



(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 I416272 B

(45)公告日：中華民國 102 (2013) 年 11 月 21 日

(21)申請案號：098106000

(22)申請日：中華民國 98 (2009) 年 02 月 25 日

(51)Int. Cl. : G03F7/20 (2006.01)

G01B11/30 (2006.01)

G01B11/24 (2006.01)

(30)優先權：2008/02/28 日本

2008-048176

(71)申請人：佳能股份有限公司 (日本) CANON KABUSHIKI KAISHA (JP)

日本

(72)發明人：山口涉 YAMAGUCHI, WATARU (JP)；松本隆宏 MATSUMOTO, TAKAHIRO (JP)；稻秀樹 INA, HIDEKI (JP)

(74)代理人：林志剛

(56)參考文獻：

US 4864123

US 6249351B1

審查人員：呂燦

申請專利範圍項數：11 項 圖式數：24 共 0 頁

(54)名稱

表面形狀量測設備、曝光設備以及裝置製造方法

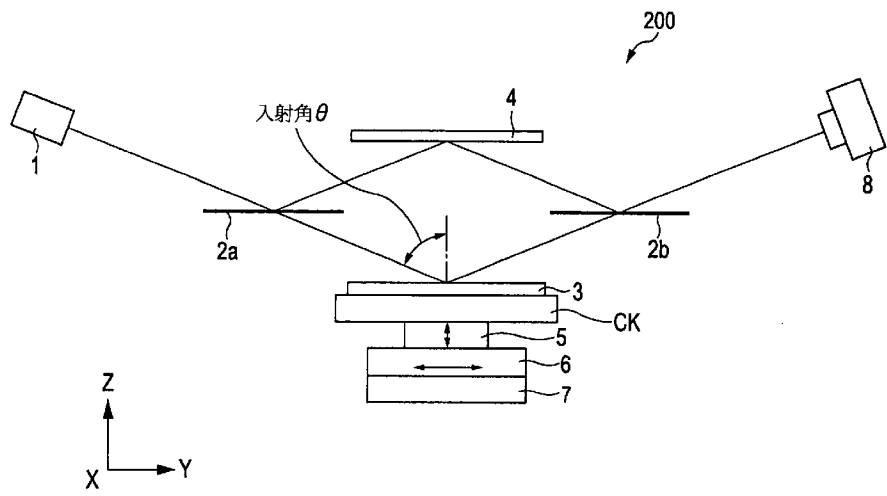
SURFACE SHAPE MEASURING APPARATUS, EXPOSURE APPARATUS, AND DEVICE
MANUFACTURING METHOD

(57)摘要

一種表面形狀量測設備，包括照射系統及光接收系統。照射系統將來自光源的寬頻帶光分裂為量測光及參考光，照射量測光使其傾斜地進入膜的表面，以及照射參考光使其傾斜地進入參考鏡。光接收系統使藉由膜之表面所反射的量測光以及藉由參考鏡所反射的參考光彼此組合，以及將組合的光導至光電轉換元件。於膜之表面的量測光之入射角以及於參考鏡之參考光的入射角各者皆大於布魯斯特(Brewster)角。進入基材之表面的量測光中所包括的 s 極化光以及 p 極化光對於光電轉換元件具有相同的強度。

A surface shape measuring apparatus includes an illumination system and a light receiving system. The illumination system splits wide-band light from a light source into measurement light and reference light, illuminates the measurement light to obliquely enter a surface of the film, and illuminates the reference light to obliquely enter a reference mirror. The light receiving system combines the measurement light reflected by the surface of the film and the reference light reflected by the reference mirror with each other and introduces the combined light to a photoelectric conversion element. An incident angle of the measurement light upon the surface of the film and an incident angle of the reference light upon the reference mirror are each larger than the Brewster's angle. s-polarized light and p-polarized light included in the measurement light entering a surface of the substrate have equal intensity on the photoelectric conversion element.

圖 1



- 1 . . . 光源
- 2a . . . 光束分裂器
- 2b . . . 光束分裂器
- 3 . . . 基材
- 4 . . . 参考鏡
- 5 . . . Z 架台
- 6 . . . Y 架台
- 7 . . . X 架台
- 8 . . . 影像拾取裝置
- 200 . . . 表面形狀量測設備

發明專利說明書

(本申請書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：98106000

G03F 7/20 (2006.01)

※申請日：98 年 02 月 25 日

※IPC 分類：G01B 11/30 (2006.01)

G01B 11/44 (2006.01)

一、發明名稱：(中文／英文)

表面形狀量測設備、曝光設備以及裝置製造方法

Surface shape measuring apparatus, exposure apparatus, and device manufacturing method

二、中文發明摘要：

一種表面形狀量測設備，包括照射系統及光接收系統。照射系統將來自光源的寬頻帶光分裂為量測光及參考光，照射量測光使其傾斜地進入膜的表面，以及照射參考光使其傾斜地進入參考鏡。光接收系統使藉由膜之表面所反射的量測光以及藉由參考鏡所反射的參考光彼此組合，以及將組合的光導至光電轉換元件。於膜之表面的量測光之入射角以及於參考鏡之參考光的入射角各者皆大於布魯斯特 (Brewster) 角。進入基材之表面的量測光中所包括的 s 極化光以及 p 極化光對於光電轉換元件具有相同的強度。

三、英文發明摘要：

SURFACE SHAPE MEASURING APPARATUS, EXPOSURE APPARATUS, AND
DEVICE MANUFACTURING METHOD

A surface shape measuring apparatus includes an illumination system and a light receiving system. The illumination system splits wide-band light from a light source into measurement light and reference light, illuminates the measurement light to obliquely enter a surface of the film, and illuminates the reference light to obliquely enter a reference mirror. The light receiving system combines the measurement light reflected by the surface of the film and the reference light reflected by the reference mirror with each other and introduces the combined light to a photoelectric conversion element. An incident angle of the measurement light upon the surface of the film and an incident angle of the reference light upon the reference mirror are each larger than the Brewster's angle. S-polarized light and p-polarized light included in the measurement light entering a surface of the substrate have equal intensity on the photoelectric conversion element.

四、指定代表圖：

(一)、本案指定代表圖為：第 (1) 圖。

(二)、本代表圖之元件符號簡單說明：

1：光源

2a：光束分裂器

2b：光束分裂器

3：基材

4：參考鏡

5：Z 架台

6：Y 架台

7：X 架台

8：影像拾取裝置

200：表面形狀量測設備

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：無



六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於表面形狀量測設備以及曝光設備。

【先前技術】

說明相關於表面形狀量測設備及採用前者的曝光設備之先前技術與需要高精確度表面形狀量測之半導體曝光設備。

當藉由使用光微影（印刷）技術而製造微結構半導體裝置或液晶顯示裝置時，經由投影光學系統，使用投影曝光設備以投影及轉移繪製於光罩（遮罩）上的電路圖案至晶圓上。

於投影曝光設備中，較高封裝密度的半導體裝置造成需要以較高解析功率投影光罩上的電路圖案至供曝光的晶圓。投影曝光設備中可轉移的最小臨界尺寸（解析度）係成比例於曝光中所使用之光的波長，以及係反向成比例於投影光學設備的數值孔徑（NA）。因此，設定曝光波長為較短值，獲得較高的解析功率。為此緣故，近來已將投影曝光設備中所使用的光源自超高壓水銀燈（即 g 線（波長約 436 nm）或 i 線（波長約 365 nm））改變成 KrF 準分子雷射（波長約 248 nm）或 ArF 準分子雷射（波長約 193 nm），其發射較短波長的光。亦研究浸潤曝光的實際使用。另外，需要更加寬的曝光區域。

為符合該等需要，主要曝光設備係由步進-及-重複形

式（亦稱為“步進器”），其中藉由單次曝光以縮減尺寸於晶圓上印刷實質上為正方形的曝光區域，改變成步進-及-掃描形式（亦稱為“掃描器”），其中曝光區域具有矩形狹縫形狀，以及可藉由以高速相對掃描光罩及晶圓而以較高精確度曝光較大目標區域。

於掃描器中，於曝光期間，於晶圓上預定的位置到達曝光狹縫區域之前，藉由呈光傾斜-入射系統形式之表面位置偵測單元而量測於預定晶圓位置的晶圓表面位置（即，投影光學系統的光學軸之方向中的位置，亦稱為焦點）。根據量測結果，當曝光預定晶圓位置時，實施修正使得晶圓表面對準供曝光的最佳焦點位置。

特別是，於曝光狹縫之縱長方向（與掃描方向垂直之方向）的曝光狹縫區域中設定複數個量測點以不僅量測晶圓表面位置的高度（焦點），並且量測晶圓表面傾斜。已提出許多測量焦點及傾斜的方法。例如，日本專利公開第 06-260391 號及美國專利第 6,249,351 號提出使用光學感測器作為量測晶圓表面位置的方法。PCT 國內公開第 2006-514744 號提出使用組態的氣體線規感測器以噴灑空氣至晶圓並且量測晶圓表面位置。亦提出另一使用靜電電容感測器的方法。

然而，近年來因較短曝光光線波長及較大投影光學系統 NA 的趨勢，焦點深度變得非常小，以及使待曝光的晶圓表面與最佳焦點平面對準之精確度（即所謂的聚焦精確度）的需求已提高至更高的水準。特別是，即便當量測錯

誤係晶圓上圖案的影響及晶圓上所塗覆之光阻的厚度變化所引起時，不可忽略表面位置偵測單元的量測錯誤。

例如，因光阻厚度的變化，於接近周邊電路圖案處產生對焦點量測為明顯之程度的階梯狀高度差異及刻線，即使與焦點深度相較為小。因此，光阻表面的傾斜角度增加，以及於藉由表面位置偵測單元所偵測的反射光中，於經反射或折射之後，來自光阻後表面的反射光由鏡面反射角偏移。另外，因晶圓上之圖案的密度差異，圖案緻密區域與圖案粗糙區域間之反射率不同。因此，於藉由表面位置偵測單元所偵測的經反射光中，來自光阻後表面之經反射的光之反射角及反射強度改變，以及藉由偵測經反射的光所獲得的波形變得不對稱以及產生量測錯誤。

圖 19 闡述對基材 SB 照射量測光 MM 的情況，於日本專利公開第 06-260391 號中所提出之光學感測器中，SB 於不同區域之反射率不同。於所闡述的情況中，量測光線 MM 相對於不同反射率區域之間的邊界線處以 α 角度傾斜，使得於 α' 所表示之方向中實施量測。圖 20 闡述於 β' 所表示之方向中三個彼此分開的橫截面處，即橫截面 AA'、BB' 及 CC'，之經反射的光之強度分佈。經反射的光於橫截面 AA' 及 CC' 具有良好對稱。於包括不同反射率區域的橫截面 BB' 處，經反射的光具有不對稱廓型。換句話說，經反射的光之重心（barycenter）自預定位置偏移，以及產生量測錯誤。因此，藉由接收經反射的光所偵測的波形信號變得不對稱以及所偵測之信號波形的對比顯著劣化

，因此造成精確量測晶圓面位置的困難。此困難導致大的失焦及晶片損壞。

如前述，取決於晶圓上的圖案經反射的光之強度因藉由自光阻的前及後表面之經反射的光所產生的干涉而改變。因此，於一些情況中，藉由接收經反射的光難以精確地偵測晶圓表面上的位置。

圖 23 闡述美國專利第 6,249,351 號中所揭露之表面形狀量測設備的結構。所揭露的表面形狀量測設備包括光源 101、透鏡 103、光束分裂器 105、參考鏡 130、呈繞射光柵形式之光束組合器 170、透鏡 171、透鏡 173，以及光電轉換元件 175。於該表面形狀量測設備中，光係傾斜地照射至樣本 360，以及藉由光電轉換元件 175 所偵測的干涉信號而決定樣本 360 的形狀。藉由光電轉換元件 175 所接收的光包括自光阻的前表面所反射的光及自光阻的後表面所反射的光。此提高了精確地量測光阻之前表面形狀的難度。圖 21 闡述習知設備中所獲得的干涉信號，圖 23 闡述於垂直樣本表面的方向中藉由致動器 397 掃描樣本 360。當量測晶圓上無圖案的樣本時獲得圖 21 中之干涉信號，以及當樣本上僅塗覆光阻時獲得圖 22 中所闡述者。因為所接收的光不僅包括來自光阻的前表面之經反射的光亦包括來自光阻的後表面之經反射的光，於此狀態下量測形成的干涉信號使得藉由來自光阻的後表面之經反射的光所產生的干涉以疊加方式影響藉由來自光阻的前表面之經反射的光所產生的干涉。此導致僅使用來自光阻的前表面

之經反射的光精確地偵測光阻前表面之高度資訊的難度。爲於分開來自光阻的前及後表面之經反射的光同時量測干涉信號，美國專利第 6,249,351 號提出一種藉由增加於基材的入射角而增加光阻的前表面之反射率的方法。美國專利第 6,249,351 號說明，與來自光阻的後表面之經反射的光相較，所提出的方法有效於相對地增強來自基材上之光阻的前表面之經反射的光。

然而，當基材由 Al 或 Cu 所構成且具有高反射率，光阻的後表面（即光阻/基材介面）具高程度反射率使得無法充分抑制來自光阻的後表面之經反射的光之影響，即便當設定於基材上之光的入射角爲大的值之時。因此，錯誤由量測光阻前表面形成的值所產生。

另外，當如 PCT 國內公開第 2006-514744 號中所述使用氣體線規感測器時，發生氣體中所混合之細顆粒亦被噴灑至晶圓上的特定問題，且不能於真空下操作之曝光設備，如使用超紫外光的 EUV（超紫外光）曝光設備，中使用氣體線規感測器，因爲真空度因經噴灑的氣體而下降。

【發明內容】

根據本發明之一面向，表面形狀量測設備可高精確地量測表面形狀而不會受到基材之反射率分佈及膜所引起之干涉的影響。

本發明之另一面向，提供一種表面形狀量測設備，係組態以量測基材上所形成之膜的表面形狀。表面形狀量測

設備包括照射系統，係配置以將來自光源的寬頻帶光分裂成爲量測光及參考光，量測光係照射以傾斜地進入膜的表面，參考光係照射以傾斜地進入參考鏡；光接收系統，係配置以使藉由膜之表面所反射的量測光及藉由參考鏡所反射的參考光彼此組合，以及將組合的光導至光電轉換元件；以及處理單元，係組態以基於藉由光電轉換件所偵測的干涉信號而計算膜之表面形狀。於膜之表面的量測光之入射角及於參考鏡之參考光的入射角各者皆大於布魯斯特（Brewster）角。進入基材表面之量測光中所包括的 s 極化光及 p 極化光對於光電轉換元件具有相同強度。

利用根據本發明之一面向的表面形狀量測設備，基於當入射角大於布魯斯特角時 p 極化光之相位改變的性質，藉由抑制藉由來自光阻（膜）的後表面所反射的光之影響可減少光學量測中所產生的錯誤。因此，表面形狀量測設備能夠精確地量測如設置光阻之膜的前表面位置。另外，提供一種曝光設備，相關於小的焦點深度其可實現高焦點精確度，且其可增加良率。

參考隨附圖式，由以下例示性實施例之說明，本發明的其他特徵將顯而易見。

【實施方式】

於以下參考隨附圖式將說明本發明之例示性實施例。要注意的是，於所有圖式中，以相同元件符號表示相同的分量並省略重複的描述。

圖 1 為根據本發明之第一例示性實施例之表面形狀量測設備 200 的方塊圖。表面形狀量測設備 200 係組態以於高度方向（Z 方向）中偵測於基材 3 上之膜，即量測目標於其表面具有膜，的表面位置之設備。更具體地，表面形狀量測設備 200 包括各發射寬頻帶光之如鹵素燈或 LED（包括所謂的白光 LED）的光源 1、光束分裂器（BS）2a，係配置以分行光，以及表面夾頭 CK，係配置以固持量測目標 3。另外，表面量測設備 200 包括 Z 架台 5、Y 架台 6，以及 X 架台 7，其係組態以對準量測目標的位置、參考鏡 4、光束分裂器（BS）2b，係配置以將藉由參考鏡 4 所反射的光及藉由基材 3 所反射的光彼此組合，以及影像拾取裝置 8，如 CCD 或 CMOS 感測器。於此例示性實施例中，於基材 3 之表面上形成光阻作為膜。

以下將說明各種分量的功能及實例。於圖 1 中，由光源 1 所發射的光經光束分裂器 2a 分裂成兩個光束，其各具有實質上為所發射光之一半的光量。兩個光束以相同的入射角 θ 分別進入基材 3 及參考鏡 4。

可設定光源 1 的波長頻帶以包含自 400 nm 至 800 nm 的波長。然而，波長頻帶不受限於此範圍且設定波長頻帶不低於 100 nm 係所欲者。當於基材 3 上形成光阻時，為防止光阻敏化的緣故，不應以波長不大於紫外光（350 nm）之光照射基材 3。

使用厚膜，如金屬膜或介電多層膜，作為分裂膜，或是由膜所形成之厚度為約 $1\ \mu\text{m}$ 至 $5\ \mu\text{m}$ 的膜（由 SiC 或

SiN 所構成) 光束分裂器，光束分裂器 2a 係可形成為立方光束分裂器。

藉由光束分裂器 2a 分裂之量測光及參考光，量測光係照射基材 3 並於藉由基材 3 所反射後進入光束分裂器 2b。另一方面，參考光係照射參考鏡 4 並於藉由參考鏡 4 所反射之後進入光束分裂器 2b。可由玻璃平面鏡形成參考鏡 4，其表面精確度為約 10 nm 至 20 nm。

經由光束分裂器 2b，藉由基材 3 所反射的量測光及藉由參考鏡 4 所反射的參考光彼此組合，以及被影像拾取裝置 8 所接收。藉由疊加由基材 3 所反射的量測光與由參考鏡 4 所反射的參考光所產生的干涉光進入影像拾取裝置 8 的光接收表面。光束分裂器 2b 可與光束分裂器 2a 相同。

於此第一例示性實施例中，於基材 3 及參考鏡 4 的入射角、參考鏡 4 的物理性質、光極化狀態三者為抑制來自基材上之膜的後表面之反射光影響的重要因素。將於以下說明這些因素。

首先，於此第一例示性實施例中，係照射參考光及量測光以大於布魯斯特角（亦稱為極化角）之入射角進入參考鏡 4 及基材 3 上之膜的前表面，反射光之 p 極化分量的相位經反轉。參考圖 2 說明該特徵。圖 2 為闡述相關於圖 3 之結構中的入射角針對各 s 極化光及 p 極化光之反射率大小改變之圖。於此，假設光阻的反射率（表示針對波長為 550 nm 的光之值）為 1.5。如圖 2 中所見，相關於光阻

之入射角 θ 的完全改變，s 極化光之反射率大小為負。另一方面，於入射角 θ 為約 57 度時 p 極化光之反射率大小變為 0，以及於更大入射角時其正負號由正變負。當 p 極化光的反射率大小變為 0 時之入射角係稱為布魯斯特角或極化角。因此，當入射角大於布魯斯特角時，s 極化光及 p 極化光兩者之反射率大小為負且兩者同相。

圖 4 闡述由如 Al 或 Cu 所構成之高反射率基材的結構。術語“高反射率基材”所指不僅是基材本身具高反射率，亦指其中於 Si 基材上形成之膜具高反射率的基材。圖 5A 及 5B 為闡述當高反射率基材具有圖 4 之結構時，反射的光中所包括之 s 極化光及 p 極化光之相位改變的圖。由圖 5A 可見，當光阻前表面的入射角 θ 大於布魯斯特角時，來自光阻前表面之反射的光中之 p 極化分量的相位係反轉，以及 s 極化光及 p 極化光同相位。另一方面，根據史奈爾定律 (Snell's law) 因光阻中的折射角 θ' 小於光阻前表面的入射角，於基材的入射角變為小於布魯斯特角。因此，如圖 5B 中可見，來自光阻後表面（即光阻/基材介面）之反射的光中所包括之 s 極化光分量與 p 極化光分量之間產生約 π 的相位差。

如圖 5A 中說明，光係以大於布魯斯特角之入射角進入參考鏡 4，使得反射光中所包括的 s 極化光分量與 p 極化光分量兩者同相位。另外，考量干涉信號的對比，以特定材料構成參考鏡 4 之基材及基材上所形成之膜係所欲者。例如，可由折射率接近基材 3 上之光阻的折射率之材料

構成膜，諸如 SiO_2 、 SiN 或 SiC 。因為供白光干涉之同調長度僅數微米，由厚度不小於數微米之基材構成參考鏡 4 係所欲者，以防止藉由來自參考鏡之後表面的反射光所引起之干涉。替代地，可於參考鏡 4 之基材上形成折射率接近量測目標基材上之光阻的折射率之厚度為數微米或更厚的膜。

圖 6 闡述當入射光以 80° 之入射角進入具圖 4 的結構之基材時，所量測之干涉信號的模擬波形。於模擬中，設定光阻的膜厚度為 $2\ \mu\text{m}$ ，使得來自光阻前表面之反射光所形成的干涉信號與來自光阻後表面之反射光所形成的干涉信號彼此分開。因為來自光阻前表面之反射光及自光阻後表面之反射光同相位，來自光阻前表面之反射光所形成的干涉信號之 s 極化光分量與 p 極化光分量之間無相移。另一方面，因為來自光阻後表面之反射光所形成的干涉信號含有介於來自光阻後表面之反射光與來自參考鏡之反射光之間的相位差 π ，針對 s 極化光分量及 p 極化光分量之干涉信號的波形之相位彼此相反。因此，藉由實施調整，使得量測光及參考光包括相同強度的 s 極化光及 p 極化光，來自光阻後表面之反射光的 s 極化光分量及 p 極化光分量彼此相消。因而可降低來自光阻後表面之反射光的信號強度。

因此，藉由滿足三個條件，即入射角 θ 大於布魯斯特角、參考鏡 4 使用折射率接近光阻折射率的材料，以及非極化，可精確地量測基材表面的位置。

大致上，來自光源之光極化。於干涉儀中，即便當來自光源之光所包括的 s 極化光及 p 極化光具相同強度，光束分裂器對兩極化光之反射率及透射率不同。此造成難以令來自光阻後表面之反射光所形成的干涉信號中之 s 極化光及 p 極化光完全相互匹配。換句話說，例如當導入非極化狀態之光時，來自光阻後表面之反射光所形成的干涉信號中的 s 極化光及 p 極化光不會完全彼此相消，並且於一些情況中妨礙精確量測光阻前表面的位置。將於以下說明根據本發明之第一例示性實施例之調整光極化狀態的方法。

製備具有厚度為數微米之膜的基材，膜係相同於量測目標基材上的膜（於此情況中為光阻）或具有與膜之折射率相等的折射率。放置所製備的基材於量測設備中，調整 s 極化光對 p 極化光之強度比，使得來自光阻後表面之反射的光所形成之干涉信號的影響最小化。用於調整 s 極化光對 p 極化光之強度比的基材需用實用於實際半導體製程之材料而構成。具體為，Si、Al、W 及 Cu 為目前使用的材料。於本發明的例示性的實施例中，藉由使用 Si 基材等以實施調整，當由目前半導體製程中所使用的材料構成量測目標基材時，獲得本發明的優點。若將來於半導體製程中使用不同於 Si 之基材材料，雖基材使用不同材料，藉由實施調整可執行本發明。然而，當基材由不同於 Si 之材料所構成時，經調整的 s 極化光對 p 極化光之強度比例的狀態可能改變。於此情況中，經由配置兩個或多個可

選擇性改變的極化調整元件以及根據所使用之基材插入極化調整元件之一者的步驟藉由調整強度比例可執行本發明。

雖未於圖 1 中說明，於光源 1 與光束分裂器 2a 之間，設置無色 $\lambda/2$ 板作為調整光源 1 所發射光之極化狀態的單元。組合兩種具不同延遲特徵型態的結晶材料及兩者間的空氣而形成之 $\lambda/2$ 板，並且其用以於光源 1 之波長範圍中的兩個正交極化光分量之間提供 $\lambda/2$ 之相位差。無色 $\lambda/2$ 板可為市售板中的一種。此外，附接旋轉驅動單元（未繪示）至無色 $\lambda/2$ 板，使得藉由旋轉無色 $\lambda/2$ 板而調整來自光阻後表面之反射的光所形成之干涉信號中的 s 極化光對 p 極化光之強度比。以此調整方法，因使用具厚光阻結構的基材，於傾斜入射白光干涉儀中可使來自光阻前表面之反射的光所形成之干涉信號及來自光阻後表面之反射的光所形成之干涉信號彼此分開。除設置基材，亦可藉由製備具有膜之結構而調整光極化狀態，其中於晶圓台上所設置的參考標記 39（見圖 13）上形成厚度為數微米之膜，其反射率接近量測目標基材上之膜的反數率，以及利用具有此結構之參考標記而調整光極化狀態。因此，藉由調整上述分別之來自光阻後表面之反射的光所形成之干涉信號的強度比，可抑制來自光阻後表面之反射的光所形成之干涉信號的影響。當量測膜的表面形狀時，膜表面於較大入射角下展現較高的反射率，因此，設定入射角為儘可能的大係所欲者。於實例中，設定入射角為 70 度或更大。

然而，當入射角接近 90 度時，發生組裝光學系統的困難。

以下將說明獲得干涉信號的方法。於圖 1 中，藉由基材夾頭固持基材 3，並將基材 3 放置於 Z 架台 5、Y 架台 6 及 X 架台 7 上。驅動 Z 架台 5 以影像拾取裝置 8 而獲得干涉信號，於圖 7 中說明，以及於儲存器（未繪示）中儲存對應於基材 3 上之反射點的影像時取裝置 8 之各像素的光強度。當改變基材 3 上的量測區域時，於藉由操作 X 架台 7 或 Y 架台 6 而定位所欲量測區預對準影像拾取裝置 8 的光接收區之後，實施上述量測。為精確地控制 X 架台、Y 架台及 Z 架台的位置，針對五個軸，即 X、Y 及 Z 軸三者及兩個傾斜軸 ω_x 及 ω_y ，之各者設置雷射干涉儀。根據雷射干涉儀的輸出藉由執行封閉迴路控制，可實施較高精確度之形狀量測。當藉由分割基材 3 成為複數區域而實施基材 3 整體的全面形狀量測時，藉由使用雷射干涉儀可實現更精確的形狀資料組織。

現在說明藉由處理已由影像拾取裝置 8 所獲得並儲存於儲存器中之干涉信號而量測基材 3 之形狀的方法。圖 7 闡述於特定像素藉由影像拾取裝置 8 所獲得的干涉信號。所說明的干涉信號亦被稱為干涉圖。於圖 7 的圖表中，水平軸表示由 Z 軸線規干涉儀（或如靜電電容感測器之另一種線規感測器）所量測的值（Z 架台位置），以及垂直軸表示影像拾取裝置 8 之輸出。藉由計算干涉信號之峰值的位置，對應於信號峰值位置之藉由 Z 軸線規干涉儀所量測

之值提供於相關像素處之量測值的高度。可藉由量測影像拾取裝置 8 之所有像素各者的高度而決定基材 3 的三維形狀。根據信號峰值位置及前者周圍之數點所獲得的資料可利用曲線近似法（如，使用曲線的二次函數）計算峰值的位置。利用曲線近似法，於沿 Z 軸，即圖 7 之水平軸，用 $1/10$ 或更小的解析度之取樣間距 Z_p 可計算峰值位置。可藉由步階方式以恆定間距 Z_p 實際驅動 Z 架台 5，或藉由以恆定速度驅動 Z 架台 5 以及考慮經過提供取樣間距 Z_p 的時序取樣之干涉信號，而設定取樣間距 Z_p 。亦可使用習知的 FDZ 法（美國專利第 5,398,113 號中說明）作為量測峰值位置的方法。根據 FDA 法，藉由使用傅立葉頻譜之相位斜率而決定對比峰值位置。

於白光干涉方法中，影響解析度的關鍵因素為位置（其中介於參考光及量測光之間的光學路徑差為 0）決定的精確度。為此，除 FDA 法以外，提出數種邊緣分析方法作為習知技術，包括藉由相移法或傅立葉轉換法獲得白光干涉邊緣之包絡線以及自最大邊緣對比位置決定光路徑差為零之點的方法，以及相位交叉法。

以下將連同具有與第一例示性實施例不同結構之表面形狀量測設備一起說明本發明的第二例示性實施例。圖 8 為根據本發明之第二例示性實施例之表面形狀量測設備 200 的方塊圖。表面形狀量測設備 200 係組態以偵測基材 3，即量測目標，之表面的 Z 方向位置的設備。更具體地，表面形狀量測設備 200 包括光源 1、第一極化器 9a、經

配置以分行光的光束分裂器 2a，以及經配置以固持量測目標 3 的基材夾頭，以及經組態以對準量測目標位置之 Z 架台 5、Y 架台及 X 架台 7。表面形狀量測設備進一步包括參考鏡 4、經配置以使由參考鏡 4 所反射的光與由基材 3 所反射的光彼此疊加之光束分裂器 2b、第二極化器 9b，以及影像拾取裝置 8，如 CCD 或 CMOS 感測器。基材 3 為其表面上形成有光阻膜的晶圓。

以下將說明各種組件之功能及實例。

於圖 8 中，由光源 1 所發射的光於進入基材 3 及參考鏡 4 之前通過第一極化器 9a。由光束分裂器 2a 所分裂的兩個光束以相同的入射角 θ 分別進入基材 3 及參考鏡 4。由基材 3 所反射的量測光及由參考鏡 4 所反射的參考光進入光束分裂器 2b。因光源 1、入射角 θ 、光束分裂器 2a 及 2b，以及參考鏡 4 均與第一例示性實施例中所使用者相同，於此不再重複組件說明。光束分裂器 2b 可與光束分裂器 2a 相同。量測光及參考光於通過第二極化器 9b 之後被影像時裝置 8 所接收。分別由基材 3 及參考鏡 4 所反射之後，量測光及參考光經由光束分裂器 2b 彼此疊加，以產生進入影像拾取裝置 8 之光接收表面的干涉光。

此用來自光源的光線獲得干涉信號之方法及處理干涉信號的方法係相同於第一例示性實施例中所使用者。因此，於此不再重複說明方法。

第二例示性實施例與第一例示性實施例的差別在於極化器 9a 及 9b 分別設置在基材 3 及參考鏡 4 之光學路徑的

上游及下游。以此配置，於來自光源 1 所發射的光之極化狀態已改變為線性極化之後，導致光以大於布魯斯特角之入射角進入基材 3 及參考鏡 4 各者。由影像拾取裝置 8 接收由基材 3 及參考鏡 4 所反射的光，其具與於基材 3 及參考鏡 4 入射的極化光相同的線性極化狀態。

參考圖 9，以下將說明由光源所發射之光直至為此第二例示性實施例中的影像拾取裝置 8 所接收期間之極化狀態的改變。由光源 1 所發射光之極化狀態被第一極化器 9a 改變。圖 9 闡述已為光源 1 所發射並通過第一極化器 9a 的光之極化狀態為 $+45^\circ$ 方向線性極化的情況。

由基材 3 及參考鏡 4 所反射的光之相位相關於圖 2、5A 及 5B 中說明的入射角而改變。因此，由膜前表面所反射光之極化的方向沒有改變，以及反射光維持 $+45^\circ$ 方向線性極化。另一方面，因為由膜/基材介面所反射的光與由參考鏡 4 所反射的光之間產生相位差 π ，由膜/基材介面所反射的光改變成 -45° 方向線性極化。因此，由膜前表面及膜/基材介面之反射的光所形成之干涉信號具有兩個正交的（ $+45^\circ$ 方向及 -45° 方向）線性極化分量。因此，於由基材 3 及參考鏡 4 所反射後，經由第二極化器 9b 僅擷取 $+45^\circ$ 方向線性極化之分量可單排除由膜/基材介面之反射的光所形成之干涉信號的分量。同樣地，當已由光源 1 所發射並通過第一極化器 9a 之光的極化狀態為 -45° 方向線性極化時，於由膜/基材介面所反射的光與由參考鏡 4 所反射的光之間產生相位差 π ，且可僅排除由膜前表面之反

射的光所形成之干涉信號的分量。換句話說，藉採用上述參考鏡 4、設定入射角 θ 大於布魯斯特角，以及照射呈線性極化之極化狀態的入射光，可抑制由膜/基材介面之反射的光所形成之干涉信號的影響。雖然因使用極化器而需要較第一例示性實施例為大的光量，可有效地移除由光阻後表面所反射光所形成的干涉信號，以及可精確地量測塗覆於晶圓上之光阻的表面形狀。

以下將說明於第二例示性實施中調整光極化狀態的方法。

製備具有數微米厚之膜的基材，膜與量測目標基材上的膜（於此情況中為光阻）相同或其折射率與膜之折射率相同。於量測設備中放置所製備的基材，以及調整 s 極化光對 p 極化光的強度比使得由光阻後表面之反射光所形成的干涉信號之影響最小化。附接旋轉驅動單元（未繪示）至圖 8 中之極化器 9a 及 9b 各者，使得藉由旋轉極化器 9a 及 9b 可調整上述由光阻後表面之反射光所形成的干涉信號中的強度比。以此調整方法，因使用具有厚光阻結構的基材，於傾斜入射白光干涉儀中可使由光阻前表面之反射光所形成的干涉信號與由光阻後表面之反射光所形成的干涉信號彼此分開。除設置基材，亦可藉由製備具有膜之結構而調整光極化狀態，其中於晶圓台上所設置的參考標記 39（見圖 13）上形成厚度為數微米之膜，其反射率接近量測目標基材上之膜的反數率，以及利用具有此結構之參考標記而調整光極化狀態。因此，藉由調整上述分別之

來自光阻後表面之反射的光所形成之干涉信號的強度比，可抑制來自光阻後表面之反射的光所形成之干涉信號的影響。

除旋轉極化器，藉由配置 $\lambda/2$ 板，包括極化器下游的旋轉驅動單元及旋轉 $\lambda/2$ 板，亦可調整來自光源之光的極化狀態。於量測光阻前表面的位置時，由光阻前表面反射的光所形成之干涉信號提供待量測的信號（S），以及由光阻後表面反射的光所形成之干涉信號成為雜訊（N）。於較高 S/N 比例下，可實施較高精確度之光阻前表面的形狀量測，依據形狀量測所需精確度而調整上述的強度比。例如，調整強度比之值使 S/N 比不小於 10 係所欲者。當需要更精確的量測時，可設定 S/N 比不小於 20 或 30。如此一來，於此第二例示性實施例中，相對於 $+45^\circ$ 方向及 -45° 方向，調整已通過極化器 9a 的線性極化光，使其落於 $\pm 1^\circ$ 之內。其原因為，當線性極化光以不同於 $\pm 45^\circ$ 之角度定向時，由膜前表面及膜/基材介面之反射的光所形成之干涉信號不會彼此正交。因此，因存在之分量與由光阻後表面所反射的光干涉，S/N 比下降以及造成實施高精確度表面形狀量測的困難。

例如，設定調整極化狀態的頻率使得遞送設備實施調整後，僅當替換設備部件，如光源，時實施調整。另外，亦可於分開地取決量測目標基材而製備相當厚（數微米）的膜以及藉由使用於其上形成有相當厚之膜的基材調整極化狀態之後，量測量測表面基材的膜表面形狀。

即使未設置第二極化器 9b，接收來自光阻前表面及光阻後表面之反射光作為兩個線性極化分量。於此情況下，當所接收的光為兩個正交的線性極化分量時，可抑制由光阻後表面之反射的光所形成之干涉信號的影像，因為干涉僅由同相位之參考光及由光阻後表面之反射的光所產生。就干涉信號的對比之觀點而言，所接收的光為兩個正交的線性極化分量係所欲者。然而，實際上，因光束分裂器等之影響移動相位改變，以及不易獲得接收的光呈完全線性極化狀態。為此緣故，於第二例示性實施例中使用第二極化器 9b 以進一步抑制來自光阻後表面之反射光的影響。

當於基材 3 上實施複數量測區域之形狀量測時，於晶圓台已經移除以對準各預定區域之後，藉由驅動 X 架台及 Y 架台，類似第一例示性實施例獲得干涉信號及處理干涉信號。

以下將連同具有與第一及第二例示性實施例不同結構之表面形狀量測設備一起說明本發明的第三例示性實施例。圖 10 為根據本發明之第三例示性實施例之表面形狀量測設備 200 的方塊圖。表面形狀量測設備 200 係組態以偵測基材 3，即量測目標，之表面的 Z 方向位置的設備。更具體地，表面形狀量測設備 200 包括光源 1、第一極化器 9a、第一波長板 10a、經配置以分行光的光束分裂器 2a，以及經配置以固持量測目標 3 的基材夾頭 CK，以及經組態以對準量測目標位置之 Z 架台 5、Y 架台及 X 架台 7。

表面形狀量測設備進一步包括參考鏡 4、經配置以使由參考鏡 4 所反射的光與由基材 3 所反射的光彼此組合之光束分裂器 2b、第二極化器 9b、第二波長板 10b，以及影像拾取裝置 8，如 CCD 或 CMOS 感測器。

以下將說明各種組件之功能及實例。

於圖 10 中，由光源 1 所發射的光於進入基材 3 及參考鏡 4 之前通過第一極化器 9a 及第一波長板 10a。由光束分裂器 2a 所分裂的兩個光束以相同的入射角 θ 分別進入基材 3 及參考鏡 4。由基材 3 所反射的量測光及由參考鏡 4 所反射的參考光進入光束分裂器 2b。因光源 1、入射角 θ 、光束分裂器 2a 及 2b，以及參考鏡 4 均與第一例示性實施例中所使用者相同，於此不再重複組件說明。光束分裂器 2b 可與光束分裂器 2a 相同。量測光及參考光於通過第二波長板 10b 及第二極化器 9b 之後被影像拾取裝置 8 所接收。分別由基材 3 及參考鏡 4 所反射之後，量測光及參考光於影像拾取裝置 8 之光接收表面上彼此疊加以產生光干涉。

由無色 $\lambda/4$ 板形成波長板。組合兩種具有不同延遲特徵的結晶材料及介於其間的空氣以形成無色 $\lambda/4$ 板，以及其用於提供寬頻帶中介於兩個正交極化光分量之 $\lambda/4$ 相位差。可提供市售板作為無色 $\lambda/4$ 板。

使用獲得自光源之干涉信號的方法及處理干涉信號的方法與第一例示性實施例中者相同。因此，於此不再重複說明那些方法。

第三例示性實施例與第一實施例之差異在於分別於基材 3 及參考鏡 4 之上游及下游的光學路徑中設置一組極化器 9a 與波長板 10a 以及一組化器 9b 與波長板 10b。以此配置，於由光源所發射的光之極化狀態自線性極化（如 p 極化光）經改變為環狀極化之後，致使光以入射角 θ 進入基材 3 及參考鏡 4 各者。來自基材 3 及參考鏡 4 之反射光，僅以與上述線性極化相同方向震盪的光分量被影像拾取裝置 8 所接收。

以下參考圖 11 將說明此第三例示性實施例中光極化狀態的改變。藉由極化器 9a 使發射自光源 1 的光之極化狀態變為線性極化，接著藉由波長板 10a 變為環狀極化。圖 11 闡述當已由光源 1 所發射且已穿過極化器 9a 及波長板 10a 的光之極化狀態為右手環狀極化情況。

當使用參考鏡 4 時，由基材 3 及參考鏡 4 之反射光的相位相關於如圖 2、5A 及 5B 所示之入射角而改變。因此，來自膜前表面之反射光的旋轉極化方向不會改變，以及反射光維持右手環狀極化。另一方面，因為介於來自膜 / 基材介面之反射光與來自參考鏡 4 的反射光之間產生有相位差 π ，來自膜 / 基材介面之反射光係變為左手環狀極化。因此，於經由波長板 10b 而使環狀極化光改變為線性極化光之後，可令來自膜前表面及膜 / 基材介面之反射光形成的呈右手及左手環狀極化狀態之干涉信號被分別轉變成 p 極化分量及 s 極化分量。因此，僅藉由經極化 9b 擷取 p 極化分量可單去除來自膜前表面之反射光所形成之干涉信

號的分量。換句話說，藉由使用上述參考鏡 4，於環狀極化狀態中以大於布魯斯特角的入射角 θ 照射入射光，經由波長板轉變環狀極化成為線性極化分量，以及經由極化器擷取來自光阻前表面之反射光的分量，可抑制來自光阻後表面之反射光所形成之干涉信號的影響。雖然因使用極化器及波長板而較第一例示性實施例中需要更大的光量，可有效移除來自光阻後表面之反射光所形成的干涉信號，以及可精確地量測晶圓上所塗覆之光阻的表面形狀。如連同圖 6 於上述說明者可實施調整方法，就由於基材上形成充分厚膜，使前表面信號（即來自光阻前表面之反射光所形成的干涉信號）與後表面信號（即來自光阻後表面之反射光所形成的干涉信號）彼此分開，以及調整極化器 9a 及 9b 與波長板 10a 及 10b 的相對角度，使得後表面信號相對於前表面信號的相對強度最小化。

即便於此第三例示性實施例中未設置第二極化器 9b，接收來自光阻前表面及後表面之反射光作為兩個正交線性地極化分量，以及僅藉由同相位的參考光及由光組前表面所反射的光產生干涉。因此，可抑制由光阻後表面的反射光所形成之干涉信號的影響。然而，實際上，因光束干涉器等的影响相位改變被移動，且不易獲得呈完全線性極化狀態的接收光。為此緣故，於此第三例示性實施例中使用第二極化器 9b 以進一步抑制來自光阻後表面之反射光的干涉信號。

藉由附接旋轉驅動單元至極化器 9a 及 9b 或波長板

10a 及 10b 可用類似上述例示性實施例的方式實施調整極化狀態。更具體地，製備具有數微米厚之膜的基材，膜與量測目標基材上的膜（於此情況中為光阻）相同或其折射率與膜之折射率相同。於量測設備中放置所製備的基材。接著，調整 s 極化光對 p 極化光的強度比使得藉由旋轉極化器 9a 及 9b 或波長板 10a 及 10b，使得由光阻後表面之反射光所形成的干涉信號之影響最小化。

當於基材 3 上複數量測區域實施形狀量測時，於藉由驅動 X 架台及 Y 架台使晶圓台已被移動而對準各預定區域之後，以類似於第一例示性實施例獲得及處理干涉信號。

上述已說明三個例示性實施例，為簡便說明之故，例示性實施例未使用透鏡等。圖 12 為根據本發明之另一面向之表面形狀量測設備 200 的方塊圖。以下參考圖 12 將說明使用透鏡等所構成之光學系統的例示性實施例。藉由聚光透鏡 11 聚集光源 1 所發射的光並使其通過透射狹縫板 30。經由包括透鏡 12、透鏡 42 及孔徑止擋 22 的光學系統 16，於藉由光束分裂器 2a 而分行為兩光束後，經聚集的光成像於基材 3 及參考鏡 4 之分別表面上。來自基材 3 及參考鏡 4 的反射光經由光束分裂器 2b 彼此疊加並經由包括透鏡 52、透鏡 62 及孔徑止擋 13 的影像光學系統 24 而成像於影像拾取裝置 8 上。因此，可使基材 3 的表面成像於影像拾取裝置 8 上。使用透射狹縫板 30 以定義量測區域。

雖前述已說明之三個例示性實施例係於基材 3 及參考鏡 4 之入射角相同的情況，只要參考鏡 4 滿足上述條件，於基材 3 及參考鏡 4 之入射角不需要相同。另外，為增加干涉信號的對比，藉由調整於基材 3 及參考鏡 4 的入射角可改變來自基材 3 及參考鏡 4 之反射光所形成的干涉圖案之個別強度。

圖 13 為根據本發明之第四例示性實施例之半導體曝光設備的方塊圖，其包括表面形狀量測設備。如圖 13 中所說明，曝光設備包括照射設備 800、光罩 31 係放置於其上的光罩台 RS、投影光學系統 32、晶圓 3 係放置於其上的晶圓台 WS，以及配置於晶圓台 WS 上的參考板（遮罩）39。另外，曝光設備包括表面位置量測設備 33、相對於量測設備 33 之處理單元 400、表面形狀量測設備 200，以及相對於量測設備 200 的處理單元 410。表面形狀量測設備 200 可為根據第一至第三例示性實施例中之設備的一者。於此第四例示性實施例中，為更清楚表示彼等功能，表面位置量測設備 33 及表面形狀量測設備 200 係分別稱為焦點量測設備 33 及聚焦校準設備 200。電性連接至照射設備 800 的控制單元包括 CPU 及記憶體、光罩台 RS、晶圓台 WS、焦點量測設備 33，以及用以控制曝光設備操作之焦點校準設備 200。於此第四例示性實施例中，當焦點量測設備 33 偵測晶圓 3 之表面位置時，控制單元 1100 進一步執行計算以及控制以校正量測的值。

照射設備 800 照射其上形成有待轉移之電路圖案的光

罩 31。照射設備 800 包括光源單位 800 及照射光學系統 801。照射光學系統 801 具有均勻照射光罩 31 的功能以及極化的照射功能。

光源單位 800 係例如雷射。雷射可為如波長為約 193 nm 之 ArF 準分子雷射或波長為約 248 nm 之 KrF 準分子雷射。光源之類型並不受限於準分子雷射。更具體地，亦可使用波長為約 157 nm 之 F2 雷射或波長為約 20 nm 或更短的 EUV（超紫外光）。

照射光學系統 800 為經配置以藉由使用光源單位 800 所發射之光束而照射照射光學表面之光學系統。於此第四例示性實施例中，光束經由具供曝光之預定最適形狀之曝光狹縫而成形，以及經成形的光束係照射至光罩 31。此照射光學系統 801 包括依序配置於照射光學系統 801 中之透鏡、聚光透鏡、蠅眼透鏡、孔徑止擋、聚光透鏡、狹縫，以及成像光學系統。

例如由石英構成光罩 31，以及光罩 31 上形成有待轉移的電路圖案。由光罩台 RS 支撐並驅動光罩 31。來自光罩 31 的繞射光通過投影光學系統 32 以及投射至晶圓 3。配置光罩 31 及晶圓 3 使彼呈光學共軛關係。藉由以對應於所欲縮減因數比之速度比掃描光罩 31 及晶圓 3，將光罩 31 上的電路圖案轉移至晶圓 3 上。曝光設備包括基於光傾斜入射系統的光罩偵測單元（未繪示）。光罩 31 係位於預定位置，而藉由光罩偵測單元來偵測光罩 31 的位置。

光罩台 RS 經由光罩夾頭（未繪示）支撐光罩 31 以及係連接至移動機構（未繪示）。移動機構係由線性馬達所組成，以及於 X 軸方向、Y 軸方向、Z 軸方向，以及繞各此等軸旋轉的方向驅動光罩台 RS，藉此移動光罩 31。

投影光學系統 32 具有將來自目標平面的光束成像至影像平面上的功能。於此第四例示性實施例中，投影光學系統 32 自光罩 31 上所成的電路圖案將繞射光成像之晶圓 3 上。投影光學系統 32 可例如作為包括複數個透鏡元件的光學系統、包括複數透鏡元件及至少一個凹透鏡的光學系統（折反射系統），或包括複數個透鏡元件及至少一個繞射光學元件如相全息的光學系統。

晶圓 3 為處理目標且具光阻塗覆於基材上。於此第四例示性實施例中，晶圓 3 亦為偵測目標，藉由焦點量測設備 33 及焦點校準設備 200 而偵測其表面位置。於另一例示性實施例中，晶圓 3 為液晶基材或其他處理目標之一者。

晶圓台 WS 經由晶圓夾頭（未繪示）支撐晶圓 3。連同光罩台 RS，晶圓台 WS 藉利用線性馬達於 X 軸方向、Y 軸方向、Z 軸方向，以及繞各彼等軸旋轉的方向移動晶圓 3。另外，藉由例如 6-軸雷射干涉儀 81 監視光罩台 RS 的位置及晶圓台 WS 的位置，並以恆定速度比驅動兩個台。

以下將說明量測晶圓 3 之量測表面位置的點（即焦點）。於此第四例示性實施例中，藉由焦點量測設備 33 量測晶圓表面形狀而同時於掃描方向（Y 方向）之晶圓 3 的

全部區域上掃描晶圓台 WS。而且晶圓台 WS 垂直於掃描方向（X 方向）的方向中步進 ΔX 。接著，藉於掃描方向中重複量測晶圓表面位置的操作，於晶圓 3 的全部表面上實施形狀量測。為增加產出，藉使用複數焦點量測設備 33 可於相同時間量測晶圓 3 的不同表面位置。

焦點量測設備 33 使用光學高度量測系統。換句話說，焦點量測設備 33 利用大入射角將光導至晶圓以及藉由位置偵測器如 CCD 感測器偵測由晶圓表面所反射光之影像移動的方法。尤其是，使光束進入晶圓上待量測的複數點，以及由這些點之反射光係導至個別感測器已根據複數不同點所獲得之高度量測資訊計算曝光目標表面之傾斜。

以下將說明焦點及傾斜偵測系統。首先，說明焦點量測設備 33 之結構及操作。參照圖 14，焦點量測裝置 33 包括光源 105、聚光透鏡 106、具有複數相鄰配置之矩形透射狹縫的圖案板 107、透鏡 108 及 111、晶圓 103、晶圓台（WS）104、鏡 109 及 110，以及光偵測器 112，諸如 CCD 感測器。元件符號 102 表示縮小投影透鏡以投影光罩（未繪示）至供曝光的晶圓 103 上。藉由聚光透鏡 106 而聚焦由光源 105 所發射的光及照射至圖案板 107。已通過圖案板 107 之狹縫的光係以預定角度經由透鏡 108 及鏡 109 而照射至晶圓 103。圖案板 107 及晶圓 103 相關於透鏡 108 呈成像關係，以及圖案板 107 之各狹縫的空間影像係形成於晶圓上。藉由 CCD 感測器 112 經鏡 110 及透鏡 111 接收來自晶圓 103 的反射光。藉由透鏡 111，晶

圖 103 的狹縫影像重新成像於 CCD 感測器 112 上，以及獲得如 107i 所指出之對應於圖案板 107 之狹縫的狹縫影像信號。藉由偵測 CCD 感測器 112 上之彼等信號的位置移動，量測晶圓 103 之 Z 方向上的位置。假設入射角為 θ_{λ} ，當於 Z 方向中晶圓表面由位置 w1 至 w2 而改變 dz 時，可藉由下式表示晶圓 3 於光軸上的移動量 m1：

$$m1 = 2 \cdot dz \cdot \tan \theta_{\lambda} \quad (1)$$

例如，假設入射角 θ_{λ} 為 84 度，則得到 $m1 = 19 \cdot dz$ 。此指出移位量為晶圓移位量的 19 倍。藉相乘 (1) 之值與光學系統的放大率（即藉透鏡 111 之成像放大率）而獲得光偵測器上的位移量。

以下將仔細說明使用上述根據本發明之第四例示性實施例之曝光設備的曝光方法。圖 15 為當使用根據本發明之第四例示性實施例的曝光設備時，曝光方法之全部步驟的流程圖。首先，於步驟 S1 中，載入晶圓 3 至設備中。接著，於步驟 S10 中判定是否藉焦點量測設備 33 執行焦點校準。根據如“相關晶圓是否為批次中之頭件晶圓”、“相關晶圓是否為複數批次中之頭件晶圓”以及“相關晶圓是否為嚴格要求焦點精確度之製程中的晶圓”之資訊自動進行判定。此資訊係由使用者於先前儲存於曝光設備中。若步驟 S10 中判定不需要焦點校準，程序流程進行到步驟 S1000，其中於晶圓上執行普通曝光順序。另一方面，若於步驟 S10 判定須要焦點校準，則程序流程進行到步驟

S100 中的焦點校準順序。

於步驟 S100 中，執行圖 16 中所說明的流程圖。首先，驅動晶圓台 WS 以恰當定位焦點量測設備 33 下方的參考板 39。參考板 39 係由玻璃板所形成，其具有高表面精確度，即所謂的光學扁平。參考板 39 的表面具有反射率均勻以預防由焦點量測設備 33 引起之量測錯誤的區域。於該區域上實施量測。亦可設置參考板 39 作為部分之包括於曝光設備所執行的其他校準（如供對準偵測系統及評估投影光學系統）所需之各種校準標記的板。於步驟 S101 中，藉由焦點量測設備 33 偵測參考板 39 之 Z 方向上的位置，以及於步驟 S102 中儲存量測值於設備中。然後，於步驟 S103 中，驅動晶圓台 WS 以恰當定位參考板 39 於焦點校準設備 200 下，以及由焦點校準設備 200 於藉由焦點量測設備 33 所量測區域之參考板 39 上 XY 平面中相同位置處執行形狀量測。於步驟 S104 中，儲存形狀量測資料 P_m 於設備中。於步驟 S105 中計算第一偏移 1。如圖 17 中所說明，得到偏移 1 作為介於焦點校準設備 200 所量測值 P_m 與焦點量測設備 33 所量測值 O_m 之間的差異。偏移 1 無焦點量測設備 33 的量測錯誤，因量測係執行於參考板 39 之光學均勻表面上。因此，於理想狀況中偏移 1 應為零。然而，偏移 1 因如晶圓台 WS 之掃描方向中的系統偏移及焦點量測設備 33 或焦點校準設備 200 之長期漂移而產生。為此緣故，基於週期基礎所量測的偏移 1 係所欲者。

由上述步驟而完成使用參考板 39 的焦點校準順序 S100。於焦點校準順序 S100 之後，執行使用晶圓 3 之焦點校準順序 S200。於圖 16 之步驟 S201 中，驅動晶圓台 WS 以於焦點量測設備 33 之量測位置恰當定位晶圓台 3。假設晶圓 3 上的（晶圓表面）量測位置 W_p 匹配以下描述之曝光順序中的量測位置。另外，於步驟 S201 中藉由焦點量測設備 33 偵測晶圓上量測位置 W_p 處之 Z 方向上位置，以及於步驟 S202 中儲存量測值 O_w 於設備中。於步驟 S203，驅動晶圓台 WS 以於焦點校準設備 200 下方恰當定位晶圓 3，以及藉由焦點校準設備 200 執行晶圓 3 上量測位置 W_p 處的形狀量測。於步驟 S204 中，儲存形狀量測資料 P_w 於設備中。晶圓 3 上的量測位置可選自以下各種模式，包括：如每晶圓一個點、每發射一個點、一發射中所有點、複數發射中所有點，以及一晶圓中所有點。

於步驟 S205 中，計算第二偏移 2。如圖 17 中所說明，計算偏移 2 之介於焦點校準設備 200 之量測值與作為針對晶圓 3 上各量測位置 W_p 的焦點量測設備 33 之量測值 O_w 之間的差。

於步驟 S206 中，於晶圓 3 上每量測點計算介於偏移 2 及偏移 1 之間的差。藉由下式（2）可得到晶圓 3 上之量測點的偏移量 O_p ：

$$O_p(i) = [O_w(i) - P_w(i)] - (O_m - P_m) \quad (2)$$

其中 i 表示代表晶圓 3 上量測位置的點數目。因而完成使用晶圓 3 之焦點校準順序 S2000。

以下將說明於完成焦點校準順序 S100 及 S200 兩者後所執行之曝光順序 S1000。圖 18 為詳細說明曝光順序 S1000 的流程圖。參照圖 18，於步驟 S1010 中執行晶圓對準。由晶圓上偵測標記位置，藉由對準視野（未繪示）及相關曝光設備對準 XY 平面中的晶圓而執行晶圓對準。於步驟 S1011 中，藉由焦點量測設備 33 量測晶圓 3 上預定位置的表面位置。預定位置包括藉使用晶圓 3 之校準順序所量測的點。因此，藉由校正根據式（2）所計算之偏移量 $Op(i)$ 的各量測值而量測全部晶圓表面的形狀。校正後的晶圓表面形狀資料係儲存於曝光設備中。於步驟 S1012 中，針對第一次曝光照射，藉由晶圓台 WS 將晶圓 3 自焦點量測設備 33 下方的位置移動至投射透鏡 102 下方的曝光位置。同時，根據晶圓 3 之表面形狀資料，相關於曝光設備的處理單元預備供第一曝光照射的表面形狀資料，以及計算自曝光成像平面之偏移量。然後，根據所計算之自曝光成像平面的偏移量，於 Z 方向及傾斜方向驅動晶圓台，以實施於高度方向中、實質上以曝光狹縫為單位的匹配晶圓表面形狀之操作。於步驟 S1013 中，於 Y 方向中實施曝光及掃描晶圓台 WS。以此方式完成第一曝光照射後，於步驟 S1014 判定是否有仍未執行曝光存在。若仍未執行曝光存在，則返回步驟 S1012。接下來，如第一曝光照射，準備供下一曝光照射的表面形狀資料，以及於

Z 方向及傾斜方向驅動晶圓台時實施曝光，以實施於高度方向中、實質上以曝光狹縫為單位的匹配晶圓表面形狀之操作。於步驟 S1014 中，再次判定待執行曝光照射（即仍未執行曝光）是否存在。接著，重複上述操作直到無仍未執行曝光存在。於完成所有曝光照射後，於步驟 S1015 中自設備取出晶圓 3 以及結束曝光順序。

於此第四例示性實施例中，恰於各曝光照射之前，準備供相關曝光照射的表面形狀資料以及計算自曝光成像平面的移動量以判定晶圓台之待驅動量。然而，在第一次曝光照射之前可修正個別步驟的時序，而準備供所有曝光照射的表面形狀資料，以及計算自曝光成像平面的移動量以判定晶圓台之待驅動量。

另外，晶圓台 WS 並不受限於單一台。例如，其亦可由所謂的包括兩個台，即曝光中所使用的曝光台及用以實施晶圓對準及量測表面形狀的量測台，之雙台所組成。於後者的情況中，安裝焦點量測設備 33 及焦點校準設備 200 於量測台上。

以下將說明如此第四例示性實施例中，當安裝表面形狀量測設備 200 於曝光設備中，調整表面形狀量測設備（焦點校準設備）200 中之光極化狀態的方法。雖如上述第二例示性實施例中所說明者，藉由使用塗覆有數微米之厚光阻可調整光極化狀態，以下說明的例示性實施例中係基於曝光設備中所使用之曝光光線的極化實施調整方法。曝光設備的照射光學系統 801 通常包括極化照射單元以指

定照射至光罩之光的極化狀態。因此，當遞送曝光設備時，基於曝光光線的極化而調整表面形狀量測設備 200 中的光極化狀態。更具體地，首先，藉由使用供曝光光線之照射光學系統 801 中的照射單元而形成呈預定狀態（如 p 極化光）的線性極化光。接著，致使呈預定線性極化狀態的曝光光線垂直地進入包括旋轉驅動單元的極化器。另外，旋轉極化器以判定透射率最大或最小的位置。此導致使用對應於 p 或 s 極化光的極化狀態作為曝光光線。隨後，安裝極化器使得來自焦點校準設備 200 中之光源的光垂直地進入極化器。當根據圖 8 中所說明之第二例示性實施例而應用此調整方法於表面形狀量測設備時，藉由利用旋轉驅動單元將極化器旋轉 45 度而完成調整。因此，藉由使用曝光設備而不用準備特殊基材可實施極化狀態的調整。

當遞送曝光設備時基於曝光光線之極化，於表面形狀量測設備中調整極化狀態之後，藉由製備具有厚光阻的基材及使用根據待處理的晶圓結構的旋轉驅動單元可微調極化狀態。

因為晶圓，即待藉由半導體曝光設備量測且處理的基材，尚存在的複雜電路圖案、劃線等，反射率分佈、局部傾斜等發生的機率相當高。因此，本發明極有效於減少由反射率分佈、局部傾斜等所引起的量測錯誤。較精確的晶圓表面位置量測改善最佳曝光表面與晶圓表面之精確焦點對準，因此增進半導體裝置的表現及增加產率。

例如經由曝光塗覆有光阻之基材（諸如晶圓或玻璃板

）的步驟、藉使用根據上述例示性實施例之一者的曝光設備、顯影曝光的基材之步驟，以及先前技術已知的其他步驟，可製造裝置（諸如半導體積體電路裝置或液晶顯示器裝置）。

雖本發明已參考例示性實施例進行說明，應了解的是本發明並不限於所揭露的例示性實施例。以下申請專利範圍係最廣義解釋以包含所有修飾以及均等結構及功能。

【圖式簡單說明】

圖 1 為根據本發明之第一例示性實施例的表面形狀量測設備之方塊圖。

圖 2 為闡述改變相關於入射角反射率（即菲涅耳（Fresnel）關係）大小之圖。

圖 3 闡述圖 2 中所說明之模擬中所使用的模型。

圖 4 闡述圖 5A 及 5B 中所說明之模擬中所使用的模型。

圖 5A 為闡述相關於入射角，由光阻的前表面（即空氣/光阻介面）所反射的光之相位改變的圖。

圖 5B 為闡述相關於入射角，由光阻的後表面（即光阻/A1 介面）所反射的光之相位改變的圖。

圖 6 為闡述各由光阻之前及後表面所反射的光形成之干涉信號的圖。

圖 7 為闡述本發明之第一實施例中所獲得之干涉信號的圖。

圖 8 為根據本發明之第二例示性實施例之表面形狀量測設備的方塊圖。

圖 9 闡述根據本發明之第二例示性實施例之表面形狀量測設備中各個不同點之極化狀態。

圖 10 為根據本發明之第三例示性實施例之表面形狀量測設備的方塊圖。

圖 11 闡述根據本發明之第三例示性實施例之表面形狀量測設備中各個不同點之極化狀態。

圖 12 為根據本發明之另一面向之表面形狀量測設備的方塊圖。

圖 13 為根據本發明之第四例示性實施例之半導體曝光設備的方塊圖，半導體曝光設備包括表面形狀量測設備。

圖 14 為本發明之第四例示性實施例中所使用的表面位置量測設備之方塊圖。

圖 15 為本發明之第四例示性實施例中曝光順序的流程圖。

圖 16 為本發明之第四例示性實施例中之校正方法的流程圖。

圖 17 為闡述本發明之第四例示性實施例中之校正方法的說明視圖。

圖 18 為本發明之第四例示性實施例中之曝光方法的流程圖。

圖 19 為用以解釋習知表面位置量測設備的問題之說

明。

圖 20 為闡述以圖 19 之習知表面位置量測設備所量測的信號檔案之實例的圖。

圖 21 為用以解釋習知表面形狀量測設備的問題之說明。

圖 22 為用以解釋習知表面形狀量測設備的問題之說明。

圖 23 為習知表面形狀量測設備的方塊圖。

【主要元件符號說明】

1：光源

2a：光束分裂器

2b：光束分裂器

3：基材

4：參考鏡

5：Z 架台

6：Y 架台

7：X 架台

8：影像拾取裝置

9a：第一極化器

9b：第二極化器

10a：第一波長板

10b：第二波長板

11：聚光透鏡

12：透鏡
13：孔徑止擋
16：光學系統
22：孔徑止擋
24：成像光學系統
30：透射狹縫板
31：光罩
32：投影光學系統
33：表面位置量測設備
39：參考板
42：透鏡
52：透鏡
62：透鏡
81：雷射干涉儀
101：光源
102：縮小投影透鏡
103：透鏡
104：晶圓台
105：光束分裂器
106：聚光透鏡
107：圖案板
107i：影像信號
108：透鏡
109：鏡

110 : 鏡
111 : 透 鏡
112 : 光 偵 測 器
130 : 參 考 鏡
170 : 光 束 組 合 器
171 : 透 鏡
173 : 透 鏡
175 : 光 電 轉 換 元 件
200 : 表 面 形 狀 量 測 設 備
360 : 樣 本
397 : 致 動 器
400 : 處 理 單 元
410 : 處 理 單 元
800 : 照 射 設 備
801 : 照 射 光 學 系 統
1100 : 控 制 單 元



七、申請專利範圍：

1. 一種表面形狀量測設備，係組態以量測一基材上所形成之一膜之一表面形狀，該設備包括：

一照射系統，係配置以使來自一光源之寬頻帶的光分裂成為量測光及參考光，該量測光係經照射以傾斜地進入該基材上之一表面，該參考光係經照射以傾斜地進入一參考鏡；

一光接收系統，係配置以使藉由該基材上之該表面所反射的該量測光以及藉由該參考鏡所反射的該參考光彼此組合，以及將該組合的光導至一光電轉換元件；以及

一處理單元，係組態以根據藉由該光電轉換元件所偵測之一干涉信號而計算該膜的該表面形狀，

其中於該膜之該表面的該量測光之一入射角以及於該參考鏡之該參考光之一入射角各者皆大於布魯斯特角，

該照射系統包括一第一極化器，允許呈一預定方向之線性極化光通過，該線性極化光係包括於來自該光源的該寬頻帶光中，以及

該光接收系統包括一第二極化器，允許呈該預定方向之線性極化光通過，該線性極化光係包括於藉由該膜之該表面所反射的該量測光，以及藉由該參考鏡所反射的該參考光中，

已通過該第一極化器的呈該預定方向之該線性極化光進入該基材上的該表面作為該量測光以及該參考鏡作為該參考光，

已通過該第一極化器的呈該預定方向之該線性極化光包括一 s 極化光分量以及一 p 極化光分量在進入該基材上的該表面中及在進入該參考鏡中，

該膜及該基材之間的一介面所反射的線性極化光的一極化方向與該預定方向不同，以及

該膜及該基材之間的一介面所反射的該線性極化光是由該第二極化器所移除。

2. 如申請專利範圍第 1 項所述之表面形狀量測設備，其中進入該基材上的該表面作為該量測光以及該參考鏡作為該參考光之每一者之該線性極化光的一方向為 $+45^\circ$ 到在進入該基材上的該表面和該參考鏡之每一者中的一入射平面的一方向或 -45° 到該入射平面的一方向。

3. 一種表面形狀量測設備，係組態以量測一基材上所形成之一膜之一表面形狀，該設備包括：

一照射系統，係配置以使來自一光源之寬頻帶的光分裂成為量測光及參考光，該量測光係經照射以傾斜地進入該基材上的一表面，該參考光係經照射以傾斜地進入一參考鏡；

一光接收系統，係配置以使藉由該基材上之該表面所反射的該量測光以及藉由該參考鏡所反射的該參考光彼此組合，以及將該組合的光導至一光電轉換元件；以及

一處理單元，係組態以根據藉由該光電轉換元件所偵測的一干涉信號而計算該膜的該表面形狀，

其中於該膜之該表面的該量測光之一入射角以及於該

參考鏡之該參考光的一入射角各者皆大於布魯斯特角，

該照射系統包括一第一極化器及一第一波長板，該第一極化器允許呈一預定方向之線性極化光通過，該線性極化光係包括於來自該光源的該寬頻帶光中，以及該第一波長板轉換已通過該第一極化器的該線性極化光成為環狀極化光，以及

該光接收系統包括一第二波長板，轉換藉由該膜之該表面所反射的該量測光之該環狀極化光該膜及該基材之間的一介面所反射的光，以及藉由該參考鏡所反射的該參考光成為線性極化光，

來自第一波長板的該環狀極化光進入該基材上之該表面作為該量測光以及該參考鏡作為該參考光，以及

來自該第二波長板的線性極化光的一極化方向與來自該第二波長板的線性極化參考光的一極化方向不同，其是由該膜及該基材之間的一介面所反光的。

4. 如申請專利範圍第 3 項所述之表面形狀量測設備，其中該光接收系統包括一第二極化器，允許呈該預定方向之線性極化光通過，該線性極化光係包括於已通過該第二波長板的光中，

其中來自該第二波長板的線性極化光是由該第二極化器卸除，其是由該膜及該基材之間的一介面所反光的。

5. 如申請專利範圍第 3 項所述之表面形狀量測設備，其中該第一波長板為一 $\lambda/4$ -板。

6. 一種表面形狀量測設備，係組態以量測一基材上

所形成之一膜之一表面形狀，該設備包括：

一照射系統，係配置以使來自一光源之寬頻帶的光分裂成為量測光及參考光，該量測光係經照射以傾斜地進入該基材上之一表面，該參考光係經照射以傾斜地進入一參考鏡；

一光接收系統，係配置以使藉由該基材上之該表面所反射的該量測光以及藉由該參考鏡所反射的該參考光彼此組合，以及將該組合的光導至一光電轉換元件；以及

一處理單元，係組態以根據藉由該光電轉換元件所偵測之一干涉信號而計算該膜的該表面形狀，

其中於該膜之該表面的該量測光之一入射角以及於該參考鏡之該參考光之一入射角各者皆大於布魯斯特角，

通過該膜並進入該膜及該基材之間之一介面的該量測光之一入射角小於該布魯斯特角，以及

包括於來自該光源的該寬頻帶光中的一 s 極化光分量對一 p 極化光分量之一強度比被調整，使得該膜及該基材之間的該介面所反射的該量測光及該參考光的干涉光之一訊號被減少。

7. 一種曝光設備，係組態以透過一原版上之一圖案而曝光一基材，該曝光設備包括根據申請專利範圍第 1 至 6 項中任一項之表面形狀量測設備。

8. 一種曝光設備，係組態以透過一原版上之一圖案而曝光一基材，該曝光設備包括：

一第一表面形狀量測單元，係組態以藉由照射光使其

傾斜地進入一膜之一表面以及藉由偵測來自該膜之該表面之反射光之一位置而量測該基材上所形成之該膜之一表面形狀；以及

根據申請專利範圍第 1 至 6 項中任一項之表面形狀量測設備，作為一第二表面形狀量測單元，

該第一表面量測單元之一量測的結果係基於該第二表面量測單元之一量測的結果而經校正。

9. 一種裝置製造方法，包括：

藉由使用組態以透過一原版上的一圖案而曝光一基材之一曝光設備曝光一基材；以及

顯影該曝光的基材，

其中該曝光設備包括一表面形狀量測設備，係組態以量測一基材上所形成之一膜之一表面形狀，

該表面形狀量測設備包括：

一照射系統，係配置以使來自一光源之寬頻帶的光分裂成為量測光及參考光，該量測光係經照射以傾斜地進入該基材上之一表面，該參考光係經照射以傾斜地進入一參考鏡；

一光接收系統，係配置以使藉由該基材上之該表面所反射的該量測光以及藉由該參考鏡所反射的該參考光彼此組合，以及將該組合的光導至一光電轉換元件；以及

一處理單元，係組態以根據藉由該光電轉換元件所偵測之一干涉信號而計算該膜的該表面形狀，

其中於該膜之該表面的該量測光之一入射角以及於該

參考鏡之該參考光的一入射角各者皆大於布魯斯特角，

該照射系統包括一第一極化器，允許呈一預定方向之線性極化光通過，該線性極化光係包括於來自該光源的該寬頻帶光中，以及

該光接收系統包括一第二極化器，允許呈該預定方向之線性極化光通過，該線性極化光係包括於藉由該膜之該表面所反射的該量測光，以及藉由該參考鏡所反射的該參考光中，

已通過該第一極化器的呈該預定方向之該線性極化光進入該基材上的該表面作為該量測光以及該參考鏡作為該參考光，

已通過該第一極化器的呈該預定方向之該線性極化光包括一 s 極化光分量以及一 p 極化光分量在進入該基材上的該表面中及在進入該參考鏡中，

該膜及該基材之間的一介面所反射的線性極化光的一極化方向與該預定方向不同，以及

該膜及該基材之間的一介面所反射的該線性極化光是由該第二極化器所移除。

10. 一種裝置製造方法，包括：

藉由使用組態以透過一原版上的一圖案而曝光一基材之一曝光設備曝光一基材；以及

顯影該曝光的基材，

其中該曝光設備包括一表面形狀量測設備，係組態以量測一基材上所形成之一膜之一表面形狀，

該表面形狀量測設備包括：

一 照射系統，係配置以使來自一光源之寬頻帶的光分裂成為量測光及參考光，該量測光係經照射以傾斜地進入該基材上的一表面，該參考光係經照射以傾斜地進入一參考鏡；

一 光接收系統，係配置以使藉由該基材上之該表面所反射的該量測光以及藉由該參考鏡所反射的該參考光彼此組合，以及將該組合的光導至一光電轉換元件；以及

一 處理單元，係組態以根據藉由該光電轉換元件所偵測的一干涉信號而計算該膜的該表面形狀，

其中於該膜之該表面的該量測光之一入射角以及於該參考鏡之該參考光的一入射角各者皆大於布魯斯特角，

該照射系統包括一第一極化器及一第一波長板，該第一極化器允許呈一預定方向之線性極化光通過，該線性極化光係包括於來自該光源的該寬頻帶光中，以及該第一波長板轉換已通過該第一極化器的該線性極化光成為環狀極化光，以及

該光接收系統包括一第二波長板，轉換藉由該膜之該表面所反射的該量測光之該環狀極化光該膜及該基材之間的一介面所反射的光，以及藉由該參考鏡所反射的該參考光成為線性極化光，

來自第一波長板的該環狀極化光進入該基材上之該表面作為該量測光以及該參考鏡作為該參考光，以及

來自該第二波長板的線性極化光的一極化方向與來自

該第二波長板的線性極化參考光的一極化方向不同，其是由該膜及該基材之間的一介面所反光的。

11. 一種裝置製造方法，包括：

藉由使用組態以透過一原版上的一圖案而曝光一基材之一曝光設備曝光一基材；以及

顯影該曝光的基材，

其中該曝光設備包括一表面形狀量測設備，係組態以量測一基材上所形成之一膜之一表面形狀，

該表面形狀量測設備包括：

一照射系統，係配置以使來自一光源之寬頻帶的光分裂成為量測光及參考光，該量測光係經照射以傾斜地進入該基材上的一表面，該參考光係經照射以傾斜地進入一參考鏡；

一光接收系統，係配置以使藉由該基材上之該表面所反射的該量測光以及藉由該參考鏡所反射的該參考光彼此組合，以及將該組合的光導至一光電轉換元件；以及

一處理單元，係組態以根據藉由該光電轉換元件所偵測之一干涉信號而計算該膜的該表面形狀，

其中於該膜之該表面的該量測光之一入射角以及於該參考鏡之該參考光之一入射角各者皆大於布魯斯特角，

通過該膜並進入該膜及該基材之間的一介面的該量測光之一入射角小於該布魯斯特角，以及

包括於來自該光源的該寬頻帶光中的一 s 極化光分量對一 p 極化光分量之一強度比被調整，使得該膜及該基材

之間的一介面所反射的該介面所反射的該量測光的干涉光
的一訊號及該參考光被減少。

圖1

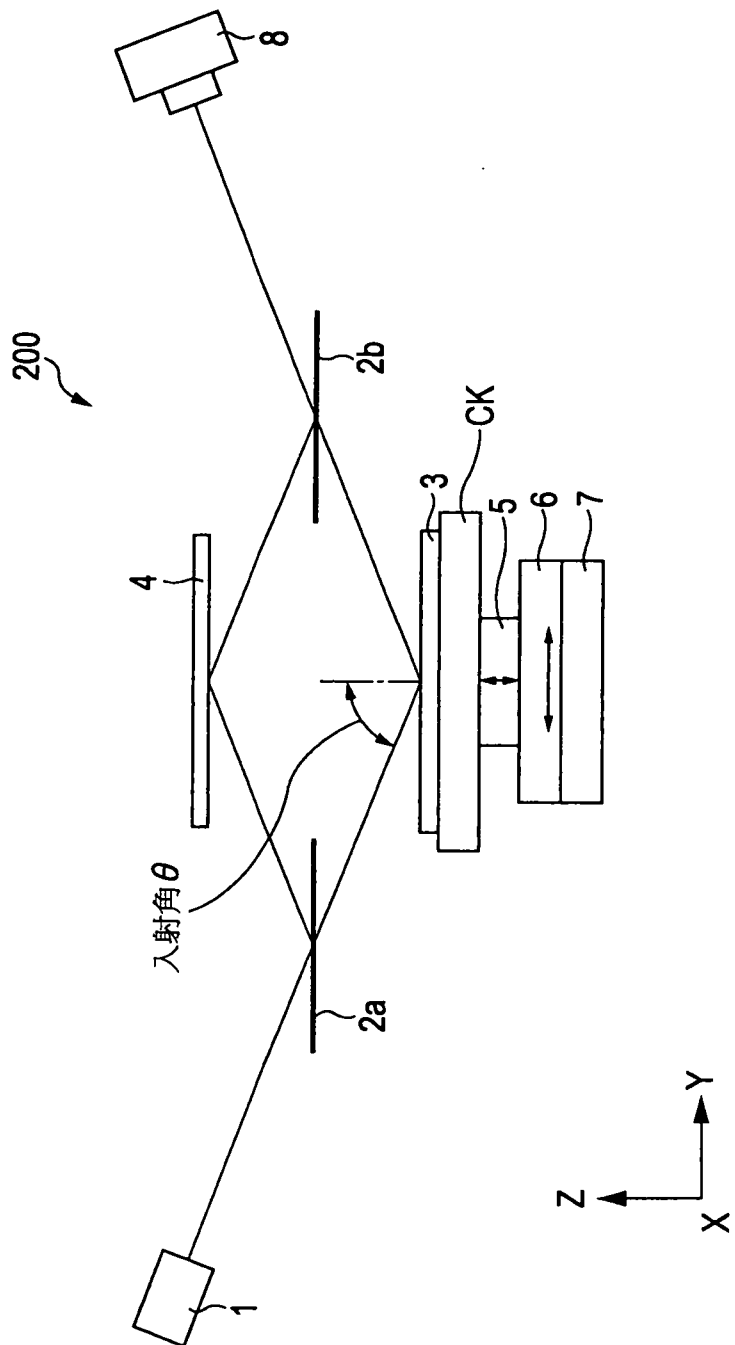


圖2

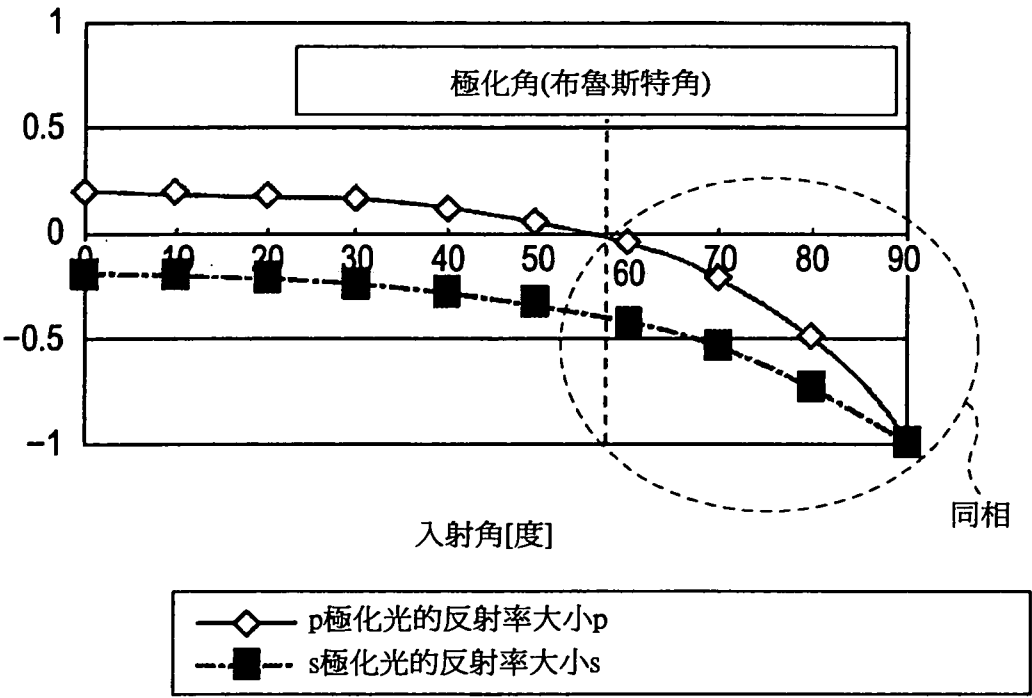


圖3

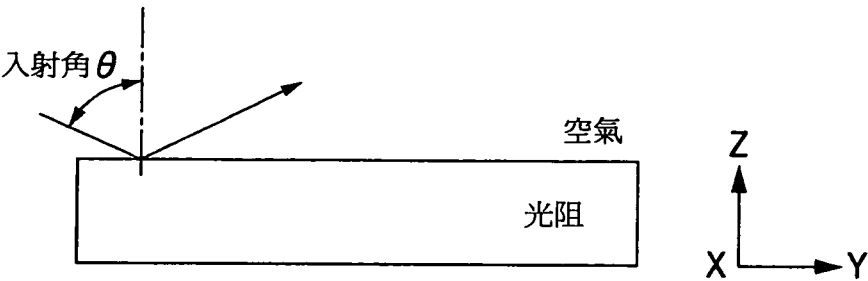


圖4

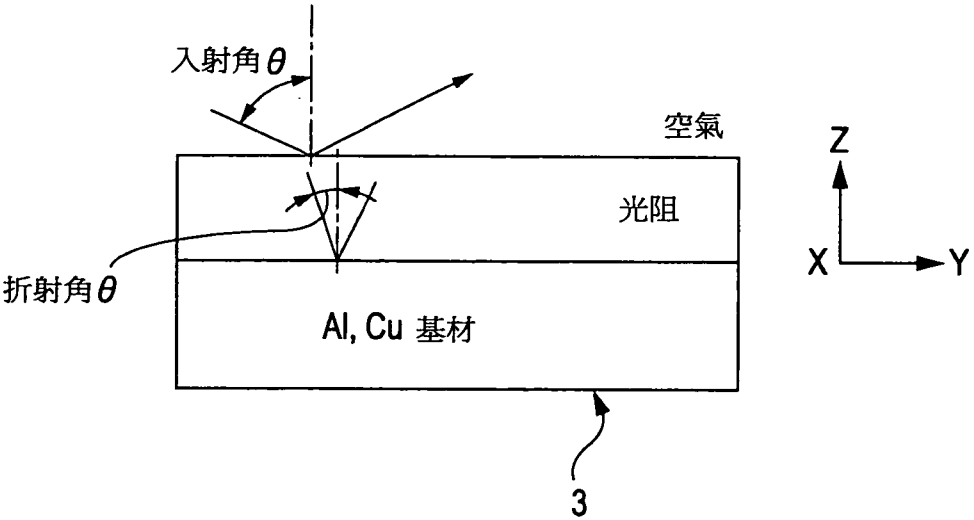


圖5A

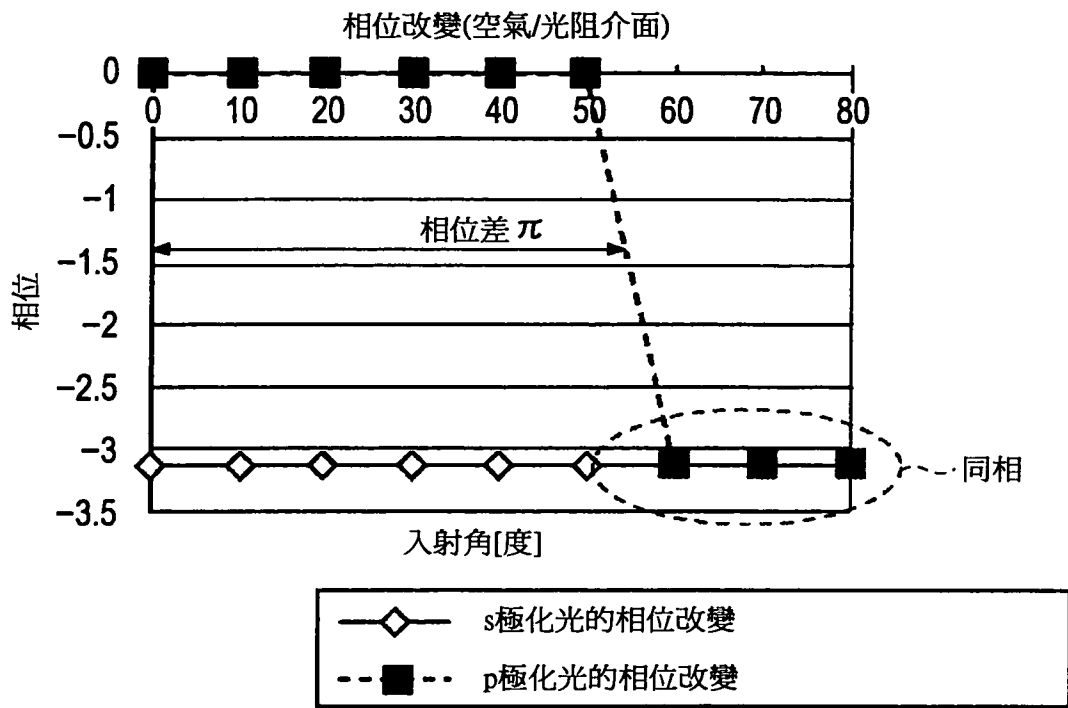


圖5B

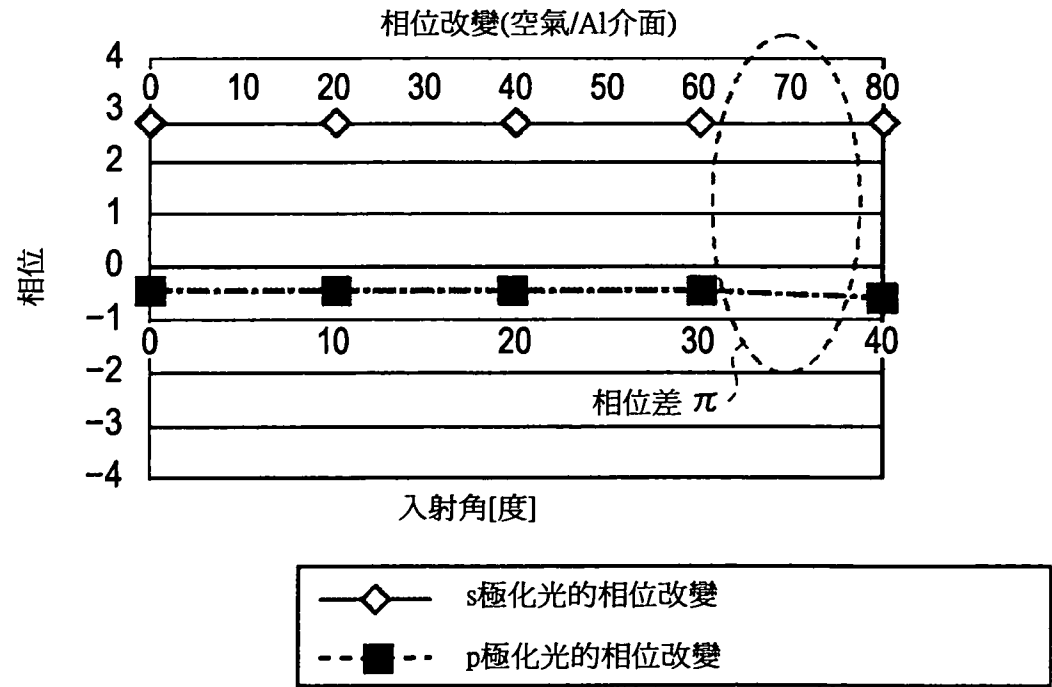


圖6

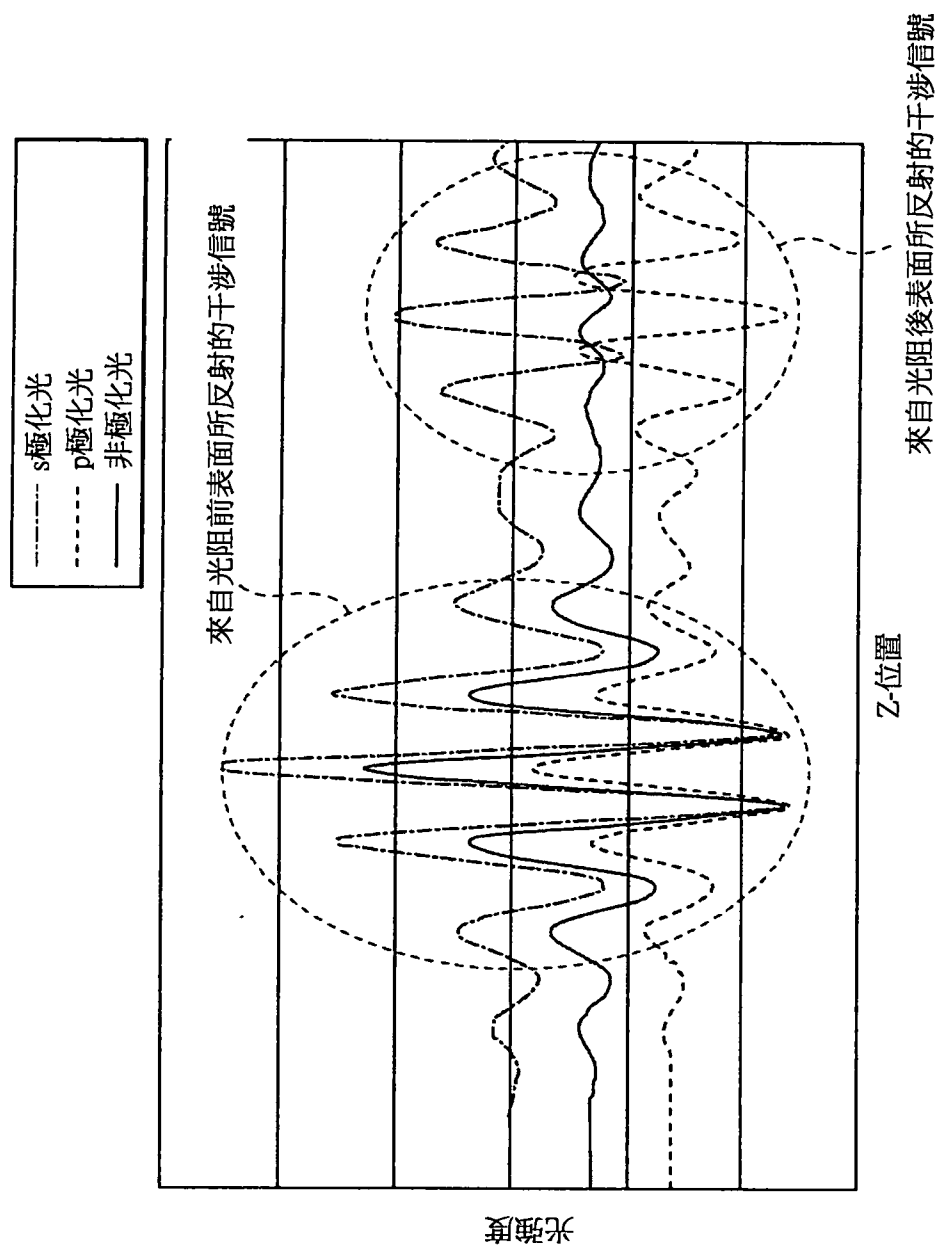


圖 7

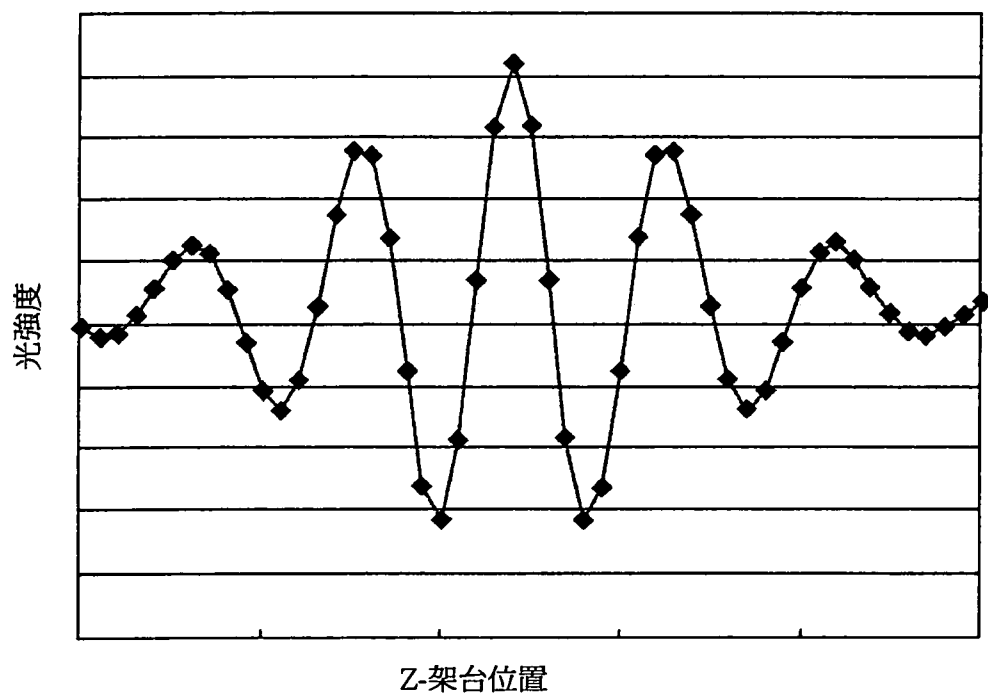


圖8

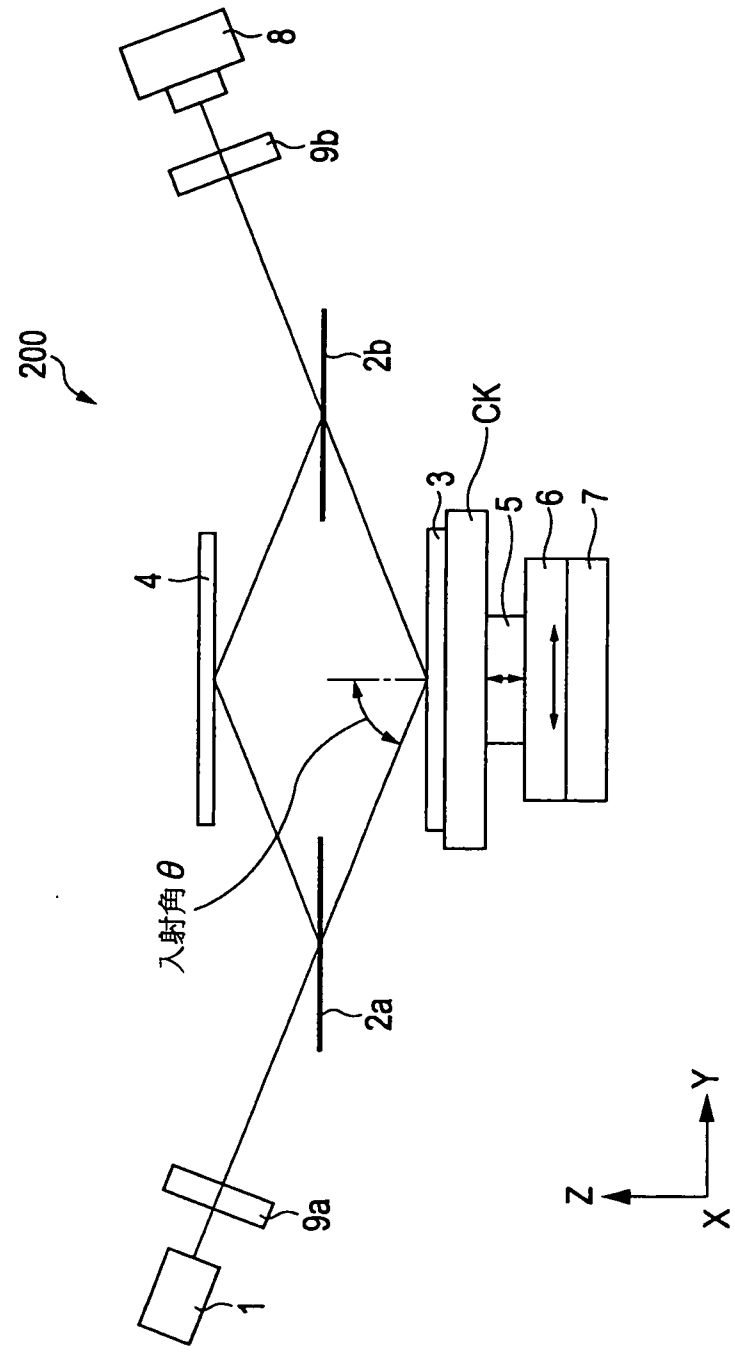


圖9

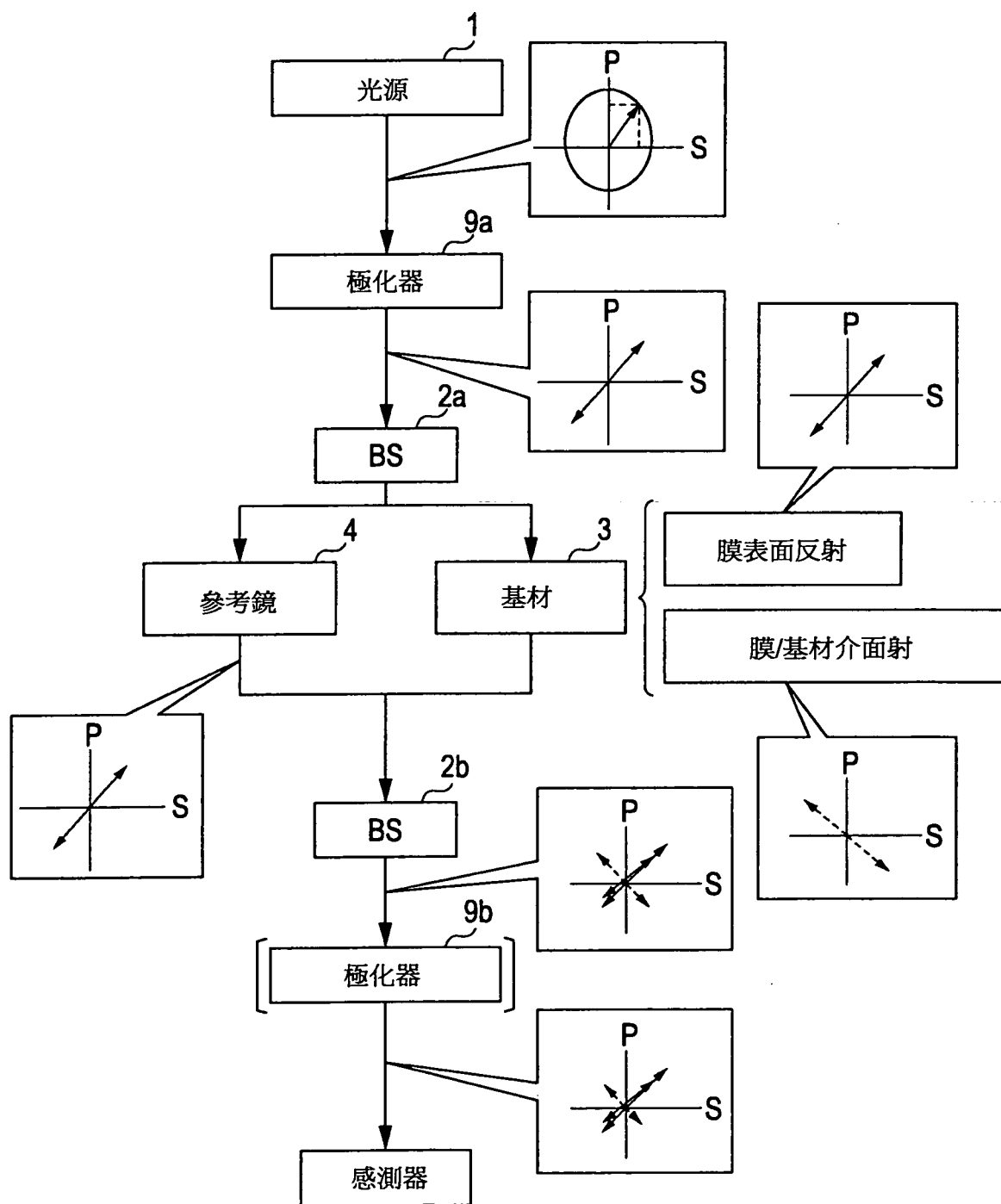


圖10

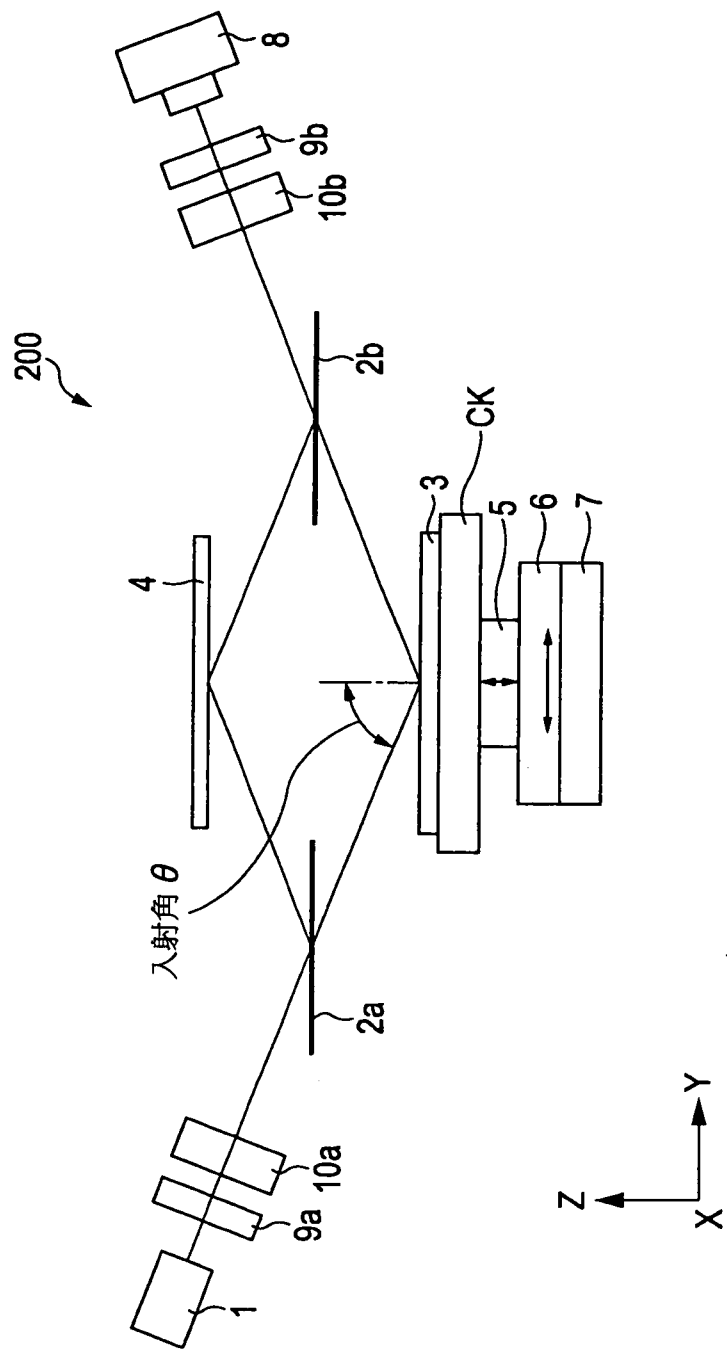


圖 11

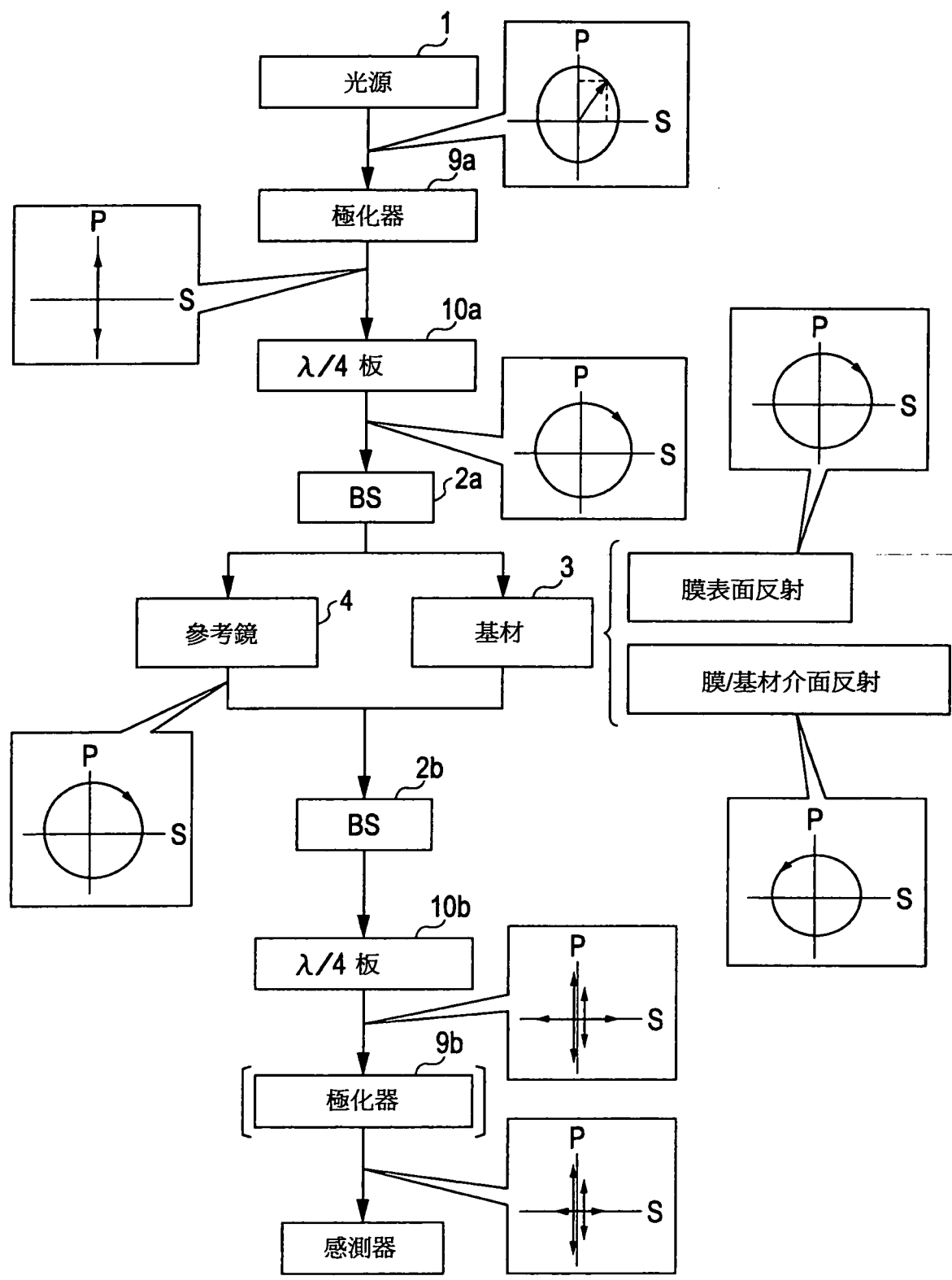


圖12

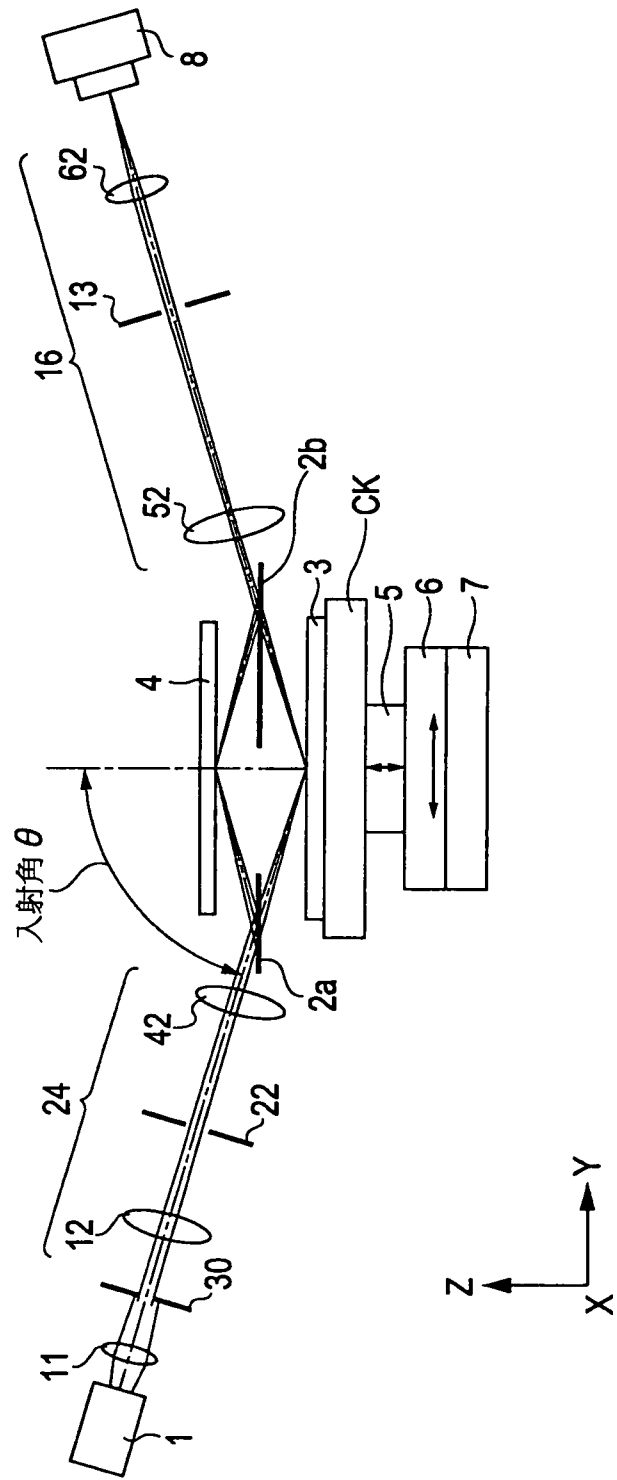


圖 13

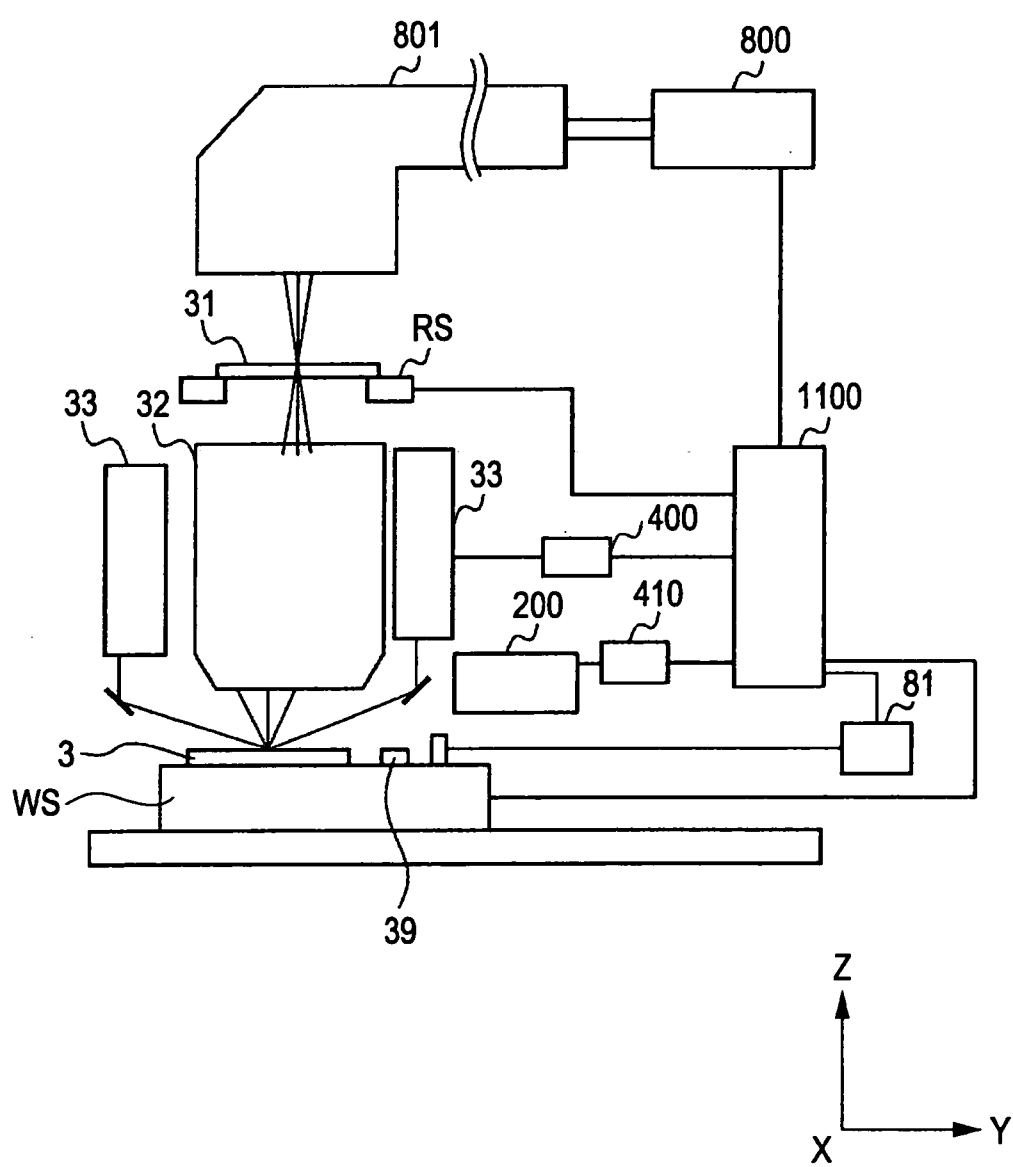


圖 14

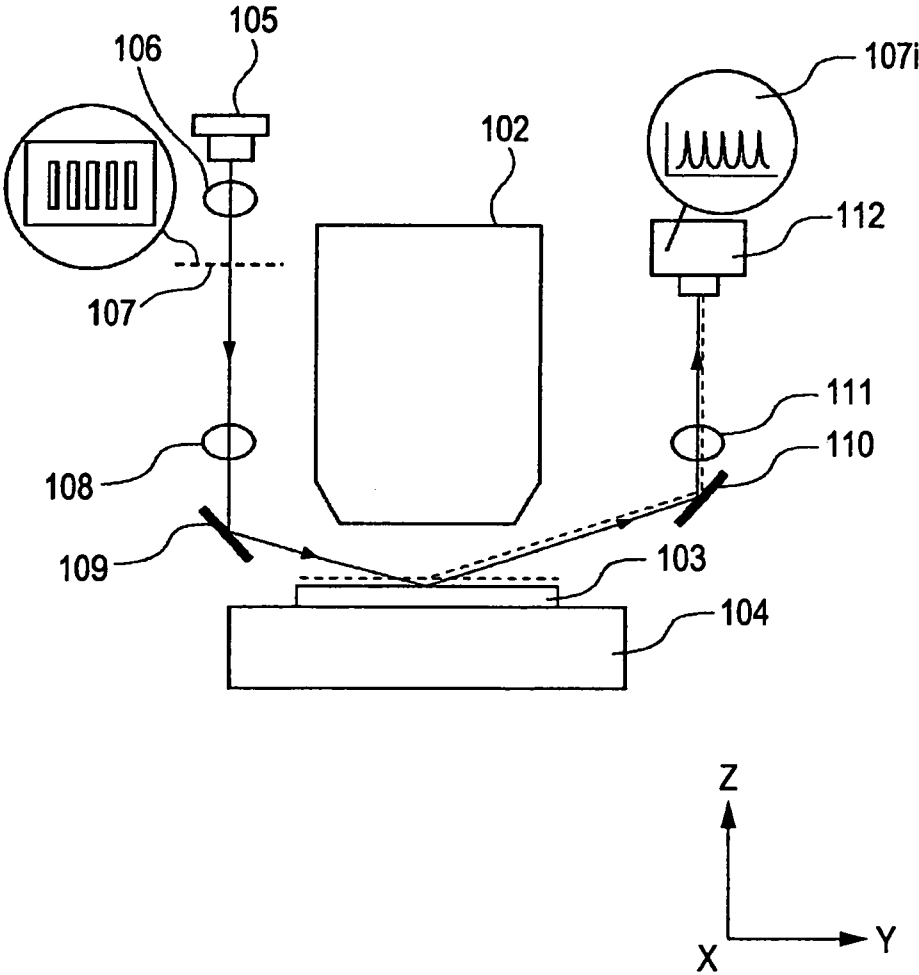


圖15

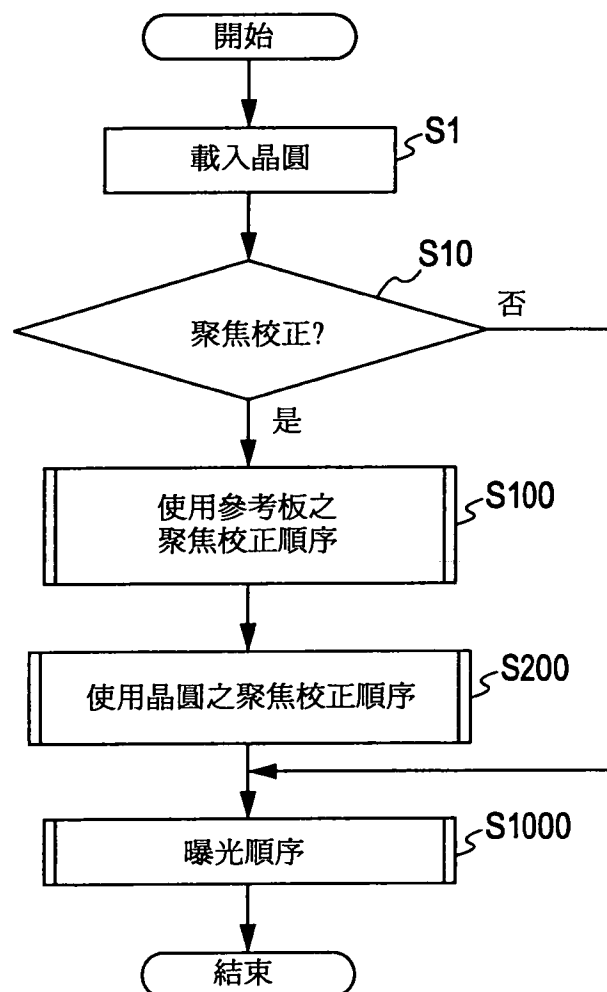


圖 16

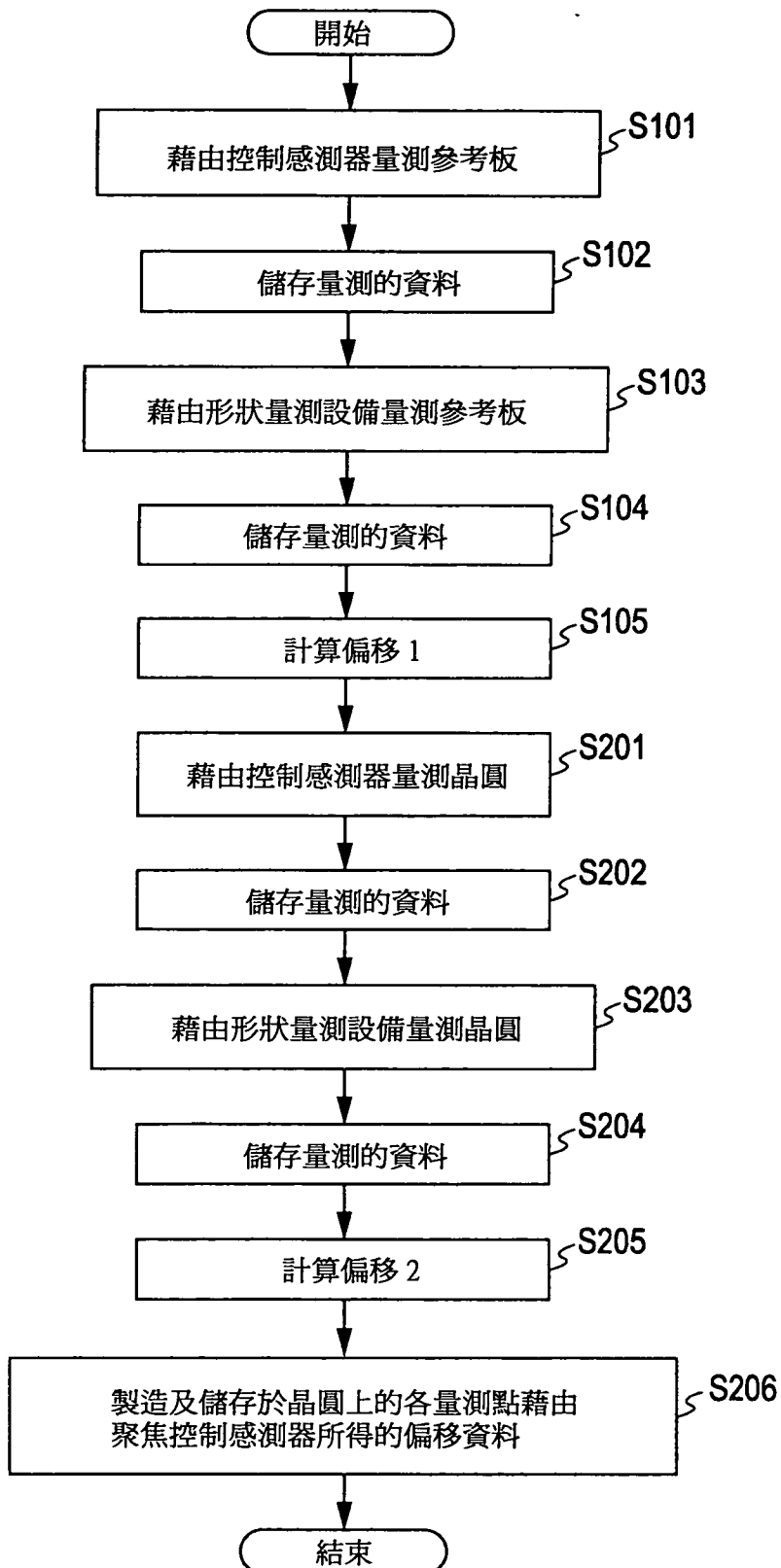


圖17

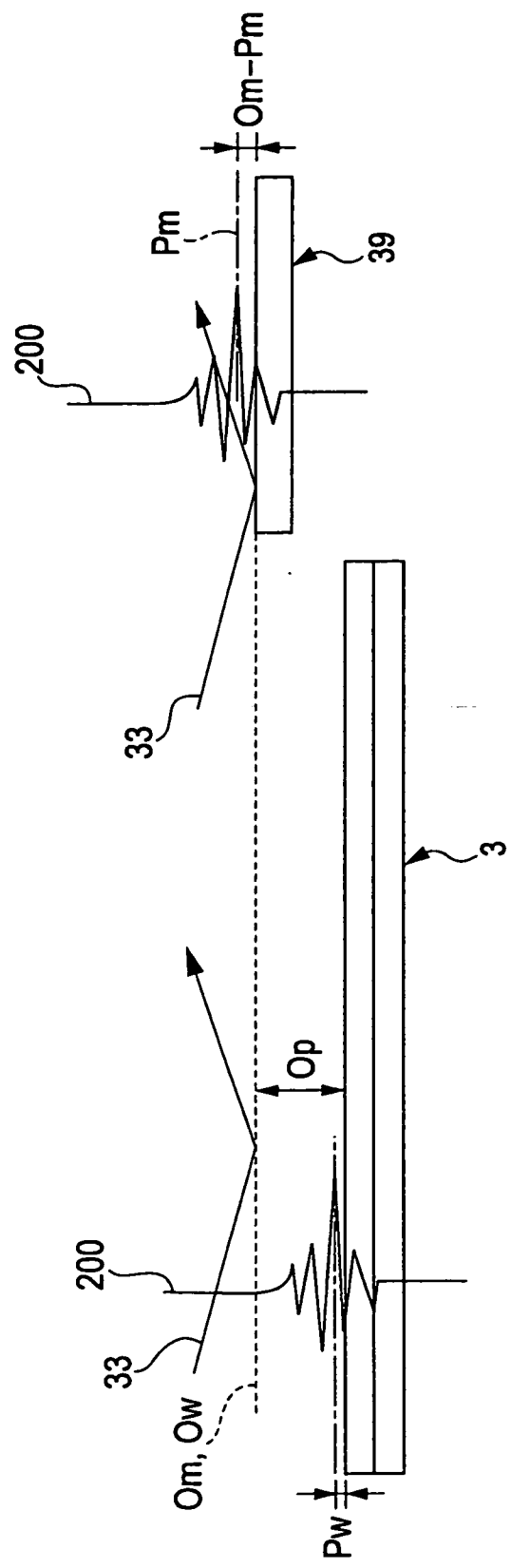


圖 18

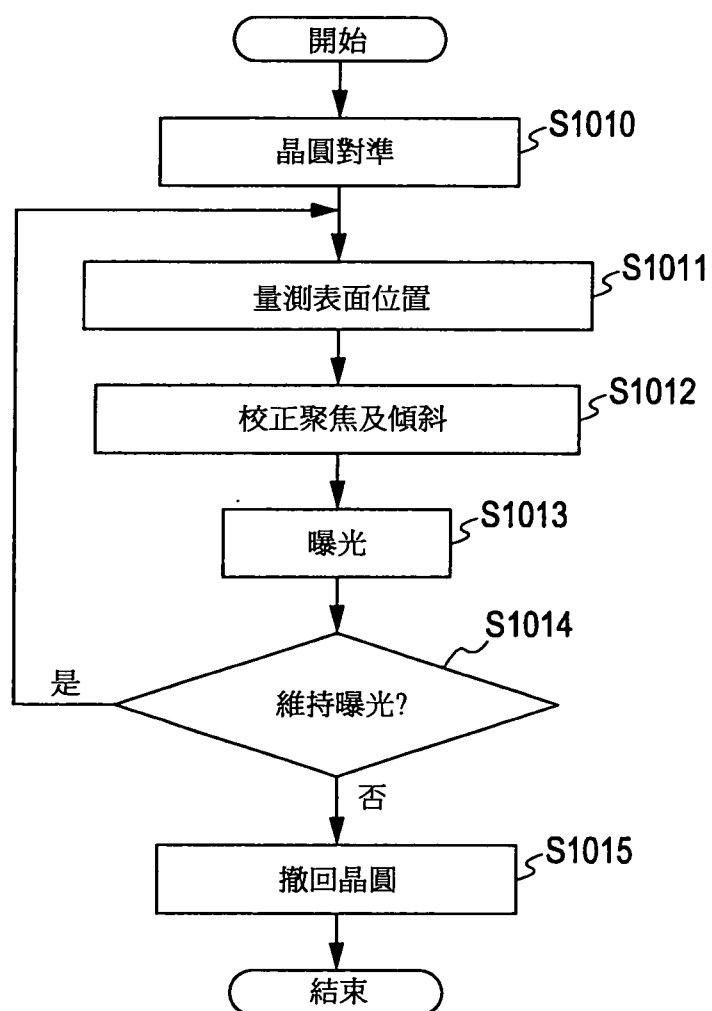


圖 19

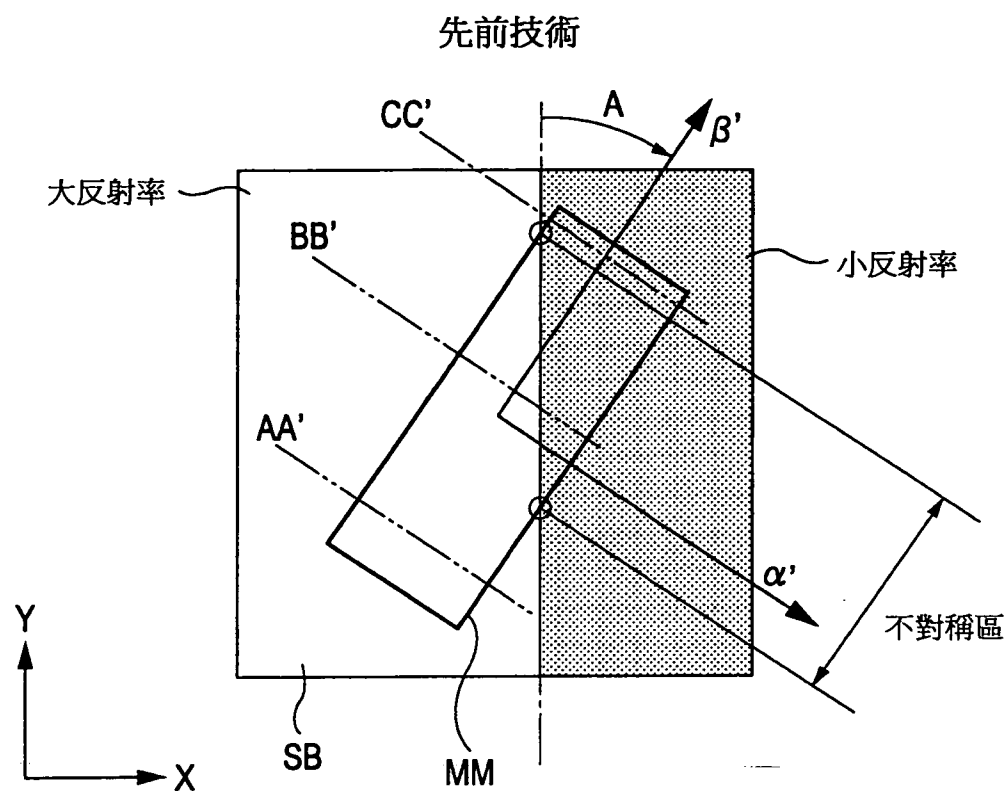


圖 20

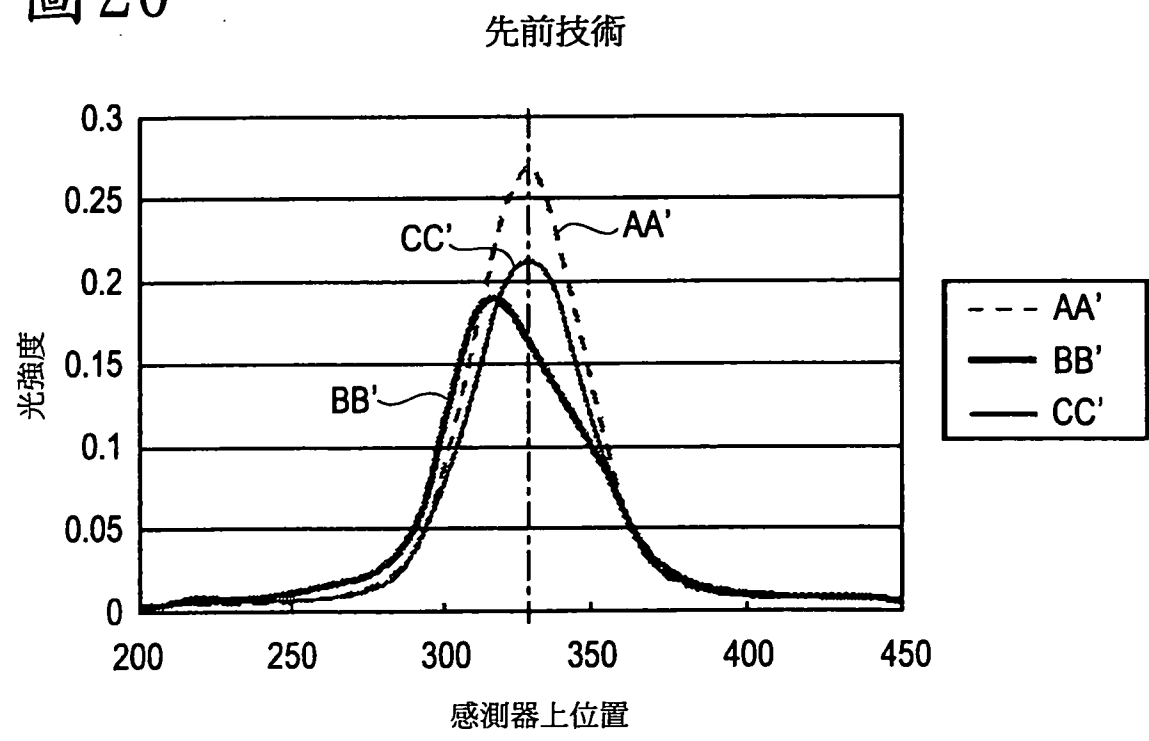


圖 21

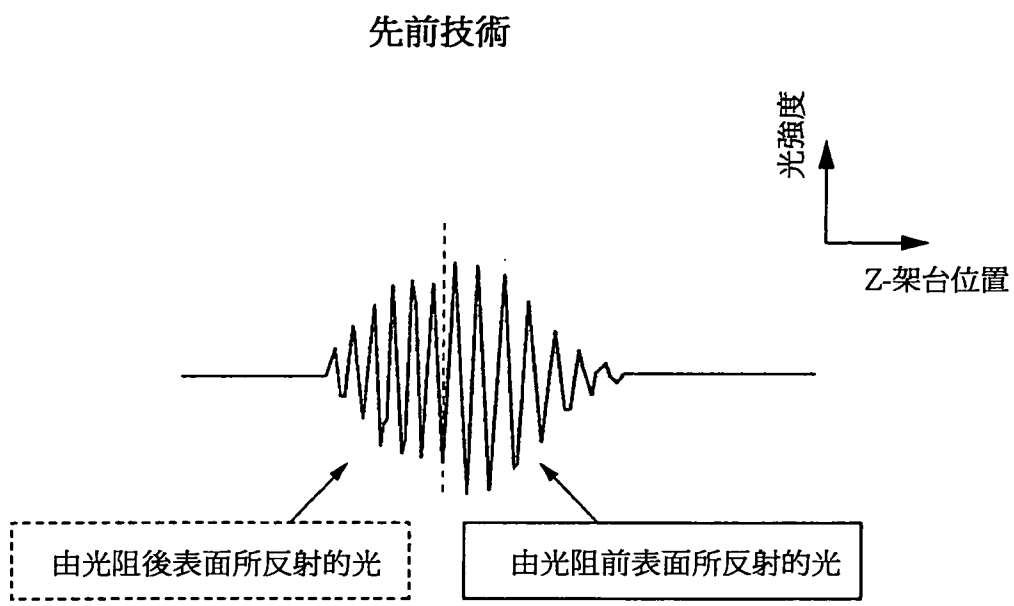


圖 22

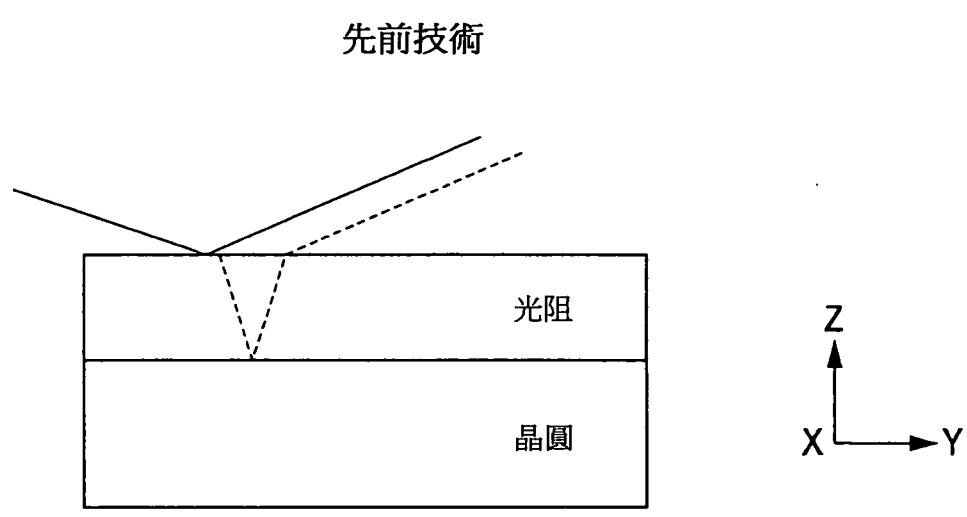


圖23

先前技術

