



(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 201534902 A

(43) 公開日：中華民國 104 (2015) 年 09 月 16 日

(21) 申請案號：104104820

(22) 申請日：中華民國 104 (2015) 年 02 月 12 日

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

(30) 優先權：2014/02/12 美國 61/939,135

2015/02/10 美國 14/618,586

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

美國

(72) 發明人：妮可雷德思 蕾娜 NICOLAIDES, LENA (US)；馬哈迪文 摩漢 MAHADEVAN, MOHAN (US)；索尼克 艾力克斯 SALNIK, ALEX (US)；楊 史考特 A YOUNG, SCOTT A (US)

(74) 代理人：陳長文

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：24 項 圖式數：5 共 37 頁

(54) 名稱

用於組合式明場、暗場及光熱檢測之裝置及方法

APPARATUS AND METHODS FOR COMBINED BRIGHTFIELD, DARKFIELD, AND PHOTOTHERMAL INSPECTION

(57) 摘要

本發明揭示用於在一半導體樣本中偵測缺陷或再檢測缺陷之方法及裝置。系統具有一明場(BF)模組，該 BF 模組用於將一 BF 照明束引導至一樣本上並偵測回應於該 BF 照明束而自該樣本反射之一輸出束。該系統具有一經調變光學反射比(MOR)模組，該 MOR 模組用於將一泵浦束及探測束引導至該樣本並偵測回應於該泵浦束及該探測束而來自探測光點之一 MOR 輸出束。該系統包含一處理器，該處理器用於分析來自複數個 BF 光點之 BF 輸出束以偵測該樣本之一表面上或該表面附近之缺陷，並分析來自複數個探測光點之該 MOR 輸出束以偵測該樣本之該表面下方之缺陷。

Disclosed are methods and apparatus for detecting defects or reviewing defects in a semiconductor sample. The system has a brightfield (BF) module for directing a BF illumination beam onto a sample and detecting an output beam reflected from the sample in response to the BF illumination beam. The system has a modulated optical reflectance (MOR) module for directing a pump and probe beam to the sample and detecting a MOR output beam from the probe spot in response to the pump beam and the probe beam. The system includes a processor for analyzing the BF output beam from a plurality of BF spots to detect defects on a surface or near the surface of the sample and analyzing the MOR output beam from a plurality of probe spots to detect defects that are below the surface of the sample.

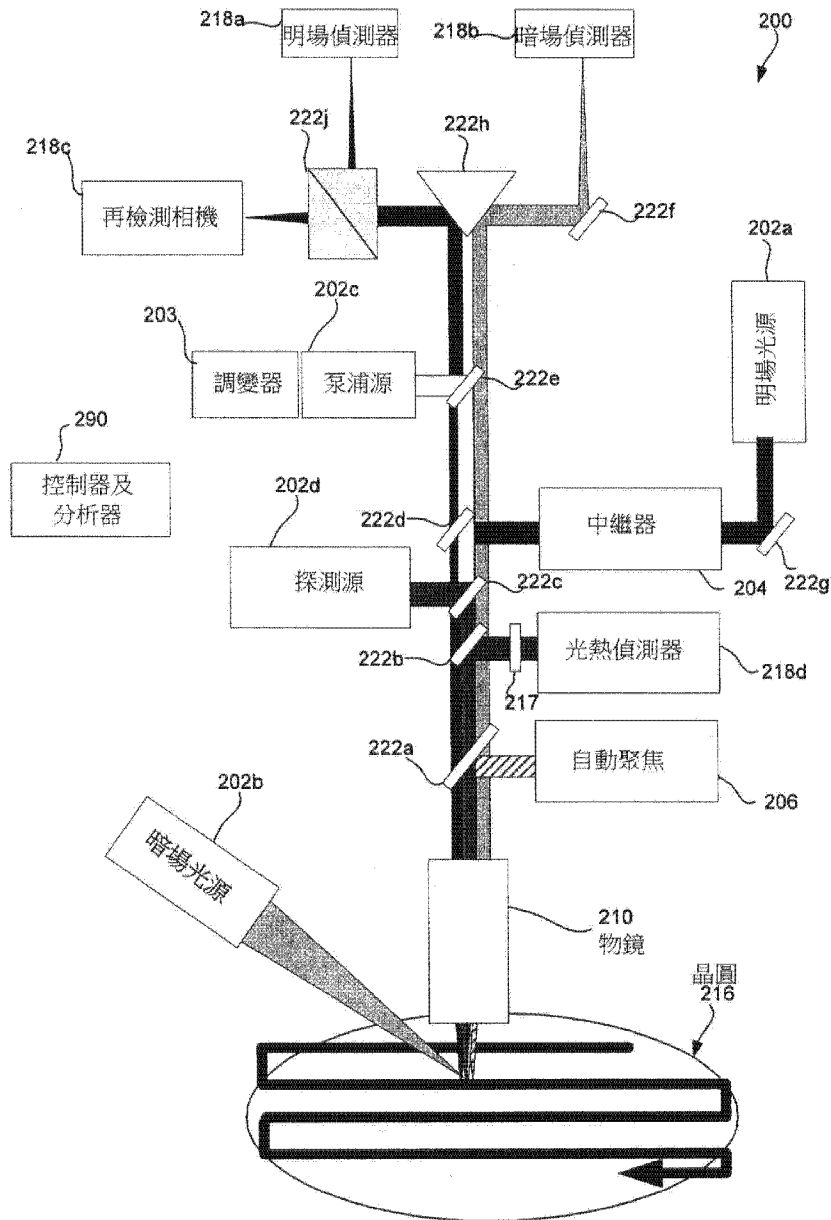


圖 2

- 200 . . . 組合式裝置/系統/檢測系統
- 202a . . . 明場源/光源
- 202b . . . 暗場光源
- 202c . . . 泵浦源/泵浦束源
- 202d . . . 探測源/探測束源
- 203 . . . 調變器
- 204 . . . 中繼器
- 206 . . . 自動聚焦模組
- 210 . . . 物鏡
- 216 . . . 樣本/晶圓
- 217 . . . 任何適合透鏡或光學元件
- 218a . . . 明場偵測器/
- 218b . . . 暗場偵測器
- 218c . . . 再檢測相機
- 218d . . . 光熱偵測器
- 222a . . . 鏡/束追蹤器
- 222b . . . 鏡
- 222c . . . 束追蹤器/鏡
- 222d . . . 鏡
- 222e . . . 鏡
- 222f . . . 鏡
- 222g . . . 鏡
- 222h . . . 光學元件
- 222j . . . 分束器
- 290 . . . 控制器及分析器/控制器或分析器/

201534902

TW 201534902 A

分析器及處理器/程序/  
控制器或分析器系統

※ 申請案號：104104820

※ 申請日：104.2.12

※IPC 分類：G01N 21/95 (2006.01)

**【發明名稱】**

用於組合式明場、暗場及光熱檢測之裝置及方法

APPARATUS AND METHODS FOR COMBINED BRIGHTFIELD,  
DARKFIELD, AND PHOTOTHERMAL INSPECTION

**【中文】**

本發明揭示用於在一半導體樣本中偵測缺陷或再檢測缺陷之方法及裝置。系統具有一明場(BF)模組，該BF模組用於將一BF照明束引導至一樣本上並偵測回應於該BF照明束而自該樣本反射之一輸出束。該系統具有一經調變光學反射比(MOR)模組，該MOR模組用於將一泵浦束及探測束引導至該樣本並偵測回應於該泵浦束及該探測束而來自探測光點之一MOR輸出束。該系統包含一處理器，該處理器用於分析來自複數個BF光點之BF輸出束以偵測該樣本之一表面上或該表面附近之缺陷，並分析來自複數個探測光點之該MOR輸出束以偵測該樣本之該表面下方之缺陷。

**【英文】**

Disclosed are methods and apparatus for detecting defects or reviewing defects in a semiconductor sample. The system has a brightfield (BF) module for directing a BF illumination beam onto a sample and detecting an output beam reflected from the sample in response to the BF illumination beam. The system has a modulated optical reflectance (MOR) module for directing a pump and probe beam to the sample and detecting a MOR output beam from the probe spot in response to the pump beam and the probe beam. The system includes a processor for analyzing the BF output beam from a plurality of BF spots to detect defects on a surface or near the surface of the sample and analyzing the MOR output beam from a plurality of probe spots to detect defects that are below the surface of the sample.

## 【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（2）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

- 200 組合式裝置/系統/檢測系統
- 202a 明場源/光源
- 202b 暗場光源
- 202c 泵浦源/泵浦束源
- 202d 探測源/探測束源
- 203 調變器
- 204 中繼器
- 206 自動聚焦模組
- 210 物鏡
- 216 樣本/晶圓
- 217 任何適合透鏡或光學元件
- 218a 明場偵測器/
- 218b 暗場偵測器
- 218c 再檢測相機
- 218d 光熱偵測器
- 222a 鏡/束追蹤器
- 222b 鏡
- 222c 束追蹤器/鏡
- 222d 鏡
- 222e 鏡
- 222f 鏡
- 222g 鏡
- 222h 光學元件

222j 分束器

290 控制器及分析器/控制器或分析器/分析器及處理器/程序/  
控制器或分析器系統

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

無

# 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】

用於組合式明場、暗場及光熱檢測之裝置及方法

APPARATUS AND METHODS FOR COMBINED BRIGHTFIELD,  
DARKFIELD, AND PHOTOTHERMAL INSPECTION

## 【相關申請案交叉參照】

本申請案主張2014年2月12日申請之第61/939,135號美國臨時專利申請案之優先權，該申請案出於所有目的以全文引用之方式併入本文中。

## 【技術領域】

本發明大體係關於晶圓及標線檢測系統之領域。更特定而言，本發明係關於表面及表面下結構或缺陷之檢測及再檢測。

## 【先前技術】

一般而言，半導體製造工業涉及用於使用經分層及經圖案化至一基板上之半導體材料(諸如，矽)製作積體電路之高度複雜技術。由於大規模電路整合及半導體器件之大小減小，經製作器件變得對缺陷越來越敏感。亦即，致使器件中之故障之缺陷變得越來越小。器件在裝運至終端使用者或顧客之前是無故障的。

存在對經改良半導體晶圓檢測裝置及技術之一持續需求。

## 【發明內容】

以下呈現對所揭示內容之一簡化總結，以便提供對本發明之特定實施例之一基本理解。本發明內容並非對本發明之一廣泛概述且其不識別本發明之關鍵/重要元素或描繪本發明之範疇。其唯一目的係以一簡化形式呈現本文中揭示之一些概念來作為稍後呈現之更詳細說

明的一前序。

揭示一種用於在一半導體樣本中偵測缺陷或再檢測缺陷之系統。該系統包含：一明場(BF)模組，其用於將一BF照明束引導於一樣本上之一BF光點上並偵測回應於該BF照明束被引導於該BF光點上而自該樣本上之該BF光點反射之一輸出束；及一經調變光學反射比(MOR)模組，其用於將一泵浦束引導至該樣本上之一泵浦光點，將一探測束引導至該樣本上之一探測光點，以及偵測回應於該泵浦束及該探測束而來自該探測光點之一MOR輸出束，其中該探測光點與該泵浦光點重合。該系統亦包含：一處理器，其可操作以執行或引起以下操作：(i)致使該BF模組用該BF照明束在該樣本上之複數個BF光點上進行掃描並偵測來自該複數個BF光點之一輸出束；(ii)致使該MOR模組分別地用該泵浦束及該探測束在複數個泵浦光點及探測光點上進行掃描，並偵測來自該複數個探測光點之一MOR輸出束；(iii)分析來自該複數個BF光點之該BF輸出束以偵測該樣本之一表面上或該表面附近之一或多個缺陷；及(iv)分析來自該複數個探測光點之該MOR輸出束以偵測在該樣本之該表面下方之一或多個缺陷。

在一特定實施中，該BF模組及該MOR模組共用一物鏡。在另一態樣中，該系統包含一暗場(DF)模組，該暗場(DF)模組用於將一DF照明束引導於該樣本上之一DF光點上並偵測回應於該DF照明束被引導於該DF光點上而自該樣本上之該DF光點散射之一輸出束。在另一態樣中，該處理器經組態以致使該BF照明束及該DF照明束在用該泵浦束及該探測束進行掃描之前掃描該樣本，以及基於在藉由該BF照明束及該DF照明束掃描該整個樣本或該樣本之一部分之後分析該BF輸出束及該DF輸出束來判定用於用該泵浦束及該探測束進行掃描之一或多個目標位置。在又一態樣中，該BF模組及該DF模組共用一光源用來產生該BF照明束及該DF照明束。在另一實施中，該BF模組具

有用於產生該BF照明束之一BF光源且該DF模組具有用於產生該DF照明束之一DF光源。

在一特定實施中，該MOR模組包括：一泵浦雷射源，其用於產生介於約400 nm與600 nm之間的一波長範圍之該泵浦束；一調變器，其用於組態該泵浦雷射源以調變該泵浦束；一探測連續波(CW)雷射源，其用於產生介於約600 nm與800 nm之間的一波長範圍之該探測束；照明光學器件，其用於引導該泵浦束及探測束朝向該樣本；一光熱偵測器；及聚集光學器件，其用於引導該MOR輸出束朝向該光熱偵測器，以用於偵測該MOR輸出束並產生經過濾以隔離與該泵浦束之調變同步之改變的一輸出信號。在另一態樣中，該BF模組包括：一BF光源，其用於產生該BF照明束；照明光學器件，其用於引導該BF照明束朝向該樣本；一BF偵測器；及聚集光學器件，其用於引導該BF輸出束朝向該BF偵測器以用於偵測該BF輸出束。在另一態樣中，該BF模組之該等照明光學器件與該MOR模組之該等照明光學器件共用一或多個組件，且該BF模組之該等聚集光學器件與該MOR模組之該等聚集光學器件共用一或多個組件。

在一特定實施例中，在該表面下方之該等缺陷包含一或多個空隙及/或一材料之密度改變及/或一側壁角度之改變及/或在一或多個穿矽通孔(TSV)結構內。在另一態樣中，該系統包含一自動聚焦模組，該自動聚焦模組用於引導一自動聚焦束朝向該樣本並偵測回應於該自動聚焦束而來自該樣本之一反射束，且調整該系統之一焦點。在一項態樣中，該BF模組、該MOR模組及該自動聚焦模組共用一物鏡。在另一實施例中，該處理器經組態以致使該BF照明束、該泵浦束及該探測束同時進行掃描。在另一態樣中，該BF模組及該MOR模組共用一相同偵測器來偵測該BF輸出束及該MOR輸出束。

在一替代實施例中，本發明係關於一種在一半導體樣本中偵測

缺陷或再檢測缺陷之方法，且該方法包含：(i)用一明場(BF)照明束掃描一樣本部分；(ii)偵測在該BF束在該樣本部分上方進行掃描時而自該樣本部分反射之一BF輸出束；(iii)基於該所偵測之BF輸出束判定該樣本部分之表面或近表面特性；(iv)基於該樣本部分之該等所判定表面或近表面特性發現該樣本部分內之在該樣本之一表面下方可能具有額外缺陷之候選位置，該等所判定表面或近表面特性係基於該所偵測之BF輸出束判定的；(v)將一經調變泵浦束及一探測束引導於每一候選位置處；(vi)偵測回應於每一探測束被引導至每一候選位置而來自每一候選位置之一經調變光學反射率信號；及(vii)基於自每一候選位置偵測之該經調變光學反射率信號判定在此候選位置處該表面下方之一特徵特性。

在另一態樣中，該方法包含：(viii)偵測在該BF束在該樣本部分上方進行掃描時或回應於用一暗場(DF)束在該樣本部分上方進行掃描而自該樣本部分散射之一暗場輸出束；(ix)基於該所偵測之DF輸出束判定該樣本部分之表面或近表面特性；(x)基於該樣本部分之該等表面或近表面特性發現第二複數個候選位置，該等表面或近表面特性係基於該所偵測之DF輸出束；(xi)偵測回應於每一探測束被引導至每一第二候選位置而來自每一第二候選位置之一經調變光學反射率信號；及(xii)基於自每一第二候選位置偵測之該經調變光學反射率信號判定在此第二候選位置處在該表面下方之一特徵特性。在另一態樣中，藉由使表面或近表面特性與表面下缺陷之一存在相關來發現該等第一及第二候選位置。在又一態樣中，該等第一及第二候選位置各自與具有與該樣本部分之一平均值偏離達一預定量之一或多個表面或近表面特性的該樣本部分之一子區相關聯。在又另一態樣中，該等第一及第二候選位置中之至少一者具有穿矽通孔(TSV)。

在另一實施例中，將該等第一及第二候選位置選擇為跨其相關

聯子區分佈。在另一實例中，該方法包含：判定該等表面或近表面特性是否指示該表面上之氧化之一存在；及在將該經調變泵浦束及該探測束引導於每一候選位置處之前移除該氧化。在另一實例中，基於一結構之一影像而將該等候選位置中之至少一些候選位置各自選擇為居中於此結構上，該影像係基於該BF輸出束產生的。在另一實施中，基於一結構之一影像而進一步將該等候選位置中之至少一些候選位置選擇為跨此結構分佈，該影像係基於該BF輸出束產生的。

下文參考諸圖進一步闡述本發明之此等及其他態樣。

### 【圖式簡單說明】

圖1A係一Cu填充之穿矽通孔(TSV)之一圖解性側視圖。

圖1B係具有表面下缺陷之一Cu填充之穿矽通孔(TSV)之一圖解性側視圖。

圖2係根據本發明之一項實施例之一組合式明場(BF)、暗場(DF)及經調變光學反射比(MOR)裝置之一示意性表示。

圖3係根據本發明之一替代實施例之一組合式BF及MOR檢測系統之一圖解性表示。

圖4係圖解說明根據本發明之一項實施例之一檢測過程之一流程圖。圖5係圖解說明根據本發明之一特定實施之用於對準基於MOR之照明束之一過程之一流程圖。

### 【實施方式】

在以下闡述中，陳述眾多特定細節以便提供對本發明之一透徹理解。可在不具有此等特定細節中之某些或所有特定細節之情況下實踐本發明。在其他例項中，尚未詳細闡述眾所周知之組件或處理程序操作以免不必要地使本發明模糊不清。儘管將結合特定實施例來闡述本發明，但將理解，並非意欲將本發明限制於該等實施例。

一般而言，本發明之某些實施例係關於具有用於明場(BF)、暗場

(DF)及經調變光學反射比(MOR)之通道之一結合系統。一組合式裝置在以下各項中尤其有用：Cu填充之穿矽通孔(TSV)結構或其他3D堆疊半導體結構中之諸如空隙及其他變形之表面下缺陷之偵測及計量，以及在諸如晶圓之半導體樣本上之各個結構中之表面特性及缺陷之偵測及計量。

圖1A係一Cu填充之穿矽通孔(TSV)結構100之一圖解性側視圖。如所展示，一Cu填充之TSV 108係穿過矽塊體106以及主動電路區104而形成，以便電耦合一背部金屬部分110與一或多個頂部金屬層102。

基於BF之技術及基於DF之技術可在半導體製造之各個階段中偵測各個結構中(例如，主動電路區104中)之表面及近表面缺陷。然而，積體電路(IC)製造中之諸如Cu填充之TSV之某些特徵可位於半導體結構中比習知之基於光學之宏觀檢測技術之敏感性深度深得多的位置處。圖1B係具有諸如空隙區122及顆粒缺陷120之深缺陷之一Cu填充之穿矽通孔(TSV)之一圖解性側視圖。

與基於BF之技術或基於DF之技術相比，基於MOR之技術可對表面下特徵(諸如，位於TSV結構中之缺陷及位於材料之塊體中之缺陷)非常敏感。因而，期望將此等光學及光熱技術結合至一單個裝置中提供能夠偵測整個所關注範圍內(例如，表面下方自 $< 1 \text{ um}$ 至 $> 50 \text{ um}$ )之缺陷圖徵之一工具。此一組合式方法之另一個優點在於其簡單性。不同於X射線或超音波波長，一光熱系統易於構建、維護及使用。

圖2係根據本發明之一項實施例之一組合式裝置200之一示意性表示。系統200之不同照明及輸出束圖解說明為具有不同光學路徑，以便簡化圖式且更清晰地展示所有束。系統200包含一基於光熱MOR之模組以及基於BF之模組及基於DF之模組。MOR、BF及/或DF模組可共用任一或多個組件或可係完全單獨的模組。在所圖解說明之實施例中，MOR模組與BF模組共用相同照明光學器件中之某些相同照明

光學器件，諸如物鏡210。BF光源產生一照明束(黑色)，該照明束經由鏡222g、中繼器204、鏡222d及物鏡210朝向樣本(例如，晶圓216)引導。同樣地，泵浦源202c產生一泵浦輻射束(白色)，該泵浦輻射束經由鏡222e朝向樣本216引導且藉由相同物鏡210聚焦至樣本上。探測源202d亦產生一探測束，該探測束經由鏡222c朝向樣本216引導且藉由相同物鏡210聚焦至樣本216上。來自本文中闡述之光源中之任何者之照明束中之任何者亦可通過用以朝向樣本216中繼(例如，塑形、聚焦或調整焦點偏移、過濾/選擇波長、過濾/選擇偏振狀態、調整大小、放大、減小變形等)該束之若干透鏡。

樣本216亦可放置於檢測系統200之一載台(未標示)上，且檢測系統200亦可包含用於使載台(及樣本)相對於入射束移動之一定位機構。以實例方式，一或多個馬達機構可各自由一螺桿驅動器與步進機馬達、具有回饋位置之線性驅動器或帶式致動器與步進機馬達形成。樣本216可係任何適合之經圖案化或未經圖案化基板，如一經圖案化或未經圖案化矽晶圓。

一般而言，檢測系統或模組之每一光學元件可對於用於偵測缺陷或表徵樣本216之特徵之光的波長範圍而經最佳化。最佳化可包含(例如)藉由選擇玻璃類型、配置、形狀及塗層(例如，抗反射性塗層、高反射性塗層)以用於最小化對應波長範圍之像差來最小化波長相依像差。舉例而言，系統光學元件可經配置以最小化由BF及DF使用之波長範圍之分散致使之效應。

可使用任何適合BF源202a。BF光源之實例包含一同調雷射光源、雷射驅動之光源(例如，深UV或氣體雷射產生器)、一高功率電漿光源、一透射照明光源(例如，鹵素燈)、一濾光燈、LED光源等。檢測系統可包含任何適合數目及類型之光源。

除所圖解說明之法向角之外，BF源202a亦可以任何適合入射角

產生任何適合寬頻帶輻射。例如，BF照明束可以一傾斜角朝向樣本216引導。BF源引導至樣本上所在之位置可被稱為一BF光點。BF光點可介於約0.5  $\mu\text{m}$ 至約5  $\mu\text{m}$ 之間。在一項實例中，BF光點係約1  $\mu\text{m}$ 。

在來自光源202a之入射束照射在樣本216上之後，光然後可自樣本216反射(及/或透射)及散射，該光在本文中被稱為「輸出光」或「輸出束」。該檢測系統亦包含用於朝向一或多個偵測器引導輸出光之任何適合透鏡配置。聚集回應於此BF照明束而來自該樣本之對應BF輸出束。如所展示，法向輸出束(黑色)沿著法向軸經由物鏡210、鏡222a、222b、222c、222d、222e聚集且反射離開光學元件222h，藉由分束器222j分裂以照射在BF偵測器218a及再檢測相機218c上。藉由實例方式，BF偵測器218a可採用一CCD (電荷耦合器件)或TDI (時間延遲整合)偵測器、光電倍增管(PMT)及其他感測器之形式。

系統200亦可包含一DF通道，該DF通道包括用於產生以一特定角度(諸如，所圖解說明之傾斜角)朝向樣本216引導之一DF照明束(灰色)的一DF光源202b。DF源引導至樣本上所在之位置可被稱為一DF光點。DF光點可介於約0.5  $\mu\text{m}$ 至約 10  $\mu\text{m}$ 之間，或更特定而言介於0.5  $\mu\text{m}$ 與5  $\mu\text{m}$ 之間。在一項實例中，DF光點係約1  $\mu\text{m}$ 。DF光點可與BF光點重合，且BF光點及DF光點兩者可同時產生。另一選擇係，BF束及DF束可同時朝向樣本上之不同光點引導。包含同時之BF及DF檢測之一項實例性系統係可購自美國加利福尼亞州苗必達市之KLA-Tencor公司之Altair 8900。

DF聚集通道可經組態以聚集回應於入射DF束而來自樣本216之經散射輸出光(灰色)。如所展示，經散射DF輸出光可經由物鏡210、鏡222a、222b、222c、222d、222e聚集且反射離開光學元件222h及鏡222f以引導至DF偵測器218b。

系統200亦可包含如下文進一步闡述用於分析來自BF模組及DF模

組之輸出資料之一控制器及分析器290。

系統200亦包含一基於MOR之模組。泵浦源202c產生一強度經調變泵浦輻射束。舉例而言，光源可包含一強度經調變雷射器或非同調光源。可利用一氣體、固態或半導體雷射，包含與一光學纖維耦合之一雷射系統。泵浦源可產生具有任何適合波長範圍之一泵浦束。例如，泵浦束具有一波長範圍，該波長範圍係足夠低的以在維持於BF通道之所共用照明光學器件之帶寬要求內的同時具有藉由樣本(例如，矽)的強吸收。在一特定實施中，泵浦束具有介於約400 nm至600 nm之間的一穩定波長範圍。一寬頻帶可調諧源可用以達成多個波長。一光譜泵浦源可用以達成自樣本之較佳反射率。

泵浦束係強度經調變的。泵浦束可經組態以在一預定頻率下調變泵浦束或使調變頻率變化以獲得複數個調變頻率下之額外資料。因此，泵浦源將通常包含供應一驅動信號至泵浦源以用於調變泵浦束之強度之一調變器203。調變頻率可自數Hertz (Hz)至數十MHz變化。在一項實施中，調變頻率具有介於約10 Hz與10 MHz之間(諸如，1 MHz)的一範圍，該調變頻率將在一典型半導體樣本中產生電漿波。

在接通泵浦束源202c時，泵浦束可投射至樣本之表面上，從而致使樣本216之局部化加熱。在調變泵浦源時，局部化加熱(激勵)及後續冷卻(鬆弛)可在樣本216內產生一串熱及電漿波。熱及電漿波可反射及散射離開各個特徵且與樣本216內之各個區域相互作用，以使得可更改來自泵浦束光點之熱及/或電漿流。在一替代實施中，可在一特定室中及/或在一特定環境中利用溫度處理使整個晶圓鬆弛。

電漿波僅在半導體材料中產生且通常不在導電材料(諸如，銅)中產生，而熱波在半導體及導電材料兩者中產生。電漿及熱波自產生區(例如，表面上之泵浦光點)傳播至遠離表面。電漿及熱波趨向於在材料之吸收係數係高的(諸如，一矽材料)之情況下產生，且反射離開任

何晶體結構之任何瑕疵或取決於特定結構特性。可影響電漿或熱波之瑕疵或特徵特性可包含空隙、顆粒、缺失或添加之材料、側壁角度之改變、側壁距垂直之一偏差、材料之密度改變等。熱波可穿透得相當深，且穿透深度可藉由更改泵浦雷射之強度調變頻率而改變。

熱及電漿波以及其與下伏結構或缺陷之相互作用以及其不同吸收係數或熱對比將對表面處之反射率具有一直接效應。亦即，樣本表面下方更改熱及電漿波之通道的特徵及區域將更改樣本表面處之光學反射性圖案。熱對比通常取決於導熱率之差乘以體積或熱擴散率之差。若在缺陷與周圍無缺陷結構或場之間存在熱對比，則可發生表面反射率之顯著改變。

藉由監視表面處之樣本之反射率之改變，可調查有關表面下方之特性的資訊。針對缺陷之偵測，基於MOR之模組包含用於監視由下伏結構及/或缺陷致使之反射率之改變之一機構。系統200包含產生一未經調變探測輻射束之一探測束源202d。例如，探測源202d可係一CW (連續波)雷射器或一寬頻帶或白色光源。探測源可產生具有取決於樣本材料之反射率特性之任何適合波長範圍的一探測束。例如，與銅良好合作之一探測束具有約600 nm至800 nm之一波長範圍。在另一實施例中，該光源輸出介於約700 nm與950 nm之間的一範圍(例如，可見、IR及/或NIR波長範圍)下之照明光，以便穿透一3D堆疊記憶體器件。光源之實例包含一雷射驅動之光源、一高功率電漿光源、一透射照明光源(例如，鹵素或Xe燈)、一濾光燈、LED光源等。多個LED或斑紋爆破(buster)雷射二極體亦係可能的源。

探測束可聚焦至共用與入射泵浦束相同之光點之至少一部分之一探測光點上。亦即，探測束照射可與泵浦光點重合。系統200亦可包含諸如一偏轉器之一掃描元件以使泵浦束及探測束一起移動，以便掃描樣本之一相同區。至少一個束追蹤器(例如，222c或222a)可提供

於泵浦或探測束之路徑中以用於調整泵浦束及探測束在樣本上之相對位置。追蹤器可用以使泵浦束及探測束之橫向偏移變化以用於獲得多個MOR量測。可法向於樣本表面(如所展示)或以任何適合入射角引導探測束。在另一實施例中，探測束可經調整至一高功率以用於使樣本216快速退火。

MOR通道可包含用於聚集回應於入射於樣本上之泵浦束及探測束而自樣本216反射或散射之輸出輻射的一聚集路徑。例如，聚集路徑可包含用於中繼及/或放大輸出束並將其引導至一光熱(PT)偵測器218d之任何適合透鏡或光學元件(例如，217)。

PT偵測器218d通常經組態以監視回應於入射探測束而自樣本反射之探測束之反射率之改變。PT偵測器218d感測輸出輻射並產生與探測束之經反射功率成比例且因而指示樣本表面之變化的光學反射率之一輸出信號。PT偵測器218d可採用偵測諸如經整合強度信號之基於MOR之信號的任何適合形式。舉例而言，PT偵測器218d可包含一或多個光偵測器元件，諸如一簡單矽光電二極體或一光電二極體陣列。PT偵測器218d較佳地具有低雜訊、高穩定性及低成本。

來自PT偵測器218d之輸出信號可經過濾以隔離與泵浦束調變頻率同步之改變。對於諸多實施，可使用一外差或鎖定偵測系統執行過濾。美國專利5,978,074闡述數個實例性鎖定偵測系統，該專利以全文引用之方式併入本文中。一鎖定偵測器亦可用以量測偵測器輸出之同相(I)分量及正交(Q)分量。輸出信號之兩個通道(亦即，振幅 $A^2=I^2+Q^2$ 及相位 $\theta=\arctan(I/Q)$ )習知地分別被稱為經調變光學反射比(MOR)或熱波(TW)信號振幅及相位。

控制器或分析器290亦可經組態以用於分析來自PT光偵測器218d之輸出。一般而言，監視與經調變泵浦信號相比反射率信號之相位及改變。一半導體中之總MOR信號之熱及載子電漿相關分量之動態由

以下通用方程式給出：

$$\left( \frac{\partial R}{\partial T} + \frac{\partial R}{\partial N} \Delta N_0 \right)$$

其中  $\Delta T_0$  及  $\Delta N_0$  係一半導體之表面處之溫度及載子電漿密度， $R$  係光學反射比， $\delta R / \delta T$  係溫度反射比係數且  $\delta R / \delta N$  係載子反射比係數。對於矽， $\delta R / \delta T$  在光譜之可見且近UV部分中係正的，而  $\delta R / \delta N$  在所關注之整個光譜區域中保持為負的。正負之差異導致熱波與電漿波之間的破壞性干擾且減少特定條件下之總MOR信號。此效應之量值取決於一半導體樣本之性質及光熱系統之參數，尤其取決於泵浦及探測波長。

分析器及處理器290亦可與用於控制或感測操作參數之系統組件中之一或多者通信地耦合。例如，程序290可經組態以調整及控制經由調變器203對泵浦束之調變。

系統200亦可包含用於提供目標樣本之自動聚焦之一自動聚焦模組206。自動聚焦通常產生藉由鏡222a穿過物鏡210朝向樣本引導之一自動聚焦束且然後偵測一回應信號以判定及調整焦點。在此實施例中，自動聚焦共用與基於BF模組及基於MOR之模組相同之物鏡。

圖3係根據本發明之一替代實施例之一檢測系統300之一圖解性表示。此系統300可包含關於圖2之系統闡述之組件中之一或多者。如在圖3中所展示，系統可包含用於產生一入射束之一BF光源302a，諸如一寬頻帶光源。光源之實例包含一同調雷射光源、雷射驅動之光源(例如，深UV或氣體雷射產生器)、一高功率電漿光源、一透射照明光源(例如，鹵素燈)、一濾光燈、LED光源等。檢測系統可包含任何適合數目及類型之光源。

來自BF光源302a之入射束然後通過用以朝向一樣本316中繼(例如，塑形、聚焦、調整大小、放大、減小變形等)該束之若干透鏡。在所圖解說明之實施例中，入射束通過準直入射束之透鏡304，且然

後通過聚合入射束之透鏡306。入射束然後由分束器312接收，分束器312然後反射入射束以穿過物鏡透鏡314，物鏡透鏡314將入射束以一或多個人射角聚焦至樣本316上。

檢測系統300亦可包含定位在來自光源302a之照明束之一瞳孔平面處之一照明選擇器305。在一項實施例中，照明選擇器305採用一可構形瞳孔孔隙之形式，該可構形瞳孔孔隙係可調整的以在瞳孔平面處產生複數個不同照明束量變曲線。檢測系統300亦可包含用於將照明選擇器之不同孔隙構形選擇性地移動至來自光源302a之入射束之路徑中之一或多個定位機構。

在來自光源302a之(多個)入射束照射於樣本316上之後，光然後可自樣本316反射(及/或透射)及散射，該光在本文中被稱為「輸出光」或一「輸出束」。該檢測系統亦包含用於將輸出光朝向一或多個偵測器引導之任何適合透鏡配置。在所圖解說明之實施例中，輸出光通過分束器312、傅立葉平面中繼透鏡320、成像孔隙322及變焦透鏡324。傅立葉平面中繼透鏡通常將樣本之傅立葉平面中繼至成像孔隙322。成像孔隙322可經構形以阻斷輸出束之部分。例如，孔隙322經構形以在一明場檢測模式中傳遞物鏡數值孔徑內之所有輸出光，且經構形以在一暗場檢測模式期間僅傳遞來自樣本之經散射光。一濾光器亦可定位於成像孔隙322處以阻斷較高階輸出束以便過濾來自偵測信號之週期性結構。

在穿過成像孔隙322之後，輸出束然後可通過任何數目個光學元件，諸如分束器332a、332b及332c，且然後通過變焦透鏡324，變焦透鏡324用以放大樣本316之影像。輸出束然後照射在偵測器326a上。藉由實例方式，偵測器可採用一CCD (電荷耦合器件)或TDI (時間延遲整合)偵測器、光電倍增管(PMT)以及其他感測器之形式。

系統300亦可包含用於產生由一或多個透鏡及光學元件(例如，

334a、332a至332c、320、312及314)朝向樣本316引導之一泵浦束之一泵浦源302b。同樣地，探測源302c產生由一或多個透鏡及光學元件(例如，334b、332b、332c、320、312及314)朝向樣本316引導之一探測束。來自樣本316之一輸出束亦藉由一或多個透鏡(例如，314、312、320、332及336)朝向PT偵測器326b引導。

由上述系統之感測器擷取之信號可由一控制器或分析器系統(290或310)處理，該控制器或分析器系統可包含具有經組態以將來自感測器之模擬信號轉換成數位信號以用於處理之一模擬轉數位轉換器之一信號處理器件。控制器可經組態以分析所感測之光束之強度、相位及/或其他特性。控制器可經組態(例如，藉助程式化指令)以提供用於顯示如本文中所闡述之所得測試影像及其他檢測特性之一使用者介面(例如，在一電腦螢幕上)。控制器亦可包含用於提供諸如改變孔隙構形、查看偵測結果資料或影像、設定一檢測工具配方之使用者輸入之一或多個輸入器件(例如，一鍵盤、滑鼠、控制桿)。在某些實施例中，控制器經組態以執行在下文詳述之孔隙選擇或檢測技術。可以硬體及/或軟體之任何適合結合形式實施本發明之技術。控制器通常具有經由適當匯流排或其他通信機構耦合至輸入/輸出埠及一或多個記憶體之一或多個處理器。

控制器可係軟體及硬體之任何適合結合且通常經組態以控制檢測系統之各個組件。例如，控制器可控制照明源之選擇性啟動、泵浦源之調變、照明選擇器/孔隙設定、成像孔隙設定等。控制器亦可經組態以接收由每一偵測器產生之影像或信號並分析所得之影像或信號以判定樣本上是否存在缺陷、表徵樣本上存在之缺陷或以其他方式表徵樣本。舉例而言，控制器可包含經程式化以實施本發明之方法實施例之指令之一處理器、記憶體及其他電腦周邊組件。

由於此等資訊及程式指令可實施於一經特別組態之電腦系統

上，因此此一系統包含可儲存於一電腦可讀媒體上之用於執行本文中所述之各種操作之程式指令/電腦程式碼。機器可讀媒體之實例包含(但不限於)：磁性媒體(諸如，硬磁碟、軟磁碟及磁帶)；光學媒體(諸如，CD-ROM磁碟)；磁光媒體(諸如，光碟)；及經特別組態以儲存並執行程式指令之硬體器件(諸如，唯讀記憶體器件(ROM)及隨機存取記憶體(RAM))。程式指令之實例包括諸如由一編譯器產生之機器程式碼及含有可由電腦使用一解譯器來執行之更高階程式碼之檔案兩者。

應注意，以上闡述及圖式不應被視為對系統之特定組件之一限制且該系統可以諸多其他形式體現。舉例而言，本發明預計，檢測或量測工具可具有來自經配置以用於偵測缺陷及/或解析一標線或晶圓之特徵之臨界態樣之任何數目個已知成像或計量工具之任何適合特徵。藉由實例方式，一檢測或量測工具可經調適以用於明場成像顯微術、暗場成像顯微術、全天空成像顯微術、相位對比顯微術、偏光對比顯微術及同調探針顯微術。本發明亦預計，可使用單影像或多影像方法來擷取目標之影像。此等方法包含(例如)單取、雙取、單取同調探針顯微術(CPM)及雙取CPM方法。諸如散射量測之非成像光學方法亦可視為檢測或計量裝置之形成部分。

一明場(BF)及暗場(DF)模組可偵測在表面上或由一非常薄之膜覆蓋之缺陷。此等模組通常可僅在表面下缺陷較接近於表面且該等表面下缺陷在堆疊中產生可傳播至表面且因而產生一可偵測表面缺陷之凸塊時偵測到該等表面下缺陷。基於MOR之模組可偵測位於樣本內較深處(諸如，在一TSV結構之底部處或一側壁上)之缺陷。

基於BF/DF之模組及基於MOR之模組可同時用以偵測缺陷或分析表面上或樣本內較深處兩者之特性。即使對於接近於表面或表面上之缺陷，基於BF/DF及MOR之模組可一起使用以提高對此缺陷之表徵。

基於BF/DF之檢測及基於MOR之檢測可產生針對一相同位置之不同缺陷或特性。在下文進一步闡述用於發現缺陷並獲得特徵特性之分析技術。一般而言，基於BF/DF之模組及基於MOR之模組可用以發現具有不同熱及光學圖徵之缺陷。

在另一實施例中，BF/DF模組與基於MOR之模組可依序用以改善檢測程序。儘管未要求，但BF或DF模組可與基於MOR之模組共用一偵測器，此因為不同時使用此等模組。

圖4係圖解說明根據本發明之一項實施例之一檢測過程400之一流程圖。如所展示，在操作402中初始地產生一BF並將其朝向一樣本光點引導。視情況，亦可將一DF照明束朝向此初始樣本光點引導。然後可在操作404中偵測回應於BF (及DF)照明束而來自樣本光點之一BF (及DF)輸出束。可同時聚集諸如經偵測信號或影像之BF輸出資料及DF輸出資料。

然後可在操作406中判定是否已經到達最後之光點。例如，判定BF(及視情況DF)束是否已經掃描待檢測之整個區。可藉助於BF (及DF)束掃描整個樣本或樣本之一部分。若尚未到達最後之樣本光點，則然後可在操作408中使樣本相對於BF (及DF)照明束移動以掃描一下一光點。

BF (及DF)束可跨樣本之個別掃描帶進行掃描。例如，BF束及DF束在一第一掃描方向上跨一第一掃描帶進行掃描。此等BF束及DF束然後可在與第一掃描帶之掃描方向相反之一掃描方向上跨另一第二掃描帶進行掃描，使得實施一蛇形掃描圖案。另一選擇係，BF束及DF束可以諸如一圓形或螺旋形掃描圖案之任何適合掃描圖案跨樣本進行掃描。當然，在掃描期間感測器可必須以不同方式(例如，以一圓形圖案)配置及/或樣本可以不同方式移動(例如，旋轉)以便自樣本掃描一圓形或螺旋形形狀。

在完成初始掃描之後，然後可在操作410中基於所偵測之BF（及DF）輸出束判定所檢測區之表面或近表面特性以發現在表面下方可能具有額外缺陷之候選位置。亦即，可藉由BF（及DF）輸出資料之分析來定位可含有不在表面上或在近表面處之缺陷之候選位置。

在一項實施例中，執行晶粒對晶粒、單元對單元或晶粒對資料庫比較以定位高於一特定臨限值之差，且然後可將此等差分類為特定缺陷類型。可判定此等缺陷類型中之某些缺陷類型以與較深缺陷相關。

可藉由BF通道與DF通道看見不同類型之缺陷或特性。BF輸出資料通常可用以偵測表面結構之平面變形形式之缺陷。例如，某些結構可顯得比其設計的大或小。BF輸出資料亦可(例如)以顏色改變之形式指示膜厚度之改變。BF回應之顏色改變亦可受材料本身之改變(例如，密度改變)影響。另外，已變得有缺陷(即使僅群組內之個別結構係有缺陷的)之結構群組可影響周圍結構。相比之下，DF輸出資料可偵測表面上之顆粒缺陷及粗糙度、一特定結構之結構高度之局部梯度等。

自BF或DF輸出資料獲得之某些缺陷或樣本特性類型可用以發現用於基於MOR之進一步再檢測的候選位置。例如，特定的Cu填充之穿矽通孔(TSV)或TSV結構之群組與其他TSV結構相比在一特定缺陷類型(例如，變形)或特性(例如，顏色)方面可具有一差異。可選擇此等TSV作為用於藉由基於MOR之模組之進一步再檢測的候選者。

在另一實例中，使用對區近點離角之一平均化BF/DF技術監視該程序。可監視樣本之每個區域之自BF/DF通道獲得之缺陷大小、計數或其他特性之平均值。例如，一特定區可具有比相同類型之結構之其他區大的平面結構，諸如TSV。偏離其他樣本區之平均值或中值達一預定臨限值的區可選擇作為用於基於MOR之較深再檢測的候選者。

另一選擇係，可選擇對一偏離區內之位置之一取樣以用於基於MOR之進一步再檢測。例如，可判定具有複數個TSV結構之一特定大區具有可包含或不包含TSV結構之較大結構。然後可選擇對此特定大區內之TSV結構或所有TSV結構之一取樣以用於基於MOR之再檢測。在一項實施例中，將候選TSV位置選擇為跨特定區分佈。

可在操作412中產生一泵浦束及探測束(例如，來自基於MOR之模組)並將其朝向樣本上之一第一候選位置引導。然後可在操作414中偵測回應於泵浦照明束及探測照明束而來自候選位置之一基於MOR之輸出束。將一經調變泵浦束引導至樣本上之第一候選位置處之一泵浦光點，且將一探測束引導至此泵浦光點之至少一部分。例如藉由如上所闡述之一PT-偵測器偵測來自探測束之反射信號。

可在操作415中根據基於MOR之輸出束判定在候選位置處在表面下方之一特徵特性。自基於MOR之模組獲得之反射率資料可用以發現缺陷或進一步表徵在候選位置處位於樣本中之深處的特徵。可使用一基於MOR之再檢測監視、量測或發現之較深缺陷及特徵特性可包含空隙、顆粒、缺失或添加之材料、側壁角度之改變、側壁距垂直之一偏差、一材料之密度改變等。

可分析已知深(或非表面)特性及缺陷之訓練集以判定其基於MOR之輸出信號。亦可產生及訓練模組以根據基於MOR之反射率輸出資料計算特定特性值或缺陷類型。

然後可在操作416中判定是否已再檢測到最後之候選者。若否，則可在操作418中使樣本相對於浦照明束及探測照明束移動以掃描下一候選位置。基於MOR之通道用以聚集針對每一候選位置之基於MOR之輸出資料，直至再檢測到最後之候選者。

在達到最後之候選位置之後，然後可在操作420中判定樣本是否合格。例如，判定缺陷是否係限制良率之缺陷或僅係妨害類型之缺

陷。可分析基於BF、DF及MOR之全部缺陷及特徵特性來判定樣本是否合格。亦可判定特定特徵特性是否不合規格。若樣本通不過，則可更改程序；可在操作422中修復樣本，或可捨棄樣本。在一項實施中，捨棄樣本並更改程序。若樣本合格，則過程400可結束，且樣本可用作一產品或經進一步處理。在進一步處理之後，可再次檢測樣本。

在一第一檢測遍次中使用BF/DF通道來發現用於基於MOR之進一步再檢測之候選位置可產生一更有效檢測程序。BF/DF掃描顯著快於一基於MOR之掃描。亦即，可使用一BF及/或DF檢測程序快速掃描樣本。然後可藉由一基於MOR之通道再次再檢測推測之候選位置。可將自基於MOR之再檢測獲得之資料添加至來自BF及/或DF檢測之資料，以便提供用於監視特徵特性或發現樣本上之缺陷的一更全面分析。

基於MOR之輸出資料可用以改良BF輸出資料及DF輸出資料之敏感度。在一TSV實例中，可藉由調整泵浦束調變頻率使銅之熱擴散長度顯著地變化。在低調變頻率下，系統之熱擴散長度及敏感性區域可為50  $\mu\text{m}$ 至100  $\mu\text{m}$ 大，從而允許Cu TSV結構中之深空隙的表徵(40  $\mu\text{m}$ 至60  $\mu\text{m}$ 深及3  $\mu\text{m}$ 至8  $\mu\text{m}$ 寬)。

BF模組亦可用以判定TSV是否在用一基於MOR之模組進行檢測之前已氧化。例如，可再檢測對TSV影像之一取樣以判定是否存在氧化物。在TSV結構之一基於MOR之探測期間存在氧化物可致使該氧化物被泵浦雷射燒盡並致使不可靠結果。自此等TSV結構或類似者移除氧化物可係有益的。若存在氧化物，則可拋光樣本(或實施某一其他技術)以便移除氧化物。然後可進行基於MOR之檢測。

BF模組亦可用以相對於一目標結構對準泵浦束及探測束。例如，BF輸出資料可用以對準泵浦束及探測束以便準確地探測目標結

構之一或多個特定目標位置。在一特定實例中，目標結構係一TSV結構。圖5係圖解說明根據本發明之一特定實施之用於對準基於MOR之照明束之一過程500的一流程圖。初始地，可在操作502中產生一BF照明束並用其在一目標結構上方進行掃描。然後可在操作504中偵測回應於BF照明束而來自目標結構之一BF輸出束。在一項實例中，可基於BF輸出束產生目標結構之一影像。

然後可在操作506中分析BF輸出束以判定經掃描目標結構上之一或多個目標位置。在一項實施例中，可判定目標之邊緣，且然後可針對基於MOR之探測判定目標之中心。舉例而言，可跨目標結構之寬度(或半徑)獲得一行像素，且此行可用以發現目標結構之中心。另一選擇係，可跨目標結構獲得兩個正交方向之像素以然後定位目標結構之一中心。

若目標結構與探測束相比係大的，則可將若干目標位置選擇為跨目標結構分佈，以便實質上覆蓋目標結構之區。在一分佈式探測方法中，可選擇一特定圖案之目標位置以用於系統地探測目標結構。在一項實例中，選擇自結構之中心螺旋出之一螺旋圖案之目標位置。在另一實例中，選擇可以一蛇形圖案跨目標進行掃描之一柵格狀位置。在TSV實例中，探測TSV以便覆蓋整個TSV結構。

一旦判定了一或多個目標位置，然後便可在操作508中產生一泵浦束及探測束並將其朝向樣本上之一第一目標位置引導。然後在操作510中偵測回應於泵浦照明束及探測照明束而來自目標位置之一基於MOR之輸出束。然後可在操作512中判定是否已到達最後之目標位置。亦即，判定探測圖案是否係完整的。若尚未到達最後之目標位置，則可在操作514中使樣本相對於泵浦照明束及探測照明束移動以掃描下一目標位置。

在探測到最後之目標位置之後，然後可在操作516中根據基於

MOR之輸出束判定在表面下方之目標結構的一特徵特性，如下文進一步闡述。可在任何數目個目標結構上重複對準過程500。

儘管用於表徵深缺陷或特徵之檢測系統及技術在本文中闡述為應用於某些類型之TSV結構，但應理解本發明之實施例可應用於任何適合3D或垂直半導體結構，諸如使用兆位元單元陣列電晶體(TCAT)、垂直堆疊陣列電晶體(VSAT)、位元成本可擴展技術(BiCST)、管狀BiCS技術(P-BiCS)等形成之NAND或NOR記憶體器件。垂直方向通常係垂直於基板表面之一方向。另外，可在製作流程之任一點處應用檢測實施例，該製作流程引起多個層形成在一基板上，且此等層可包含任何數目及類型之材料。

檢測/再檢測工具之光學佈局可不同於如上所闡述之光學佈局。舉例而言，物鏡透鏡可係諸多可能的佈局中之一者，只要透射塗層針對特定選定波長頻帶或次頻帶而經最佳化且跨每一波頻帶之像差經最小化即可。任何適合透鏡配置可用以引導每一照明束朝向樣本且引導自該樣本發出之輸出束朝向每一偵測器。系統之照明及聚集光學元件可係反射性或透射性的。輸出束可自樣本反射或散射或透射穿過樣本。

儘管出於清楚理解之目的已相當詳細地闡述了上述發明，但將瞭解可在隨附申請專利範圍之範疇內實踐某些改變及修改。應注意，存在實施本發明之程序、系統及裝置之諸多替代方式。因此，本發明實施例應視為說明性的而非限制性的，且本發明不應僅限於本文中所給出之細節。

#### **【符號說明】**

100	穿矽通孔結構
102	頂部金屬層
104	主動電路區

- 106 矽塊體
- 108 穿矽通孔
- 110 背部金屬部分
- 120 顆粒缺陷
- 122 空隙區
- 200 組合式裝置/系統/檢測系統
- 202a 明場源/光源
- 202b 暗場光源
- 202c 泵浦源/泵浦束源
- 202d 探測源/探測束源
- 203 調變器
- 204 中繼器
- 206 自動聚焦模組
- 210 物鏡
- 216 樣本/晶圓
- 217 任何適合透鏡或光學元件
- 218a 明場偵測器/
- 218b 暗場偵測器
- 218c 再檢測相機
- 218d 光熱偵測器
- 222a 鏡/束追蹤器
- 222b 鏡
- 222c 束追蹤器/鏡
- 222d 鏡
- 222e 鏡
- 222f 鏡

- 222g 鏡
- 222h 光學元件
- 222j 分束器
- 290 控制器及分析器/控制器或分析器/分析器及處理器/程序/  
控制器或分析器系統
- 300 系統/檢測系統
- 302a BF光源/光源
- 302b 泵浦源
- 302c 探測源
- 304 透鏡
- 305 照明選擇器
- 306 透鏡
- 310 控制器或分析器系統
- 312 分束器/透鏡及光學元件/透鏡
- 314 物鏡透鏡/透鏡
- 316 樣本
- 320 傅立葉平面中繼透鏡/透鏡及光學元件/透鏡
- 322 成像孔隙/孔隙
- 324 變焦透鏡
- 326a 偵測器
- 326b PT偵測器
- 332a 分束器/透鏡及光學元件
- 332b 分束器/透鏡及光學元件
- 332c 分束器/透鏡及光學元件
- 334a 透鏡及光學元件
- 334b 透鏡及光學元件
- 336 透鏡

## 申請專利範圍

1. 一種用於在一半導體樣本中偵測缺陷或再檢測缺陷之系統，該系統包括：
  - 一明場(BF)模組，其用於將一BF照明束引導於一樣本上之一BF光點上並偵測回應於該BF照明束被引導於該BF光點上而自該樣本上之該BF光點反射之一輸出束；
  - 一經調變光學反射比(MOR)模組，其用於將一泵浦束引導至該樣本上之一泵浦光點，將一探測束引導至該樣本上之一探測光點，以及偵測回應於該泵浦束及該探測束而來自該探測光點之一MOR輸出束，其中該探測光點與該泵浦光點重合；及
  - 一處理器，其可操作以執行或引起以下操作：
    - 致使該BF模組用該BF照明束在該樣本上之複數個BF光點上進行掃描並偵測來自該複數個BF光點之一輸出束；
    - 致使該MOR模組分別地用該泵浦束及該探測束在複數個泵浦光點及探測光點上進行掃描，並偵測來自該複數個探測光點之一MOR輸出束；
    - 分析來自該複數個BF光點之該BF輸出束以偵測該樣本之一表面上或該表面附近之一或多個缺陷；及
    - 分析來自該複數個探測光點之該MOR輸出束以偵測在該樣本之該表面下方之一或多個缺陷。
2. 如請求項1之系統，其中該BF模組及該MOR模組共用一物鏡。
3. 如請求項1之系統，其進一步包括：
  - 一暗場(DF)模組，其用於將一DF照明束引導於該樣本上之一DF光點上並偵測回應於該DF照明束被引導於該DF光點上而自該樣本上之該DF光點散射之一輸出束。

4. 如請求項3之系統，其中該處理器經組態以致使該BF照明束及該DF照明束在用該泵浦束及該探測束進行掃描之前掃描該樣本，其中該處理器進一步經組態以用於基於在藉由該BF照明束及該DF照明束掃描該整個樣本或該樣本之一部分之後分析該BF輸出束及該DF輸出束來判定用於用該泵浦束及該探測束進行掃描之一或多個目標位置。
5. 如請求項3之系統，其中該BF模組及該DF模組共用一光源用來產生該BF照明束及該DF照明束。
6. 如請求項3之系統，其中該BF模組具有用於產生該BF照明束之一BF光源，且該DF模組具有用於產生該DF照明束之一DF光源。
7. 如請求項6之系統，其中該MOR模組包括：
  - 一泵浦雷射源，其用於產生介於約400 nm與600 nm之間的一波長範圍之該泵浦束；
  - 一調變器，其用於組態該泵浦雷射源以調變該泵浦束；
  - 一探測連續波(CW)雷射源，其用於產生介於約600 nm與800 nm之間的一波長範圍之該探測束；
  - 照明光學器件，其用於引導該泵浦束及探測束朝向該樣本；
  - 聚集光學器件，其用於引導該MOR輸出束朝向一光熱偵測器；及
  - 該光熱偵測器，其用於偵測該MOR輸出束並產生經過濾以隔離與對該泵浦束之調變同步之改變的一輸出信號。
8. 如請求項7之系統，其中該BF模組包括：
  - 一BF光源，其用於產生該BF照明束；
  - 照明光學器件，其用於引導該BF照明束朝向該樣本；
  - 聚集光學器件，其用於引導該BF輸出束朝向一BF偵測器；及
  - 該BF偵測器，其用於偵測該BF輸出束。

9. 如請求項8之系統，其中該BF模組之該等照明光學器件與該MOR模組之該等照明光學器件共用一或多個組件，其中該BF模組之該等聚焦光學器件與該MOR模組之該等聚焦光學器件共用一或多個組件。
10. 如請求項1之系統，其中在該表面下方之該一或多個缺陷包含一或多個空隙。
11. 如請求項1之系統，其中在該表面下方之該一或多個缺陷包含一材料之密度改變或一側壁角度之改變。
12. 如請求項1之系統，其中在該表面下方之該一或多個缺陷存在於一或多個穿矽通孔(TSV)結構內。
13. 如請求項1之系統，其進一步包括一自動聚焦模組，該自動聚焦模組用於引導一自動聚焦束朝向該樣本並偵測回應於該自動聚焦束而來自該樣本之一反射束，且調整該系統之一焦點，其中該BF模組、該MOR模組及該自動聚焦模組共用一物鏡。
14. 如請求項1之系統，其中該處理器經組態以致使該BF照明束、該泵浦束及該探測束同時進行掃描。
15. 如請求項1之系統，其中該BF模組及該MOR模組共用一相同偵測器來偵測該BF輸出束及該MOR輸出束。
16. 一種在一半導體樣本中偵測缺陷或再檢測缺陷之方法，該方法包括：
  - 用一明場(BF)照明束掃描一樣本部分；
  - 在該BF束在該樣本部分上方進行掃描時，偵測自該樣本部分反射之一BF輸出束；
  - 基於該所偵測之BF輸出束判定該樣本部分之表面或近表面特性；
  - 基於該樣本部分之該等所判定表面或近表面特性發現該樣本

部分內之在該樣本之一表面下方可能具有額外缺陷之候選位置，該等所判定表面或近表面特性係基於該所偵測之BF輸出束判定的；

將一經調變泵浦束及一探測束引導於每一候選位置處；

偵測回應於每一探測束被引導至每一候選位置而來自每一候選位置之一經調變光學反射率信號；及

基於自每一候選位置偵測之該經調變光學反射率信號判定在此候選位置處該表面下方之一特徵特性。

17. 如請求項16之方法，其進一步包括：

偵測在該BF束在該樣本部分上方進行掃描時或回應於用一暗場(DF)束在該樣本部分上方進行掃描而自該樣本部分散射之一暗場輸出束；

基於該所偵測之DF輸出束判定該樣本部分之表面或近表面特性；及

基於該樣本部分之該等表面或近表面特性發現第二複數個候選位置，該等表面或近表面特性係基於該所偵測之DF輸出束；

偵測回應於每一探測束被引導至每一第二候選位置而來自每一第二候選位置之一經調變光學反射率信號；及

基於自每一第二候選位置偵測之該經調變光學反射率信號判定在此第二候選位置處在該表面下方之一特徵特性。

18. 如請求項17之方法，其中藉由使表面或近表面特性與表面下缺陷之一存在相關來發現該等第一及第二候選位置。

19. 如請求項18之方法，其中該等第一及第二候選位置各自與具有與該樣本部分之一平均值偏離達一預定量之一或多個表面或近表面特性的該樣本部分之一子區相關聯。

20. 如請求項19之方法，其中該等第一及第二候選位置中之至少一

者具有穿矽通孔(TSV)。

21. 如請求項19之方法，其中將該等第一及第二候選位置選擇為跨其相關聯子區分佈。
22. 如請求項16之方法，其進一步包括：
  - 判定該等表面或近表面特性是否指示該表面上之氧化之一存在；及
  - 在將該經調變泵浦束及該探測束引導於每一候選位置處之前移除該氧化。
23. 如請求項16之方法，其中基於一結構之一影像而將該等候選位置中之至少一些候選位置各自選擇為居中於此結構上，該影像係基於該BF輸出束產生的。
24. 如請求項16之方法，其中基於一結構之一影像而進一步將該等候選位置中之至少一些候選位置選擇為跨此結構分佈，該影像係基於該BF輸出束產生的。

# 圖式

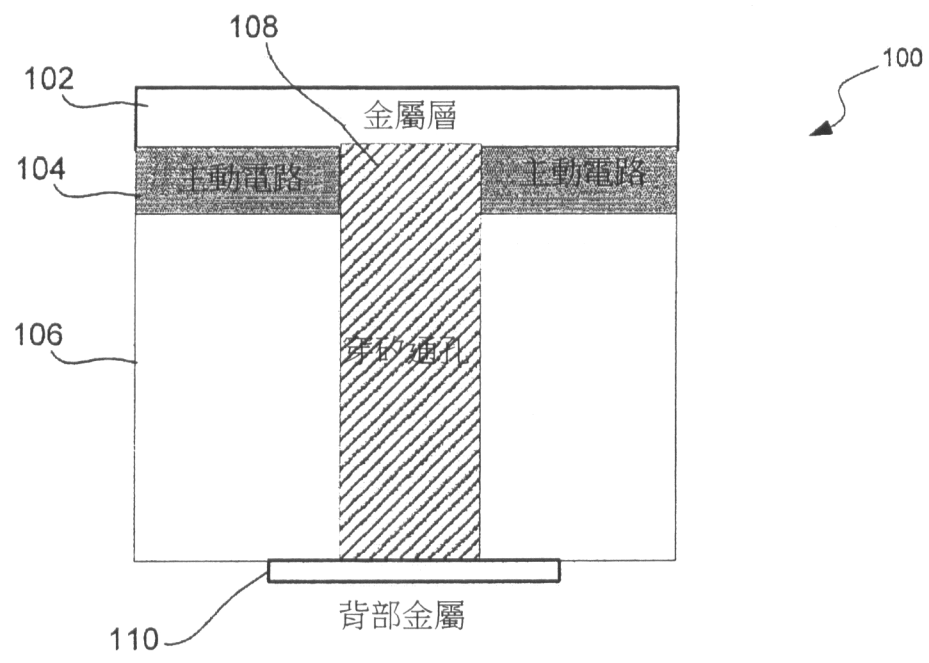


圖 1A

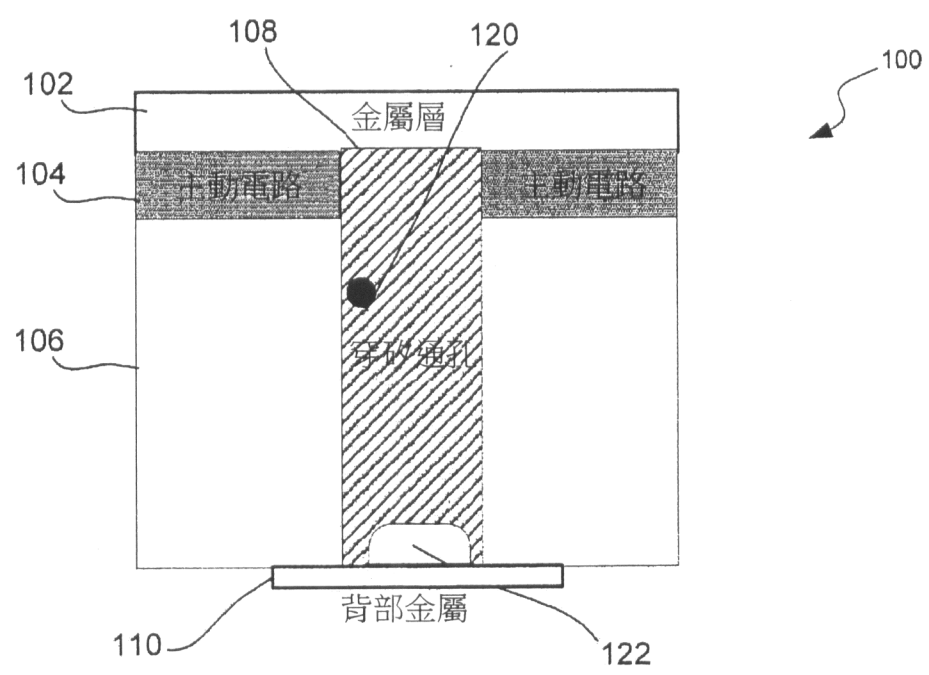


圖 1B

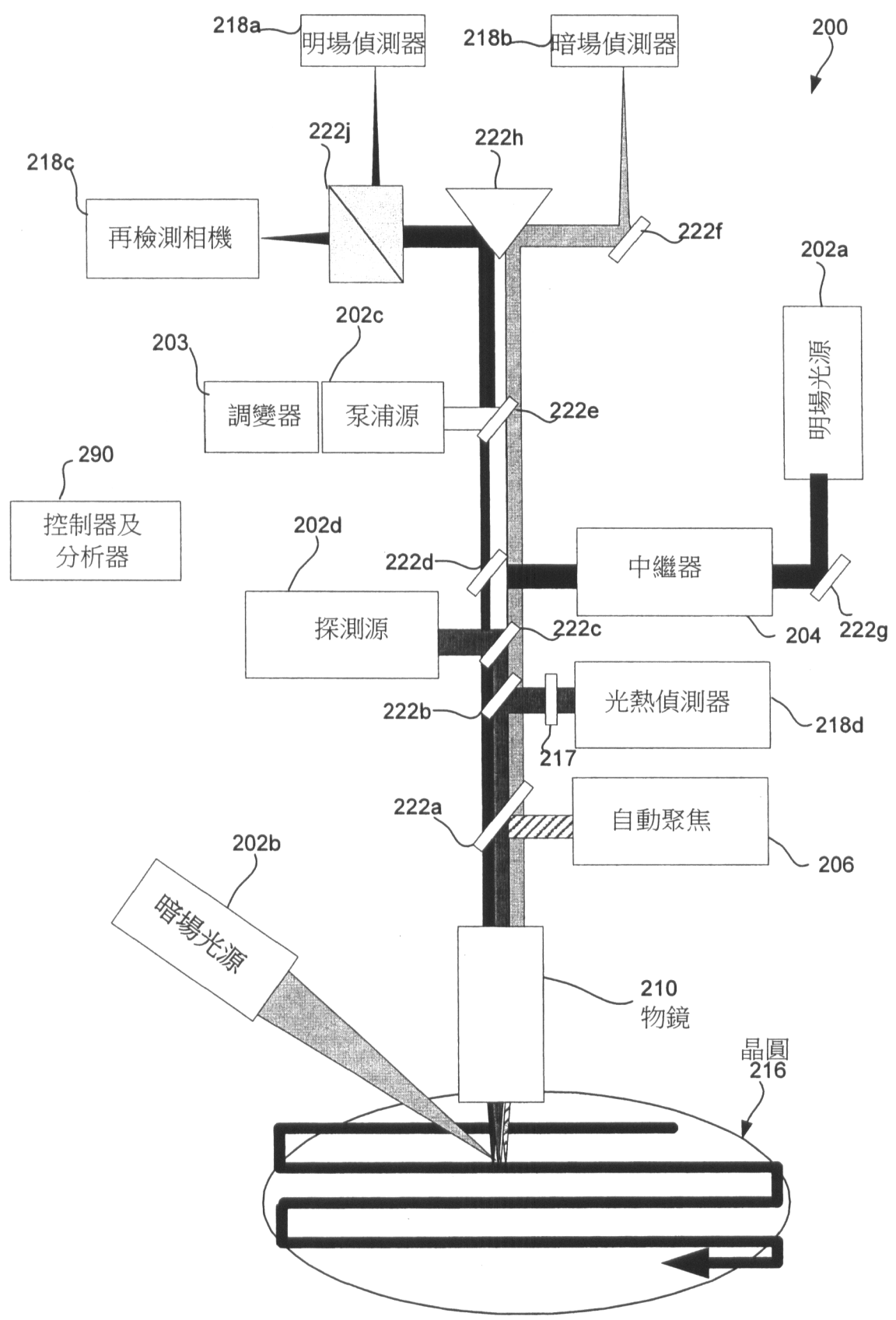


圖 2

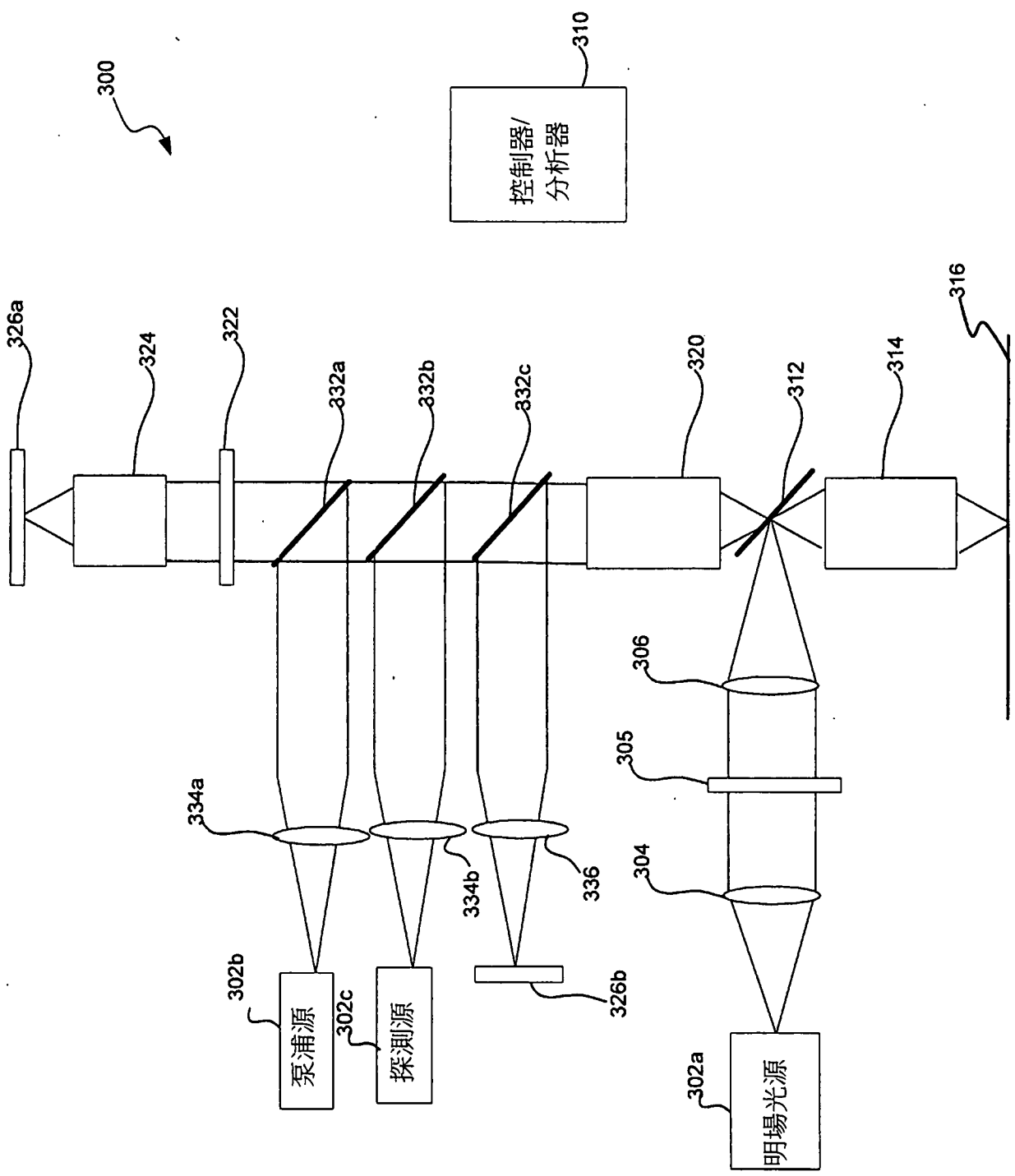


圖 3

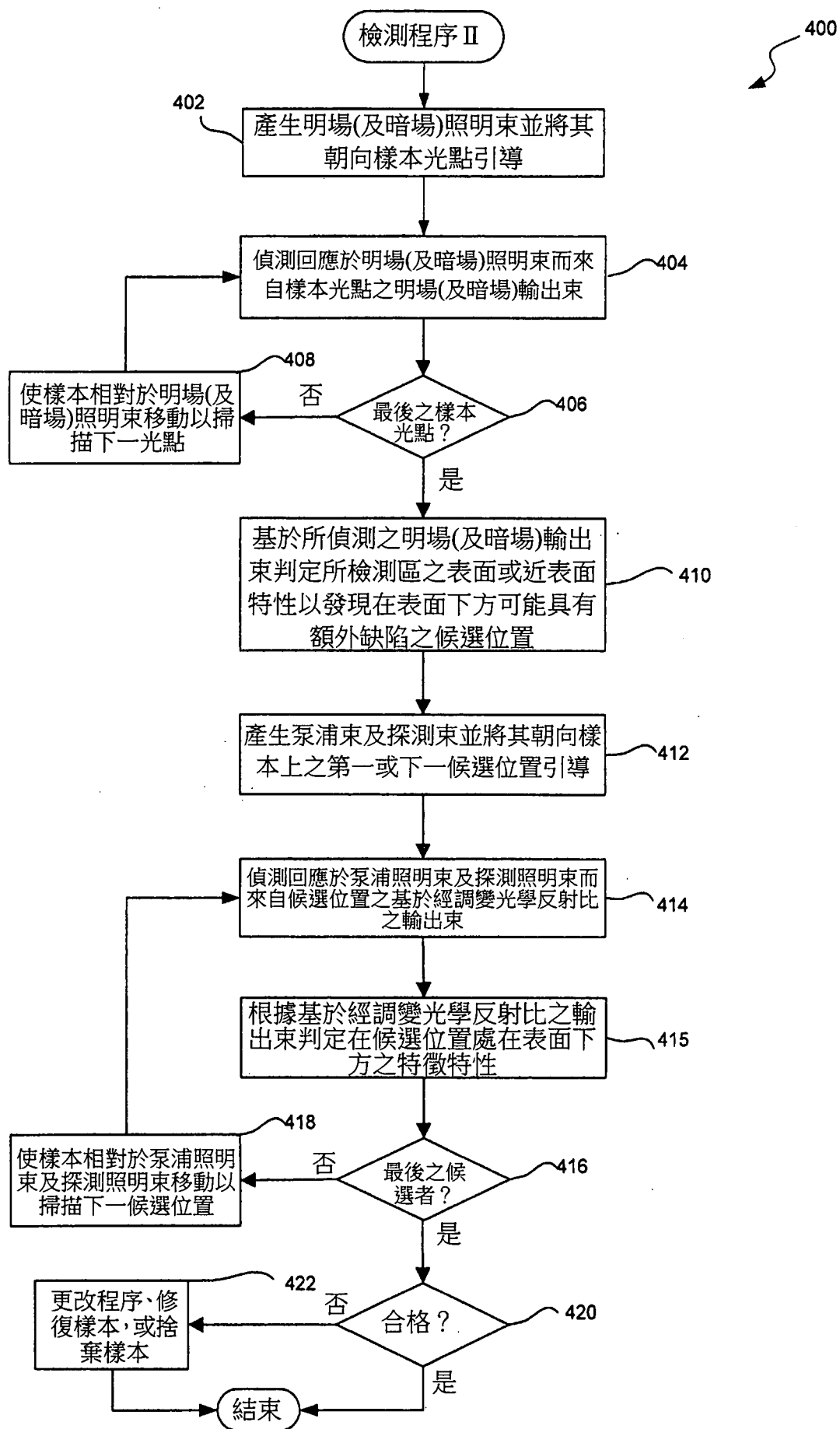


圖 4

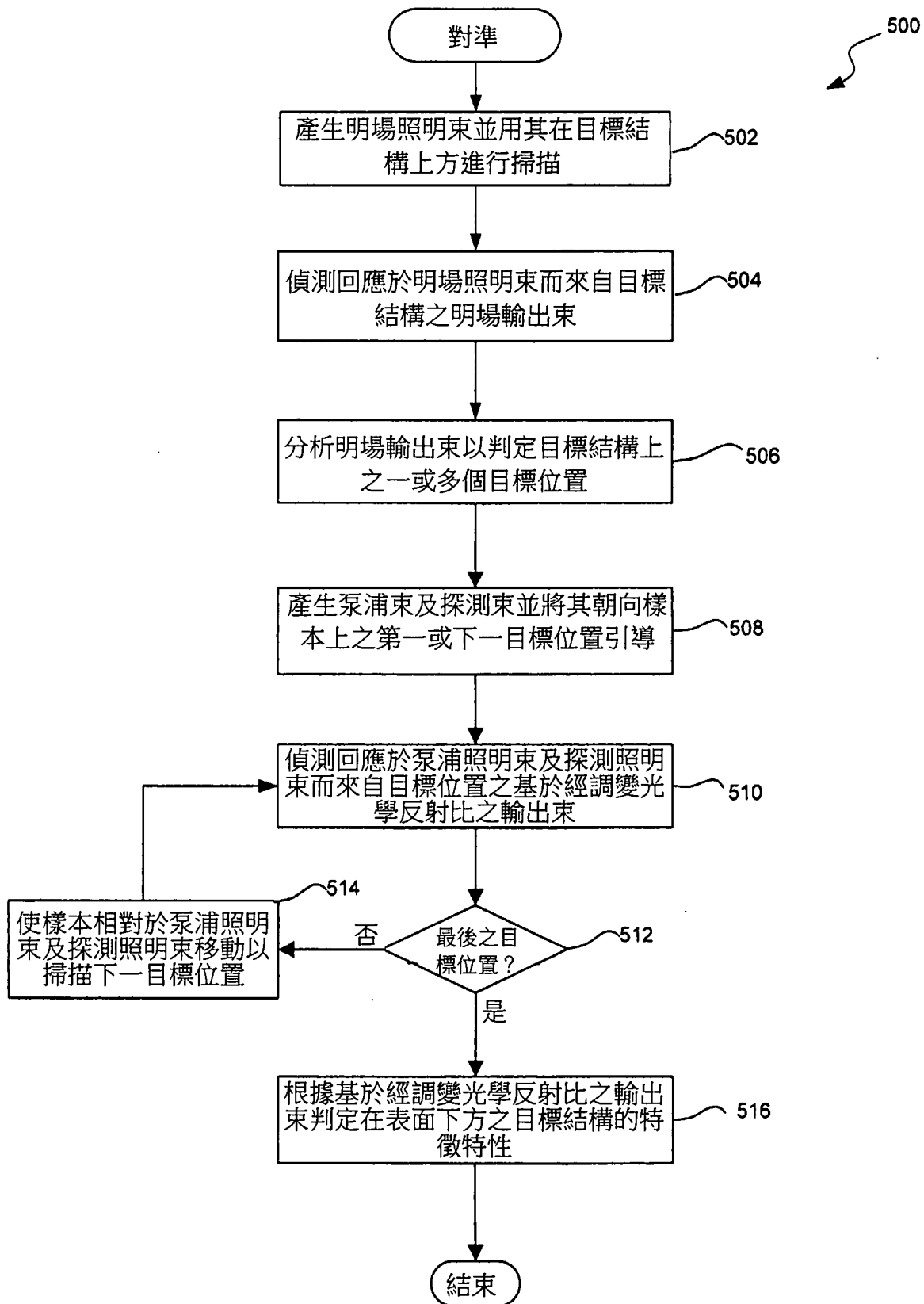


圖 5