



(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 I840582 B

(45)公告日：中華民國 113 (2024) 年 05 月 01 日

(21)申請案號：109122963

(22)申請日：中華民國 109 (2020) 年 07 月 08 日

(51)Int. Cl.：

G01N21/88 (2006.01)

G01N21/95 (2006.01)

G01N21/956 (2006.01)

G01N21/47 (2006.01)

(30)優先權：2019/07/09

美國

62/871,872

2020/06/26

美國

16/913,396

(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：許志偉 XU, ZHIWEI (US)；荷勒科爾特 HALLER, KURT (US)；梁 J K

LEONG, J.K. (US)；渥特斯 克里斯堤安 WOLTERS, CHRISTIAN (US)

(74)代理人：陳長文

(56)參考文獻：

TW 201732979A

TW 201917348A

US 2013/0010306A1

US 2015/0204729A1

審查人員：徐孝倫

申請專利範圍項數：20 項 圖式數：13 共 46 頁

(54)名稱

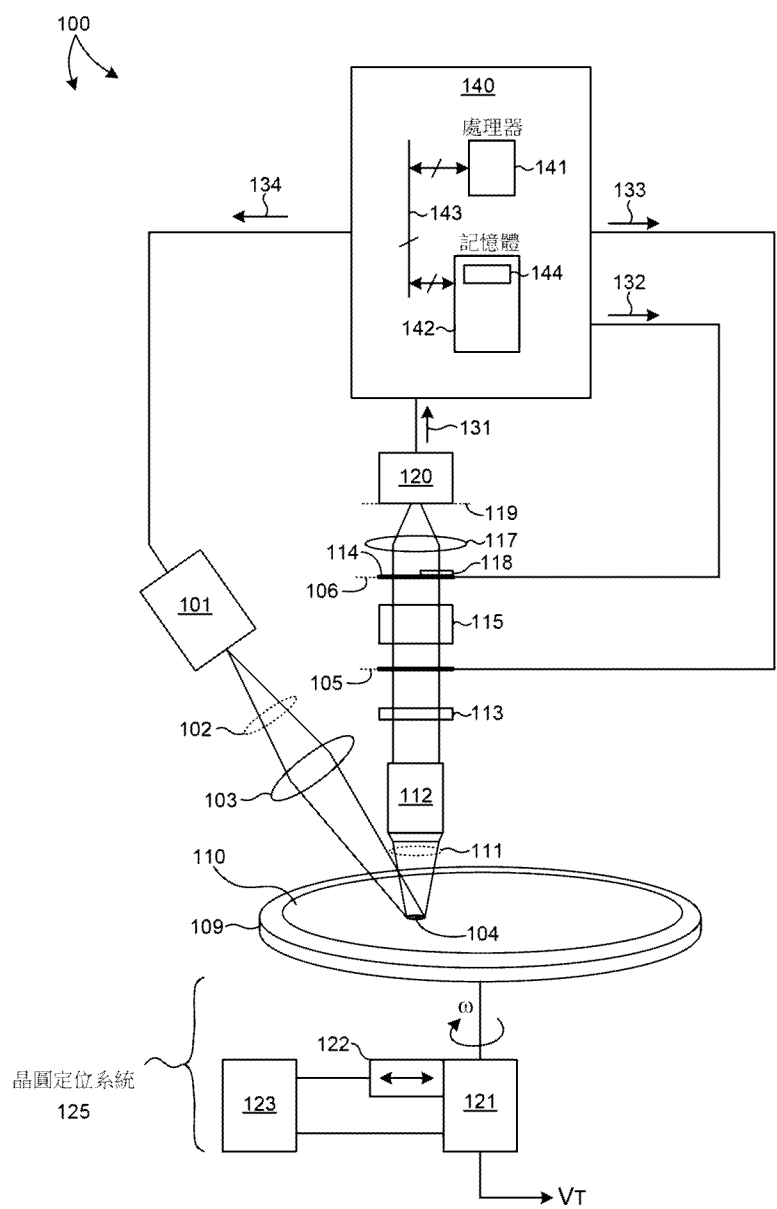
用於光學表面缺陷材料特性化的方法及系統

(57)摘要

本文中闡述用於基於自一樣本之暗場散射之相位而偵測缺陷並將缺陷分類之方法及系統。在某些實施例中，藉由用同一光學系統偵測缺陷並將缺陷分類而增加處理量。在一項態樣中，基於自收集光瞳中之至少兩個空間上相異之位置收集之經散射光之所量測相對相位而將一缺陷分類。若透過光瞳平面處之任何兩個空間上相異之位置透射之光之間存在相位差，則依據干涉條紋在成像平面中之位置判定該相位差。所量測相位差指示所量測樣本之材料組成。在另一態樣中，一檢驗系統包含經組態以在收集光瞳中之不同可程式化位置處對光瞳進行取樣之一可程式化光瞳孔口裝置。

Methods and systems for detecting and classifying defects based on the phase of dark field scattering from a sample are described herein. In some embodiments, throughput is increased by detecting and classifying defects with the same optical system. In one aspect, a defect is classified based on the measured relative phase of scattered light collected from at least two spatially distinct locations in the collection pupil. The phase difference, if any, between the light transmitted through any two spatially distinct locations at the pupil plane is determined from the positions of the interference fringes in the imaging plane. The measured phase difference is indicative of the material composition of the measured sample. In another aspect, an inspection system includes a programmable pupil aperture device configured to sample the pupil at different, programmable locations in the collection pupil.

指定代表圖：



【圖1】

- 符號簡單說明：
- 100:表面檢驗系統/系統/檢驗系統
 - 101:照明源
 - 102:照明光/照明
 - 103:聚焦光學器件
 - 104:量測光點/入射光點
 - 105:光瞳平面
 - 106:光瞳平面
 - 109:晶圓卡盤
 - 110:晶圓
 - 111:光/所收集光
 - 112:成像集光物鏡/物鏡/集光物鏡
 - 113:偏光鏡光學元件/偏光鏡元件
 - 114:光瞳遮罩/遮罩
 - 115:光瞳中繼光學器件
 - 117:光學元件
 - 118:中性密度濾光器
 - 119:影像平面
 - 120:偵測器/成像偵測器
 - 121:旋轉載台
 - 122:平移載台
 - 123:運動控制器
 - 125:晶圓定位系統
 - 131:所偵測信號/影像
 - 134:命令信號
 - 140:運算系統
 - 141:處理器
 - 142:記憶體/電腦可讀記憶體
 - 143:匯流排
 - 144:記憶體
 - V_T :規定速度
 - ω :規定角速度



公告本

I840582

【發明摘要】

【中文發明名稱】

用於光學表面缺陷材料特性化的方法及系統

【英文發明名稱】

METHODS AND SYSTEMS FOR OPTICAL SURFACE DEFECT
MATERIAL CHARACTERIZATION

【中文】

本文中闡述用於基於自一樣本之暗場散射之相位而偵測缺陷並將缺陷分類之方法及系統。在某些實施例中，藉由用同一光學系統偵測缺陷並將缺陷分類而增加處理量。在一項態樣中，基於自收集光瞳中之至少兩個空間上相異之位置收集之經散射光之所量測相對相位而將一缺陷分類。若透過光瞳平面處之任何兩個空間上相異之位置透射之光之間存在相位差，則依據干涉條紋在成像平面中之位置判定該相位差。所量測相位差指示所量測樣本之材料組成。在另一態樣中，一檢驗系統包含經組態以在收集光瞳中之不同可程式化位置處對光瞳進行取樣之一可程式化光瞳孔口裝置。

【英文】

Methods and systems for detecting and classifying defects based on the phase of dark field scattering from a sample are described herein. In some embodiments, throughput is increased by detecting and classifying defects with the same optical system. In one aspect, a defect is classified based on the measured relative phase of scattered light collected from at least two spatially distinct locations in the collection pupil. The phase difference, if any, between the light transmitted through any two

spatially distinct locations at the pupil plane is determined from the positions of the interference fringes in the imaging plane. The measured phase difference is indicative of the material composition of the measured sample. In another aspect, an inspection system includes a programmable pupil aperture device configured to sample the pupil at different, programmable locations in the collection pupil.

【指定代表圖】

圖1

【代表圖之符號簡單說明】

100:表面檢驗系統/系統/檢驗系統

101:照明源

102:照明光/照明

103:聚焦光學器件

104:量測光點/入射光點

105:光瞳平面

106:光瞳平面

109:晶圓卡盤

110:晶圓

111:光/所收集光

112:成像集光物鏡/物鏡/集光物鏡

113:偏光鏡光學元件/偏光鏡元件

114:光瞳遮罩/遮罩

115:光瞳中繼光學器件

- 117:光學元件
- 118:中性密度濾光器
- 119:影像平面
- 120:偵測器/成像偵測器
- 121:旋轉載台
- 122:平移載台
- 123:運動控制器
- 125:晶圓定位系統
- 131:所偵測信號/影像
- 134:命令信號
- 140:運算系統
- 141:處理器
- 142:記憶體/電腦可讀記憶體
- 143:匯流排
- 144:記憶體
- V_T :規定速度
- ω :規定角速度

【發明說明書】

【中文發明名稱】

用於光學表面缺陷材料特性化的方法及系統

【英文發明名稱】

METHODS AND SYSTEMS FOR OPTICAL SURFACE DEFECT
MATERIAL CHARACTERIZATION

【技術領域】

【0001】 所闡述實施例係關於用於表面檢驗之系統，且更特定而言係關於半導體晶圓檢驗模態。

【先前技術】

【0002】 諸如邏輯及記憶體裝置之半導體裝置通常藉由應用於一基板或晶圓之一處理步驟序列而製作。藉由此等處理步驟形成該等半導體裝置之各種特徵及多個結構層級。舉例而言，微影尤其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。可在一單個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。

【0003】 小心地控制半導體製作環境以最少化晶圓污染。多餘材料顆粒干涉製作程序、使所製作裝置之效能降級或發生這兩種情況。隨著半導體設計規則不斷發展，對基板之均勻性及潔淨度之要求不斷提高。允許的缺陷數目及最大允許粒度隨著製作中之裝置之大小而比例縮放。

【0004】 一般而言，檢驗系統在一生產程序中之任一時刻偵測在一樣本上之任一類型之缺陷。在某些實例中，檢驗系統通常用以在處理之前定位一基板上之缺陷以確保該基板適合用於繼續製造或在生產之前識別晶

圓上之缺陷位點。一個此類檢驗系統係針對非所要顆粒對一晶圓表面進行照明及檢驗之一光學表面檢驗系統。光學表面檢驗系統通常係定位缺陷且產生位於每一經檢驗晶圓上之缺陷之一映圖的高處理量系統。

【0005】 另外，按材料類型、結構特性等將缺陷分類通常係合意的。通常，採用一單獨缺陷再檢查工具來執行缺陷分類任務。在某些實例中，藉由一光學檢驗工具定位缺陷。將該經檢驗晶圓及缺陷位置映圖傳送至一缺陷再檢查工具。該缺陷再檢查工具對由光學檢驗系統識別之缺陷位置中之一或多者執行一詳細分析以將在每一位置處之缺陷分類。

【0006】 缺陷通常按材料組成來分類。在一項實例中，對缺陷材料組成之瞭解使得一操作者能夠判定適當清潔程序步驟以自晶圓去掉缺陷顆粒。在另一實例中，對缺陷材料組成之瞭解指示晶圓污染源，因此使得操作者能夠採取行動來停止進一步晶圓污染。

【0007】 傳統缺陷分類工具及技術在對小粒度、處理量或兩者之靈敏度方面受限制。舉例而言，能量色散X射線光譜法(EDX)針對某些材料而非針對諸如無機化合物或有機顆粒之其他材料以高靈敏度提供缺陷材料分析能力。另外，EDX之處理量不足，無法在一半導體製作設施中進行具成本效益之缺陷分類。

【0008】 為增加處理量，期望藉助用以偵測缺陷位置之同一光學檢驗工具至少執行某些缺陷分類任務。特定而言，與採用EDX或二次離子質譜法(SIMS)技術之傳統分析工具相比較，藉助一光學檢驗工具執行缺陷成分分析帶來顯著優點。藉助一光學檢驗工具執行缺陷分類消除將一晶圓與缺陷映圖傳送至用於缺陷分類之另一工具的需要。另外，可立即自該光學檢驗工具獲得缺陷分類結果。在一典型半導體裝置製造程序中，此將轉

回時間自幾小時減少至幾分鐘。另外，藉助一光學檢驗工具進行缺陷分類係非破壞性的；在不破壞樣本、自樣本移除材料等之情況下執行分析。

【0009】 Zhao等人且受讓給KLA公司之第2018/0188188號美國專利公開案闡述以高處理量以對小粒度之充分靈敏度偵測缺陷並將缺陷分類之各種光學檢驗系統，該美國專利公開案之內容以其全文引用方式併入本文中。特定而言，Zhao闡述採用一相移相襯成像技術來將缺陷分類之光學檢驗系統。該相移相襯技術需要在光學系統之一收集光瞳平面處對鏡面反射光及經散射光進行空間分離以引入該鏡面反射光與該經散射光之間的一相對相移。為達成此空間分離，照明射束之分佈限制於物鏡之光瞳平面內之選定位置。此限制由照明源提供至晶圓之光子數目，此又限制光學檢驗系統之靈敏度。

【0010】 隨著半導體設計規則不斷發展，必須由一表面檢驗系統偵測之最小粒度之大小不斷縮小。另外，期望藉助用以偵測缺陷之同一光學工具將所偵測缺陷分類。所製作特徵之大小之穩定減小及同時偵測缺陷並將缺陷分類之需求給檢驗系統之靈敏度及處理量帶來了挑戰。

【0011】 期望對光學表面檢驗系統之改良從而以較大靈敏度及處理量偵測在一晶圓表面上之一照明光點之檢驗路徑中之缺陷並將該等缺陷分類。

【發明內容】

【0012】 在本文中闡述用於基於自一樣本之暗場散射之相位而偵測缺陷並將缺陷分類之方法及系統。在某些實施例中，藉由用同一光學系統偵測缺陷並將缺陷分類(亦即，由同一光學工具執行之缺陷檢驗及缺陷再檢查)而增加處理量。在其他實施例中，藉由併入本文中所闡述之技術而

增強光學檢驗及光學再檢查工具。

【0013】 在一項態樣中，基於自收集光瞳中之至少兩個空間上相異之位置收集之經散射光之所量測相對相位而將一缺陷分類。特定而言，缺陷分類係基於經散射光針對一給定照明角度之所量測相對相位。因此，僅在一檢驗系統之收集光學器件中實施本文中所闡述之技術；從而產生一簡單且具成本效益之光學檢驗/缺陷再檢查系統。自收集光瞳中之至少兩個空間上相異之位置收集經散射光，同時阻擋剩餘光。在此等條件下，一界線分明之干涉圖案形成於偵測器之光敏表面處之影像平面處。若透過光瞳平面處之兩個空間上相異之位置透射之光之間存在相位差，則依據干涉條紋在成像平面中之位置判定該相位差。所量測相位差指示所量測樣本之材料組成。

【0014】 在一額外態樣中，所量測相位差與相關聯於樣品之相位差之一已知值之間的一差經判定為一校正值。在某些實施例中，受量測之材料係具有已知材料性質及相位回應之一已知材料。在此等實施例中，由一檢驗系統量測之相位差與已知相位差之間的差指示量測系統中之系統誤差，例如，光學像差、量測電子器件誤差等。該校正值儲存於記憶體中。由系統執行之後續相位差量測藉由所儲存校正值來校正以補償存在於相位差量測中之系統誤差。

【0015】 在另一態樣中，使用一快速傅立葉變換(FFT)演算法自存在於所偵測影像中之干涉圖案提取相位差資訊。該FFT演算法提供極好雜訊排除且係計算上高效的。在其他實例中，採用量測之一實體模型與一所量測干涉圖案之一迭代擬合來判定自光瞳平面中之兩個不同位置散射之光之間的相位差。

【0016】 在另一態樣中，一檢驗系統包含經組態以在收集光瞳中之不同可程式化位置處對光瞳進行取樣之一可程式化光瞳孔口裝置。以此方式，針對每一相位差量測控制光瞳平面中之每一取樣位置之定位。

【0017】 前文係一發明內容且因此必然含有細節之簡化、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得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】

【0018】 圖1係圖解說明經組態以量測在收集光瞳中之相異位置處自一樣品收集之經散射光之間的相位差之一檢驗系統之一項實施例之一簡化圖式。

【0019】 圖2係圖解說明由一照明射束照明之一晶圓110之一簡化圖式。

【0020】 圖3係圖解說明阻擋在所有經收集NA處之光(惟透過一孔口透射之光除外)之一遮罩之一圖式。

【0021】 圖4繪示在一影像平面處之一干涉圖案之一模擬之一曲線圖，該干涉圖案係藉由自一材料散射且透過收集光瞳中之不同位置處之孔口透射之光之干涉產生的。

【0022】 圖5繪示在影像平面處之一干涉圖案之一模擬之一曲線圖，該干涉圖案係藉由自不同於圖4中所繪示之材料之一材料散射且透過與圖4中所繪示相同之孔口透射之光之干涉產生的。

【0023】 圖6繪示在影像平面處之一干涉圖案之一模擬之一曲線圖，該干涉圖案係藉由自不同於圖4及圖5中所繪示之材料之一材料散射且

透過與圖4中所繪示相同之孔口透射之光之干涉產生的。

【0024】 圖7繪示在一項實施例中圖解說明在x方向上對稱地位於光瞳之中心周圍之光瞳孔口之一圖式。

【0025】 圖8繪示在另一實施例中圖解說明在x方向上對稱地位於光瞳之中心周圍之光瞳孔口之一圖式。

【0026】 圖9繪示在一項實施例中圖解說明在y方向上對稱地位於光瞳之中心周圍之光瞳孔口之一圖式。

【0027】 圖10繪示在另一實施例中圖解說明在y方向上對稱地位於光瞳之中心周圍之光瞳孔口之一圖式。

【0028】 圖11係在一項實施例中圖解說明一可程式化光瞳遮罩裝置之一簡化圖式。

【0029】 圖12係在另一實施例中圖解說明一可程式化光瞳遮罩裝置之一簡化圖式。

【0030】 圖13圖解說明可用於量測在收集光瞳中之相異位置處自一樣品收集之經散射光之間的相位差之一例示性方法200之一流程圖。

【實施方式】

相關申請案之交叉參考

【0031】 本專利申請案依據35 U.S.C. §119主張2019年7月9日提出申請之標題為「Method Of Defect Material Characterization Using Optical Microscope」之第62/871,872號美國臨時專利申請案之優先權，該美國臨時專利申請案之標的物以其全文引用方式併入本文中。

【0032】 現將詳細參考先前技術實例及本發明之某些實施例，在附圖中圖解說明本發明之實例。

【0033】 在本文中闡述用於基於自一樣本之暗場散射之相位而偵測缺陷並將缺陷分類之方法及系統。在某些實施例中，根據本文中所闡述之方法及系統偵測奈米級缺陷顆粒並將奈米級缺陷顆粒分類。本文中所呈現之用於偵測缺陷並將缺陷分類之方法及系統係非破壞性的且可整合至一光學檢驗工具、一缺陷再檢查工具或一整合式光學檢驗/缺陷再檢查工具中。在某些實施例中，藉由用同一光學系統偵測缺陷並將缺陷分類(亦即，由同一光學工具執行之缺陷檢驗及缺陷再檢查)而增加處理量。在其他實施例中，藉由併入本文中所闡述之技術而增強光學檢驗及光學再檢查工具。

【0034】 一般而言，自一缺陷之光散射取決於該缺陷之諸多性質。舉例而言，除諸如由折射率 n 及消光係數 k 闡述之複折射率之材料性質之外，諸如缺陷形狀及大小之幾何性質亦影響光散射。諸如 n 及 k 之材料參數之值指示材料組成。然而，諸如 n 及 k 之材料參數無法直接依據一簡單散射光強度量測來判定，此乃因其在光強度量測中未與幾何性質有效地解耦。

【0035】 在一項態樣中，基於自收集光瞳中之至少兩個空間上相異之位置收集之經散射光之所量測相對相位而將一缺陷分類。特定而言，該缺陷分類係基於經散射光針對一給定照明角度之所量測相對相位。因此，僅在一檢驗系統之收集光學器件中實施本文中所闡述之技術；從而產生一簡單且具成本效益光學檢驗/缺陷再檢查系統。

【0036】 在一項實例中，基於經散射光在光瞳平面中之不同位置處之所量測相對相位而將一缺陷顆粒分類為一高 K 金屬或一低 K 透明介電材料。

【0037】 在某些實例中，基於自一缺陷散射之光之相位而判定一缺

陷之材料性質之值，諸如 n 及 k 。特定而言，基於經散射光在光瞳平面中之不同位置處之所量測相位差而判定材料性質。在此等實例中，基於該缺陷之該等所判定材料性質而將一缺陷分類。

【0038】 圖1係具有如本文中所闡述之檢驗及分類功能性之一表面檢驗系統100之一項實施例之一簡化示意圖。藉由非限制性實例之方式提供表面檢驗系統100。一般而言，如本文中所闡述之使經散射光在一感測器上成像以形成一缺陷之一影像的任何光學顯微鏡或檢驗系統適合用於實施本文中所闡述之檢驗及分類功能性。此一光學顯微鏡或檢驗子系統可實施為一台式分析工具之一部分或實施為用於缺陷檢驗、缺陷再檢查或兩者之一自動化系統之一部分。

【0039】 為簡化起見，已省略系統之某些光學組件。藉由實例之方式，亦可包含摺疊鏡、偏光鏡、波束成型光學器件、額外光源、額外收集器及額外偵測器。所有此等變化形式皆在本文中所闡述之本發明之範疇內。本文中所闡述之檢驗系統可用於檢驗未圖案化以及經圖案化晶圓。

【0040】 如圖1中所圖解說明，一照明源101產生經引導朝向晶圓110之照明光102之一射束。在圖1中所繪示之實施例中，聚焦光學器件103在量測光點104上方將照明光102聚焦至晶圓110上。然而，一般而言，可採用任何適合照明光學元件以經由一所要量測光點大小將照明光102提供至晶圓110上。在某些實施例中，一或多個射束整形元件包含於照明光學路徑(亦即，照明源101與晶圓110之間的光學路徑)中以形成一所要射束輪廓。例示性射束輪廓包含一高斯射束形狀、一環形射束形狀、一平頂射束形狀等。典型量測光點大小包含由跨越量測光點之最長延伸範圍之一尺寸特性化之具有小至一微米至大至五百微米之一長度的量測光點。

【0041】 在某些實施例中，一或多個偏光鏡元件位於照明光學路徑中以使照明光以一所要方式偏振。例示性偏振包含線性偏振、橢圓偏振、圓形偏振或無偏振。

【0042】 如圖1中所繪示，由照明子系統將照明102以一傾斜角提供至晶圓110之表面。然而，一般而言，照明子系統可經組態以將光射束以一法向入射角引導至樣品。典型入射角之範圍介於自零度(法向入射)至與法向入射成八十度。在某些實施例中，系統100可經組態以將多個光射束以不同入射角(諸如一傾斜入射光束及一法向入射光束)引導至樣品。該多個光射束可實質上同時或順序地經引導至樣品。

【0043】 藉由實例之方式，照明源101可包含一雷射、一個二極體雷射、一氦氖雷射、一氬雷射、一固態雷射、一個二極體泵浦固態(DPSS)雷射、一氬弧燈、一氣體放電燈及LED陣列或一白熾燈。光源可經組態以發射接近單色光或寬頻光。在某些實施例中，照明子系統經組態以將具有一相對窄波長頻帶之光引導至樣品(例如，接近單色光或具有小於約20 nm、小於約10 nm、小於約5 nm或甚至小於約2 nm之一波長範圍之光)。因此，若光源係一寬頻光源，則照明子系統亦可包含可限制經引導至樣品之光之波長之一或多個光譜濾光器。該一或多個光譜濾光器可係帶通濾光器及/或邊緣濾光器及/或陷波濾光器。在某些實例中，入射於晶圓110上之光之波長包含範圍介於自紅外線至極紫外線之任一波長子集。一般而言，照明源101以在光學波長範圍內之光之任一所要波長或波長範圍來發射輻射。

【0044】 在圖1中所繪示之實施例中，照明源101經組態以根據自運算系統140接收之命令信號134控制照明光102之射束之光學功率。在一項

實施例中，照明源101在一表面檢驗掃描期間動態地調整照明功率。

【0045】 在圖1中所圖解說明之實施例中，晶圓定位系統125使晶圓110在量測光點104下方移動。晶圓定位系統125包含一晶圓卡盤109、運動控制器123、一旋轉載台121及一平移載台122。晶圓110支撐於晶圓卡盤109上。如圖2中所圖解說明，晶圓110在其幾何中心150與旋轉載台121之旋轉軸線大致對準之情況下經定位。以此方式，旋轉載台121使晶圓110圍繞其幾何中心以一規定角速度 ω 在一可接受容差內自旋。另外，平移載台122使晶圓110在大致垂直於旋轉載台121之旋轉軸線之一方向上以一規定速度 V_T 平移。運動控制器123協調由旋轉載台121使晶圓110自旋及由平移載台122使晶圓110平移以達成晶圓110在檢驗系統100內之所要掃描運動。

【0046】 在一例示性操作情景中，檢驗在量測光點104位於晶圓110之幾何中心150處之情況下開始，且然後使晶圓110旋轉並平移直至量測光點104到達晶圓110之外周界(亦即，當 R 等於晶圓110之半徑時)。由於旋轉載台121及平移載台122之協調運動，因此由量測光點104照明之點軌跡在晶圓110之表面上循一螺旋形路徑而行。晶圓110之表面上之該螺旋形路徑稱為一檢驗軌道127 (未展示其全部)。一例示性檢驗軌道127之一部分在圖2中經圖解說明為 $TRACK_i$ 。如圖2中所圖解說明，量測光點104位於距晶圓110之幾何中心一距離 R 處，且缺陷顆粒126正在接近量測光點104。在某些實施例中，檢驗系統100能夠使小至50奈米之一缺陷顆粒沿著顆粒之最大延伸範圍之一尺寸定位。在某些實施例中，檢驗系統100能夠使小至10奈米之一缺陷顆粒沿著顆粒之最大延伸範圍之一尺寸定位。

【0047】如圖1中所繪示，檢驗系統100包含用以使在量測光點104處在一收集角度範圍內自晶圓110散射及/或反射之光111成像至收集光學器件子系統之一或多個晶圓影像平面(例如，影像平面119)上之一成像集光物鏡112。物鏡112經組態以收集暗場散射光。在某些實施例中，物鏡112捕獲具有0.1至0.99之一數值孔徑(NA)之經散射光。

【0048】儘管在圖1中圖解說明集光物鏡112之一特定標稱定向，但應理解，集光物鏡相對於晶圓表面之定向可取決於(舉例而言)晶圓之入射角及/或形貌特性而適當地配置。

【0049】在某些實施例中，收集光學路徑(亦即，晶圓110與偵測器120之間的光學路徑)包含一或多個偏光鏡光學元件113以選擇具有所要偏振之光。在某些實施例中，一或多個偏光鏡元件113包含一簡單偏光鏡。在某些其他實施例中，一或多個偏光鏡元件113包含與一偏光鏡組合之一相位板。在此等實施例中之某些實施例中，該相位板經設計以更改散射光之偏振。

【0050】在某些實施例中，收集光學路徑包含一或多個光瞳中繼光學器件(例如，光瞳中繼光學器件115)以形成一或多個經中繼光瞳平面(例如，光瞳平面106)。此可係合意的以准許對一或多個光修改元件(例如，遮罩元件)之一收集光瞳平面之容易通達從而控制自如本文中所闡述之光瞳之特定區域收集之光量。替代地，可期望將控制自如本文中所闡述之光瞳之特定區域收集之光量之所有光修改元件(例如，遮罩元件)定位在一個光瞳平面處或附近。如圖1中所繪示，收集光學路徑包含兩個光瞳平面(例如，光瞳平面105及106)，且光瞳遮罩114位於光瞳平面106處。

【0051】 在圖1中所繪示之實施例中，光學元件117將所收集光111聚焦至影像平面119上，其中由偵測器120偵測影像。

【0052】 成像偵測器120一般用以將所偵測光轉換成指示晶圓110在所偵測視野內之所偵測影像之電信號。一般而言，成像偵測器120可包含此項技術中已知之實質上任何光電偵測器。然而，一特定偵測器可基於偵測器之所要效能特性、待檢驗之樣品類型及照明之組態而經選擇以供在本發明之一或多個實施例內使用。一般而言，偵測器120以一圖框模式或一掃描模式獲取影像資訊。在一掃描模式中，在晶圓110移動之同時收集影像。若可用於檢驗之光量係相對低的，則可採用諸如一時間延遲積分(TDI)相機之一效率增強偵測器來增加系統之信雜比及處理量。在另一實例中，採用信號積分來達成用於相位量測之充足SNR。取決於可用信號，可自幾奈秒至一秒而選擇積分時間。一冗長積分時間之缺點係量測時間長及易受諸如機器震動等之環境擾亂影響。取決於可用於檢驗之光量及所執行之檢驗類型，可使用其他偵測器，諸如電荷耦合裝置(CCD)相機、光電二極體陣列、光電管及光電倍增管(PMT)或具有在偵測器前面之一可掃描孔口之一個別PMT/光電二極體。

【0053】 可以各種成像模式(諸如亮場、暗場及共焦)來實施成像偵測器120。可藉由使用不同孔口或傅立葉濾光器來實施諸如亮場、暗場及相襯之各種成像模式。以引用方式併入本文中之第7,295,303號及第7,130,039號美國專利進一步詳細地闡述此等成像模式。在所繪示實例中，偵測器120藉由使以較大視場角收集之經散射光成像而產生暗場影像。在另一實例中，匹配入射光點104之一針孔可放置在一偵測器(例如，偵測器120)前面以產生一共焦影像。以引用方式併入本文中之第

6,208,411號美國專利進一步詳細地闡述此等成像模式。另外，在第6,271,916號美國專利及第6,201,601號美國專利中闡述表面檢驗系統100之各種態樣，該兩個美國專利以引用方式併入本文中。

【0054】 在一額外態樣中，運算系統140經組態以基於所偵測信號131之改變而判定一缺陷在掃描路徑中之位置。另外，運算系統140經組態以基於如本文中所闡述之其材料特性而將缺陷分類。

【0055】 在一項態樣中，自收集光瞳中之至少兩個空間上相異之位置收集經散射光，同時阻擋剩餘光。在此等條件下，一界線分明之干涉圖案形成於偵測器之光敏表面處之影像平面處。若透過光瞳平面處之兩個空間上相異之位置透射之光之間存在相位差，則依據干涉條紋在成像平面中之位置判定該相位差。所量測相位差指示所量測樣本之材料組成。

【0056】 在一額外態樣中，所量測相位差與相關聯於樣品之相位差之一已知值之間的一差由運算系統140判定為一校正值。在某些實施例中，受量測(亦即，在量測光點104內)之材料係具有已知材料性質及相位回應之一已知材料。在此等實施例中，由一檢驗系統(例如，檢驗系統100)量測之相位差與已知相位差之間的差指示量測系統中之系統誤差，例如，光學像差、量測電子器件誤差等。該校正值儲存於記憶體(例如，記憶體142)中。由系統執行之後續相位差量測由所儲存校正值校正以補償存在於相位差量測中之系統誤差。該校正值對於由檢驗系統使用用以執行校準量測之遮罩配置(亦即，在校準量測期間經取樣的光瞳中之特定位置)來執行之量測係有效的。可針對如本文中所闡述之不同遮罩配置進行額外校準量測以針對每一組取樣位置判定校正因子。

【0057】 如圖1中所繪示，遮罩114位於光瞳平面106處。替代地，

遮罩114可位於光瞳平面105處。一遮罩位於一個光瞳平面還是另一光瞳平面處係一設計偏好問題，且在此專利文件之範疇內預期所有替代方案。圖3繪示對遮罩114之一圖解說明。如圖3中所繪示，遮罩114阻擋在所有經收集NA處之光，惟透過孔口151及152透射之光除外。在圖3中所繪示之實施例中，孔口151之中心位於 $0.358NA_x$ 及 $0.0NA_y$ (對應於在晶圓處之21度之一入射角)處。孔口151之半徑係光瞳153之半徑之 $1/12$ 。孔口152之中心位於 $0.788NA_x$ 及 $0.0NA_y$ (對應於晶圓處之52度之一入射角)處。孔口152之半徑係光瞳153之半徑之 $1/12$ 。所有孔口位於一單個光瞳平面處還是不同光瞳平面處係一設計偏好問題，且在此專利文件之範疇內預期所有替代方案。

【0058】 圖4繪示在偵測器120之光敏表面處之影像平面處之干涉圖案之一模擬之一曲線圖160，該干涉圖案係藉由透過孔口151及152透射之光之干涉產生的。在此實例中，偵測器120包含70微米正方形像素之一 973×973 陣列，且照明光具有266奈米之一波長。圖4圖解說明在量測光點之中心處之影像平面之一縮放視圖。如圖4中所圖解說明，干涉條紋定中心於影像之中心位置(亦即， $(X,Y) = (0,0)$)處。因此，在此實例中，自樣本材料收集且透過孔口151透射之經散射光具有與自樣本材料收集且透過孔口152透射之經散射光相同之相位，亦即，零相位差。

【0059】 圖5繪示在偵測器120之光敏表面處之影像平面處之干涉圖案之另一模擬之一曲線圖161，該干涉圖案係藉由透過孔口151及152自不同於圖4之一材料透射之光之干涉產生的。圖5圖解說明在量測光點之中心處之影像平面之一縮放視圖。如圖5中所圖解說明，干涉條紋未定中心於影像之中心位置(亦即， $(X,Y) = (0,0)$)處。因此，在此實例中，自樣本材

料收集且透過孔口151透射之經散射光具有與自樣本材料收集且透過孔口152透射之經散射光不同之相位。在此實例中，相位差由角度 ϕ_A 特性化。

【0060】圖6繪示在偵測器120之光敏表面處之影像平面處之干涉圖案之另一模擬之一曲線圖162，該干涉圖案係藉由透過孔口151及152自不同於圖4之另一材料透射之光之干涉產生的。圖6圖解說明在量測光點之中心處之影像平面之一縮放視圖。如圖6中所圖解說明，干涉條紋未定中心於影像之中心位置(亦即， $(X,Y) = (0,0)$)處。因此，在此實例中，自樣本材料收集且透過孔口151透射之經散射光具有與自樣本材料收集且透過孔口152透射之經散射光不同之相位。在此實例中，相位差由角度 ϕ_B 特性化。

【0061】如圖5及圖6中所繪示，每一所量測材料展現自樣本材料收集且透過孔口151透射之經散射光與自樣本材料收集且透過孔口152透射之經散射光之間的一相位差。最重要的係，與每一材料相關聯之相位差顯著不同。舉例而言，如圖5及圖6中所繪示，由 ϕ_A 與 ϕ_B 之間的差特性化的相位差之差大致係0.6乘以干涉條紋之空間週期(亦即，大致200度)。因此，相位差值(亦即，光瞳平面中之與兩種不同材料對應之兩個不同位置之間的相對相位)指示材料之間的光學性質(例如， n 值及 k 值)之一差。

【0062】藉由非限制性實例之方式提供孔口151及152之特定位置及大小。一般而言，可在本專利文件之範疇內預期諸多不同孔口大小及位置。舉例而言，光瞳平面中之每一孔口之大小可在自0.01NA至0.3NA之範圍內。

【0063】一般而言，使用一特定遮罩幾何結構量測之相位差值不唯一地識別所量測樣本之材料組成，儘管在某些情形中可能如此。為了區分

具有高置信度之材料，可使用若干個不同遮罩幾何結構量測相位差值，亦即，量測與光瞳平面中之多組不同位置相關聯之相位差。若不同遮罩幾何結構之數目係充分大的，則可自與差遮罩幾何結構中之每一者相關聯之所量測干涉條紋導出光瞳平面中之一相位映圖。此相位映圖然後用於唯一地識別所量測樣本之材料性質，例如， n 及 k 。在一項實例中，使材料參數(例如， n 及 k)之值在材料之實體模型中浮動且採用一迭代擬合程序步驟來估計最佳地擬合所量測相位映圖之材料參數之值。

【0064】發明人已發現，可自具有少至兩個不同遮罩幾何結構之一樣本之相位差量測導出有用材料特性化資訊。在某些實例中，具有兩個不同遮罩幾何結構之一缺陷顆粒之相位差量測足以依大於90%之準確度將所量測顆粒分類為一金屬(非常大 k 值)或一非金屬(一非常小或零 k 值)。

【0065】在另一態樣中，運算系統140經組態以自存在於由偵測器120偵測到之影像131中之干涉圖案提取相位差資訊。在某些實例中，採用一快速傅立葉變換(FFT)演算法來基於所量測干涉圖案而判定自光瞳平面中之兩個不同位置散射之光之間的相位差。該FFT演算法提供極好雜訊排除且係計算上高效的。在其他實例中，採用量測之一實體模型與一所量測干涉圖案之一迭代擬合來判定自光瞳平面中之兩個不同位置散射之光之間的相位差。在此實例中，使指示相位差之一或多個參數在實體模型中浮動，且以一迭代方式估計值。

【0066】在某些實施例中，最佳化位於光瞳平面中之孔口之位置以增強針對不同材料所量測之相位差之間的對比度。舉例而言，若光瞳平面中之孔口之間的時間隔太大，則所量測相位差針對諸多不同材料將看起來類似。然而，若光瞳平面中之孔口之間的時間隔太小，則所量測相位差之值將

具有低信雜比。在諸多實例中，藉由對與每一所關注材料相關聯之相位映圖之瞭解而告知孔口之間的間隔。舉例而言，若已知在一特定NA範圍內發生相位差之一大轉變，則孔口之間隔經選擇以僅橫跨該NA範圍，其中已知發生該轉變。在某些實例中，光瞳平面中之孔口之間的一空間間隔橫跨自0.1至0.9之一NA範圍。

【0067】 在其他實施例中，孔口位置經選擇以最少化由檢驗工具之焦點偏移(亦即，焦點誤差)引發之量測誤差。如本文中所闡述之藉由收集光瞳中之相位差來將材料特性化對焦點偏移係相對不靈敏的。然而，相位差之量測對焦點偏移之靈敏度取決於不同孔口之位置。在某些實例中，孔口對稱地位於光瞳之中心周圍以最小化對焦點偏移之量測靈敏度。圖7及圖8繪示在x方向上圍繞光瞳之中心對稱的孔口151及152之不同位置。圖9及圖10繪示在y方向上圍繞光瞳之中心對稱的孔口151及152之不同位置。

【0068】 在某些實施例中，位於光瞳平面中之孔口之大小經最佳化以既增強針對不同材料所量測之相位差之間的對比度又最小化對於資料收集(尤其對於小於100奈米之顆粒)必要之時間。若孔口大小太小，則透射非常少之光。此需要在長獲取時間內進行信號積分以達成充分信雜比。然而，若孔口大小太大，則區分與不同材料相關聯之相位差變得困難，此乃因來自光瞳之太多部分之光被量測。在某些實施例中，孔口大小在自0.01NA至0.3NA之一範圍內。

【0069】 儘管在前文中論述光瞳平面中之兩個不同位置之間的相位差之計算，但一般而言，可在兩個以上位置(例如，三個或三個以上位置)當中計算相位差。在兩個以上位置當中估計相位差會縮短獲取時間，但需要一更加計算上複雜之相位判定。

【0070】 基於與光瞳平面中之不同位置相關聯之所量測相位差而將材料性質特性化依賴於光瞳平面中之經散射光之相位之非均勻性。然而，另外，光瞳平面中之光散射強度亦可係非常不均勻的。若強度差係充分大的，則干涉條紋之對比度顯著降低且相位量測之解析度受影響。在某些實施例中，藉由使來自一個孔口之經透射光相對於另一孔口衰減而克服此限制。在某些實施例中，採用一中性密度濾光器、一較小孔口大小或兩者之一組合來使穿過一個孔口之經透射光之強度相對於另一孔口衰減。圖1繪示橫跨孔口152但不橫跨孔口151之光瞳平面106處之一中性密度濾光器118。以此方式，使透過孔口152透射之到達偵測器120之光之強度相對於透過孔口151透射之到達偵測器120之光之強度衰減。

【0071】 如前文中所闡述，在某些實施例中，需要光瞳中之取樣位置中之兩個或兩個以上不同位置來將一缺陷分類。另外，光瞳中之最佳取樣位置取決於考量中之材料而變化。

【0072】 在另一態樣中，一檢驗系統包含經組態以在運算系統140之控制下在不同位置處對光瞳進行取樣之一可程式化光瞳孔口裝置。以此方式，運算系統140針對每一相位差量測控制光瞳平面中之每一取樣位置之定位。

【0073】 圖11在一項實施例中繪示一可程式化光瞳遮罩裝置170。如圖11中所繪示，可程式化光瞳遮罩裝置170包含遮罩元件171及遮罩元件172。遮罩元件171包含阻擋光瞳中之所收集光之光學元件171A及171B。光學元件171A及171B相對於彼此固定且固定於光瞳內之其位置中。光學元件171A及171B係空間上分離的；從而顯露出一線性光學透明狹縫171C。遮罩元件172包含阻擋光瞳中之所收集光之V形光學元件172A及

172B。光學元件172A及172B相對於彼此固定且係空間上分離的，從而顯露出一V形光學透明狹縫172C。遮罩元件172可在x方向上跨越光瞳移動。另外，遮罩元件172耦合至致動器174。致動器174通信地耦合至一運算系統，例如，運算系統140。在一項實例中，運算系統140將指示遮罩元件172在光瞳中之一所要位置之控制命令175傳遞至致動器174。作為回應，致動器174使遮罩元件172平移至光瞳中之所要位置。

【0074】如圖11中所繪示，遮罩元件172在x方向上之一移動會改變光瞳中之孔口開口173A及173B（光透過其透射至偵測器120）之間的間隔距離。在圖11中所繪示之實施例中，孔口開口173A及173B圍繞x軸係對稱的且由遮罩元件172之x位置判定在y方向上其之間的距離。在一項實施例中，遮罩元件171位於圖1中所繪示之檢驗系統100之光瞳平面105處且遮罩元件172位於光瞳平面106處。

【0075】圖12在一項實施例中繪示一可程式化光瞳遮罩裝置180。如圖12中所繪示，可程式化光瞳遮罩裝置180包含遮罩元件181（其包含阻擋光瞳中之所收集光之光學元件181A至181D）及遮罩元件182（其包含阻擋光瞳中之所收集光之光學元件182A至182D）。光學元件181A至181D相對於彼此固定，且光學元件182A至182D相對於彼此固定。光學元件181A至181D係空間上分離的；從而顯露分別與x方向及y方向對準之線性光學透明狹縫。類似地，光學元件182A至182D係空間上分離的；從而顯露分別與x方向及y方向對準之線性光學透明狹縫。

【0076】遮罩元件181可在x方向上跨越光瞳移動。另外，遮罩元件181耦合至致動器184B。致動器184B通信地耦合至一運算系統，例如，運算系統140。在一項實例中，運算系統140將指示遮罩元件181在光瞳中

之一所要位置之控制命令185B傳遞至致動器184B。作為回應，致動器184B使遮罩元件181平移至光瞳中之所要位置。類似地，遮罩元件182可在y方向上跨越光瞳移動。另外，遮罩元件182耦合至致動器184A。致動器184A通信地耦合至一運算系統，例如，運算系統140。在一項實例中，運算系統140將指示遮罩元件182在光瞳中之一所要位置之控制命令185A傳遞至致動器184A。作為回應，致動器184A使遮罩元件182平移至光瞳中之所要位置。

【0077】如圖12中所繪示，遮罩元件181在x方向上之一移動改變孔口開口183B在x方向上之位置而不使孔口開口183A之位置移動。類似地，遮罩元件182在y方向上之一移動改變孔口開口183B在y方向上之位置而不使孔口開口183A之位置移動。以此方式，藉由在每一量測之間調整遮罩元件181、182或兩者之位置而進行光瞳中之若干個不同位置與光瞳中之一固定點之間的相位差量測。在一項實施例中，遮罩元件181位於圖1中所繪示之檢驗系統100之光瞳平面105處且遮罩元件182位於光瞳平面106處。

【0078】在某些其他實施例中，一可程式化光瞳遮罩裝置包含各自具有一固定孔口圖案之若干個不同遮罩元件。該可程式化光瞳遮罩裝置包含一致動器子系統(例如，一線性平移載台、一旋轉載台等)以選擇性地將一所要遮罩元件定位於一光瞳平面中之一所要位置中。在一項實例中，運算系統140將一控制命令信號傳遞至該致動器子系統。作為回應，該致動器子系統根據該控制命令信號將一所要遮罩元件定位於光學系統之一收集光瞳平面中之一所要位置中。

【0079】一般而言，運算系統140經組態以使用自每一偵測器獲得

之電信號來偵測晶圓之特徵、缺陷或光散射性質。運算系統140可包含此項技術中已知之任何適當處理器。另外，運算系統140可經組態以使用此項技術中已知之任何適當缺陷偵測演算法或方法。舉例而言，運算系統140可使用一晶粒與資料庫比較或一定限演算法來偵測樣品上之缺陷。

【0080】 另外，檢驗系統100可包含可用於接受來自一操作者之輸入之周邊裝置(例如，鍵盤、滑鼠、觸控螢幕等)及向該操作者顯示輸出之周邊裝置(例如，顯示器監視器)。來自一操作者之輸入命令可由運算系統140使用以調整收集光瞳內之取樣位置。所得取樣位置可在一顯示器監視器上以圖形方式向一操作者呈現。

【0081】 檢驗系統100包含一處理器141及一定量之電腦可讀記憶體142。處理器141及記憶體142可經由匯流排143通信。記憶體142包含一定量之記憶體144，記憶體144儲存在由處理器141執行時致使處理器141執行本文中所闡述之缺陷偵測及分類功能性之一程式碼。

【0082】 圖13圖解說明可用於將缺陷分類之一例示性方法200之一流程圖。在某些非限制性實例中，參考圖1所闡述之檢驗系統100經組態以實施方法200。然而，一般而言，方法200之實施不受本文中所闡述之特定實施例限制。

【0083】 在方塊201中，由一照明源產生一第一量之照明光且將該照明光引導至一樣品之一表面上之一量測光點。

【0084】 在方塊202中，回應於該第一量之照明光而自該樣品之該表面上之該量測光點收集一第一量之所收集光。該第一量之所收集光包含在一集光物鏡之一收集光瞳內之暗場散射光。

【0085】 在方塊203中，阻擋該第一量之所收集光之一第一部分。

【0086】 在方塊204中，透射該第一量之所收集光之一第二部分。由在一第一組態中之一或多個遮罩元件選擇該第一量之所收集光之該第二部分。自該收集光瞳中之至少兩個空間上相異之位置選擇該第一量之所收集光。

【0087】 在方塊205中，在與該樣品之該表面共軛之一場平面處或附近偵測由該第一量之所收集光之該第二部分形成之一第一干涉圖案。

【0088】 在方塊206中，依據該第一干涉圖案判定由在該第一組態中之該一或多個遮罩元件自該至少兩個空間上相異之位置中之一第一位置選擇之該經透射光與由在該第一組態中之該一或多個遮罩元件自該至少兩個空間上相異之位置中之一第二位置選擇之該經透射光之間的一第一相位差。

【0089】 在本文中闡述可用於檢驗一樣品之一檢驗系統或工具之各種實施例。術語「樣品」在本文中用於係指此項技術中已知之可檢驗其缺陷、特徵或其他資訊(例如，一霧量或膜性質)之一晶圓、一倍縮光罩或任一其他樣本。

【0090】 如本文中所使用，術語「晶圓」一般係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。此等基板通常可在半導體製作設施中被發現及/或處理。在某些情形中，一晶圓可僅包含基板(即，裸晶圓)。替代地，一晶圓可包含形成於一基板上之不同材料之一或多個層。形成於一晶圓上之一或多個層可係「經圖案化的」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。

【0091】 一「倍縮光罩」可係在一倍縮光罩製作程序之任一階段之

一倍縮光罩或可經釋放或可不經釋放以在一半導體製作設施中使用之一完成倍縮光罩。一倍縮光罩或一「遮罩」一般經定義為具有形成於其上且以一圖案來組態之實質上不透明區域之一實質上透明基板。舉例而言，該基板可包含一玻璃材料，諸如石英。一倍縮光罩可在一微影程序之一曝光步驟期間沈積於一抗蝕劑覆蓋之晶圓上面，使得可將倍縮光罩上之圖案轉印至抗蝕劑。

【0092】 在一或多個例示性實施例中，可在硬體、軟體、韌體或其任一組合中實施所闡述之功能。若在軟體中實施，則功能可儲存於一電腦可讀媒體上或作為該電腦可讀媒體上之一或多個指令或碼而傳輸。電腦可讀媒體包含電腦儲存媒體及通信媒體兩者，該通信媒體包含促進將一電腦程式自一個位置傳送至另一位置之任一媒體。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。藉由實例而非限制之方式，此電腦可讀媒體可包括RAM、ROM、EEPROM、CD-ROM或其他光碟儲存器、磁碟儲存器或其他磁性儲存裝置或者可用於攜載或儲存呈指令或資料結構之形式之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。而且，任何連接被恰當地稱為一電腦可讀媒體。舉例而言，若使用一同軸纜線、光纖纜線、雙絞線、數位用戶線(DSL)或諸如紅外線、無線電及微波等無線技術自一網站、伺服器或其他遠端源傳輸軟體，則該同軸纜線、光纖纜線、雙絞線、DSL或諸如紅外線、無線電及微波等無線技術皆包含於媒體之定義中。如本文中所使用，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。上文之組合亦應包含於

電腦可讀取媒體之範疇內。

【0093】 儘管在上文出於指導性目的而闡述某些特定實施例，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。在一項實例中，偵測器120可由一濾光器陣列替換。在一項實例中，檢驗系統100可包含一個以上光源(未展示)。該等光源可以不同或相同方式來組態。舉例而言，該等光源可經組態以產生可在相同或不同時間以相同或不同入射角在相同或不同照明區處經引導至一晶圓之具有不同特性之光。該等光源可根據本文中所闡述之實施例中之任一者來組態。另外，該等光源中之一者可根據本文中所闡述之實施例中之任一者來組態，且另一光源可係此項技術中已知之任一其他光源。在某些實施例中，一檢驗系統可在一個以上照明區上方同時將該晶圓照明。該多個照明區可在空間上重疊。該多個照明區可在空間上相異。在某些實施例中，一檢驗系統可在不同時間在一個以上照明區上方將該晶圓照明。該等不同照明區可在時間上重疊(亦即，在某一段時間內同時經照明)。該等不同照明區可在時間上相異。一般而言，照明區數目可係任意的，且每一照明區可具有相等或不同大小、定向及入射角。在再一實例中，檢驗系統100可係具有獨立於晶圓110之任一運動而掃描之一或多個照明區之一掃描光點系統。在某些實施例中，使一照明區沿著一掃描線以一重複圖案進行掃描。該掃描線可與晶圓110之掃描運動對準或不對準。儘管如本文中所呈現，晶圓定位系統125藉由協調之旋轉移動及平移移動而產生晶圓110之運動，但在再一實例中，晶圓定位系統125可藉由協調兩個平移移動而產生晶圓110之運動。舉例而言，晶圓定位系統125可產生沿著兩個正交線性軸線之運動(例如，X-Y運動)。在此等實施例中，掃描間距可定義為沿著任一運動

軸線之毗鄰平移掃描之間的一距離。在此等實施例中，一檢驗系統包含一照明源及一晶圓定位系統。該照明源在一照明區上方將一定量之輻射供應至一晶圓之一表面。該晶圓定位系統使晶圓在由一掃描間距特性化之一掃描運動中移動(例如，在一個方向上來回掃描且步進與在正交方向上之掃描間距相等之一量)。

【0094】 因此，可在不違背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實施例之各種特徵之各種修改、改動及組合。

【符號說明】

【0095】

100:表面檢驗系統/系統/檢驗系統

101:照明源

102:照明光/照明

103:聚焦光學器件

104:量測光點/入射光點

105:光瞳平面

106:光瞳平面

109:晶圓卡盤

110:晶圓

111:光/所收集光

112:成像集光物鏡/物鏡/集光物鏡

113:偏光鏡光學元件/偏光鏡元件

114:光瞳遮罩/遮罩

115:光瞳中繼光學器件

- 117:光學元件
- 118:中性密度濾光器
- 119:影像平面
- 120:偵測器/成像偵測器
- 121:旋轉載台
- 122:平移載台
- 123:運動控制器
- 125:晶圓定位系統
- 126:缺陷顆粒
- 127:檢驗軌道
- 131:所偵測信號/影像
- 134:命令信號
- 140:運算系統
- 141:處理器
- 142:記憶體/電腦可讀記憶體
- 143:匯流排
- 144:記憶體
- 150:幾何中心
- 151:孔口
- 152:孔口
- 153:光瞳
- 160:曲線圖
- 161:曲線圖

162:曲線圖

170:可程式化光瞳遮罩裝置

171:遮罩元件

171A:光學元件

171B:光學元件

171C:線性光學透明狹縫

172:遮罩元件

172A: V形光學元件/光學元件

172B: V形光學元件/光學元件

172C: V形光學透明狹縫

173A:孔口開口

173B:孔口開口

174:致動器

175:控制命令

180:可程式化光瞳遮罩裝置

181A:光學元件

181B:光學元件

181C:光學元件

181D:光學元件

182A:光學元件

182B:光學元件

182C:光學元件

182D:光學元件

183A:孔口開口

183B:孔口開口

184A:致動器

184B:致動器

185A:控制命令

185B:控制命令

200:方法

201:方塊

202:方塊

203:方塊

204:方塊

205:方塊

206:方塊

R:距離

TRACK_i:檢驗軌道之一部分

V_T:規定速度

ω :規定角速度

ϕ_A :角度

ϕ_B :角度

【發明申請專利範圍】

【請求項1】

一種半導體樣品檢驗的系統，其包括：

一照明源，其經組態以產生經引導至安置於一樣品上之一所關注缺陷之一照明光的第一例項（instance）及一照明光的第二例項；

一集光物鏡，其經組態以回應於該照明光的第一例項而自該所關注缺陷來收集一第一量之經收集的光以及回應於該照明光的第二例項自該所關注缺陷來收集一第二量之經收集的光，該第一量之經收集的光及該第二量之經收集的光包含在該集光物鏡之一收集光瞳內之暗場散射光；

在該第一例項期間以一第一組態以及在該第二例項期間以一第二組態安置之一或多個遮罩元件，在該第一組態中之該一或多個遮罩元件透射從在該收集光瞳中之至少兩個空間不同的區域來的該第一量之經收集的光之一部分，在該第二組態中之該一或多個遮罩元件透射從在該收集光瞳中之至少兩個空間不同的區域來的該第二量之經收集的光之一部分，其中在該第二組態中該至少兩個空間不同的區域之至少一區域係不同於該第一組態中該至少兩個空間不同的區域之至少一區域；

一成像偵測器，其具有位於與該樣品之該表面共軛之一場平面處或附近之一光敏表面，該成像偵測器經組態以在該場平面處或附近偵測由該第一量之經收集的光之該經透射的部分所形成之一第一干涉圖案以及以在該場平面處或附近偵測由該第二量之經收集的光之該經透射的部分所形成之一第二干涉圖案；及

一或更多個處理器，其經組態以：

接收指示該第一干涉圖案及該第二干涉圖案之多個輸出信號；且

分類該第一干涉圖案及該第二干涉圖案上之該所關注缺陷。

【請求項2】

如請求項1之系統，其中該第一干涉圖案指示自該第一組態中之該至少兩個空間不同的區域之一第一區域來的該經透射的光與自該第一組態中之該至少兩個空間不同的區域之一第二區域來的該經透射的光之間的第一相位差，以及其中該第二干涉圖案指示自該第二組態中之該至少兩個空間不同的區域之一第一區域來的該經透射的光與自該第二組態中之該至少兩個空間不同的區域之一第二區域來的該經透射的光之間的第二相位差。

【請求項3】

如請求項2之系統，其中該缺陷之該分類涉及基於該第一干涉圖案及該第二干涉圖案而判定該缺陷之一材料組成。

【請求項4】

如請求項1之系統，其中該一或多個遮罩元件是位於該集光物鏡之一光瞳平面，與該集光物鏡之該光瞳平面共軛之一光瞳，或者以上兩者之一組合處或附近。

【請求項5】

如請求項1之系統，其中該照明光的一波長是投射在該樣品的該表面上的該成像偵測器的一像素的一影像的尺寸的至少三倍大。

【請求項6】

如請求項1之系統，其中該收集光瞳中之該至少兩個空間上相異之區域中之該第一區域與該收集光瞳中之該至少兩個空間上相異之區域中之該第二區域之間的一空間間隔橫跨自0.1至0.9之一NA範圍。

【請求項7】

如請求項1之系統，其中該收集光瞳中之該至少兩個空間上相異之區域中之該第一區域與該收集光瞳中之該至少兩個空間上相異之區域中之該第二區域對稱地位於該收集光瞳之一中心周圍。

【請求項8】

如請求項1之系統，其中由在該第一組態中之該一或多個遮罩元件在該收集光瞳中之該至少兩個空間上相異之區域中之該第一區域處形成之一第一孔口開口之一大小在自 $0.01NA$ 至 $0.3NA$ 之一範圍內，且由在該第一組態中之該一或多個遮罩元件在該收集光瞳中之該至少兩個空間上相異之區域中之該第二區域處形成之一第二孔口開口之一大小在自 $0.01NA$ 至 $0.3NA$ 之一範圍內。

【請求項9】

如請求項8之系統，其中該第一孔口開口之該大小不同於該第二孔口開口之該大小。

【請求項10】

如請求項8之系統，其進一步包括：

一中性密度濾光器，其安置於由在該第一組態中之該一或多個遮罩元件選擇之該經透射光之一光學路徑中在由該一或多個遮罩元件形成該第一孔口開口之該第一區域處或附近。

【請求項11】

如請求項1之系統，其進一步包括：

一第一致動器，其耦合至該一或多個遮罩元件中之一第一遮罩元件，該第一致動器通信地耦合至該一或更多個處理器，其中該第一致動器

回應於自該一或更多個處理器傳遞至該第一致動器之一第一控制命令而使該第一遮罩元件移動至一第一所要位置（position）。

【請求項12】

如請求項11之系統，其進一步包括：

一第二致動器，其耦合至該一或多個遮罩元件中之一第二遮罩元件，該第二致動器通信地耦合至該一或更多個處理器，其中該第二致動器回應於自該一或更多個處理器傳遞至該第二致動器之一第二控制命令而使該第二遮罩元件移動至一第二所要位置(position)。

【請求項13】

如請求項1之系統，該集光物鏡具有一數值孔徑(NA)，該數值孔徑至少橫跨自0.1NA至0.99NA之一範圍。

【請求項14】

一種半導體樣品檢驗的方法，其包括：

產生經引導至安置於一樣品之一所關注缺陷之一照明光的第一例項(instance)及一照明光的第二例項；

回應於該照明光的第一例項而收集自該樣品來的一第一量之經收集的光；

回應於該照明光的第二例項而收集自該樣品來的一第二量之經收集的光，該第一量之經收集的光及該第二量之經收集的光包含在一集光物鏡之一收集光瞳內之暗場散射光；

透射該第一量之所收集光之一部分，該第一量之所收集光之該部分由在一第一組態中之一或多個遮罩元件自該收集光瞳中之至少兩個空間上相異之區域選擇；

透射該第二量之所收集光之一部分，該第二量之所收集光之該部分由在一第二組態中之該一或多個遮罩元件自該收集光瞳中之至少兩個空間上相異之區域選擇，其中在該第二組態中該至少兩個空間不同的區域之至少一區域係不同於該第一組態中該至少兩個空間不同的區域之至少一區域；

在與該樣品之該表面共軛之一場平面處或附近偵測由該第一量之經收集的光之該經透射的部分所形成之一第一干涉圖案；

在與該樣品之該表面共軛之一場平面處或附近偵測由該第二量之經收集的光之該經透射的部分所形成之一第二干涉圖案；及

基於該第一干涉圖案及該第二干涉圖案來分類該所關注缺陷。

【請求項15】

如請求項14之方法，其中該一或多個遮罩元件是位於該集光物鏡之一光瞳平面，與該集光物鏡之該光瞳平面共軛之一光瞳，或者以上兩者之一組合處或附近。

【請求項16】

如請求項14之方法，其中該缺陷之該分類涉及基於該第一干涉圖案及該第二干涉圖案而判定該缺陷之一材料組成。

【請求項17】

如請求項14之方法，其中該該第一干涉圖案指示自該第一組態中之該至少兩個空間不同的區域之一第一區域來的該經透射的光與自該第一組態中之該至少兩個空間不同的區域之一第二區域來的該經透射的光之間的第一相位差，以及其中該第二干涉圖案指示自該第二組態中之該至少兩個空間不同的區域之一第一區域來的該經透射的光與自該第二組態中之該

至少兩個空間不同的區域之一第二區域來的該經透射的光之間的一第二相位差。

【請求項18】

如請求項14之方法，其中該該照明光的一波長是投射在該樣品的該表面上的一成像偵測器像素的一影像的尺寸的至少三倍大。

【請求項19】

一種半導體樣品檢驗的系統，其包括：

一照明源，其經組態以產生經引導至安置於一樣品上之一所關注缺陷之一照明光的第一例項（instance）及一照明光的第二例項；

一集光物鏡，其經組態以回應於該照明光的第一例項而自該所關注缺陷來收集一第一量之經收集的光以及回應於該照明光的第二例項自該所關注缺陷來收集一第二量之經收集的光，該第一量之經收集的光及該第二量之經收集的光包含在該集光物鏡之一收集光瞳內之暗場散射光；

在該第一例項期間以一第一組態以及在該第二例項期間以一第二組態安置之一或多個遮罩元件，在該第一組態中之該一或多個遮罩元件透射從在該收集光瞳中之至少兩個空間不同的區域來的該第一量之經收集的光之一部分，在該第二組態中之該一或多個遮罩元件透射從在該收集光瞳中之至少兩個空間不同的區域來的該第二量之經收集的光之一部分，其中在該第二組態中該至少兩個空間不同的區域之至少一區域係不同於該第一組態中該至少兩個空間不同的區域之至少一區域；

一成像偵測器，其具有位於與該樣品之一表面共軛之一場平面處或附近之一光敏表面，該成像偵測器經組態以在該場平面處或附近偵測由該第一量之經收集的光之該經透射的部分所形成之一第一干涉圖案以及以在

該場平面處或附近偵測由該第二量之經收集的光之該經透射的部分所形成之一第二干涉圖案；及

一非暫時性電腦可讀媒體，其儲存在由一或多個處理器執行時致使該一或多個處理器進行以下操作之指令：

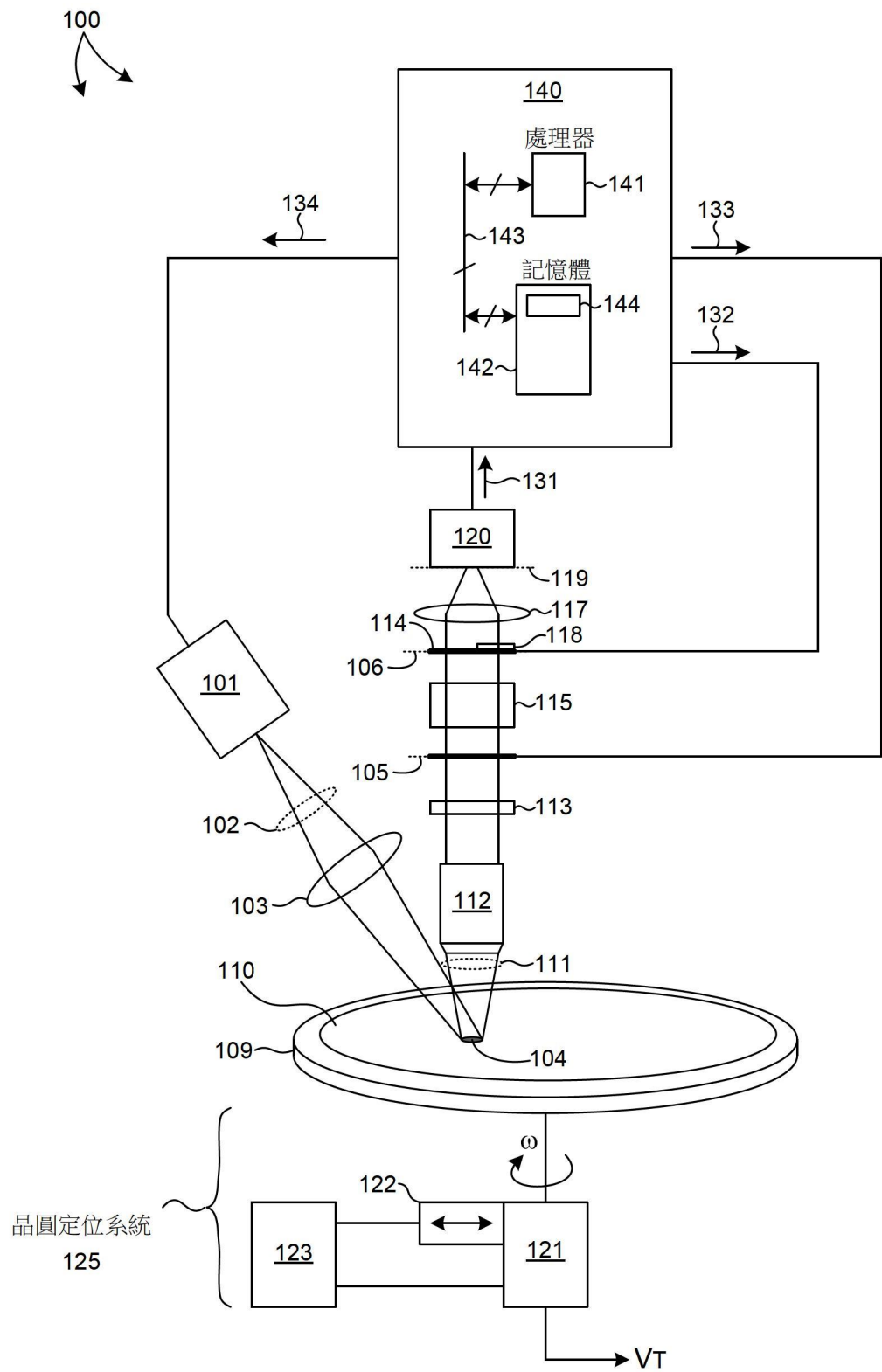
接收指示該第一干涉圖案及該第二干涉圖案之多個輸出信號；且

基於該第一干涉圖案及該第二干涉圖案分類該所關注缺陷。

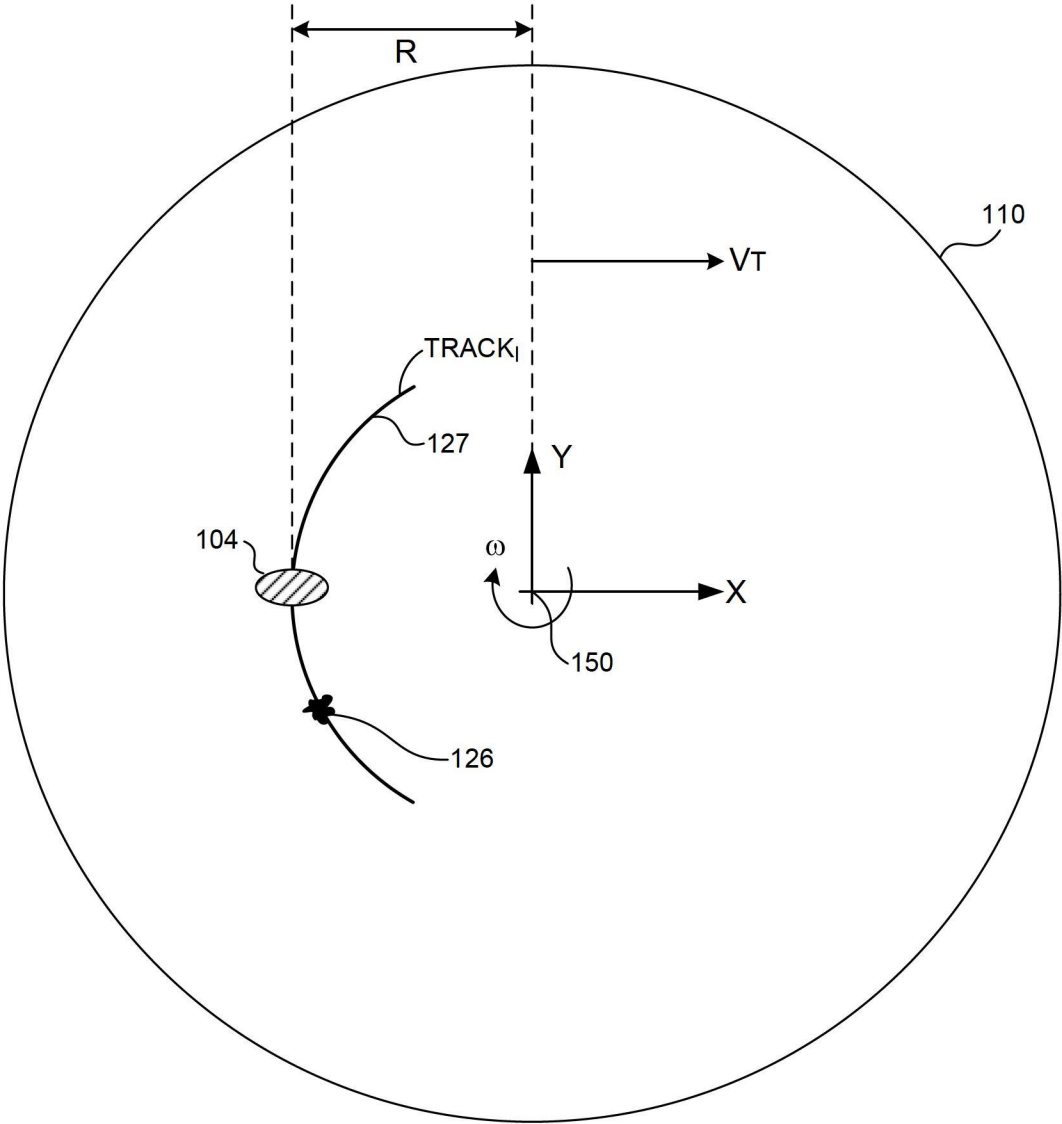
【請求項20】

如請求項19之系統，其中該照明光的一波長是投射在該樣品的該表面上的該成像偵測器的一像素的一影像的尺寸的至少三倍大。

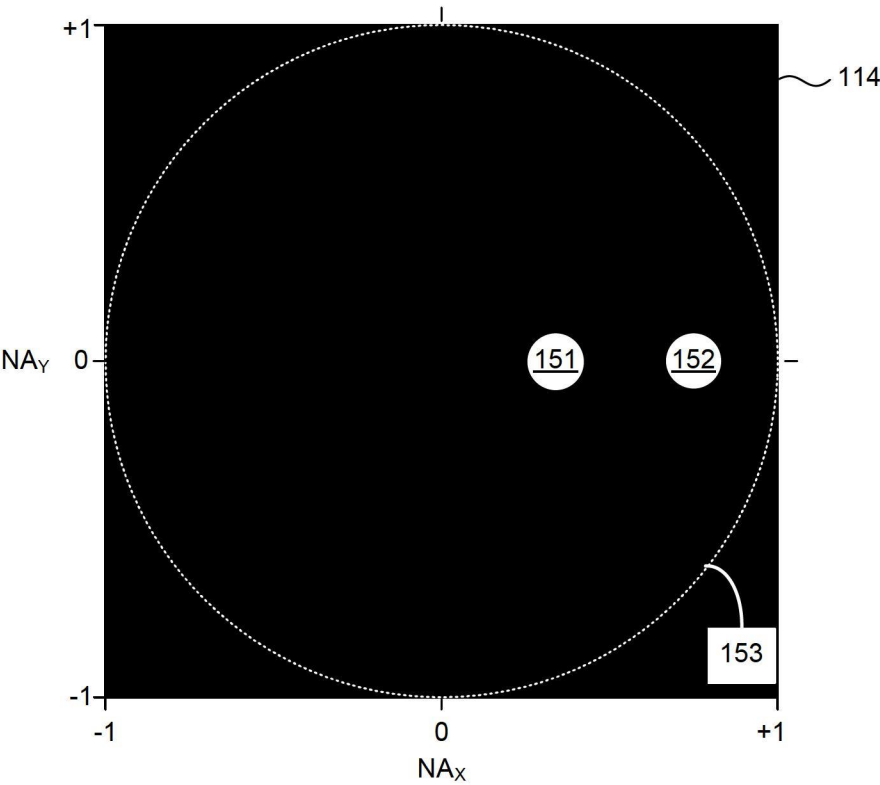
【發明圖式】



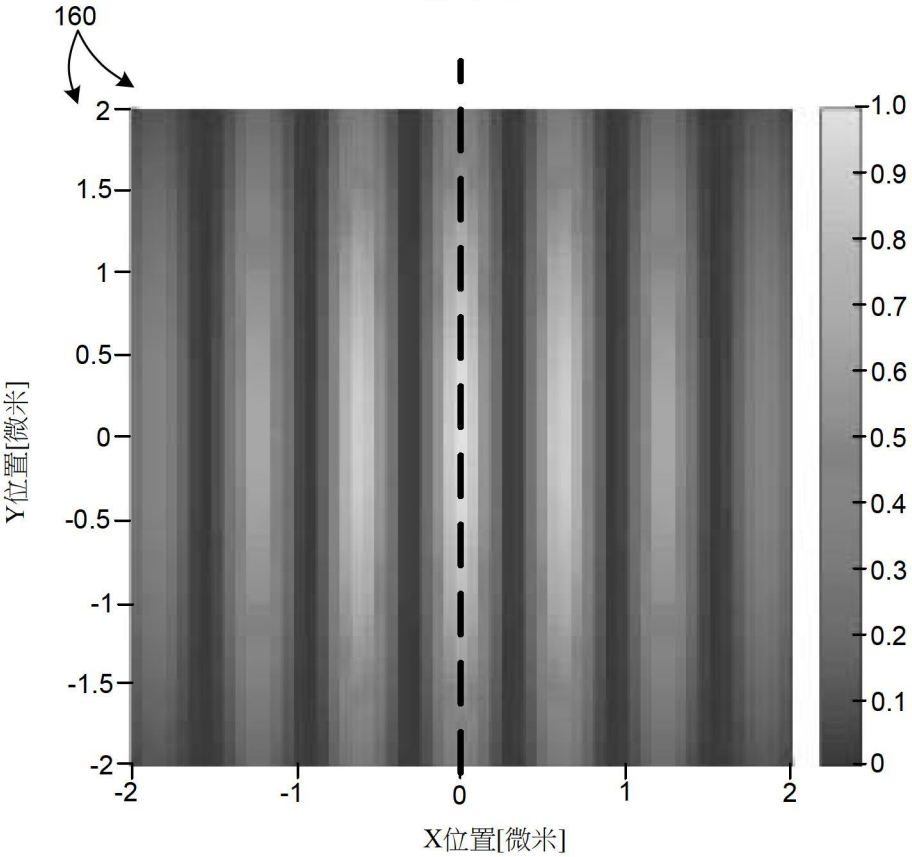
【圖1】



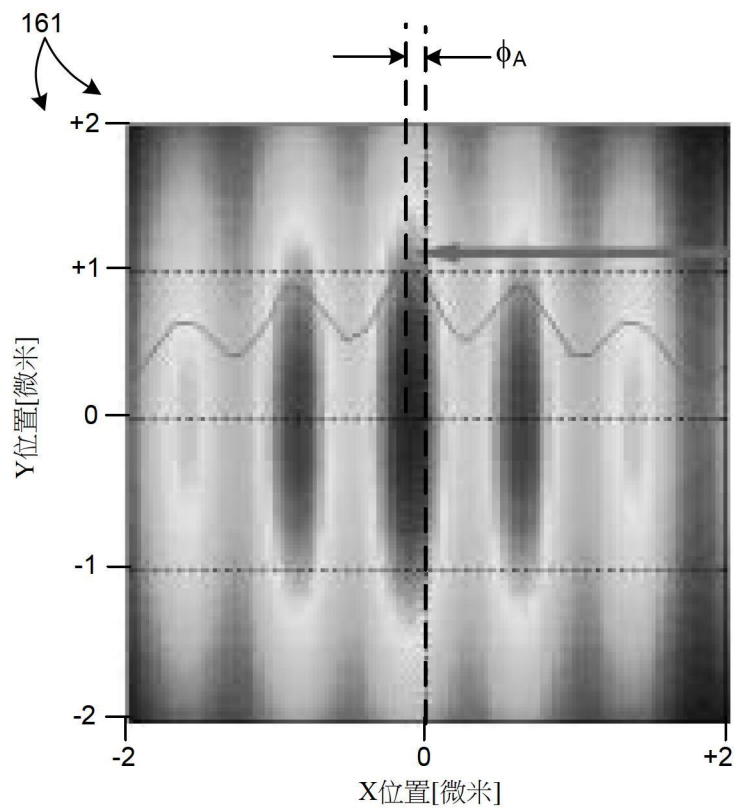
【圖2】



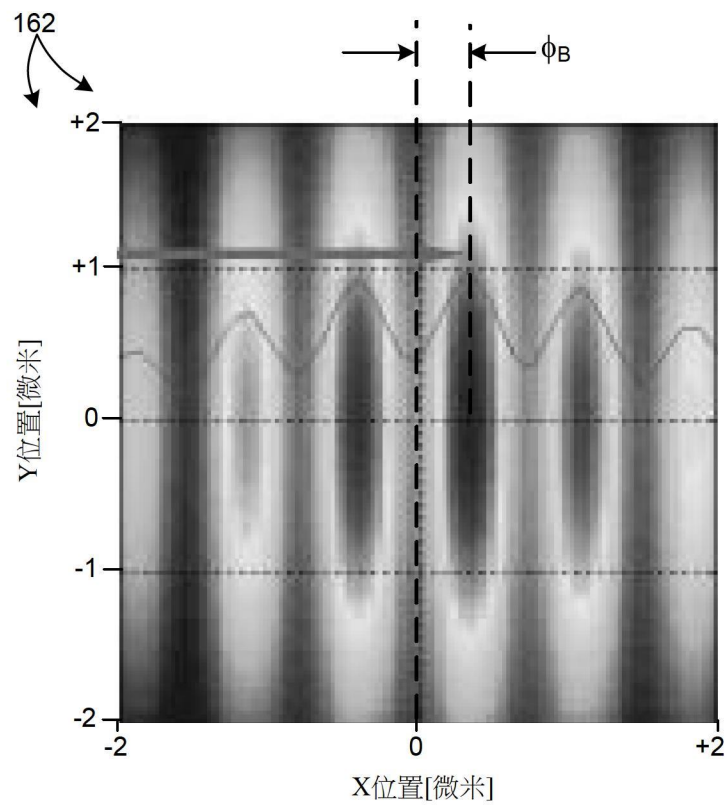
【圖3】



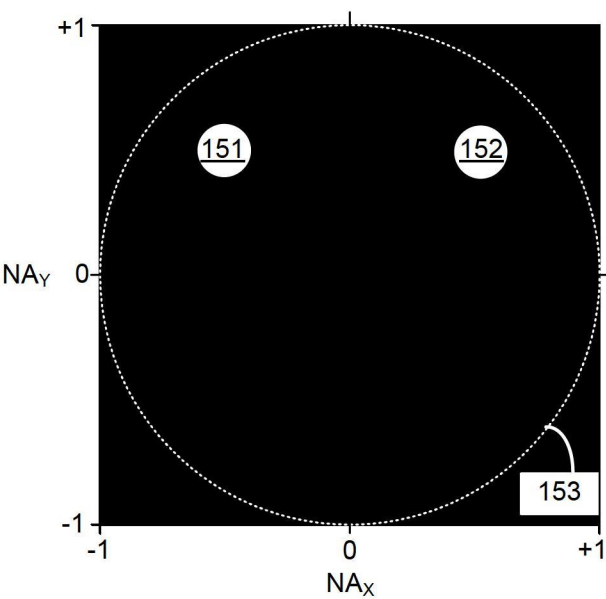
【圖4】



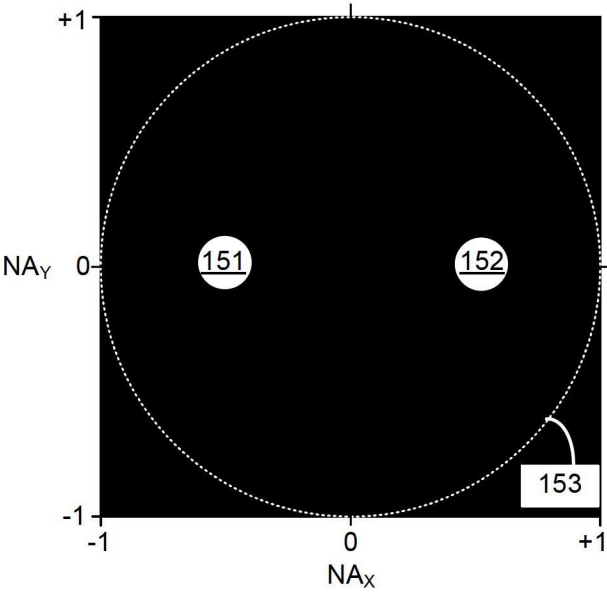
【圖5】



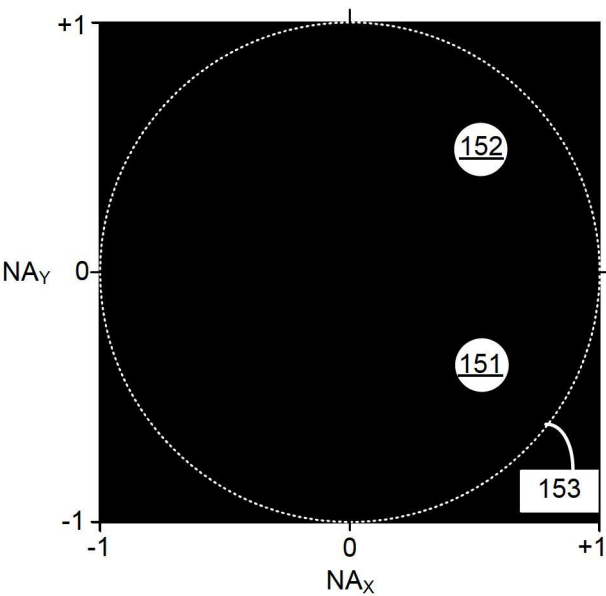
【圖6】



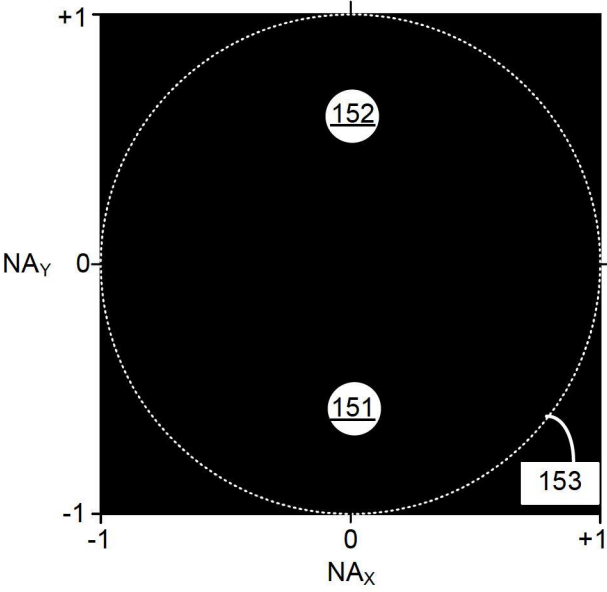
【圖7】



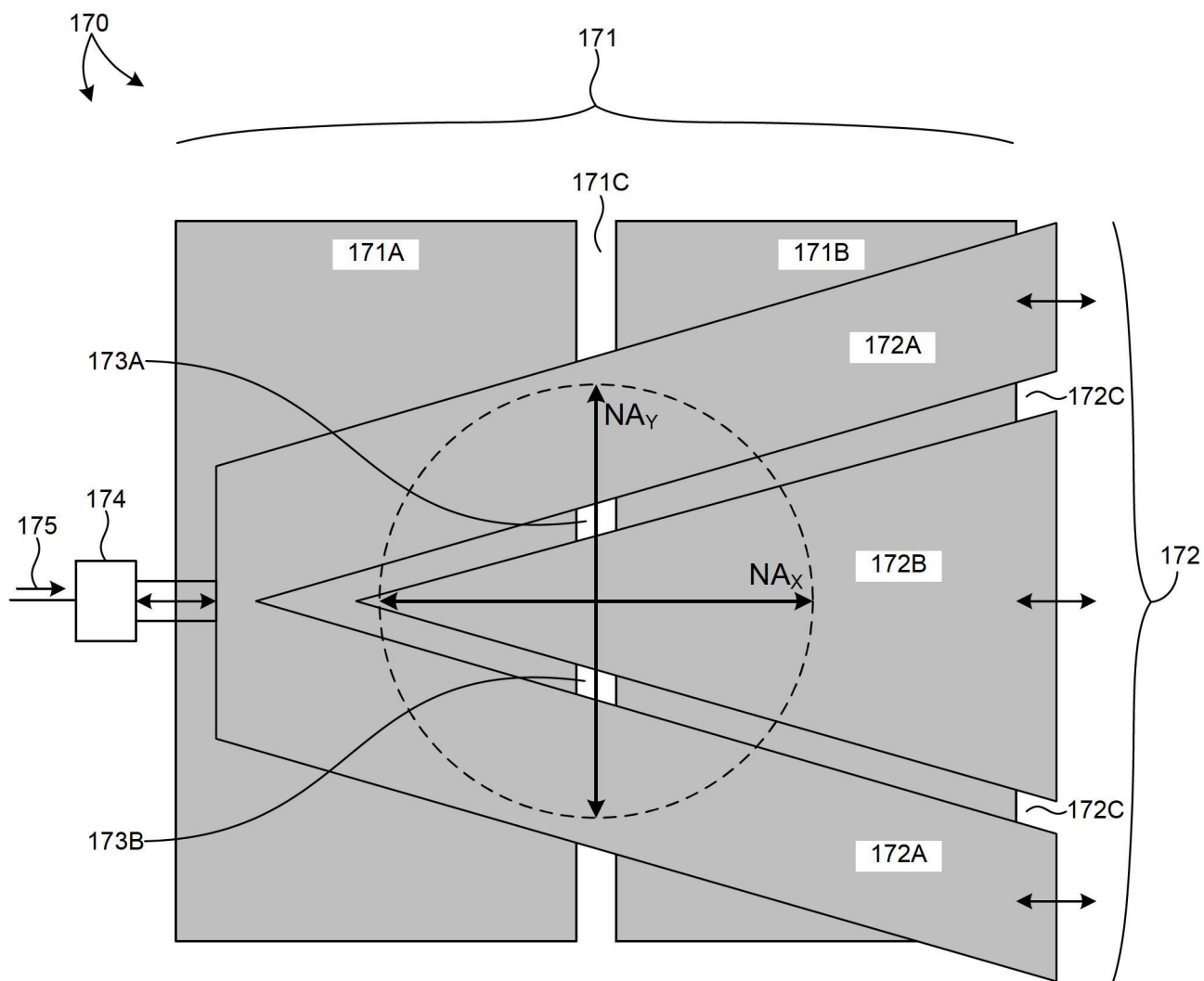
【圖8】



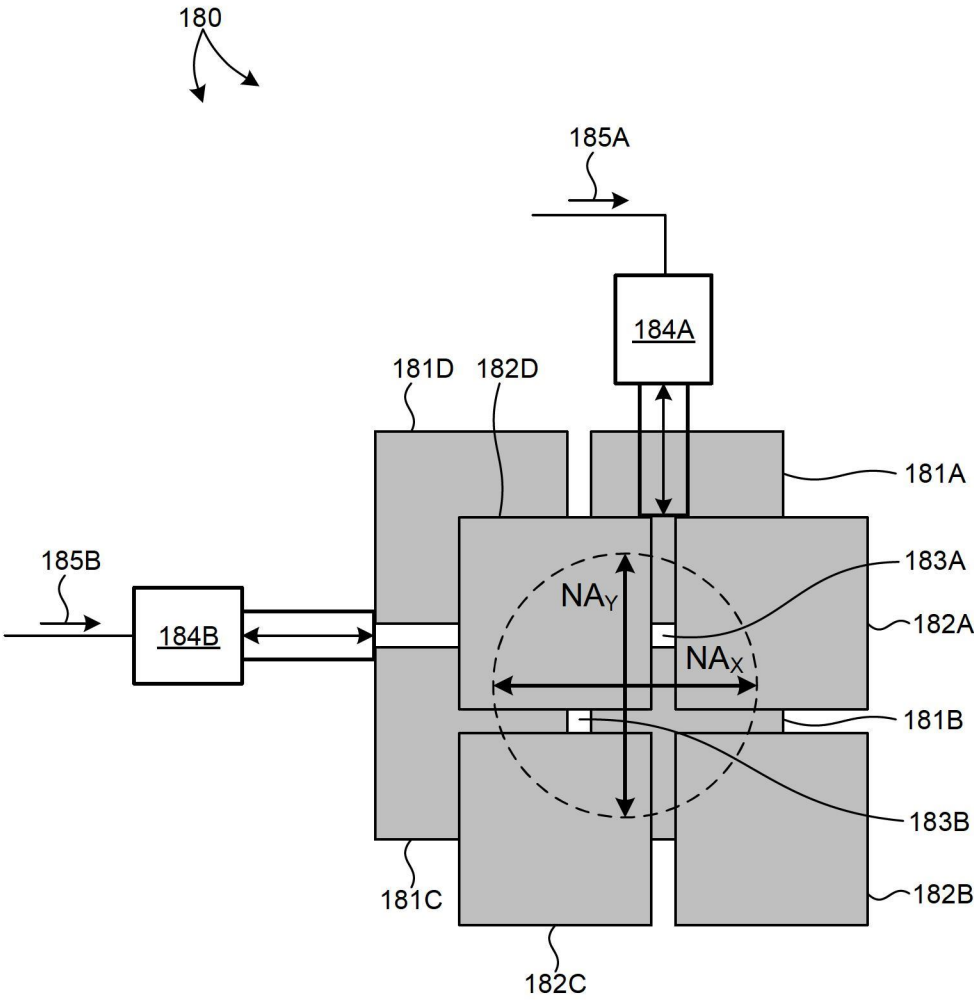
【圖9】



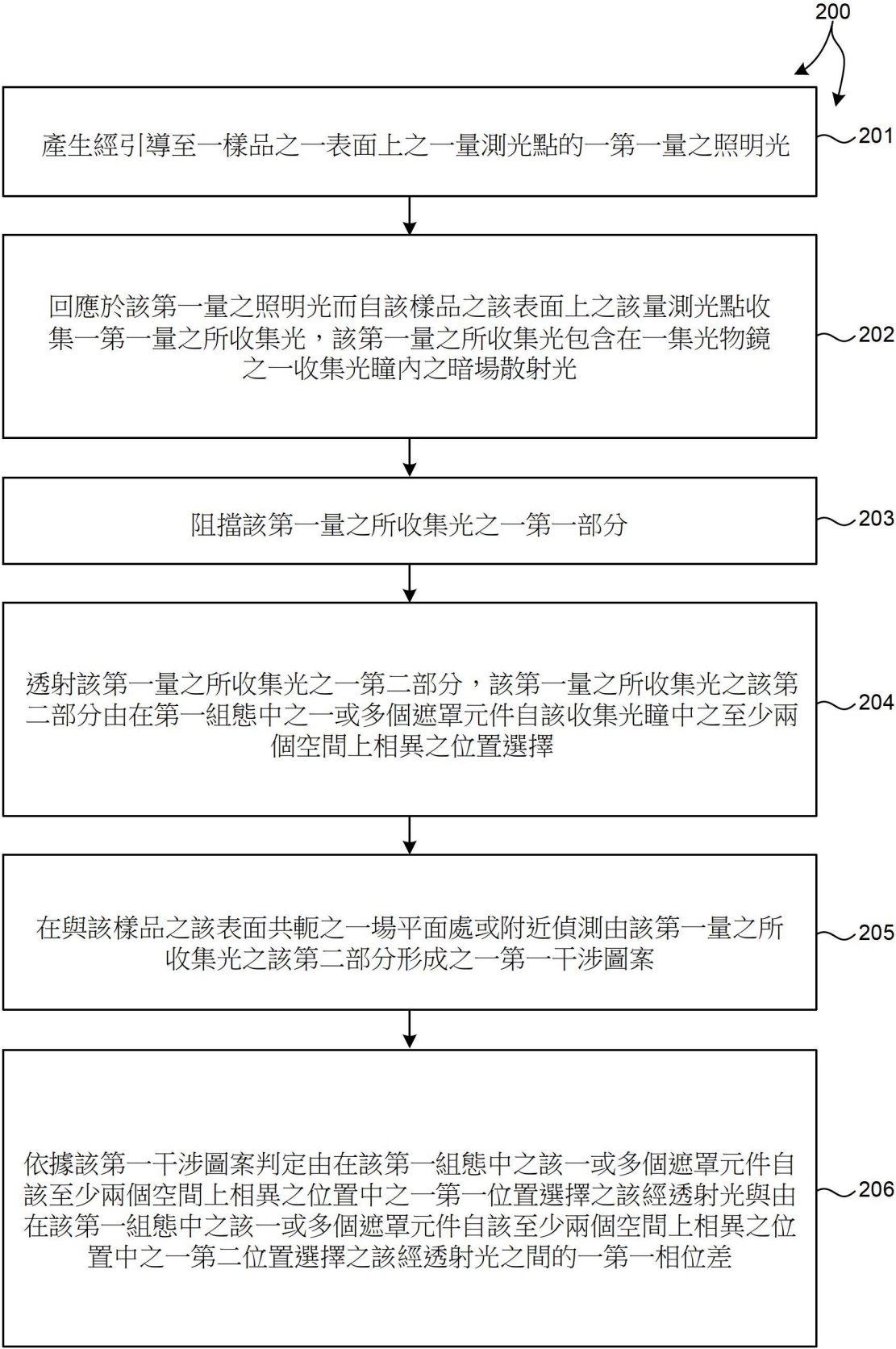
【圖10】



【圖11】



【圖12】



【圖13】