



(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 I673487 B

(45)公告日：中華民國 108 (2019) 年 10 月 01 日

(21)申請案號：105105166 (22)申請日：中華民國 105 (2016) 年 02 月 22 日

(51)Int. Cl. : **G01N21/25 (2006.01)** **G01N21/95 (2006.01)**  
**G01J3/02 (2006.01)**

(30)優先權：2015/02/22 美國 62/119,243  
2015/08/24 美國 14/833,370

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

(72)發明人：克里許南 桑卡 KRISHNAN, SHANKAR (US)；莊 國榮 V ZHUANG, GUORONG  
V. (US)；王 大衛 Y WANG, DAVID Y. (US)；劉學峰 LIU, XUEFENG (CN)

(74)代理人：陳長文

(56)參考文獻：

TW	I428559	TW	200806954A
CN	101231160B	US	2009/0279090A1
US	2013/0114085A1		

審查人員：邱元玠

申請專利範圍項數：20 項 圖式數：12 共 39 頁

## (54)名稱

度量系統、度量設備及度量方法

## (57)摘要

本文中呈現用於執行對聚焦誤差具有減少靈敏度之寬頻光譜度量之方法及系統。藉由將量測光點成像至偵測器上使得晶圓表面上之與入射平面對準之方向定向成垂直於偵測器表面上之波長色散方向，而達成對聚焦位置誤差之靈敏度之顯著減少。聚焦誤差靈敏度之此減少在不危及量測準確度之情況下實現減少之聚焦準確度及可重複性要求、較快聚焦時間及對波長誤差之減少靈敏度。在另一態樣中，基於受量測目標之本質而調整在垂直於該入射平面之方向上投影於晶圓平面上之照射光場之尺寸以最佳化所得量測準確度及速度。

Methods and systems for performing broadband spectroscopic metrology with reduced sensitivity to focus errors are presented herein. Significant reductions in sensitivity to focus position error are achieved by imaging the measurement spot onto the detector such that the direction aligned with the plane of incidence on the wafer surface is oriented perpendicular to the direction of wavelength dispersion on the detector surface. This reduction in focus error sensitivity enables reduced focus accuracy and repeatability requirements, faster focus times, and reduced sensitivity to wavelength errors without compromising measurement accuracy. In a further aspect, the dimension of illumination field projected on the wafer plane in the direction perpendicular to the plane of incidence is adjusted to optimize the resulting measurement accuracy and speed based on the nature of target under measurement.

指定代表圖：



133 . . . 匯流排

134 . . . 程式指令

$\alpha$  . . . 入射角

# 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】

度量系統、度量設備及度量方法

METROLOGY SYSTEM, METROLOGY APPARATUS AND  
METROLOGY METHOD

## 相關申請案之交叉參考

本專利申請案依據35 U.S.C. §119主張來自2015年2月22日提出申請之標題為「高通量大NA光學度量系統之設備及方法(Apparatus and Methods of High Throughput Large NA Optical Metrology System)」之序列號為62/119,243之美國臨時專利申請案的優先權，該臨時專利申請案之標的物以全文引用之方式併入本文中。

## 【技術領域】

所闡述實施例係關於度量系統及方法，且更特定而言，係關於用於半導體結構之經改良量測之方法及系統。

## 【先前技術】

通常藉由適用於一樣品之一系列處理步驟製作諸如邏輯及記憶體裝置等半導體裝置。藉由此等處理步驟形成半導體裝置之各種特徵及多個結構層級。舉例而言，除其他之外，微影亦係涉及在一半導體晶圓上產生一圖案之一種半導體製作程序。半導體製作程序之額外實例包含但不限於化學機械拋光、蝕刻、沈積及離子植入。可在單一半導體晶圓上製作多個半導體裝置，且然後將其分離成個別半導體裝置。

在一半導體製造程序期間在各個步驟處使用度量程序來偵測晶圓上之缺陷以促成較高良率。光學度量技術提供高通量而不具有樣本

損毀之危險之可能性。若干種基於光學度量之技術(包含散射量測及反射量測實施方案)及相關聯分析演算法共同用於表徵臨界尺寸、膜厚度、組合物、覆疊及奈米尺度結構之其他參數。

特徵大小之持續減小及半導體裝置之增加複雜性對光學度量系統強加困難要求。光學度量系統必須以高通量(亦即，短移動、獲取及量測(MAM)時間)針對越來越小之度量目標滿足高精確度及準確度要求以保持成本效益。在此背景中，聚焦誤差已呈現為光學度量系統之設計中之一關鍵效能限制問題。更具體而言，特別是在高通量操作(亦即，短MAM時間)期間，以充分準確度維持聚焦已成為對聚焦誤差具有高靈敏度之光學度量系統之一關鍵問題。

圖1繪示對聚焦誤差具有高靈敏度之一例示性先前技術度量系統10。度量系統10包含產生入射於一晶圓15上之一照射光束14之一照射源25。照射光束14隨著光束自照射源25傳播至晶圓15而穿過照射光瞳11、照射光場光闌12及照射光學器件13。光束14使一量測光點16照射晶圓15之一部分。由收集光學器件18自量測光點16收集一經收集光束17。經收集光17穿過收集光場光闌19、收集光瞳20及光譜儀狹縫21。經收集光束17由用以根據波長使經收集光束在空間上色散之繞射光柵22繞射。經波長色散之經收集光入射於一個二維偵測器(例如，電荷耦合裝置(CCD)) 23之表面上。CCD偵測器23將經收集光轉換成指示經收集光之光譜強度之電信號。如圖1中所繪示，經收集光束17包含兩個相異波長。繞射光柵22產生投影至偵測器23之表面上之兩個不同波長之光之間的一空間分離。以此方式，自量測光點16收集之具有一特定波長之光使光點24A投影至偵測器23上，且自量測光點16收集之具有另一不同波長之光使光點24B投影至偵測器23上。

如圖1中所繪示，Z軸係法向於晶圓15之表面定向。X及Y軸與晶圓15之表面共面，且因此垂直於Z軸。照射光束14之主光線26及經收

集光束17之主光線27界定一入射平面。X軸與入射平面對準，且Y軸正交於入射平面。以此方式，入射平面位於XZ平面中。照射光束14以相對於Z軸之一入射角 $\alpha$ 入射於晶圓15之表面上且位於入射平面內。

圖2A繪示晶圓15之一俯視圖，其包含由圖1之照射光束14照射之量測光點16之一繪示。在圖1中所繪示之實施例中，照射光束14之剖面係圓形形狀的(例如，在照射光場光闌12處)。然而，圓形光束14至晶圓15之表面上之幾何投影產生具有與入射平面對準之一伸長形狀之一量測光點16，如圖2A中所繪示。對於一圓形照射光束，投影於晶圓15之表面上之量測光點16係橢圓形形狀的。大體而言，對一表面之傾斜照射產生相對於照射剖面伸長之一經投影照射區，且伸長方向與入射平面對準。此外，伸長之量值隨入射角增加而增加。更具體而言，光束形狀與在入射平面之方向上入射角之餘弦成反比。在不存在繞射及像差效應之情況下，經投影照射光在垂直於照射平面之方向(例如，Y方向)上保持不失真。

如圖1中所繪示，量測光點16係以一波長色散方式投影至偵測器23之表面上。諸如度量系統10之先前技術度量系統經組態使得量測光點16之伸長方向之投影與偵測器23之表面上之波長色散方向對準。圖1中所繪示之X'軸表示量測光點16之伸長方向(亦即，X軸)至偵測器23上之投影。如圖1中所繪示，X'軸與偵測器23之表面上之波長色散方向對準。

圖2B繪示偵測器23之表面之一法向視圖。如圖2B中所繪示，量測光點16之伸長方向之投影與偵測器23之表面上之波長色散方向對準。藉由實例方式，光點24A及24B之伸長方向與波長色散方向對準。在垂直於波長色散方向之方向上將偵測器23之表面上之波長相依影像(例如，光點24A及24B)積分以獲得一光譜，亦即，沿著波長色散軸的強度與波長之一關係函數。對於一CCD偵測器，在垂直於波長色

散之方向上將電荷積分以達成該光譜。

當將量測光點成像至偵測器上使得晶圓表面上之與入射平面對準之方向與偵測器表面上之波長色散方向對準時，所得點擴散函數(PSF)係強波長相依的。所得PSF係高度尖峰的，此乃因影像強度針對一給定波長在伸長方向上極大地變化。為了恰當捕獲高度尖峰之PSD，光譜儀必須以高解析度獲取光譜資料。此增加量測時間且減小通量。

在另一實例中，針對一特定波長之所得PSF取決於在伸長影像及對應伸長強度分佈與光譜色散方向對準時之入射角。所得PSF取決於入射角而變寬或變窄。

在另一實例中，所得PSF對聚焦誤差係高度靈敏的。隨著晶圓上之量測目標移動而對焦及離焦，晶圓上之量測光點之所偵測影像改變大小且移位位置。另外，晶圓上之量測光點之位置移位。如圖3中所圖解說明，當晶圓15對焦時，照射光束14在位置A處照射晶圓。經收集光束17經波長色散且使光點24A及24B成像至偵測器23上，如圖4中所圖解說明。當晶圓15在z方向上向上移動且離焦達大於零之一量 $\Delta Z$ 時，照射光束14在位置C處照射晶圓。經收集光束17'經波長色散且使光點24A'及24B'成像至偵測器23上。所得影像因晶圓移動遠離光學系統之聚焦平面而係較大的，且影像之中心位置在與波長色散方向對準之方向上移位。在波長色散方向上之此移位因波長至像素映射改變而產生光譜量測誤差。當晶圓15在z方向上向下移動且離焦達小於零之一量 $\Delta Z$ 時，照射光束14在位置B處照射晶圓。經收集光束17''經波長色散且使光點24A''及24B''成像至偵測器23上。同樣，所得影像因晶圓移動遠離光學系統之聚焦平面而係較大的，且影像之中心位置在與波長色散方向對準之方向上移位。

歸因於聚焦誤差(亦即， $\Delta Z \neq 0$ )的晶圓15上之量測光點移動導致

依據波長沿著光譜儀色散軸之影像移動。由於波長校準係在聚焦平面(亦即， $Z=0$ )中執行，因此由聚焦誤差誘發的在光譜儀色散方向上之任何影像移動使所量測光譜對來自波長校準之偏差極靈敏。

在某些實例中，寬頻光源之發射光譜包含一或多個特性原子線，例如，一氬弧燈。原子線可用於追蹤及校正聚焦誤差。在先前技術度量系統中，聚焦追蹤及校正對於達成量測準確度及工具間匹配係基本的。然而，若寬頻光源係一高亮度雷射驅動光源(LDLS)，則特性原子線不再可用於追蹤及校正聚焦誤差。此外，對聚焦誤差之靈敏度針對大數值孔徑(NA)光學度量系統惡化。

總之，對聚焦誤差及由傾斜照射誘發之誤差之靈敏度對度量系統及特定而言大NA光學度量系統之效能提出限制。

### 【發明內容】

本文中呈現用於執行對聚焦誤差具有減少靈敏度之寬頻光譜度量之方法及系統。藉由將量測光點成像至偵測器上使得晶圓表面上之與入射平面對準之方向定向成垂直於偵測器表面上之波長色散方向，而達成對聚焦位置誤差之靈敏度之顯著減少。聚焦誤差靈敏度之此減少在不危及量測準確度之情況下實現減少之聚焦準確度及可重複性要求、較快聚焦時間及對波長誤差之減少靈敏度。此等益處在大數值孔徑光學度量系統中特別明顯。

在一項態樣中，一寬頻光譜度量系統經組態使得將量測光點成像至偵測器上，使得晶圓表面上之與入射平面對準之方向定向成垂直於偵測器表面上之波長色散方向。在此配置中，該度量系統對聚焦誤差之靈敏度極大減少。在對聚焦誤差具有減少靈敏度之情況下，以較短MAM時間且因此以較高通量獲得精確量測。

在另一態樣中，基於受量測目標之本質而調整在垂直於入射平面之方向上投影至晶圓平面上之照射光場之尺寸以最佳化所得量測準

確度及速度。在某些實施例中，針對每一量測應用調整在垂直於入射平面之方向上投影於晶圓平面上之照射光場光闌以使PSF成型以達成對波長較不靈敏之一平頂輪廓。另外，基於該平頂輪廓而調整光譜解析度以達成最佳化量測準確度及速度。

前述內容係一發明內容且因此必須含有細節之簡化、概述及省略；因此，熟習此項技術者將瞭解，發明內容僅為說明性的且不以任何方式為限制性的。在本文中所陳述之非限制性實施方式中，本文中所闡述之裝置及/或程序之其他態樣、發明性特徵及優點將變得顯而易見。

### 【圖式簡單說明】

圖1繪示對聚焦誤差具有高靈敏度之一例示性先前技術度量系統10。

圖2A繪示晶圓15之一俯視圖，其包含由圖1之照射光束14照射之量測光點16之一繪示。

圖2B繪示圖1中所繪示之偵測器23之表面之一法向視圖。

圖3圖解說明經受聚焦位置誤差之一晶圓15。

圖4圖解說明經波長色散且成像至偵測器23之表面上之一經收集光束17。

圖5繪示對聚焦誤差具有減少靈敏度之一例示性度量系統100。

圖6繪示圖5中所繪示之偵測器123之表面之一法向視圖。

圖7繪示投影至偵測器123上之量測光點116之影像124A及124B。

圖8繪示圖解說明指示參考圖5所闡述之系統相比於參考圖1所闡述之系統之對聚焦誤差之一減少靈敏度之模擬結果的一曲線圖150。

圖9繪示由諸如參考圖1所闡述之系統之一傳統寬頻光譜橢偏儀系統進行之對一垂直NAND (VNAND)結構之一系列三十次重複量測之在一波長範圍內之光譜參數 $\beta$ 之值的一曲線圖160。

圖 10 繪示由一寬頻光譜橢偏儀系統進行之對同一垂直 NAND (VNAND) 結構之一系列三十次重複量測之在一波長範圍內之光譜參數  $\beta$  之值的一曲線圖 170，該頻光譜橢偏儀系統將量測光點成像至偵測器上，使得晶圓表面上之與入射平面對準之方向定向成垂直於偵測器表面上之波長色散方向。

圖 11 圖解說明在如本文中所述之至少一項新穎態樣中執行光譜量測之一方法 200。

圖 12 繪示對聚焦誤差具有減少靈敏度之一例示性度量系統 300。

### 【實施方式】

現在將詳細參考背景技術實例及本發明之某些實施例，本發明之實例圖解說明於隨附圖式中。

本文中呈現用於執行對聚焦誤差具有減少靈敏度之寬頻光譜度量之方法及系統。在某些實例中，藉由將量測光點成像至偵測器上使得與晶圓表面上之入射平面對準之方向定向成垂直於偵測器表面上之波長色散方向，而達成對聚焦位置之靈敏度之一種二十倍減少。聚焦誤差靈敏度之此減少在不危及量測準確度之情況下實現減少之聚焦準確度及可重複性要求、較快聚焦時間及對波長誤差之減少靈敏度。此等益處在大數值孔徑光學度量系統中特別明顯。

在一項態樣中，一寬頻光譜度量系統經組態使得將量測光點成像至偵測器上，使得晶圓表面上之與入射平面對準之方向定向成垂直於偵測器表面上之波長色散方向。在此配置中，該度量系統對聚焦誤差之靈敏度極大減少。在對聚焦誤差具有減少靈敏度之情況下，以較短 MAM 時間且因此以較高通量獲得精確量測。

圖 5 繪示對聚焦誤差具有減少靈敏度之一例示性度量系統 100。度量系統 100 可組態為一寬頻光譜橢偏儀、反射儀或其任何組合。度量系統 100 包含產生入射於一晶圓 115 上之一照射光束 114 之一照射源

110。照射光束114隨著光束自照射源110傳播至晶圓115而穿過照射光瞳111、照射光場光闌112及照射光學器件113。光束114使一量測光點116照射晶圓115之一部分。由收集光學器件118自量測光點116收集一經收集光束117。經收集光117穿過收集光場光闌119、收集光瞳120及光譜儀狹縫121。經收集光束117由用以根據波長使經收集光束在空間上色散之繞射光柵122繞射。經波長色散之經收集光入射於一個二維偵測器之表面上。在一項實例中，偵測器123係一電荷耦合裝置(CCD)。然而，大體而言，可預期其他二維偵測器技術(例如，一位置靈敏偵測器(PSD)、一紅外線偵測器、一光伏打偵測器等)。偵測器123將經收集光轉換成指示經收集光之光譜強度之電信號125。如圖5中所繪示，藉由非限制性實例之方式，經收集光束117包含兩個相異波長。繞射光柵122致使投影至偵測器123之表面上之兩個不同波長光之間的一空間分離。以此方式，自量測光點116收集之具有一特定波長之光使光點124A投影至偵測器123上，且自量測光點116收集之具有另一不同波長之光使光點124B投影至偵測器123上。

如圖5中所繪示，照射光束114係以一傾斜角提供至晶圓115之表面。大體而言，照射光可以任一傾斜角或任一數目個傾斜角提供至晶圓115之表面。在某些實施例中，除傾斜照射之外，一定量之照射光亦以法向入射(亦即，與表面法向對準)提供至該表面。

在另一態樣中，該量之照射光係包含橫跨至少500奈米之一波長範圍之寬頻照射光。在一項實例中，寬頻照射光包含低於250奈米之波長及高於750奈米之波長。大體而言，寬頻照射光包含在150奈米與2,500奈米之間的波長。

在某些實例中，投影至晶圓115之表面上之該量之照射光114之光束大小小於在樣品之表面上量測之一量測目標之一大小。例示性光束成型技術詳細闡述於王(Wang)等人之第2013/0114085號美國專利申

請公開案中，該公開案之內容以全文引用之方式併入本文中。

如圖5中所繪示，Z軸定向成法向於晶圓115之表面。X及Y軸與晶圓115之表面共面，且因此垂直於Z軸。照射光束114之主光線126及經收集光束117之主光線127界定一入射平面。X軸與入射平面對準且Y軸正交於入射平面。以此方式，入射平面位於XZ平面中。照射光束114以相對於Z軸之一入射角 $\alpha$ 入射於晶圓115之表面上且位於入射平面中。

如關於圖1中所繪示之度量系統10所闡述，一照射光束以一傾斜角至一樣品之表面上之幾何投影產生在與入射平面對準之方向上照射光束剖面之一伸長。藉由非限制性實例之方式，投影於晶圓表面上之一圓形照射光束產生係橢圓形形狀之一照射區。因此，大體而言，對一表面之傾斜照射產生相對於照射剖面伸長之一經投影照射區，且伸長方向與入射平面對準。此外，伸長之量值隨入射角增加而增加。更具體而言，光束形狀與在入射平面之方向上入射角之餘弦成反比。在不存在繞射及像差效應之情況下，經投影照射光在垂直於照射平面之方向(例如，Y方向)上保持不失真。

如圖5中所繪示，量測光點116係以一波長色散方式投影至偵測器123之表面上。度量系統100經組態使得量測光點116之伸長方向之投影定向成垂直於偵測器123之表面上之波長色散方向。圖5中所繪示之X'軸表示量測光點116之伸長方向(亦即，X軸)至偵測器123上之投影。如圖5中所繪示，X'軸定向成垂直於偵測器123之表面上之波長色散方向。

與圖1中所繪示之度量系統10相比，在圖5中所繪示之實施例中，除光譜儀狹縫之外的度量系統100之所有光譜儀組件相對於經收集光束旋轉90度。以此方式，量測光點116之伸長方向之投影定向成垂直於波長色散方向。

圖12繪示另一實施例中之對聚焦誤差具有減少靈敏度之一度量系統300。度量系統300包含與參考圖5中所繪示之度量系統100所闡述相同編號之元件。另外，度量系統300包含放置於收集路徑中以使影像旋轉90度(亦即，使經收集光束117沿著光束軸旋轉)之光束旋轉光學器件128。度量系統300與度量系統100之不同之處亦在於除光譜儀狹縫之外的度量系統300之所有光譜儀組件(例如，偵測器123、光柵122等)保持於與圖1中所繪示之度量系統10相同之定向上。與圖1中所繪示之度量系統10相比，度量系統300之光譜儀狹縫相對於經收集光束旋轉90度。以此方式，量測光點116之伸長方向之投影定向成垂直於波長色散方向。

圖6繪示偵測器123之表面之一法向視圖。如圖6中所繪示，量測光點116之伸長方向之投影(亦即，X'軸)定向成垂直於跨越偵測器123之表面之波長色散方向。藉由實例方式，光點124A及124B之伸長方向定向成垂直於波長色散方向。在垂直於波長色散方向之方向上將偵測器123之表面上之波長相依影像(例如，光點124A及124B)積分以獲得一光譜，亦即，沿著波長色散軸的強度與波長之一關係函數。對於一CCD偵測器，在垂直於波長色散之方向上將電荷積分以達成該光譜。

在每一波長下在垂直於光譜儀波長色散軸之方向上將投影至偵測器(例如，CCD 123)之表面上之影像積分以獲得經量測光譜。在每一波長下之個別光譜形狀係在彼特定波長下系統之點擴散函數(PSF)。

當將量測光點成像至偵測器上使得晶圓表面上之與入射平面對準之方向定向成垂直於偵測器表面上之波長色散方向時，所得點擴散函數(PSF)與先前技術組態相比係較不相依於波長。所得PSF係不那麼尖峰的，此乃因影像強度針對一給定波長在垂直於伸長方向之方向上

(例如，跨越橢圓形之短軸)並不極大地變化。此外，雖然影像強度確實在伸長方向上(例如，跨越橢圓形之長軸)極大地變化，但因伸長方向與CCD之電荷積分方向對準，該等變化會在積分時被消除。以此方式，光譜儀不必以高解析度獲取光譜資料以準確地構建PSF。此減少量測時間且增加通量。

在另一實例中，當伸長方向定向成垂直於光譜色散方向時，針對一特定波長之所得PSF獨立於入射角。垂直於伸長方向(亦即，跨越橢圓形之短軸)之影像及對應強度分佈對入射角係在很大程度上不變的。因此，在光譜色散方向上投影之影像及對應強度分佈對入射角係在很大程度上不變的。因此，經計算PSF展示極小對入射角之相依性。

在另一實例中，與先前技術組態相比，所得PSF對聚焦誤差係明顯較不靈敏的。當晶圓上之量測目標移動而對焦及離焦時，晶圓上之量測光點之所偵測影像移位位置。類似於對度量系統10及圖3之說明，當晶圓115對焦時，照射光束114在位置A處照射晶圓。經收集光束117經波長色散且使光點124A及124B成像至偵測器123上，如圖6中所圖解說明。當晶圓115在z方向上向上移動且離焦達大於零之一量 $\Delta Z$ 時，照射光束114在位置C處照射晶圓。經收集光束117'經波長色散且使光點124A'及124B'成像至偵測器123上。垂直於波長色散方向的影像位置之此移位因波長至像素映射保持不變而使由聚焦誤差誘發之光譜量測誤差最小化。當晶圓115在z方向上向下移動且離焦達小於零之一量 $\Delta Z$ 時，照射光束114在位置B處照射晶圓。經收集光束117''經波長色散且使光點124A''及124B''成像至偵測器123上。同樣，垂直於波長色散方向的影像位置之此移位使由聚焦誤差誘發之光譜量測誤差最小化。

在此組態中，聚焦誤差使偵測器上之影像在垂直於波長色散軸

之方向上移位。由於經計算光譜係藉由將垂直於光譜儀色散軸之影像積分而獲得，因此聚焦誤差誘發之影像移位積分時被消除且不誘發實質光譜量測誤差。對聚焦誤差之此減少靈敏度消除基於原子線發射追蹤及校正聚焦誤差之需要。以此方式，可採用諸如一高亮度雷射驅動光源(LDLS)之寬頻光源作為具有放鬆聚焦定位要求之諸如系統100之光譜度量系統中之一光源。

如前文中所闡述，由光譜儀投影之PSF在很大程度上由垂直於入射平面(亦即，XZ平面)之光之分佈判定。出於此原因，PSF獨立於傾斜入射角。因此，PSF對波長之相依性實質上小於諸如參考圖1所闡述之組態之一傳統組態。

當在AOI方向上之影像垂直於偵測器上之波長色散方向(如圖5至圖6中所繪示)時，偵測器上之PSF受垂直於入射平面之方向上之幾何光點大小限制。

在另一態樣中，基於受量測目標之本質而調整在垂直於入射平面之方向上投影於晶圓平面上之照射光場光闌之尺寸以最佳化所得量測準確度及速度。

針對每一量測應用調整在垂直於入射平面之方向上投影於晶圓平面上之照射光場光闌以使PSF成型以達成對波長較不靈敏之一平頂輪廓。另外，基於該平頂輪廓而調整光譜解析度以達成最佳化量測準確度及速度。

在某些實例中，例如，若樣本係一極厚膜或光柵結構，則調整在垂直於入射平面之方向上投影於晶圓平面上之照射光場光闌以減小光場大小以達成增加光譜解析度。在某些實例中，例如，若樣本係一薄膜，則調整在垂直於入射平面之方向上投影於晶圓平面上之照射光場光闌以增加光場大小以在不損失光譜解析度之情況下達成一縮短量測時間。

圖7繪示投影至偵測器123上之光點124A及124B。在此實例中，圖5中所繪示之照射光場光闌112經調整以減小在垂直於入射平面之方向(亦即，Y方向)上投影於晶圓平面上之光場大小。此繼而產生在與波長色散方向對準之方向上藉助減小之光場大小投影至偵測器123上之光點124A及124B。

在圖5中所繪示之實施例中，運算系統130經組態以接收指示由CCD 123偵測之光譜回應之信號125。運算系統130進一步經組態以判定傳遞至可程式化照射光場光闌112之控制信號126。可程式化照射光場光闌112接收控制信號126且調整照射孔徑之大小以達成所要照射光場大小。

在某些實例中，調整照射光場光闌以最佳化量測準確度及速度，如前文中所闡述。在另一實例中，調整照射光場光闌以防止由光譜儀狹縫進行之影像裁剪及量測結果之對應降級。以此方式，調整照射光場大小使得量測目標之影像未充滿光譜儀狹縫。在一項實例中，調整照射光場光闌使得照射光學器件之偏光器狹縫之投影未充滿度量系統之光譜儀狹縫。

當將量測光點成像至偵測器上使得晶圓表面上之與入射平面對準之方向定向成垂直於偵測器表面上之波長色散方向時，量測結果對聚焦誤差更不靈敏。圖8繪示圖解說明指示參考圖5所闡述之系統相比於參考圖1所闡述之系統之對聚焦誤差之一減少靈敏度之模擬結果的一曲線圖150。曲線圖150繪示針對若干個不同情境由聚焦誤差誘發的光譜儀信號 $\beta$ 之改變。光譜儀信號 $\delta\beta$ 之改變係在目標位置離焦時量測之光譜儀信號與在目標位於標稱焦點處時量測之光譜儀信號之間的差異。曲線151及152分別指示一習用度量系統(諸如參考圖1所闡述之彼系統)之在具有一+1微米聚焦誤差及一-1微米聚焦誤差之情況下之橫跨超過500奈米之一波長範圍的 $\delta\beta$ 值。曲線153及154分別指示一新穎

度量系統(諸如參考圖5所闡述之彼系統)之在具有一+1微米聚焦誤差及一-1微米聚焦誤差之情況下之在一波長範圍內的 $\delta\beta$ 值。如圖8中所圖解說明，當將量測光點成像至偵測器上使得晶圓表面上之與入射平面對準之方向定向成垂直於偵測器表面上之波長色散方向時，量測結果對聚焦誤差更不靈敏。

圖9繪示一垂直NAND (VNAND)結構之一系列三十次重複量測之在橫跨超過500奈米之一波長範圍內之光譜參數 $\beta$ 之值的一曲線圖160。圖9中所繪示之資料係由諸如參考圖1所闡述之系統之一傳統寬頻光譜橢偏儀系統產生。

圖10繪示同一垂直NAND (VNAND)結構之一系列三十次重複量測之在橫跨超過500奈米之一波長範圍內之光譜參數 $\beta$ 之值的一曲線圖170。圖10中所繪示之資料係由一寬頻光譜橢偏儀系統產生，該寬頻光譜橢偏儀系統將量測光點成像至偵測器上使得晶圓表面上之與入射平面對準之方向定向成垂直於偵測器表面上之波長色散方向。參考圖5闡述此一系統。藉由比較圖9及圖10之結果，很顯然，將量測光點成像至偵測器上使得晶圓表面上之與入射平面對準之方向定向成垂直於偵測器表面上之波長色散方向，而產生系統可重複性之一顯著改良，此主要歸因於對聚焦誤差之一減少靈敏度。

圖11圖解說明至少一項新穎態樣中之執行光譜量測之一方法200。方法200適於由諸如本發明之圖5中所圖解說明之度量系統100之一度量系統實施。在一項態樣中，認識到，方法200之資料處理方塊可經由一預程式化演算法執行，該預程式化演算法由運算系統130之一或多個處理器或任何其他一般用途運算系統執行。本文中認識到，度量系統100之特定結構態樣不表示限制且僅應解釋為圖解說明性的。

在方塊201中，在一入射平面內以一或多個人射角將來自一照射

源之一定量之寬頻照射光投影至一受量測樣品之一表面上之一量測光點上。

在方塊202中，將來自樣品之表面上之量測光點之一定量之經收集光成像至一個二維偵測器之一表面，使得樣品表面上之與入射平面對準之一方向定向成垂直於偵測器表面上之一波長色散方向。

在方塊203中，產生指示樣品對該量之照射光之一回應之複數個輸出信號。該等輸出信號係至少部分地藉由在垂直於偵測器表面上之波長色散方向之一方向上跨過複數個像素將電荷積分而產生。

在另一態樣中，至少部分地基於該複數個輸出信號而判定樣品之一結構參數之一估計。

如本文中所闡述，任何法向入射或傾斜入射寬頻光學度量系統可經組態使得量測光點成像至偵測器之表面上，使得晶圓表面上之與入射平面對準之一方向定向成垂直於偵測器表面上之一波長色散方向。在某些實施例中，光譜儀色散軸定向成正交於晶圓聚焦軸(例如，圖5中之z軸)，以減少朝向聚焦誤差之系統靈敏度。

可如本文中所闡述組態之例示性量測技術包含但不限於光譜橢偏量測術(SE)(包含穆勒(Mueller)矩陣橢偏量測術、旋轉偏光器SE、旋轉偏光器、旋轉補償器SE、旋轉補償器、SE)、光譜反射量測術(SR)(包含偏光SR、未偏光SR)、光譜散射量測術、散射量測術覆蓋、光束輪廓反射量測術(角解析及偏光解析兩者)、光束輪廓橢偏量測術、單個或多個離散波長橢偏量測術、x射線反射率(XRR)、x射線螢光(XRF)、掠入射x射線螢光(GIXRF)、x射線橢偏量測術等。大體而言，個別地或以任何組合形式可預期包含具有多個波長之照射之任何度量技術。舉例而言，個別地或以任何組合形式可預期適用於半導體結構之特性之任何SR或SE技術(包含基於影像之度量技術)。

在另一實施例中，系統100包含經採用以基於根據本文中所闡述之方法收集之光譜量測資料而執行實際裝置結構之量測之一或多個運算系統130。一或多個運算系統130可通信地耦合至光譜儀(例如，光譜儀123)。在一項態樣中，一或多個運算系統130經組態以接收與樣品115之結構之量測相關聯之量測資料125。

應認識到，一單電腦系統130或(另一選擇係)一多電腦系統130可執行本發明通篇所闡述之一或多個步驟。此外，系統100之不同子系統(諸如光譜橢偏儀123)可包含適於執行本文中所闡述之步驟之至少一部分之一電腦系統。因此，上述說明不應解釋為對本發明之一限制而僅係一圖解說明。

另外，電腦系統130可以此項技術中已知之任何方式通信地耦合至光譜儀123。舉例而言，一或多個運算系統130可耦合至與光譜儀123相關聯之運算系統。在另一實施例中，光譜儀123可直接由耦合至電腦系統130之一單電腦系統控制。

度量系統100之電腦系統130可經組態以藉由可包含有線及/或無線部分之一傳輸媒體自系統之子系統(例如，光譜儀123及諸如此類)接收及/或獲取資料或資訊。以此方式，傳輸媒體可用作電腦系統130與系統100之其他子系統之間的一資料鏈路。

度量系統100之電腦系統130可經組態以藉由可包含有線及/或無線部分之一傳輸媒體而自其他系統接收及/或獲取資料或資訊(例如，量測結果、模型化輸入、模型化結果、參考量測結果等)。以此方式，傳輸媒體可用作電腦系統130與其他系統(例如，記憶體板上度量系統100、外部記憶體或其他外部系統)之間的一資料鏈路。舉例而言，運算系統130可經組態以經由一資料鏈路自一儲存媒體(亦即，記憶體132或一外部記憶體)接收量測資料。舉例而言，使用光譜儀123獲得之光譜結果可儲存於一永久性或半永久性記憶體裝置(例如，記

憶體132或一外部記憶體)中。就此而言，光譜結果可自板上記憶體或自一外部記憶體系統傳入。此外，電腦系統130可經由一傳輸媒體將資料發送至其他系統。舉例而言，由電腦系統130判定之一量測模型或一實際裝置參數值可經傳遞並儲存於一外部記憶體中。就此而言，量測結果可傳出至另一系統。

運算系統130可包含但不限於一個人電腦系統、大型電腦系統、工作站、影像電腦、並行處理器或此項技術中已知之任一其他裝置。大體而言，術語「運算系統」可廣義定義為涵蓋具有執行來自一記憶體媒體之指令之一或多個處理器之任一裝置。

實施諸如本文中所闡述之彼等方法之方法之程式指令134可經由一傳輸媒體(諸如一導線、電纜或無線傳輸鏈路)傳輸。舉例而言，如圖5中所圖解說明，儲存於記憶體132中之程式指令134經由匯流排133傳輸至處理器131。程式指令134儲存於一電腦可讀媒體(例如，記憶體132)中。例示性電腦可讀媒體包含唯讀記憶體、一隨機存取記憶體、一磁碟或光碟或一磁帶。

在某些實例中，量測模型實施為可自美國加利福尼亞州苗必達市KLA-Tencor公司(Milpitas, California, USA)購得之一SpectraShape®光學臨界尺寸度量系統之一元件。以此方式，模型經創建且準備好在由系統收集光譜之後立即使用。

在某些其他實例中，量測模型係(舉例而言)由實施可自KLA-Tencor公司(Milpitas, California, USA)購得之AcuShape®軟體之一運算系統離線實施。所得經訓練模型可併入為可由執行量測之一度量系統存取之一AcuShape®庫之一元件。

在另一態樣中，本文中所闡述之量測模型結果可用於提供對一程序工具(例如，微影工具、蝕刻工具、沈積工具等)之主動回饋。舉例而言，基於本文中所闡述之量測方法判定之經量測參數之值可傳遞

至一微影工具以調整微影系統以達成一所要輸出。以一類似方式，蝕刻參數(例如，蝕刻時間、擴散率等)或沈積參數(例如，時間、濃度等)可包含於一量測模型中以分別提供對蝕刻工具或沈積工具之主動回饋。在某一實例中，對基於經量測裝置參數值判定之程序參數之校正及一經訓練量測模型可傳遞至一微影工具、蝕刻工具或沈積工具。

如本文中所闡述，術語「臨界尺寸」包含一結構之任何臨界尺寸(例如，底部臨界尺寸、中間臨界尺寸、頂部臨界尺寸、側壁角、光柵高度等)、任何兩個或兩個以上結構之間的一臨界尺寸(例如，兩個結構之間的距離)，及兩個或兩個以上結構之間的一位移(例如，覆疊光柵結構之間的覆疊位移等)。結構可包含三維結構、經圖案化結構、覆疊結構等。

如本文中所闡述，術語「臨界尺寸應用」或「臨界尺寸量測應用」包含任何臨界尺寸量測。

如本文中所闡述，術語「度量系統」包含至少部分地經採用以在任何態樣(包含量測應用，諸如臨界尺寸度量、覆疊度量、聚焦/劑量度量及組合物度量)中表徵一樣品之任何系統。然而，此等術語並不限制如本文中所闡述之術語「度量系統」之範疇。另外，度量系統100可經組態用於經圖案化晶圓及/或未經圖案化晶圓之量測。度量系統可經組態為一LED檢驗工具、邊緣檢驗工具、背面檢驗工具、宏觀檢驗工具或多模式檢驗工具(涉及同時來自一或多個平台之資料)，以及自基於臨界尺寸資料校準系統參數獲益之任何其他度量或檢驗工具。

本文中闡述可用於處理一樣品之一半導體處理系統(例如，一檢驗系統或一微影系統)之各種實施例。術語「樣品」在本文中用於指一晶圓、一光罩或可藉由此項技術中已知之手段處理(例如，印刷或檢驗缺陷)之任何其他樣本。

如本文中所使用，術語「晶圓」通常指由一半導體或非半導體材料形成之基板。實例包含但不限於單晶矽、砷化鎵及磷化銦。通常可在半導體製作設施中找到及/處理此類基板。在某些情形中，一晶圓可僅包含基板(亦即，裸晶圓)。另一選擇係，一晶圓可包含形成於一基板上之一或多個不同材料層。形成於一晶圓上之一或多個層可為「經圖案化」或「未圖案化」的。舉例而言，一晶圓可包含具有可重複圖案特徵之複數個晶粒。

一「光罩」可係在一光罩製作程序之任何階段處之一光罩或者可或可不釋放以供在一半導體製作設施中使用之一完成光罩。一光罩或一「遮罩」通常定義為具有在其上形成且組態成一圖案之實質上不透明區域之一實質上透明基板。基板可包含(舉例而言)諸如非晶 $\text{SiO}_2$ 之一玻璃材料。一光罩可在一微影程序之一曝光步驟期間安置於一抗蝕劑覆蓋之晶圓上面，使得可將該光罩上之圖案轉印至該抗蝕劑。

形成於一晶圓上之一或多個層可為經圖案化或未圖案化的。舉例而言，一晶圓可包含各自具有可重複圖案特徵之複數個晶粒。此類材料層之形成及處理可最終產生完成裝置。可在一晶圓上形成諸多不同類型之裝置，且如本文中所使用之術語晶圓意欲涵蓋於其上製作此項技術中已知之任何類型之裝置之一晶圓。

在一或多項例示性實施例中，所闡述之功能可以硬體、軟體、韌體或其任何組合實施。若以軟體實施，則該等功能可作為一或多個指令或代碼儲存於一電腦可讀媒體上或者經由一電腦可讀媒體傳輸。電腦可讀媒體包含電腦儲存媒體及通信媒體兩者，包含促進將一電腦程式自一個地方傳送至另一地方之任何媒體。一儲存媒體可係可由一個一般用途或特殊用途電腦存取之任何可用媒體。藉由實例而非限制方式，此類電腦可讀媒體可包括：RAM、ROM、EEPROM、CD-ROM或其他光碟儲存裝置、磁碟儲存裝置或其他磁性儲存裝置或者

可用於以指令或資料結構之形式載運或儲存所要程式碼構件且可由一個一般用途或特殊用途電腦或者一個一般用途或特殊用途處理器存取之任何其他媒體。並且，可將任何連接恰當地稱為一電腦可讀媒體。舉例而言，若使用一同軸電纜、光纖電纜、雙絞線、數位用戶線(DSL)或無線技術(諸如紅外線、無線電及微波)自一網站、伺服器或其他遠端源傳輸軟體，則該同軸電纜、光纖電纜、雙絞線、DSL或無線技術(諸如紅外線、無線電及微波)皆包含於媒體之定義內。如本文中所示使用，磁碟及光碟包含：壓縮光碟(CD)、雷射光碟、光學光碟、數位多功能光碟(DVD)、軟碟及藍光碟，其中磁碟通常以磁性方式再現資料，而光碟藉助雷射以光學方式再現資料。上述之組合亦應包含於電腦可讀媒體之範疇內。

儘管在上文中出於指導性目的而闡述了某些特定實施例，但本專利文件之教示內容具有一般適用性且不限於上文所闡述之特定實施例。因此，可在不背離如申請專利範圍中所陳述之本發明之範疇之情況下實踐對所闡述之實施例之各種特徵之各種修改、改動及組合。

#### 【符號說明】

- 10 例示性先前技術度量系統/度量系統
- 11 照射光瞳
- 12 照射光場光闌
- 13 照射光學器件
- 14 照射光束/光束/圓形光束
- 15 晶圓
- 16 量測光點
- 17 經收集光束/經收集光
- 17' 經收集光束
- 17'' 經收集光束

- 18 收集光學器件
- 19 收集光場光闌
- 20 收集光瞳
- 21 光譜儀狹縫
- 22 繞射光柵
- 23 二維偵測器/電荷耦合裝置/電荷耦合裝置偵測器/偵測器
- 24A 光點
- 24A' 光點
- 24A'' 光點
- 24B 光點
- 24B' 光點
- 24B'' 光點
- 25 照射源
- 26 主光線
- 27 主光線
- 100 例示性度量系統/度量系統/系統
- 110 照射源
- 111 照射光瞳
- 112 照射光場光闌/可程式化照射光場光闌
- 113 照射光學器件
- 114 照射光束/光束/照射光
- 115 晶圓/樣品
- 116 量測光點
- 117 經收集光束/經收集光
- 118 收集光學器件
- 119 收集光場光闌

- 120 收集光瞳
- 121 光譜儀狹縫
- 122 繞射光柵/光柵
- 123 偵測器/電荷耦合裝置/光譜儀/光譜橢偏儀
- 124A 影像/光點
- 124A' 光點
- 124A'' 光點
- 124B 影像/光點
- 124B' 光點
- 124B'' 光點
- 125 電信號/信號/量測資料
- 126 主光線/控制信號
- 127 主光線
- 128 光束旋轉光學器件
- 130 運算系統/單電腦系統/多電腦系統/電腦系統
- 131 處理器
- 132 記憶體
- 133 匯流排
- 134 程式指令
- 150 曲線圖
- 151 曲線
- 152 曲線
- 153 曲線
- 154 曲線
- 160 曲線圖
- 170 曲線圖

300	例示性度量系統/度量系統
A	位置
B	位置
C	位置
$\alpha$	入射角



I673487

## 發明摘要

公告本

※ 申請案號：105105166

※ 申請日：105年2月22日

※IPC 分類：**G01N 21/25** (2006.01)  
**G01N 21/95** (2006.01)  
**G01J 3/02** (2006.01)

## 【發明名稱】

度量系統、度量設備及度量方法

METROLOGY SYSTEM, METROLOGY APPARATUS AND

METROLOGY METHOD

## 【中文】

本文中呈現用於執行對聚焦誤差具有減少靈敏度之寬頻光譜度量之方法及系統。藉由將量測光點成像至偵測器上使得晶圓表面上之與入射平面對準之方向定向成垂直於偵測器表面上之波長色散方向，而達成對聚焦位置誤差之靈敏度之顯著減少。聚焦誤差靈敏度之此減少在不危及量測準確度之情況下實現減少之聚焦準確度及可重複性要求、較快聚焦時間及對波長誤差之減少靈敏度。在另一態樣中，基於受量測目標之本質而調整在垂直於該入射平面之方向上投影於晶圓平面上之照射光場之尺寸以最佳化所得量測準確度及速度。

**【英文】**

Methods and systems for performing broadband spectroscopic metrology with reduced sensitivity to focus errors are presented herein. Significant reductions in sensitivity to focus position error are achieved by imaging the measurement spot onto the detector such that the direction aligned with the plane of incidence on the wafer surface is oriented perpendicular to the direction of wavelength dispersion on the detector surface. This reduction in focus error sensitivity enables reduced focus accuracy and repeatability requirements, faster focus times, and reduced sensitivity to wavelength errors without compromising measurement accuracy. In a further aspect, the dimension of illumination field projected on the wafer plane in the direction perpendicular to the plane of incidence is adjusted to optimize the resulting measurement accuracy and speed based on the nature of target under measurement.

**【代表圖】**

**【本案指定代表圖】**：第（5）圖。

**【本代表圖之符號簡單說明】**：

- 100 例示性度量系統/度量系統/系統
- 110 照射源
- 111 照射光瞳
- 112 照射光場光闌/可程式化照射光場光闌
- 113 照射光學器件
- 114 照射光束/光束/照射光
- 115 晶圓/樣品
- 116 量測光點
- 117 經收集光束/經收集光
- 118 收集光學器件
- 119 收集光場光闌
- 120 收集光瞳
- 121 光譜儀狹縫
- 122 繞射光柵/光柵
- 123 偵測器/電荷耦合裝置/光譜儀/光譜橢偏儀
- 124A 影像/光點
- 124B 影像/光點
- 125 電信號/信號/量測資料
- 126 主光線/控制信號
- 127 主光線
- 130 運算系統/單電腦系統/多電腦系統/電腦系統
- 131 處理器
- 132 記憶體

- 133 匯流排
- 134 程式指令
- $\alpha$  入射角

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

無

## 申請專利範圍

1. 一種度量系統，其包括：
  - 一照射源，其經組態以產生一定量之照射光；
  - 一照射光學器件子系統，其經組態以在一入射平面內以一或多個人射角將該量之照射光自該照射源引導至一受量測樣品之一表面上之一量測光點；
  - 一偵測器，其具有對入射光靈敏之一平坦二維表面，其中該偵測器經組態以藉由在垂直於該偵測器表面上之一波長色散方向之一方向上跨過複數個像素將電荷積分而產生指示該樣品對該量之照射光之一回應之複數個輸出信號；及
  - 一收集光學器件子系統，其經組態以自該樣品之該表面上之該量測光點收集一定量之經收集光且將該量之經收集光引導至該偵測器之該表面，其中該收集光學器件子系統將該量測光點成像至該偵測器之該表面上，使得晶圓表面上之與該入射平面對準之一方向定向成垂直於該偵測器表面上之該波長色散方向。
2. 如請求項1之度量系統，其中該量之照射光係包含橫跨至少500奈米之一波長範圍之寬頻照射光。
3. 如請求項1之度量系統，其中該量之照射光之至少一部分係以一法向入射角提供至該樣品。
4. 如請求項1之度量系統，其中該量之照射光之至少一部分係以一傾斜入射角提供至該樣品。
5. 如請求項1之度量系統，其中該度量系統經組態為一光譜橢偏儀及一光譜反射儀中之任一者或多者。
6. 如請求項1之度量系統，其中該照射光學器件子系統之一偏光器

狹縫之一投影未充滿該度量系統之一光譜儀狹縫。

7. 如請求項1之度量系統，其中該照射源係一雷射驅動光源。
8. 如請求項1之度量系統，其中該照射光學器件子系統包含經組態以限制在正交於該入射平面之一方向上投影至該樣品上之一照射光場之一可程式化照射光場光闌。
9. 如請求項1之度量系統，其進一步包括：
  - 一控制器，其經組態以：
    - 將一命令信號傳輸至該可程式化照射光場光闌以更改該照射光場光闌之一狀態，以沿著該偵測器表面上之該波長色散方向達成一所要點擴散函數。
10. 如請求項1之度量系統，其中投影至該樣品之一表面上之該量之照射光之一光束大小小於在該樣品之該表面上量測之一量測目標之一大小。
11. 如請求項1之度量系統，其中該偵測器係一電荷耦合裝置(CCD)偵測器。
12. 一種度量設備，其包括：
  - 一照射系統，其經組態以在一入射平面內以一或多個人射角將一定量之寬頻照射光自一照射源引導至一受量測樣品之一表面上之一量測光點；
  - 一光譜偵測器，其具有對入射光靈敏之一平坦二維表面，其中該光譜偵測器經組態以藉由在垂直於該偵測器表面上之一波長色散方向之一方向上跨過複數個像素將電荷積分而產生複數個輸出信號；及
  - 一收集光學器件子系統，其經組態以自該樣品之該表面上之該量測光點收集一定量之經收集光且將該量之經收集光引導至該光譜偵測器之該表面，其中該收集光學器件子系統將該量測

光點成像至該光譜偵測器之該表面上，使得晶圓表面上之與該入射平面對準之一方向定向成垂直於該光譜偵測器表面上之該波長色散方向。

13. 如請求項12之設備，其中該照射系統包含經組態以限制在正交於該入射平面之一方向上投影至該樣品上之一照射光場之一可程式化照射光場光闌。

14. 如請求項13之設備，其進一步包括：

一控制器，其經組態以：

將一命令信號傳輸至該可程式化照射光場光闌以更改該照射光場光闌之一狀態，以沿著該偵測器表面上之該波長色散方向達成一所要點擴散函數。

15. 一種度量方法，其包括：

在一入射平面內以一或多個人射角將來自一照射源之一定量之寬頻照射光投影至一受量測樣品之一表面上之一量測光點；

將來自該樣品之該表面上之該量測光點之一定量之經收集光成像至一個二維偵測器之一表面，使得該樣品表面上之與該入射平面對準之一方向定向成垂直於該偵測器表面上之一波長色散方向；及

產生指示該樣品對該量之照射光之一回應之複數個輸出信號，其中該產生該複數個輸出信號涉及在垂直於該偵測器表面上之該波長色散方向之一方向上跨過複數個像素將電荷積分。

16. 如請求項15之方法，其進一步包括：

至少部分地基於該複數個輸出信號而判定一結構參數之一估計。

17. 如請求項15之方法，其中該量之寬頻照射光包含橫跨至少500奈米之一波長範圍。

18. 如請求項15之方法，其中該一或多個人射角中之至少一者係一傾斜入射角。
19. 如請求項15之方法，其進一步包括：  
    限制在正交於該入射平面之一方向上投影至該樣品之該表面上之一照射光場之一延伸範圍。
20. 如請求項19之方法，其中該限制該照射光場之該延伸範圍涉及將一命令信號傳輸至一可程式化照射光場光闌以更改該照射光場光闌之一狀態，以沿著該偵測器表面上之該波長色散方向達成一所要點擴散函數。