



(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 201802464 A

(43)公開日：中華民國 107 (2018) 年 01 月 16 日

(21)申請案號：106134700 (22)申請日：中華民國 101 (2012) 年 07 月 12 日

(51)Int. Cl. : **G01N21/95 (2006.01)** **G01N21/47 (2006.01)**

(30)優先權：2011/07/12 美國 61/506,892
2012/07/09 美國 13/544,954

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

(72)發明人：羅曼諾夫斯基阿那托利 ROMANOVSKY, ANATOLY (US)；馬立夫伊凡
MALEEV, IVAN (RU)；卡瓦德傑夫丹尼爾 KAVALDJIEV, DANIEL (US)；由第斯
基由里 YUDITSKY, YURY (US)；沃爾德克 WOLL, DIRK (DE)；比耶雅克史帝芬
BIELLAK, STEPHEN (US)

(74)代理人：陳長文

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：27 項 圖式數：15 共 79 頁

(54)名稱

晶圓檢測

WAFER INSPECTION

(57)摘要

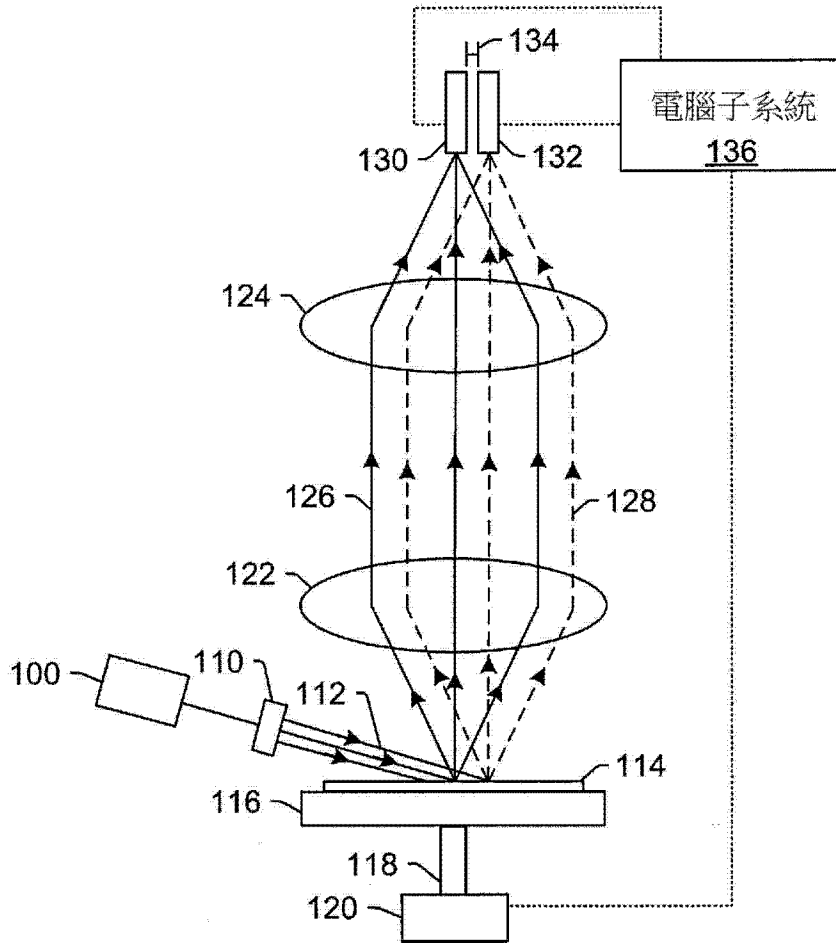
本發明揭示經組態以檢測晶圓之系統。根據一實施例，該系統包含一照明子系統，該照明子系統經組態以在該晶圓上同時形成多個照明區域，且該等區域之各者之間實質上無照明通量。該系統亦包含一掃描子系統，該掃描子系統經組態以跨該晶圓掃描多個照明區域。此外，該系統包含一集光子系統，該集光子系統經組態以同時且獨立地使自該等區域之各者散射之光成像於兩個或兩個以上感測器上。該兩個或兩個以上感測器之特性經選擇使得該散射光並不成像於該兩個或兩個以上感測器之間之空隙中。該兩個或兩個以上感測器回應於該散射光而產生輸出。該系統進一步包含一電腦子系統，該電腦子系統經組態以使用該兩個或兩個以上感測器之輸出來偵測該晶圓上之缺陷。

Systems configured to inspect a wafer are provided. According to one embodiment, the system includes an illumination subsystem configured to simultaneously form multiple illumination areas on the wafer with substantially no illumination flux between each of the areas. The system also includes a scanning subsystem configured to scan the multiple illumination areas across the wafer. In addition, the system includes a collection subsystem configured to simultaneously and separately image light scattered from each of the areas onto two or more sensors. Characteristics of the two or more sensors are selected such that the scattered light is not imaged into gaps between the two or more sensors. The two or more sensors generate output responsive to the scattered light. The system further includes a computer subsystem configured to detect defects on the wafer using the output of the two or more sensors.

指定代表圖：

符號簡單說明：

- 100 . . . 光源
- 110 . . . 光學元件
- 112 . . . 光束
- 114 . . . 晶圓
- 116 . . . 卡盤
- 118 . . . 軸桿
- 120 . . . 子系統
- 122 . . . 散射光收集器
- 124 . . . 折射光學元件
- 126 . . . 散射光
- 128 . . . 散射光
- 130 . . . 感測器
- 132 . . . 感測器
- 134 . . . 間隙
- 136 . . . 電腦子系統



【圖 1】

**【發明摘要】****【中文發明名稱】**

晶圓檢測

【英文發明名稱】

WAFER INSPECTION

【中文】

本發明揭示經組態以檢測晶圓之系統。根據一實施例，該系統包含一照明子系統，該照明子系統經組態以在該晶圓上同時形成多個照明區域，且該等區域之各者之間實質上無照明通量。該系統亦包含一掃描子系統，該掃描子系統經組態以跨該晶圓掃描多個照明區域。此外，該系統包含一集光子系統，該集光子系統經組態以同時且獨立地使自該等區域之各者散射之光成像於兩個或兩個以上感測器上。該兩個或兩個以上感測器之特性經選擇使得該散射光並不成像於該兩個或兩個以上感測器之間之間隙中。該兩個或兩個以上感測器回應於該散射光而產生輸出。該系統進一步包含一電腦子系統，該電腦子系統經組態以使用該兩個或兩個以上感測器之輸出來偵測該晶圓上之缺陷。

【英文】

Systems configured to inspect a wafer are provided. According to one embodiment, the system includes an illumination subsystem configured to simultaneously form multiple illumination areas on the wafer with substantially no illumination flux between each of the areas. The system also includes a scanning subsystem configured to scan the multiple illumination areas across the wafer. In addition, the system

includes a collection subsystem configured to simultaneously and separately image light scattered from each of the areas onto two or more sensors. Characteristics of the two or more sensors are selected such that the scattered light is not imaged into gaps between the two or more sensors. The two or more sensors generate output responsive to the scattered light. The system further includes a computer subsystem configured to detect defects on the wafer using the output of the two or more sensors.

【指定代表圖】

圖1

【代表圖之符號簡單說明】

100	光源
110	光學元件
112	光束
114	晶圓
116	卡盤
118	軸桿
120	子系統
122	散射光收集器
124	折射光學元件
126	散射光
128	散射光
130	感測器

- 132 感測器
- 134 間隙
- 136 電腦子系統

【特徵化學式】

無

【發明說明書】

【中文發明名稱】

晶圓檢測

【英文發明名稱】

WAFER INSPECTION

【技術領域】

本發明係大體上關於一種經組態以檢測晶圓之系統。

相關申請案之交叉參考

本申請案主張於2011年7月12日申請之標題為「樣品檢測系統 (Sample Inspection System)」之美國臨時申請案第61/506,892號之優先權，該申請案全文係以引用之方式併入本文中。

【先前技術】

不應由於下文之描述及實例係包含於此章節內而將其視為係屬先前技術。

在半導體製程期間，在多個步驟使用檢測程序來偵測晶圓上之缺陷，以促成製程之較高產出率且因此獲致較高之利潤。檢測一直是製造半導體裝置之一重要部分。然而，隨著半導體裝置之尺寸減小，檢測對成功地製造可接收之半導體裝置愈發重要，因為較小之缺陷可能造成該等裝置出現故障。

在晶圓檢測系統中，需要對顆粒、異常及其他類型缺陷具有改良之敏感性，同時維持總檢測速度(以每小時之晶圓數計算)。暗場光學檢測系統一般使用雷射光來以一特定樣式(個別之點、線條或區域)照射晶圓且使用集光光學器件將散射光導引至一對應組之感測器。

相較照射該晶圓之一點(尺寸以微米計)或一線條(寬度(微米)乘以長度(mm))，同時照射該晶圓之一大區域(大約1 mm乘以1 mm)之一檢測系統之一優點在於，存在許多種類之二維感測器可並行地自數千至數百萬個個別偵測器擷取資訊。此外，點照射檢測系統實際上限於數十個點，因為照明光學器件及整合個別之感測器具有複雜性，因此限制可達成之生產量。點及線掃描系統之另一缺點在於，照明能量係集中在相對小之區域中，因此增加對經檢測表面之功率強度之要求，此可能不合需要地改變樣品性質。

已知XY(或蜿蜒)檢測順序比一螺旋順序提供較低之檢測生產量；因此，在一些情形下，一螺旋軌道(通常稱為R-Theta)合乎要求。螺紋檢測系統之實例包含SP1及SP2儀器，美國加州苗必達(Milpitas)市KLA-Tencor公司有售。

儘管區域檢測系統之優點如上所述且在此項技術中(例如，頒與Guetta之美國專利第7,286,697號)，然在一R-Theta平台上實施此組態被證明具有挑戰性，因為所產生之影像之螺旋順序與大多數二維陣列感測器之直線性本質存在固有之不協調。藉由即時對齊並校準極性影像來偵測缺陷係一項需要大量計算之活動。此外，相較離散型之偵測器(諸如，光電倍增管(PMT))，由於大多數二維之基於矽之感測器會給測量增添額外之雜訊，因此在實務中，此等系統之敏感性效能被降低。在基於XY之區域檢測系統上，不存在座標不協調問題，但此等系統之前述實施例無法高速偵測所關注之所有缺陷，因為該照明子系統及集光子系統缺乏彈性。

因此，有利的是發展不具有上述之一或多個缺點之檢測系統及/或方法。

【發明內容】

下文對多項實施例之描述決不應被解讀為限制隨附申請專利範圍之標的物。

一實施例係關於一種經組態以檢測一晶圓之系統。該系統包含一照明子系統，該照明子系統經組態以在該晶圓上同時形成多個照明區域，且該等區域之各者之間實質上無照明通量。該系統亦包含一掃描子系統，該掃描子系統經組態以跨該晶圓掃描多個照明區域。此外，該系統包含一集光子系統，該集光子系統經組態以同時且獨立地使自該等區域之各者散射之光成像於兩個或兩個以上感測器上。該兩個或兩個以上感測器之特性經選擇使得該散射光並不成像於該兩個或兩個以上感測器之間之間隙中。該兩個或兩個以上感測器回應於該散射光而產生輸出。該系統進一步包含一電腦子系統，該電腦子系統經組態以使用該兩個或兩個以上感測器之輸出來偵測該晶圓上之缺陷。此系統可進一步如本文所述組態。

另一實施例係關於另一種經組態以檢測一晶圓之系統。此系統包含一照明子系統，該照明子系統經組態以將多個光束導引至一晶圓上之實質上相同之區域。該多個光束具有實質上相同之波長及偏光特性。該系統亦包含一掃描子系統，該掃描子系統經組態以使該多個光束跨該晶圓進行掃描。此外，該系統包含一集光子系統，該集光子系統經組態以將自該晶圓上之該實質上相同之區域散射之光成像於一感測器。該感測器回應於該散射光而產生輸出。該系統進一步包含一電腦子系統，該電腦子系統經組態以使用該感測器之該輸出來偵測該晶圓上之缺陷。此系統可進一步如本文所述組態。

一額外實施例係關於一種經組態以檢測一晶圓之系統。此系統包含

一照明子系統，該照明子系統經組態以使由該照明子系統將多個脈衝光束之一第一者導引至一晶圓上之一區域在時間上早於將該多個脈衝光束之一第二者導引至該區域。該多個脈衝光束之該第一者與該第二者在該晶圓上具有彼此不同之形狀及大小。該多個脈衝光束之該第一者與該第二者具有彼此不同之波長、彼此不同之偏光或彼此不同之波長及偏光。該系統亦包含一掃描子系統，其經組態以使該多個脈衝光束跨該晶圓進行掃描。此外，該系統包含一集光子系統，該掃描子系統經組態以將自該晶圓上之該區域散射之光成像至一或多個感測器。該一或多個感測器回應於該散射光而產生輸出。該系統進一步包含一電腦子系統，該電腦子系統經組態以使用該一或多個感測器之該輸出來偵測該晶圓上之缺陷，且使用回應於歸因於該多個脈衝光束之該第一者之照明而來自該區域之該散射光的該輸出來判定應被導引至該區域之該多個脈衝光束之該第二者之一功率。此系統可進一步如本文所述組態。

一進一步實施例係關於另一種經組態以檢測一晶圓之系統。此系統包含一照明子系統，該照明子系統經組態以將光脈衝導引至一晶圓上之一區域。該系統亦包含一掃描子系統，該掃描子系統經組態以使該等光脈衝跨該晶圓進行掃描。此外，該系統包含一集光子系統，該集光子系統經組態以使自該晶圓上之該區域散射之光脈衝成像至一感測器。該感測器經組態以整合若干散射光脈衝，且該散射光脈衝之數目小於可成像於該感測器之整個區域上之散射光脈衝之數目。該感測器經組態以回應於經整合之該等散射光脈衝而產生輸出。該系統進一步包含一電腦子系統，該電腦子系統經組態以使用該感測器產生之該輸出來偵測該晶圓上之缺陷。此系統可進一步如本文所述組態。

另一實施例係關於一種經組態以檢測一晶圓之系統。此系統包含一照明子系統，該照明子系統經組態以將光導引至一晶圓上之一區域。該系統亦包含一掃描子系統，該掃描子系統經組態以使該光跨該晶圓進行掃描。此外，該系統包含一集光子系統，該集光子系統經組態以使自該晶圓上之該區域散射之光成像至一感測器。該感測器經組態以回應於該散射光而產生輸出。該系統進一步包含一電腦子系統，該電腦子系統經組態以使用該感測器產生之該輸出來偵測該晶圓上之點缺陷、以判定該等點缺陷之以像素計之大小、基於該等點缺陷之大小判定該系統之一聚焦狀況且基於該聚焦狀況改變該系統之一或多個參數。此系統可進一步如本文所述組態。

另一實施例係關於一種經組態以檢測一晶圓之系統。該系統包含一照明子系統，該照明子系統經組態以將光導引至一晶圓上之一區域。該系統亦包含一掃描子系統，該掃描子系統經組態以使該光跨該晶圓進行掃描。此外，該系統包含一集光子系統，該集光子系統經組態以使自該晶圓上之該區域散射之光成像至一感測器。該感測器經組態以回應於該散射光而產生輸出。該系統亦包含一電腦子系統，該電腦子系統經組態以使用該感測器產生之輸出來偵測該晶圓上之缺陷。此系統可進一步如本文所述組態。

【圖式簡單說明】

圖1係繪示經組態以檢測一晶圓之一系統之一實施例之一示意性側視圖；

圖2係繪示一晶圓上之呈矩形之多個照明區域之一實施例之一示意性平面圖；

圖3至圖6係繪示經組態以檢測一晶圓之一系統之多項實施例之示意性側視圖；

圖7係繪示一晶圓之一中心區域及該晶圓之該中心區域外側之一區域之一實施例之一示意性平面圖；

圖8係繪示可藉由本文所述之實施例掃描一晶圓之一中心區域及該晶圓之該中心區域外側之一區域之不同方式之一實施例之一示意性平面圖；

圖9係經組態以檢測一晶圓之一系統之一實施例之一示意性側視圖；

圖10係繪示以實質上相同之極角及不同之方位角被導引至一晶圓上之該實質上相同之區域之多個光束之一實施例之一示意性平面圖；

圖11係繪示該晶圓上之具有彼此不同形狀及大小之多個光束之一實施例之一示意性平面圖；

圖12係繪示經組態以檢測一晶圓之一系統之一實施例之一示意性側視圖；

圖13係繪示多個光束之一實施例之一示意性側視圖，該多個光束包含由一照明子系統之一光源產生之一光束及藉由收集自該晶圓上之該實質上相同之區域反射之光且將所收集之光導引回到該晶圓上之該實質上相同之區域而形成之額外光束；

圖14係包含一矩形像素陣列之一感測器之一實施例之一示意性平面圖；及

圖15係繪示可根據經組態以檢測一晶圓之一系統之一聚焦狀況，以像素計算之點缺陷之大小可如何變動之一示意性平面圖。

【實施方式】

閱讀下文之詳細描述且參考附圖之後，本發明之其他目的及優點將

顯而易見。

本發明可容許多種修改及替代形式，各圖中以舉例之方式繪示本發明之特定實施例且本文將詳細描述該等特定實施例。然而，應理解，本發明之圖式及關於圖式之詳細描述並不意在將本發明限於所揭示之特定形式，相反地，其意在涵蓋屬於隨附技術方案界定之本發明之精神及範圍內之所有修改、等效及替代。

一般而言，本文所述之實施例係關於晶圓檢測方法及系統，其包含下列步驟：使照明(例如，雷射照明)入射至該晶圓上；以某種方式平移該晶圓或該晶圓上之照明點；藉由一集光子系統(其可包含一集光物鏡)收集散射光；在集光光學器件中，基於可選擇之偏光及/或散光角特性可分割該散射光；將該散射光之選定之部分導引至一或多個感測器；且藉由處理由該(該等)感測器所產生之輸出(例如，影像資訊)來偵測缺陷。

現參考圖式，應注意，該等圖式並非按比例繪製。明確而言，對圖中之一些元件之標度予以特別誇大，以強調該等元件之特性。應注意，該等圖式並非以相同之比例繪製。用相同之參考數字指示一個以上圖中所示之經類似地組態之元件。

一實施例係關於一種經組態以檢測晶圓之系統。為了最佳化檢測速度及/或敏感性，可使用一空間上不連續之照明輪廓(illumination profile)。例如，此系統包含一照明子系統，其經組態以在該晶圓上同時形成多個照明區域，且該等區域之各者之間實質上無照明通量。以此方式，該系統經組態以進行多點(「多重拼貼(multi-patch)」)區域檢測。

本文所述之所有照明子系統包含可能經耦合至一些照明光學器件之一或多個光源。例如，多重拼貼照明可由三種方法產生：使用多個雷射，

且每個雷射用於一個拼貼片；來自一個雷射之多個雷射束；及一繞射光學元件，其使一或多個雷射束分離。在一此類實例中，該照明子系統可包含一(或多個)雷射源，其用偏光以特定之入射角或多個離散之入射角照射該晶圓。用於檢測之最佳照明入射角係取決於被檢測之晶圓類型及所關注之待偵測缺陷，及其他因素。該照明子系統可經組態允許以近乎法向入射角及/或45度或更大之一傾斜角進行照明，可依次或同時執行。此外，該雷射源可為一脈衝雷射。

該多個照明區域可在晶圓上展現不同之截面形狀，諸如，實質上平頂形、高斯(Gaussian)光束形、非高斯光束形、任何其他結構化區域照明等等。例如，多個平頂形照明區域可形成於該晶圓上，且此等區域之間無照明通量。可在該晶圓之一表面(諸如該晶圓之一最上表面)上形成該多個照明區域。然而，亦可在一具有膜之晶圓上形成該等多個照明區域；形成於一膜堆疊體中之一特定交接面；或甚至子表面(例如，該晶圓內)處。

在一實施例中，該多個照明區域之各者在該晶圓上呈矩形。例如，如圖2中所示，多個照明區域200之各者可在晶圓202上呈矩形，且晶圓之前進方向可為由箭頭204指示之方向。在圖2所示之實施例中，在該晶圓上形成三個分離之照明區域(或拼貼片)，本文將進一步描述(例如，由三個分離之雷射束或一繞射光學元件形成)。可用與當前之多點檢測系統中使用之方法類似之方法完成該等拼貼片之交織。

在雷射區域檢測中此實施案之一優點在於，該實施案係針對相對快速之感測器傾向於呈實質上矩形(即，該感測器之一尺寸遠遠長於另一尺寸)之問題之一解決方案。難以在一晶圓上製作一實質上矩形之拼貼片(例如，縱橫比40:1或100:1者)。在本文所述之實施案中，縱橫比係13:1或

33:1之三個拼貼片可分別替代縱橫比40:1或100:1之拼貼片，且三個較慢之感測器可替代一個較大之實質上細長之感測器。一般而言，對於區域檢測模式系統，可考慮1:1至100:之間之縱橫比。在一實施例中，在該晶圓上，該多個照明區域彼此並不重疊。例如，由於此系統係「即時閃光(flash on the fly)」，可使該等拼貼片以在該晶圓上彼此並不重疊之方式配置，且平台(本文將進一步描述)將僅在各次閃光之間移動正確之量。若較便利，則可將該等拼貼片以一個1×3陣列投影，而非以一個3×1陣列投影。用於本文中之術語「在晶圓上之一矩形形狀」(a rectangular shape on the wafer)一般係指實質上矩形但可能由於使任何光束成像所受到之固有限制而並非為精確矩形。

在一實施例中，該照明子系統使用自一單一光束產生之多個光束在該晶圓上形成多個照明區域。例如，可使用一繞射光學元件自一光束產生該多個光束。在如圖1中所示之一此類實施例中，該照明子系統包含光源100及繞射光學元件110。該光源及該繞射光學元件經組態使得由該光源產生之一光束被導引至該繞射光學元件，且該繞射光學元件自該單一光束產生兩個或兩個以上(例如，三個)光束112。該光源可包含本文所述之任何光源，且該繞射光學元件可包含此項技術中已知之任何合適之繞射光學元件。如圖1中所示，該多個光束可以一傾斜入射角導引至晶圓114。然而，該多個光束可以任何其他合適之入射角導引至該晶圓，本文將進一步描述。如圖1中所示之該照明子系統可包含任何其他合適之光學元件，諸如反射光學元件、折射光學元件、偏光器、孔徑、光束塑形元件、波長濾光器等等。

在另一實施例中，該照明子系統使用自多個光源產生之多個光束在

該晶圓上形成該多個照明區域。例如，如圖3中所示，該照明子系統可包含多個光源300、302及304。該等光源可包含本文所述之任何光源，諸如脈衝雷射。該多個光源之各者經係組態以產生具有相同特性之光(例如，該多個光源之各者係相同品牌及型號之雷射)。如圖3中所示，該多個光源可產生多個光束306，且該多個光束可以相同之入射角或大略相同之入射角導引至晶圓114。然而，該多個光束可為以不同角度入射之三個雷射束。此外，儘管圖3中所示該多個光束係以一傾斜入射角導引至該晶圓，該多個光束亦可以一法向入射角或近乎法向入射角導引至該晶圓。圖3中所示之該照明子系統可包含任何其他合適之光學元件，諸如上述之光學元件。圖3中所示之系統可進一步如本文所述組態。

在一些實施例中，該照明子系統包含一頻率轉換雷射，該照明子系統經組態以使用光脈衝同時形成該多個照明區域，且導引至該晶圓上之該等區域之該等光脈衝在該等光脈衝之持續期間內在空間上並不變動且在該等光脈衝之持續期間內具有實質上恆定之強度。例如，本文所述之該等照明子系統可使用在區域模式檢測中具有空間平頂形照明及時間平頂形照明輸出之一頻率轉換雷射。區域模式檢測系統通常使用高斯形或「平頂形」照明輪廓，其在該晶圓之表面上係連續。在一此類實施例中，該照明子系統包含耦合至該雷射之一光束塑形光學元件。例如，如圖6中所示，該照明子系統可包含耦合至光源100之光束塑形光學元件600，該光源100在此情形下可為一雷射。該光束塑形光學元件可包含此項技術中已知之任何類型之光束塑形光學元件。此外，儘管圖6繪示該光束塑形光學元件係僅耦合至一光源而使得該光束塑形光學元件處於僅一光束之路徑中，一光束塑形光學元件可耦合至包含於本文所述之該等照明子系統之任一者中之該等

光源之各者或者可定位於本文所述之該等系統所使用之該等照明束之各者之路徑中。圖6中所示之該照明子系統及系統可進一步如本文所述組態。該平頂形光束可能不僅由該雷射之外部的一繞射光學元件或其他光束塑形光學器件產生，而且亦由於一最佳化非線性頻率轉換程序之自然結果而產生於該雷射本身內。另外一種選擇係使用提供一使用者專用時間脈衝形狀之一雷射，以進一步減小晶圓受損之可能性。例如，大多數常用之脈衝雷射在時間上表現出一大致上雙曲線正割脈衝形狀，且一峰值強度係平均強度之2倍以上。然而，雷射技術之近期發展已使得可產生所謂之「平頂形」或「棚車形(box car)」時間脈衝形狀。此等脈衝之峰值強度係基本上等於平均強度，且可達成檢測生產量改良約2倍。

在另一實施例中，該照明子系統包含一頻率轉換雷射，該照明子系統經組態以使用光脈衝同時形成該多個照明區域，且導引至該晶圓上之該區域之該等光脈衝在該等光脈衝之持續期間內具有實質上恆定之強度。此類之一實施例可如上所述組態，但不同之處在於允許該等光脈衝在該等光脈衝之持續期間內在空間上變動。

該系統亦包含一掃描子系統，其經組態以跨該晶圓掃描該多個照明區域。該掃描子系統可包含一卡盤，在檢測期間，該卡盤將該晶圓固持在適當位置。例如，如圖1所示，該掃描子系統可包含卡盤116。該卡盤可為一邊緣握持卡盤、一真空卡盤或一氣動軸承卡盤。一卡盤可支撐多個晶圓直徑(例如，300 mm及450 mm)或一單一基板直徑。該掃描子系統亦可包含耦合至該卡盤116且耦合至定位子系統120之軸桿118。該定位子系統可包含經組態以使該軸桿118旋轉及/或平移之多種元件，諸如一馬達、齒輪、平台等等。可以使該軸桿118之旋轉及/或平移造成該卡盤且因此該晶

圓之旋轉及/或平移之一方式將該軸桿118耦合至卡盤116。

該掃描子系統可以螺旋式或X-Y式或如本文進一步所述以該二者之一些組合使該晶圓平移。明確而言，除了上述之螺旋式掃描之外，亦可採用X-Y蜿蜒掃描及RT-XY混合掃描來使該晶圓相對於該照明光學器件及集光光學器件平移。本文所述之一螺旋運動檢測系統類似於美國加州苗必達市之KLA-Tencor公司有售之SP1及SP2檢測系統，且本文將描述一些顯著之例外之處。例如，該晶圓上之該(該等)照明區域係實質上相當大，一般延伸數百微米直至若干毫米，其心軸旋轉速率係相當適度，一般不超過1,000 rpm至5,000 rpm，且其集光子系統可具有近乎繞射受限之表現。此外，可藉由本文之系統檢測直徑達到且超過450 mm之基板。

在一螺旋檢測系統中，該晶圓之中心處之旋轉速率應足以支援產生具有所要之重疊之檢測訊框。在一實施例中，該照明子系統經組態以使用光脈衝同時形成多個照明區域，自該等區域之各者散射之光包含散射光脈衝，該掃描子系統經組態以藉由旋轉該晶圓而使該等光脈衝跨該晶圓進行掃描，且當使該等光脈衝跨該晶圓之一中心區域進行掃描時，該照明子系統經組態以使同時將該等光脈衝導引至該晶圓上之該多個照明區域的頻繁度少於當跨該晶圓之中心區域之外側掃描該等光脈衝時的頻繁度。例如，對於在一旋轉平台上使用一脈衝雷射及一區域感測器之檢測，在接近該晶圓之該中心處，當該晶圓之線性速率在該晶圓之該中心處與半徑成比例地減小，則該雷射脈衝之觸發頻率可愈發減小。以此方式，掃描以較小之速率(以每單位時間之面積計)前進，而檢測之敏感性則保持恆定。尚未使用該雷射之全平均功率。或者，在掃描期間，只要該光源不致引起對該晶圓之損壞，則可連續地減小經照明之面積。在如圖7所示之一此類實施例

中，晶圓114之中心區域700可為圍封晶圓之中心702且與該晶圓之邊緣704隔開之一區域。該中心區域可圍封該晶圓內部之三分之一或該晶圓內部之四分之一。包含於該晶圓之該中心區域中之該晶圓之部分可取決於例如該晶圓之旋轉速度、該晶圓之直徑、該雷射之功率及在任何時刻關於該晶圓被暴露之功率之任何其他參數。

在一實施例中，該照明子系統經組態以使用光脈衝同時形成該多個照明區域，自該等區域之各者散射之光包含散射光脈衝，該掃描子系統經組態以藉由旋轉及平移該晶圓而使該等光脈衝跨該晶圓進行掃描，該兩個或兩個以上感測器包含區域感測器，當使該等光脈衝跨該晶圓之一中心區域進行掃描時，該掃描子系統使該等光脈衝以一或多個非彎曲線條跨該晶圓進行掃描，且當跨該晶圓之該中心區域之外側掃描該等光脈衝時，該掃描子系統使該等光脈衝以一螺旋樣式跨該晶圓進行掃描。以此方式，本文所述之實施例可經組態以在檢測期間用一脈衝雷射及一區域感測器在一旋轉平台上進行混合掃描。例如，在該混合方法中，可以一螺旋樣式掃描該晶圓之大部分。在如圖8中所示之一此類實例中，可以螺旋樣式802掃描該晶圓之中心區域700之外側之晶圓114之區域800(其可如上界定)。接著，可進行一連串之小幅度xy蜿蜒移動或一單一線性運動或在角旋轉之後進行線性運動之一組合對該晶圓之中心區域700進行掃描。以此方式，可以線性樣式804掃描該中心區域，其中在x方向或y方向執行掃描，且在掃描之間逐步平移再沿相反之方向進行，或以徑向樣式806進行掃描，其中沿該晶圓之一半徑執行掃描且在間隔中逐步旋轉該晶圓。以此方式，可避免無法掃描該晶圓之該中心之任何部分(該晶圓相對於該掃描子系統或光學器件之對齊不精準之情形下會發生此檢測遺漏)，因此使得對齊來自該

(該等)感測器之輸出之挑戰性變得較小，且檢測生產量可增加。此外，可根據光源之重複率而最小化跨該矩形感測之環形軌道之「模糊(smearing)」效應。

該系統包含一集光子系統，其經組態以同時且獨立地使得自該等區域之各者散射之光成像於兩個或兩個以上感測器上。一般而言，本文所述之該等集光子系統可包含某種之散射光收集器(例如，諸如圖1中所示之散射光收集器122之一集光物鏡)及耦合至該散射光收集器之一些可行之其他光學元件(例如，孔徑、分離器、偏光元件、一或多個反射光學元件及一或多個折射光學元件，如圖1中所示之折射光學元件124)。相同之集光透鏡可使來自該等區域之各者之散射光成像至複數個感測器上。例如，如圖1中所示，散射光收集器122可收集來自該晶圓上之該多個照明區域之散射光126及來自該晶圓上之該多個照明區域之另一者之散射光128。

該集光子系統可包含用於收集自該晶圓散射之光之一或多個物鏡。除了一相對較高數值孔徑(NA)物鏡，亦可將其他組之較低NA或甚至非成像集光光學器件設置於集光半球體中，鄰近地平線。因此將收集來自此等角之光散射資訊，因此允許進一步擷取所關注之無法透過主要物鏡偵測之缺陷及特徵。

該集光子系統亦可包含多種元件用於選擇性對該散射光予以濾光以增加所關注之缺陷擷取率且減小錯誤警報率。該多種元件可包含本文所述之諸如光學元件及基於微機電系統(micro-electro-mechanical system：MEMS)之裝置。此外，該多種元件可包含偏光器、分束器、孔徑、空間濾光器等等。

該集光子系統可進一步包含一或多個經組態以使經濾光之光成像於

兩個或兩個以上感測(例如，兩個或兩個以上區域感測器)之光學元件。例如，圖1中所示之該折射光學元件124可經組態以使該經濾光之光成像至如圖1中所示之感測器130及132上。

此外，該集光子系統較佳經組態使得來自該晶圓上之該多個照明區域之光獨立地成像於僅一對應之感測器上。例如，如圖2中所示，來自該多個照明區域之一第一者之散射光126係僅成像於感測器130上，而來自該多個照明區域之一第二者之散射光128係僅成像於感測器132上。以此方式，來自該多個照明區域之一者以上之光將不會成像於相同之感測器上。

該兩個或兩個以上感測器之特性經選擇使得該散射光不會成像於該兩個或兩個以上感測器之間之間隙中。例如，感測器130及132可經選擇及組態使得散射光126及128並不成像於該兩個感測器之間之間隙134中。在一此類實例中，可使用兩個較小且成本較低之感測器，而不會不合需要地發生對來自原本將成像於該等感測器之間之「間隙」中之散射雷射光之敏感性降低。由於包裝限制、支援電子器件等等因素，離散型之感測器之間之間隙通常不可避免地存在。此外，對於二維感測器及其固有之限制(例如，其資料速率、行速率等等之限制)，該(該等)光源及該(該等)感測器未必能良好地耦合在一起。一些當前使用之系統包含一感測器焦點平面陣列，以克服此等限制。然而，在本文所述之實施例中，該(該等)光源及該二維感測特性係匹配以克服該等限制。

該兩個或兩個以上感測器回應於該散射光而產生輸出。該兩個或兩個以上感測器可包含點或解析度相當低之感測器。該兩個或兩個以上感測器亦可包含，例如，離散型光電倍增管(PMT)、電荷耦合裝置(CCD)、延

時積分器(TDI)、互補金屬氧化物半導體(CMOS)感測器、科學CMOS (sCMOS)、PMT陣列、電子轟炸CCD(EB-CCD)、電子放大CCD(EM-CCD)、增強型光電管或雪崩光電二極體(APD)陣列。各個通道及/或感測器可經組態以回應於照明波長或藉由使用波長濾光技術由晶圓交互作用而產生之額外之波長，或照明波長與額外波長之一些組合。此允許更有選擇性地偵測所關注之某些類型之缺陷。此外，用於本文所述之系統中之該(該等)感測器可根據用於檢測之掃描類型及/或包含於該照明子系統中之光源而變動。例如，在一XY掃描組態中，可使用一具有較高重複率之模式鎖定雷射來照射該晶圓，以儘量避免經組態以TDI模式獲得資料之感測器發生由雷射誘發之晶圓損壞。

在一些情形下，可基於該兩個或兩個以上感測器之一個或多個特性而選擇該集光子系統之元件。例如，在一些情形下，該集光子系統可包含一或多個管透鏡，且可基於該兩個或兩個以上感測器之縱橫比而選擇該一或多個管透鏡之歪像比率。此外，若對該系統之不同通道使用不同之類型之感測器，則不同之管透鏡可具有不同之歪像放大率，以確保各個感測器測量該晶圓上之相同區域。

包含於該集光子系統中之一物鏡可為在視野範圍內具有相當大程度之繞射限制之NA透鏡。或者，可採用一非繞射限制物鏡。例如，在一實施例中，該集光子系統包含具有並非完全繞射限制之一解析度之一散射光收集器。明確而言，該收集器設計及製造可適當地匹配，根據由相關之一般在該集光通道中採用之孔徑及偏光器所產生之歪像點擴散函數降低成本。考慮到基板類型，藉由事先已知一目標缺陷幾何形狀及材料(例如，氧化矽球體)及用於最佳化該缺陷之擷取率之光瞳濾光器或傅立葉

(Fourier)平面濾光器，可計算該物鏡之解析度之規格。減小完全繞射限制之解析度要求可為系統使用者節省大量成本。

本文所述之系統亦可包含一自動對焦子系統(圖中未繪示)。該自動對焦子系統可確保無論該晶圓、光源、集光光學器件及照明光學器件之移動，晶圓之該表面始終處於該(該等)感測器之焦點處。該自動對焦子系統可包含一光源(其可能或可能並非用於檢測之光源)、感測器、電路及用於判定該晶圓影像之相對於該(該等)感測器(例如，二維感測)之位置之邏輯及用於校正檢測期間之任何偏差之一回饋系統。該自動對焦子系統可進一步如本文所述組態。

該系統進一步包含一電腦子系統，其經組態以使用來自該兩個或兩個以上感測器之輸出來偵測該晶圓上之缺陷。以此方式，該電腦子系統提供一構件以偵測由該等感測器產生之訊號或其他輸出所存在之缺陷。例如，如圖1所示之系統包含電腦子系統136，其係耦合至該兩個或兩個以上感測器，使得該電腦子系統可接收由該兩個或兩個以上感測器產生之輸出。該電腦子系統可經組態以使用該輸出及任何合適之缺陷偵測演算法及/或方法偵測該晶圓上之缺陷。例如，該電腦子系統可對該輸出實施一缺陷偵測臨限值，因此可將任何經判定超過該缺陷偵測臨限值之輸出識別為一缺陷或一可能之缺陷。

該電腦子系統可包含此項技術中已知之任何合適之電腦系統。例如，電腦子系統136可呈多種形式，包含一個人電腦系統、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何其他裝置。一般而言，術語「電腦子系統」可廣義地定義為涵蓋具有一或多個處理器之任何裝置，該(該等)處理器執行來自一記憶體媒體之指令。

關於散射光之收集，本文所述之實施例較當前使用之系統之一改良在於表面散射之選擇性及可組態收集，以增強對顆粒及缺陷之偵測。一些先前使用之系統在該集光光學器件中包含旋轉之空間濾光器系統，以消除圖案散射效應且增強自點顆粒及缺陷之散射。在本文所述之實施例中，在相對於照明角度以一特定之定向進行晶圓掃描期間，同時該晶圓在下方旋轉，可固定濾光。該濾光器藉由使用以選定角配置之多個偏光器及對散射光波長而言不透明之可移動材料區段之一組合而排斥某些純粹集光角(包含來自背景而非來自所關注之缺陷之不合希望之散射光)。在該等物鏡之後傅立葉平面中執行濾光，使得可同時消除經照明場區中之各個點處之不希望之背景。

多種區域類型感測器可與本文所述之空間濾光技術組合使用。例如，該等系統可包含一彈性集光系統，其中複數個感測器經選擇性組態以偵測具有多個偏光狀態及/或純粹散射角之散射光。各個感測器可設置以收集其他感測器(若存在)無法收集之散射光。此外，各個感測器可為一個多元件感測器且可具有不同之特性。例如，一感測器可為增強型**EB-CCD**感測器。另一感測器可包含一獨立之磁性聚焦影像增強器，其係耦合至一**CCD**或具有一延遲透鏡之**CMOS**晶片。一第三感測器可為一解析度較低之獨立**CCD**晶片。亦可存在其他感測器。可基於預期在該通道中存在之散射背景特性及對該通道之對所關注缺陷之敏感性要求針對各個通道選擇感測器類型及大小。當預期投影至一特定感測器上之該點擴散函數可能由於空間濾光而相當大時，較低解析度較佳。以此方式，該系統可經最佳化以在其他雜訊源主導之通道中使用成本較低之感測器，以減小操作成本。

可在許多不同之實施例中實施上述之系統組態，本文將予描述。例

如，在一實施例中，該系統包含一光學元件，其經組態以同時且獨立地分割於該集光子系統之一集光NA之不同區段中收集之自該等區域之各者散射之光，該兩個或兩個以上感測器經組態以偵測該等不同區段之一者，且該系統包含另外兩個或兩個以上感測器，其經組態以偵測該等不同區段之另一者。圖4中繪示一此類實施例，其中光學元件400係定位於由散射光收集器122收集之光之路徑中。為清楚起見，圖4中僅繪示來自該晶圓上之該多個經照明區域之一者之散射光126。較佳將該光學元件定位於一傅立葉平面中或該集光子系統之該傅立葉平面之一結合部。「在一傅立葉平面處(at a Fourier plane)」或「位於該傅立葉平面結合處(at a conjugate of the Fourier plane)」本文係界定為並非恰好處於該傅立葉平面處或恰好處於該傅立葉平面結合處。作為替代，此等術語旨在分別代表「處於或鄰近一傅立葉平面處(at or near a Fourier plane)」或「位於或鄰近該傅立葉平面結合處(at or near a conjugate of the Fourier plane)」。若一光學元件被精確定位於該傅立葉平面之位置處或位於與該傅立葉平面之精確位置之誤差在5%內之一位置(由於該系統中存在任何誤差源及/或該系統存在任何實體限制)，則本文將該光學元件視為係「處於或鄰近一傅立葉平面處」。可以類似之方式界定「位於或鄰近該傅立葉平面結合處」。

該光學元件可包含多種光學元件，諸如一孔徑、一光罩、一具有孔徑之鏡面、一液晶顯示器(LCD)元件或一微鏡面陣列。在一此類實例中，可藉由切出一摺疊鏡面之一部分而形成一合適之孔徑，使得該鏡面之一部分透射光同時該摺疊鏡面之另一部分反射光。在另一此類實例中，可藉由在一透明基板上形成一金屬膜及/或介電膜遮罩塗層製造具有孔徑之一鏡面。亦可藉由使用其他束分裂光學元件(諸如，具有用於在不同方向上折

射光之多個小面定向之稜鏡)實現該集光NA之分段。亦可使用其他方式使該集光NA分段，包含數位微鏡面裝置，諸如通常用於數位投影機中之數位微鏡面裝置。

該光學元件(及本文所述之其他光學元件)係用於將該集光NA分離成不同之區段，使得不同區段中之散射光可導引至該系統之不同感測器或通道。例如，如上所述，該光學元件可具有反射光之一部分及透射光之另一部分。因此，該光學元件可將該集光NA分離成兩個區段，該兩個區段之一區段係藉由反射而導引至一通道中且該兩個區段之另一者係藉由透射而導引至另一通道中。

在一實施例中，如圖4中之截面圖中所示，該光學元件可包含對應於該集光NA之一區段之透射部分402及404，及對應於該集光NA之另一不同且相互排斥之區段之反射部分406。反射部分406可反射該集光NA之對應於部分406該區段中之實質上所有之光(即，部分406對該散射光之透射率係大略為0%)，而部分402及404可透射對應於部分402及404之該集光NA之該區段中之實質上所有之光(即，部分402及404對該散射光之透射率係實質上100%)。以此方式，該整個集光NA可分離成兩個相互排斥之部分。

如上所述，該光學元件之不同部分對應於該散射光藉由該光學元件而被分離至其中之該集光NA之不同區段。此外，如圖4中所示，部分402及404係圍繞該照明子系統之一入射平面彼此鏡像對稱。此外，部分402及404可對應於該集光NA之不同區段之一者。以此方式，該等不同區段之一者可包含圍繞該照明子系統之一入射平面而鏡像對稱之兩個個別之區段(對應於部分402及404)。此外，如圖4中所示，部分402及404之各者與該

入射平面隔開。此外，該等部分之各者可由第一側、第二側及第三側界定，下文將就部分402描述該三個側。明確而言，部分402包含第一側402a、第二側402b及第三側402c。第一側402a係線性且相對於該入射平面以一角度配置。第二側402b係線性且實質上平行於該入射平面，且遠遠短於該第一側。此外，第三側402c係彎曲。如圖4中所示。此等三個側亦界定部分404。

如圖4中進一步所示，該兩個或兩個以上感測器(由感測器130表示)經組態以偵測該等不同區段之一者，且該系統包含經組態用於偵測該等不同區段之另一者之另外兩個或兩個以上感測器(由感測器408表示)。感測器408及該其他兩個或兩個以上感測器可進一步如本文所述組態。此外，該兩個或兩個以上感測器與該另外兩個或兩個以上感測器可為相同類型之感測器或不同類型之感測器。例如，可根據預期被導引至該兩個或兩個以上感測器及該另外兩個或兩個以上感測器之各者之光之量而選擇該等感測器。此外，諸如本文進一步所述之光學元件可耦合至該其他兩個或兩個以上感測器。例如，如圖4中所示，折射光學元件410可經組態以使由光學元件400反射之光成像於感測器408及包含於該系統中之該其他兩個或兩個以上感測器之任何一者上。圖4中所示之該系統可進一步如本文所述組態。

在此等及本文所述之任何其他實施例中，各個通道可最終在對應之感測器上具有形狀不同且以像素計之延伸度不同之一點擴散函數。因此，為了最大化對異常之敏感性，可針對各個個別感測器輸出採用不同之類比及/或濾光技術。明確而言，可在一檢測之前事先基於傅立葉平面孔徑計算預期之點擴散函數之形狀，且接著可在檢測期間採用合適之濾光器係

數。

在一此類實施例中，該系統經組態以根據待由該兩個或兩個以上感測器偵測之該等不同區段之一者及待由該其他兩個或兩個以上感測器偵測之不同區段之另一者而改變或更換該光學元件。例如，在具有多個可組態通道之一區域模式檢測系統中，該系統可包含一彈性孔徑集光空間。此區域檢測系統相對於其他檢測系統之一優點在於，可選擇且組態表面散射之收集，以強化對顆粒及缺陷之偵測。該系統可經組態以利用任何合適之方式改變或更換該光學元件。

在另一實施例中，該系統包含一光學元件，其經組態以同時且獨立地分割於該集光子系統之一集光NA之不同區段中收集之自該等區域之各者散射之光，該兩個或兩個以上感測器經組態以使用該兩個或兩個以上感測器之一部分偵測該等不同區段之一者且使用該兩個或兩個以上感測器之一不同部分偵測該等不同區段之另一者，且該兩個或兩個以上感測器之該一部分及該另一部分在該兩個或兩個以上感測器上並不重疊且並不鄰接。例如，該系統可經組態而以角度將散射光分離於該集光空間中且使該光以兩個獨立之拼貼片再次成像於一單一感測器上。明確而言，可在掃描期間或之前結合或獨立於照明形狀及照明延伸度來控制該感測器上之有效像素之數目。可使用位於一特定感測器上之所有或一些元件。一感測器之一部分(包含若干元件)可接收來自一純粹角範圍內之散射光，且該感測器之另一部分可接收來自另一純粹角範圍內之散射光。例如，若一感測器包含 1000×1000 個個別元件，則該等元件中之 1000×500 者可接收產生於 40 度至 60 度之前方位角之間之散射光之一影像。該感測器之另外百分之五十(1000×500)者可接收產生於 120 度至 160 度方位角之間之表面之散射光之

一影像。在一些情形下，可顛倒成像於該感測器表面上之散射光部分，且其他部分仍保持不顛倒。一額外之組態在於同時自各個行之兩個端(例如，列1及列N)讀取感測器資料，在一些感測器中，此可有效地使感測器資料率增加一倍。

可根據Zhao等人之於2011年12月7日所申請之國際申請案公告案第2012/082501號所述進一步組態本文所述之系統實施例之各者，其全文以引用方式併入本文中。

在一進一步實施例中，該系統包含另外兩個或兩個以上感測器，其包含影像增強器，該集光子系統經組態以同時且獨立地使自該等區域之各者散射之光成像至該另外兩個或兩個以上感測器，該另外兩個或兩個以上感測器回應於該散射光而產生額外輸出，且該電腦子系統經組態以使用該額外輸出替代當感測器電子雜訊主導該兩個或兩個以上感測器中之總通道雜訊時之輸出來偵測該晶圓上之缺陷。例如，此一實施例可包含如上所述之一或多個彈性孔徑，以最佳化該等感測器之效能、成本及可靠性。在一此類實施例中，圖5中所示之該系統包含光學元件500，其經組態以同時且獨立地使自該等區域之各者散射之光成像至另外兩個或兩個以上感測器(圖5中由感測器502表示)。光學元件500可進一步如本文所述組態。然而，光學元件500亦可包含一分束器，其經組態以使該散射光之一部分跨該集光子系統之整個集光NA而透射且使該散射光之一部分跨該集光子系統之整個集光NA反射。例如，光學元件500可為一簡單之70/30分束器。此外，如上所述，可基於預期存在該通道中之散射背景特性及就該通道對所關注缺陷之敏感性要求針對各個通道選擇感測器類型及大小。在一些此類情形下，當感測器電子雜訊主導總通道雜訊時，需要一增強型感測器。

然而，當經感測器讀出雜訊之外之另一雜訊源主導時，一非增強感測器較佳。例如，該另外兩個或兩個以上感測器(在圖5中由感測器502表示)各者包含一影像增強器(在圖5中由影像增強器504表示)，且該兩個或兩個以上感測器(在圖5中由感測器130表示)可能並不包含任何影像增強器。此一組態亦可顛倒，使得該兩個或兩個以上感測器(圖5中由感測器130表示)各者包含一影像增強器(圖5中未繪示)且使得該另外兩個或兩個以上感測器(圖5中由感測器502表示)並不包含任何影像增強器。以此方式，可使用本文所述之各種光學元件(例如，一彈性孔徑及鏡面配置)用於在光係微弱時將光導引至增強型感測器，且當光係強烈時將光導引至其他非增強型感測器。根據取樣理論，當預期投影至一特定感測器上之該點擴散函數由於空間濾光而大時，則可允許使用一較低之總感測器解析度。例如，在一些通道中，該晶圓上之照明拼貼片在透過該集光光學器件及空間濾光器成像時，就延伸度而言，其可為大致2000點擴散函數。在其他通道中，由於不同之空間濾光器限制該集光NA，就延伸度而言，該晶圓上之照明拼貼片之影像可為1000點擴散函數。以此方式，在其他雜訊源主導之通道中可使用成本較低之感測器以最佳化該系統，因此降低操作成本。此外，增強型感測器一般比非增強型感測器具有較短之壽命，因此此特定之組態亦允許達成改良之系統可靠性。圖5中所示之系統可進一步如本文所述組態。例如，如圖5中所示，該集光子系統可包含折射光學元件506，其經組態以使自來自光學元件500之散射光成像至該兩個或兩個以上感測器。折射光學元件506可進一步如本文所述組態。圖5中所示之系統可進一步如本文所述組態。

此一實施例亦可或替代地包含如上所述之一或多個彈性孔徑，以將

散射光導引至最合適之感測器。例如，一感測器可針對大量之光散射而最佳化，而另一感測器可針對遠遠微弱之光散射而最佳化。在此一組態中，針對相當低之光散射最佳化一感測器(例如，一影像增強感測器)可能由於大量之散射而受損且甚至對於對相當大之背景達成最佳敏感性而言不必要。因此，在散射之某部分期間，該光學元件可經組態以將該散射光之一部分導引至針對大量光散射而最佳化之一感測器且將該散射光之另一不同部分導引至針對低光散射而最佳化之一不同感測器。在一不同之實例中，該光學元件可經組態以將所有之散射光導引至多個感測器之包含於該系統中之僅一感測器，且在掃描期間可改變該散射光被導引至其之感測器。

在另一實施例中，該系統包含經組態以進行光子計數之另外兩個或兩個以上感測器，該集光子系統經組態以同時且獨立地將自該等區域之各者散射之光導引至該另外兩個或兩個以上感測器，該另外兩個或兩個以上感測器回應於散射光而產生額外輸出，且該電腦子系統經組態以使用該額外輸出來偵測該晶圓上之缺陷。例如，此一實施例可包含如上所述之多個彈性孔徑，以最佳化該等感測器之效能、成本及可靠性。在一些此等情形下，可針對包含於該系統中之該等感測器之一或多者採用所謂之光子計數技術。可如圖4或圖5所示組態此一實施例，但用經組態用於光子計數之感測器來更換該另外兩個或兩個以上感測器(分別由感測器408或感測器502與影像增強器504之組合表示)。經組態用於光子計數之感測器可為此項計數中已知之任何合適的此等感測器，諸如雪崩發光二極體。

在一實施例中，該系統包含一基於MEMS之光學切換裝置，其係定位於該集光子系統與該兩個或兩個以上感測器之間。例如，存在可於每個雷射脈衝之間再組態之相當快速之基於MEMS之光學切換裝置。可將此等

光學切換裝置之一或多者設置於該集光光學器件中之一合適位置。例如，如圖4及圖5所示之光學元件400及500可分別由一基於MEMS之光學切換裝置更換。該基於MEMS之光學切換裝置可包含此項技術中已知之任何合適之此類元件。

在一此類實施例中，該系統包含另外兩個或兩個以上感測器，該照明子系統經組態以使用光脈衝同時形成多個照明區域，自該等區域之各者散射之光包含散射光脈衝，且該光學切換裝置經組態以將由一第一組光脈衝產生之一第一組散射光脈衝導引至該兩個或兩個以上感測器且將由繼該第一組光脈衝後之一第二組光脈衝產生之一第二組散射光脈衝導引至該另外兩個或兩個以上感測器。例如，若分別如圖4及圖5中所示之光學元件400及500係由如上所述之一光學切換元件更換，則由圖4中之偵測器408及圖5中之偵測器502表示之該兩外兩個或兩個以上感測器在此實施例中可用於另外兩個或兩個以上感測器。以此方式，該集光光學器件中之該光學切換裝置可將交替之訊框導引至交替之感測器，以節約成本。以此方式，若可使用一相當高重複率之雷射，但一特定類型之感測器之資料率及/或訊框率受限，則可藉由於雷射脈衝之間再組態該MEMS裝置而將由後續之雷射脈衝產生之散射光導引至交替之感測器。例如，由一脈衝雷射在頻率為 f 下產生之散射光可導引至一在頻率 f 下操作之一光電分束器。該光電分束器可用於替代地使散射光相當快速地在兩個感測器之間切換，各個感測器具有之一有效訊框率係 $f/2$ 。因此，若一感測器具有一有限之讀出率，且由於成本、包裝或其他原因該系統並不允許兩個或兩個以上系統並排地放置，則可利用一些類型之光學切換元件藉由將該光隨著時間變化而導引至不同之感測器而使得該資料率倍增(例如，增加至雙倍、三倍等

等)。因此可克服個別感測器組件自身存在之限制。此實施例尤其適於具有約2 kHz至約40 kHz(低至足以允許使用光學切換器)之一重複率之一Q 切換雷射。

在另一此類實施例中，該照明子系統經組態以使用光脈衝同時形成多個照明區域，自該等區域之各者散射之光包含散射光脈衝，該光學切換裝置經組態以同時且獨立地分割於該集光子系統之一集光NA之不同區段中收集之來自該等區域之各者之散射光，且該光學切換裝置經組態以將由一第一組光脈衝產生之一第一組散射光脈衝之不同區段之僅一者導引至該兩個或兩個以上感測器且將由繼該第一組光脈衝後之一第二組光脈衝產生之一第二組散射光脈衝之不同區段之僅另一者導引至該另外兩個或兩個以上感測器。例如，一感測器可接收且處理後續雷射衝擊上之散射光半球體之不同區段。該MEMS裝置將經組態以在空間上選擇特定之散射光束且將該等特定的散射光束導引至該感測器。明確而言，該MEMS裝置可經組態以類似於上文所述之光學元件400發揮功能。使用此組態，成像物鏡之視野大小可減小至少1/2，此可大量節約成本，甚至在將該切換裝置之額外成本計入在內亦可實現成本節約。

在一些實施例中，該照明子系統經組態以使用光脈衝同時形成多個照明區域，自該等區域之各者散射之光包含散射光脈衝，且該兩個或兩個以上感測器相對於該等光脈衝在時間上同步，以僅偵測在預定時間到達之散射光脈衝。在一此類實施例中，在預定時間到達之散射光脈衝包含螢光或光致發光。例如，本文所述之實施例可使用相機快門的同步來找尋螢光等等。明確而言，各個通道及/或感測器可相對於該雷射束在時間上同步，以僅擷取在特定時間到達之光子。以此方式，可獨立於由傳統機構產

生之散射光而觀察依賴於時間之效應，諸如螢光或光致發光，因此提供關於所關注之表面及/或缺陷之額外資訊。

在使用光脈衝形成該多個照明區域之另一實施例中，可根據「即時閃光」技術使該感測器獲得及掃描子系統旋轉及/或平移速率與此脈衝頻率同步，且反之亦然。可能如上所述需要後續之雷射脈衝之間存在一定程度之空間重疊。

在將該散射光分離至該檢測系統之兩個或兩個以上通道中之任何實施例中，各個通道可包含定位於該傅立葉平面與該等通道之該(該等)感測器之間之分離之歪像光學元件。各個通道中之該(該等)分離之歪像光學元件可不同且可取決於該等通道用於偵測之該散射光之特性(例如，該散射光之區段)。

可進一步如本文所述組態上述實施例之各者。

另一實施例係關於一種組態用於檢測一晶圓之系統。此系統包含一照明子系統，其經組態以將多個光束導引至該晶圓上之該實質上相同之區域。該多個光束具有實質上相同之波長及偏光特性。例如，無法無損失地組合具有相同波長及偏光之兩個或兩個以上光束，但可使該兩個或兩個以上光束彼此平行(例如，使用如圖9中所示之摺疊鏡面)。在一些實施例中，該多個光束係雷射束。以此方式，該照明子系統可具有一多雷射束組態。在另一實施例中，由該照明系統之僅一單一雷射產生該多個光束。例如，可在一單一雷射內產生用於區域模式之該多個照明光束。某些雷射可具有頻率轉換晶體，其壽命受到入射在該晶體上之光點(spot)強度之限制。在具有多個同時入射點之情形下，該晶體之壽命可延長。在如圖9中所示之一此類實施例中，該照明子系統可僅包含可為一雷射之一單一光源

900。該雷射可包含本文所述之任何雷射或此項技術中已知之其他合適雷射。

可將來自該光源之光導引至該照明子系統之分束器902，該分束器902經組態以將來自該光源之光束分裂成第一光束904及另一光束。該照明子系統亦可包含分束器906，其經組態以將來自分束器902之光分裂成第二光束908及另一光束。分束器902及906可包含此項技術中已知之任何合適分束器。該照明子系統亦可包含反射光學元件910，其經組態將來自分束器906之該光束作為第三光束911反射至該照明子系統之折射光學元件912。該照明子系統亦包含定位於該第一光束之路徑中之反射光學元件914及定位於該第二光束之路徑中之第二光學元件916。反射光學元件914及916經組態以分別將該第一光束及該第二光束導引至折射光學元件912，使得當該第一光束、第二光束及第三光束入射至折射光學元件912上時，該三者係彼此實質上平行。以此方式，定位於該等光束之各者之該路徑中之反射光學元件可控制該等光束之各者被導引至該折射光學元件時之角度且該折射光學元件控制該等光束之各者被導引至該晶圓時之角度。反射光學元件910、914及916可包含此項技術中已知之任何合適之反射光學元件，且折射光學元件912可包含此項技術中已知之任何合適之折射光學元件。如圖9中所示之系統可進一步如本文所述組態。

在另一實施例中，可用一單一光源(諸如一雷射，多個(例如，三個)光束自該雷射發射)取代光源900、分束器902及906及反射光學元件910、914及916。自該光源發射之該多個光束可以實質上相同之角度導引至折射光學元件912且接著藉由該折射光學元件導引至晶圓。此一實施例可進一步如本文所述組態。

若兩個或兩個以上(例如，三個)光束係彼此平行地配置，則該等光束可由一透鏡(例如，折射光學元件912)聚焦於該晶圓上之相同位置。此一組態在該晶圓100上之點大小為100 μm 或更大時是可行的。例如，在一些此類實施例中，該照明子系統可包含一透鏡(例如，折射光學元件912)，其經組態以將該多個光束導引至該晶圓，且該透鏡具有之一NA可為約0.1或更高，使得該透鏡可同時聚焦若干相當低之NA輸入光束。在一此類實施例中，對於包含一個266 nm雷射之一照明子系統而言，該晶圓上存在約100 μm 至約1 mm之一點大小僅需要小於0.01之一NA以形成該點。由於該等透鏡之相當低之NA，所有光束可照射該晶圓上之具有大致上相等大小之相同拼貼片。相較而言，對於大致1 μm 之點，該透鏡NA將需要為0.5或更大，使得一單一透鏡無法注射具有相同波長之多個光束。一般而言，本文所述之該等照明子系統可使用任何數目之光束或光源。

在一實施例中，該多個光束可以實質上相同之極角及不同之方位角導引至該晶圓上之該實質上相同之區域。以此方式，該多個光束(例如，雷射束)可以近乎相同之入射角照射該晶圓。例如，一雷射束可以55度之極角及0度之方位角入射，而一第二雷射束可以55度之極角及2度之方位角入射。可使用近乎相同之入射角及偏光向量，使得由各個光束產生之散射光具有相同之特性及偏光狀態，以因此在該集光子系統中得以有效地被濾光。具有相同波長之光束無法組合且以完全相同之角度入射，但可彼此以相差5度範圍之角度入射且將導致近乎相同之表面散射特性，因此將不損及敏感性。在另一實施例中，若該中心光束係以大約X度之極角入射於該晶圓上，則另外兩個光束可以約X-2度之極角與約X+2之極角入射，且因此自該等光束之各者所得之表面散射將實質上存在很少之差異。

在另一實施例中，該多個光束可同時導引至該晶圓上之該實質上相同之區域。例如，儘管該多個光束具有實質上相同之波長及偏光特性，如上所述，可藉由將來自一單一光源之光分裂成以稍微不同之方位角及/或極角導引至該晶圓之多個光束且藉由使用產生以稍微不同之方位角及/或極角導引至該晶圓之多個光束之光束，如上所述，可同時將該多個光束導引至該晶圓上之該實質上相同之區域。同時將具有相同波長及偏光特性之多個光束導引至該晶圓具有若干優點，本文將進一步描述。

在另一實施例中，該多個光束以區域照明模式照射該晶圓上之該實質上相同之區域。例如，該照明子系統可具有用於區域模式之一多照明光束組態。在一些實施例中，該晶圓上之該實質上相同之區域具有大於50微米之一橫向尺寸。例如，如圖10中所示，可藉由折射光學元件912將多個光束904、908及911導引至晶圓114上之實質上相同之區域1000。該實質上相同之區域1000之最小尺寸：橫向尺寸1002可大於50微米。此外，儘管如圖10中所示該實質上相同之區域1000可在晶圓上呈橢圓形，該實質上相同之區域在該晶圓上可具有任何其他形狀(例如，矩形)，本文將進一步描述。

在另一實施例中，該多個光束係脈衝光束，且該照明子系統經組態以使由該照明子系統將該多個光束之一者導引至該晶圓上之該實質上相同之區域晚於將該多個光束之另一者導引至該實質上相同之區域，因此該等脈衝光束作為持續時間長於該等脈衝光束之各者之持續時間之一連續光脈衝而照射該實質上相同之區域。在另一實施例中，該多個光束係脈衝光束，且該照明子系統經組態以使由該照明子系統將該多個光束之一者導引至該晶圓之該實質上相同之區域晚於將該多個光束之另一者導引至該實質

上相同之區域，因此歸因於該多個光束而入射至該晶圓上之一峰值脈衝功率小於若該多個光束係同時導引至該晶圓上所致之該實質上相同之區域之情形中之一脈衝功率。以此方式，此等實施例相較一單一光束之優點在於可有效地延長脈衝持續時間。在針對區域模式之該多個照明束組態中，該脈衝持續時間可延長，以減小入射於該晶圓上之峰值功率，藉此減小損壞該晶圓之可能性。在一特定實例中，假設該等雷射或光源之各者係具有2 kHz至50 kHz之一重複率及介於10 ns與200 ns間之一脈衝持續時間的一脈衝光源，若所有的脈衝同時入射至該晶圓上，則能量強度將相當高。但由於該晶圓相對於該脈衝持續時間而言移動相當緩慢，因此該等脈衝可在時間上分散且仍基本上暴露相同之區域。例如，一第一脈衝可於時刻 t_0 時入射於該晶圓上，一第二脈衝可於時刻 t_0+t_1 之時刻入射於該晶圓上，且一第三脈衝可於時刻 $t_0+2\times t_1$ 入射至該晶圓上。因此，只要在該第一脈衝與最後一個脈衝(例如，在上述實例中係 $2\times t_1$)之間之時間間隔期間，該晶圓(稱為該(該等)感測器)未移動超過一個感測器像素，則總體之信噪比將大致等於當該等脈衝同時入射於該晶圓上時之信噪比，但入射至該晶圓上之峰值功率密度將被減小，以避免損壞該晶圓。

在另一實施例中，由該照明子系統之多個雷射產生該多個光束。例如，可由多個雷射產生用於區域模式之該多個照明束。在圖12所示之一此類實例中，該照明子系統可包含雷射1200、1202及1204，其經組態以分別產生光束1206、1208及1210。雷射1200、1202及1204可為相同之雷射(即，相同品牌及型號之雷射)。或者，雷射1200、1202及1204可為不同之雷射(即，品牌及/或型號不同之雷射)，其產生之光束與該等其他光束之各者具有相同之波長及偏光特性。如圖12中所示，該等光束之各者可藉由

一單一折射光學元件(例如，折射光學元件912)導引至晶圓114，其可如上所述組態。如本文將一步描述，圖12中所示之該等光束可導引至該晶圓(例如，同時地或依次地)。此外，圖12中所示之該系統可進一步如本文所述組態。

在一些實施例中，該多個光束包含由該照明子系統之一光源產生之一光束且包含藉由收集自該晶圓上之該實質上相同之區域反射之光且將經收集之反射光導引回到該晶圓上之該實質上相同之區域而形成之另一光束。此一實施例在功能上可類似於使用多個光源來產生該多個光束。例如，可由藉由使多次通過之相同光束循環(藉由收集來自該晶圓之經反射光束且將該光束再導引回到該晶圓上)而產生用於區域模式之該多個照明束。以此方式，可收集來自第一次通過之反射光且使該反射光再形成為一第二光束，其入射至該晶圓之該實質上相同之區域。在多次通過之光束的選項中，每個後續通過之照明可利用之功率由於表面反射性及再循環光學器件之效率而降低(因此，使用另外兩個束最可能較為符合實際，但當然，亦可使用更多之循環束)，但有效之照明功率將增加50%或更多。應注意，一般而言，相較本文所述之該等系統，此等多束技術難以在線或點檢測系統中實施。一替代之照明選項是使用具有不同波長之多個雷射束，以促成更有效地偵測缺陷。

在一此類實施例中，如圖13中所示，該多個光束可包含由該照明子系統之一光源(圖13中未繪示)產生之入射光束1300。可由本文所述之任何光源產生光束1300。如圖13中所示，光束1300係由折射光學元件1302導引至晶圓114，該折射光學元件1302可如本文進一步所述地組態(例如，就折射光學元件912而言)。藉由該照明子系統之反射光學元件1306收集自該

晶圓上之該實質上相同之區域有規則地反射之光1304，該反射光學元件1306將所收集之反射光束導引至光束再形成光學器件1308。反射光學元件1306可包含任何合適之反射光學元件，且光束再形成光學器件1308可包含任何合適之光束形成元件(例如，歪像光學元件、場光闌、空間濾光器、偏光濾光器等等)。光束再形成光學器件1308將所收集之反射光導引至反射光學元件1310，該反射光學元件1310將所收集之反射光反射成光束1312導引回到該晶圓上實質上相同之區域。例如，如圖13中所示，自晶圓114有規則地反射之光1314可藉由反射光學元件1306收集，該反射光學元件1306將所收集之反射光束導引至光束再形成光學器件1308。光束再形成光學器件1308將所收集之此反射光以光束1316之形式導引回到該晶圓上實質上相同之區域。圖13中所示之該照明子系統之該部分可包含於本文所述且繪示之任何系統實施例中。

在一實施例中，該照明子系統包含一頻率轉換雷射，該多個光束包含光脈衝，且被導引至該晶圓上之該實質上相同之區域之該等光脈衝在該等光脈衝之持續時間內在空間上並不變動且在該等光脈衝之持續時間內具有實質上恆定之強度。在一此類實施例中，該照明子系統包含耦合至該雷射之一光束塑形光學元件。在另一實施例中，該照明子系統包含一頻率轉換雷射，該多個光束包含光脈衝，且導引至該晶圓上之該實質上相同之區域之該等光脈衝在該等光脈衝之持續時間內具有實質上恆定之強度。此等實施例可進一步如本文所述組態。

該系統亦包含經組態以使該多個光束跨該晶圓進行掃描之一掃描子系統。該掃描子系統可如本文進一步所述地組態。此外，該系統包含一集光子系統，其經組態以使自該晶圓上之該實質上相同之區域散射之光成像

至一感測器。該感測器回應於該散射光而產生輸出。該集光子系統及該感測器可如本文進一步所述地組態。

該集光光學器件內之一變焦透鏡群組可允許根據所需之檢測速度及/或檢測敏感性使該晶圓上之不同大小之區域成像於一(或多個)相同之感測器上。當需要一相對快速之檢測時(每個小時檢測更多之晶圓)，則該晶圓之一較大區域(例如，2 mm×2 mm)成像於具有一固定大小之一(或多個)感測器上。當需要一較高敏感性(一般意味著較低速度)檢測時，在使一放大元件插入該集光光學器件路徑中或在該路徑中移動之後，使一較小之區域成像於該(該等)感測器上。一般在一檢測期間以及在檢測之前皆可執行速度或敏感性之此變化。同時該照明點之面積增大，以暴露合適之區域。當該照明點區域改變時，該照明點之強度較佳保持相等，但該強度可增加以將檢測敏感性改良至可避免雷射誘發之損壞之程度(先前所述之多光束技術可降低雷射誘發損壞之可能性)。或者，可在該集光光學器件中採用一較小之變焦因數，且使用一較大之經照明區域，且可使用額外感測器來使該晶圓之此較大區域成像，藉此改良檢測速度，同時維持檢測敏感性。

在一實施例中，該集光子系統包含並非完全由繞射限制之一解析度之一散射光收集器。此一實施例可如本文進一步所述地組態。

在一些實施例中，該照明子系統經組態以隨著時間變化改變導引至該晶圓上的該實質上相同之區域之該多個光束，該集光子系統經組態以使自該晶圓上之該多個區域散射之光成像於該感測器上，且該感測器及該照明子系統之一光源經閘控而彼此同步。以此方式，該系統可經組態以在區域模式中進行時域多點檢測。例如，該照明輪廓並不僅如上所述隨著位置變化而變動，而是亦隨著時間變化變動。可由相同之感測器接收來自該晶

圓之不同部分之散射光，且有利的是一起閘控該照明及該感測器(吾人將稱之為時域多點)，以改良生產率、缺陷擷取或降低表面受損之可能性。可藉由以不同之方位角及/或極角入射於該晶圓上之雷射或雷射束產生時間上不同之照明輪廓。時域多點檢測相對於對具有不同光學組態之相同晶圓進行兩次檢測之一顯著優點在於，與檢測每個晶圓關聯之時間總開銷係固定，例如，僅一次採用裝載、卸載、對齊、加速及減速，因此增加總生產率。

在一此類實施例中，該多個光束係以不同之方位角、不同之極角或不同之方位角及不同之極角而導引至該晶圓上的該實質上相同之區域。例如，儘管如上所述，該多個光束可以不同之方位角及相同之極角同時導引至該晶圓上的該實質上相同之區域，該多個光束導引至該晶圓時之方位角及極角二者均可隨時間變動(例如，藉由改變如圖9中所示之該等反射光學元件或如圖12中所示之該多個光源之位置)。

在另一此類實施例中，該照明子系統經組態以改變該多個光束之波長及偏光特性，且隨著時間而導引至該晶圓上的該實質上相同之區域之該多個光束具有彼此不同之波長特性、彼此不同之偏光特性或彼此不同之波長及偏光特性。例如，儘管如上所述，該多個光束可具有相同之波長及偏光特性，可隨時間變化(例如，使用具有時間依賴偏光特性之一或多個偏光器(由於該等偏光器之旋轉))及/或使用具有時間依賴之波長特性之一或多個波長濾光器)變動該多個光束之波長及偏光特性二者。

在一實施例中，該多個光束包含光脈衝，且該散射光包含散射光脈衝，且該感測器相對於該等光脈衝在時間上同步，以僅偵測在預定時間到達之該等散射光脈衝。在一此類實施例中，在預定時間到達之散射光脈衝

包含螢光或光致發光。此等實施例可如本文進一步所述地組態。

該系統進一步包含一電腦子系統，其經組態以使用該感測器之輸出來偵測該晶圓上之缺陷。該電腦子系統可如本文進一步所述地組態。

對於整個表面之散射強度超過所收集之光之散射通道中之一或多者中之預定值之基板，可在檢測之前調整與此等通道關聯之特定感測器之光衰減或光學增益或電子增益，以最大化檢測敏感性或動態範圍。

在一實施例中，該多個光束係脈衝光束，該照明子系統經組態以先將該多個光束之一第一者導引至該晶圓上的該實質上相同之區域，且之後藉由該照明子系統將該多個光束之一第二者導引至該實質上相同之區域，該多個光束之該第一者與該第二者在該晶圓上具有彼此不同之形狀及大小，且該電腦子系統經組態使用回應於歸因於該多個光束之該第一者之照明而來自該實質上相同之區域之散射光的該輸出來判定是否應將該多個光束之該第二者導引至該實質上相同之區域。此一實施例可係有利，因為引導光束(例如，該第一多光束)可用於感測該晶圓上之相當大之顆粒，藉此防止可能由於用該主檢測束(例如，該第二多光束)照射該相當大之顆粒而對該晶圓造成損壞。此外，該引導光束可用於偵測該晶圓上之霧霾是否變得過於濃重，藉此防止可能由於霧霾超過該感測器之臨限值或該感測器之可使用動態範圍之光散射而對該感測器造成損壞。圖11繪示晶圓1102上之一輔助光束照明點1100，其位於由該主檢測束照射之點1104之前方。該輔助光束之相當薄之點之優點在於，並不會大幅度增大光學視野。如圖11中所示，無論自時間角度還是空間角度而言，該兩個光束可在該晶圓上具有迥異之剖面。箭頭1106指示該等點在該晶圓上之前進方向。如本文進一步所述，自該檢測束之該照明區域散射之光可成像於多個感測器上，

且用於該檢測束之照明可為脈衝照明。取決於來自該輔助束之散射光，該電腦子系統可產生一觸發，該觸發係向該光源表明勿要發射將用於該檢測束之一脈衝之一訊號。

可由相同之感測器偵測由於該多個光束之該第一者及該第二者之照明而來自該實質上相同之區域之散射光。然而，可使用不同之感測器偵測由於該多個光束之該第一者及該第二者之照明而來自該實質上相同之區域之散射光。在此情形下，上述之該感測器將用於偵測由於該多個光束之該第二者之照明而來自該實質上相同之區域之該散射光，且另一感測器將用於偵測由於該多個光束之該第一者之照明而來自該實質上相同之區域之該散射光。該另一感測器可如本文進一步所述地組態。

以此方式，該系統之用於檢測之元件(或包含於該系統中之一額外光學子系統)可經組態以偵測相當大之缺陷或在由於其他光散射事件產生之散射光入射至該(該等)區域檢測感測器上之前偵測其他光散射事件。例如，大量之散射光可使一影像感測器呈飽和或損壞該影像感測器或者超過該感測器量化地量測該散射之能力。較佳的是先減小入射強度，此後對一散射區域進行檢測。該系統(或額外之光學子系統)先掃描該晶圓，此後掃描該主檢測點及對應之感測器區域，且若偵測到大量散射光，則一控制訊號減小(例如，消除)入射於該表面之區域上之功率。或者，可在該集光子系統中增加散射光衰減，或者可臨時調整該等感測器或增強型元件之光學增益或電子增益(例如，使用一或多個光電快門)。

在一此類實施例中，該照明子系統包含一Q切換雷射，且若該電腦子系統判定該多個光束之該第二者不應被導引至該實質上相同之區域，則該電腦子系統防止該多個光束之該第二者照射該實質上相同之區域。例如，

如上所述，根據來自該輔助束之散射光，該電腦子系統可產生一觸發，該觸發係向該Q切換雷射表明勿要發射將用於該檢測束之一脈衝之一訊號。然而，該電腦子系統可在不控制該Q切換雷射之情形下防止該多個光束之該第二者照射該實質上相同之區域。例如，該電腦子系統可控制一光學元件，諸如耦合至該Q切換雷射之一相當快速之光電快門，使得該光學元件防止由該Q切換雷射產生之一脈衝照射該實質上相同之區域。此外，上述實施例可與其他脈衝光源(諸如，一CW雷射或一模式鎖定雷射)組合實施。

在另一實施例中，該多個光束係脈衝光束，該照明子系統經組態以先將該多個光束之一第一者導引至該晶圓上的該實質上相同之區域，之後藉由該照明子系統將該多個光束之一第二者導引至該實質上相同之區域，該多個光束之該第一者與該第二者在該晶圓上具有彼此不同之形狀及大小，且該電腦子系統經組態使用回應於歸因於該多個光束之該第一者之照明而來自該實質上相同之區域之散射光的該輸出來判定應被該第二者導引至該實質上相同之區域之該多個光束之該第二者之一功率。該電腦子系統可判定該多個光束之該第二者之該功率為零功率、全功率或該第二光束之某部分功率。例如，若由於該第一光束產生之散射光表明該晶圓上存在一相當大之顆粒，則該電腦子系統可判定該第二光束應以零功率或部分功率導引至該晶圓，以防止該顆粒由於該第二光束之全功率之加熱而碎裂。或者，若由於該第一光束產生之散射光表明該晶圓上不存在相當大之顆粒，則該電腦子系統可判定該第二光束應以全功率導引至該晶圓，以促成偵測相當小之顆粒。此一實施例可如本文所述進一步組態。

在一此類實施例中，該照明子系統包含一Q切換雷射，且該電腦子系

統基於所判定之功率而減弱該Q切換雷射之一功率。例如，可以可促成該電腦子系統控制該雷射之該功率以匹配於由該電腦子系統判定之該功率之任何合適的方式使該電腦子系統耦合至該Q切換雷射。

在一此類實施例中，該電腦子系統可經組態以監測實際上被導引至該實質上相同之區域之該多個光束之該第二者之一功率，以使實際上被導引至該實質上相同之區域之該多個光束之該第二者之該功率正規化。以此方式，可使用軟體及硬體來使脈衝至脈衝雷射能量變動正規化。此一實施例的優點在於，一Q切換雷射之脈衝至脈衝能量變動可能並非甚小。

儘管本文所述之該等系統可藉由減弱導引至該實質上相同之區域之該等光束之該功率而使得該系統之雷射脈衝能量變化正規化，本文所述之該等系統亦可或替代地藉由偵測該等雷射脈衝之能量而使該系統之雷射脈衝能量變化正規化且基於所偵測之能量而使一感測器之增益正規化及/或使用該電腦子系統使該感測器產生之輸出正規化。

在一實施例中，該系統包含一光學元件，其經組態以分割於該集光子系統之一集光NA之不同區段中收集之散射光，該感測器經組態以偵測該等不同區段之一者，且該系統包含另一感測器，其經組態以偵測該等不同區段之另一者。在一此類實施例中，該系統經組態以根據待由該感測器偵測之該等不同區段之一者及待由該另一感測器偵測之該等不同區段之另一者而改變或更換該光學元件。此等實施例可如本文進一步所述且繪示地組態。

在另一實施例中，該系統包含一光學元件，其經組態以分割於該集光子系統之一集光NA之不同區段中收集之散射光，該感測器經組態以使用該感測器之一部分偵測該等不同區段之一者，且使用該感測器之一不同

部分偵測該等不同區段之一另一者，且該感測器之該一部分與該另一部分在該感測器上彼此並不重疊且並不鄰接。此一實施例可如本文進一步描述且繪示地組態。

在一些實施例中，該系統包含一額外感測器，其包含一影像增強器，該集光子系統經組態以使自該晶圓上之該實質上相同之區域散射之光成像於該另一感測器，該另一感測器回應於該散射光而產生額外輸出，且該電腦子系統經組態以使用該額外輸出替代當感測器電子雜訊主導該感測器中之總通道雜訊時之輸出來偵測該晶圓上之缺陷。此一實施例可如本文進一步描述且繪示地組態。

在另一實施例中，該系統包含經組態以進行光子計數之另一感測器，該集光子系統經組態以使自該晶圓上之該實質上相同之區域散射之光成像於該另一感測器，該另一感測器回應於該散射光而產生額外輸出，且該電腦子系統經組態以使用該額外輸出來偵測該晶圓上之缺陷。此一實施例可如本文進一步描述且繪示地組態。

在一實施例中，該系統包含一基於MEMS之光學切換裝置，其係定位於該集光子系統與該感測器之間。在一此類實施例中，該系統包含至少一個額外感測器，該多個光束包含光脈衝，該散射光包含散射光脈衝，且該光學切換裝置經組態以將由一第一組光脈衝產生之該等散射光脈衝之一第一者導引至該感測器且將由繼該第一組光脈衝後之一第二組光脈衝產生之該等散射光脈衝之一第二者導引至該至少另一感測器。在另一此類實施例中，該多個光束包含光脈衝，該散射光包含散射光脈衝，該光學切換裝置經組態以分割於該集光子系統之一集光NA之不同區段中收集之散射光脈衝，且該光學切換裝置經組態將由該第一組光脈衝產生之該散射光脈衝

之該等不同區段之僅一者導引至該感測器且接著將由繼該第一組光脈衝後之一第二組光脈衝產生之該散射光脈衝之該等不同區域之僅另一者導引至該感測器。此等實施例可如本文進一步所述及繪示而組態。

在一實施例中，該多個光束包含光脈衝，該散射光包含散射光脈衝，該掃描子系統經組態以藉由旋轉該晶圓而使該等光脈衝跨該晶圓進行掃描，且當使該等光脈衝跨該晶圓之一中心區域進行掃描時，該照明子系統經進一步組態以使將該等光脈衝導引至該晶圓上之該實質上相同區域的頻繁度少於當使該等光脈衝跨該晶圓在該中心區域之外側進行掃描時的頻繁度。此一實施例可如本文進一步所述組態。

在另一實施例中，該多個光束包含光脈衝，該散射光包含散射光脈衝，該掃描子系統經組態以藉由旋轉及平移該晶圓而使該等光脈衝跨該晶圓進行掃描，該感測器包含一區域感測器，當使該等光脈衝跨該晶圓之一中心區域進行掃描時，該掃描子系統使該等光脈衝以一或多個非彎曲線條跨該晶圓進行掃描，且當使該等光脈衝跨該晶圓在該中心區域之外側進行掃描時，該掃描子系統使該等光脈衝以一螺旋樣式跨該晶圓進行掃描。可如本文將進一步描述此一實施例之組態。

上述之該系統之該等實施例之各者可進一步如本文所述而組態。

另一實施例係關於一種經組態以檢測一晶圓之系統。此系統包含一照明子系統，其經組態以使由該照明子系統將多個脈衝光束之一第一者導引至一晶圓上之一區域在時間上早於將該多個脈衝光束之一第二者導引至該區域。該多個脈衝光束之該第一者與該第二者在該晶圓上具有彼此不同之形狀及大小。該多個脈衝光束之該第一者與該第二者具有彼此不同之波長、彼此不同之偏光或彼此不同及波長及偏光。此照明子系統可如本文進

一步所述及繪示而組態。

該系統亦包含經組態以使該多個脈衝光束跨該晶圓進行掃描之一掃描子系統。本文將進一步描述且繪示此掃描子系統之此組態方式。此外，該系統包含經組態以將自該晶圓上之該區域散射之光成像至一或多個感測器之一集光子系統。該一或多個感測器回應於散射光而產生輸出。本文將進一步描述且繪示該集光子系統及該一或多個感測器之組態。

該系統進一步包含一電腦子系統，其經組態以使用該一或多個感測器之該輸出來偵測該晶圓上之缺陷，且使用回應於歸因於該多個脈衝光束之該第一者之照明而來自該區域之散射光的該輸出來判定應被導引至該區域之該多個脈衝光束之該第二者之一功率。本文將進一步描述且繪示該電腦子系統之組態。

在一實施例中，該照明子系統包含一Q切換雷射，且該電腦子系統基於所判定之功率而減弱該Q切換雷射之一功率。在另一實施例中，該照明子系統包含一Q切換雷射，且若經判定功率為零，則該電腦子系統防止該Q切換雷射產生該多個脈衝光束之將照射該區域之該第二者。在一額外實施例中，該電腦子系統經組態以監測實際上導引至該區域之該多個脈衝光束之該第二者之一功率且基於導引至該區域之該功率改變該系統之一或多個參數，以使實際上導引至該區域之該多個脈衝光束之該第二者之該功率正規化。本文將進一步描述此等實施例之組態。

本文將進一步描述上述實施例之各者之組態。

一進一步實施例係關於經組態檢測一晶圓之另一系統。此系統包含經組態以將光脈衝導引至一晶圓上之一區域之一照明子系統。本文將進一步描述且繪示該照明子系統之組態。

在一實施例中，該照明子系統包含一頻率轉換雷射，導引至該晶圓上之該區域之該等光脈衝在該等光脈衝之持續時間內在空間上並不變動且在該等光脈衝之持續時間內具有實質上恆定之強度，且該等光脈衝以區域照明模式照射該晶圓上之該區域。在一此類實施例中，該照明子系統包含耦合至該雷射之一光束塑形光學元件。在另一實施例中，該照明子系統包含一頻率轉換雷射，導引至該晶圓上之該區域之該等光脈衝在該等光脈衝之持續時間內具有實質上恆定之強度且該等光脈衝以區域照明模式照射該晶圓上之該區域。本文將進一步描述且繪示此等實施例之組態。

該系統亦包含經組態以使該等光脈衝跨該晶圓進行掃描之一掃描子系統。本文將進一步描述且繪示該掃描子系統之組態。

在一實施例中，該掃描子系統經組態以藉由旋轉該晶圓而使該等光脈衝跨該晶圓進行掃描，且當使該等光脈衝跨該晶圓之一中心區域進行掃描時，該照明子系統經組態以使將該等光脈衝導引至該晶圓上之該區域的頻繁度少於當使該等光脈衝跨該晶圓在該中心區域之外側進行掃描時的頻繁度。本文將進一步描述此一實施例之組態。

在另一實施例中，該掃描子系統經組態以藉由旋轉及平移該晶圓而使該等光脈衝跨該晶圓進行掃描，該感測器包含一區域感測器，當使該等光脈衝跨該晶圓之一中心區域進行掃描時，該掃描子系統使該等光脈衝以一或多個非彎曲線條跨該晶圓進行掃描，而當使該等光脈衝跨該晶圓在該中心區域之外側進行掃描時，該掃描子系統使該等光脈衝以一螺旋樣式跨該晶圓進行掃描。本文將進一步描述此一實施例之組態。

一般可接受1 KHz及更高之雷射重複率。相當高之重複率或一旋轉區域檢測系統上之CW雷射之一明顯缺點在於，在一單一感測器獲得循環期

間，需要高得不合需要之資料率來避免使影像模糊。但，較低之重複率可增加損壞晶圓之可能性。一些晶圓(例如，包含有機膜之晶圓)較易受損。對於入射至一晶圓上之相同平均雷射強度，若忽略非線性加熱效應，則一較低之重複率將比一較高之重複率容易使晶圓損壞。對於一相當低之重複率，可在一較大區域上擴散該雷射照明之強度，因此減小損壞之可能性，但光學器件視野(且可能之感測器大小)要求將增加且會大幅度增加該系統之成本。對於每訊框一個雷射脈衝，最大之雷射重複率亦可由最大之感測器訊框率限制。然而，可藉由減小該感測器上之有效像素或元件數目而潛在地減小該感測器訊框率。

為了避免表面損壞，同時改良敏感性，可在該晶圓上之每個區域上使用多個雷射脈衝。該樣品仍舊連續地移動，但隨繼之光源脈衝之間之暴露區域將發生相當大程度之重疊。在此情形下，可增加感測器速度(訊框率)，以維持檢測生產量。可自該感測器讀取由各個個別雷射脈衝產生之散射訊號，且在繼感測器之後之硬體或軟體中進行對齊、重疊及處理。

或者，該系統包含經組態以使自該晶圓上之該區域散射之光脈衝成像至一感測器之一集光子系統。該感測器經組態以整合若干散射光脈衝，該等散射光脈衝之數目小於可成像於該感測器之整個區域上之散射光脈衝之數目。以此方式，可以部分TDI模式/部分CCD模式運作該感測器。例如，可以TDI模式運作一感測器，以有效地對一或兩個(或另一合適數目之)脈衝進行光學整合。在一些實施例中，由該感測器整合之該若干脈衝係一個散射光脈衝，且該感測器在一散射光脈衝之持續時間內整合且接著回應於一散射光脈衝轉移任何電荷離開該感測器。對於小數目個脈衝，操作一 r -theta檢測系統之一矩形感測器之「模糊效應」可能有限。例如，可

整合之像素之數目可僅為2或3個像素，此可藉由限制經整合之像素之數目而達成，此不同於正常情形下使用感測器(例如，通常整合在整個感測器上之像素)進行整合之方式。該感測器經組態以回應於該等經整合之散射光脈衝而產生輸出。本文將進一步描述且繪示該集光子系統及該感測器之組態。可如Chaug等人於2011年12月12日申請之美國專利申請案序號第61/569,611號所述組態此一實施例，該申請案之全文係以引用之方式併入本文中。

在一實施例中，該集光子系統包含具有並非完全由繞射限制之一解析度之一散射光收集器。本文將描述此一實施例之進一步組態。

在一實施例中，該掃描子系統經組態以藉由同時旋轉且平移該晶圓而使該等光脈衝跨該晶圓進行掃描，且該感測器包含一矩形像素陣列。例如，如圖14中所示。感測器1400可包含像素1402之一矩形陣列。

在另一實施例中，該集光子系統包含經組態以將該等散射光脈衝之一者中之所有散射光成像至該感測器之僅一像素之一或多個歪像光學元件。例如，可改變包含於該集光子系統中之該等光學器件之歪像比率，以將所有的光收集於一個像素上。解決雷射脈衝由於該脈衝之持續時間而跨若干像素延伸之問題之另一途徑在於，用一放大光學器件來放大該點之模糊影像，使得最終該影像在該感測器上呈圓形而非橢圓形。光軸之一者將與另一光軸具有一不同之放大率。撇開持續時間有限之雷射脈衝之問題，此等歪像光學組態亦可用於匹配採用具有不同縱橫比、解析度及/或大小之光學感測器之通道。

在另一實施例中，該感測器在一散射光脈衝之持續時間內進行單向整合且接著回應於該散射光脈衝而雙向地轉移任何電荷離開該感測器。例

如，如圖14中所示，該感測器可在由箭頭1404繪示之一方向上進行單向整合且接著如箭頭1406所示雙向地轉移任何電荷。如圖14中進一步所示，該整合方向可垂直於電荷轉移之方向。以此方式，該感測器可在該脈衝期間進行整合，接著逆轉該感測器上電荷轉移方向。此外，該感測器可為一CCD，且許多CCD讓電荷可轉移離開該等CCD之兩個側，因此有效地使資料率增加一倍。然而，該雷射點僅向該感測器之該等側之一者發生模糊。因此，若進行單向整合，一旦該雷射脈衝完成，則停止整合，且接著使電荷雙向地轉移離開，則可獲得最大之資料率/生產率優點，同時仍能對所有的光進行光學整合。

在一些實施例中，該感測器包含一影像增強器及一區域感測器，且該感測器在該一散射脈衝光持續期間內進行整合且直到對應於該散射光脈衝之該影像增強器之所有磷光體能量已完全衰減。在此等實施例中，該感測器可為一TDI感測器、一CCD或一CMOS感測器。例如，若一感測器正在偵測一影像增強器之輸出，則該影像增強器包含需要相當長時間衰減之一磷光體(例如，電視)。吾人可在收集所有此磷光體能量所需之時間內整合一感測器之該等像素，接著開始轉移電荷(對於一CCD之情況)或者讀出該像素電壓(對於一CMOS之情況)。顯而易見，此將造成由於需要等待該磷光體衰減而損及生產量，但至少所有之能量將被收集於小數目個像素中。本文將描述且繪示此一實施例之進一步組態。

在一實施例中，該感測器相對於該等光脈衝在時間上係同步，以僅偵測在預定時間到達之散射光脈衝。在一此類實施例中，在預定時間到達之該等散射光脈衝包含螢光或光致發光。本文將描述且繪示此等實施例之進一步組態。

該系統進一步包含經組態以使用由該感測器產生之該輸出來偵測該晶圓之缺陷之一電腦子系統。本文將描述且繪示該電腦子系統之進一步組態。

在一實施例中，該系統包含經組態用於分割於該集光子系統之一集光NA之不同區段中收集之該等散射光脈衝之一光學元件，該感測器經組態以偵測該等不同區段之一者，且該系統包含經組態以偵測該等不同區段之另一者之另一感測器。在一此類實施例中，該系統經組態以根據待由該感測器偵測之該等不同區段之一者及待由該另一感測器偵測之該等不同之區段之另一者而改變或更換該光學元件。本文將描述且繪示此等實施例之進一步組態。

在一實施例中，該系統包含經組態用於分割於該集光子系統之一集光NA之不同區段中收集之該等散射光脈衝之一光學元件，該感測器經組態以使用該感測器之一部分偵測該等不同區段之一者且使用該感測器之一不同部分偵測該等不同區段之另一者，且該感測器之該一部分與該另一部分在該感測器上彼此並不重疊且並不鄰接。本文將描述且繪示此一實施例之進一步組態。

在一些實施例中，該系統包含一額外感測器，其包含一影像增強器，該集光子系統經組態以使自該晶圓上之該區域散射之光脈衝成像至該額外感測器，該額外感測器回應於該等散射光脈衝而產生額外輸出，且該電腦子系統經組態以使用該額外輸出替代當感測器電子雜訊主導該感測器中之總通道雜訊時之輸出來偵測該晶圓上之缺陷。本文將描述且繪示此一實施例之進一步組態。

在一實施例中，該系統包含經組態以進行光子計數一額外感測器，

該集光子系統經組態以使自該晶圓上之該區域散射之該等光脈衝成像至該額外感測器，該額外感測器回應於該等散射光脈衝而產生額外輸出，且該電腦子系統經組態以使用該額外輸出來偵測該晶圓上之缺陷。本文將描述且繪示此一實施例之進一步組態。

在一些實施例中，該系統包含一基於MEMS之光學切換裝置，其係定位於該集光子系統與該感測器之間。在一此類實施例中，該系統包含至少一個額外感測器，該光學切換裝置經組態以將由該等光脈衝之一第一者產生之該等散射光脈衝之一第一者導引至該感測器且將由繼該等光脈衝之該第一者後之該等光脈衝之一第二者產生之該等散射光脈衝之一第二者導引至該至少一個額外感測器。在另一此類實施例中，該光學切換裝置經組態以分離於該集光子系統之一集光NA之不同區段中收集之散射光脈衝，且該光學切換裝置經組態將由該等光脈衝之一第一者產生之該等散射光之不同區段之僅一者導引至該感測器且將由繼該等光脈衝之該第一者後之該等光脈衝之一第二者產生之該等散射光之不同區段之僅另一者導引至該感測器。本文將進一步描述且繪示此等實施例之組態。

本文將描述上述實施例之各者之進一步組態。

另一實施例係關於一種經組態以檢測一晶圓之系統。此系統包含經組態以將光導引至一晶圓上之一區域之一照明子系統。本發明將進一步描述且繪示此照明子系統之組態。該系統亦包含經組態以使該光跨該晶圓進行掃描之一掃描子系統。本發明將進一步描述且繪示此掃描子系統之組態。此外，該系統包含經組態以將自該晶圓上之該區域散射之光導引至一感測器之一集光子系統。該感測器經組態以回應於該散射光而產生輸出。本文將描述且繪示該集光子系統及該感測器之組態。

該系統進一步包含一電腦子系統，其經組態以使用由該感測器產生之輸出來偵測該晶圓上之點缺陷，以判定該等點缺陷以像素計之大小、基於該等點缺陷之大小判定該系統之一聚焦狀況，且基於該聚焦狀況改變該系統之一或多個參數。以此方式，該系統可藉由查看缺陷之點擴散函數而執行自動對焦。換言之，用於判定該晶圓之高度之一潛在可行之方法係查看由實際檢測程序偵測之點缺陷之以像素計之大小。因此，本文所述之該等實施例可針對用一檢測演算法測量聚焦狀況而組態。明確而言，由於在一非圖案化檢測系統上偵測之許多缺陷將為一實質上很小之背景之上之點缺陷，因此偵測此等缺陷(成像於一個2D感測器)之演算法之特徵亦在於此等缺陷之大小。若該等缺陷大於由該系統校準指明之大小，則此可對應於一散焦狀況。例如，如圖15中所示，成像於二維感測器1502上之缺陷1500在該系統係對焦時具有一大小，且成像於該相同二維感測器1502上之缺陷1504將在該系統係散焦時具有一不同(例如，較大)大小。此等實施例可使得無需一不同之自動對焦感測器系統或者一現有之自動對焦系統可製作得更簡單。

由該電腦子系統改變之該系統之該一或多個參數可包含該檢測照明之位置；照明光學器件、集光光學器件之位置；晶圓高度；晶圓之傾斜；卡盤之傾斜或該檢測系統內之溫度及/或壓力。可使用一前饋技術改變該一或多個參數。該系統之聚焦之深度可取決於如上所述之存在於該集光光學器件中介於該晶圓與該(該等)感測器之間之孔徑及/或偏光器，且該系統操作可以為了最佳化對不同類型之晶圓之檢測之此等多種檢測模式為考量而組態。

最有利的是在一非圖案化檢測應用中完成基於點缺陷之大小判定該

晶圓之高度。在一圖案化晶圓檢測應用中，該晶圓上具有可將光散射至該感測器上之許多不同之結構。此等結構之各者可小於或大於該成像透鏡點擴散函數。難以判定任一特定感測器訊框中之哪個或哪些光圖案將提供合適之自動對焦誤差訊號。另一方面，在一非圖案化檢測應用中，許多缺陷係點缺陷，且大小遠遠小於該成像系統點擴散函數(其可為大約250 nm至約300 nm)，且因此，所有的缺陷將出現在該感測器上而接近該點擴散函數之精確大小。在此情形下，可輕易計算偏差。

在一實施例中，該電腦子系統經組態以在對該晶圓執行一檢測程序期間判定該聚焦狀況且改變該一或多個參數。以此方式，該電腦子系統可將該焦點控制在原位且因此在該檢測程序期間保持該晶圓對焦。可以任何合適之方式組態該電腦子系統來執行原位控制。

在另一實施例中，該系統包含一額外子系統，其經組態先在由該照明子系統將該光導引至該區域之前將其他光導引至該晶圓上之一額外區域，該額外子系統包含經組態以偵測自該額外的區域散射之光之一額外感測器，且該電腦子系統經組態以基於自該額外之區域散射之經偵測光改變由該照明子系統導引至該區域之光之一功率。可如圖11所示組態該區域及該額外之區域，但在此實施例中，該區域與該額外之區域並不具有不同之形狀及大小。此外，可以類似於圖12中所示之一方式配置該額外子系統，其中光源1200、1202及1204之一者係用作該額外子系統之光源且感測器130及502之一者係用作該額外子系統之感測器。以此方式，該額外子系統及該主檢測子系統二者可使用某些相同之光學元件，諸如折射光學元件912及散射光收集器122。該額外子系統可包含任何其他合適之光學元件。本文將進一步描述該電腦子系統在此實施例中之組態，以改變藉由

該照明子系統導引至該區域之該光之該功率。

在一些實施例中，該集光子系統經組態以將該自該晶圓上之區域散射之光導引至一或多個額外感測器，該一或多個額外感測器經組態以回應於該散射光而產生輸出，該感測器及該一或多個額外感測器之各者經組態以偵測於該集光子系統之一集光NA之不同區段中收集之散射光，且該電腦子系統經組態以使用由該一或多個額外感測器產生之該輸出來偵測該晶圓上之點缺陷、使用不同輸出(分別由該一或多個額外感測器針對該等點缺陷之至少一者產生)針對該等點缺陷之至少一者判定以像素計之不同大小、基於該大小及該等不同大小判定針對該等點缺陷之該至少一者之一加權大小、基於該加權大小判定該系統之該聚焦狀況且基於該聚焦狀況改變該系統之該一或多個參數。例如，可藉由多個通道對該點擴散函數進行加權(各個通道產生一稍微不同之點擴散函數，因為各個通道收集該散射半球體之一不同部分)以獲得一更好之回饋訊號。本文將描述此集光子系統、(一或多個)額外感測器及電腦子系統之進一步組態。

在另一實施例中，該集光子系統經組態以使自該晶圓上之不同點缺陷散射之該光成像於該感測器之不同部分上，且該電腦子系統經組態以基於不同點缺陷之大小及自該等不同點缺陷散射之光成像於該感測器之那些不同區域之大小之間之一關係來判定該晶圓是否且如何傾斜。例如，可基於跨該感測器之回應來傾斜該握持卡盤而即時地校正該晶圓之傾斜(例如，針對該感測器之一邊緣處之一缺陷之一點擴散函數對針對該感測器之中點處之另一缺陷之一點擴散函數可指示該晶圓並非水平且因此應傾斜該晶圓)。

本文將描述上述之該等實施例之各者之進一步組態。

一額外實施例係關於一種經組態以檢測一晶圓之系統。該系統包含經組態以將光導引至一晶圓上之一區域之一照明子系統。該光以區域照明模式照射該晶圓上之該區域。本文將進一步描述且繪示此照明子系統之組態。

在一實施例中，該照明子系統包含一頻率轉換雷射，該光包含光脈衝，且導引至該晶圓上之該區域之該等光脈衝在該等光脈衝之持續時間內在空間上並不變動且在該等光脈衝持續時間內具有實質上恆定之強度。在一此類實施例中，該照明子系統包含耦合至該雷射之一光束塑形光學元件。本文將描述且繪示此等實施例之進一步組態。在一些實施例中，該照明子系統包含一頻率轉換雷射，該光包含光脈衝，且導引至該晶圓上之該區域之該等光脈衝在該等光脈衝之持續期間內具有實質上恆定之強度。本文將進一步描述此一實施例之組態。

該系統亦包含經組態以使該光跨該晶圓進行掃描之一掃描子系統。本文將進一步描述且繪示此掃描子系統之組態。

在一實施例中，該光包含光脈衝，該等散射光包含散射光脈衝，該掃描子系統經組態以藉由旋轉該晶圓而使該等光脈衝跨該晶圓進行掃描，且當使該等光脈衝跨該晶圓之一中心區域進行掃描時，該照明子系統經組態以使將該等光脈衝導引至該晶圓上之該區域的頻繁度少於當使該等光脈衝跨該晶圓在該中心區域之外側進行掃描時的頻繁度。在另一實施例中，該光包含光脈衝，該散射光包含散射光脈衝，該掃描子系統經組態以藉由旋轉及平移該晶圓而使該等光脈衝跨該晶圓進行掃描，該感測器包含一區域感測器，當使該等光脈衝跨該晶圓之一中心區域進行掃描時，該掃描子系統使該等光脈衝以一或多個非彎曲線條跨該晶圓進行掃描，而當使該等

光脈衝跨該晶圓在該中心區域之外側進行掃描時，該掃描子系統使該等光脈衝以一螺旋樣式跨該晶圓進行掃描。本文將描述且繪示此等實施例之進一步組態。

此外，該系統包含經組態以使自該晶圓上之該區域散射之光成像於一感測器之一集光子系統。該感測器經組態以回應於該散射光而產生光輸出。本文將進一步描述此集光子系統及該感測器之組態。

在一實施例中，該光包含光脈衝，該散射光包含散射光脈衝，且該感測器相對於該等光脈衝在時間上同步，以僅偵測在預定時刻到達之該等散射光脈衝。在一此類實施例中，在預定時刻到達之該等散射光脈衝包含螢光或光致發光。本文將描述此等實施例之進一步組態。

該系統亦包含經組態以使用由該感測器產生之該輸出來偵測該晶圓上之缺陷之一電腦子系統。本文將進一步描述且繪示該電腦子系統之組態。

在一實施例中，該系統包含一額外感測器，其包含一影像增強器，該集光子系統經組態以使自該晶圓上之該區域散射之光脈衝成像至該額外感測器，該額外感測器回應於該等散射光脈衝而產生額外輸出，且該電腦子系統經組態以使用該額外輸出替代當感測器電子雜訊主導該感測器中之總通道雜訊時之輸出來偵測該晶圓上之缺陷。本文將描述且繪示此一實施例之進一步組態。

在另一實施例中，該系統包含經組態以進行光子計數之一額外感測器，該集光子系統經組態以使自該晶圓上之該區域散射之該光成像至該額外感測器，該額外感測器回應於該散射光而產生額外輸出，且該電腦子系統經組態以使用該額外輸出來偵測該晶圓上之缺陷。本文將描述且繪示此

一實施例之進一步組態。

在一些實施例中，該系統包含一基於MEMS之光學切換裝置，其係定位於該集光子系統與該感測器之間。在一此類實施例中，該系統包含至少一個額外感測器，該光包含光脈衝，該散射光包含散射光脈衝，且該光學切換裝置經組態以將由該等光脈衝之一第一者產生之該等散射光脈衝之一第一者導引至該感測器且將由繼該等光脈衝之該第一者後之該等光脈衝之一第二者產生之該等散射光之一第二者導引至該至少一個額外感測器。在另一此類實施例中，該光包含光脈衝，該散射光包含散射光脈衝，該光學切換裝置經組態以分離於該集光子系統之一集光NA之不同區段中收集之散射光脈衝，且該光學切換裝置經組態僅將由該等光脈衝之一第一者產生之該等散射光脈衝之不同區段之一第一者導引至該感測器且將由繼該等光脈衝之該第一者後之該等光脈衝之一第二者產生之該等散射光脈衝之不同區段之僅另一者導引至該感測器。本文將描述且繪示此等實施例之進一步組態。

本文將描述上述實施例之各者之進一步組態。

本文所述之該等系統之任一者可包含經設計以獨立於或結合上述之該等主檢測光學通道而偵測缺陷之額外之通道及/或子系統(圖中未繪示)。此一額外通道之一實例係諾馬斯基(Nomarski)差分干涉對比(DIC)「亮視野(bright field)」通道。

本文所述之任何檢測系統之任何通道產生關於所關注之表面品質以及缺陷之資訊。可藉由多種邏輯方式及/或用多種數學操作組合來自多個通道之輸出，例如，於2010年7月29日公告頒與Chen等人之美國專利申請公告案第2010/0188657號及於2012年2月23日公告頒與Chen等人之美國

專利申請公告案第2012/0044486號中所述，該等專利申請案係之全文以引用之方式併入本文中。有時此被稱為影像或通道融合且可有利地改良異常擷取率且同時減小錯誤計數率。

本文所述之實施例可進一步如頒與Guetta之美國專利第7,286,697號、頒與Korngut等人之第7,339,661號、頒與Furman等人之第7,525,659號、頒與Furman等人之7,826,049號及頒與Furman之第7,843,558號組態，該等專利均以引用之方式全文併入本文中。

熟悉此項技術者鑑於此描述可不難理解本發明之多個態樣之進一步修改及替代性實施例。例如，已提供經組態以檢測一晶圓之系統。因此，本文之描述應僅被解讀為闡釋性且為了教示熟悉此項技術者關於實施本發明之一般方式。應理解，本文繪示且所述之本發明之形式應被視為當前較佳之實施例。熟悉此項技術者在瞭解本發明之此描述之益處之後，可使用元件及材料替代本文所繪示及描述之元件及材料，可顛倒部件及程序，且可獨立地使用本發明之某些特徵。在不脫離下文申請專利範圍所述之本發明之精神及範圍之基礎上，可對本文所述之元件做出變化。

【符號說明】

100	光源
110	光學元件
112	光束
114	晶圓
116	卡盤
118	軸桿
120	子系統

122	散射光收集器
124	折射光學元件
126	散射光
128	散射光
130	感測器
132	感測器
134	間隙
136	電腦子系統
200	照明區域
202	晶圓
204	箭頭
300	光源
302	光源
304	光源
306	光束
400	光學元件
402	透射部分
402a	第一側
402b	第二側
402c	第三側
404	透射部分
406	反射部分
408	感測器

410	折射光學元件
500	光學元件
502	感測器
504	影像增強器
506	折射光學元件
600	光束塑形光學元件
700	中心區域
702	中心
704	邊緣
800	區域
802	螺旋樣式
804	線性樣式
806	徑向樣式
900	光源
902	分束器
904	光束
906	分束器
908	光束
910	反射光學元件
911	光束
912	折射光學元件
914	反射光學元件
916	反射光學元件

1000	區域
1002	橫向尺寸
1100	點
1102	晶圓
1104	點
1106	箭頭
1200	光源
1202	光源
1204	光源
1206	光束
1208	光束
1210	光束
1300	光束
1302	折射光學元件
1304	光
1306	反射光學元件
1308	光束塑形光學元件
1310	反射光學元件
1312	光束
1314	光
1316	光束
1400	感測器
1402	像素

1404	箭頭
1406	箭頭
1500	缺陷
1502	二維感測器
1504	缺陷

【發明申請專利範圍】

【第1項】

一種經組態以檢測一晶圓之系統，其包括：

一照明子系統，其經組態以導引光脈衝至一晶圓上之一區域；

一掃描子系統，其經組態以使該等光脈衝跨該晶圓進行掃描；

一集光子系統，其經組態以將自該晶圓上之該區域散射之光脈衝成像於一感測器，其中該感測器經組態以整合一數目之該等散射之光脈衝，該數目小於可成像於該感測器之整個區域上之該等散射之光脈衝之數目，且其中該感測器經組態以回應於經整合之該等散射之光脈衝而產生輸出；

一電腦子系統，其經組態以使用該感測器產生之該輸出來偵測該晶圓上之缺陷。

【第2項】

如請求項1之系統，其中該掃描子系統進一步經組態以藉由同時旋轉或平移該晶圓以使該等光脈衝跨該晶圓進行掃描，且其中該感測器包括一矩形像素陣列。

【第3項】

如請求項1之系統，其中藉由該感測器整合之該等脈衝之該數目係一個散射之光脈衝，且其中該感測器在該一個散射之光脈衝之持續期間內進行整合並接著回應於該一個散射之光脈衝轉移任何電荷離開該感測器。

【第4項】

如請求項1之系統，其中該集光子系統包括一或多個歪像光學元件，其經組態以將該等散射之光脈衝中之一者之所有散射光成像至該感測器之

僅一像素。

【第5項】

如請求項1之系統，其中該感測器在一散射之光脈衝之持續時間內進行單向整合且接著回應於該散射之光脈衝而雙向地轉移任何電荷離開該感測器。

【第6項】

如請求項1之系統，其中該感測器包括一影像增強器及一區域感測器，且其中該感測器在一散射之光脈衝之持續期間內進行整合並直至對應於該散射之光脈衝之該影像增強器之所有磷光體能量已完全衰減。

【第7項】

如請求項1之系統，其進一步包括一光學元件，其經組態以分割於該集光子系統之一集光數值孔徑之不同區段中收集之該等散射之光脈衝，其中該感測器進一步經組態以偵測該等不同區段之一者，且其中該系統進一步包括另一偵測器，其經組態以偵測該等不同區段之另一者。

【第8項】

如請求項7之系統，其中該系統進一步經組態以根據待藉由該感測器偵測之該等不同區段之該一者及待由該另一感測器偵測之該等不同區段之該另一者而改變或更換該光學元件。

【第9項】

如請求項1之系統，其進一步包括一光學元件，其經組態以分割於該集光子系統之一集光數值孔徑之不同區段中收集之該等散射之光脈衝，其中該感測器進一步經組態以使用該感測器之一部分偵測該等不同區段之一者並使用該感測器之一不同部分偵測該等不同區段之另一者，且其中該感

測器之該部分及該不同部分並未彼此重疊且在該感測器上並不鄰接。

【第10項】

如請求項1之系統，其中該集光子系統包括並非完全由繞射限制之一解析度之一散射光收集器。

【第11項】

如請求項1之系統，其進一步包括一額外感測器，該額外感測器包括一影像增強器，其中該集光子系統進一步經組態以使自該晶圓上之該區域散射之該等光脈衝成像至該額外感測器，其中該額外感測器回應於該等散射之光脈衝而產生額外輸出，且其中該電子系統進一步經組態以使用該額外輸出而非當感測器電子雜訊主導該測器中之總通道雜訊時之輸出來偵測該晶圓上之該等缺陷。

【第12項】

如請求項1之系統，其進一步包括經組態用於光子計數之一額外感測器，其中該集光子系統進一步經組態以將自該晶圓上之該區域散射之該等光脈衝成像至該額外感測器，其中該額外感測器回應於該等散射之光脈衝而產生額外輸出，且其中該電子系統進一步經組態以使用該額外輸出來偵測該晶圓上之該等缺陷。

【第13項】

如請求項1之系統，其中該照明子系統包括一頻率轉換雷射，且其中導引至該晶圓上之該區域之該等光脈衝在該等光脈衝之持續期間內在空間上並不變動且在該等光脈衝之持續期間內具有實質上恆定之強度。

【第14項】

如請求項13之系統，其中該照明子系統進一步包括耦合至該雷射之

一光束塑形光學元件。

【第15項】

如請求項1之系統，其中該照明子系統包括一頻率轉換雷射，且其中導引至該晶圓上之該區域之該等光脈衝在該等光脈衝之持續期間內具有實質上恆定之強度。

【第16項】

如請求項1之系統，其進一步包括基於微機電系統之一光學切換裝置，其定位於該集光子系統與該感測器之間。

【第17項】

如請求項16之系統，其進一步包括至少一額外感測器，其中該光學切換裝置經組態以將由該等光脈衝之一第一者產生之該等散射之光脈衝之一第一者導引至該感測器及將由繼該等光脈衝之該第一者後之該等光脈衝之一第二者產生之該等散射之光脈衝之一第二者導引至該至少一額外感測器。

【第18項】

如請求項16之系統，其中該光學切換裝置進一步經組態以分割於該集光子系統之一集光數值孔徑之不同區段中收集之該等散射之光脈衝，且其中該光學切換裝置進一步經組態將由該等光脈衝之該第一者產生之該等散射之光之該等不同區段之僅一者導引至該感測器且接著將由繼該等光脈衝之該第一者後之該等光脈衝之一第二者產生之該等散射之光之該等不同區段之僅另一者導引至該感測器。

【第19項】

如請求項1之系統，其中該感測器相對於該等光脈衝在時間上同步，

以僅偵測在預定時刻到達之該等散射之光脈衝。

【第20項】

如請求項19之系統，其中在預定時刻到達之該等散射之光脈衝包含螢光或光致發光。

【第21項】

如請求項1之系統，其中該掃描子系統進一步經組態以藉由旋轉該晶圓使該等光脈衝跨該晶圓進行掃描，且其中當該等光脈衝跨該晶圓之一中心區域進行掃描時，該照明子系統進一步經組態以使將該等光脈衝導引至該晶圓上之該區域的頻繁度少於當該等光脈衝跨該晶圓之中心區域之外側進行掃描時的頻繁度。

【第22項】

如請求項1之系統，其中該掃描子系統進一步經組態以藉由旋轉及平移該晶圓使該等光脈衝跨該晶圓進行掃描，其中該感測器包括一區域感測器，其中當使該等光脈衝跨該晶圓之一中心區域進行掃描時，該掃描子系統使該等光脈衝以一或多個非彎曲線條跨該晶圓進行掃描，而其中當使該等光脈衝跨該晶圓在該中心區域之外側進行掃描時，該掃描子系統使該等光脈衝以一螺旋樣式跨該晶圓進行掃描。

【第23項】

一種經組態以檢測一晶圓之系統，其包括：

一照明子系統，其經組態以導引光至一晶圓上之一區域；

一掃描子系統，其經組態以使該光跨該晶圓進行掃描；

一集光子系統，其經組態以將自該晶圓上之該區域散射之光成像於一感測器，其中該感測器經組態以回應於該經散射之光而產生輸

出；

一電腦子系統，其經組態以使用藉由該感測器產生之該輸出來偵測該晶圓上之點缺陷、判定該等點缺陷之以像素計之大小、基於該等點缺陷之該大小判定該系統之一聚焦狀況、及基於該聚焦狀況改變該系統之一或多個參數。

【第24項】

如請求項23之系統，其中該電腦子系統進一步經組態以在對該晶圓執行一檢測程序期間判定該聚焦狀況且改變該一或多個參數。

【第25項】

如請求項23之系統，其進一步包括一額外子系統，其經組態先在由該照明子系統將光導引至該區域之前將其他光導引至該晶圓上之一額外區域，其中該額外子系統包括經組態以偵測自該額外區域散射之光之一額外感測器，且其中該電腦子系統進一步經組態以基於自該額外區域散射之經偵測之光改變由該照明子系統導引至該區域之光之一功率。

【第26項】

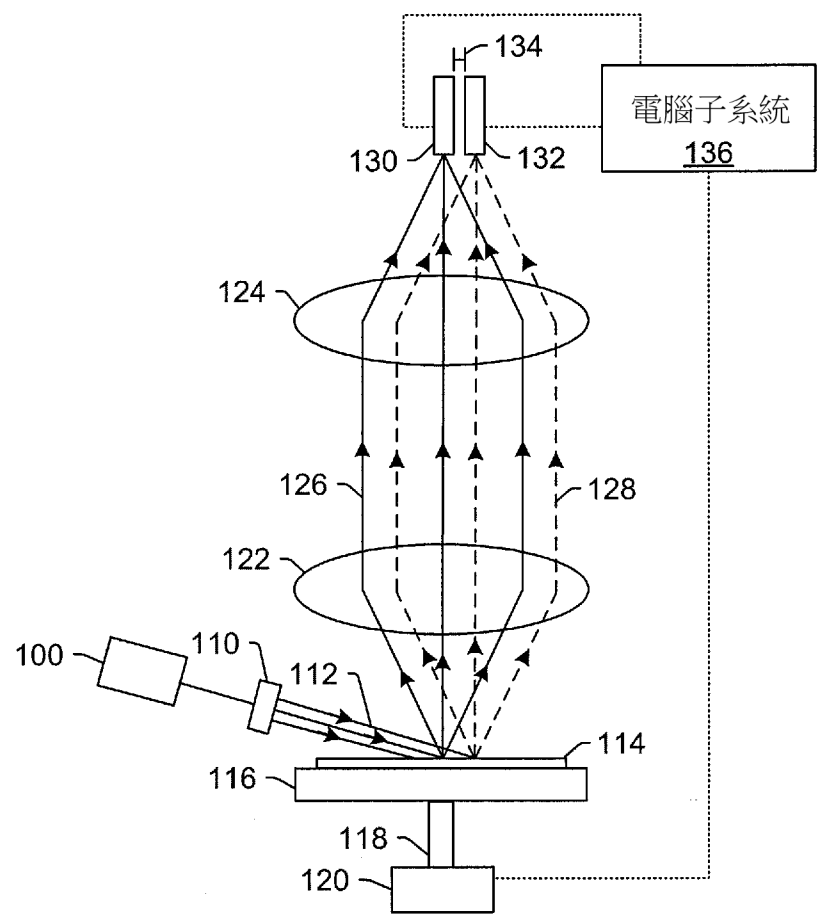
如請求項23之系統，其中該集光子系統進一步經組態以將該自該晶圓上之該區域散射之光成像至一或多個額外感測器，其中該一或多個額外感測器經組態以回應於該經散射之光而產生輸出，其中該感測器及該一或多個額外感測器之各者經組態以偵測於該集光子系統之一集光數值孔徑之不同區段中收集之該經散射之光，且其中該電腦子系統經組態以使用由該一或多個額外感測器產生之該輸出來偵測該晶圓上之該等點缺陷、個別使用不同輸出針對該等點缺陷之至少一者判定以像素計之不同大小、基於該大小及該等不同大小判定針對該等點缺陷之該至少一者之一加權大小、基

於該加權大小判定該系統之該聚焦狀況、且基於該聚焦狀況改變該系統之該一或多個參數。

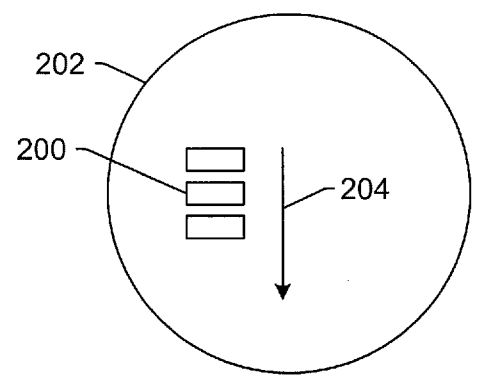
【第27項】

如請求項23之系統，其中該集光子系統進一步經組態以使自該晶圓上之不同點缺陷散射之光成像於該感測器之不同部分上，且其中該電子系統進一步經組態以基於不同點缺陷之大小及自該等不同點缺陷散射之光成像於該感測器之該等不同部分之大小之間之一關係來判定該晶圓是否且如何傾斜。

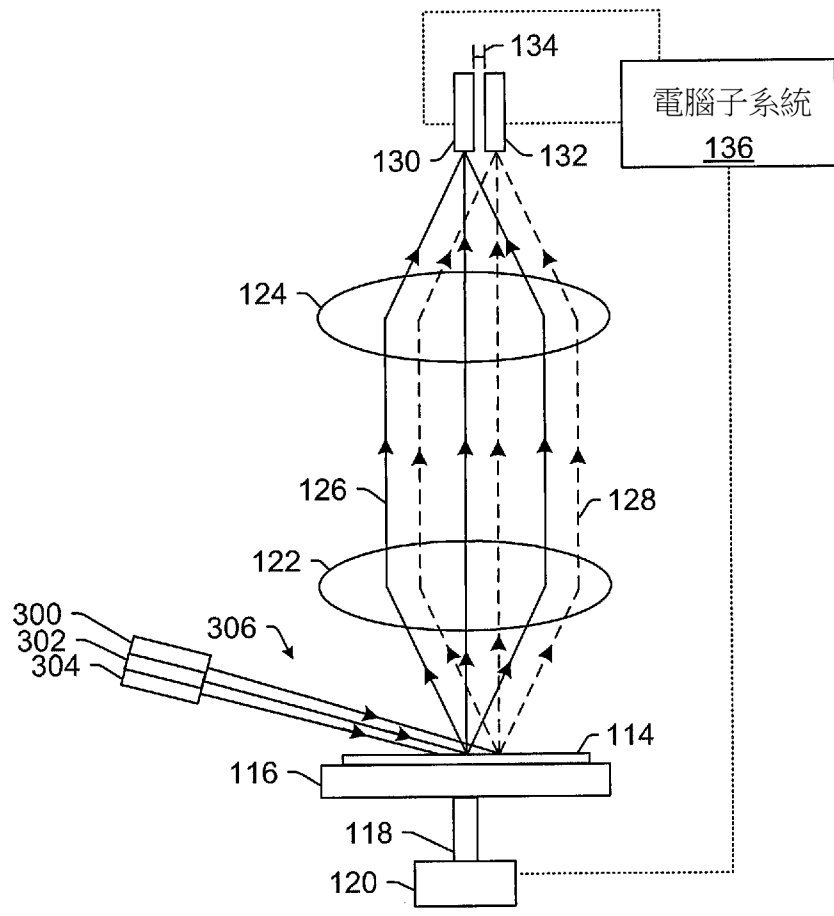
【發明圖式】



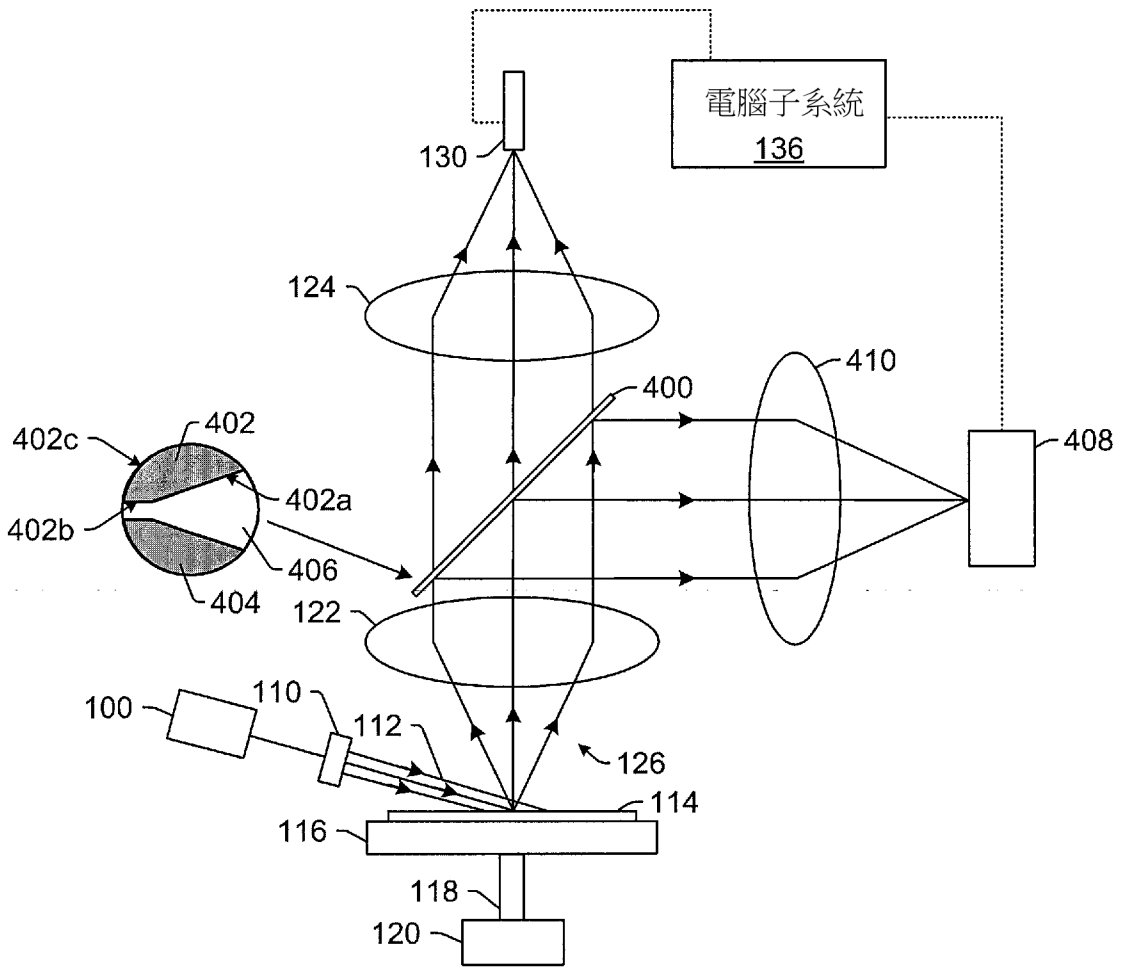
【圖 1】



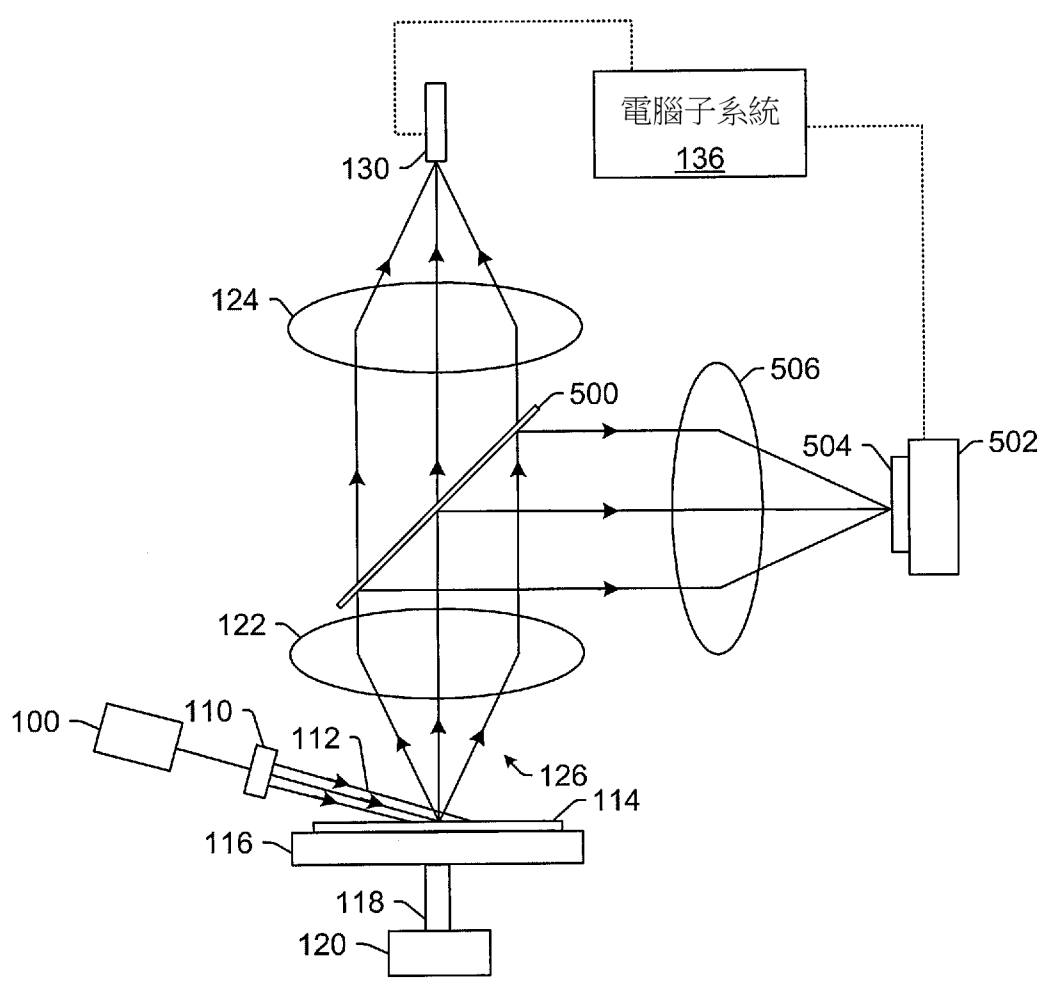
【圖 2】



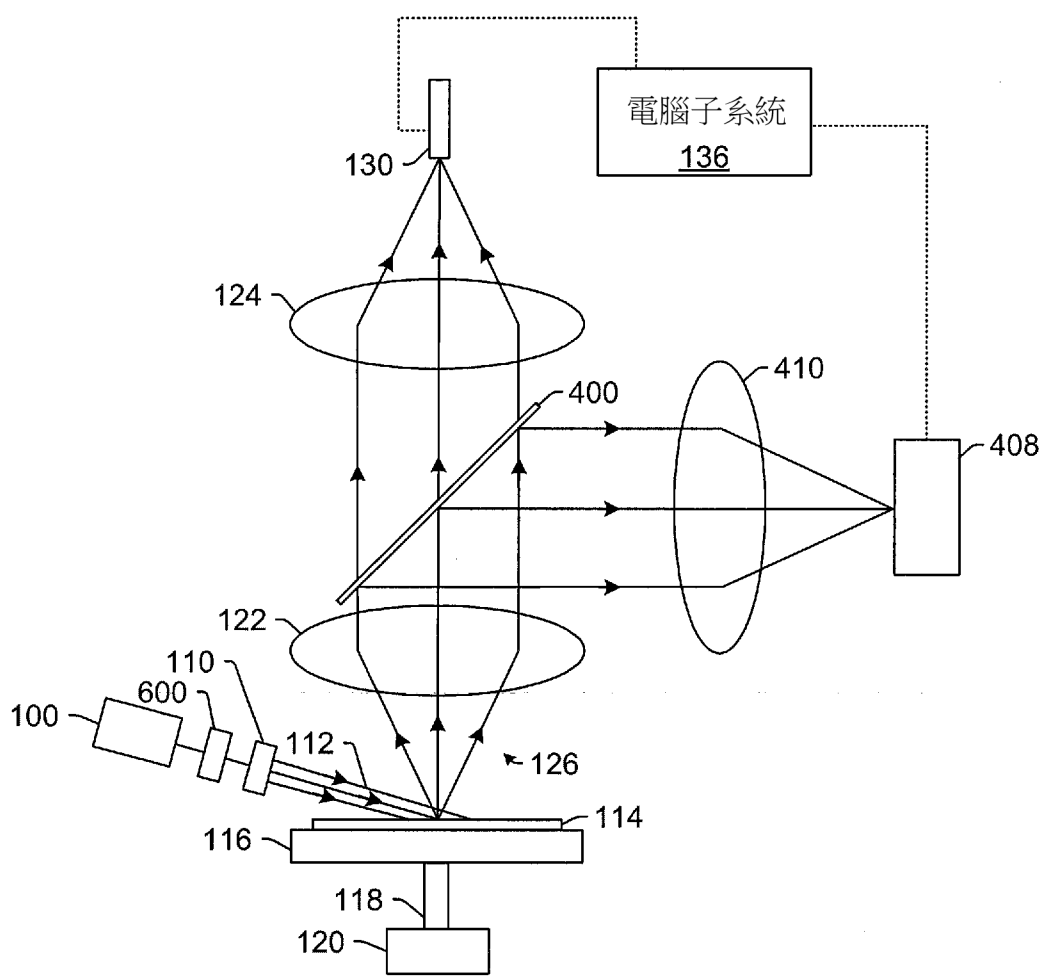
【圖 3】



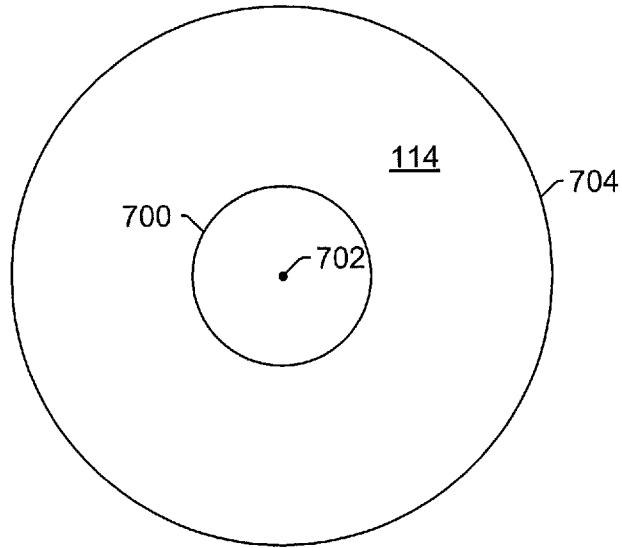
【圖 4】



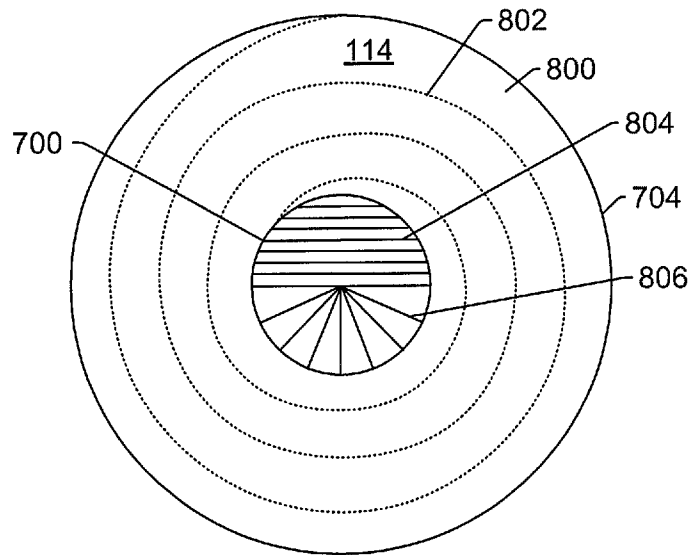
【圖 5】



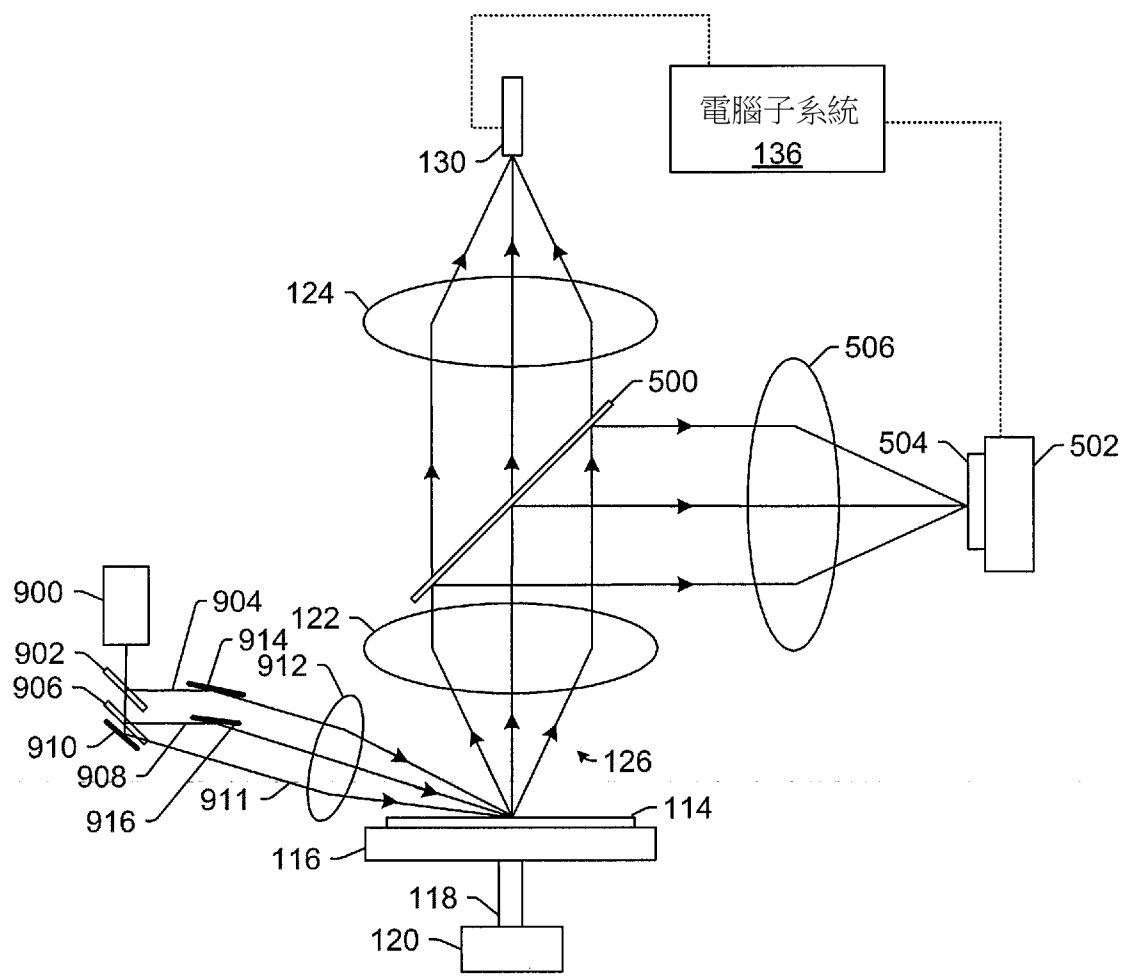
【圖 6】



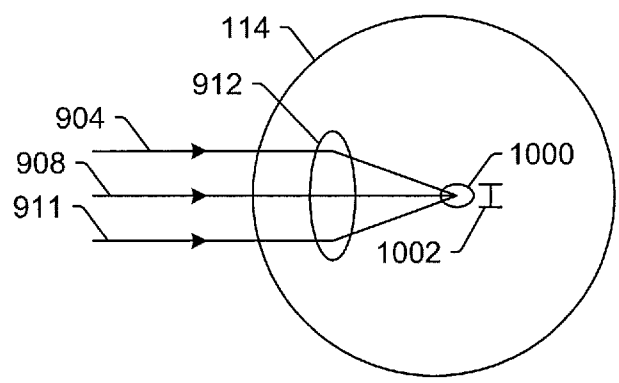
【圖 7】



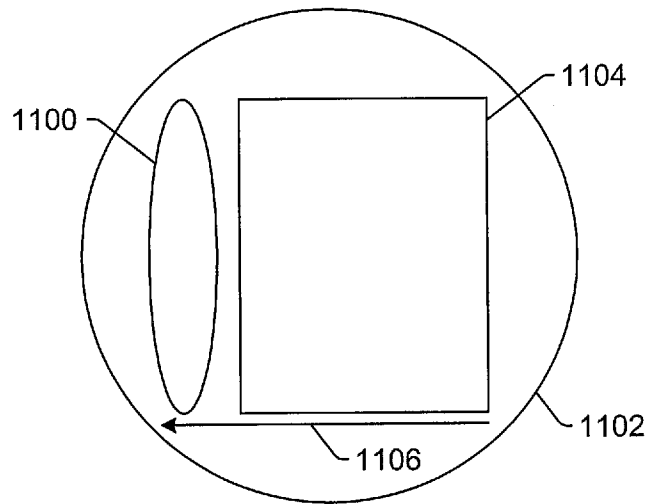
【圖 8】



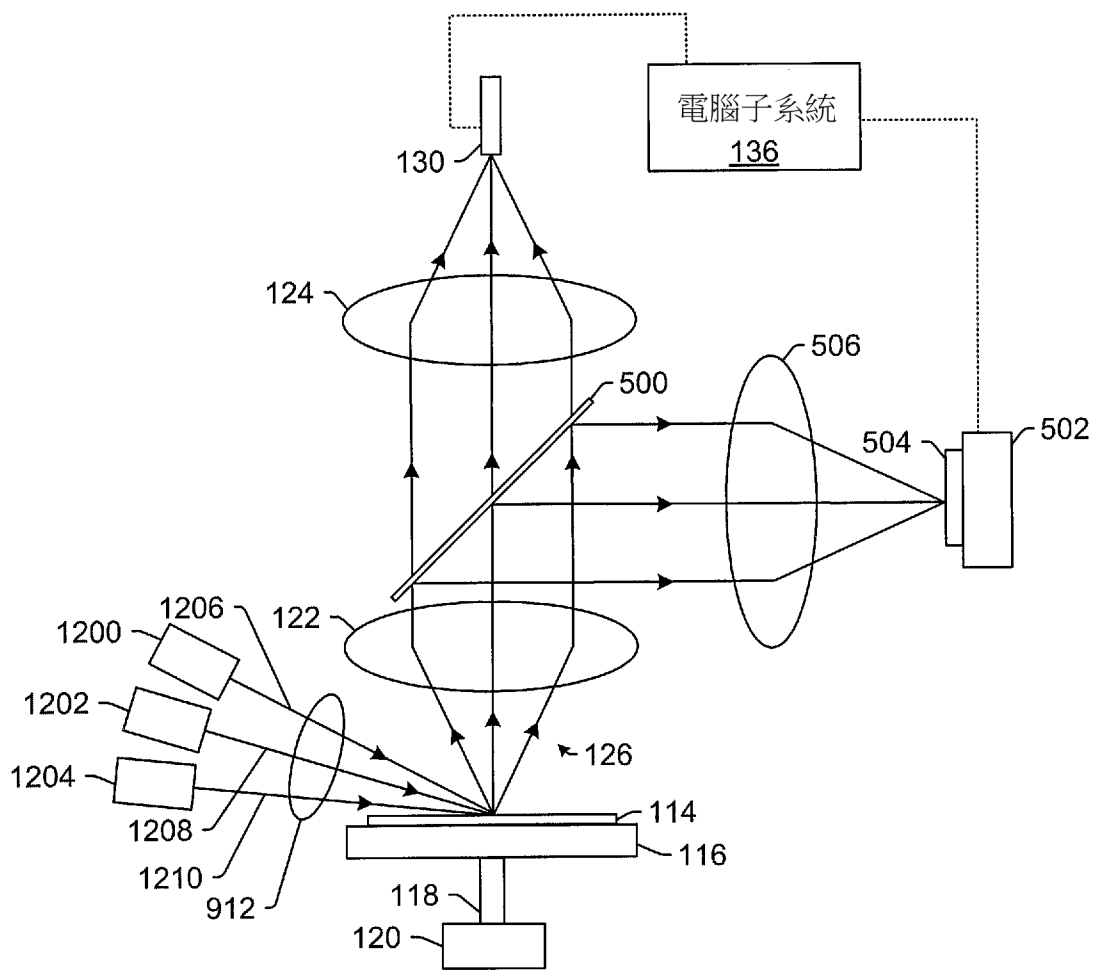
【圖 9】



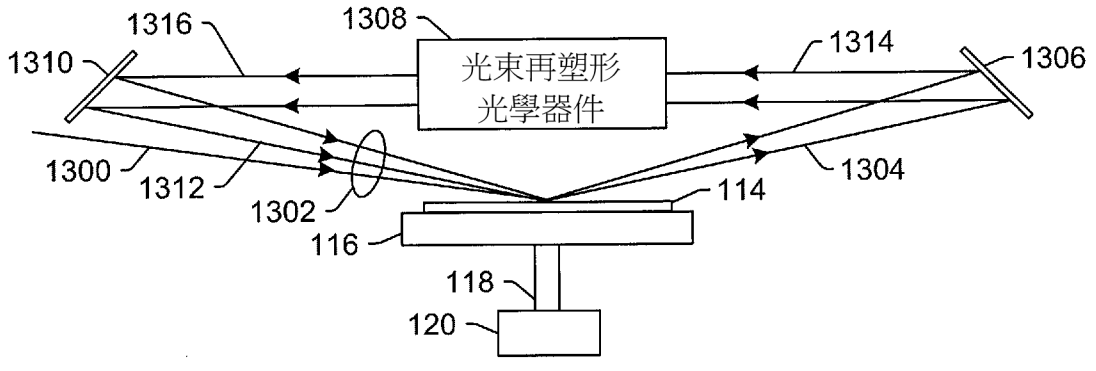
【圖 10】



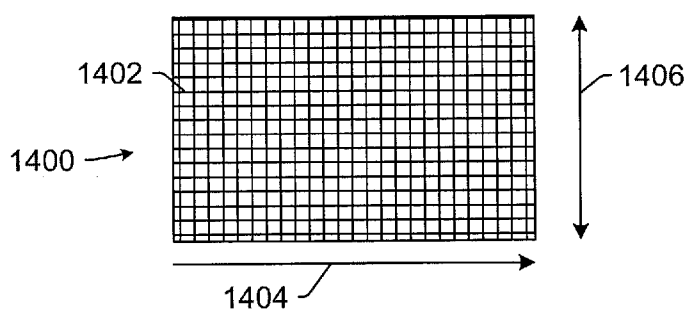
【圖 11】



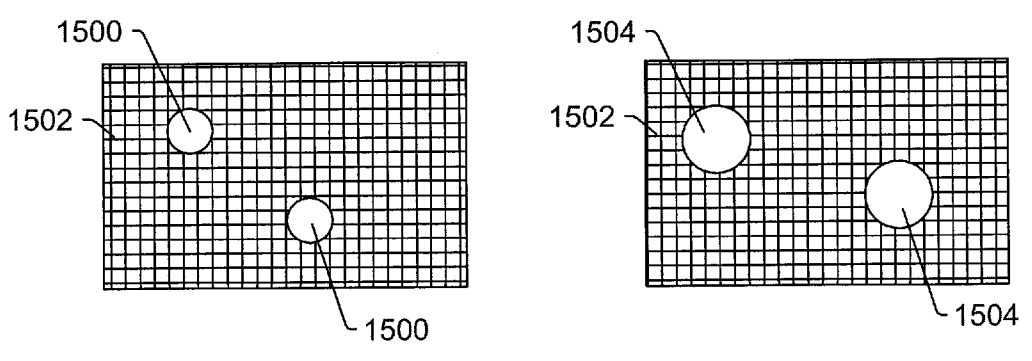
【圖 12】



【圖 13】



【圖 14】



【圖 15】