
ELECTROMAGNETIC FIELDS

【中文】

本發明提供計量量測方法及工具，其藉由一固定的照明源照明一固定的繞射目標；量測由一零階繞射信號及一一階繞射信號之一總和組成之一信號；維持該繞射目標及該照明源固定的同時，針對該零階繞射信號與該一階繞射信號之間的複數個關係重複該量測；及自該等量測總和導出該一階繞射信號。照明可係同調的且可在光瞳平面中量測，或照明可係不同調的且可在場平面中量測，在任一情況下，量測該零繞射階與該一繞射階之部分疊加。照明可係環形且該繞射目標可係帶有具有不同節距以分離該等疊加區域之週期性結構之一個一單元SCOL目標。

【英文】

Metrology measurement methods and tools are provided, which illuminate a stationary diffractive target by a stationary illumination source, measure a signal composed of a sum of a zeroth order diffraction signal and a first order diffraction signal, repeat the measuring for a plurality of relations between the zeroth and the first diffraction signals, while maintaining the diffractive target and the illumination source stationary, and derive the first order diffraction signal from the measured sums. Illumination may be coherent and measurements may be in the pupil plane, or illumination may be incoherent and measurements may be in the field plane, in either case, partial overlapping of the zeroth and the first diffraction orders are measured. Illumination may be annular and the diffractive target may be a one cell SCOL target with periodic structures having different pitches to separate the overlap regions.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（ 1 ）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

80	繞射目標/疊加目標/目標
81	光柵/週期性結構/上部光柵/上部週期性結構
82	光柵/週期性結構/底部光柵/下部週期性結構
85	光瞳平面/集光光瞳
88	區域
89	-1一階繞射信號/-1繞射階/一階繞射信號
90	零階繞射信號
91	+1一階繞射信號/一階繞射信號/一繞射階
92	區域
92A	區域
95	場平面
100	計量工具/系統/工具
110	相位掃描
121	光罩
L	光柵/下部週期性結構
L_{-1}	繞射信號
L_{+1}	繞射信號
U	光柵/上部週期性結構
U_{-1}	繞射信號
U_{+1}	繞射信號

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

無

圖式

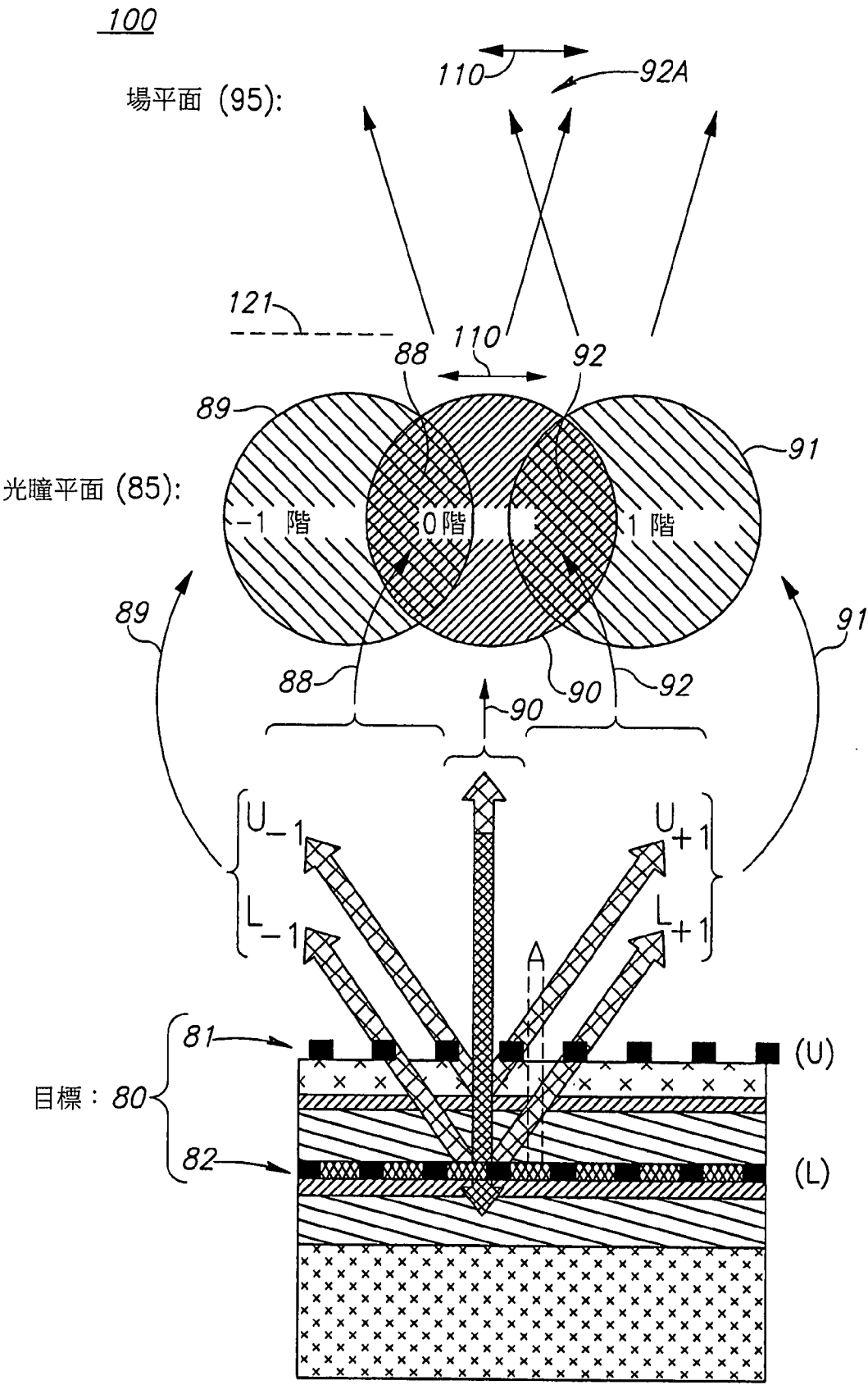


圖 1

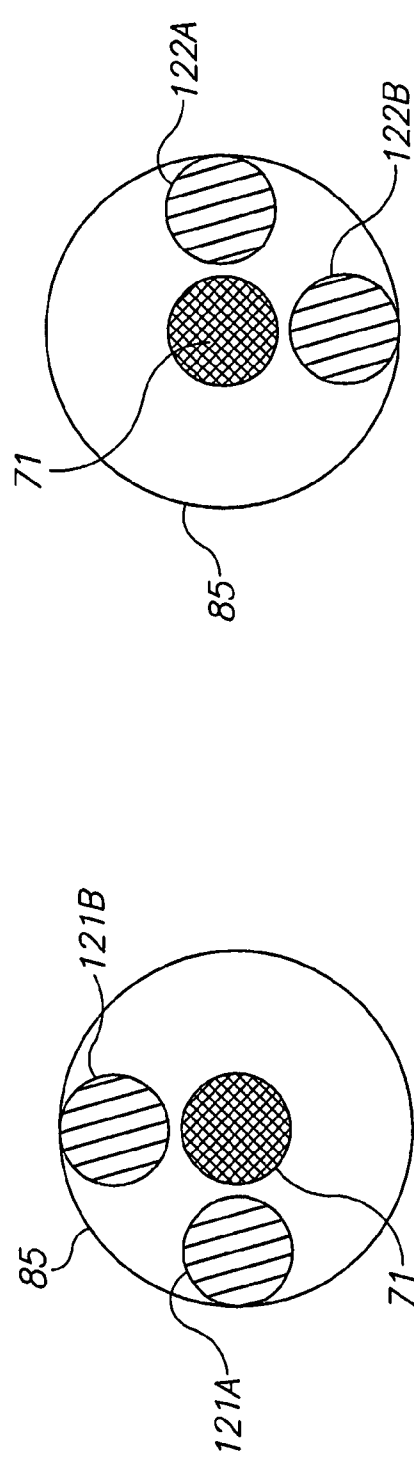


圖 2

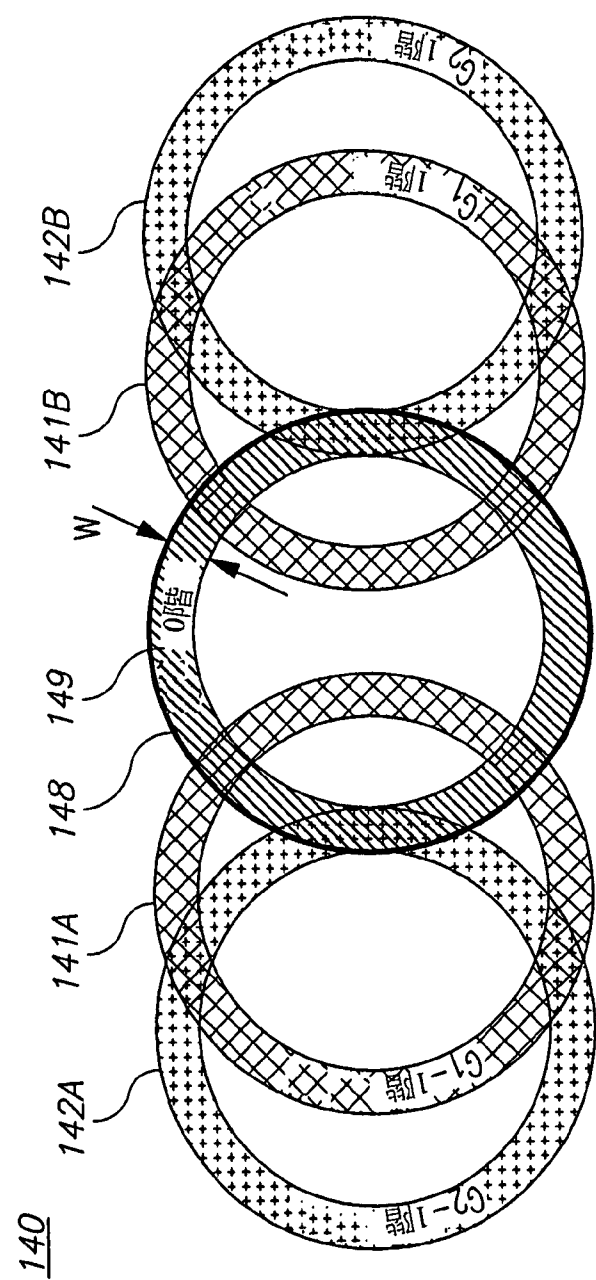


圖 3

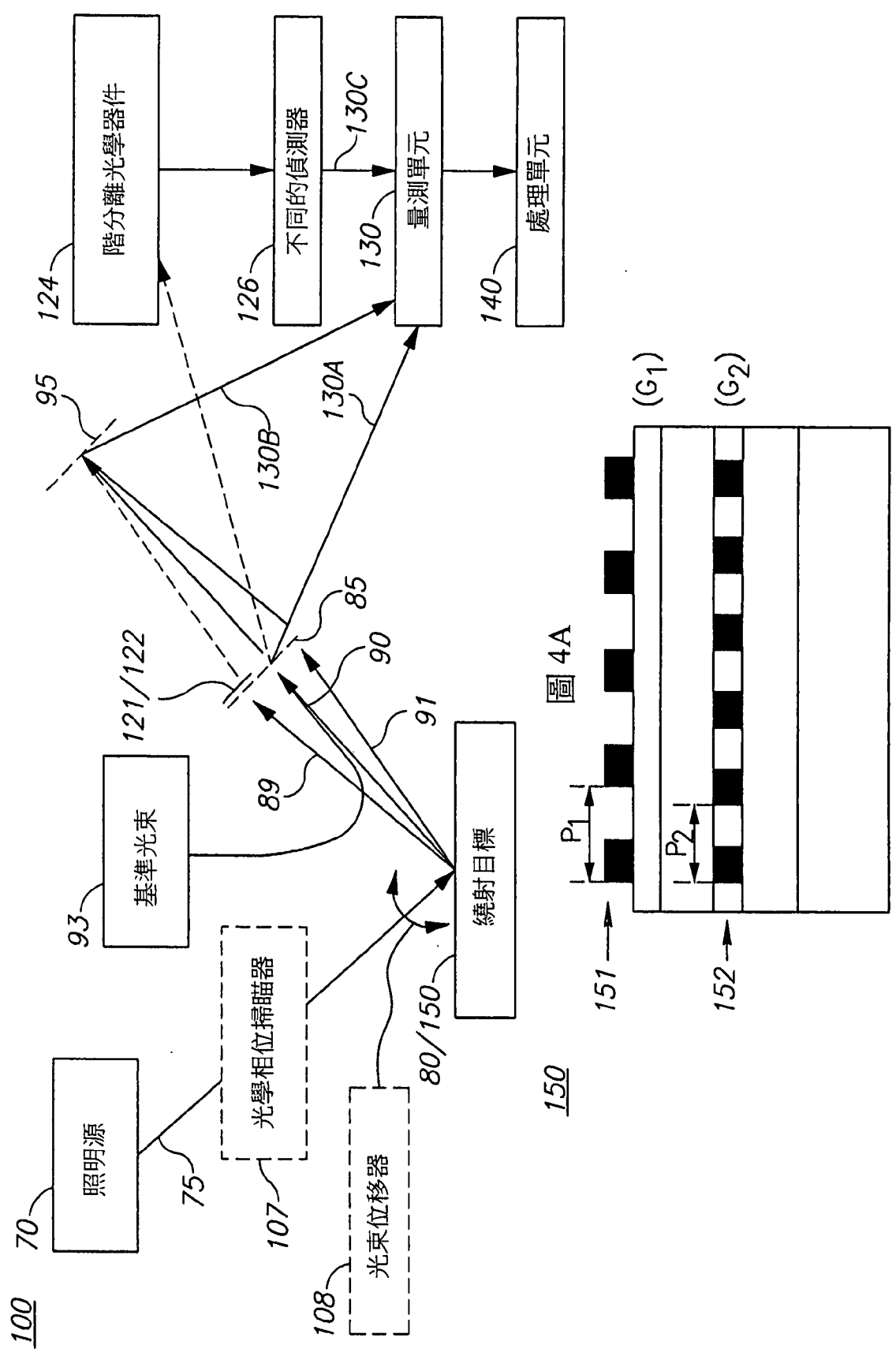


圖 4A

圖 4B

200

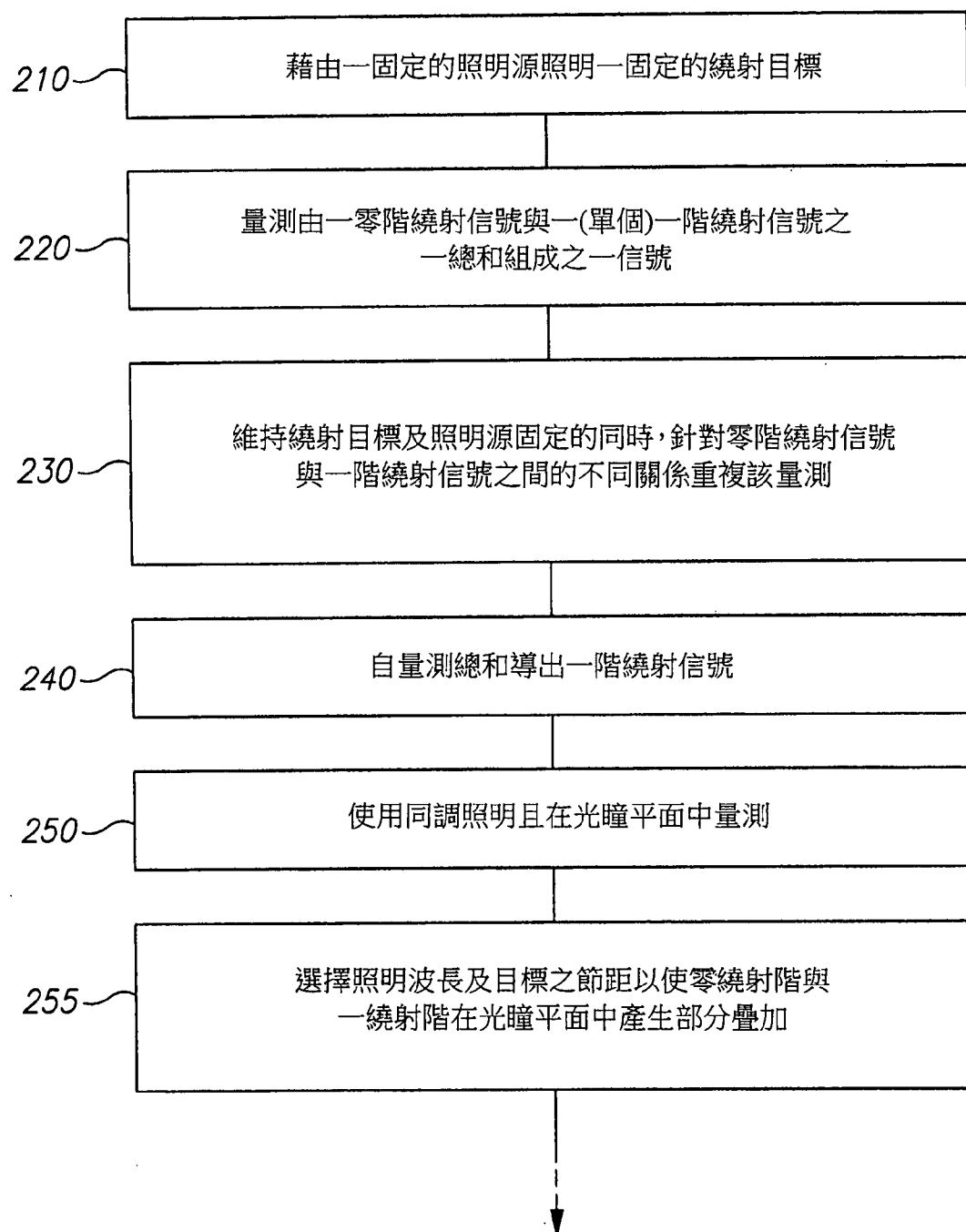


圖 5

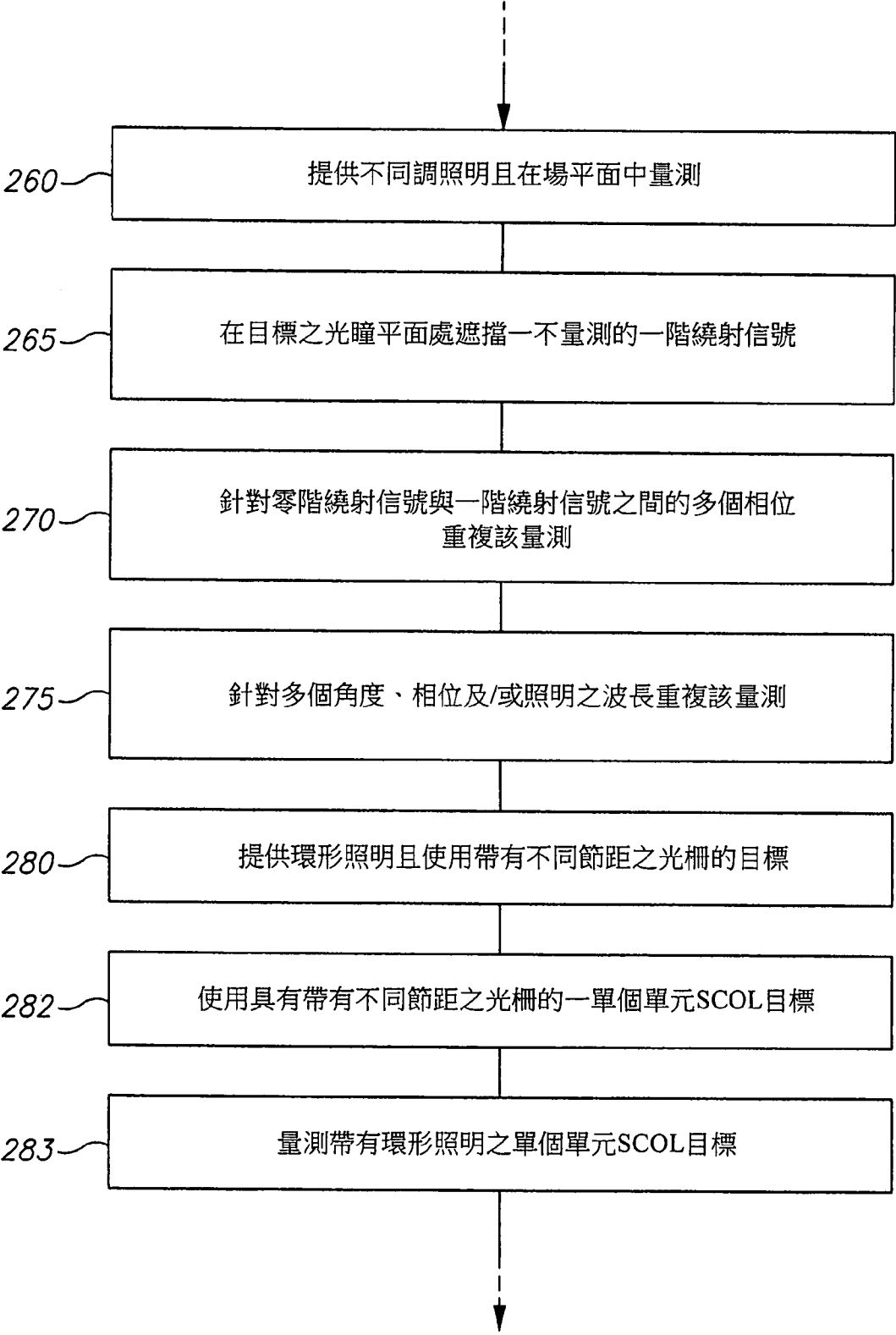


圖 5(續 1)

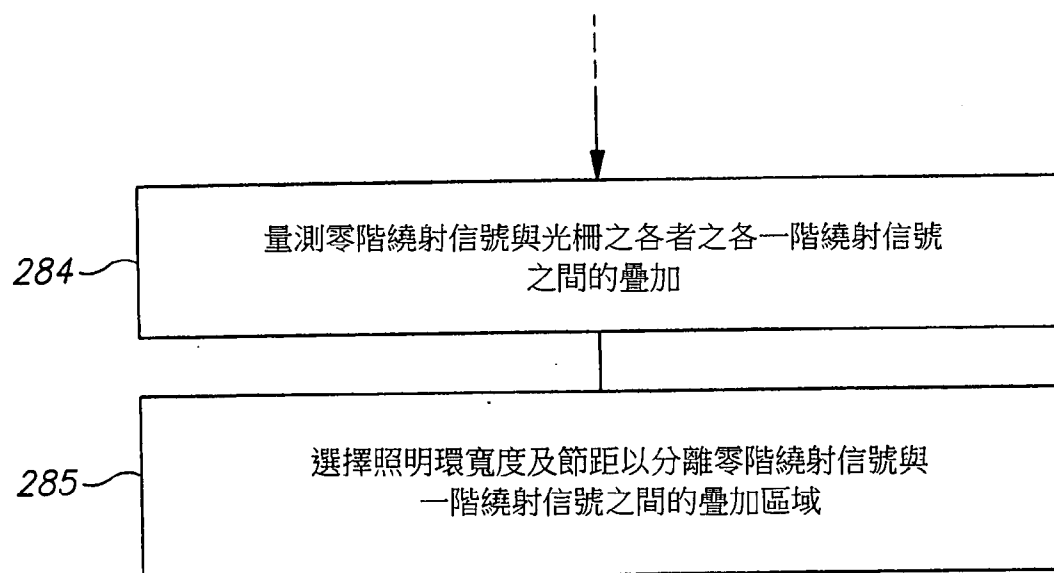


圖 5(續 2)

申請專利範圍

1. 一種計量量測方法，其包括：
藉由一固定的照明源照明一固定的繞射目標，
利用一偵測器來量測由一零階繞射信號及一一階繞射信號之一總和組成之一散射信號，
維持該繞射目標及該照明源固定的同時，針對該零階繞射信號與該一階繞射信號之間的複數個關係重複該量測，及
使用一處理器自該等量測總和導出該一階繞射信號。
2. 如請求項1之計量量測方法，其中該照明係同調的且在相對於該目標之一光瞳平面中進行該量測。
3. 如請求項2之計量量測方法，其中一照明波長及該目標之一節距經選定以使該零繞射階與該一繞射階在該光瞳平面中產生部分疊加。
4. 如請求項1之計量量測方法，其中該照明係不同調的且在相對於該目標之一場平面中進行該量測。
5. 如請求項4之計量量測方法，其中一不量測的一階繞射信號在該目標之該光瞳平面處經遮擋以產生該量測總和。
6. 如請求項5之計量量測方法，其中該目標係包括至少兩個週期性結構之一成像目標，該方法進一步包括對該目標進行至少兩次疊加量測，至少一者係針對一遮擋的+1繞射階且至少另一者係針對一遮擋的-1繞射階，且藉由平均該至少兩次疊加量測而導出一疊加。
7. 如請求項4之計量量測方法，其進一步包括在一訓練階段期間識別且移除引入不準確性的照明點。
8. 如請求項2之計量量測方法，其進一步包括針對作為該零階繞射

信號與該一階繞射信號之間的該等關係的複數個相位進行該重複量測。

9. 如請求項2之計量量測方法，其進一步包括針對複數個角度及/或相位及/或該照明之波長進行該重複量測以修改該零階繞射信號與該一階繞射信號之間的該等關係。
10. 如請求項1之計量量測方法，其中該照明係環形的且該繞射目標包括具有至少兩個對應的不同節距之至少兩個週期性結構，且其中該環形照明之一寬度及該等節距經選定以將該零階繞射信號與來自該等各別週期性結構之各者之該等一階繞射信號之各者之間的疊加區域分離。
11. 一種計量工具，其包括：
 - 一固定的照明源，其經組態以照明一固定的繞射目標，
 - 一量測單元，其包含至少一偵測器，其中該量測單元經組態以重複量測由一零階繞射信號及一一階繞射信號之一總和組成之一散射信號，其中維持該繞射目標及該照明源固定的同時，針對該零階繞射信號與該一階繞射信號之間的複數個關係進行該重複量測，及
 - 一處理器，其經組態以自該等量測總和導出該一階繞射信號。
12. 如請求項11之計量工具，其中該照明係同調的且在相對於該目標之一光瞳平面中進行該量測。
13. 如請求項12之計量工具，其中一照明波長及該目標之一節距經選定以使該零繞射階與該一繞射階在該光瞳平面中產生部分疊加。
14. 如請求項11之計量工具，其中該照明係不同調的且在相對於該目標之一場平面中進行該量測。

15. 如請求項14之計量工具，其進一步包括在該目標之該光瞳平面處之一光罩，該光罩經組態以阻斷一不量測的一階繞射信號以產生該量測總和。
16. 如請求項15之計量工具，其中該目標係包括至少兩個週期性結構之一成像目標，且該計量工具經進一步組態以針對該目標進行至少兩次疊加量測，至少一者係針對一阻斷的+1繞射階且至少另一者係針對一阻斷的-1繞射階，且藉由平均該至少兩次疊加量測而導出一疊加。
17. 如請求項14之計量工具，其進一步包括經組態以分離與不同繞射階有關之場信號的一階分離光學器件，其中該量測單元包括用於量測該等分離的場信號之該等偵測器之至少兩個。
18. 如請求項11之計量工具，其中該量測單元經進一步組態以針對作為該零階繞射信號與該一階繞射信號之間的該等關係的複數個相位進行該重複量測。
19. 如請求項18之計量工具，其進一步包括經組態以進行該等重複相位量測之一光學相位掃瞄器。
20. 如請求項11之計量工具，其經進一步組態以在一訓練階段期間識別且移除引入不準確性的照明點。
21. 如請求項11之計量工具，其中該量測單元經進一步組態以針對複數個角度及/或相位及/或該照明之波長進行該重複量測以修改該零階繞射信號與該一階繞射信號之間的該等關係。
22. 如請求項18之計量工具，其進一步包括經組態以在該等重複量測之間修改一照明光束入射角的一光束位移器。
23. 如請求項11之計量工具，其中該照明係環形的且該繞射目標包括具有至少兩個對應的不同節距之至少兩個週期性結構，且其中該環形照明之一寬度及該等節距經選定以使該零階繞射信號與

來自該等各別週期性結構之各者之該等一階繞射信號之各者之間的疊加區域分離。