



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 201203419 A1

(43)公開日：中華民國 101 (2012) 年 01 月 16 日

---

(21)申請案號：100109203

(22)申請日：中華民國 100 (2011) 年 03 月 17 日

(51)Int. Cl. : *H01L21/66 (2006.01)*

(30)優先權：2010/03/18 美國 61/315,162

(71)申請人：A S M L 荷蘭公司 (荷蘭) ASML NETHERLANDS B. V. (NL)  
荷蘭

(72)發明人：斯特傑 亞力山德 STRAAIJER, ALEXANDER (NL)

(74)代理人：林嘉興

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：14 項 圖式數：23 共 60 頁

---

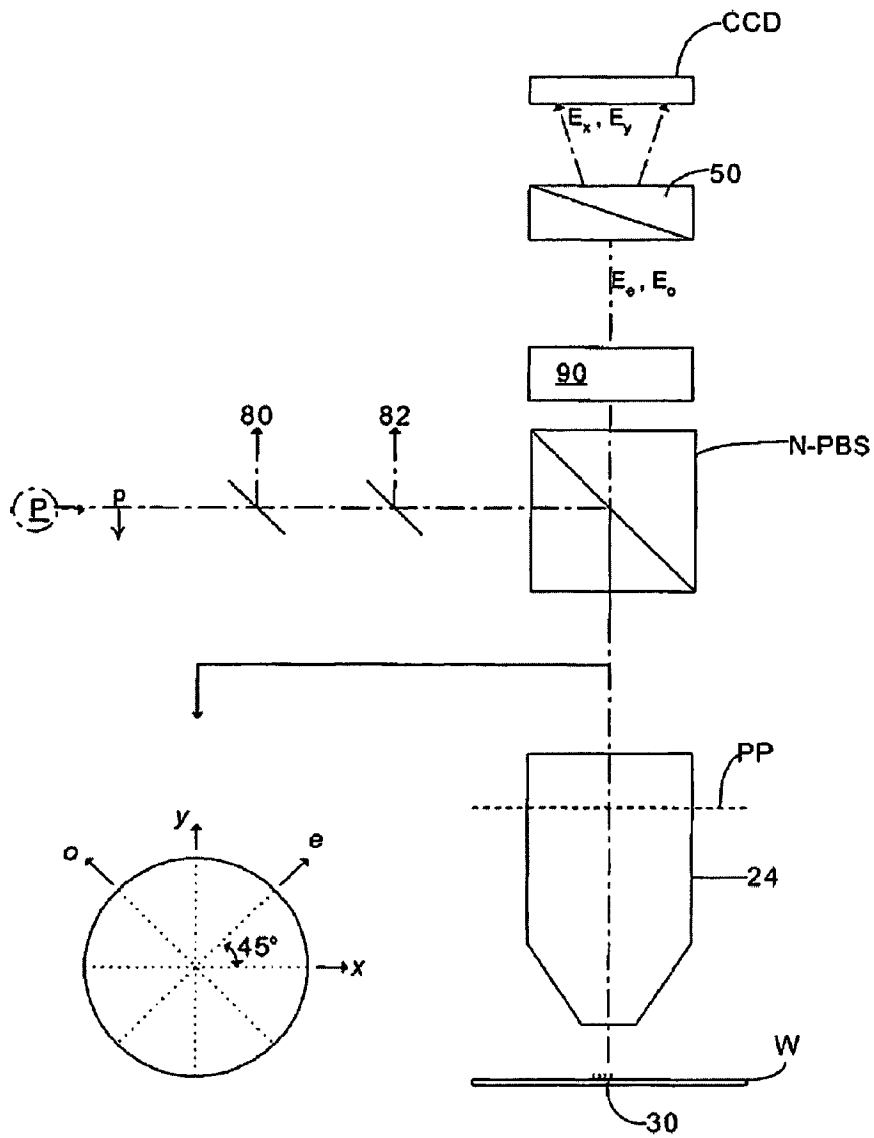
(54)名稱

檢驗方法及裝置及相關電腦可讀取產品

INSPECTION METHOD AND APPARATUS, AND ASSOCIATED COMPUTER READABLE  
PRODUCT

(57)摘要

本發明揭示一種系統，該系統經組態以在兩個分離偏振光束自一基板繞射後隨即量測該兩個分離偏振光束，以便判定一基板上之一光柵之屬性。經由一固定相位延遲器傳遞線性偏振光源，以便改變兩個正交偏振輻射光束中之一者相對於該兩個光束中之另一者的相位。該兩個輻射光束之該等相對相位及如在一偵測器中所量測的該等光束之其他特徵引起基板表面之屬性。該光柵及該輻射光束之初始線性偏振相對於彼此非正交地成角度。



- 24：顯微鏡物鏡
- 30：基板上之結構
- 50：渥拉斯頓稜鏡/光束分裂器
- 80：光束分裂器
- 82：光束分裂器
- 90：相位調變器/可變相移器
- CCD：相機
- N-PBS：第一光束分裂器/非偏振光束分裂器
- P：源
- PP：顯微鏡物鏡之光瞳平面
- W：基板



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 201203419 A1

(43)公開日：中華民國 101 (2012) 年 01 月 16 日

(21)申請案號：100109203

(22)申請日：中華民國 100 (2011) 年 03 月 17 日

(51)Int. Cl. : *H01L21/66 (2006.01)*

(30)優先權：2010/03/18 美國 61/315,162

(71)申請人：A S M L 荷蘭公司 (荷蘭) ASML NETHERLANDS B. V. (NL)  
荷蘭

(72)發明人：斯特傑 亞力山德 STRAAIJER, ALEXANDER (NL)

(74)代理人：林嘉興

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：14 項 圖式數：23 共 60 頁

(54)名稱

檢驗方法及裝置及相關電腦可讀取產品

INSPECTION METHOD AND APPARATUS, AND ASSOCIATED COMPUTER READABLE  
PRODUCT

(57)摘要

本發明揭示一種系統，該系統經組態以在兩個分離偏振光束自一基板繞射後隨即量測該兩個分離偏振光束，以便判定一基板上之一光柵之屬性。經由一固定相位延遲器傳遞線性偏振光源，以便改變兩個正交偏振輻射光束中之一者相對於該兩個光束中之另一者的相位。該兩個輻射光束之該等相對相位及如在一偵測器中所量測的該等光束之其他特徵引起基板表面之屬性。該光柵及該輻射光束之初始線性偏振相對於彼此非正交地成角度。

## 六、發明說明：

### 【發明所屬之技術領域】

本發明係關於可用於(例如)藉由微影技術來製造器件之檢驗方法，且係關於使用微影技術來製造器件之方法。

### 【先前技術】

微影裝置為將所要圖案施加至基板上(通常施加至基板之目標部分上)的機器。微影裝置可用於(例如)積體電路(IC)之製造中。在該情況下，圖案化器件(其或者被稱作光罩或比例光罩)可用以產生待形成於IC之個別層上的電路圖案。可將此圖案轉印至基板(例如，矽晶圓)上之目標部分(例如，包括晶粒之部分、一個晶粒或若干晶粒)上。通常經由成像至提供於基板上之輻射敏感材料(抗蝕劑)層上而進行圖案之轉印。一般而言，單一基板將含有經順次圖案化之鄰近目標部分的網路。已知微影裝置包括：所謂的步進器，其中藉由一次性將整個圖案曝光至目標部分上來輻照每一目標部分；及所謂的掃描器，其中藉由在給定方向(「掃描」方向)上經由輻射光束而掃描圖案同時平行或反平行於此方向而同步地掃描基板來輻照每一目標部分。亦有可能藉由將圖案壓印至基板上而將圖案自圖案化器件轉印至基板。

為了監控微影程序，需要量測經圖案化基板之參數，例如，形成於該基板中或該基板上之順次層之間的疊對誤差。存在用於進行在微影程序中所形成之顯微結構之量測的各種技術，包括掃描電子顯微鏡及各種專門工具之使

用。一種形式之專門檢驗工具為散射計，其中將輻射光束引導至基板之表面上之目標上，且量測散射光束或反射光束之屬性。藉由比較光束在其已藉由基板反射或散射之前與之後的屬性，可判定基板之屬性。此判定可(例如)藉由比較反射光束與儲存於相關於已知基板屬性之已知量測庫中的資料而進行。吾人已知兩種主要類型之散射計。光譜散射計將寬頻帶輻射光束引導至基板上，且量測經散射成特定窄角範圍之輻射的光譜(作為波長之函數的強度)。角解析散射計使用單色輻射光束，且量測作為角度之函數的散射輻射之強度。

儘管散射量測為表面之相對較快形式之分析，但僅量測散射輻射之強度可能不為最精確的量測，此係因為其可能未考量在不同方向上偏振之輻射之不同行為。舉例而言，若所量測之基板物件呈與一個偏振方向對準之光柵的形式，則在該方向上偏振之輻射將以與在正交方向上偏振之輻射極不同的方式散射。為了考量偏振方向，已設想使能夠量測正交偏振光束之特定參數的橢圓量測系統(ellipsometric system)。

通常，橢圓量測(ellipsometry)為散射光之偏振狀態之量測，而非僅僅量測照明光束內之強度變化。橢圓量測可量測兩個參數：兩個不同偏振光束之間的相位差( $\Delta$ )及兩個偏振光束之振幅比( $\tan\psi$ )。在使用此兩個參數的情況下，可描述純偏振光束之任何偏振狀態。

具體而言，若入射光束具有s偏振及p偏振兩者，則反射

光束將具有反射係數 $R_p$ 及 $R_s$ 。 $\Delta$ (德耳塔(Delta))為反射係數 $R_p$ 與反射係數 $R_s$ 之間的相位差，如在下文之方程式(1)中所給出。兩個偏振方向(或定向)之間的角度為 $\psi$ ，且因此， $\psi$ 與 $R_p$ 及 $R_s$ 之間的關係在方程式(2)中如下。

$$\Delta = \arg(R_p - R_s) \quad (1)$$

$$\tan\psi = R_p/R_s \quad (2)$$

可在許多教科書中找到關於橢圓量測 $\Delta$ 及 $\psi$ 之背景，例如，Azzam及Bashara之「Ellipsometry and Polarized Light」。

已經在諸如WO2009115342之專利申請案(可調整延遲器)及依據內部參照案P-2893.000-US(固定延遲器)申請的本發明之申請人之美國專利申請案中論述散射量測中橢圓量測技術之擴展。此等文件兩者係以引用之方式併入本文中。在此等建議中，已選擇相對於器具之x軸的兩個線性偏振輸入光束TM及TE之選擇。使用高NA接物鏡將此光投影至在測試中之光柵上，在該光柵處產生多個方位及多個入射角。在反射之後，在光瞳x軸及y軸附近之光主要保持為線性偏振。然而，在以45度之光瞳平面對角線上，不僅由於藉由反射之橢圓量測 $\Delta$ ，而且由於接物鏡中之相移，光束主要變為橢圓形。

此外，US 7369224揭示一種表面檢驗裝置，表面檢驗裝置包含：照明構件，照明構件用於使用線性偏振光照明經由預定圖案形成程序形成之具有一週期性之圖案，預定圖

案形成程序含有曝光形成於基板上之抗蝕劑層之程序；設定構件，設定構件用於設定基板之方向，使得線性偏振之振動平面與圖案之重複方向彼此傾斜；抽取構件，抽取構件用於自來自圖案之鏡面反射光中抽取具有垂直於線性偏振之平面之振動平面的偏振分量；及影像形成構件，影像形成構件用於基於經抽取光而形成基板之表面之影像。基於藉由影像形成構件形成的基板之表面之影像的光強度而規定圖案形成程序中之圖案形成條件。然而，此器件對於方位及入射兩者具有固定角度，選定角度對於該器件之操作係必不可少的。結果，其需要使用如同作為一種薄層之光柵的有效媒體方法用於計算。其可接著利用兩個折射率之差 $N_x-N_y$ 。此等情形表示此先前技術器件之弱點。

儘管橢圓量測在結合層厚度準確地判定折射率方面具有優於散射量測之優點，但尚未證明其在抗蝕劑中之光柵上藉由判定線寬CD(臨界尺寸)及側壁角度SWA之能力。然而，此情形可藉由用於TM光及TE光兩者之模擬予以示範。

圖1a及圖1b說明在具有高度 $D=3*CD$ 之矽上具有 $CD=14$ 奈米至46奈米之密集線之情況下的問題。其展示相對於CD所標繪的在單獨地使用散射計(具有菱形點之線)及散射計橢圓計組合(scattero-ellipso-combination)(具有方形點之線)之情況下所觀測的SWA中及CD中之雜訊(y軸)。自此可看出，在抗蝕劑光柵(且一般而言，任何光柵)之情況下，添加橢圓量測在線寬高於25奈米之任一情況下幾乎不提供

任何改良，且僅SWA量測在低於25奈米之CD的情況下稍微得以改良。

### 【發明內容】

需要在一散射計中提供一橢圓量測功能，其具有抗蝕劑中之光柵之線寬CD(臨界尺寸)及側壁角度SWA之改良的(亦即，有較少雜訊的)判定。

根據本發明之一態樣，提供一種量測一基板上之一光柵之一屬性的方法，該方法包含：

提供具有線性偏振之一輻射光束；

將該輻射光束以入射角及方位角之一範圍反射離開該光柵；

將一相移引入至該線性光束，藉此將其偏振更改成橢圓形；

將該反射輻射光束分裂成第一正交偏振子光束及第二正交偏振子光束；

將該等第一子光束之相位相對於該第二子光束移位達一固定量；及

同時地偵測兩種子光束之一角解析光譜；

其中該光柵及該輻射光束之該初始線性偏振相對於彼此非正交地成角度。

根據本發明之另一態樣，提供一種檢驗裝置，該檢驗裝置經組態以量測一基板上之一光柵之一屬性，該檢驗裝置包含：

一輻射源，該輻射源經組態以供應具有線性偏振之一輻



射光束；

一光學元件，該光學元件經組態以將該輻射光束以入射角及方位角之一範圍聚焦至一基板上，使得該輻射光束自該基板反射；

一偏振器件，該偏振器件經組態以將該輻射光束偏振成兩個不同偏振方向；

一固定相移器，該固定相移器經組態以將一第一偏振方向延遲達一預定量，以便將一固定相移強加於該反射輻射光束上；及

一偵測器系統，該偵測器系統經組態以同時地偵測該輻射光束之該兩個偏振方向之一角解析光譜；

其中該裝置經特定地調適以在該光柵及該輻射光束之該初始線性偏振相對於彼此非正交地成角度時進行該等量測。

### 【實施方式】

現將參看隨附示意性圖式而僅藉由實例來描述本發明之實施例，在該等圖式中，對應元件符號指示對應部分。

圖2a示意性地描繪微影裝置。該裝置包括：照明系統(照明器)IL，其經組態以調節輻射光束B(例如，UV輻射或EUV輻射)；支撐結構(例如，光罩台)MT，其經建構以支撐圖案化器件(例如，光罩)MA，且連接至經組態以根據特定參數來準確地定位該圖案化器件之第一定位器PM；基板台(例如，晶圓台)WT，其經建構以固持基板(例如，抗蝕劑塗佈晶圓)W，且連接至經組態以根據特定參數來準確

地定位該基板之第二定位器PW；及投影系統(例如，折射投影透鏡系統)PL，其經組態以將藉由圖案化器件MA賦予至輻射光束B之圖案投影至基板W之目標部分C(例如，包括一或多個晶粒)上。

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

支撐結構以取決於圖案化器件之定向、微影裝置之設計及其他條件(諸如圖案化器件是否被固持於真空環境中)的方式來固持圖案化器件。支撐結構可使用機械、真空、靜電或其他夾持技術來固持圖案化器件。支撐結構可為(例如)框架或台，其可根據需要而為固定或可移動的。支撐結構可確保圖案化器件(例如)相對於投影系統處於所要位置。可認為本文中對術語「比例光罩」或「光罩」之任何使用均與更通用之術語「圖案化器件」同義。

本文中所使用之術語「圖案化器件」應被廣泛地解釋為指代可用以在輻射光束之橫截面中向輻射光束賦予圖案以便在基板之目標部分中產生圖案的任何器件。應注意，例如，若被賦予至輻射光束之圖案包括相移特徵或所謂的輔助特徵，則圖案可能不會確切地對應於基板之目標部分中的所要圖案。通常，被賦予至輻射光束之圖案將對應於目標部分中所產生之器件(諸如積體電路)中的特定功能層。

圖案化器件可為透射或反射的。圖案化器件之實例包括光罩、可程式化鏡面陣列，及可程式化LCD面板。光罩在

微影中係熟知的，且包括諸如二元、交變相移及衰減相移之光罩類型，以及各種混合光罩類型。可程式化鏡面陣列之一實例使用小鏡面之矩陣配置，該等小鏡面中之每一者可個別地傾斜，以便在不同方向上反射入射輻射光束。傾斜鏡面將圖案賦予於藉由鏡面矩陣反射之輻射光束中。

本文中所使用之術語「投影系統」應被廣泛地解釋為涵蓋任何類型之投影系統，包括折射、反射、反射折射、磁性、電磁及靜電光學系統，或其任何組合，其適合於所使用之曝光輻射，或適合於諸如浸潤液體之使用或真空之使用的其他因素。可認為本文中對術語「投影透鏡」之任何使用均與更通用之術語「投影系統」同義。

如此處所描繪，裝置為透射類型(例如，使用透射光罩)。或者，裝置可為反射類型(例如，使用上文所提及之類型的可程式化鏡面陣列，或使用反射光罩)。

微影裝置可為具有兩個(雙載物台)或兩個以上基板台(及/或兩個或兩個以上光罩台)的類型。在此等「多載物台」機器中，可並行地使用額外台，或可在一或多個台上進行預備步驟，同時將一或多個其他台用於曝光。

微影裝置亦可為如下類型：其中基板之至少一部分可藉由具有相對較高折射率之液體(例如，水)覆蓋，以便填充投影系統與基板之間的空間。亦可將浸潤液體施加至微影裝置中之其他空間，例如，光罩與投影系統之間的空間。浸潤技術在此項技術中被熟知用於增加投影系統之數值孔徑。如本文中所使用之術語「浸潤」不意謂諸如基板之結

構必須浸漬於液體中，而是僅意謂液體在曝光期間位於投影系統與基板之間。

參看圖 2a，照明器 IL 自輻射源 SO 接收輻射光束。舉例而言，當輻射源為準分子雷射時，輻射源與微影裝置可為分離實體。在此等情況下，不認為輻射源形成微影裝置之部分，且輻射光束係憑藉包括(例如)適當引導鏡面及/或光束擴展器之光束傳送系統 BD 而自輻射源 SO 傳遞至照明器 IL。在其他情況下，例如，當輻射源為水銀燈時，輻射源可為微影裝置之整體部分。輻射源 SO 及照明器 IL 連同光束傳送系統 BD(在需要時)可被稱作輻射系統。

照明器 IL 可包括用於調整輻射光束之角強度分佈的調整器 AD。通常，可調整照明器之光瞳平面中之強度分佈的至少外部徑向範圍及/或內部徑向範圍(通常分別被稱作  $\sigma$  外部及  $\sigma$  內部)。此外，照明器 IL 可包括各種其他組件，諸如積光器 IN 及聚光器 CO。照明器可用以調節輻射光束，以在其橫截面中具有所要均一性及強度分佈。

輻射光束 B 入射於被固持於支撐結構(例如，光罩台) MT 上之圖案化器件(例如，光罩) MA 上，且係藉由該圖案化器件而圖案化。在橫穿圖案化器件(例如，光罩) MA 後，輻射光束 B 傳遞通過投影系統 PL，投影系統 PL 將該光束聚焦至基板 W 之目標部分 C 上。憑藉第二定位器 PW 及位置感測器 IF(例如，干涉量測器件、線性編碼器、2-D 編碼器或電容性感測器)，基板台 WT 可準確地移動，例如，以使不同目標部分 C 定位於輻射光束 B 之路徑中。類似地，第一定位

器PM及另一位置感測器(其未在圖2a中被明確地描繪)可用以(例如)在自光罩庫之機械擷取之後或在掃描期間相對於輻射光束B之路徑而準確地定位圖案化器件(例如,光罩)MA。一般而言,可憑藉形成第一定位器PM之部分的長衝程模組(粗略定位)及短衝程模組(精細定位)來實現支撐結構(例如,光罩台)MT之移動。類似地,可使用形成第二定位器PW之部分的長衝程模組及短衝程模組來實現基板台WT之移動。在步進器(相對於掃描器)之情況下,支撐結構(例如,光罩台)MT可僅連接至短衝程致動器,或可為固定的。可使用光罩對準標記M1、M2及基板對準標記P1、P2來對準圖案化器件(例如,光罩)MA及基板W。儘管所說明之基板對準標記佔用專用目標部分,但該等標記可位於目標部分之間的空間中(此等標記被稱為切割道對準標記)。類似地,在一個以上晶粒提供於圖案化器件(例如,光罩)MA上之情形中,光罩對準標記可位於該等晶粒之間。

所描繪裝置可用於以下模式中之至少一者中:

- 1.在步進模式中,在將被賦予至輻射光束之整個圖案一次性投影至目標部分C上時,使支撐結構(例如,光罩台)MT及基板台WT保持基本上靜止(亦即,單次靜態曝光)。接著,使基板台WT在X及/或Y方向上移位,使得可曝光不同目標部分C。在步進模式中,曝光場之最大大小限制單次靜態曝光中所成像之目標部分C的大小。

- 2.在掃描模式中,在將被賦予至輻射光束之圖案投影至

目標部分C上時，同步地掃描支撐結構(例如，光罩台)MT及基板台WT(亦即，單次動態曝光)。可藉由投影系統PL之放大率(縮小率)及影像反轉特性來判定基板台WT相對於支撐結構(例如，光罩台)MT之速度及方向。在掃描模式中，曝光場之最大大小限制單次動態曝光中之目標部分的寬度(在非掃描方向上)，而掃描運動之長度判定目標部分之高度(在掃描方向上)。

3.在另一模式中，在將被賦予至輻射光束之圖案投影至目標部分C上時，使支撐結構(例如，光罩台)MT保持基本上靜止，從而固持可程式化圖案化器件，且移動或掃描基板台WT。在此模式中，通常使用脈衝式輻射源，且在基板台WT之每一移動之後或在掃描期間的順次輻射脈衝之間根據需要而更新可程式化圖案化器件。此操作模式可易於應用於利用可程式化圖案化器件(諸如上文所提及之類型的可程式化鏡面陣列)之無光罩微影。

亦可使用對上文所描述之使用模式之組合及/或變化或完全不同的使用模式。

如圖2b所示，微影裝置LA形成微影單元LC(有時亦被稱作微影單元或叢集)之部分，其亦包括用以對基板執行曝光前程序及曝光後程序之裝置。通常，此等裝置包括用以沈積抗蝕劑層之旋塗器SC、用以顯影經曝光抗蝕劑之顯影器DE、冷卻板CH，及烘烤板BK。基板處置器或機器人RO自輸入/輸出埠I/O1、I/O2拾取基板、在不同程序裝置之間移動基板，且接著將基板傳送至微影裝置之裝載盤LB。通

常被集體地稱作塗佈顯影系統(track)之此等器件係在塗佈顯影系統控制單元TCU之控制下，塗佈顯影系統控制單元TCU自身係藉由監督控制系統SCS控制，監督控制系統SCS亦經由微影控制單元LACU而控制微影裝置。因此，不同裝置可經操作以最大化產出率及處理效率。

為了確保正確地且一致地曝光藉由微影裝置曝光之基板，需要檢驗經曝光基板以量測屬性，諸如後續層之間的疊對誤差、線厚度、臨界尺寸(CD)，等等。若偵測到誤差，則可對後續基板之曝光進行調整，尤其係在檢驗可足夠迅速且快速地進行以使得同一分批之其他基板仍待曝光的情況下。又，已經曝光之基板可被剝離及重做(以改良良率)或被捨棄，藉此避免對已知有缺陷之基板執行曝光。在基板之僅一些目標部分有缺陷的情況下，可僅對良好之該等目標部分執行另外曝光。

使用檢驗裝置來判定基板之屬性，且特別係判定不同基板或同一基板之不同層的屬性如何在層與層之間變化。檢驗裝置可整合至微影裝置LA或微影單元LC中，或可為單獨器件。為了實現最快速之量測，需要使檢驗裝置在曝光之後立即量測經曝光抗蝕劑層中之屬性。然而，抗蝕劑中之潛影具有極低對比度(在已曝光至輻射的抗蝕劑之部分與尚未曝光至輻射的抗蝕劑之部分之間僅存在極小的折射率差)，且並非所有檢驗裝置均具有足夠敏感性來進行潛影之有用量測。因此，可在曝光後烘烤步驟(PEB)之後採取量測，曝光後烘烤步驟(PEB)通常為對經曝光基板所進

行之第一步驟且其增加抗蝕劑之經曝光部分與未經曝光部分之間的對比度。在此階段，抗蝕劑中之影像可被稱作半潛伏的(semi-latent)。亦有可能進行經顯影抗蝕劑影像之量測(此時，抗蝕劑之經曝光部分或未經曝光部分已被移除)，或在圖案轉印步驟(諸如蝕刻)之後進行經顯影抗蝕劑影像之量測。後者可能性限制重做有缺陷基板之可能性，但仍可提供有用資訊。

圖3描繪可用於本發明之一實施例中的散射計SM1。該散射計包括寬頻帶(白光)輻射投影儀2，其將輻射投影至基板W上。反射輻射傳遞至光譜儀偵測器4，其量測鏡面反射輻射之光譜10(作為波長之函數的強度)。自此資料，可藉由處理單元PU來重新建構引起經偵測光譜之結構或剖面，例如，藉由嚴密耦合波分析及非線性回歸，或藉由與圖3之底部處所展示之模擬光譜庫比較。一般而言，對於重新建構，結構之通用形式係已知的，且根據對製造該結構所採用之程序的認識來假定一些參數，從而僅留下該結構之少許參數以自散射量測資料加以判定。此散射計可經組態為法向入射散射計或斜入射散射計。

圖4中展示可用於本發明之一實施例中的另一散射計SM2。在此器件中，藉由輻射源2發射之輻射係使用透鏡系統12而聚焦通過干涉濾光器13及偏振器17、藉由部分反射表面16反射且經由顯微鏡接物鏡15而聚焦至基板W上之結構30上，顯微鏡接物鏡15具有高數值孔徑(NA)，較佳地為至少0.9且更佳地為至少0.95。浸潤散射計可甚至具有數



值孔徑超過1之透鏡。反射輻射接著通過部分反射表面16而透射至偵測器18中，以便偵測散射光譜。可藉由處理單元PU來處理該光譜。該偵測器可位於處於透鏡系統15之焦距的背部投影式光瞳平面11中，然而，該光瞳平面可代替地藉由輔助光學器件(圖中未繪示)而再成像至該偵測器上。光瞳平面為輻射之徑向位置界定入射角且角位界定輻射之方位角所在的平面。偵測器較佳地為二維偵測器，使得可量測基板目標之二維角散射光譜。偵測器18可為(例如)CCD或CMOS感測器陣列，且可使用為(例如)每圖框40毫秒之積分時間。

舉例而言，通常使用參考光束來量測入射輻射之強度。為此，當輻射光束入射於光束分裂器16上時，將該輻射光束之部分透射通過該光束分裂器以作為朝向參考鏡面14之參考光束。接著將參考光束投影至同一偵測器18之不同部分上。

干涉濾光器13之集合可用以選擇在(比如)約405奈米至790奈米或甚至更低(諸如約200奈米至300奈米)之範圍內的所關注波長。干涉濾光器可為可調諧的，而非包括不同濾光器之集合。可使用光柵以代替干涉濾光器。

偵測器18可量測散射光在單一波長(或窄波長範圍)下之強度、單獨地在多個波長下之強度，或在一波長範圍內所積分之強度。此外，偵測器可單獨地量測橫向磁偏振光及橫向電偏振光之強度，及/或橫向磁偏振光與橫向電偏振光之間的相位差。

使用寬頻帶光源(亦即，具有寬光頻率或波長範圍(且因此具有寬顏色範圍)之光源)係可能的，其給出大光展量(etendue)，從而允許多個波長之混合。寬頻帶中之複數個波長較佳地各自具有為 $\delta\lambda$ 之頻寬及為至少 $2\delta\lambda$ (亦即，為該頻寬之兩倍)之間隔。若干輻射「源」可為已使用光纖束加以分裂的延伸型輻射源之不同部分。以此方式，可在多個波長下並行地量測角解析散射光譜。可量測3-D光譜(波長及兩個不同角度)，其含有多於2-D光譜之資訊的資訊。此情形允許量測更多資訊，其增加度量衡程序穩固性。此情形在EP1,628,164A中得以更詳細地描述。

基板W上之目標可為光柵，其經印刷(例如，使用上文所描述之微影系統)以使得在顯影之後，條狀物(bar)係由固體抗蝕劑線形成。或者，條狀物可被蝕刻至基板中。此圖案對微影投影裝置(特別係投影系統PL)中之色像差敏感，且照明對稱性及此等像差之存在將使其自身表現為經印刷光柵之變化。因此，使用經印刷光柵之散射量測資料來重新建構光柵(且因此判定在微影單元之任何部分中或在基板相對於微影單元之對準中是否存在誤差，該等誤差使其自身表現為目標之變化)。根據對印刷步驟及/或其他散射量測程序之認識，可將光柵之參數(諸如線寬及形狀)輸入至藉由處理單元PU執行之重新新建構程序。

圖5展示橢圓量測感測器(或橢圓計(ellipsometer))之實例，其可用以使用反射光之稍微不同參數來判定基板上之結構之形狀及其他屬性。來自源P之照明輻射係自基板W

之目標部分上之結構30反射，且在其自該基板之返回路程上，該照明輻射沿著存在於感測器中之三個光束分裂器之兩個本徵偏振中的一者線性地偏振(該等本徵偏振係相對於x方向或y方向予以量測，如圖5所示)。第一光束分裂器N-PBS將照明之部分反射至兩個另外光束分裂器：一個光束分裂器80將照明之部分發送至成像分支；且另一光束分裂器82將照明之部分發送至聚焦分支。第一光束分裂器N-PBS為將光束之其餘部分引導至相機CCD之非偏振光束分裂器。在已傳遞通過非偏振光束分裂器N-PBS後，偏振光束傳遞通過相位調變器90，相位調變器90之普通軸線及異常軸線已經定位成相對於x方向及y方向成 $45^\circ$ 。隨後，使用偏振光束分裂器(例如，渥拉斯頓(Wollaston)稜鏡50)將該光束劃分成其各別x偏振定向及y偏振定向，且該光束照射於相機CCD上。使用偏振光束之相對強度來判定該光束之不同部分之相對偏振定向。自該等相對偏振定向，可判定總體上結構30對該光束之效應。自結構30對該光束之效應，可判定該結構自身之屬性。

在光束經分裂且引導至相機CCD上時，該光束為TM(橫向磁)偏振光束或TE(橫向電)偏振光束。圖5中展示顯微鏡物鏡24之光瞳平面PP。正是在此光瞳平面PP處該顯微鏡物鏡聚焦自基板W之表面所反射及散射之輻射。正是在此光瞳平面PP處所產生之影像隨後使用透鏡或其他光學器件而被再產生於相機CCD上，使得所獲取影像含有可能最大量之資訊(亦即，因為在相機CCD之孔隙外部不存在輻射之

清晰度或散射損失)。

圖 5 亦展示定位於非偏振光束分裂器 N-PBS 與光束分裂器 50 之間的相位調變器 90，光束分裂器 50 在將偏振光束透射至相機 CCD 之前分離該等偏振光束。沿著相位調變器 90 之異常軸線及普通軸線所定向的  $eo$  座標系統亦在圖 5 中被展示為圓圈，且展示該異常軸線及該普通軸線相較於該系統之  $y$  軸及  $x$  軸的相對位置。 $E_o$  及  $E_e$  為分別沿著  $e$  方向及  $o$  方向之散射場之未知複數振幅 (complex amplitude)。出於此論述之目的，僅論及該等複數振幅之實數部分，該等實數部分論及反射率  $R$  (因此論及  $R_o$  及  $R_e$  或  $R_s$  及  $R_p$ )。在此系統中，相較於藉由相位調變器預界定之經改變相位，正是此反射率使該系統能夠判定結構 30 之參數。

在其他實施例中，省去相位調變器 90。在一情況下，代替相位調變器，可獲得來自單一入射光束之四個不同偏振反射子光束，以便自每一子光束之量測強度量測四個已知偏振之振幅差 ( $\Delta$ ) 及相位差 ( $\psi$ )。結構 30 對輻射光束之效應對於每一偏振方向係不同的，且因此，量測具有不同偏振方向之每一子光束之屬性會引起結構 30 之重新建構。然而，在輻射光束已自基板之表面反射之後操縱輻射光束會引起將誤差併入至量測中之風險。

在另一實例中，另一方面，不使用另外器件將光束分裂成子光束。在此實例中，在如圖 6 所示之基礎裝置 (但代替使用相位調變器 90) 中，相移 (或延遲  $\delta$ ) 係固定的。對於給定波長，相移可為未知的，但可自完整光瞳結果之資料分

析予以判定，此將在稍後加以描述。圖6中描繪此裝置。

在任一實例中，具有已知偏振狀態 $p$ 的來自源 $P$ 之固定波長之光或輻射係自待研究的基板 $W$ 之表面上之目標30反射。出於校準目的，目標30可簡單地為基板之平面表面。固定波長光或輻射以多個入射角(例如， $\theta_i=0^\circ$ 至 $80^\circ$ )且以所有方位角( $A=0^\circ$ 至 $360^\circ$ )反射。取決於可用之處理能力，亦可出於校準及其他目的而選擇在此等範圍內(或甚至在入射角之所列出範圍外)之範圍。反射光或輻射光束(作為入射光束)由具有不同偏振狀態之光射線之完全可用範圍組成。反射光或輻射係藉由顯微鏡物鏡24接收且聚焦於光瞳平面 $PP$ 上，反射光或輻射係出於與關於圖5所給出之原因相同的原因而被再生於相機 $CCD$ 處。

經量測輻射光束之徑向位置係與入射光束之入射角成比例。自如圖7所示之正 $x$ 軸計算經量測輻射光束之方位角 $A$ ，在該正 $x$ 軸處將入射光束之方位角標註為 $A_i$ 。在校準步驟期間，以所有入射角及所有方位角偵測及記錄輻射光束且自平面表面反射輻射光束，使得光束之偏振狀態應不受影響。知道光束取決於其入射角及其方位角將像何物會實現在極座標中光束之描述，該描述對於反射光束之 $CCD$ 相機處之量測係有用的。光束之「描述」將採取如圖8所示之影像的形式，其中影像之中心展示沿著法線 $N$ (或圖5之 $z$ 軸 $z$ )反射至基板之輻射之強度，且影像之外部周邊展示以與法線 $N$ 所成之最大角度(例如， $80^\circ$ )所反射之輻射之強度。

可使用諸如圖3或圖4所示之散射計的散射計之基礎設置。顯微鏡物鏡24接收自存在於基板W上之結構30所反射的光束。入射光束可能在反射離開結構30之前已傳遞通過該顯微鏡物鏡，或入射光束可能已使用其他構件而聚焦。為了能夠量測針對所有方位角以及入射角之反射光束，入射光束具有圓形(或橢圓形)偏振而非線性偏振，從而使能夠量測所有偏振方向且減少在反射期間損失一些光束之風險。因為即使來自一個偏振狀態之資訊損失，但若干偏振狀態仍被量測，所以損失風險會減少。

用於每一量測之入射光具有固定波長且具有已知偏振狀態。如上文所描述，以多個入射角( $0^\circ$ 至 $80^\circ$ )且以所有方位角( $0^\circ$ 至 $360^\circ$ )研究相同波長及偏振狀態。返回或反射光束由具有不同偏振狀態之實際上無限數目個射線組成。

圖7展示具有強度 $I_i$ 之入射光束，其與法線N或z軸成入射角 $\theta_i$ 且與x軸成方位角 $A_i$ 。入射光束自基板W之表面反射，且作為與法線N成反射角 $\theta_r$ 且與x軸成方位角 $A_r$ 之反射光束而在新方向上予以發送。藉由光束分裂器50將反射光束分裂成具有強度 $I_x$ 及 $I_y$ 之兩個子光束。由於該光束分裂器工作之方式，該兩個子光束具有不同偏振狀態，此情形可在圖8中看出。在此強烈簡化實例中，入射光束中之兩個偏振狀態之間的強加延遲或相移 $\delta$ 變成反射且分裂之子光束之複數振幅之間的相位差 $\Delta$ 。

圖8將第一偏振方向展示為圓圈且將第二偏振方向展示為橫越光束方向之線。將e振幅與o振幅之間的相移或延遲

$\delta$  展示為此兩個代表性符號之間的距離。延遲  $\delta$  較佳地為大約  $90^\circ$  或  $270^\circ$ 。可藉由可變延遲器(圖 5 之實例)或固定延遲器(圖 6 之實例)(諸如四分之一波片)產生此延遲。若該延遲不係確切地已知的，則可自離對角線或全光瞳資訊之結果導出此延遲，此將在稍後加以論述。

可藉由組合兩個強度  $I_x$  及  $I_y$  而在相機處重新建構橢圓形偏振光束，兩個強度  $I_x$  及  $I_y$  為具有由可變相移器  $90^\circ$ /固定相移器  $100^\circ$  導致之相對相移  $\delta$  之光束的兩個量測強度，且表示兩個不同偏振光束之強度。

使用以下公式給出平均強度  $m$ ：

$$m = I_x + I_y \quad (3),$$

其中該等強度之間的差為：

$$d = I_y - I_x \quad (4)$$

對於無光柵結構之表面，針對  $p$  之反射率 ( $R_p$ ) 及針對  $s$  之反射率 ( $R_s$ ) 基本上獨立於方位角  $A$ ，此情形對於用於校準目的之大多數空白表面亦成立。此意謂兩個偏振子光束之反射係數  $R_p$  及  $R_s$  (及其組合) 不為  $A$  之函數。另一方面，強度  $I$  取決於  $A$ ，以及取決於反射率  $R$ 。

平均強度  $m$  不取決於延遲 ( $\delta$ )，此係因為僅僅將偏振子光束之兩個強度加在一起且可易於在偵測器處量測單一合成強度(對於簡單層堆疊)：

$$m = I_x + I_y = Rp^2(C_4 + C_2S_2) + Rs^2(S_4 + C_2S_2)$$

因此

$$m = 0.5(Rp^2 + Rs^2) + 0.5C(2A)(Rp^2 - Rs^2) \quad (5),$$

其中

$$\begin{aligned} C_4 &= \cos(A)^4 \\ S_4 &= \sin(A)^4 \\ C_2S_2 &= \cos(A)^2 \sin(A)^2 \\ C_3S &= \cos(A)^3 \sin(A) \\ CS_3 &= \cos(A) \sin(A)^3 \\ C(2A) &= \cos(2A) \end{aligned} \quad (6)$$

在知道入射光束之方位角 A 及來自偵測器量測之 m 的情況下，可將以下方程式用於方程式 (5) 中導出 tan P：

$$\tan \psi = \frac{Rp}{Rs} \text{ 或 } \psi = \arctan\left(\frac{Rp}{Rs}\right) \quad (7)、(8)$$

另一方面，當考慮該等強度之間的差時，因為在具有不同偏振狀態之兩個子光束之間存在相位差，所以判定兩個狀態之強度之間的差會考量該相位差。此外，兩個子光束之間的強度差取決於所施加之相移或延遲  $\delta$  且取決於在反射之後的合成相位差  $\Delta$ 。因此，將該等強度之間的差(對於簡單層堆疊)給定為：

$$\begin{aligned} d = I_y - I_x &= \{Rp^2(C_4 - C_2S_2) + Rs^2(S_4 - C_2S_2)\} \cos(\delta) + \dots \\ &\dots RpRs \{ \cos(\Delta) \cos(\delta) 4C_2S_2 + \sin(\Delta) \sin(\delta) 2(C_3S + CS_3) \} \end{aligned} \quad (9)$$

當  $\delta$  係已知的或如將在稍後關於圖 9、圖 10、圖 11 及圖 12



所論述予以估計時，且當自上文之方程式(5)及(8)判定 $R_p$ 及 $R_s$ 時，易於獲得 $\text{Cos}\Delta$ (偏振狀態之間的相位差)。

無論是在基板W上之結構之校準期間或是在基板W上之結構之重新建構期間，均針對 $I_x$ 及 $I_y$ 之已知值重新建構橢圓形偏振光束。將橢圓形偏振光束之強度之關係應用於個別分量之振幅會給出可輸入至上文之方程式(1)及(2)中的振幅。藉此，經重新建構光束給出相位差( $\Delta$ )及相對振幅對準( $\tan\psi$ )，因此引起結構30之參數。換言之，只要延遲 $\delta$ 係已知的(或如下文所描述予以估計)，就可藉由量測在每一像素處之兩個接收強度的平均值及針對每一像素之兩個強度之間的差(其係在圖5或圖6之CCD相機上予以量測)來判定所要參數 $\Delta$ 及 $\psi$ 。

圖9、圖10、圖11及圖12描繪藉由圖5之相機CCD接收的橢圓量測資料。圖9、圖10、圖11及圖12之軸線上的數目為來自CCD相機之像素數目，且影像與自基板之表面拾取反射輻射及散射輻射的顯微鏡物鏡之光瞳平面處的影像相同。暗區段是與標度之頂部相關或是與標度之底部相關係藉由標註A及B展示。每一圖之中心點為光瞳平面之中心，其表示在法線上行進之輻射。「批」(lot)或基板W之邊緣被成像於光瞳平面之邊緣處，且在影像之此部分上的像素展示已以最大角度(例如，與法線所成之 $80^\circ$ )所反射之輻射。

具體而言，圖9展示針對每一像素在照射於相機CCD上之輻射光束之反射角範圍內的平均強度 $m$ 。在圖9所示之實

例中，已使用550奈米波長之輻射。

圖10展示在反射輻射光束及散射輻射光束之同一區域內且亦針對每一像素的強度之間的差 $d$ 。自如圖9及圖10所示之平均強度 $m$ 及強度差 $d$ 評估 $\psi$ 及 $\Delta$ 係分別使用上文所列出之方程式(5)及(9)而進行。

關於方程式(9)，當延遲 $\delta$ 係未知的(或係不夠準確地已知的)時，諸如當使用固定延遲器(圖6之實例)時，進行一迭代程序(其可藉由一最佳化演算法進行)以判定 $\delta$ 之值，以便隨後判定 $\Delta$ 之值。首先，估計 $\delta$ 之值。當使用四分之一波片時，良好估計為1.5弧度(或大約 $B/2$ 弧度；亦即， $90^\circ$ )。此係因為四分之一波片使一個偏振方向滯後達四分之一波長，從而有效地使總光束之偏振轉向達 $B/2$ 弧度(且使線性偏振光變成圓形偏振光)。因此，相移 $\delta$ 很可能為大約1.5弧度。

將 $\delta$ 之此估計輸入至上文之方程式(9)之第一部分中。藉此，針對每一像素計算 $d$ 之值。圖10中展示 $d$ 之此等值。若已正確地估計 $\delta$ ，則函數

$$d - [Rp^2(C_4 - CS_2) + Rs^2(S_4 - CS_2)] * \cos(\delta) \quad (10)$$

應圍繞對角線對稱且其分量應不具有軸向對稱性。若不為此情況，則使 $\delta$ 之估計迭代地變化，直至 $d$ 之 $x$ 軸值及 $y$ 軸值僅展示對角線對稱性為止。

圖11展示 $\psi$ 之像素值，該等像素值係使用對來自 $m$ 之值在相機 $m$ 處之偵測及 $m$ 之值至方程式(5)中之插入的 $m$ 之值

的認識予以導出。在假定延遲 $\delta$ 為1.50弧度的情況下，圖11中展示 $\psi$ 之影像。

圖12中展示 $\Delta$ 之像素值，其中 $d$ 之值係來自圖10且 $\delta$ 之值係自方程式(9)予以判定。圖11及圖12描繪 $\psi$ 及 $\Delta$ 兩者之變化，其可經量測及解譯以導出表面之形狀，已使輻射光束自該形狀偏轉。影像中之不對稱性以及自影像之外部至中心之陰影變化引起可量測參數變化，其可用以在藉由偵測器接收輻射光束時重新建構輻射光束，且藉此判定基板表面對輻射光束之效應。表面對輻射光束之效應係與表面上之任何物件之形狀有直接聯繫，且因此，可導出此效應。

因此，可自如圖11及圖12所示之橢圓量測資料判定 $\psi$ 及 $\Delta$ 之變化。所描述裝置及方法之益處在於：可同時地量測強度，使得不損失量測時間且該量測實際上與基礎散射計一樣快，但具有分離偏振狀態之分離量測的益處。此情形使能夠使用諸如雷射之脈衝式光源。此外，相移器可為具有約 $90^\circ$ 延遲之簡單四分之一波片。此意謂需要將較少硬體添加至現有散射計，以便能夠允許大得多的分析深度。具體而言，所描述橢圓計允許量測之全光瞳分析，而不僅僅係在方位角 $A=45^\circ$ 及 $A=135^\circ$ 對角線上。因為所有反射角事實上先前尚不可用於上文之方程式(5)及(9)中，所以此全光瞳方法先前係尚不可能的。在藉由相移器之未知延遲的情況下，可自關於沿著 $x/y$ 軸之對稱性或沿著 $45^\circ/135^\circ$ 對角線之對稱性的離對角線資訊獲得延遲 $\delta$ ，如上文所描述。可使用最佳化演算法快速地獲得延遲 $\delta$ 之此判定，且隨之

迅速地得到P及 $\Delta$ 之值。

在實驗期間已發現，自強度總和m(作為A、Rp及Rs之函數)之影像及強度差d(作為A、Rp、Rs、 $\delta$ 及 $\Delta$ 之函數)之影像，對於自延遲器100所引入之相位 $\delta$ 之單一已知量，可得知 $\Delta$ 之橢圓量測值。

進行此過程之方式係根據在可在橢圓量測 $\Delta$ 及 $\psi$ 兩者以及散射量測Rp及Rs獨立於方位角A之情況下使用菲涅耳(Fresnel)方程式時於多層基板上之量測。自一個單一可量測函數d且在併有已知 $\delta$ 的情況下，可使用自上文之方程式(9)所導出之公式得知橢圓量測 $\Delta$ (對於簡單層堆疊)：

$$d = p(A, R_p, R_s) * \cos(\delta) + q(A, R_p R_s) * \cos(\delta) * \cos(\Delta) + r(A, R_p R_s) * \sin(\delta) * \sin(\Delta)$$

(11)

$$d = p(A, R_p, R_s) * \cos(\delta) + q(A, R_p R_s) * \cos(\delta) * x + r(A, R_p R_s) * \sin(\delta) * \sqrt{1-x^2}$$

(12)

在比較此情形與具有上文所描述之使用可變相移器之類型之相位步進器橢圓計的情況下，益處在於數學之相對簡單性，此係因為在使用固定 $\delta$ 時無需作為所記錄之傅立葉(Fourier)方法的 $d(\delta)$ 之標繪圖集合。

使用固定相位橢圓計之關鍵係儘可能精確地判定固定相位值 $\delta$ 。在本發明中，可自函數d之方位角相依性之結構得知 $\delta$ 之值。具體而言，在函數p圍繞x軸及y軸鏡面對稱且函數q及r兩者圍繞對角線均鏡面對稱的意義上，來自方程式(11)之d之子函數p(A, Rp, Rs)與d之子函數q(A, Rp, Rs)及

$r(A, R_p, R_s)$ 不同地表現。在使用此屬性的情況下，方程式(11)及(12)之變數之直接分離係可能的，此情形引起 $d$ 之判定。此在下文關於圖13至圖18加以解釋。

第一步驟係最佳化 $\delta$ 之(未知的，但可更改的)值，使得 $d - p \cdot \cos(\delta)$ 僅具有沿著對角線所留下之對稱性。

圖13展示針對仍未知之固定相位 $\delta$ 之函數 $d$ 的標繪圖。圖14及圖15展示函數 $p(A, R_p, R_s)$ 之兩個分量。自經量測函數 $d$ 減去此等分量。若 $\delta$ 經正確地選擇以使得僅存在沿著對角線之對稱性且進行減法( $d - p \cdot \cos(\delta)$ )，則結果為僅圍繞對角線對稱之影像，如圖16所示。

圖17及圖18給出分量 $q$ 及 $r$ ， $d$ 之影像係由分量 $q$ 及 $r$ 建置。可藉由沿著對角線獲取圖16之鏡面影像進行最佳化 $\delta$ 。可接著比較此鏡面影像與原始圖16(亦即，自原始圖16減去此鏡面影像)以判定對稱性之差。以此方式，有可能以0.01弧度之準確性判定 $\delta$ 。可使用約1.52弧度或 $0.25 \cdot \lambda$ 波長之相移導出 $\Delta$ 之最可靠值。

橢圓量測比較 $p$ 偏振分量之反射率與 $s$ 偏振分量之反射率。當使用沿著 $x$ 軸或 $y$ 軸之線性偏振光時，在反射之後的 $0^\circ$ 及 $90^\circ$ 之方位角( $A$ )上，來自其他偏振角度之資訊將丟失。此意謂發現橢圓量測在 $A=45^\circ$ 、 $135^\circ$ 、 $225^\circ$ 及 $315^\circ$ 之方位角下處於其最佳狀態，此情形亦可藉由方程式9看出。

然而，橢圓量測對基板上之抗蝕劑光柵之 $CD$ 、 $SWA$ 及厚度的最敏感區係針對平行於 $x$ 軸及 $y$ 軸之方位角。因而，

預期對 $\Delta$ 之最大橢圓量測效應係在光柵x軸及y軸上，而器具在圍繞光瞳對角線處之方位角下係最敏感的。此情形為可如下文依據兩個不同實施例所描述予以解決的嚴重失配。

在第一實施例中，使用圖6或圖7之散射計/橢圓計組合式器具來量測抗蝕劑光柵之CD、SWA及厚度，其中所量測之抗蝕劑光柵在接物鏡下旋轉45度，且因此相對於線性偏振入射光之方向旋轉 $\pm 45$ 度(或與其正交之任何角度)。

圖19a展示光柵之習知定向，且圖19b展示經旋轉標記，其可以其他方式予以讀取以使用如在圖5或圖6中所建議之器具在無任何調適之情況下以有較少雜訊方式獲得想要CD及SWA資訊。圖20展示在使用此方法時之簡化光路。展示光柵125及CCD 124，而如前所述，延遲器122係在45度下且渥拉斯頓稜鏡123與器具之x/y平面成0度。

在第二可能配置中，無需旋轉待量測光柵，而是必須相應地改變散射計/橢圓計組合及入射光源。

圖21展示此配置，其中量測光柵125。此配置使用 $+45$ 度或 $-45$ 度線性偏振光以代替先前實例之x/y軸(TM或TE)線性偏振光。由於在x軸及y軸上之橢圓量測敏感性，需要將延遲器122置放成使得其主軸沿著y方向，且因而，必須將分離兩個不同偏振 $I_x$ 及 $I_y$ 之渥拉斯頓稜鏡123定位成與機器x軸成45度。

光柵125相較於入射光及渥拉斯頓稜鏡123之故意旋轉導

致散射計對在45度下之圓錐形反射最敏感，且導致橢圓計對光柵之x軸及y軸最敏感，其中獨立模擬已展示出應預期對至少SWA之高敏感性。

圖22a為針對此新方法相對於CD所標繪的在使用散射計(具有菱形點之線)及散射計橢圓計組合(具有方形點之線)之情況下所觀測的SWA中之雜訊的曲線圖，以用於與圖2a進行比較。同等地，圖22b為針對此新方法相對於CD所標繪的在使用散射計(具有菱形點之線)及散射計橢圓計組合(具有方形點之線)之情況下所觀測的CD中之雜訊的曲線圖，以用於與圖2b進行比較。可看出，光柵之相對旋轉導致在SWA上散射計之效能稍微劣化，但橢圓計之效能現對於相當大範圍之臨界尺寸而好3倍。

圖23a為對於寬間距光柵(諸如當CD:間距之比率為1:10時)針對此新方法相對於CD所標繪的在使用散射計及散射計橢圓計組合(具有菱形點之線)之情況下所觀測的SWA中之雜訊的曲線圖，且圖23b為相對於CD之CD雜訊的對應曲線圖。自此可看出，在SWA方面獲得2倍之雜訊減少改良，且在量測CD時獲得高達5倍之雜訊減少改良。

儘管在本文中可特定地參考微影裝置在IC製造中之使用，但應理解，本文中所描述之微影裝置可具有其他應用，諸如製造整合光學系統、用於磁疇記憶體之導引及偵測圖案、平板顯示器、液晶顯示器(LCD)、薄膜磁頭，等等。熟習此項技術者應瞭解，在此等替代應用之內容背景中，可認為本文中對術語「晶圓」或「晶粒」之任何使用

分別與更通用之術語「基板」或「目標部分」同義。可在曝光之前或之後在(例如)塗佈顯影系統(通常將抗蝕劑層施加至基板且顯影經曝光抗蝕劑之工具)、度量衡工具及/或檢驗工具中處理本文中所提及之基板。適用時，可將本文中之揭示應用於此等及其他基板處理工具。另外，可將基板處理一次以上，(例如)以便產生多層IC，使得本文中所使用之術語「基板」亦可指代已經含有多個經處理層之基板。

儘管上文可特定地參考在光學微影之內容背景中對本發明之實施例的使用，但應瞭解，本發明可用於其他應用(例如，壓印微影)中，且在內容背景允許時不限於光學微影。在壓印微影中，圖案化器件中之構形(topography)界定產生於基板上之圖案。可將圖案化器件之構形壓入被供應至基板之抗蝕劑層中，在基板上，抗蝕劑係藉由施加電磁輻射、熱、壓力或其組合而固化。在抗蝕劑固化之後，將圖案化器件移出抗蝕劑，從而在其中留下圖案。

本文中所使用之術語「輻射」及「光束」以及「光」涵蓋所有類型之電磁輻射，包括紫外線(UV)輻射(例如，具有為或為約365奈米、355奈米、248奈米、193奈米、157奈米或126奈米之波長)及極紫外線(EUV)輻射(例如，具有在為5奈米至20奈米之範圍內的波長)；以及粒子束(諸如離子束或電子束)。

術語「透鏡」在內容背景允許時可指代各種類型之光學組件中之任一者或其組合，包括折射、反射、磁性、電磁



及靜電光學組件。

雖然上文已描述本發明之特定實施例，但應瞭解，可以與所描述之方式不同的其他方式來實踐本發明。舉例而言，本發明可採取如下形式：電腦程式，該電腦程式含有描述如上文所揭示之方法之機器可讀取指令的一或多個序列；或資料儲存媒體(例如，半導體記憶體、磁碟或光碟)，該資料儲存媒體具有儲存於其中之此電腦程式。

舉例而言，涉及程式設計之電腦系統之軟體功能性(包括可執行程式碼)可用以實施上文所描述之檢驗方法。軟體程式碼可藉由通用電腦執行。在操作中，可將程式碼及(可能地)相關資料記錄儲存於通用電腦平台內。然而，在其他時間，可將軟體儲存於其他部位處及/或予以輸送用於載入至適當通用電腦系統中。因此，上文所論述之實施例涉及以藉由至少一機器可讀取媒體攜載之程式碼之一或多個模組之形式的一或多個軟體產品。藉由電腦系統之處理器來執行此等程式碼會使該平台能夠基本上以本文中所論述及說明之實施例中所執行之方式來實施功能。

如本文中所使用，諸如電腦或機器「可讀取媒體」之術語指代參與將指令提供至處理器以供執行之任何媒體。此媒體可採取許多形式，包括(但不限於)非揮發性媒體、揮發性媒體及傳輸媒體。非揮發性媒體包括(例如)光碟或磁碟，諸如上文所論述而操作之任何電腦中之儲存器件中的任一者。揮發性媒體包括動態記憶體，諸如電腦系統之主記憶體。實體傳輸媒體包括同軸電纜、銅線及光纖，包括

包含在電腦系統內之匯流排的導線。載波傳輸媒體可採取如下形式：電信號或電磁信號；或聲波或光波，諸如在射頻(RF)及紅外線(IR)資料通信期間所產生之聲波或光波。因此，普通形式之電腦可讀取媒體包括(例如)：軟碟、撓性碟、硬碟、磁帶、任何其他磁性媒體、CD-ROM、DVD、任何其他光學媒體、較不常用之媒體(諸如打孔卡、紙帶、具有孔圖案之任何其他實體媒體)、RAM、PROM及EPROM、FLASH-EPROM、任何其他記憶體晶片或晶匣、輸送資料或指令之載波、輸送此載波之電纜或鏈路，或可供電腦讀取或發送程式碼及/或資料之任何其他媒體。可在將一或多個指令之一或多個序列攜載至處理器以供執行時涉及許多此等形式之電腦可讀取媒體。

以上描述意欲為說明性而非限制性的。因此，對於熟習此項技術者將顯而易見，可在不脫離下文所闡明之申請專利範圍之範疇的情況下對所描述之本發明進行修改。

### 【圖式簡單說明】

圖1a為使用已知方法所獲得之相對於CD所標繪的在使用散射計及散射計橢圓計組合之情況下所觀測的SWA中之雜訊的曲線圖；

圖1b為使用已知方法所獲得之相對於CD所標繪的在使用散射計及散射計橢圓計組合之情況下所觀測的CD中之雜訊的曲線圖；

圖2a及圖2b描繪根據本發明之一實施例的微影單元或叢集；

圖3描繪根據本發明之一實施例的第一散射計；

圖4描繪根據本發明之一實施例的第二散射計；

圖5描繪根據本發明之一實施例的檢驗裝置；

圖6描繪根據本發明之另一實施例的檢驗裝置；

圖7描繪根據本發明之一實施例的輻射光束之行為；

圖8描繪輻射光束之偏振狀態之行為；

圖9至圖12描繪根據本發明之一實施例的橢圓量測資料之量測；

圖13、圖14、圖15、圖16、圖17及圖18描繪用以判定 $\delta$ 之實驗量測；

圖19a展示光柵之習知定向，且圖19b展示根據本發明之一實施例的相對於此定向所旋轉之標記；

圖20展示根據本發明之一實施例的使用圖5或圖6所描繪之裝置之簡化光路；

圖21展示根據本發明之一另外實施例的使用圖5或圖6所描繪之裝置之簡化光路；

圖22a為使用根據本發明之一實施例的方法所獲得之相對於CD所標繪的在使用散射計及散射計橢圓計組合之情況下所觀測的SWA中之雜訊的曲線圖；

圖22b為使用根據本發明之一實施例的方法所獲得之相對於CD所標繪的在使用散射計及散射計橢圓計組合之情況下所觀測的CD中之雜訊的曲線圖；

圖23a為使用根據本發明之一實施例的方法所獲得之相對於CD所標繪的在使用散射計及散射計橢圓計組合之情

況下所觀測的SWA中之雜訊的曲線圖；及

圖23b為使用根據本發明之一實施例的方法所獲得之相對於CD所標繪的在使用散射計及散射計橢圓計組合之情況下所觀測的CD中之雜訊的曲線圖。

**【主要元件符號說明】**

2	寬頻帶(白光)輻射投影儀/輻射源
4	光譜儀偵測器
10	光譜
11	背部投影式光瞳平面
12	透鏡系統
13	干涉濾光器
14	參考鏡面
15	顯微鏡接物鏡/透鏡系統
16	部分反射表面/光束分裂器
17	偏振器
18	偵測器
24	顯微鏡物鏡
30	基板上之結構
50	渥拉斯頓稜鏡/光束分裂器
80	光束分裂器
82	光束分裂器
90	相位調變器/可變相移器
100	固定相移器
122	延遲器

123	渥拉斯頓稜鏡
124	CCD
125	光柵
AD	調整器
B	輻射光束
BD	光束傳送系統
BK	烘烤板
C	目標部分
CCD	相機
CH	冷卻板
CO	聚光器
DE	顯影器
IF	位置感測器
IL	照明系統/照明器
IN	積光器
I/O1	輸入/輸出埠
I/O2	輸入/輸出埠
LA	微影裝置
LACU	微影控制單元
LB	裝載盤
LC	微影單元
M1	光罩對準標記
M2	光罩對準標記
MA	圖案化器件

MT	支撐結構
N-PBS	第一光束分裂器/非偏振光束分裂器
P	源
P1	基板對準標記
P2	基板對準標記
PL	投影系統
PM	第一定位器
PP	顯微鏡物鏡之光瞳平面
PU	處理單元
PW	第二定位器
RO	機器人
SC	旋塗器
SCS	監督控制系統
SM1	散射計
SM2	散射計
SO	輻射源
TCU	塗佈顯影系統控制單元
TE	輸入光束
TM	輸入光束
W	基板
WT	基板台

# 發明專利說明書

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：100109203

※申請日：100.3.17

※IPC 分類：H01L 21/66 (2006.01)

## 一、發明名稱：(中文/英文)

檢驗方法及裝置及相關電腦可讀取產品

INSPECTION METHOD AND APPARATUS, AND ASSOCIATED  
COMPUTER READABLE PRODUCT.

## 二、中文發明摘要：

本發明揭示一種系統，該系統經組態以在兩個分離偏振光束自一基板繞射後隨即量測該兩個分離偏振光束，以便判定一基板上之一光柵之屬性。經由一固定相位延遲器傳遞線性偏振光源，以便改變兩個正交偏振輻射光束中之一者相對於該兩個光束中之另一者的相位。該兩個輻射光束之該等相對相位及如在一偵測器中所量測的該等光束之其他特徵引起基板表面之屬性。該光柵及該輻射光束之初始線性偏振相對於彼此非正交地成角度。

### 三、英文發明摘要：

A system is configured to measure two separately polarized beams upon diffraction from a substrate in order to determine properties of a grating on a substrate. Linearly polarized light sources are passed via a fixed phase retarder in order to change the phase of one of two orthogonally polarized radiation beams with respect to the other of the two beams. The relative phases of the two radiation beams and other features of the beams as measured in a detector gives rise to properties of the substrate surface. The grating and the initial linear polarization of said radiation beam are angled non-orthogonally relative to each other.



## 七、申請專利範圍：

1. 一種量測一基板上之一光柵之一屬性的方法，該方法包含：

提供具有線性偏振之一輻射光束；

將該輻射光束以入射角及方位角之一範圍反射離開該光柵；

將一相移引入至該線性光束，藉此將其偏振更改成橢圓形；

將該反射輻射光束分裂成第一正交偏振子光束及第二正交偏振子光束；

將該等第一子光束之相位相對於該第二子光束移位達一固定量；及

同時地偵測兩種子光束之一角解析光譜；

其中該光柵及該輻射光束之該初始線性偏振相對於彼此非正交地成角度。

2. 如請求項1之方法，其中該光柵與該輻射光束之該初始線性偏振之間的該角度為大約45度、135度、225度或315度。
3. 如請求項1或2之方法，其中該輻射光束之該初始線性偏振平行於所使用之系統之主軸中之一者，該光柵在量測期間相應地成角度。
4. 如請求項1或2之方法，其中該光柵在經對準成平行於所使用之該系統之該等主軸中之一者時被量測，該輻射光束之該初始線性偏振與該主軸成一非正交角度。

5. 如請求項1或2之方法，其進一步包含：

量測該輻射光束之一方位角(A)；

偵測該等第一及第二子光束之強度(m)；

自該方位角(A)及該強度(m)導出該等第一及第二子光束之反射率( $R_p$ 、 $R_s$ )；

評估該兩個子光束之兩個偏振方向之間的一角度(P)；及

自該兩個子光束之該兩個偏振方向之間的該角度(P)之一預定模型判定由一變化引起的該基板之表面之一屬性。

6. 如請求項5之方法，其中：

使用以下方程式導出該等第一及第二子光束之該反射率( $R_p$ 、 $R_s$ )：

$$m = 0.5(R_p^2 + R_s^2) + 0.5 \cos(2A)(R_p^2 - R_s^2)；且$$

使用以下方程式評估該兩個子光束之該兩個偏振方向之間的該角度( $\psi$ )：

$$\tan \psi = R_p / R_s。$$

7. 如請求項1或2之方法，其中可藉由一個四分之一波片使該相位移位，該方法進一步包括判定確切相移。

8. 如請求項7之方法，其進一步包含：

量測該輻射光束之一方位角(A)；

判定在自該基板表面反射之前該兩個子光束之間的該相移( $\delta$ )之值；

計算該兩個子光束之該等強度之間的差(d)；

導出在反射之後該等子光束之該偏振方向之間的相位

差( $\Delta$ )；及

自該兩個子光束之該兩個偏振方向之間的該相位差( $\Delta$ )之一預定模型判定由一變化引起的該基板表面之一屬性。

9. 如請求項8之方法，其中判定該相移( $\delta$ )之該值包含：

估計該第一子光束之該相移( $\delta$ )之一值；

自每一子光束之間的強度(I)之該差(d)、該兩個子光束之該等反射係數( $R_p$ 、 $R_s$ )之間的該相位差( $\Delta$ )及該估計相移( $\delta$ )計算針對該等子光束之一經偵測影像之每一像素的d之值；及

進行一最佳化計算以基於d之該計算值來判定 $\delta$ 之正確值。

10. 如請求項9之方法，其中使用以下方程式計算d之該值：

$$d = I_y - I_x。$$

11. 如請求項8之方法，其中該第一子光束之該相移之該估計值為1.5弧度。

12. 一種檢驗裝置，該檢驗裝置經組態以量測一基板上之一光柵之一屬性，該檢驗裝置包含：

一輻射源，該輻射源經組態以供應具有線性偏振之一輻射光束；

一光學元件，該光學元件經組態以將該輻射光束以入射角及方位角之一範圍聚焦至一基板上，使得該輻射光束自該基板反射；

一偏振器件，該偏振器件經組態以將該輻射光束偏振

成兩個不同偏振方向；

一固定相移器，該固定相移器經組態以將一第一偏振方向延遲達一預定量，以便將一固定相移強加於該反射輻射光束上；及

一偵測器系統，該偵測器系統經組態以同時地偵測該輻射光束之該兩個偏振方向之一角解析光譜，

其中該裝置經特定地調適以在該光柵及該輻射光束之該初始線性偏振相對於彼此非正交地成角度時進行該等量測。

13. 如請求項12之檢驗裝置，該檢驗裝置經組態以進行如請求項1至11中任一項之方法。
14. 一種包含指令碼之電腦可讀取媒體，該指令碼在控制一微影裝置之電腦設備上執行時使該微影裝置進行如請求項1至11中任一項之方法。

八、圖式：

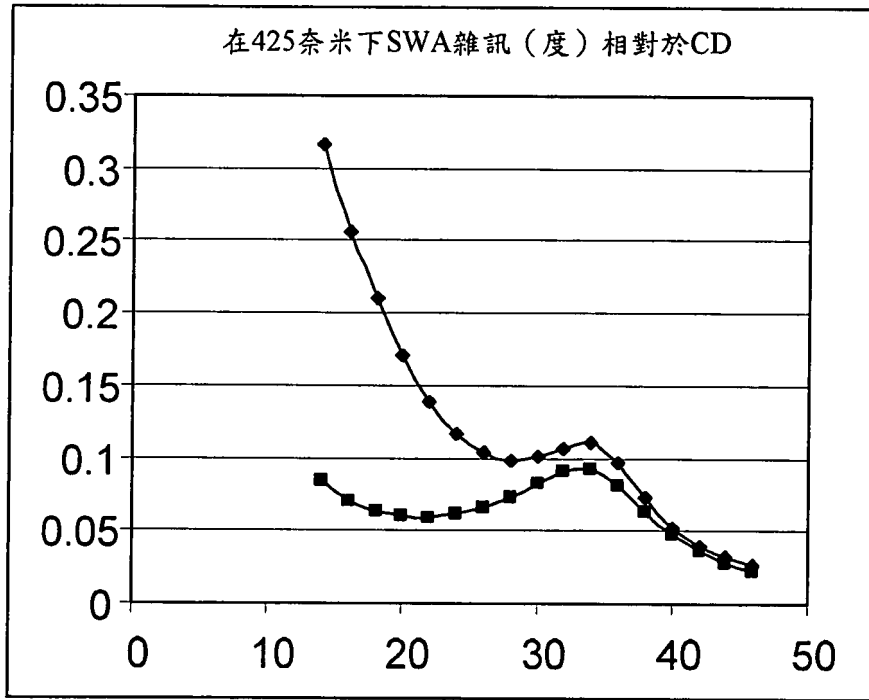


圖1a

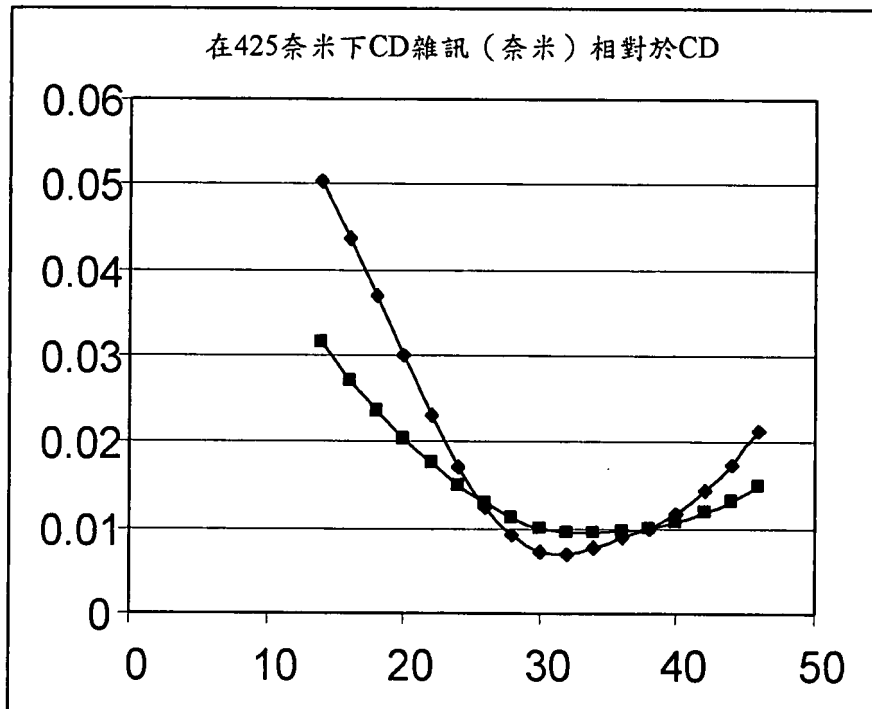
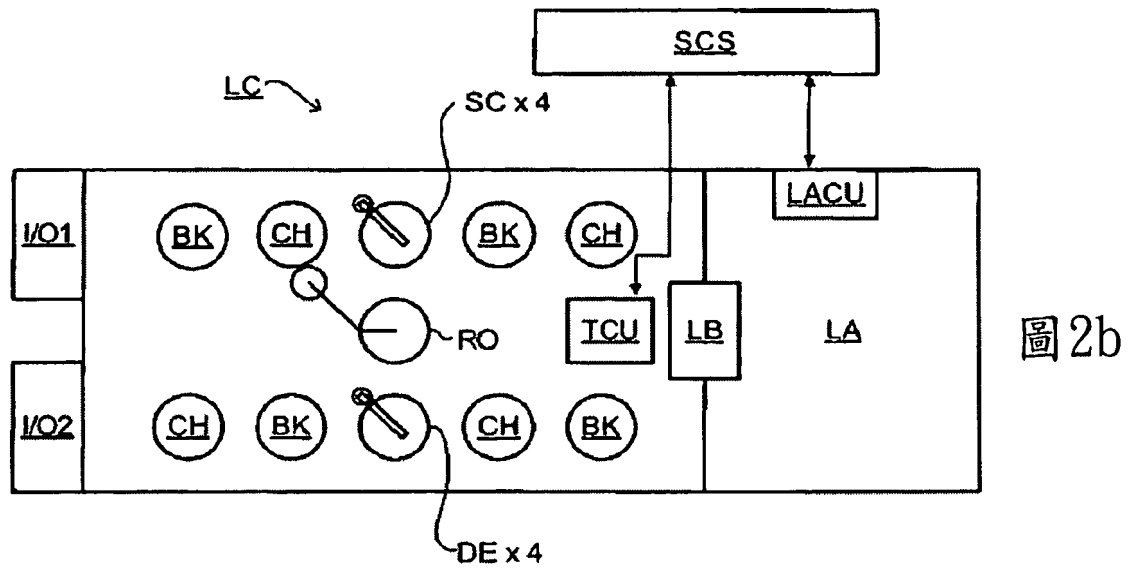
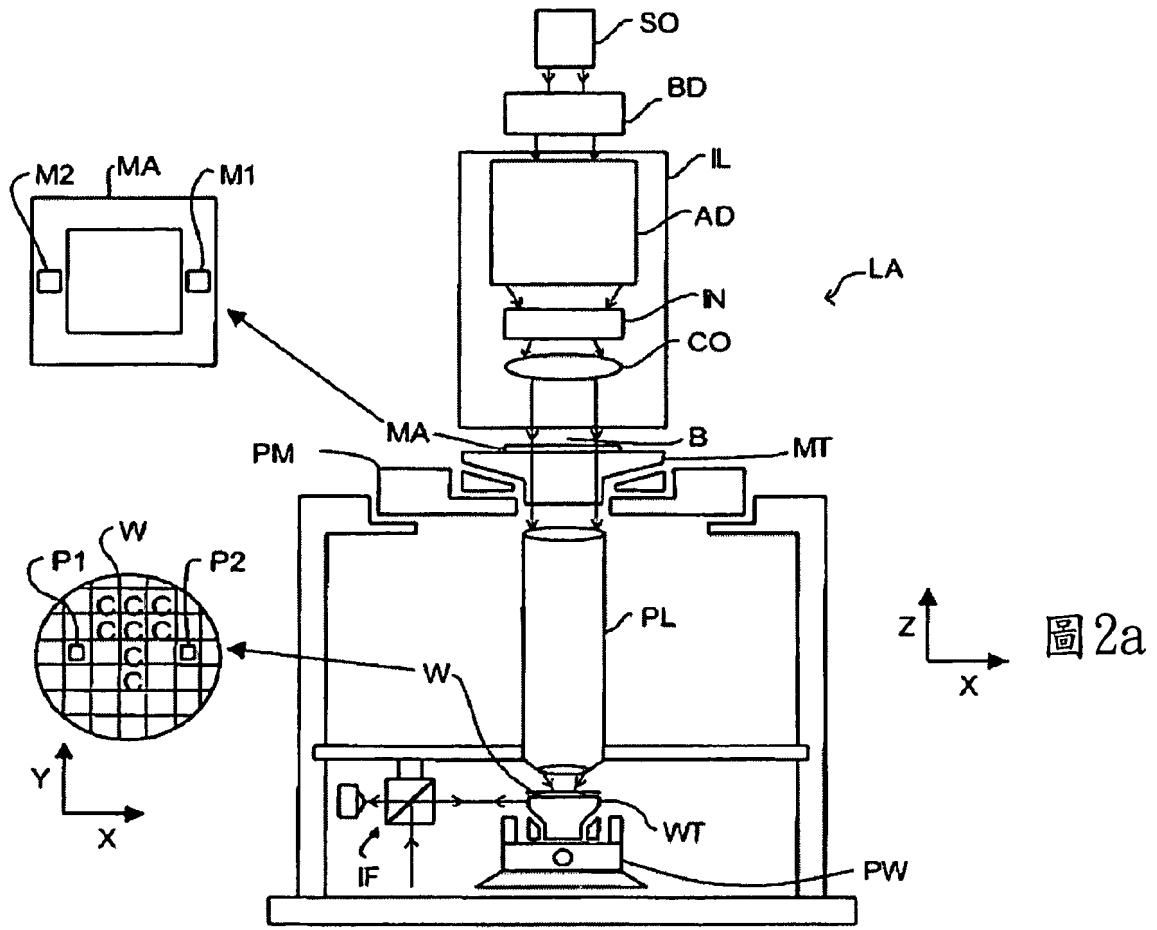


圖1b



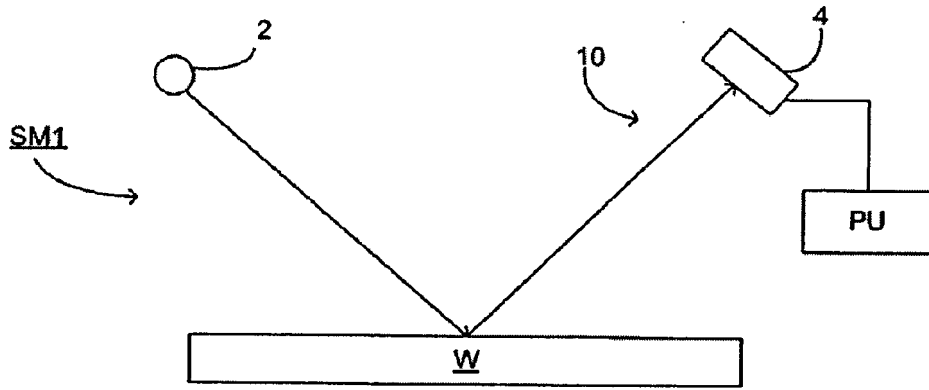


圖3

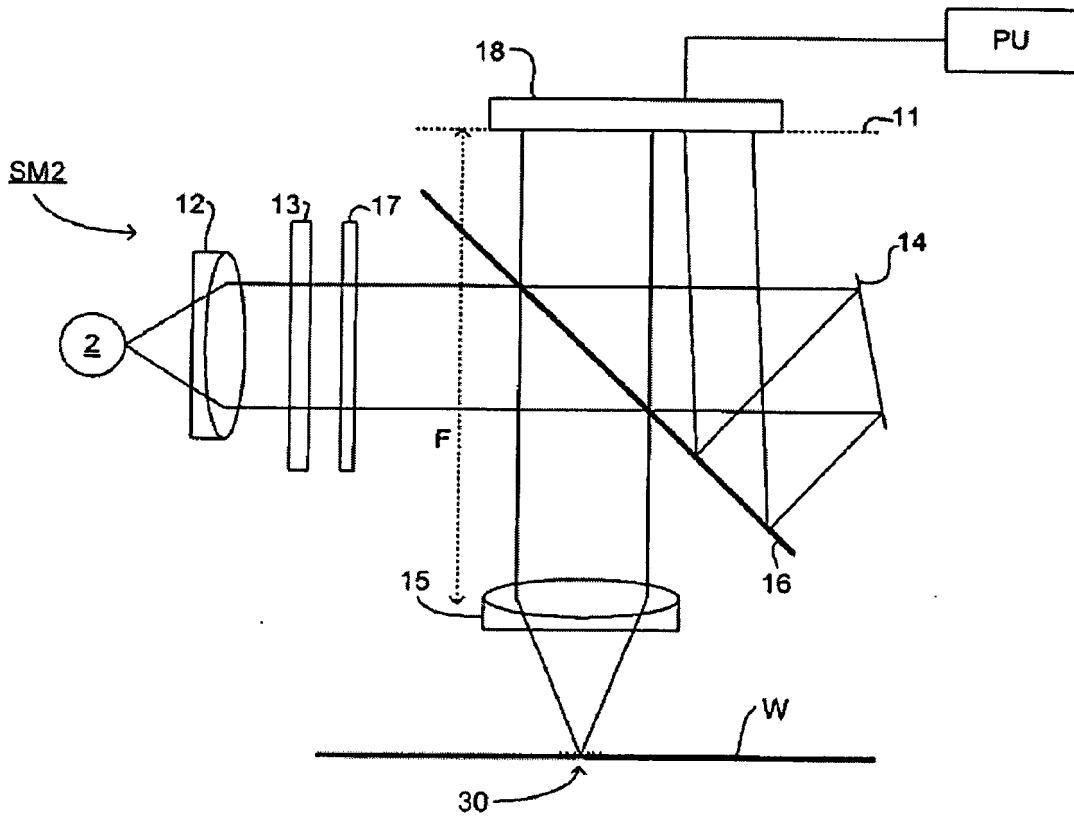
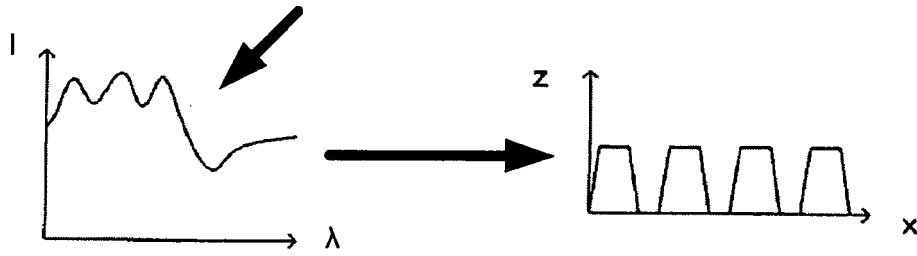


圖4

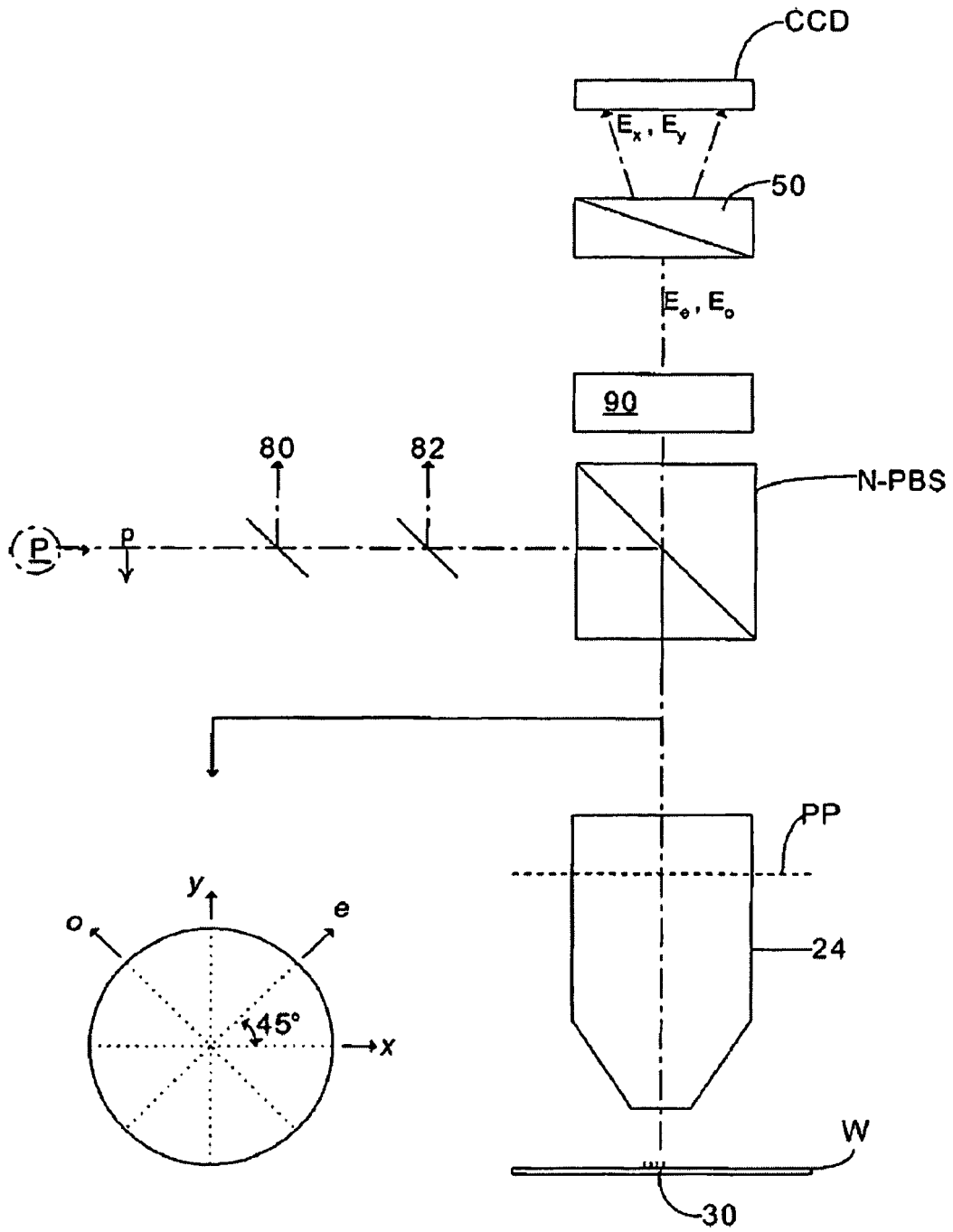


圖5



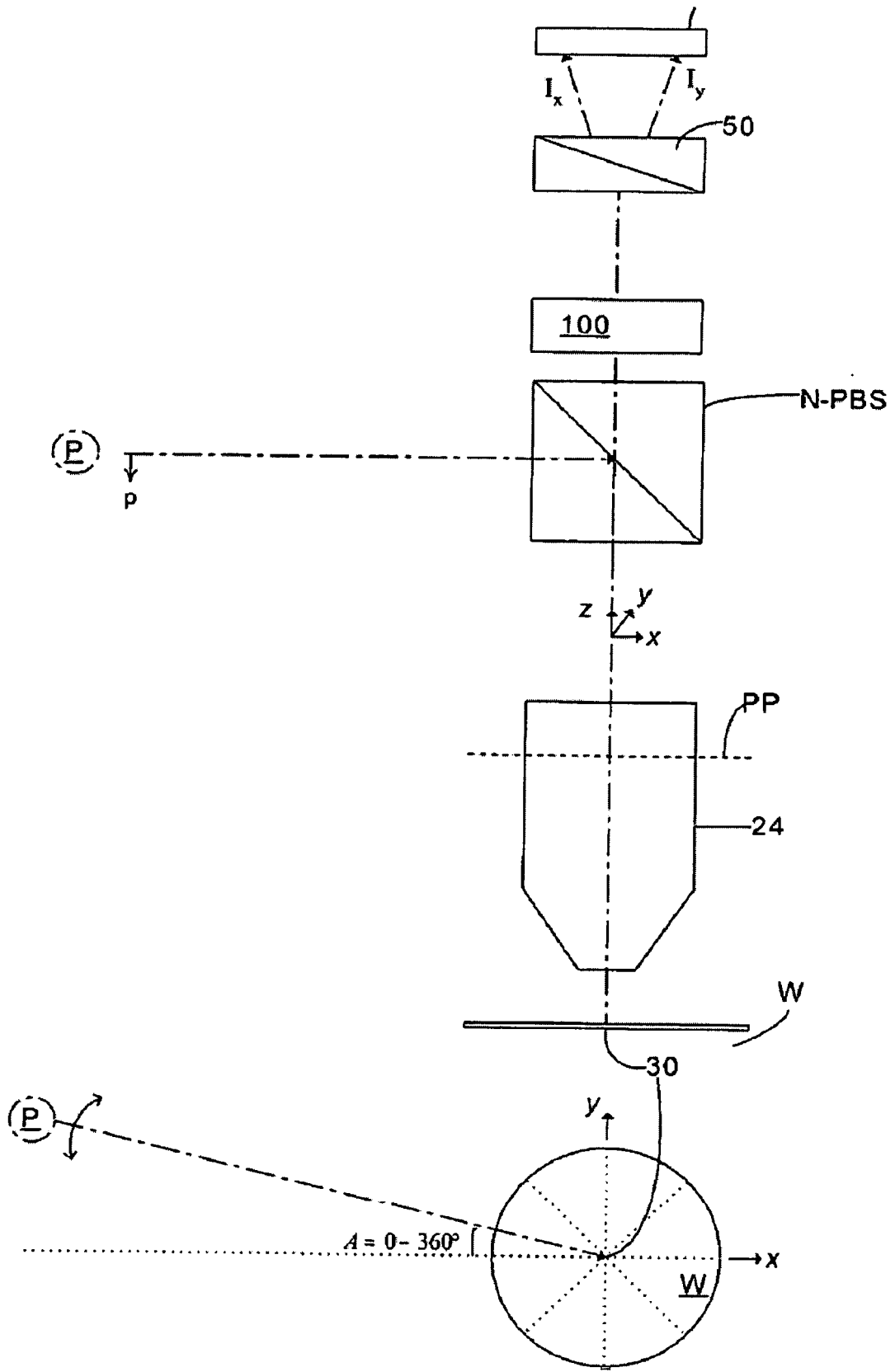


圖 6

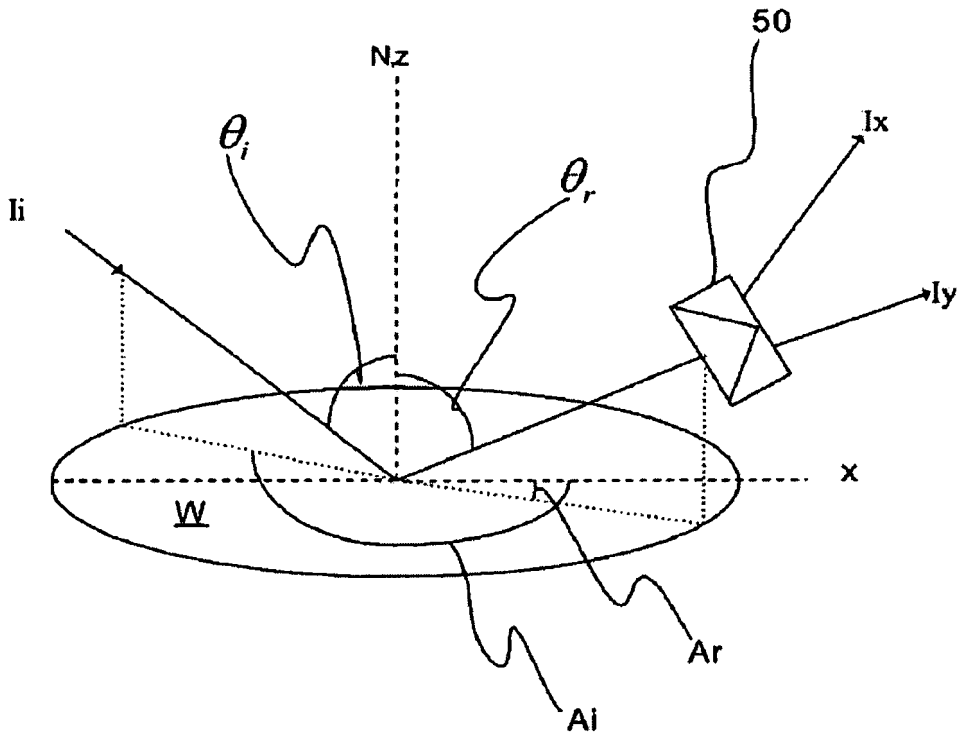


圖 7

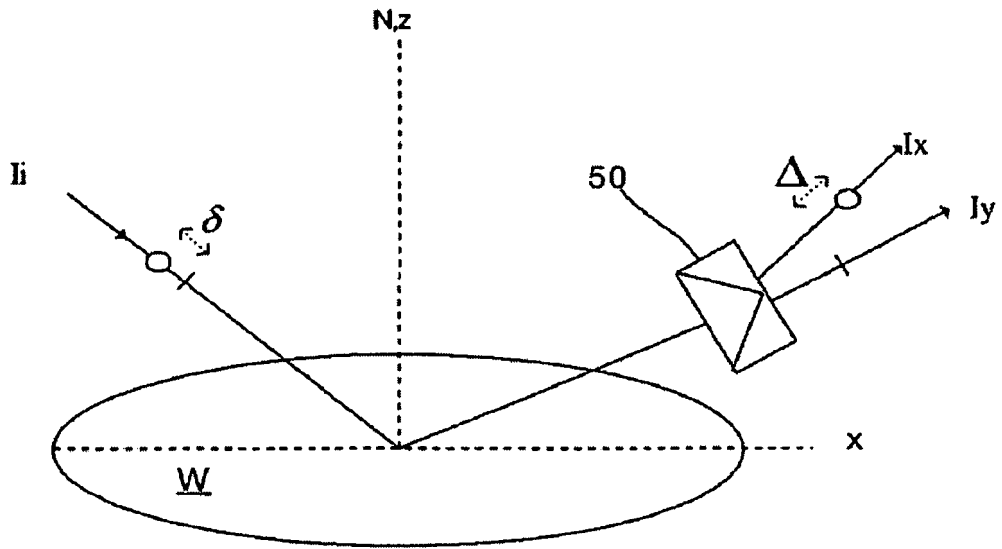


圖 8

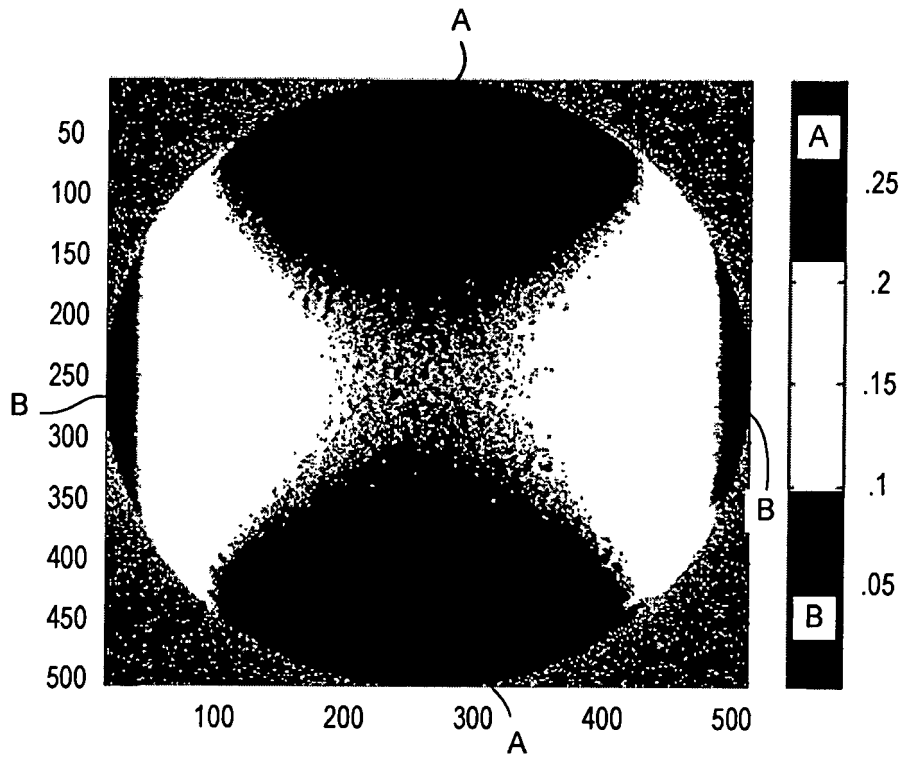


圖 9

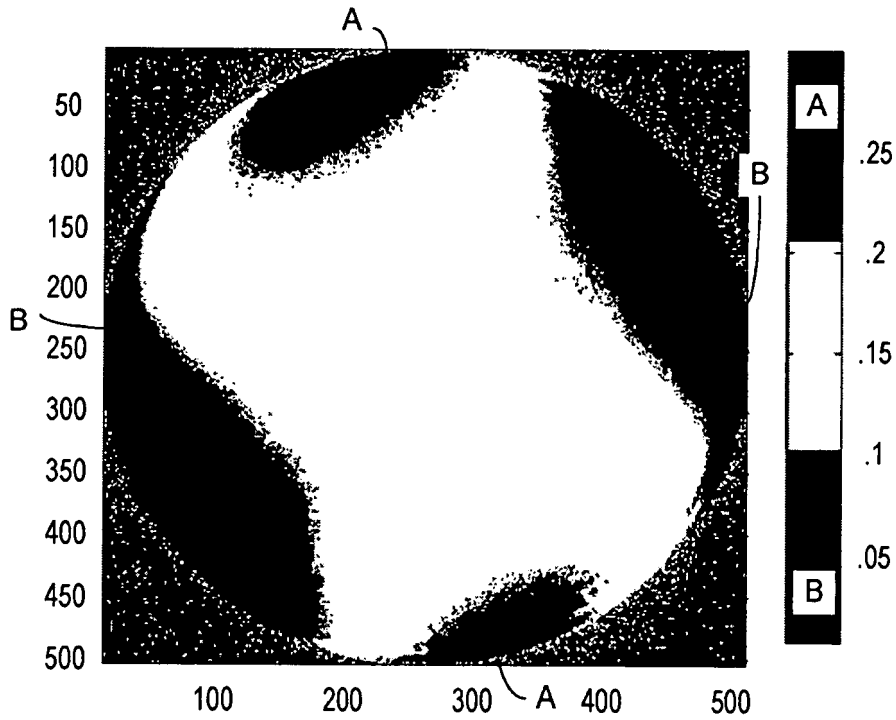


圖 10

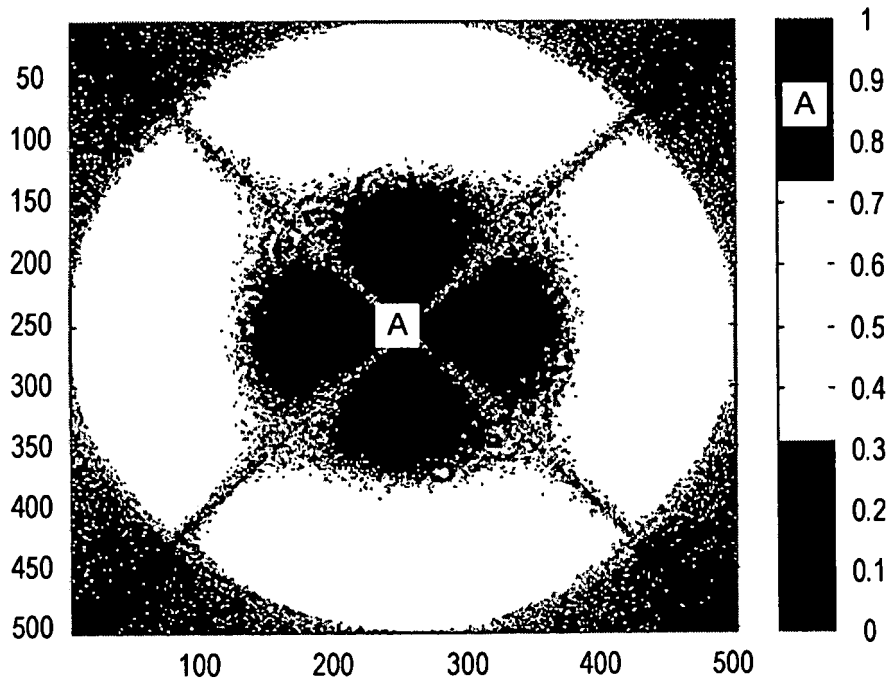


圖 11

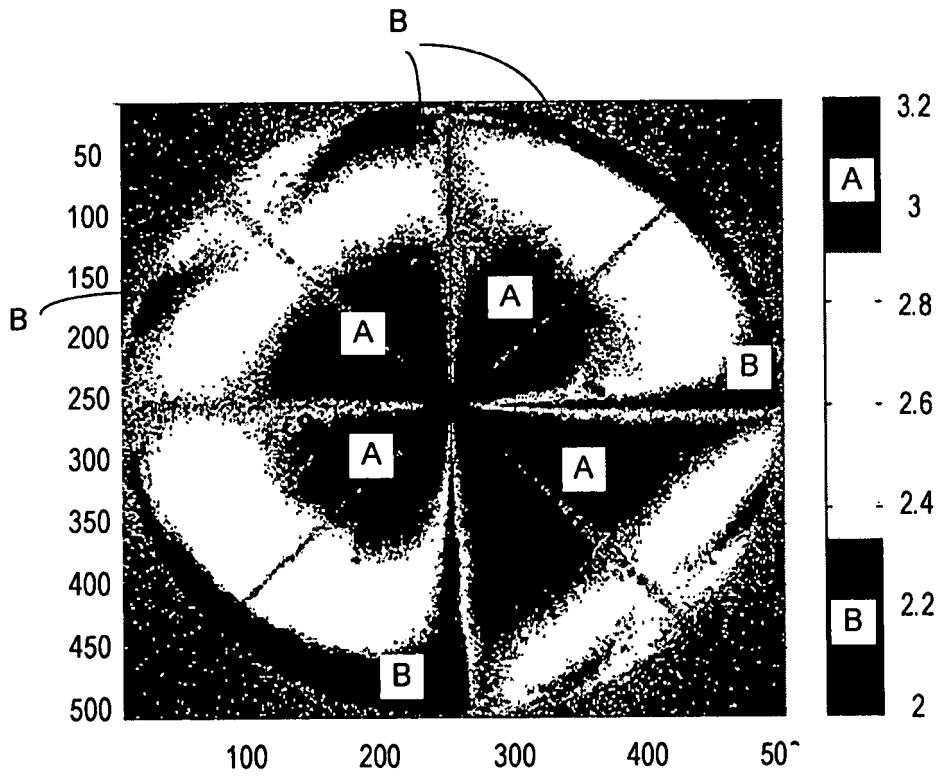


圖 12

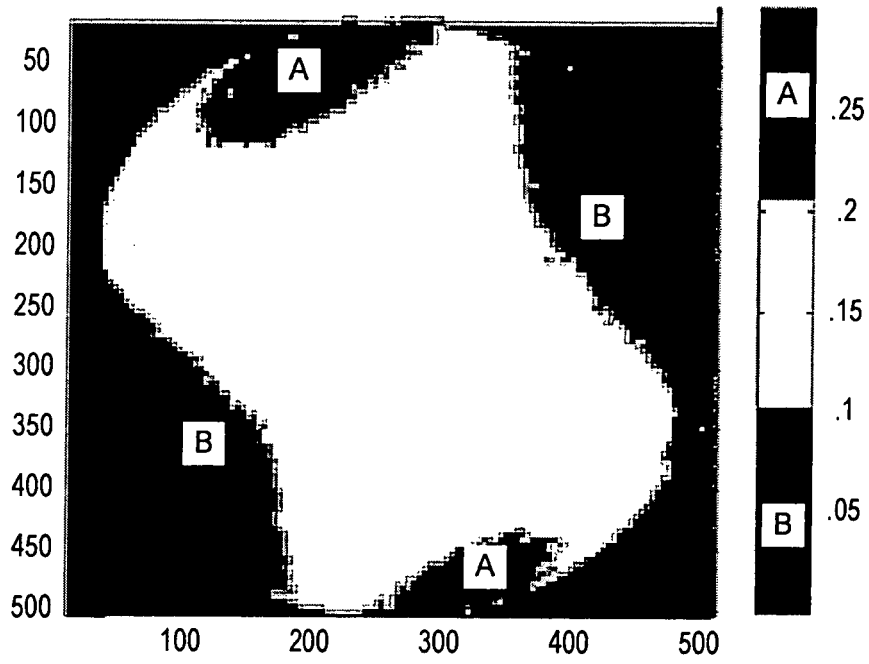


圖13

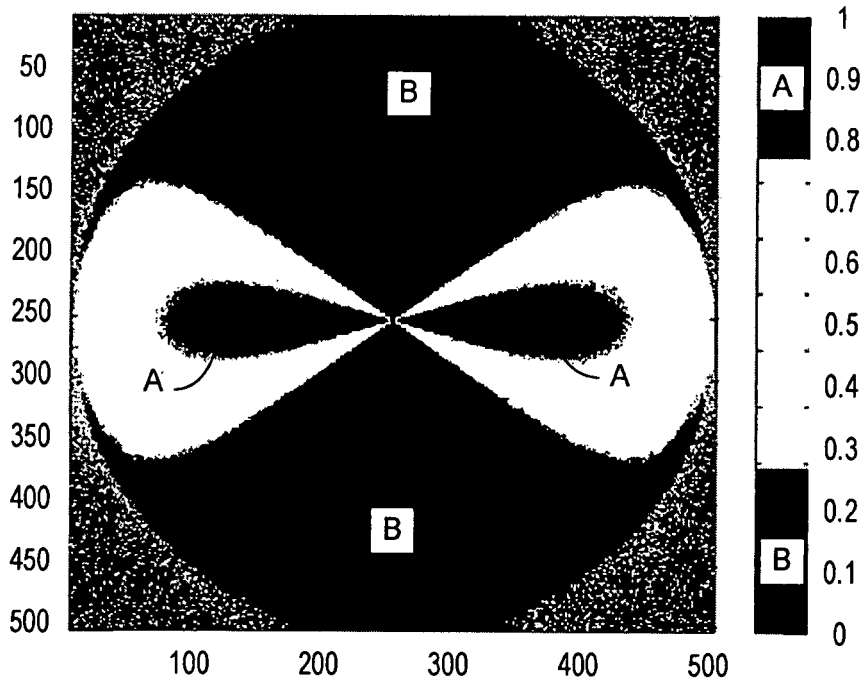


圖14

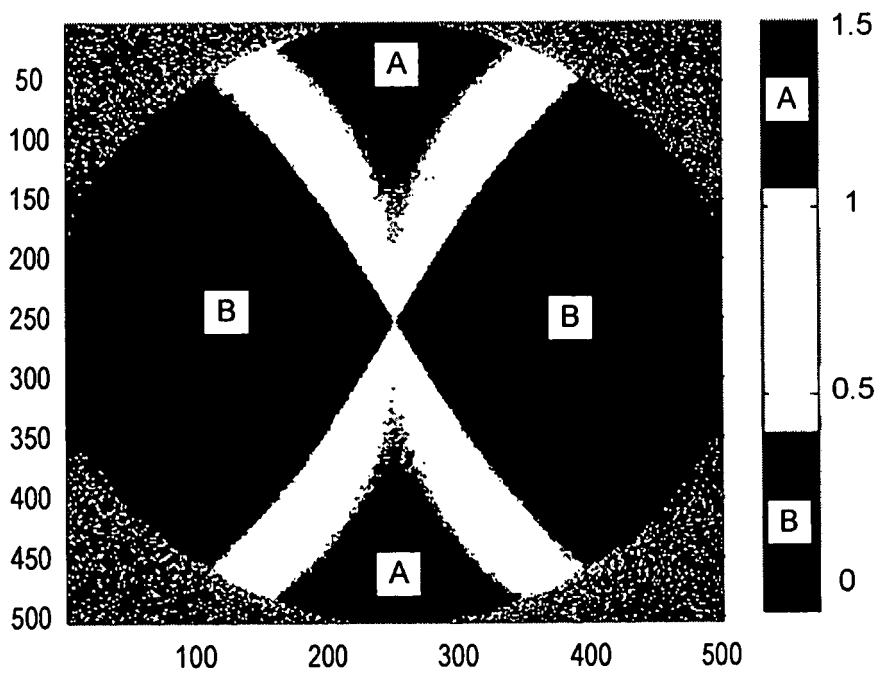


圖 15

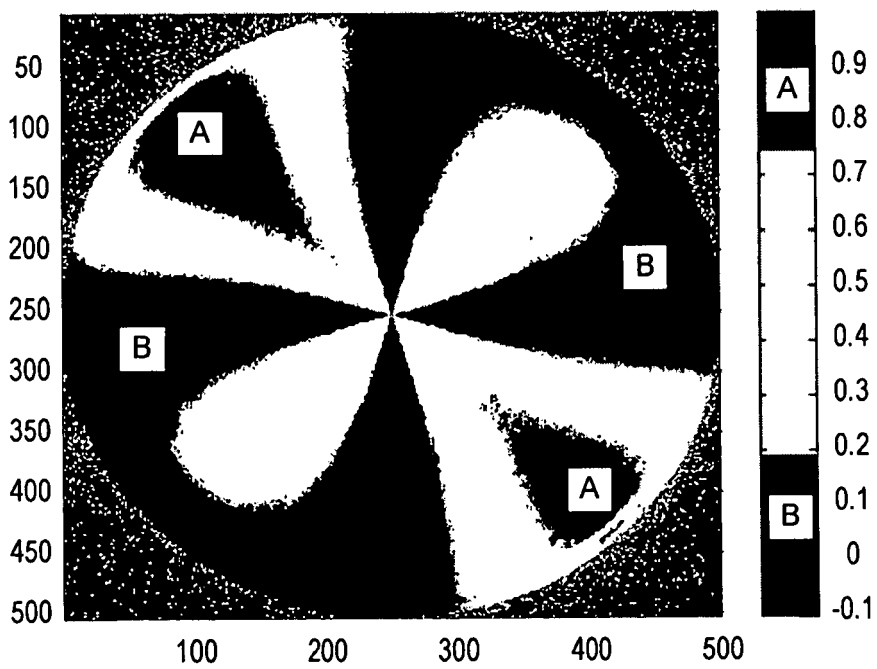


圖 16

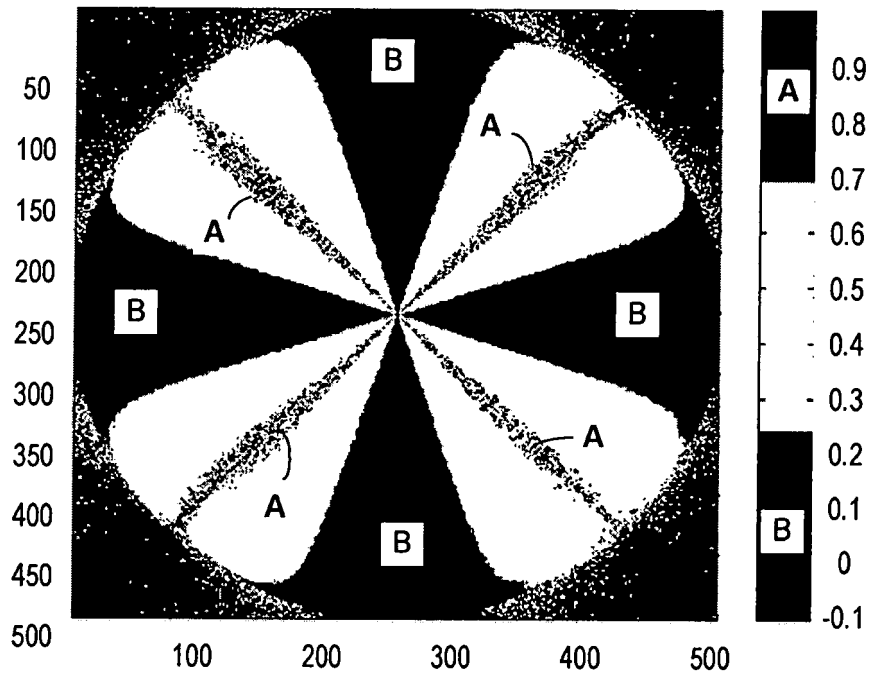


圖 17

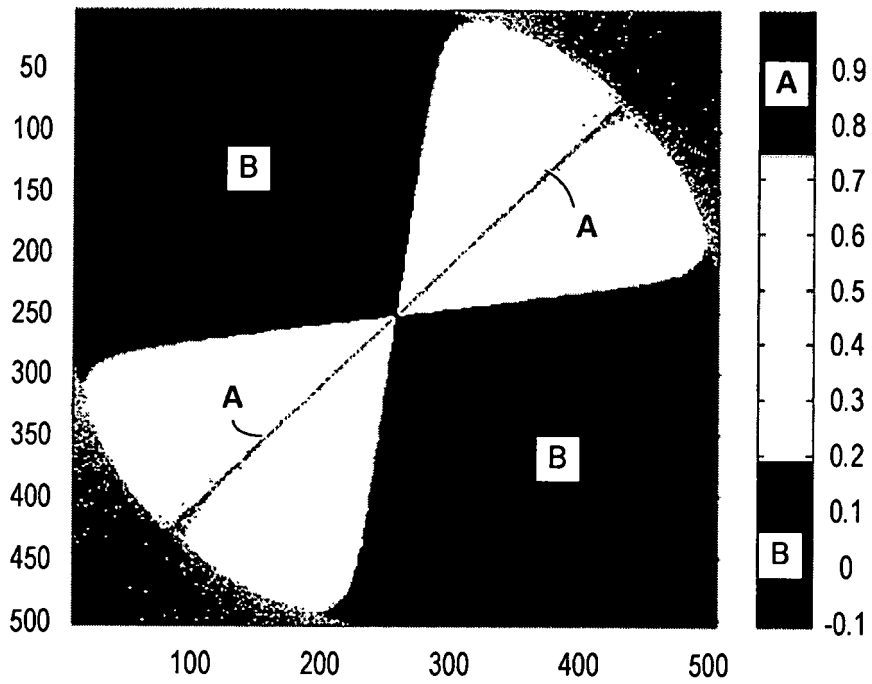


圖 18

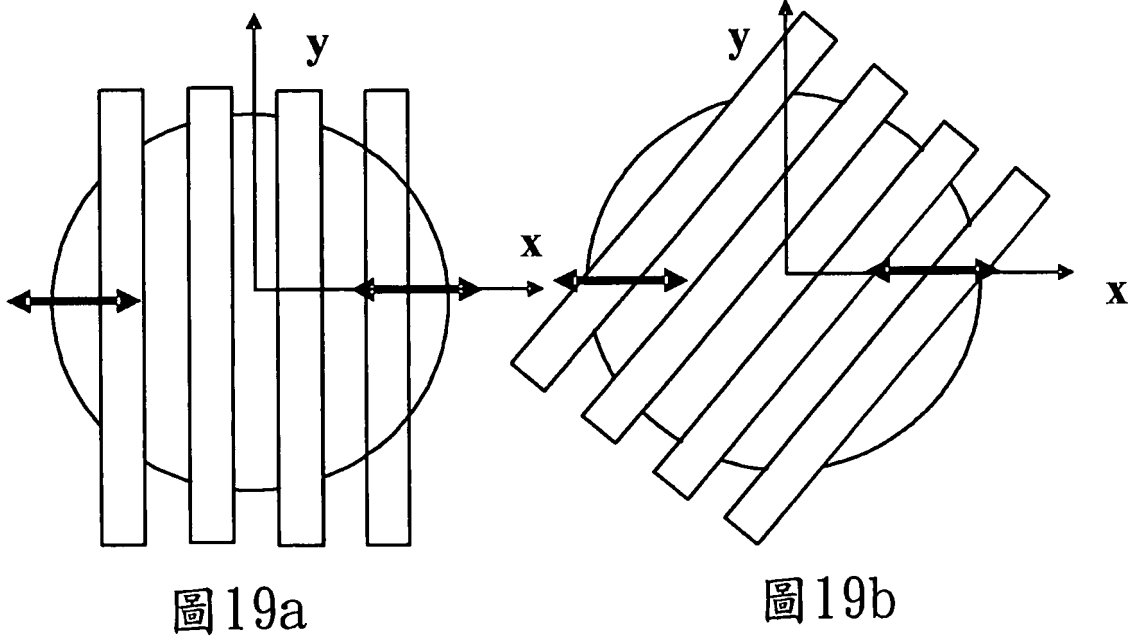


圖 19a

圖 19b

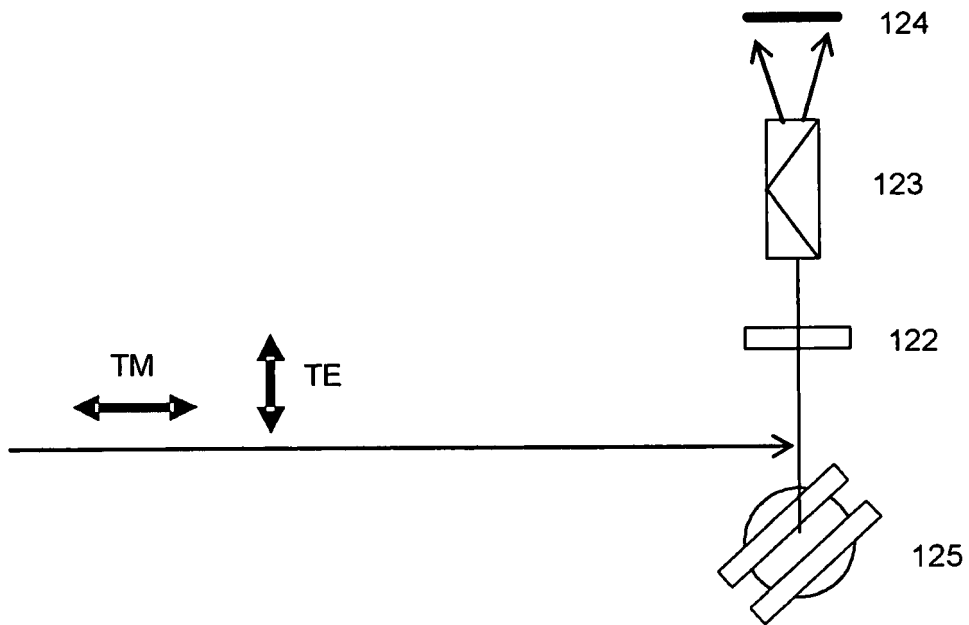


圖 20



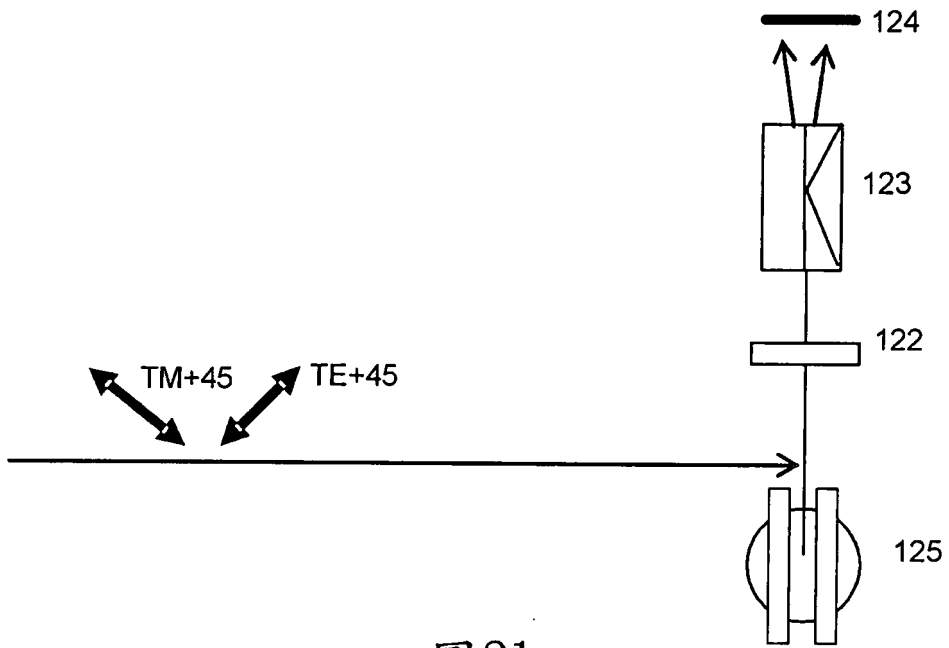


圖21

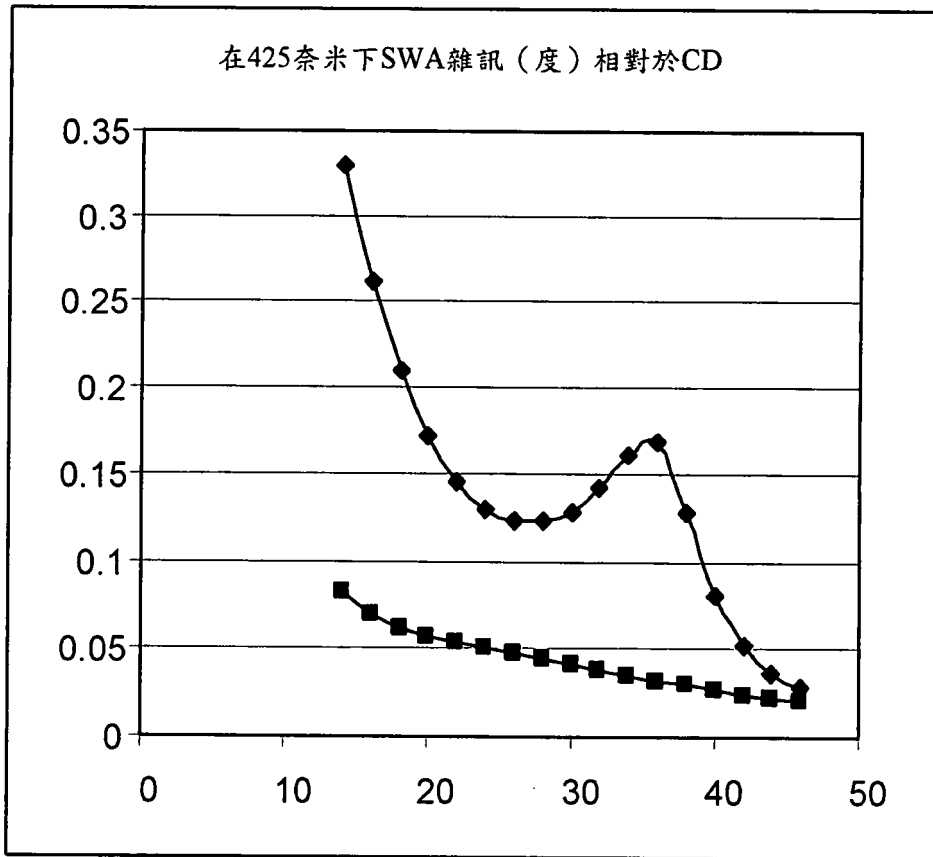


圖22a

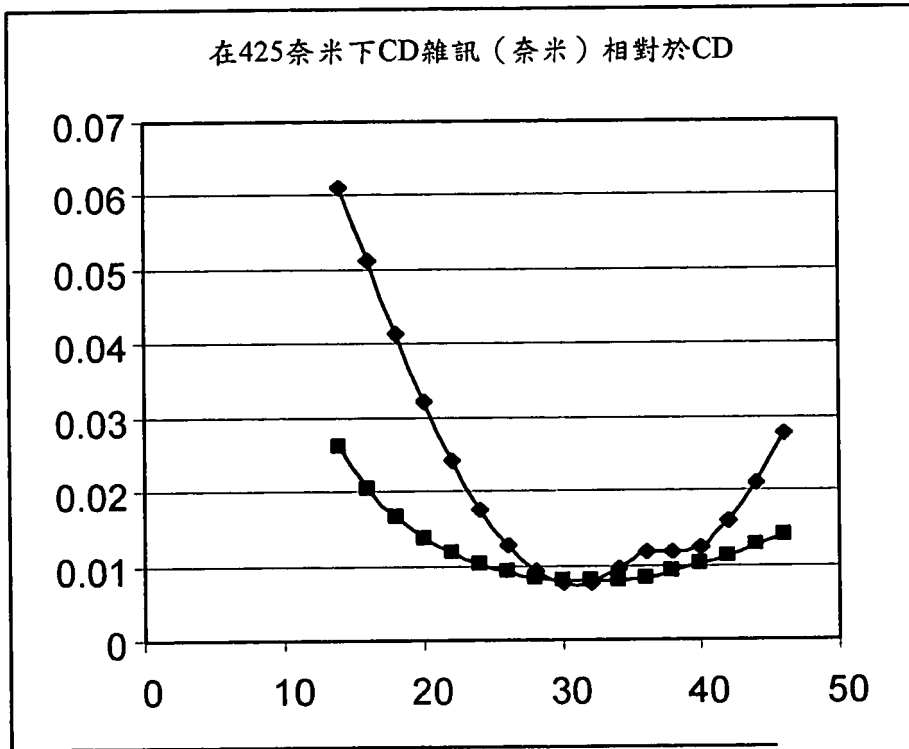


圖 22b

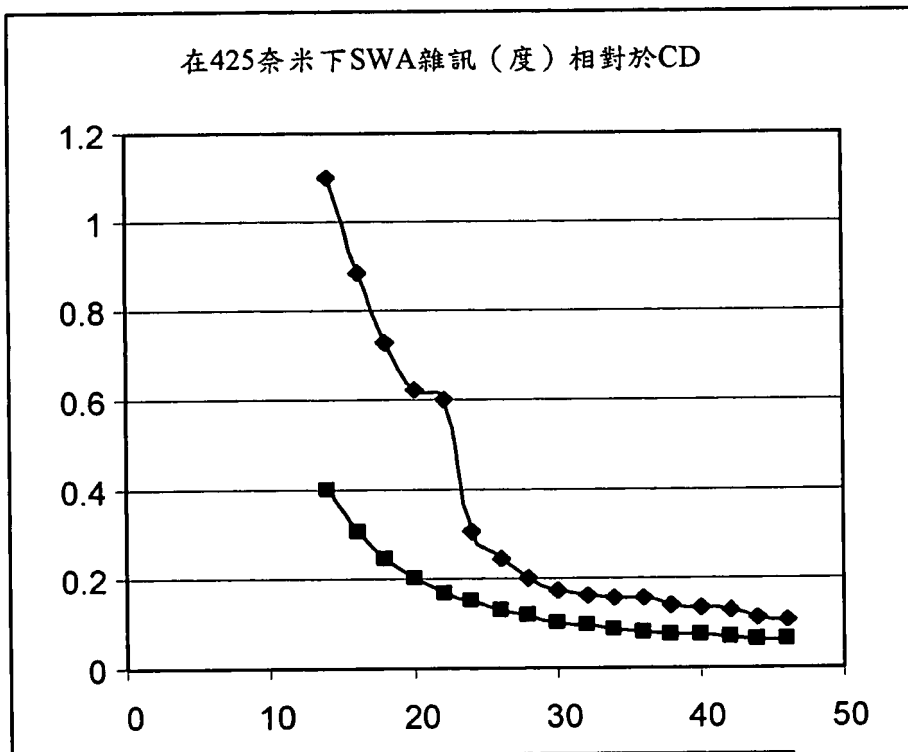


圖 23a

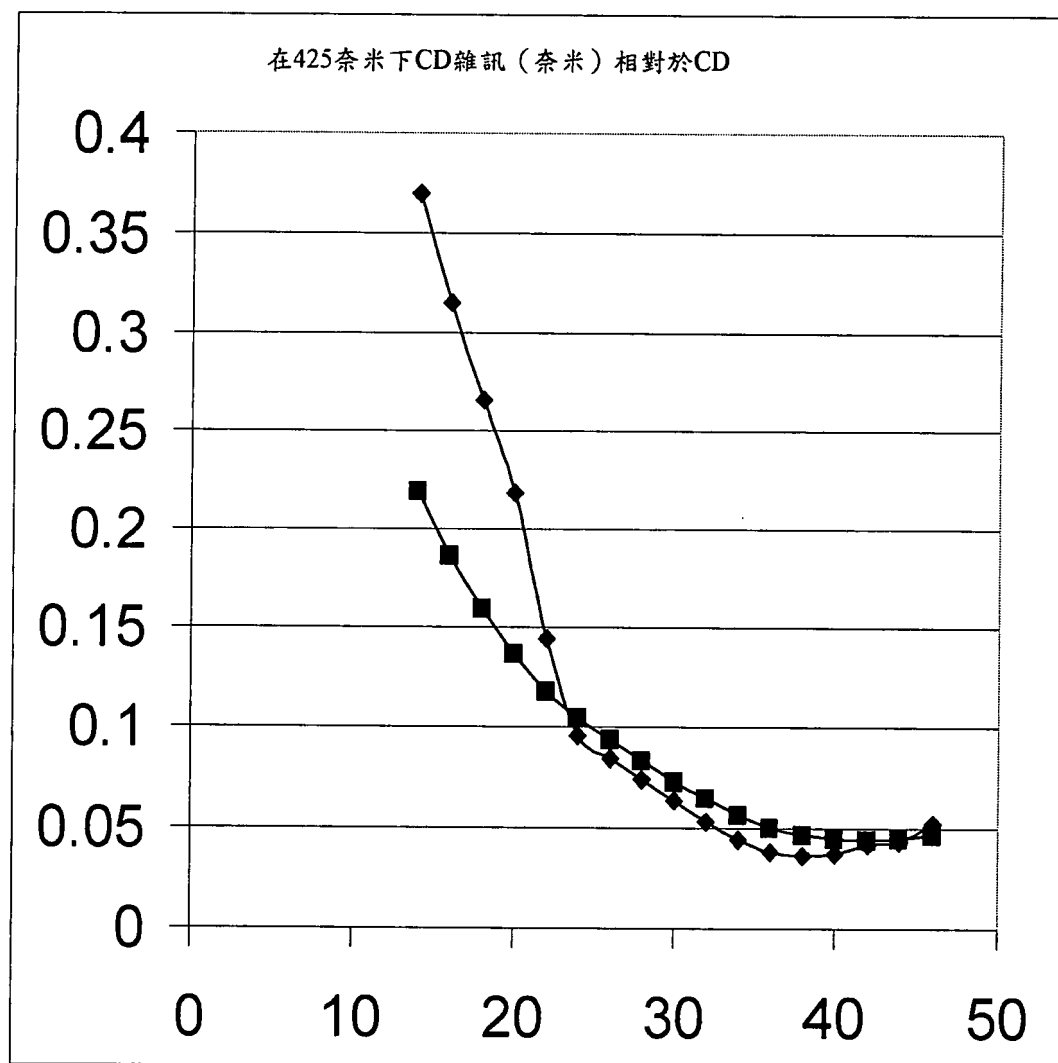


圖23b

**四、指定代表圖：**

(一)本案指定代表圖為：第(5)圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

24	顯微鏡物鏡
30	基板上之結構
50	渥拉斯頓稜鏡/光束分裂器
80	光束分裂器
82	光束分裂器
90	相位調變器/可變相移器
CCD	相機
N-PBS	第一光束分裂器/非偏振光束分裂器
P	源
PP	顯微鏡物鏡之光瞳平面
W	基板

**五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：**

(無)