

發明專利說明書

(本申請書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：96145153

※申請日期：96年11月28日

※IPC分類：G03F 7/20 (2006.01)

G01B 1/4 (2006.01)

一、發明名稱：

(中) 測量設備，具有此測量設備之投影曝光設備以及裝置製造方法

(英) Measuring apparatus, projection exposure apparatus having the same, and device manufacturing method

二、申請人：(共 1 人)

1. 姓名：(中) 佳能股份有限公司

(英) CANON KABUSHIKI KAISHA

代表人：(中) 1. 內田恒二

(英) 1. UCHIDA, TSUNEJI

地址：(中) 日本國東京都大田區下丸子三丁目三〇番二號

(英) 30-2, Shimomaruko 3-chome, Ohta-ku, Tokyo, Japan

國籍：(中英) 日本 JAPAN

三、發明人：(共 1 人)

1. 姓名：(中) 松本隆宏

(英) MATSUMOTO, TAKAHIRO

國籍：(中) 日本

(英) JAPAN

四、聲明事項：

◎本案申請前已向下列國家(地區)申請專利 ☐ 主張國際優先權：

【格式請依：受理國家(地區)；申請日；申請案號數 順序註記】

1. 日本 ; 2006/12/06 ; 2006-329915 ☒ 有主張優先權

五、中文發明摘要

發明之名稱：測量設備，具有此測量設備之投影曝光設備以及裝置製造方法

本發明提供一種測量設備，其測量形成有登記標示之基板。該測量設備包括：獲取單元，其配置來獲得在測量條件下所感知之該登記標示的影像的邊緣間隔資訊，該測量條件被改變以使該登記標示的該影像的該邊緣間隔具有對應於投影曝光設備的不同焦點位置之極值；及計算單元，其配置基於該在每一測量條件下所感知之該登記標示的該影像的該邊緣間隔資訊來計算散焦值。

六、英文發明摘要

發明之名稱：MEASURING APPARATUS, PROJECTION EXPOSURE APPARATUS
HAVING THE SAME, AND DEVICE MANUFACTURING METHOD

A measuring apparatus measures a substrate on which a registration mark is formed. The measuring apparatus includes an acquisition unit which acquires the edge interval information of an image of the registration mark sensed under a measurement condition which is changed to make the edge interval of the image of the registration mark have an extreme value corresponding to a different focus position of a projection exposure apparatus, and a calculation unit which calculates a defocus value on the basis of the edge interval information of the image of the registration mark sensed under each measurement condition.

七、指定代表圖：

(一) 本案指定代表圖為：第(2)圖

(二) 本代表圖之元件符號簡單說明：

3：基板
 15i：照明系統
 15o：成像光學系統
 18：光源
 19：透鏡
 20：孔徑光闌
 22：透鏡
 23：孔徑
 24：透鏡
 25：分束器
 26：透鏡
 27與28：透鏡
 29：光闌
 30：直線感知器
 40：波長選擇單元
 50：校準標示
 55：焦點值/曝光量登記標示

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：無

九、發明說明

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於測量在投影曝光設備中獲得令人滿意的成像性能所需之散焦值及曝光量之方法及設備，該投影曝光設備係使用藉由微影術來測量例如，半導體元件、液晶顯示元件或薄膜磁頭。本發明亦關於控制測量的散焦值及曝光量的方法。本發明進一步關於曝光設備及能夠測量及控制散焦值及曝光量之裝置製造方法。

【先前技術】

藉由微影術來製造例如半導體元件、液晶顯示元件或薄膜磁頭，投影曝光設備被使用，該投影曝光設備經由投影光學系統將掩膜或光罩(以下稱為“光罩”)的圖案影像形成在光敏基板上。

近年來，半導體元件的整合程度已提昇，且過程線寬已減小。為克服此問題，投影曝光設備使用具有較高 NA 的投射透鏡及具有較短波長與較大視角之光源。作為配置來達成這些條件之單元，稱為步進器的設備被使用。步進器縮小幾乎正方形曝光區且藉由單元投影使其曝光於晶圓。另一即將來臨的主流裝置係稱為掃描器之掃描曝光設備，該掃描器形成矩形孔隙狀曝光區且在高速相對地掃描光罩及晶圓，因此使寬區準確地曝光。在這些情況下，隨著投影透鏡的 NA 上升以及曝光波長縮短，管理投影曝光設備的散焦值及曝光量逐漸地更為重要以保持圖案的可容許

線寬準確度。

習知地使用以下三種方法來測量散焦值。

(1)登記標示係由使用特別光罩而轉移及曝光晶圓，且所曝光登記標示的位置被測量(日本專利先行公開案第 2002-55435 及 2002-289494 號)。

(2)線長度係由使用 LES(線端縮短)(日本專利先行公開案第 1-187817 號及美國專利案第 5965309 號)來測量。

(3)抗蝕劑的側壁角資訊係使用 SEM、光學 CD 測量裝置或 AFM(美國專利案第 6150664 號及日本專利先行公開案第 2003-142397 號)。

方法(2)及(3)使用相同標示可測量不僅散焦值還有曝光量。

然而，這些習知技術具有以下問題。

於方法(1)，已通過登記標示之光必須形成非對稱入射角分佈在晶圓上。例如，於日本專利先行公開案第 2002-55435 號，光罩上之登記標示具有 90 度的相位差。於日本專利先行公開案第 2002-289494 號，藉由例如形成圖案在兩表面上所製備之特定光罩被使用。這使其難以形成元件圖案及登記標示兩者在光罩上。因此，此方法不適用於在量產線測量元件圖案的焦點及曝光量。該方法僅可使用於，例如，投影曝光設備的域曲率的週期性保持。

方法(2)不需特定光罩且容許使用相對低廉的測量裝置之測量。然而，測量目標的線長度防止最佳焦點位置的兩側上之拋物線反應。為此理由，雖然可能測量散焦值的

絕對值，該值的正負號是未知的。為決定焦點的正負號，其需要改變焦點達預定量，再次執行曝光及線長度測量，然後基於線長度的增加或減小來決定正負號。

方法(3)需要諸如光學 CD(臨界尺寸)測量裝置或 AFM 之昂貴測量裝置來執行 CD 方向的測量，不像使用光學感知的影像來執行測量之方法(1)及(2)。此產生當圖案變小時的測量準確度之問題。

現將參照圖 18A 至 18C 及 19 詳細說明習知技術及其問題。圖 18A 至 18C 為各顯示散焦值及圖案長度間的關係之曲線圖。橫座標代表散焦值，而縱座標代表圖案長度。圖 19 為用於解說揭示於日本專利先行公開案第 1-187817 號之焦點量或曝光量測量方法之示意圖。如圖 19 所示，楔形登記標示 RP 被轉移且使晶圓曝光。然後，孔隙光束 SP 掃描於箭頭的方向。圖案長度 L_y 係獲自繞射光強度。當測量設備的焦點位置改變時，具有如同二次函數的特性之圖案長度 L_y 在最佳焦點位置達到最大，且隨著光散焦而減小，如圖 18A 所示。此種焦點特性曲線係預先獲得，且作為檢查目標的所曝光晶圓上之登記標示 RP 的圖案長度 L_y 被測量。當僅圖案長度 $L_y = L_{y1}$ 被測量時，兩個值 F1 及 F2 係可取得作為焦點檢查值，如圖 18B 所示。因此不可能決定對應於圖案長度之檢查值。習知上，如圖 18C 所示，在曝光設備的焦點位置自第一曝光的位置移動 dF 之後，登記標示被曝光，及圖案長度 L_y 再次被測量。如果第二次的圖案長度 L_y 係 L_{y2} ，第一次的焦點

檢查值被決定為 $F1$ 。如果圖案長度 L_y 係 L_{y2} ，第一次的焦點檢查值被決定為 $F2$ 。亦即，於使用線端縮短之習知檢查方法，僅一曝光過程不足以決定焦點的正負號，因為二次函數如同具有在最佳焦點位置的最大值之特性。附加地，因為圖案長度改變特性包含具有在最佳焦點位置的最大值之二次函數，及接近最佳焦點位置之圖案長度的變化係小，焦點測量的解析度下降。

如上述，沒有具有如線上焦點監視器(或線上曝光量監視器)的充分功能之測量方法或設備。該監視器檢查焦點值及曝光量且依據半導體製造量產線的現有改變而適當地校正監視器。

【發明內容】

本發明已考慮到接近最佳焦點位置的焦點測量中之上述問題來完成，且甚至於此種例子執行適當焦點測量作為其目的。

依據本發明的第一形態，提供一種測量設備，該測量設備測量其上形成有登記標示之基板，該測量設備包含：獲取單元，其配置來獲得在測量條件下所感知之該登記標示的影像的邊緣間隔資訊，該測量條件被改變以使該登記標示的該影像的該邊緣間隔具有對應於投影曝光設備的不同焦點位置之極值；及計算單元，其配置基於該在每一測量條件下所感知之該登記標示的該影像的該邊緣間隔資訊來計算散焦值。

依據本發明的第二形態，提供一種投影曝光設備，包含：光學系統，其將曝光用光投影至該基板來照射具有圖案之原片；載台單元，其固持且定位該基板及該原片的一者；及上述的測量設備。

依據本發明的第三形態，提供一種測量設備，該測量設備藉由投影曝光設備經由曝光基於形成在基板上的標示來測量該投影曝光設備的散焦值，該測量設備包含：影像感知單元，其配置來感知該標示；及處理單元，其配置在複數條件的每一條件下來執行獲得該影像感知單元所獲得之該標示的影像的兩個邊緣間的間隔之過程，及計算基於用於複數條件的每一條件所獲得的間隔之散焦值。

依據本發明的第四形態，提供一種投影曝光設備，該投影曝光設備具有投影光學系統且經由原片及該投影光學系統使基板曝光，該投影曝光設備包含：上述的測量設備，其藉由該投影曝光設備經由曝光基於形成在基板上的標示來測量該投影曝光設備的散焦值；載台，其固持且移動該原片及該基板的一者；及控制單元，其配置基於該測量設備所測量之該散焦值於該投影光學系統的光軸的方向來控制該載台的位置。

自示範性實施例的以下說明(參照附圖)，本發明的進一步特徵將變得更為顯而易知。

【實施方式】

以下將參照附圖詳細說明本發明的較佳實施例。相同

參照號碼在整個圖式中標示相同構成元件。

(第一實施例)

圖 5 為顯示依據本發明的第一較佳實施例的投影曝光設備之示意圖。投影曝光設備 10 藉由步進掃描方法使形成在光罩 1 上的電路圖案曝光至諸如晶圓的基板 3。投影曝光設備 10 適於次微米或四分之一微米或更小的等級之微影術。如圖 5 所示，投影曝光設備 10 包括：照明設備 700、具有置於其上的光罩(亦稱為原型)1 之光罩載台 RS、及投影光學系統 2。投影曝光設備 10 亦具有置於其上的基板 3 之基板載台 SS、焦點/傾斜檢測系統 33、焦點/傾斜檢測系統 33 的運算處理單元 400、校準檢測光學系統 15、及供作校準檢測光學系統 15 的運算處理單元之校準信號處理系統 402。具有記憶體之控制單元 1100 係電連接至光源 800、光罩載台 RS、基板載台 SS、焦點/傾斜檢測系統 33 及校準檢測光學系統 15，且控制投影曝光設備 10 的各別單元。控制單元 1100 執行當焦點/傾斜檢測系統 33 檢測基板 3 的表面位置時之測量值校正操作及控制，以及當校準檢測光學系統 15 檢測基板 3 的平面內位置時之測量值校正操作及控制。

照明設備 700 具有光源 800 及照明光學系統 801，且照亮具有將被轉移的電路圖案之光罩 1。

光源 800 使用例如，雷射。雷射的實例係具有約 193nm 的波長之 ArF 準分子雷射及具有約 248nm 的波長

之 KrF 準分子雷射。然而，光源未受限於準分子雷射。例如，具有約 157nm 的波長之 F₂ 雷射或具有 20nm 或更小的波長之 EUV(極紫外線)光亦可被使用。

照明光學系統 801 係用於以自光源 800 射出的光束而照亮照明目標表面之光學系統。照明光學系統 801 使光束成形為具有預定最佳形狀的曝光狹縫且照亮光罩 1。照明光學系統 801 包括：透鏡、鏡、光學整合器及光闌，且具有以此順序配置之會聚透鏡、蠅眼透鏡、孔徑光闌、會聚透鏡、狹縫及成像光學系統。照明光學系統 801 可使用軸上光及離軸光兩者。光學整合器包括：藉由堆疊蠅眼透鏡及兩個柱面透鏡陣列(雙凸透鏡)所形成之整合器。然而，光學桿或繞射光學元件可取代光學整合器。

光罩 1 以例如，石英製成，且具有將被轉移的電路圖案在其上。光罩載台 RS 支撐及驅動光罩 1 於預定方向。已通過光罩 1 之繞射光通過投影光學系統 2，且係投射至基板 3。光罩 1 及基板 3 具有光學共軛關係。光罩 1 的圖案可藉由在對應於縮小比的速度比掃描光罩 1 及基板 3 而轉移至基板 3。注意到，投影曝光設備 10 具有光傾斜入射系統的光罩檢測系統 36。光罩檢測系統 36 檢測光罩 1 的位置使得其被配置在預定位置。

光罩載台 RS 藉由光罩夾頭(未顯示)來支撐光罩 1，且係連接至移動機器(未顯示)。包括例如線性馬達之移動機器可藉由驅動光罩載台 RS 於 X-、Y-及 Z-方向與於繞著軸的旋轉方向移動光罩 1。

投影光學系統 2 具有自物件表面將光束的影像形成在影像平面上的功能。投影光學系統 2 將已通過形成在光罩 1 上的圖案之繞射光的影像形成在基板 3 上。包括僅數個透鏡元件之光學系統、包括數個透鏡元件及至少一凹面鏡之光學系統(折射反射光學系統)、或包括數個透鏡元件及至少一諸如相位全息圖之繞射光學元件之光學系統可作為投影光學系統 2。

基板 3 係已處理本體，且具有塗佈至表面之光阻劑。於此實施例中，基板 3 係其位置被焦點/傾斜檢測系統 33 檢測到之已處理本體。於另一實施例中，液晶基板或另一已處理本體可取代基板 3。

基板載台 SS 經由晶圓夾頭(未顯示)支撐基板 3。基板載台 SS 藉由使用線性馬達使基板 3 移動於 X-、Y-及 Z-方向與於繞著該等軸線的旋轉方向，如同光罩載台 RS。例如，雷射干涉計 101 監視光罩載台 RS 及基板載台 SS 的位置。光罩載台 RS 及基板載台 SS 在預定速度比被驅動。基板載台 SS 係設在，例如，經由阻尼器而支撐在地面上之載台底座。光罩載台 RS 及投影光學系統 2 係設在例如，經由阻尼器支撐在放置在地面上的底座架之透鏡鏡筒表面板(未顯示)。

焦點/傾斜檢測系統 33 藉由使用光學測量系統於曝光期間檢測基板 3 的表面位置(Z 方向)的位置資訊。焦點/傾斜檢測系統 33 使光束照到基板 3 上之數個測量點，將光束導引至各別感知器，且基於不同位置的數件位置資訊(

測量結果)檢測到曝光表面的傾斜。

接著將說明校準檢測系統。於此實施例中，校準檢測系統不僅被使用於校準檢測，而且使用於焦點/曝光量登記標示的檢測。圖 2 為顯示校準檢測光學系統 15 的主要構成元件的示意圖。圖 2 解說用於檢測之光學系統的實例。以下將解說 X-方向檢測系統。用於 Y 方向，該系統繞著 Z-軸旋轉 90 度。用於 Y 方向，用於 X 方向之標示繞著 Z 軸旋轉 90 度且被使用作為校準標示。區感知器可被使用來檢測 X-方向標示及 Y 方向標示。

校準檢測光學系統 15 包括照明系統 15i 及成像光學系統 15o。透鏡 19 放大來自光源 18 之照明光且形成平行光束。平行光束通過波長選擇單元 40 以選擇性傳送任意波長，且透鏡 22 再自會聚該光。這係可能由調整孔徑光闌 20 來調整照明光的相干性(σ)。孔徑 23 存在於與基板 3 共軛之位置，且作為防止不需要光之域光闌照亮基板 3 上之校準標示的周邊區。透鏡 24 再次使透鏡 22 所會聚的光回到平行光束。分束器 25 反射該光使得其經由透鏡 26 照亮基板 3 上之校準標示 50。校準標示 50 所反射之光通過透鏡 26、分束器 25、及透鏡 27 與 28，且進入直線感知器 30。直線感知器 30 係設計來藉由具有能力於垂直至校準檢測方向的方向之柱面透鏡(未顯示)來會聚光。

設在與基板 3 的表面共軛的位置之光闌 29 僅處理校準標示 50 的預定區。在約 100% 至 400% 的成像放大比放大之校準標示 50 形成影像在直線感知器 30 上。

波長選擇單元 40 具有 10 個帶通干涉濾波器 F1 至 F10 在碟的相同半徑上，如圖 3 所示。波長選擇單元 40 係設計來藉由旋轉該碟且設置任意帶通干涉濾波器在照明光的光學路徑上以任意波長照亮校準標示。最佳照明波長係依據晶圓上之校準標示的垂直結構來選擇。校準範圍的數值孔徑 (NA) 係約 0.4 至 0.9。未使抗蝕劑曝光之波長被使用。

具有圖 11A 或 11B 所示的形狀之標示被使用，做為校準標示 50。於圖 11A，四個各具有 $4\mu\text{m}$ 的長度於作為測量方向的 X 方向及 $30\mu\text{m}$ 的寬度於作為非測量方向的 Y 方向之矩形標示係以 $20\mu\text{m}$ 的間距配置於 X 方向。每一校準標示 50 被蝕刻以具有由 $0.6\mu\text{m}$ 寬線所圍繞之矩形輪廓。實際上，雖然為說明方便未解說抗蝕劑，校準標示 50 具有抗蝕劑在其上。當圖 11A 中的校準標示 50 被使用時，來自(標示 50 的)邊緣的散色光產生在大於最大入射角的角度，其中最大入射角角度係對應於校準檢測光學系統 15 的鏡片的 NA，且散色光在邊緣產生干涉。為此理由，如圖 12 所示的影像係形成在直線感知器 30 上。圖 11A 中的校準標示 50 形成暗或亮凹面部。此種影像經常被觀測於亮域影像。

校準信號處理系統 402 以下述方式處理校準標示 50 的感知影像。校準標示 50 的位置藉由模配來計算。模配係獲得信號(圖 13 的 S)及預先固持於設備之模板(圖 13 的 T)間之相關操作。具有最高相關性之位置被檢測作為校準標示的中心。於圖 13 中之相關性值函數 E，距峰值像素

數個左及右像素的區中之重心像素位置被獲得，藉此達到 1/10 至 1/50 像素的解析度。模配(template matching)係依據以下方程式來執行：

$$E(X) = \frac{1}{\sum_{j=k}^k [S(X + J) - T(J)]^2} \quad \dots (1)$$

其中 S 係感知器所獲得之信號，T 係模板，及 E 係相關性結果。圖 13 解說信號 S、模板 T 及相關性值 E 間的關係。圖 13 顯示四個校準標示的影像的一者的過程結果。感知器上剩餘三個校準標示影像的位置亦藉由模配來檢測。四個校準標示影像的位置 $X1(n)$ 、 $X2(n)$ 、 $X3(n)$ 及 $X4(n)$ 係由模配所獲得(單位"像素")，其中 n 係模板數。然後，標示的平均位置係藉由以下方程式來計算：

$$Xa(n) = [X1(n) + X2(n) + X3(n) + X4(n)] / 4 \quad (2)$$

假設 M 為諸如校準範圍之校準檢測光學系統 15 的成像放大率，及 P_x 為區感知器的像素間距於校準測量方向。於此時，晶圓上之校準標示 50 的不重合性 $Xw(n)$ ，其係藉由每一模板而獲得，係由以下方程式所給定：

$$Xw(n) = Xa(n) / (P_x \cdot M) \quad (3)$$

基於方程式(3)，校準標示距直線感知器 30 所獲得的最佳焦點成像信號的不重合量 $X1$ 被計算。

如上述，投影曝光設備 10 在控制單元 1100 的控制下基於焦點/傾斜檢測系統所檢測之基板表面位置資訊而與投影光學系統 2 的傾斜或光軸方向關聯地控制基板載台 SS 的位置。此使基板位置與投影曝光設備 10 的投影光學系統的最佳焦點平面校準。校準係基於由校準檢測系統所測量之晶圓的平面上不重合量來執行。之後，光罩上之圖案被轉移且曝光於晶圓。投影曝光設備 10 的主要部份的配置及功能已說明如上。

接著將說明依據此實施例之焦點/曝光量測量方法。現將參照圖 10 中的流程圖解說依據本發明的較佳實施例之散焦值/曝光量測量方法及校正方法的綱要。

於步驟 S101，光罩上之登記標示(圖 4)被曝光，同時改變晶圓上的投影曝光設備 10 的焦點值(焦點位置)(F)及曝光量(E)，如圖 6 所示，藉此製備 FEM(焦點曝光矩陣)晶圓。使用在此時之光罩具有實際元素圖案及形成於對應於劃線的區之登記標示兩者，該兩者同時被曝光。

於步驟 ST102，晶圓上之實際單元圖案係使用例如 SEM 來評估。最佳焦點值 F_0 及最佳曝光量 E_0 係利用包括焦點值及曝光量的最佳曝光條件而獲得，以形成具有設計值或中央焦點值之實際元素圖案及相對於焦點變化與曝光量變化的中央曝光量。於步驟 ST103，FEM 晶圓被載入投影曝光設備 10。校準檢測系統測量利用曝光量 E 及焦

點值 F 所曝光之登記標示的線長度 $L(E, F)$ ，且計算線長度 L 的關係式(近似曲線)及曝光量/焦點值。

於步驟 ST104，投影曝光設備 10 藉由使用具有裝置圖案及登記標示的光罩使裝置圖案及登記標示曝光至晶圓。

於步驟 ST105，登記標示被測量，且曝光量及焦點值係基於獲得於步驟 ST103 的關係式而決定。

於步驟 ST106，補償被指定給投影曝光設備 10、顯影設備或蝕刻設備以校正所測量的曝光量及焦點值與最佳曝光條件(E_0, F_0)的偏差。

於步驟 ST107，決定作為曝光目標的另一晶圓是否存在。如果晶圓存在，過程回到步驟 ST104 以重複上述過程直到所有晶圓的曝光被完成為止。

以下將說明流程的詳細實施內容。圖 4 係顯示使用於本發明的較佳實施例的焦點值/曝光量登記標示 55 之示意圖。如圖 4 所示，登記標示 55 係由矩形線及空間所形成。基板上之線寬及空間寬係 $0.15\mu\text{m}$ 。基板上之線長度 L 的設計值係 $4\mu\text{m}$ 。線及空間的數量較佳地為 10 或更多。基板上之矩形圖案的陣列方向的長度係 $30\mu\text{m}$ 。線及空間的工作比較佳地為 0.5。然而，本發明未受限於此。線寬及空間寬較佳地為等於將被轉移及曝光至基板之圖案的最小寬度或約為其三倍。圖 4 所示的複數圖案可被配置。例如，這係可能以預定間距於水平方向配置圖 4 所示的登記標示 55，且使用該等標示作為校準標示，如圖 11B 所示。

。於此例中，將被測量之線長度的數量增加(四條線長度被測量於圖 11B)。藉由使用線長度的平均值可改善測量準確度。注意到，當投影曝光設備 10 的縮放比係 $1/4$ 時，光罩上之線寬係 $0.6\mu\text{m}$ 而線長係 $16\mu\text{m}$ 。

接著將說明測量登記標示 55 的方法。於此實施例中，藉由使用投影曝光設備 10 的上述校準檢測系統完成測量。檢查基板被放在投影曝光設備 10 上。校準檢測光學系統 15 感知登記標示 55。校準檢測光學系統 15 中的柱面透鏡將登記標示 55 的影像會聚於圖 4 所示之有效過程區 56，有效過程區 56 係由光闌 29 所界定，使得該影像被輸出作為整合於 Y 方向之信號。以此過程，獲得具有對應於登記標示的線的兩側上的邊緣(55L 及 55R)之至少二極值(峰值或底值)的信號波形，如圖 1A 所示。

為計算邊緣位置以獲得線長度，藉由近似在藉由登記標示的邊緣所產生的極值之前與之後之數點的函數所獲得之極值的位置。替代地，預定限制位準及接近極值的信號波形間之兩個交叉的中間值被獲得。

如圖 6 所示，登記標示被預先曝光，同時改變焦點值(F)及投影曝光設備 10 在基板上的曝光量(E)，藉此制備 FEM 基板。使用在此時的光罩具有實際元素圖案及形成於對應於劃線的區之登記標示兩者，該兩者同時被曝光。

晶圓上之實際元素圖案係使用例如，SEM 而評估。最佳焦點值 F_0 及最佳曝光量 E_0 係利用包括焦點值及曝光量的最佳曝光條件而獲得，以形成具有設計值或中央焦點

值之實際元素圖案及相對於焦點變化與曝光量變化的中央曝光量。另一方面，用於登記標示，FEM 基板被載入投影曝光設備 10。校準檢測系統藉由上述方法而測量基於曝光量 E 及焦點值 F 所曝光之登記標示的線長度 $L(E, F)$ 。於此實施例中，對應於每一焦點值及曝光量之登記標示被測量，同時校準檢測光學系統 15 的波長選擇單元 40 改變在此時之照明波長。亦即，用於一登記標示，不同信號波形被獲得以符合每一照明波長，如圖 1A 及 1B 所示。例如，假設 $L_1(E, F)$ 為在照明波長 λ_1 之邊緣間隔(線長度)的測量值，而 $L_2(E, F)$ 為在照明波長 λ_2 之邊緣間隔(線長度)的測量值。於此例中，如圖 7 所示之特性被獲得。

回到圖 7，條件 1 相當於照明波長 λ_1 ，而條件 2 相當於照明波長 λ_2 。 E_1 及 E_2 代表曝光量。本發明人所作之實驗及抗蝕模擬已揭露線長度 L_1 及 L_2 的每一者變化如同相對於散焦值的二次函數，且顯示最大值之焦點位置依照照明波長而改變。圖 8 係顯示登記標示的一矩形元素的抗蝕形狀的模擬結果之鳥瞰示意圖。抗蝕邊緣退縮及邊緣傾斜角的改變發生在投影曝光設備 10 的負與正散焦側上。

在自上側感知標示之時，所形成信號接收邊緣的上及下表面上之干涉效應。為此理由，對應於最大位置之焦點位置依照照明波長改變。另一方面，當曝光量改變時，線長度顯示與照明波長無關之幾乎線性變化。

接著將參照圖 9 說明藉由使用各具有依照焦點改變的最大值之兩件線長度資訊 ($L1$ 及 $L2$) 所獲得之效應。圖 9 顯示 $L1$ 及 $L2$ 間的差異，亦即，藉由使用圖 7 中對應於曝光量 $E1$ 的特性所獲得之 $L2(E1, F) - L1(E1, F)$ 。差異 ($L2 - L1$) 具有相對於散焦值的線性關係 (雖然 $L1$ 及 $L2$ 顯示偶數函數，該差異顯示相對於焦點之奇數函數)。因此可能獲得具有正負號的散焦值。於正常焦點測量方法，登記標示形狀的改變在最佳焦點位置附近變小，且測量解析度減小。然而，當差異被使用時，測量解析度不會依照散焦值而改變。當散焦值改變 $1\mu\text{m}$ 時，差異 ($L2 - L1$) 改變約 90nm 。因此，如果線長度測量準確度係約 2nm ，焦點測量解析度係 $(1\mu\text{m}/90) \times 2 = \text{約 } 20\text{nm}$ 。

以下將由使用數值式詳細說明計算焦點值及曝光量的方法。首先，藉由測量在照明波長 $\lambda 1$ 的 FEM 基板所獲得之線長度 $L1$ 及在照明波長 $\lambda 2$ 獲得的線長度 $L2$ 係近似於

$$L1(E, F) = k1 + ke \cdot E + kf1 \cdot F + kf \cdot F^2 \quad (4)$$

$$L2(E, F) = k2 + ke \cdot E + kf2 \cdot F + kf \cdot F^2 \quad (5)$$

方程式 (4) 及 (5) 中的係數可使用線長度測量值 $L1$ 及 $L2$ 與於製備 FEM 基板時指定給投影曝光設備 10 之曝光量變化 E 及焦點值 F 容易藉由最小平方方法而獲得。相反地，焦點值 F 係由方程式 (5) - 方程式 (4) 所給定，亦即，

$$F = \{(L_2 - L_1) - (k_2 - k_1)\} / (k_{f2} - k_{f1}) \quad (6)$$

另一方面，曝光量 E 係藉由將方程式(6)代入方程式(4)而獲得，

$$E = \{L_1 - (k_1 + k_{f1} \cdot F + k_f \cdot F^2)\} / k_1 \quad (7)$$

線長度 $L_1(E, F)$ 及 $L_2(E, F)$ 係由使用 FEM 基板來測量的，而方程式(4)及(5)中的係數係預先決定。評估目標基板的登記標示的線長度 L_{1m} 及 L_{2m} 被測量且分別代入方程式(6)及(7)的 L_1 及 L_2 ，因此獲得焦點值 F_m 及曝光量 E_m 。與最佳焦點值 F_o 的偏差 ΔF 及自最佳曝光量 E_o 的偏差 ΔE 係由以下方程式所給定

$$\Delta F = F_m - F_o \quad (8)$$

$$\Delta E = E_m - E_o \quad (9)$$

基於合成偏差 ΔF 及 ΔE ，焦點補償及曝光量補償被指定給投影曝光設備 10 以校正該等偏差。此容許在最佳曝光條件(E_o, F_o)下將光罩上的圖案轉移及曝光至基板之校正及控制。反饋或前饋至投影曝光設備 10 的方法未受限於以上所述的方法。例如，預定臨界值可基於最佳曝光條件而設定用於曝光量及散焦值。補償係僅在曝光量及散

焦值超過臨界值時指定給投影曝光設備 10。替代地，顯影設備及其 PEB 溫度與時間可被使用作為反饋或前饋目標設備與設備變數。在抗蝕顯影之後被使用之蝕刻設備的蝕刻參數亦可被使用。

線長度 $L1$ 及 $L2$ 、曝光量 E 及焦點值 F 間的關係式未受限於上述的關係式。於此實施例所述之實例，具有如圖 4 所示排列於 Y 方向的矩形圖案之標示的 X -方向邊緣間隔(線長度)係藉由 X -方向檢測的校準觀測器來測量。取而代之，藉由圖 4 中的標示旋轉 90 度所形成同時該等圖案排列於 X 方向之標示的 Y -方向邊緣間隔(線長度)可藉由 Y -方向檢測的校準觀測器來測量。為計算焦點值及曝光量，較佳地使用 X 方向之測量值的平均值及 Y 方向之焦點值及曝光量。替代地，藉由使用對應於曝光目標裝置圖案的一者的陣列方向之登記標示較佳地計算焦點值及曝光量，該登記標示具有最嚴格曝光/轉移準確度。

(第二實施例)

接著將說明本發明的第二較佳實施例。如上述，於代表登記標示相對於焦點的線長度測量值的改變之特性中，當登記標示係在不同測量條件下而測量時，代表線長度的極值(最大值)之焦點位置改變。於第一實施例，測量設備的照明波長被改變以達到此情形。於第二實施例中，然而，不是照明波長，而是照明的相干性被改變。登記標示係相同如第一實施例，且其說明將不再重複。作為測量設備

，投影曝光設備 10 上的校準觀測器被使用。相干性 σ 可由改變圖 2 中的孔徑光闌 20 的直徑來變化。於此實施例中，對應於線長度之線長度測量值 $L1$ 及 $L2$ 係在如圖 14A 所示的 $\sigma = 0.9$ 及在圖 14B 所示的 $\sigma = 0.4$ 由測量一登記標示所獲得。如圖 7 所示，這係可能由改變照明系統的相干性 σ 使對應於散焦值移位最大位置。亦即，於此實施例中，圖 7 的條件 1 對應於在 $\sigma = 0.9$ 的測量資料，及條件 2 對應於在 $\sigma = 0.4$ 的測量資料。

使用測量資料 $L1$ 及 $L2$ 而計算及校正焦點值及曝光量的方法係相同如第一實施例，且將不再重複其說明。

(第三實施例)

接著將說明本發明的第三較佳實施例。於此實施例中，依賴一邊緣之兩個線長度測量值 $L1$ 及 $L2$ 係藉由使用獲自一登記標示之信號波形的複數特徵量來計算以改變代表線長度的極值(最大值)之焦點位置。圖 15 為用於解說依據此實施例之信號波形、波形特徵量及線長度測量位置之曲線圖。登記標示係藉由圖 2 所示的校準檢測系統來測量，同時固定照明波長及照明系統的相干性。登記標示的邊緣所產生之信號波形的波瓣間的主波瓣間的間隔被測量作為 $L1$ ，而側波瓣的間隔被測量作為 $L2$ 。於此例中，條件 1 對應於主波瓣間的間隔，而條件 2 對應於側波瓣間的間隔。代表最大值之焦點位置移位使得可能獲得如上述實施例的相同功效。於此實施例中，側波瓣的對比及主波瓣的對比

兩者係需要。為此理由，這係較佳地設定圖 2 中的孔徑光闌 20 來減小 σ (例如， $\sigma = 0.4$ 或更小)。

(第四實施例)

接著將說明本發明的第四較佳實施例。於此實施例中，由具有兩個特性的元素所形成之登記標示被使用來改變代表線長度的極值(最大值)之焦點位置。使用於此實施例之登記標示包括實心標示 55P 及空心標示 55N，如圖 16 所示，不像圖 4 所示使用於第一至第三實施例之登記標示。實心標示 55P 係藉由排列矩形抗蝕圖案在基板上所形成。空心標示 55N 係由排列空心矩形圖案(無抗蝕劑)於抗蝕圖案所形成。圖 17A 及 17B 為用於解說依據此實施例之信號波形、波形特徵量及線長度測量位置之曲線圖。登記標示係藉由圖 2 所示的校準檢測系統來測量，同時固定照明波長及照明系統的相干性。L1 係基於登記標示 55 的實心標示 55P 的邊緣所產生之信號波形而測量。L2 係基於登記標示 55 的空心標示 55N 的邊緣所產生之信號波形而測量。於此例中，條件 1 對應於實心標示的線長度 L1，而條件 2 對應於空心標示的線長度 L2。代表最大值之焦點位置移位使得可能獲得如上述實施例的相同功效。

以上已參照第一至第四實施例來說明本發明。第四實施例可被結合。於上述實例，該兩件線長度資訊 L1 及 L2 係在兩種不同測量條件下獲得。至少兩種測量條件係需要，且測量條件的數目可進一步增加。

測量條件未受限於上述方法的測量條件。滿足本發明的特徵之任何其它條件，亦即，改變代表線長度的極值(最大值)之焦點位置是可使用的，且不同偏振光分量或亮與暗域可被使用。

作為測量設備，投影曝光設備上之校準檢測系統被使用。取而代之，專用測量設備可被使用。使用於半導體生產線作為用於評估重疊準確度的標準檢查設備之重疊檢查設備亦可使用的。

雖然已參照示範性實施例說明本發明，將瞭解到，本發明未受限於所揭示的示範性實施例。以下請求項的範圍將符合最廣詮釋以含蓋所有此種修改及等效結構與功能。

【圖式簡單說明】

圖 1A 及 1B 為用於解說本發明的第一較佳實施例中所獲得之信號波形之曲線。

圖 2 為用於解說使用於本發明的第一較佳實施例之測量設備的示意圖。

圖 3 為用於解說使用於本發明的第一較佳實施例之測量設備的轉盤單元的配置之示意圖。

圖 4 為用於解說使用於本發明之焦點/曝光用光量登記標示之示意圖。

圖 5 為使用於本發明之投影曝光設備的示意圖。

圖 6 為用於解說使用於本發明之 FEM 晶圓及自最佳曝光條件的偏離之示意圖。

圖 7 為顯示基於作為本發明的點的兩個測量條件之圖案長度差之曲線圖。

圖 8 為顯示矩形抗蝕圖案的散焦特性之示意圖。

圖 9 為顯示散焦值及兩個線長度測量值間的差之間的關係之曲線圖。

圖 10 為解說本發明的順序之流程圖。

圖 11A 及 11B 為顯示使用於本發明之校準標示的形狀之示意圖。

圖 12 為顯示本發明的校準信號波形之曲線圖。

圖 13 為用於解說本發明的校準信號波形處理方法之示意圖。

圖 14A 及 14B 為用於解說依據本發明的第二較佳實施例之信號波形的曲線圖。

圖 15 為用於解說依據本發明的第三較佳實施例之信號波形的曲線圖。

圖 16 為顯示使用於本發明的第四較佳實施例之登記標示的示意圖。

圖 17A 及 17B 為用於解說依據本發明的第四較佳實施例之信號波形的曲線圖。

圖 18A 至 18C 為用於解說習知技術的問題之曲線圖。

圖 19 為用於解說習知焦點測量方法之示意圖。

【主要元件符號說明】

RS：光罩載台

SS：基板載台

EUV：極紫外線

σ ：相干性

F1 至 F10：帶通干涉濾波器

NA：數值孔徑

E：相關性值函數

S：信號

T：模板

X1：位置

M：成像放大率

Px：像素間距

Xw(n)：不重合性

(F)：焦點值

(E)：曝光量

n：模板數

FEM：焦點曝光矩陣

Fo：最佳焦點值

Eo：最佳曝光量

L：線長度

F：焦點值

E：曝光量

λ_1 ：照明波長

λ_2 ：照明波長

$L_2(E, F)$: 測量值

$L_1(E, F)$: 測量值

F_m : 焦點值

E_m : 曝光量

ΔF : 偏差

ΔE : 偏差

σ : 相干性

LES : 線端縮短

CD : 臨界尺寸

RP : 楔形登記標示

L_y : 圖案長度

L_{y1} : 圖案長度

L_{y2} : 圖案長度

SP : 孔隙光束

1 : 光罩

2 : 投影光學系統

3 : 基板

10 : 投影曝光設備

15 : 校準檢測光學系統

15i : 照明系統

15o : 成像光學系統

18 : 光源

19 : 透鏡

20 : 孔徑光闌

- 22 : 透 鏡
- 23 : 孔 徑
- 24 : 透 鏡
- 25 : 分 束 器
- 26 : 透 鏡
- 27 : 透 鏡
- 28 : 透 鏡
- 29 : 光 闌
- 30 : 直 線 感 知 器
- 33 : 焦 點 / 傾 斜 檢 測 系 統
- 36 : 光 罩 檢 測 系 統
- 40 : 波 長 選 擇 單 元
- 50 : 校 準 標 示
- 55 : 焦 點 值 / 曝 光 量 登 記 標 示
- 55L 及 55R : 邊 緣
- 55P : 實 心 標 示
- 55N : 空 心 標 示
- 56 : 有 效 過 程 區
- 101 : 雷 射 干 涉 計
- 400 : 運 算 處 理 單 元
- 402 : 校 準 信 號 處 理 系 統
- 700 : 照 明 設 備
- 800 : 光 源
- 801 : 照 明 光 學 系 統

1100：控制單元

十、申請專利範圍

1.一種測量設備，該測量設備測量使用曝光設備而形成在基板上的標示，該測量設備包含：

測量單元，其配置來測量在每一不同測量條件下之相同的該標示的一長度；

獲取單元，其配置來獲取資料，該資料代表在由該測量單元測量於不同測量條件下，介於該曝光設備的散焦值與在相同的該標示長度其中之差的關係，相同的該標示被形成在該散焦值上；及

計算單元，其配置基於在由該測量單元測量於該不同測量條件下，該獲取資料及相同的第一標示的長度其中之差，來計算其上該第一標示形成於基板上之該曝光設備的散焦值。

2.如申請專利範圍第 1 項之設備，其中該計算單元係配置成基於該計算的散焦值與資料，該資料代表介於散焦值、曝光量以及該標示的長度間的關係，來計算其上形成該第一標示之該曝光設備的曝光量。

3.如申請專利範圍第 1 項之設備，其中每一測量條件係關係於該標示的照明之照明條件以用於測量該標示的長度。

4.如申請專利範圍第 3 項之設備，其中該照明條件係照明波長。

5.如申請專利範圍第 3 項之設備，其中該照明條件係相干性。

6.如申請專利範圍第 1 項之設備，其中測量條件係包含一測量條件，其測量該標示的該影像的主波瓣間的間隔

及一測量條件，其測量該標示的該影像的側波瓣間的間隔。

7.如申請專利範圍第 1 項之設備，其中該標示係為線標示，且

其中該標示的長度係為對應至該線標示的測量的訊號之極值的點中之區間。

8.如申請專利範圍第 1 項之設備，其中，在每一測量條件中，其上該標示的該長度變成極值的散焦值係不同。

9.一種投影曝光設備，包含：

光學系統，其將具有圖案之原片的影像投影至基板；

載台單元，其固持且定位該基板及該原片的一者；

如申請專利範圍的第 1 項的測量設備；及

控制單元，其配置基於由該測量設備計算的該散焦值，來控制該載台的位置在該光學系統的光軸方向。

10.一種測量方法，其測量使用曝光設備而形成在基板上的標示，包含：

測量步驟，其測量在每一不同測量條件下之相同的該標示的一長度；

獲取步驟，其獲取資料，該資料代表在該測量步驟中測量於不同測量條件下，介於該曝光設備的散焦值與在相同的該標示長度其中之差的關係，相同的該標示被形成在該散焦值上；及

計算步驟，其基於在該測量步驟中測量於該不同測量條件下，該獲取資料及相同的第一標示的長度其中之差，來計算其上該第一標示形成於基板上之該曝光設備的散焦值。

圖1B

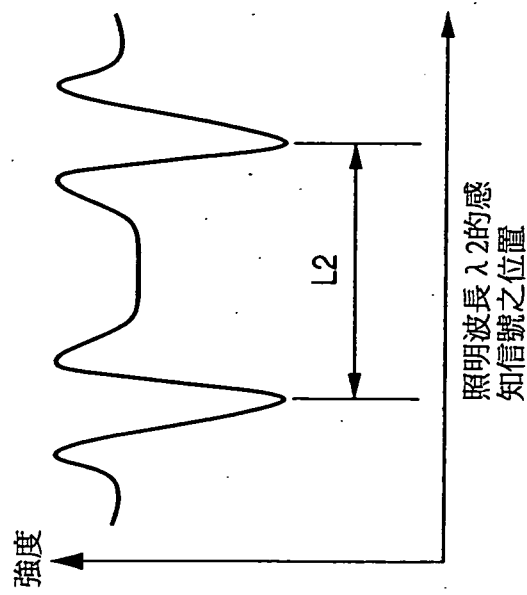


圖1A

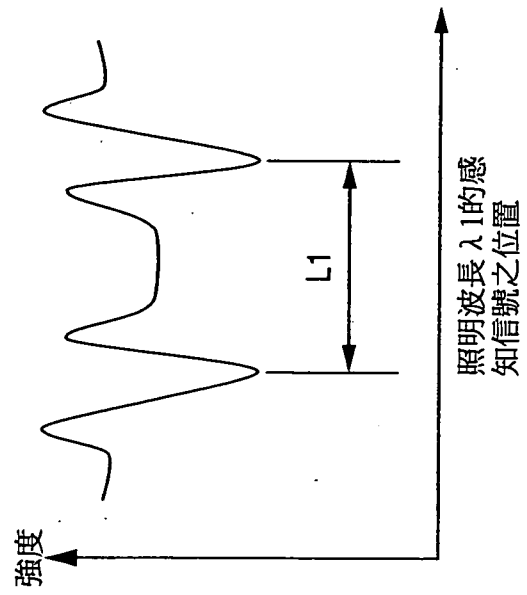


圖2

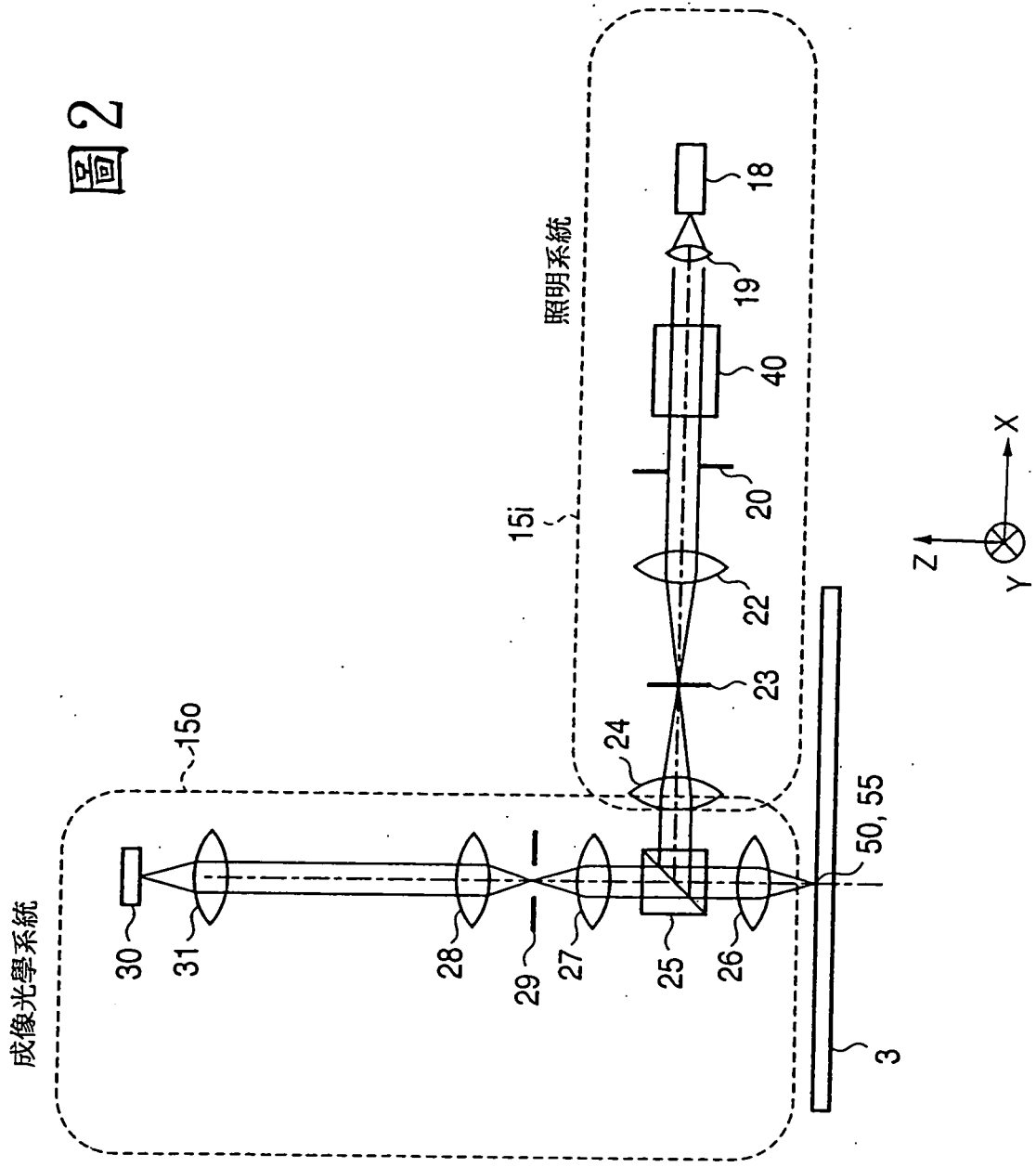


圖 3

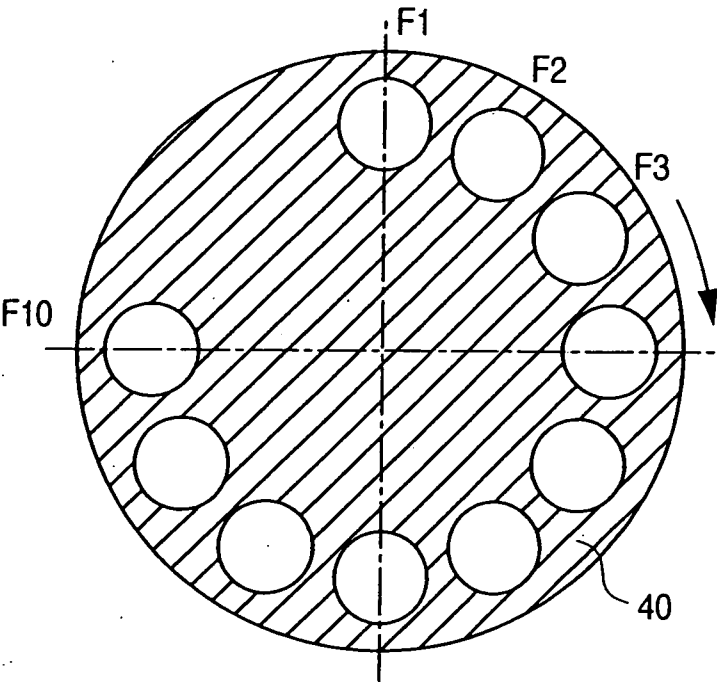


圖 4

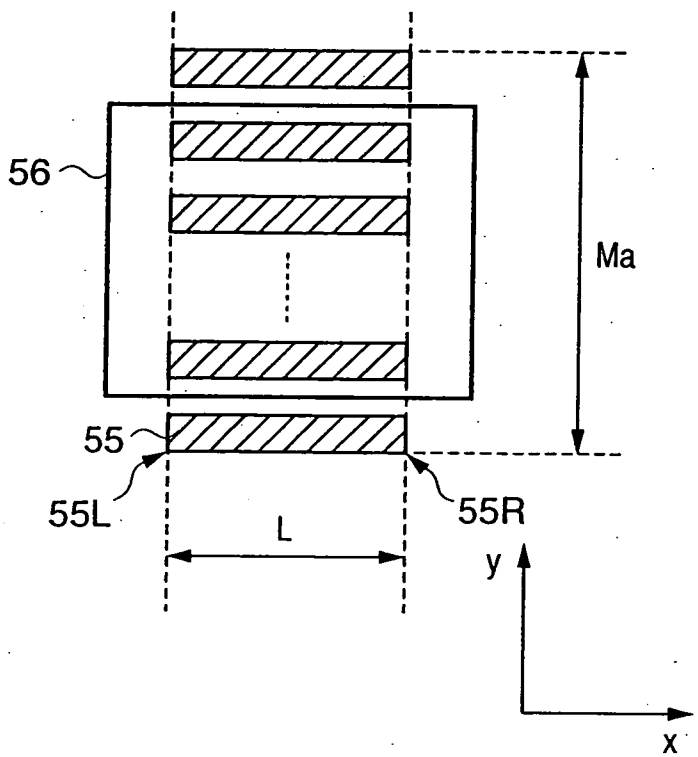


圖5

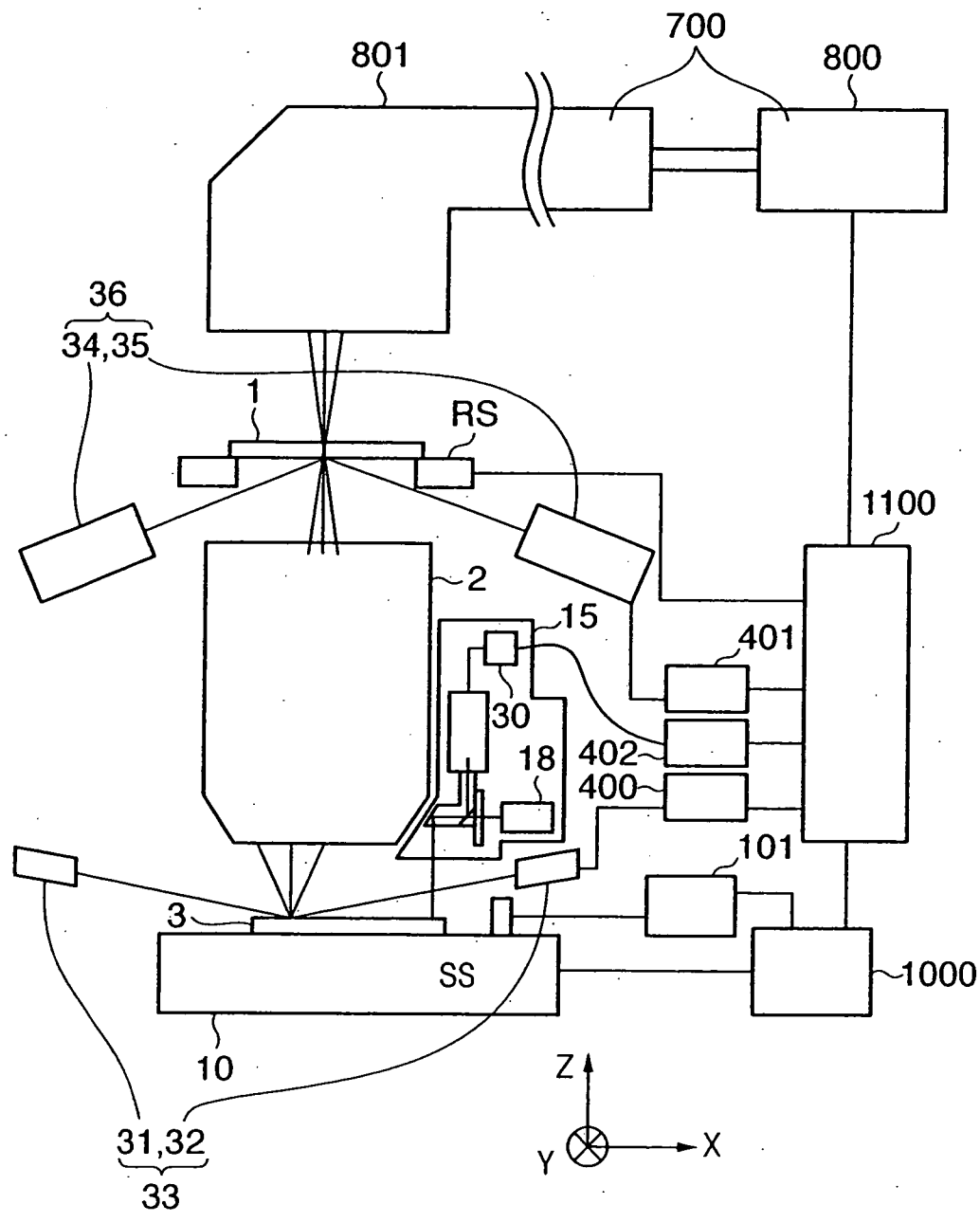


圖 6

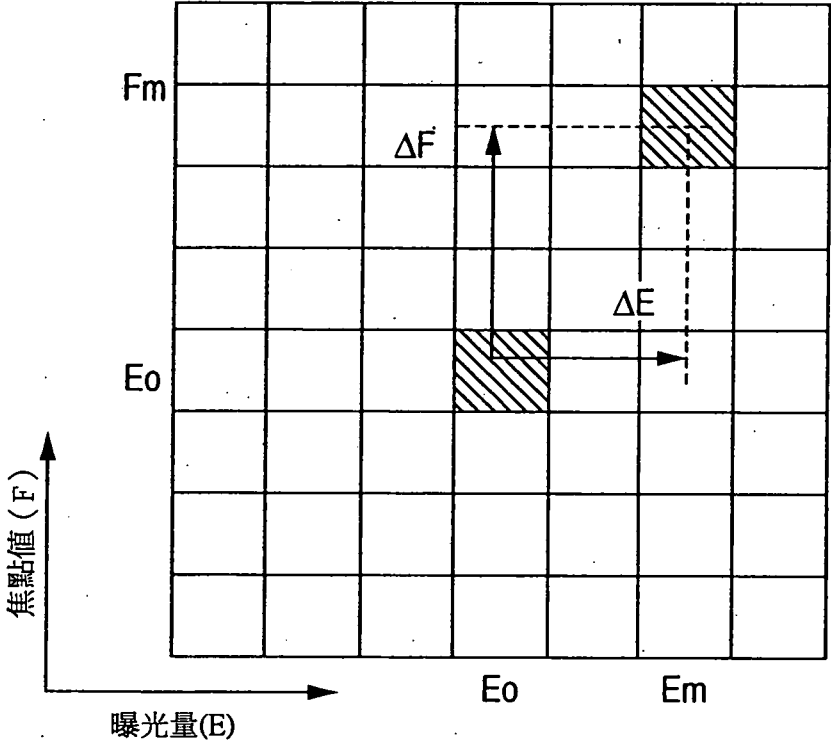


圖7

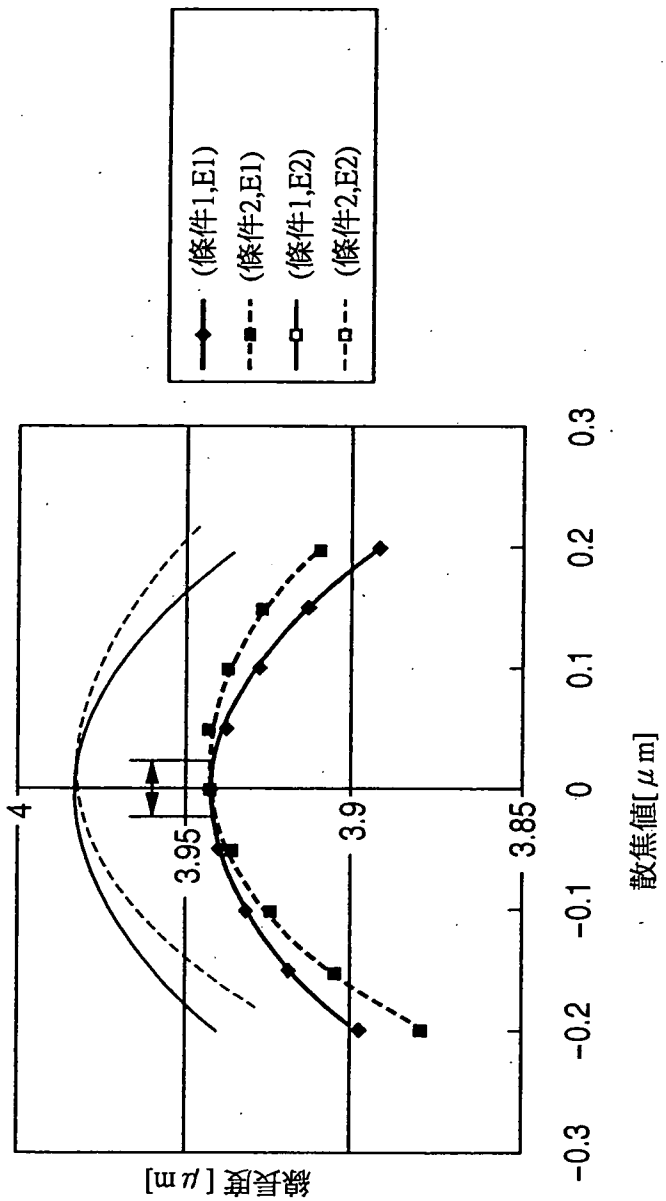


圖8

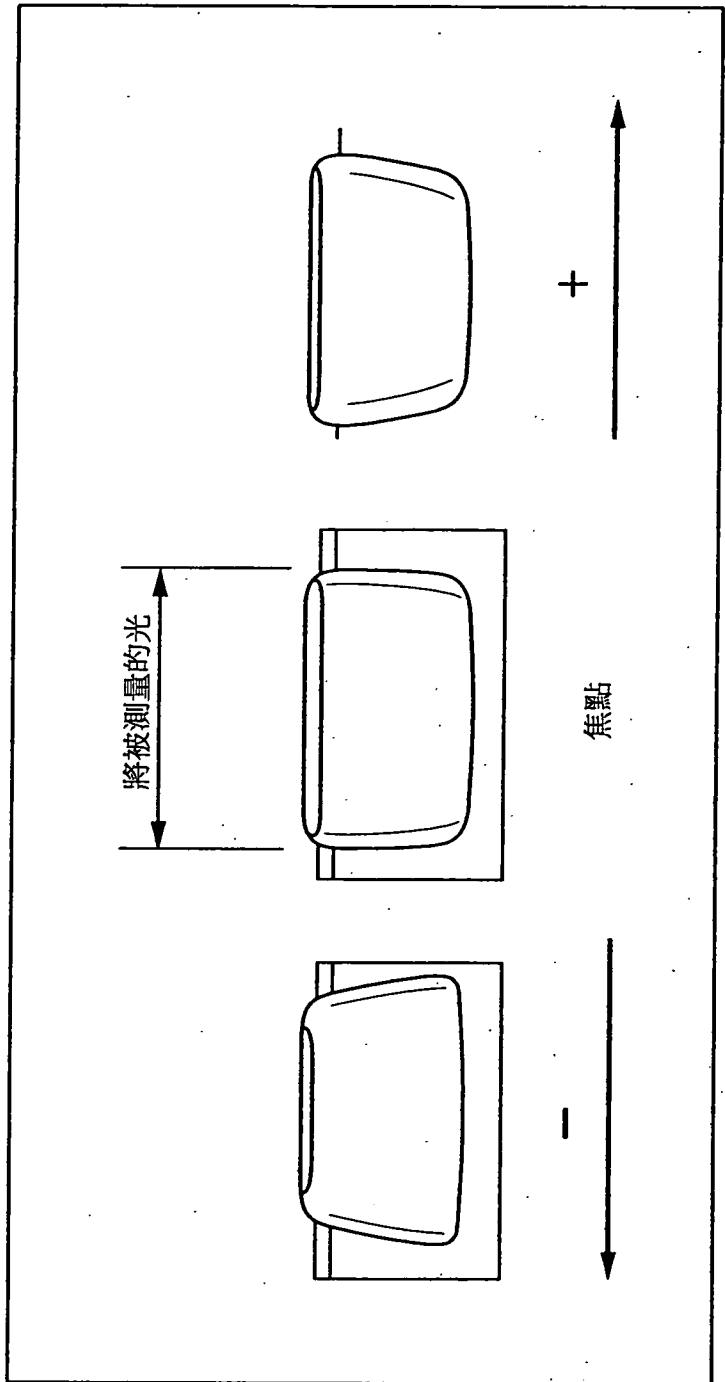


圖 9

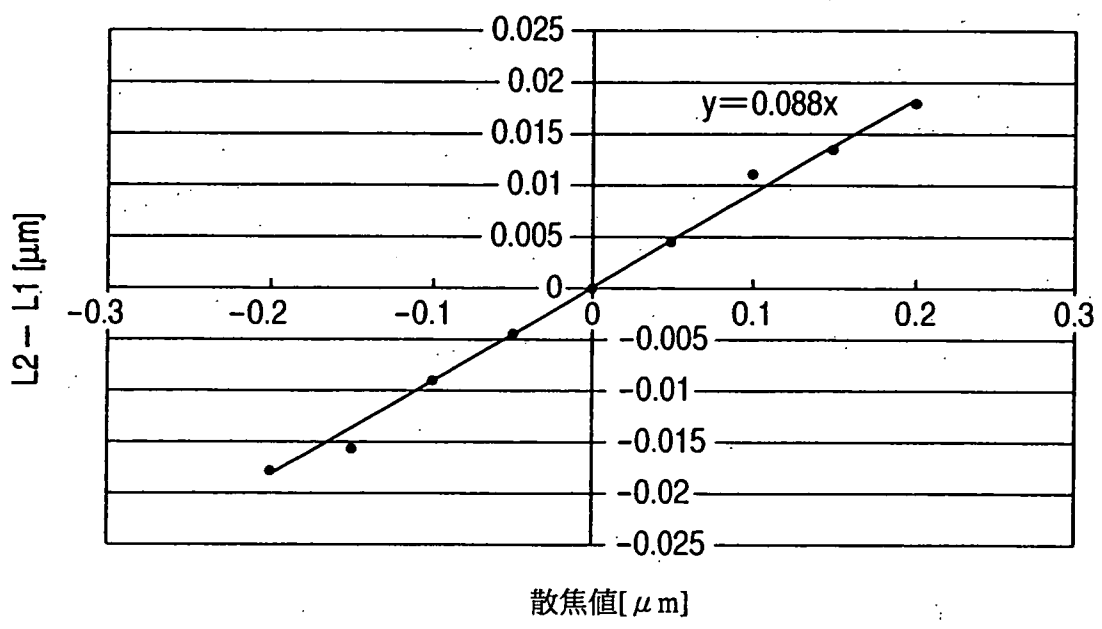


圖 10

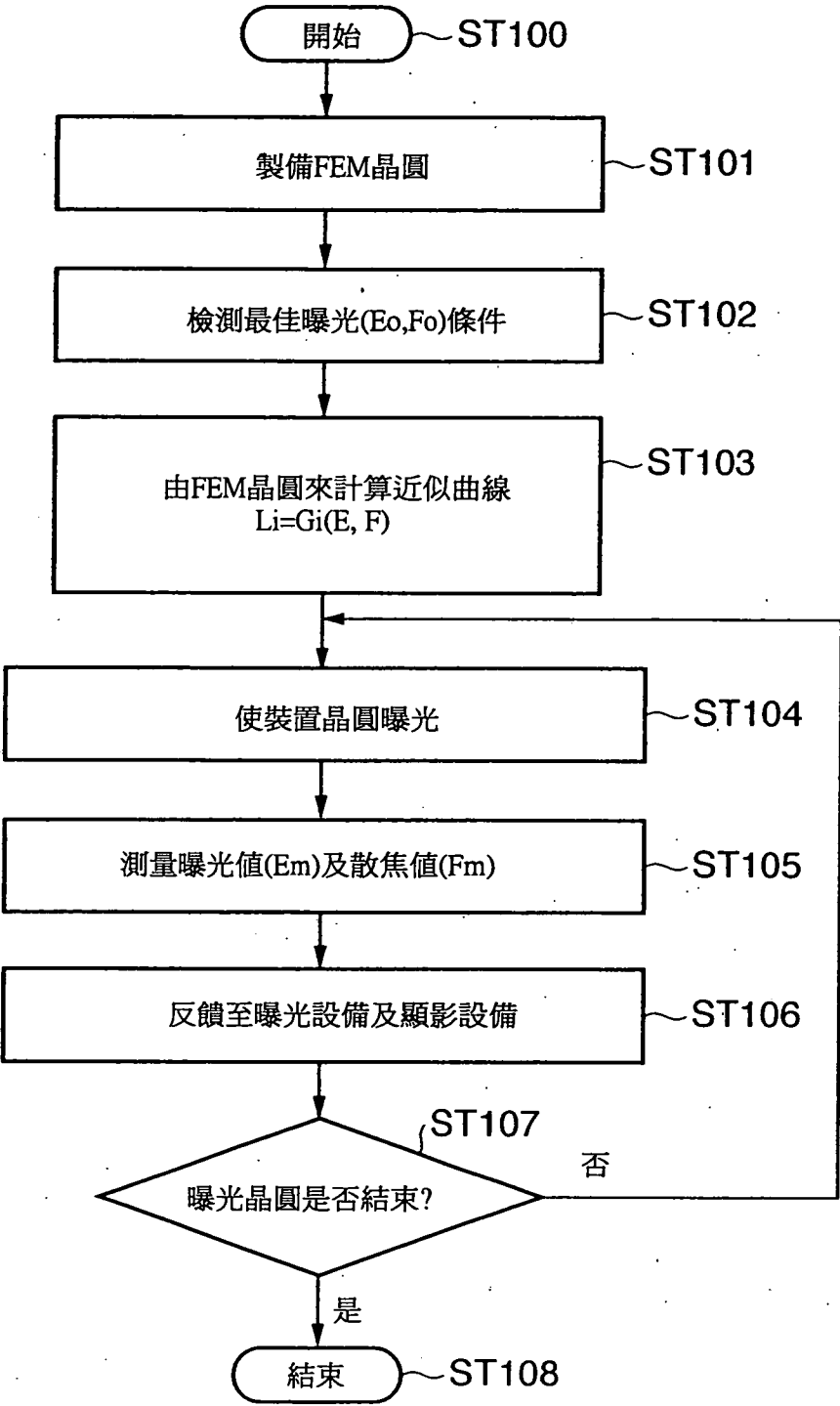


圖 11A

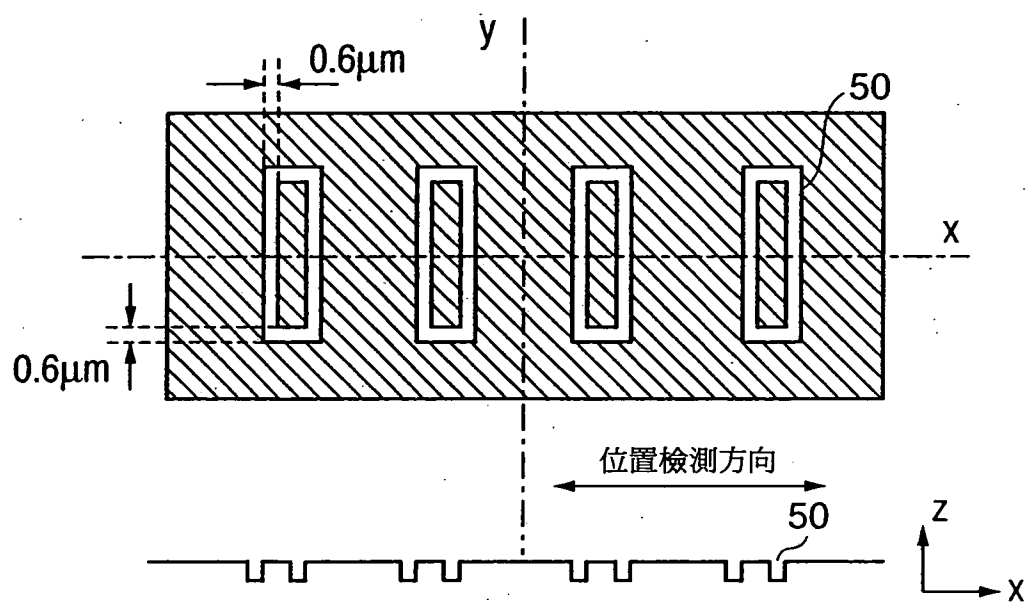


圖 11B

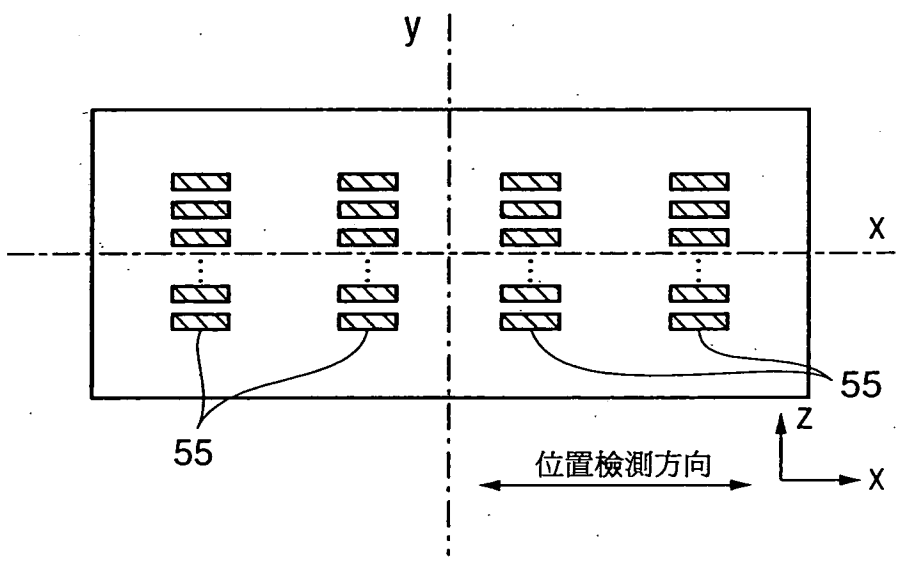


圖 12

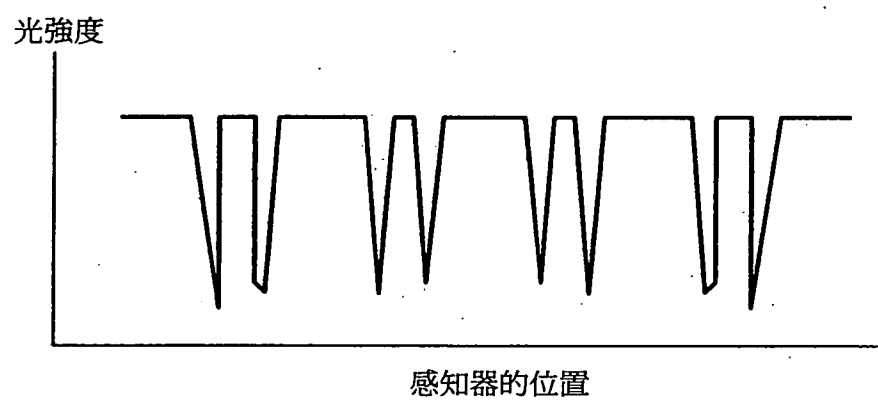


圖 13

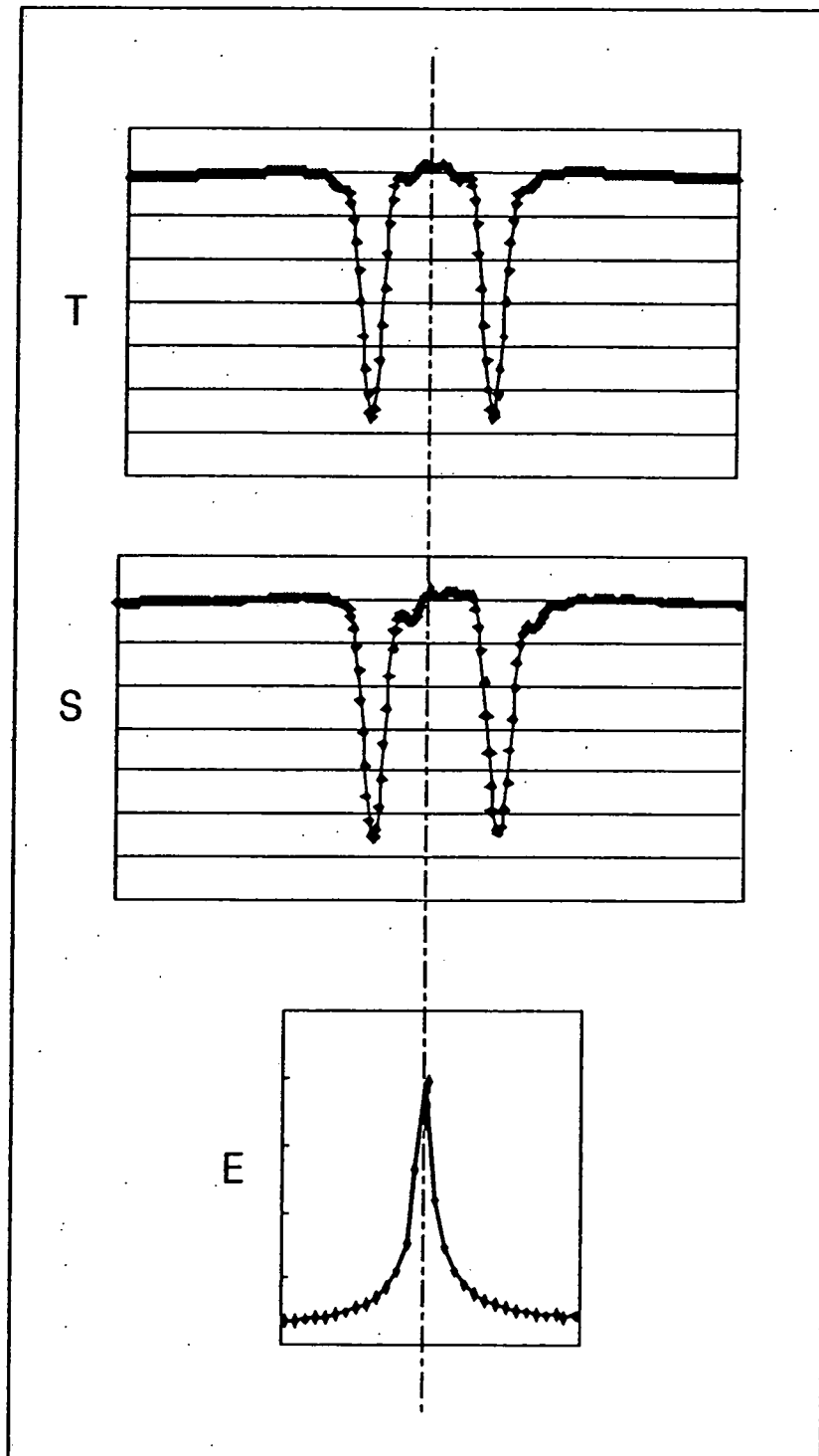


圖14A

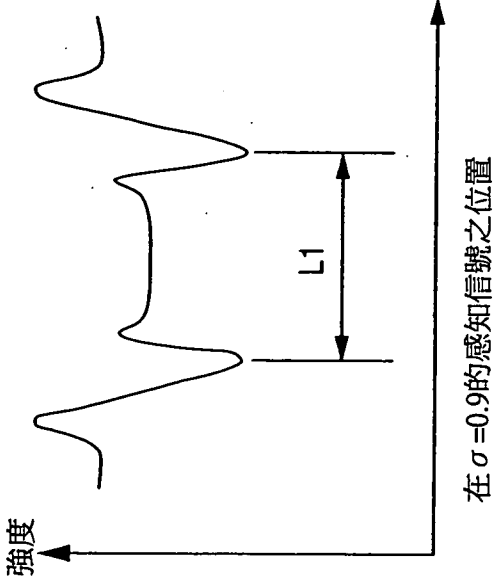


圖14B

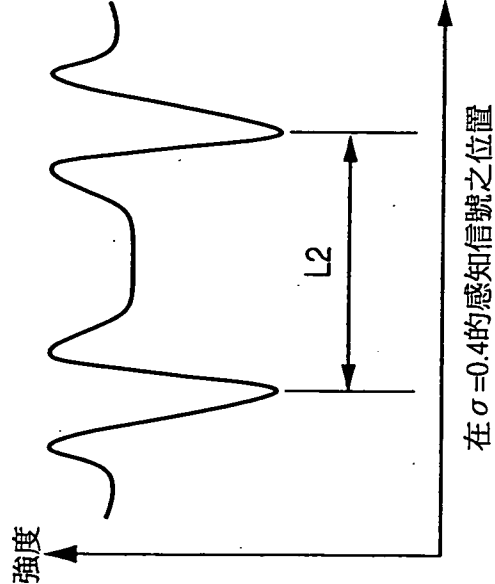


圖 15

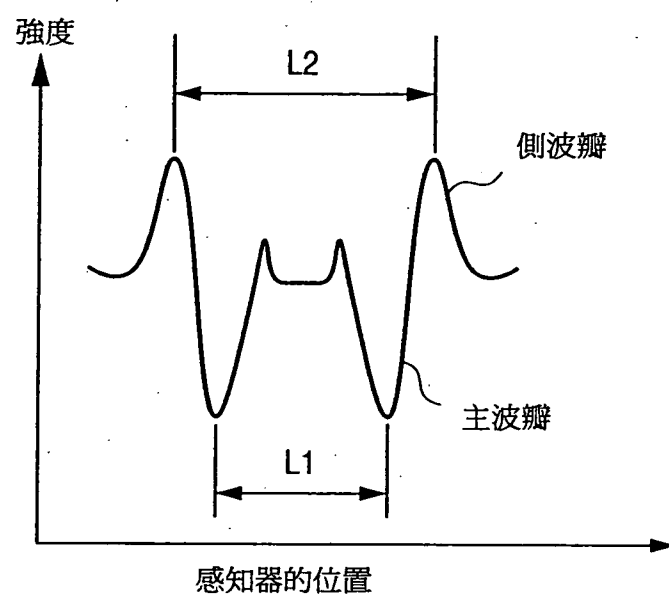


圖 16

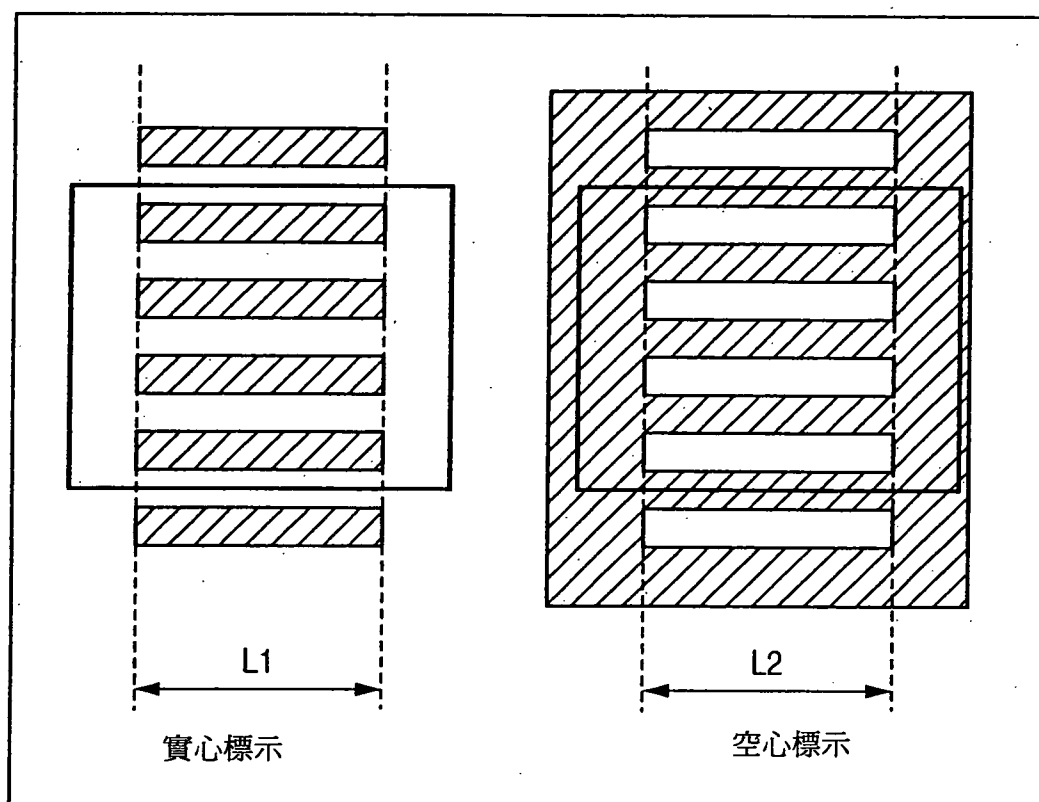


圖17A

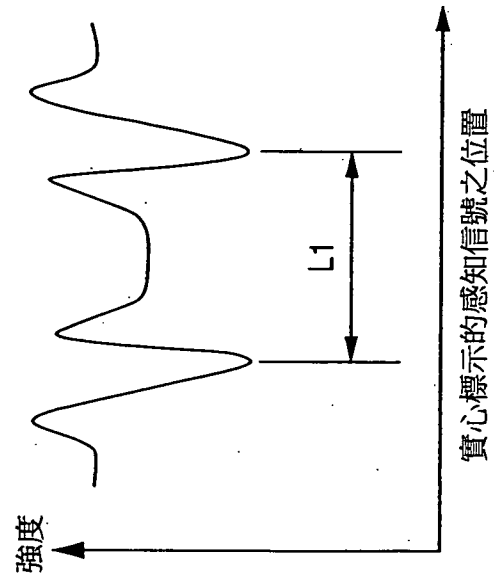


圖17B

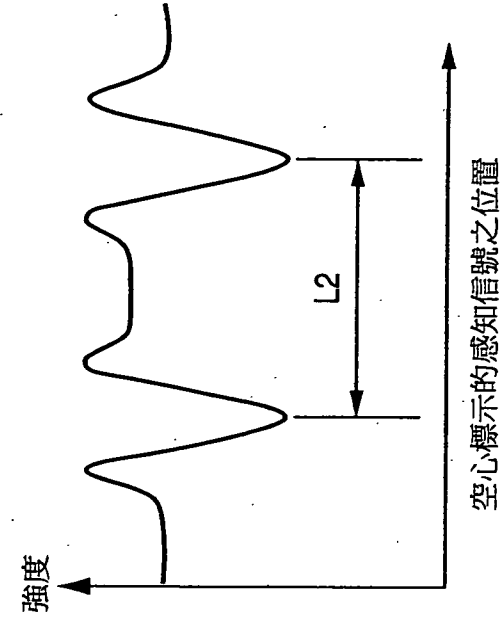


圖 18A

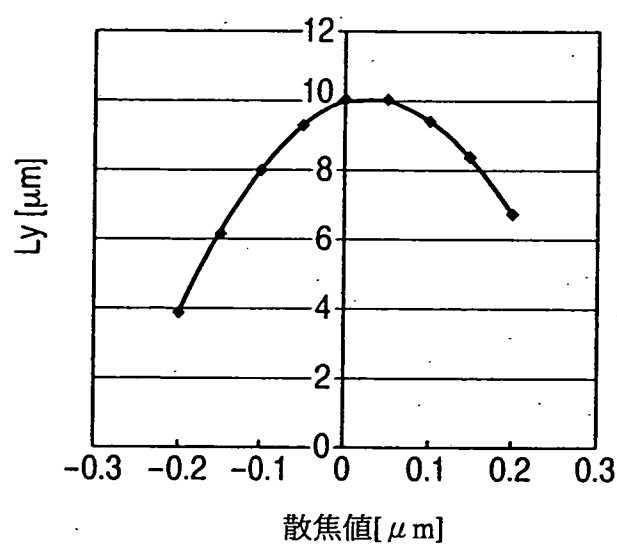


圖 18B

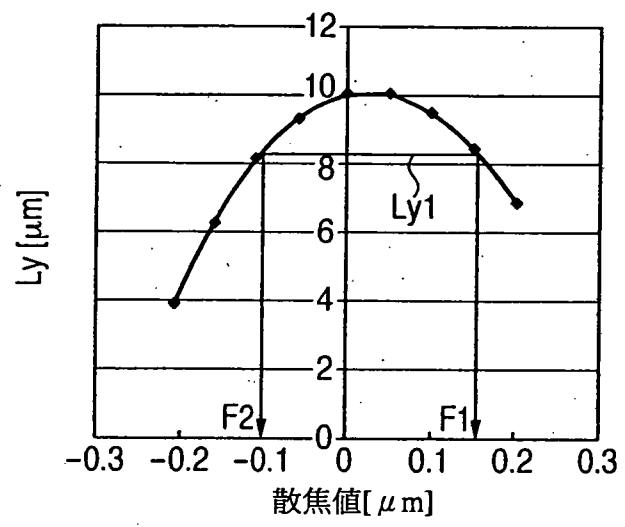


圖 18C

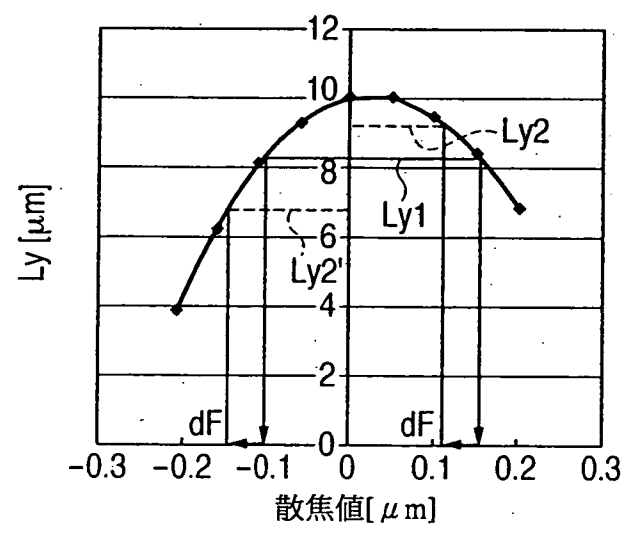


圖 19

