

280928

公告本

申請日期	84 年 10 月 13 日
案 號	84110778
類 別	H01J 3/14

A4
C4

280928

(以上各欄由本局填註)

發 明 專 利 說 明 書
~~新 型~~

一、發明 名稱	中 文	用於大取樣表面非破壞性測量之光學探針顯微鏡
	英 文	Optical probe microscope for nondestructive metrology of large sample surfaces
二、發明 創作人	姓 名	(1) 赫榭爾·瑪契曼 Marchman, Herschel Maclyn (2) 潔·陶特曼 Trautman, Jay Kenneth
	國 籍	(1) 美國 (2) 美國
住、居所		(1) 美國德州·花園市·弗瑞斯特山莊廣場三四八六號 3486 Forest Hills Circle, Garland, TX 75044, USA
		(2) 美國新澤西州·蓋瑟·中央街七十四號 74 Center Avenue, Chatham, NJ 07928, USA
三、申請人	姓 名 (名稱)	(1) 美國電話電報股份有限公司 AT&T Corp.
	國 籍	(1) 美國
	住、居所 (事務所)	(1) 美國紐約州·紐約市美州大道三十二號 32 Avenue of the Americas, New York, NY 10013-2412, U.S.A.
代 表 人 姓 名		(1) 皮·汪爾德 Wilde, P. V. D.

裝

訂

線

280028

(由本局填寫)

承辦人代碼：
大類：
IPC分類：

A6
B6

本案已向：

國(地區) 申請專利，申請日期： 案號： ， 有 無主張優先權
 美國 1994年10月24日 08/328,297 無主張優先權

有關微生物已寄存於： ， 寄存日期： ， 寄存號碼：

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁各欄)

裝

訂

線

經濟部中央標準局員工消費合作社印製

五、發明說明(1)

發明領域

本發明乃有關於光學探針顯微鏡及使用他們來測量表面的方法。

發明背景

光學探針顯微鏡對於位在樣品本體表面的微小特徵間之高度及側面範圍之量測應用是極為有用的。這些樣品本體(以後我們將簡稱為“樣品”)一般為半導體晶圓的形狀(由此再切成多個小晶圓)。它們也可能為石版遮罩的形狀以便在晶圓上定義出其特徵，包括了電晶體之間電氣連接線的特性。典型之接線的寬度幾乎小於 $0.5\mu\text{m}$ ，然而晶圓或石版遮罩的表面寬度可能大到約 20cm 。由於這樣的表面並不完全是完全的平滑(平面)但卻有我們所需的特徵及不需要的碰撞，吾人可以決定此特徵的高度和寬度，及由於碰撞使得此表面和完美平面的差異程度。此外，於製造的過程中製程參數不可避免的變化將使得此特徵的尺寸產生不需要的變化。因此，吾人也希望能夠決定特徵中的期望值和實際值的差異程度。也就是說，吾人希望能夠精確的決定樣品表面的形狀。此外也希望能夠以非破壞性的方式——也就是不破壞特徵表面的方式來達到此目的。

這些樣品本體的表面通常為樣品的“主要表面”，因為考慮中的樣品一般有一組相反的兩個表面，其線性尺寸一般要超過 $20\text{cm}\times 20\text{cm}$ ，並由相當小的固定距離

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

五、發明說明(2)

s 分隔開來。典型的固定分隔距離 s 選擇的範圍大約在 0.1 mm 到 10 mm 之間。

爲了定義上的方便，平行於此主平面的方向稱爲「側面的」方向，「切線的」方向，或「水平的」方向；而垂直於此主平面的方向則稱爲「正常的」方向或「垂直的」方向。

包含有剪力感測能力 (S F S) 的探針式裝置可用來決定樣品表面的特徵和碰撞。此裝置將探針的軸心轉向垂直於樣品表面。此外，裝置將快速的水平前後(抖動)力量及較慢速的水平光柵掃描移動傳給探針頭。此抖動力的頻率位於或靠近於探針頭的機械共振頻率。探針頭抖動運動產生的振幅使得由探針頭上得到有關樣品表面之距離的訊息。而且從抖動運動相對於抖動力產生的相位也會得到這樣的訊息。因此，當探針頭掃描樣品表面時，此裝置會測量抖動運動的振幅或者相位，或是二者一齊測量。

用於 S F S 裝置的實際情形是，由於(水平的)抖動運動，探針頭產生的剪力平行的(而非垂直的)作用於樣品表面。這樣的剪力可因靜摩擦或動摩擦而產生，或者由位於探針頭和樣品表面間之空氣的(或其他的流體介質)黏滯力而產生。當探針頭相當靠近樣品表面時，這些力量會改變振動的探針頭之振動振幅和相位。振動振幅或相位改變的結果，或者振幅和相位二者改變的結果會產生一個回饋信號使得掃描過程中探針頭和樣品表面維持固定的距離。此固定的探針頭到樣品表面的距離可避免探針和樣品

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

五、發明說明(3)

間不必要的碰撞，因為這樣的碰撞可能破壞樣品表面的特徵。

S F S 探針裝置有全方位的力量偵測能力，也就是說，偵測力量的能力不只在垂直的方向，也在水平方向的吸引力及相斥力。因此，當探針頭歷經抖動運動時，它可以偵測到由特徵邊緣產生的吸引力及相斥力。以此方式，當 S F S 裝置的探針頭掃瞄樣品表面時，裝置可以偵測到樣品表面突然的高度變化。

S F S 探頭裝置可以藉由位於靠近樣品表面之探頭旁聚焦的光束來監控探針頭的抖動運動。檢測從探頭發散出的光強度產生了代表抖動運動的信號。例如，有一種偵測發散光強度的技術將發散的光源通過針孔狀的開口照到如光加乘管 (P M T) 的光感測器。另一個偵測發散光強度的技術則藉由區域的光二極體位置感測器，其位置則在抖動運動存在之前探頭聚焦的影像位置。這二種技術都可偵測到探針頭的抖動運動。然而，抖動運動需要放大到相當的程度以適合感測器的偵測範圍，並對抖動運動有適當的偵測。這些大的光學放大排除了掃瞄過程中所需要的相當大的探針頭的機械式轉換：相當大的針頭轉換（也就是典型的數微米的影像掃瞄範圍）會使得發散光到達偵測器時跑到光偵測範圍之外，因此光線就無法偵測到。所以除了抖動運動外探針頭必須保持固定，且樣品（比較探針頭來說）在取像時必須以光柵掃瞄。而在掃瞄時固定探針頭會給能夠檢驗的樣品表面大小定出嚴厲的上限。因此如全尺

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

五、發明說明(4)

寸的晶圓或遮罩必須切成小片以符合掃瞄器(一般 $< 10\text{ mm} \times 10\text{ mm}$)，而此掃瞄器為精細小壓力的掃瞄器。當然半導體工業並不希望這項對樣品大小的限制，因為整個半導體晶圓或整個石版遮罩的形狀必須以非接觸式的方式來決定。

美國專利號碼5,254,854中的技術藉由剪力光學顯微裝置(SFOM)減輕了這些問題。此裝置利用探針頭發出光的輻射。然而由SFOM檢驗樣品表面部分仍有所限制。

另一個技術上的改進是包含近場掃瞄光學顯微鏡(NSOM)裝置。它可以如前面專利所提到的和SFOM結合。NSOM裝置會限制光纖頭所發射出的光輻射位於光纖頂端的極小區域。在這樣的裝置中，除了光纖頂點上極小的區域之外，有一層不透明層會鍍在整個光纖頭上，因此裝置只容許光纖頭做近場輻射。NSOM之方式的優點是同時在樣品表面的形狀資料及樣品本體的近場光學影像二者得到千分之一微米($0.001\text{ }\mu\text{m}$)的解析度。雖然先前專利提到NSOM的方式可以和SFOM結合，但是樣品表面可以檢驗的部分依然受到限制。

發明概述

爲了要改善先前提到的問題，依照本發明的一個具體實施例一檢驗本體的主表面之光學探針顯微鏡包括：

(a) 光纖頭(14.1)位於非常靠近本體的表面

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

五、發明說明 (5)

;

(b) 第一個機械電子裝置 (3 1 , 3 2 , 3 3 , 3 4) 接合到光纖頭，並使光纖頭抖動運動；

(c) 第二個機械電子裝置 (2 1 , 2 2 , 2 3 , 2 4) 接合到第一個裝置，並使光纖頭掃描運動，掃描運動的週期至少比抖動運動大 1 0 0 倍以上；

(d) 顯微鏡 (3 0 0) 接收由於光纖頭髮射出光輻射照在表面上使得物體表面產生的光輻射；並且

(e) 光學影像位置偵測器 (4 2) 用來接收由於顯微鏡接收的光輻射而產生的光輻射，光學影像位置偵測器具有連續的光電表面區 (圖 5 : 4 6 . 3) ，由顯微鏡聚焦的光輻射在光電表面區上形成影像點 (4 0) ，此像點的側面尺寸比光電表面區的側面尺寸小了大約十分之一，由是因爲顯微鏡所接收到的光輻射使得光學影像位置偵測器輸出電流以表示影像點的位置。

更爲有利的是，光學探針顯微鏡更包括了可接收由於探針頭發出光輻射並照在表面上使得表面發出之光輻射的顯微鏡。

另外的優點是，光學探針顯微鏡更包含了光學影像位置偵測器，並安排接收由於顯微鏡接收到光輻射後來自顯微鏡的光輻射，並輸出電流，以反應來自顯微鏡的光輻射並代表了從顯微鏡收到之光輻射的位置。

而另一個優點是光學探針顯微鏡更包含了電子處理電路以接收光學影像位置偵測器的輸出信號並且轉換成輸出

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

五、發明說明(6)

信號以代表光纖的掃描位置和探頭的抖動運動。

另一個優點是光學探針顯微鏡更包含了回饋電路以接收來自電子處理電路的輸出信號並送出回饋信號給第三個機械電子裝置，於是光纖的探頭和物體的主表面之間就可維持一固定的距離。

還有一個優點是，光學探針顯微鏡也包括了可將水平位移傳給物體的機構。

在第二個具體實施例中，本發明包括了使用有探頭的光纖檢驗物體主平面的量測方法，包含的步驟有：

(a) 將探頭放在靠近主表面的地方並直接將光輻射導入光纖到達末梢的探頭，於是光輻射就直接照在物體的主表面。

(b) 在步驟(a)之間給第一個機械電子裝置加上抖動電壓，並接合到探頭，於是探頭就會感應出抖動運動；

(c) 在步驟(c)之間給第二個機械電子裝置加上掃描電壓，並接合到第一個機械電子裝置，於是由於掃描電壓的加入感應出探頭的掃描運動，掃描運動的週期至少是抖動運動的一千倍大；且

(d) 將來自物體由於第一個光輻射所產生的第二個光輻射聚焦，並聚焦在連續的光電表面上之光學影像點，其側面的尺寸至少是光學影像點側面尺寸的10倍左右。

有利的是此方法更包含了在步驟(a)，(b)，(c)和(d)中藉著第三個機械電子裝置將垂直運動傳給

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

五、發明說明(7)

探頭。

另外的優點是，此方法更包含了

(e) 由於步驟(a)而偵測來自物體主表面之光輻位置的步驟；及

(f) 送出電流以代表其位置。

另一個優點是此方法更包含了電性上處理步驟(f)的電子輸出並送出電流以代表光纖頭的掃描位置和抖動位置。

還有一個優點是此方法包含了送出及回饋電子的回饋信號給第三個機械電子裝置，代表了探頭和主表面之間的距離和固定值的偏差，於是探針頭和主表面之間的距離會恢復到固定值。

附圖簡述

圖1為依照本發明的特定具體實施例之光學探頭顯微鏡的立視圖，部分並為截面圖，光學探頭顯微鏡包括精細掃描及粗略定位的裝置；

圖2為圖1中所顯示的顯微鏡之水平精細掃描裝置詳細的描述立視圖，部分並為截面圖；

圖3為圖2中之裝置水平截面圖的部分；

圖4為包含探頭之光纖的末端部分之截面視圖；

圖5為連續位置偵測器之立視截面圖，在本發明的實際應用上很有用處；

圖6為依照本發明之實際應用的特定具體實施例中所

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

五、發明說明(8)

使用的電子處理電路的方塊圖；且

圖 7 為依照本發明之實際應用的特定具體實施例中所使用的電子回饋電路的方塊圖。

詳細說明

如圖 1 中所指示的，光學探頭顯微鏡 1 0 0 包括了樣品承載系統 2 0 0，並如下面所詳述的，可以水平的將樣品 3 5 從一個固定位置移往另一個固定位置。探頭顯微鏡配置 1 0 0 更包含了光學顯微鏡 3 0 0 和光學影像位置偵測器 4 0 0。此光學影像位置偵測器 4 0 0 能夠偵測光學影像的位置，由顯微鏡 3 0 0 形成於偵測器 4 0 0 的偵測面上。光學顯微鏡 3 0 0 和光學影像位置偵測器 4 0 0 形成了光學位置偵測系統 5 0 0。在此系統中遵循著垂直方向的通常標為 Z 方向，而水平方向則為 X 方向和 Y 方向，就如同圖 1 中所顯示的 X Y Z 直角座標系統。

樣品承載系統 2 0 0 包含一精細掃瞄裝置 2 0，可在 X 方向或 Y 方向移動光纖 1 4 的探頭 1 4 . 1，且垂直的推動器 1 5 可在 Z 方向移動光纖 1 4 的探頭 1 4 . 1。例如，垂直推動器 1 5 包含 Newport 垂直推動器以將樣品 3 5 做 Z 軸的粗定位，加上 Burleigh 壓電微米調節器將樣品 3 5 做 Z 軸的細定位。光纖 1 4 的探頭 1 4 . 1 在下面圖 4 中的敘述裏會描述得更為詳細。

樣品承載系統 2 0 0 更包括了一般的光學顯微鏡基座和樣品台。例如，樣品承載系統 2 0 0 包含了支撐基座

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

五、發明說明(9)

1 2，通常是Newport的光學麵包板，有著大約0.7 m × 0.7 m的水平截面。支撐基座1 2放置於振動絕緣座1 1之上，一般為數層的減振材料，例如由數片其間夾著金屬片的塑膠所形成。

X Y位置的粗略定位裝置以下列方式形成。承載板3 5 . 4以支架3 9支撐，上面則為極小摩擦力的球狀軸承3 5 . 3，承載板以石英或鋼材製成。球狀軸承3 5 . 3一般由紅寶石製成，但也可使用技術上可行的其它材料。球狀軸承3 5 . 3放置於球狀軸承支架3 5 . 2內，此支架一般由石英製成。球狀軸承支架3 5 . 2則依序以黏著層（未顯示出來）固定在放置樣品3 5的樣品支撐板3 5 . 1下。此樣品支撐板3 5 . 1一般也由石英製成。金屬的位置編碼臂3 6控制樣品支撐座3 5的X Y位置，當然也包括樣品3 5本身。此金屬臂3 6以大約0.1 μ m的增量在X方向和Y方向移動樣品支撐板3 5 . 1。輔助臂3 7機械式的在預定編碼增量的X方向和Y方向移動金屬位置編碼臂3 6。結實的側臂3 8則依序將輔助臂3 7固定起來。支架3 9將承載板3 5 . 4以固定的距離支撐於支撐基座1 2之上。由輔助臂3 7驅動的金屬位置編碼臂3 6則形成了樣品3 5粗略定位的基礎。更明確的說，位置編碼臂3 6移動樣品支撐板3 5 . 1及樣品3 5於水平的X方向和Y方向，於每次（光柵）掃描樣品表面的極小面積完成的時間中，從一個（固定的）位置到另一個位置。更詳細的說，在這樣的掃描中它可以在X

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

五、發明說明(10)

方向或 Y 方向以大約 $20 \mu m$ 的距離將樣品支撐板

35.1 從一個位置移到另一個位置。如此則樣品 35 有相當大的面積可以被檢測到：樣品表面可以大到 $20 cm \times 20 cm$ ，或更大。

在探頭測量操作及下面較詳細的敘述中，雷射 13 經過光學耦合器（未顯示出來）將光輻射送入光纖 14。有利的是傳輸於光纖中的光輻射為單一模式 TE₀₀，其目的是使光纖 14 的探頭 14.1 射出的光有穩定的強度。

如圖 2 中所顯示的，頂端中空圓柱 31 由壓電材料製成並藉由黏著層 18 接合到圓盤 25 的頂端。絕緣圓盤 27 藉由黏著層 19 接合到頂端圓柱 31 的上面。此圓盤 27 一般由瓷或陶瓷材料製成。

圓盤 27 有一圓形開口，就如同圖 3 中所詳述的。在此開口中光纖 14 黏著到玻璃板 29 的表面。光纖探頭 14.1 的位置由玻璃板 29 另外一面的設定螺絲 28 所推入固定。圖解中所示的配置目的是為了提供光纖 14 非破壞性的精確定位。

如圖 2 中所詳述的，精密掃瞄裝置 20 包括位於由壓電材料製成的底部中空圓柱 21 的外表面二邊的外部電極 22 和 23。內部電極 24 位於底部中空圓柱 21 內表面的各處。此圓柱 21 藉由黏著層 16 接合到垂直推進器 15 的上表面。光纖 14 經由外部電極 23 中的開口，底部圓柱 21，及內部電極 24 進入圓柱的中空部分。電性絕緣圓盤（或方型）藉由另一黏著層 17 接合到圓柱 21

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

五、發明說明(11)

的頂端。此圓盤 2 5 通常由瓷或陶瓷材料製成。圓盤 2 5 具有光纖 1 4 可放入的開口 2 6。底部中空圓柱 2 1 要比頂端中空圓柱 3 1 來得長(軸向方向)，通常是大約 5 到 1 0 倍以上的比例。

例如，底部圓柱 2 1 的長度約為 2 . 5 c m，而頂端圓柱的長度則大約為 0 . 5 c m。這二個頂端和底部圓柱的半徑大約是 1 3 m m。所有壓電層的材料為 P Z T - 5 H，而所有壓電層的厚度大約是 0 . 5 m m。

每個外部電極 2 2 和 2 3 正對的角度只有大約 9 0° ($= \pi / 2$ 徑度) 或更小，此乃為了影響光纖 1 4 之探頭 1 4 . 1 的 X 方向。外部電極 2 2 和 2 3 和內部電極 2 4 一起作用，可以控制頂端的中空圓柱 2 1 (自然也包括光纖探頭 1 4 . 1) 在 X 方向的(光柵)掃描移動，此乃由於(光柵)掃描電壓 δV_{x+} 和 δV_{x-} 加成到這些電極的反應。一般說來， $\delta V_{x+} = -\delta V_{x-}$ ，且這些電壓的週期大約是 1 秒。而且相當於 0 偏壓(接壓)的電壓則加到內部電極 2 4。

另一對外部電極(未顯示出來)位於中空圓柱 2 1 的外部表面的空間中未被電極 2 2 和 2 3 佔據的地方。以此方式這些外部電極(未顯示出來)在交流電壓(光柵)掃描電壓 δV_{y+} 和 δV_{x-} (未顯示出來)加上時，可以控制頂端的中空圓柱 2 1 (自然包括光纖探頭 1 4 . 1) 於 Y 方向的(光柵)掃描運動。於是位於底部中空圓柱 2 1 之外表面的外部電極共有四個。一般電壓 δV_{y+} 和

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

裝

五、發明說明 (12)

$\delta V y -$ 的週期大約是 2 0 0 秒。而一般由於電壓 $\delta V x +$ 和 $\delta V x -$ 使得底部圓柱 2 1 移動最大的位移大約是 2 0 μm 。於是由光纖探頭 1 4 . 1 的掃瞄運動所產生的 X 方向和 Y 方向的最大水平移動被限制在大約 2 0 μm 。然而，在另一方面，電壓 $\delta V x +$ 和 $\delta V x -$ 由光纖探頭 1 4 . 1 影響到樣品表面的每個掃瞄過程時，樣品會以預定的 X 方向或 Y 方向位移藉著位置編碼臂 3 6 水平的移動（平行於本身的方向）。此外，可以檢測到的樣品 3 5 的整個線性表面尺寸（由位置編碼臂 3 6 所增加的）和樣品單一掃瞄線性尺寸（由所加的電壓 $\delta V x$ 和 $\delta V x$ ，或 $\delta V y +$ 和 $\delta V y -$ 所影響）的比例大約等於 $2 0 c m \div 2 0 \mu m = 1 0 0 0 0$ 。

改變加到內部電極 2 4 的直流電壓會使得中空圓柱 2 1 的頂端區域的垂直位置改變，且如果有需要的話改變此直流偏壓也會改變光纖探頭 1 4 . 1 的垂直位置。

外部電極 3 2 和 3 3 位於中空圓柱 3 1 外表面的另一邊。內部電極 3 4 則位於圓柱 3 1 之內表面的各處。每個電極 3 2 和 3 3 正對的角度只有大約 $9 0^\circ$ （ $= \pi / 2$ 弧度）甚至更小，此乃為了只影響光纖 1 4 之探頭 1 4 . 1 的 X 方向抖動運動。

如圖 2 中近一步所指示的，在外部電極 3 2 和 3 3 分別加上 $d V x +$ 和 $d V x -$ 的電壓會產生此抖動運動。由於只有需要 X 方向的抖動運動，位於頂端中空圓柱 2 1 之外表面的另一對外部電極就不需要了。外部電極 3 2 和

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

五、發明說明 (13)

3 2 與內部電極 3 4 一起作用可控制光纖探頭 1 4 . 1 在 X 方向的抖動移動，就如同上述連接此光纖探頭之光柵掃描類似的方式。然而，由電壓 $d V_{x+} = -d V_{x-}$ 所產生的抖動週期一般要比加上 $S V_{x+}$ 和 $S V_{x-}$ 之電壓所產生的掃描週期低得多。

一般電壓 $d V_{x+} = -d V_{x-}$ 的頻率大約在 20 KHz 到 100 KHz 的範圍——也就是說，抖動週期大約在 0.00005 秒到 0.00001 秒的範圍內。在任何狀況下，電壓 $d V_{x+} = -d V_{x-}$ 及電壓 δV_{y+} 和 δV_{y-} 之頻率的選擇在於避免上圓柱及下圓柱的機械共振。抖動運動的合成振幅一般大約為 $0.05 \mu m$ 。

如圖 2 中所顯示的，樣品 3 5 放置於光纖 1 4 的探頭 1 4 . 1 和顯微鏡 3 0 0 之間。此顯微鏡 3 0 0 包含一個或多個透鏡，其配置可接收來自樣品 3 5 的光學幅射並在位於光學影像位置偵測器 4 0 0 之內的光影像感測器的光偵測表面上產生放大的影像，就如下面所詳述的。光學影像位置偵測器 4 0 0 有一對輸出端子 4 1 和 4 2。操作期間，來自輸出端子 4 1 和 4 2 的信號產生有關於光纖探頭 1 4 . 1 之即時 X 座標值的訊息，下面也會詳加敘述。類似的是，光學影像位置偵測器 4 0 0 也有另一對輸出端子 4 3 和 4 4 (未於圖 2 或圖 3 中顯示出來，但顯示於圖 5 中) 可以適當的產生有關於光纖探頭 1 4 . 1 之即時 Y 座標值的訊息，下面也會加以詳述。

圖 4 詳述了光纖探針 1 4 的探頭 1 4 . 1。光纖 1 4

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

五、發明說明 (14)

的直徑 A 一般約為 $1.25 \mu\text{m}$ 。它的軸心區域 1 4 . 2 的直徑 a 大約等於 $3 \mu\text{m}$ 。光纖 1 4 的探頭 1 4 . 1 逐漸變細成直徑徑 b 大約等於 $0.2 \mu\text{m}$ 。此變細的一端其軸心區域 1 4 . 2 和光纖探頭 1 4 . 1 表面的交點 1 4 . 3 和光纖探頭 1 4 . 1 之表面頂點 1 4 . 4 的距離為高度 h。一般高度 h 大約等於 $5 \mu\text{m}$ 。

於操作期間，表面頂點 1 4 . 4 和樣品 3 5 表面頂端最接近的點維持固定距離 S，如下面所詳述的。一般此距離 S 大約等於 $0.05 \mu\text{m}$ 。

顯微鏡 3 0 0 最簡單的形式（未顯示出來）可以是一個物鏡加上一個目鏡，此配置可在連續的位置感測器 4 5（圖 5）的表面上產生實像。另外的具體實施例顯微鏡則有 4 個透鏡（未顯示出來）：物鏡在平行透鏡的聚焦面上形成實像，輔助透鏡從其發出的光線形成實像，而另一個平行透鏡的聚焦面則位於輔助透鏡所形成的實像上——於是從顯微鏡射出的光線變成平行光束。一般顯微鏡 3 0 0 中此透鏡系統的放大倍率大約是 1 0 0 0。

如圖 5 和圖 6 中所示的，光學影像位置偵測器 4 0 0 包含連續的位置感測器 4 5（圖 5）加上適當的電子處理電路 5 0（圖 6）以轉換連續的位置感測器 4 5 之輸出電流成為輸出電壓，做為光纖 1 4 之探頭 1 4 . 1 的 X 和 Y 座標（位置）之正常值位置。這裏的“正常”的意思是 X 和 Y 值的決定並不會被光源 1 3（圖 1）產生的光強度變異或是由光纖 1 4 之探頭 1 4 . 1 所發出的光強度變動所

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

五、發明說明 (15)

影響。

舉例來說，此連續的位置感測器 4 5 包含半導體 P I N 導體形式結構 4 6。此結構 4 6 由半導體的多矽區 4 6 . 1 所形成，為 N 型式的導體，而其中的底部表面擴散的是 N + 型式的導體區 4 6 . 2 且其中的頂端表面擴散的是 P + 型式的導體區 4 6 . 3。通常為氧化矽的保護層 4 7 位於結構 4 6 的頂端表面。此保護層 4 7 為電性絕緣並有一孔洞。於是光可以照射到 P + 擴散區 4 6 . 3 的頂端表面，就如同大家所知的技術。此孔洞一般為方型，就如圖 5 中所顯示的。

電導層 4 8 位於結構 4 6 的底部表面並和 N + 型式導體區 4 6 . 2 有電性的接觸，就如同半導體光檢測器的技術。端子 4 1，4 2，4 3 (圖 5 中未顯示出來) 和 4 4 位於 P + 區 4 6 . 3 之頂端表面的四個不同區域，因此也靠近 (圖 5) 保護層 4 7 中之孔洞的邊緣。

如圖 5 中所顯示的，來自顯微鏡 3 0 0 的光線照射在 P + 擴散區 4 6 . 3 的頂端表面並通過保護層中的孔洞在上面形成影像點 4 9。有利的是，此像點的側面尺寸比那些在保護層 4 7 中的孔洞要小得多。例如，保護層 4 7 中的孔洞其形狀是方形且面積大約是 1 0 m m × 1 0 m m，然而影像點 4 9 的線性尺寸在任何方向都約在 0 . 1 m m 到 1 . 0 m m 的範圍。因此孔洞的任何線性尺寸和像點 4 9 的比例大約至少是 1 0 到 1 0 0 的範圍。

一般由連續的位置感測器 4 5 偵測影像點 4 9 的期間

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

裝

五、發明說明 (16)

，負偏壓加到 P + 擴散區 4 6 . 3 和 N - 大量區 4 6 . 1 之間。結果分別在線上 4 1 . 1 , 4 2 . 1 , 4 3 . 1 (圖 5 中未顯示出來) 和 4 4 . 1 產生的電流 I_{x+} , I_{x-} , I_{y+} 和 I_{y-} 分別接到端子 4 1 , 4 2 , 4 3 和 4 4 , 產生有關在 P + 擴散區 4 6 . 3 之頂端表面上之影像點的 X Y 位置的訊息，就如同已知的技術。特別的是，電流 I_{x+} 和 I_{x-} 之間的差 ($I_{x+} - I_{x-}$) 和像點 4 9 從保護層 4 7 中之方形開口的中央量得的 X 座標成比例。因此， $I_{x+} - I_{x-} = C \Delta X$, 其中 ΔX 代表 $\delta X + d X$, 為本發明中實際的需要。類似的， I_{y+} 和 I_{y-} 之間的差和像點 4 9 從保護層 4 7 中方形開口的中央量得的 Y 座標成比例。於是 $I_{y+} - I_{y-} = C \Delta Y$, 其中 ΔY 代表 $\delta Y + d Y$, 也是本發明中實際的需要。這些比例關係當然假設方形開口關於結構 4 6 之主動光偵測區是對稱放置的。吾人也該記得在 Y 方向中不需要有抖動運動，也就是 $d Y = 0$ 。

如圖 6 中所顯示的，由連續的位置感測器 4 5 所產生的 4 1 . 1 , 4 2 . 1 , 4 3 . 1 和 4 4 . 1 的四個輸出都先經過前放大器 5 1 。結果此前放大器 5 1 之四個輸出電壓中的二個 -- 5 1 . 1 和 5 1 . 2 , 且分別和 I_{x-} 和 I_{x+} 成比例 -- 被供給到加成放大器 5 2 (標示為 Σ) 和減項放大器 5 3 (標示為 ΔX) 。此前放大器 5 1 之四個輸出電壓的另二個 -- 5 1 . 3 和 5 1 . 4 , 分別和 I_{y+} 和 I_{y-} 成比例 -- 被供給到一個減項放大器 5 4

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

五、發明說明 (17)

(標示為 ΔY)。在此所用的“供給”意思是一個裝置的輸出端連接到另一個裝置的輸入端，因此一個裝置發出的輸出信號便構成了另一個裝置的輸入信號。

減項放大器 5 4 產生的輸出電壓和 $I_{y+} - I_{y-}$ 及 $C \Delta Y$ 成比例，且此輸出電壓供給到低通過濾器 5 5 (標示為 $L P F Y$) 的輸入端。此低通過濾器 5 5 的輸出只比例於輸入信號中的低頻成份，一般只有那些 ΔY 中的頻率成份約小於 100 Hz 的。此低通過濾器 5 5 的輸出供給到分壓器 5 6 的分子端點。另外一方面，加成放大器 5 2 的輸出則供給到分壓器 5 6 (標示為 $\Delta E L / \Sigma$) 的分母端點。因此供給到電子處理電路之輸出端點 5 7 . 2 的分壓器 5 6 的輸出和 $\Delta E L / \Sigma$ 成比例，此為所需光纖 1 4 之探頭 1 4 . 1 低頻 (也就是掃描) 成分的正常 Y 位置。一般在探頭 1 4 . 1 之位置的 Y 座標中並沒有抖動分量，就如同上面所斜述的。即使在 Y 方向中有抖動的分量，對於出現在輸出端點 5 7 . 2 的信號並沒有影響：低通過濾器 5 5 並不准許任何抖動 (高) 頻率之成份通過。

光纖 1 4 的探頭 1 4 . 1 之掃描的正常 X 位置也以類似的方式來決定。更明確的說，減項放大器 5 3 的輸出經由另一個低通濾波器 5 8 (標示為 $L P F X$) 供給到另一個分壓器 5 9 的分子輸入端子。此低通過濾器 5 8 的頻率通過特性和上述的低通過濾器 5 5 相同。此低通過濾器 5 8 的輸出供給到另一個分壓器 5 9 (標示為 $\Delta X L / \Sigma$) 的分子輸入端，加成放大器 5 2 則將輸出供給到分母輸

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

五、發明說明 (18)

入端。分壓器 5 9 的輸出供給到電子處理電路 5 0 的另一個輸出端點 5 7 . 1。由於高頻分量無法通過低通過濾器 5 8，光纖 1 4 的探頭 1 4 . 1 之抖動運動對於分壓器 5 9 的輸出並沒有影響。因此出現在電子處理電路 5 0 之二個輸出端子 5 7 . 1 和 5 7 . 2 的電子信號分別和光纖 1 4 的探頭 1 4 . 1 的 X 和 Y 掃描位置 (不被抖動運動所影響) 成比例，就如發明的實際需要。

爲了監視及控制光纖 1 4 的探頭的抖動運動，減項放大器 5 3 的輸出也供給到高通過濾器 6 0 (標示爲 H P F) 的輸入端。此高通過濾器 6 0 的輸出只和其輸入的高頻分量成比例，一般是範例中大約大於 1 0 K H z 的分量，而抖動運動的頻率大約在 2 0 K H z 到 1 0 0 K H z 的範圍內。此高通過濾器 6 0 的輸出被供給到另一個分壓器 6 1 (標示爲 $\Delta X H / \Sigma$) 的分子輸入端，而其分母輸入端則連接到加成放大器 5 2 的輸出端。於是分壓器 6 1 的輸出就和光纖 1 4 之探頭 1 4 . 1 在 X 方向運動的正常的高 (抖動) 頻分量成比例。此分壓器 6 1 的輸出則依序供給到另一個分壓器 6 2 (標示爲 $\Delta X H / \Delta X L$) 的分子輸入端，其分母輸入端則由分壓器 5 9 的輸出來供給。所以分壓器 6 2 的輸出信號比例於 $\Delta X H / \Sigma \div \Delta X L / \Sigma = \Delta X H \div \Delta X L$ —— 也就是說比例於抖動位置除以掃描位置。分壓器 6 2 除式的目的是爲了將抖動位置和掃描位置加以正常化，以修正連續的位置感測器 4 5 (圖 5) 之結構 4 6 表面偵測感應的不一致性。此比例維持在預定的

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

五、發明說明 (19)

常數值，以維持光纖 1 4 的頂端表面 1 4 . 4 和樣品 3 5 頂端表面上最接近的點兩者之間的分開距離 S 為不變的常數預定值。圖 7 中顯示的回饋電路 7 0 即設計成能夠完成此工作。

如圖 7 中所顯示的，正常的抖動信號 5 7 . 3 被供給到鎖扣放大器 6 3 (標示為 L) 的輸入端以轉換正常的抖動信號 5 7 . 3 成為相當的直流位階。更明確的說，鎖扣放大器 6 3 的輸出電壓信號 6 3 . 1 為直流位階 A，並且和抖動運動的振幅除以光柵運動的振幅成比例。另外，鎖扣放大器 6 3 被安排成輸出的電壓比例於由抖動運動相對於加到外部電極 3 2 和 3 3 (圖 2) 之電壓 dV_{x+} 和 dV_{x-} 所產生的相位移 φ 的正弦函數 (也就是 $\sin \varphi$)。另外一點是，鎖扣放大器 6 3 被安排成輸出電壓比例於 $A \sin \varphi$ 。不管是哪一個比率，輸出電壓信號 6 3 . 1 接著供給到另一個減項放大器 7 1 的輸入端 7 1 . 1。此減項放大器 7 1 的另一個輸入端是在操作時所加的參考電壓 V_{REF} 。此參考電壓 V_{REF} 的選擇是爲了維持光纖 1 4 之探頭 1 4 . 1 的抖動振幅爲需要的值。減項放大器 7 1 的輸出組成錯誤信號 (標示為 ϵ) 並供給到增益放大器 7 2 (標示為 G) 的輸入端。此增益放大器 7 2 的輸出供給到積分器 7 3 (標示為 I)。此積分器 7 3 有利的是積分時間常數大約等於一微秒，此時間常數比掃描週期大得多但卻比抖動週期要小一些。最後，積分器 7 3 的輸出供給到垂直推進器 1 5，因此垂直推進器

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

五、發明說明 (20)

1 5 將光纖 1 4 在 Z 方向移動，使得錯誤信號 ϵ 降到 0。以此方式，回饋電路 7 0 和由電子處理電路 5 0 產生的信號 5 7 . 3 合作以維持常數值的抖動振幅且同時維持光纖 1 4 之頂端表面和樣品 3 5 頂端表面上最接近的點二者的分開距離 S 為常數。

本發明的光學顯微鏡 1 0 0 可以應用到製造裝置的領域，例如藉由處理包含基底的表面的製造裝置領域。如此的基底可為半導體晶圓。基底上形成的一般樣本為金屬導體的樣本。此金屬導體的樣本以沈積一金屬層及阻抗層而形成，選擇性的將阻抗層暴露於酸性輻射，並將阻抗層發展成樣本阻抗層，且腐蝕暴露的金屬層（未鍍上樣本電阻層）以形成加長的金屬導體。如此的過程和參數特性有關，且必須經由不斷的嘗試錯誤以找出最佳化。為了嘗試的目的故一般會處理多個基底。依照最初的製程參數在基底的主要表面上形成的樣本用本發明的光學探針顯微鏡加以檢驗。檢驗過程中，基底和金屬導體的樣本取代了上述的樣品 3 5（圖 1 和 2）。以此方式可量測基底主表面的一或多個特徵尺寸，例如金屬導體的線寬。假如特徵值和預定的規格不同，則可改變其製程參數以便後續處理的基底能符合規格。

雖然本發明已由明確的具體實施例加以詳述，在不偏離本發明的範圍下仍有許多的修改空間。例如，除了在頂端或底部圓柱（或二者）的壓電感應運動外，其它形式的感應運動如由磁場感應激勵器也可使用，這也是為人所熟

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

五、發明說明 (21)

知的技術之一。除了使用光由光纖 1 4 之探頭 1 4 . 1 傳輸通過樣品 3 5 到顯微鏡 3 0 0 外，光纖也可放置於使得由樣本 3 5 頂端表面反射的光到達顯微鏡 3 0 0 。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

四、中文發明摘要(發明之名稱:)

用於大取樣表面非破壞性測量之光學探針顯微鏡

光學探頭顯微鏡(圖2: 200, 500)包括轉向成垂直方向的光纖(14)。光纖的探頭(14.1)會發射光線到樣品(35)的水平面上來測量。此平面和平坦度的差距吾人並不苛求。機械電子裝置(31, 32, 33, 34)將抖動運動傳給光纖探頭並加成到另一個機械電子裝置以便將二次元的(21, 22, 23, 24)水平掃描運動傳給光纖探頭。抖動運動的頻率比掃描運動來得高。在連續的掃描之中,另一個裝置(圖1: 36, 37)可以從一個水平位置將樣品本身移到另一個位置。顯微鏡300接收由樣品表面傳輸或反射的光輻射。顯微鏡在光學影像位置偵測器(45)的表面上(圖5: 46.3)將此接收的光輻射形成(放大的)影像。此偵測器的表面和(放大的)影像比較起來為相當大的面積。由偵測器產生的電子信號(圖5: 41.1, 42.1, 43.1, 44.1)加以處理(圖6)以提供光纖探頭之掃描和抖動位置的需要信息。而且其中之一的電子信號

英文發明摘要(發明之名稱:)

OPTICAL PROBE MICROSCOPE FOR NONDESTRUCTIVE METROLOGY OF LARGE SAMPLE SURFACES

ABSTRACT

An optical probe microscope (FIG. 2: 200, 500) includes an optical fiber (14) oriented in a vertical direction. The fiber has a tip (14.1) that emits light onto a horizontal surface of a sample (35) to be measured. This surface can have both desired and undesired departures from planarity. An electromechanical device (31, 32, 33, 34) for imparting dither motion to the fiber tip is superposed on another electromechanical device for imparting two-dimensional (21, 22, 23, 24) horizontal scanning motion to the fiber tip. The dither motion has a much higher frequency than that of the scanning motion. Between successive scanings, another device (FIG. 1: 36, 37) can move the sample itself from one horizontal

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁各欄)

裝

訂

線

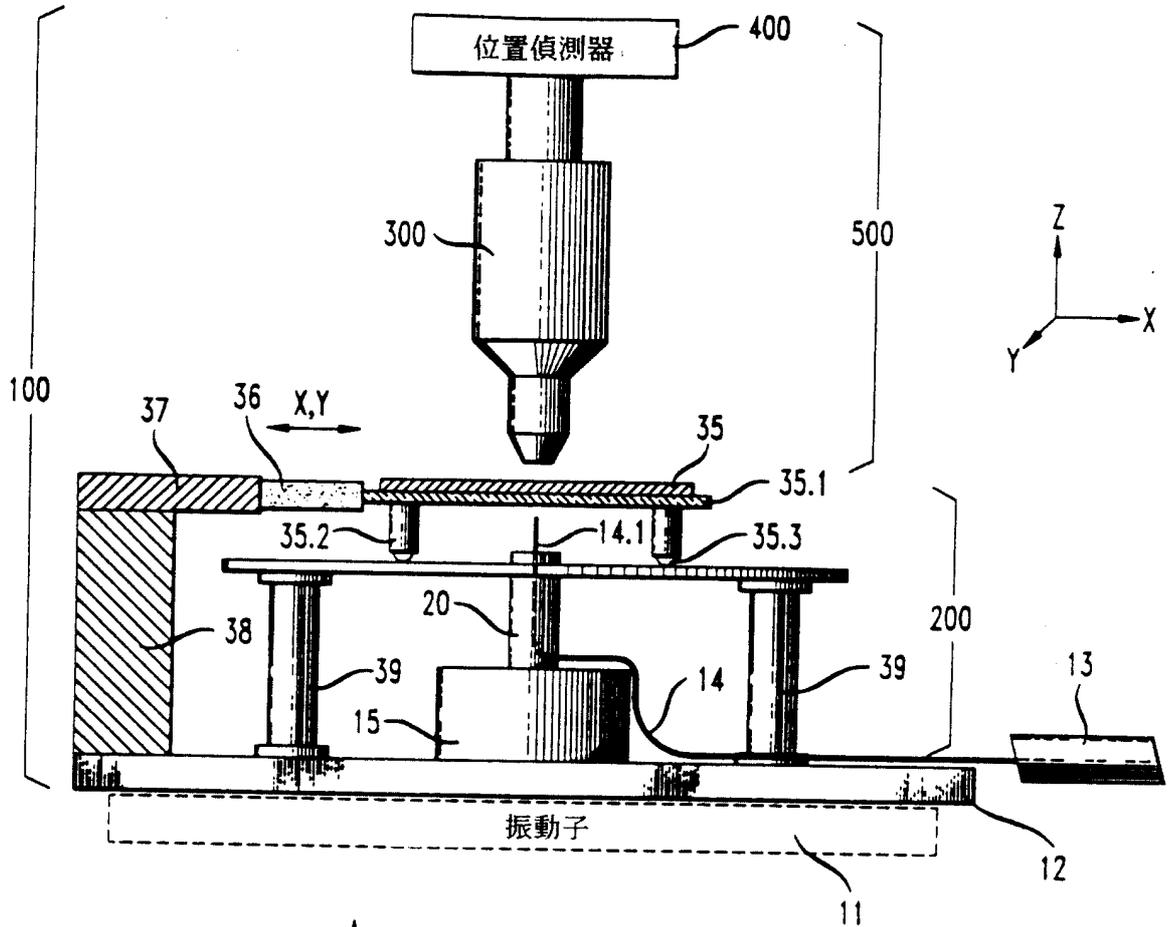
四、中文發明摘要 (發明之名稱：)

(5 7 . 3) 會加以處理 (圖 7) 並回饋到垂直的推進器 (圖 2 : 1 5) 以維持樣品表面和光纖探頭固定的距離。

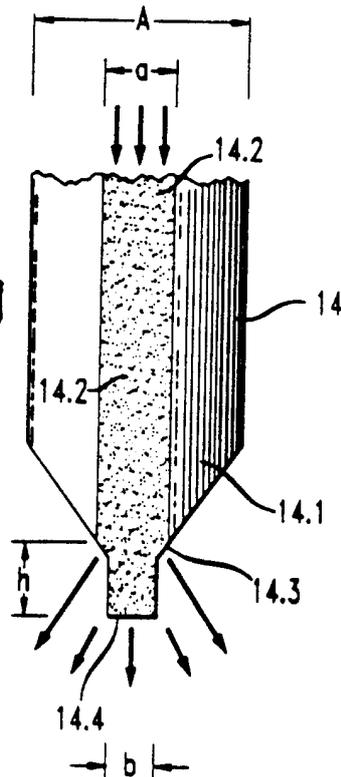
英文發明摘要 (發明之名稱：)

position to another. A microscope (300) receives the optical radiation either transmitted or reflected by the sample surface. The microscope forms a (magnified) image of this received optical radiation on the surface (FIG. 5: 46.3) of an optical image position detector (45). The surface of this detector has a relatively large area compared with that of the (magnified) image. The resulting electrical signals (FIG. 5: 41.1, 42.1, 43.1, 44.1) developed by the detector are processed (FIG. 6) to provide desired information concerning the scanning and dither positions of the fiber tip. Also, one of these electrical signals (57.3) is further processed (FIG. 7) and fed back to a vertical pusher (FIG. 2: 15) that maintains desirably constant the distance of the fiber tip from the sample surface.

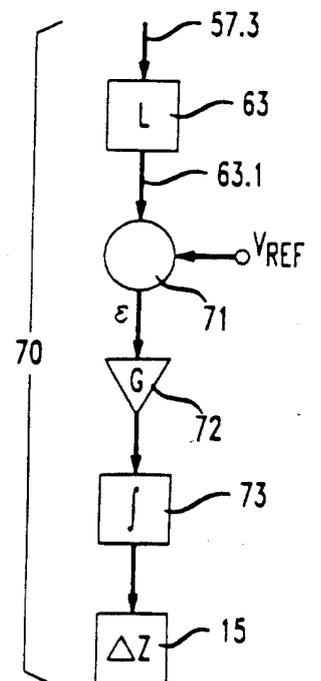
第 1 圖



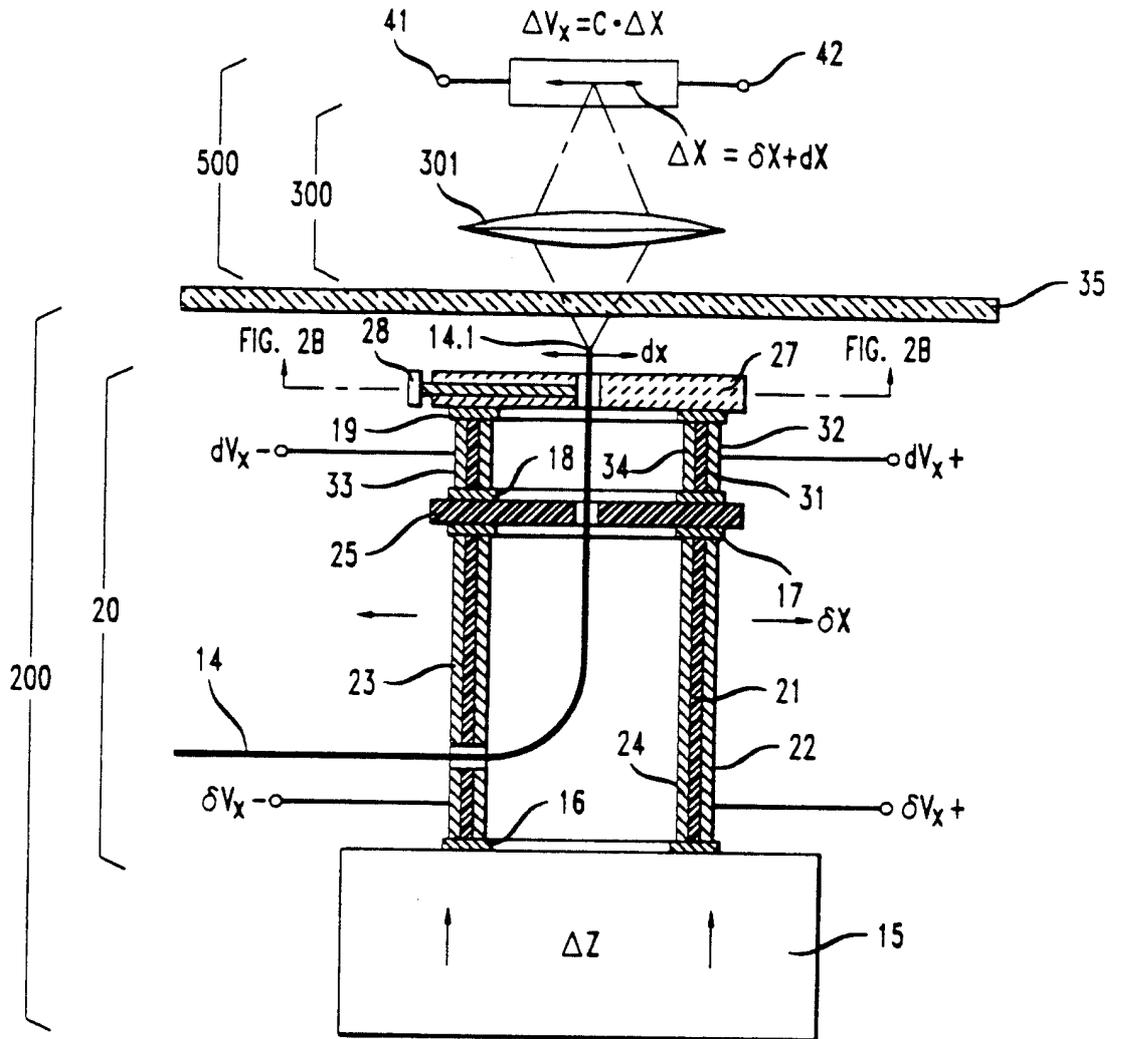
第 4 圖



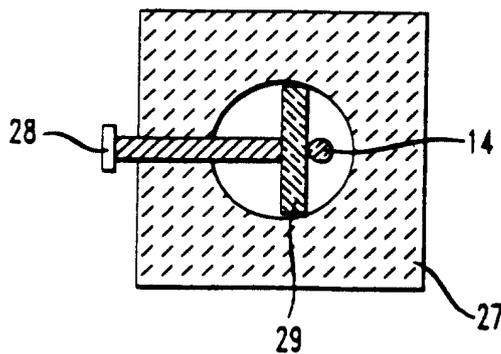
第 7 圖



第 2 圖

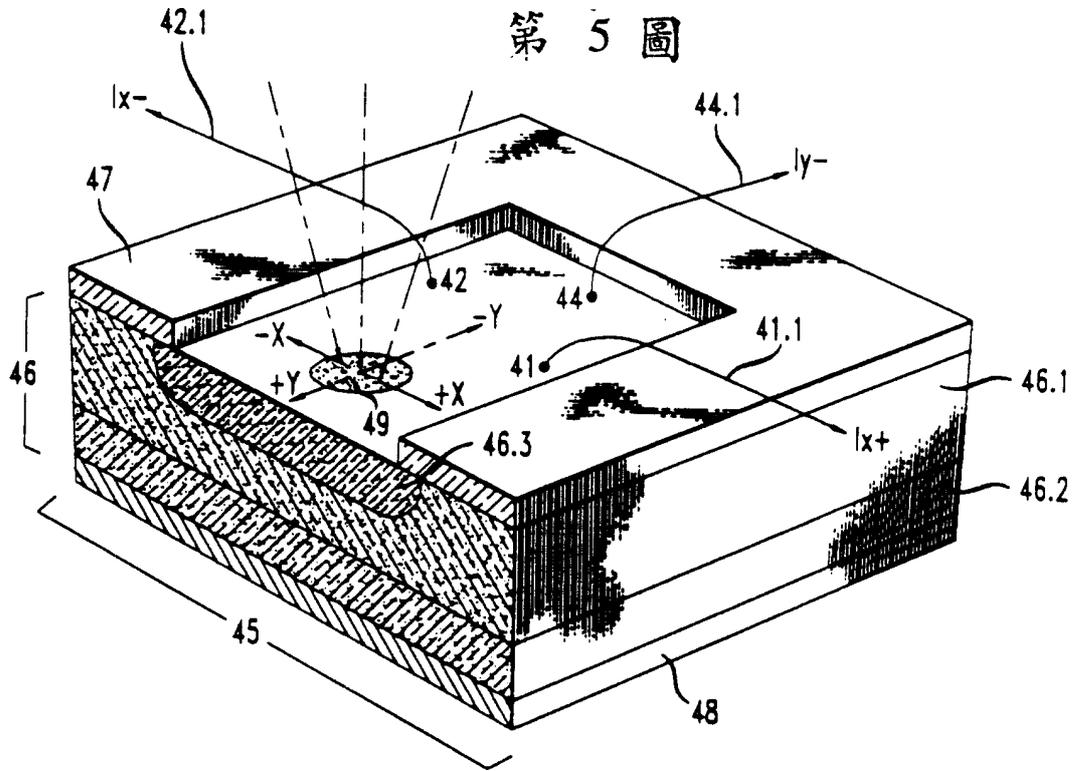


第 3 圖

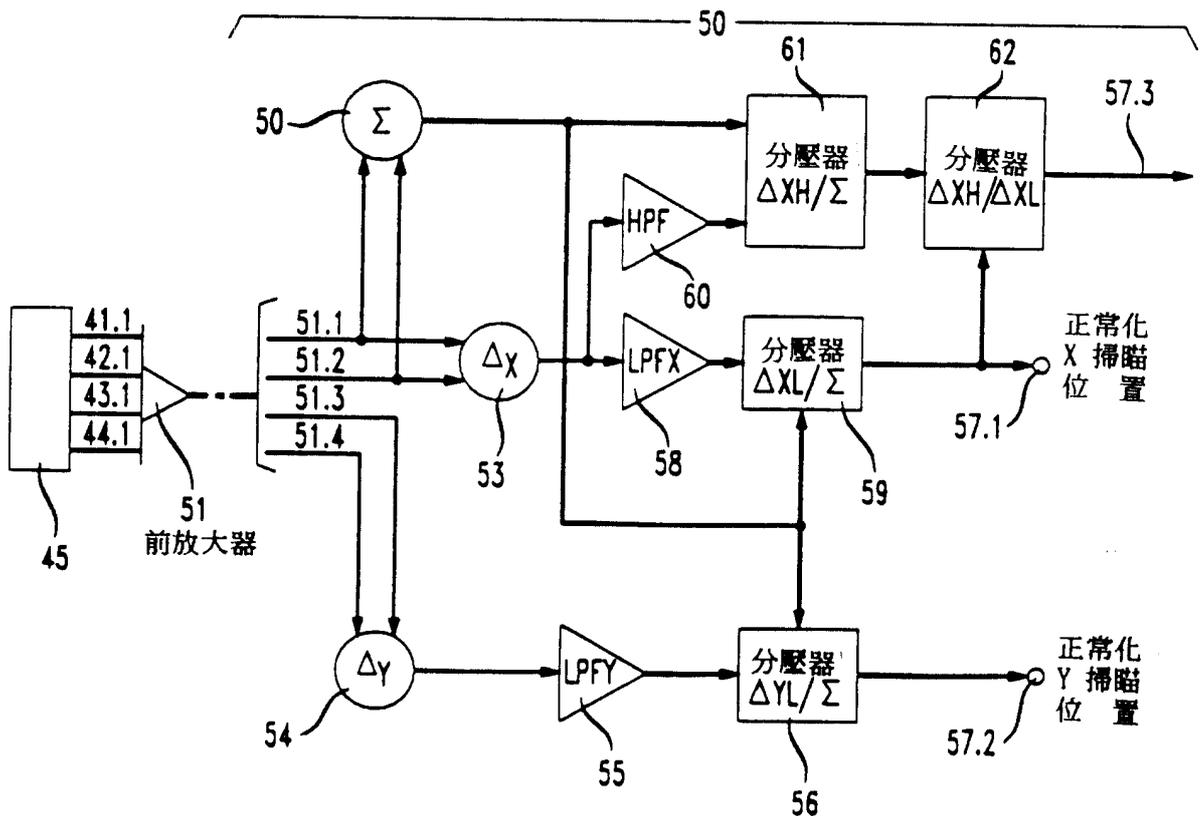


3/3

第 5 圖



第 6 圖



六、申請專利範圍

第 84110778 號專利申請案

中文申請專利範圍修正本

民國 85 年 4 月修正

1. 一種光學探針顯微鏡 (2 0 0 , 5 0 0) , 包含 :
- (a) 光纖探頭 (1 4 . 1) 非常靠近物體的表面 ;
 - (b) 第一個機械電子裝置 (3 1 , 3 2 , 3 3 , 3 4) 接合到探頭 , 可將抖動運動傳給探頭 ;
 - (c) 第二個機械電子裝置 (2 1 , 2 2 , 2 3 , 2 4) , 接合到第一個裝置 , 可將掃瞄運動傳給探頭 , 掃瞄運動的週期至少約為抖動運動的週期的 1 0 0 倍大 ;
 - (d) 由於探頭放出光輻射並照射在物體表面上 , 顯微鏡 3 0 0 就配置成接收由物體表面反射的光輻射 ; 且
 - (e) 光學影像位置偵測器 (4 2) 安排用來接收由於顯微鏡收到光輻射 , 再從顯微鏡傳來的光學輻射 , 光學影像位置偵測器有連續的光電表面區 (4 6 . 3) , 由顯微鏡聚焦的光輻射即在光電表面區上形成影像點 (4 0) , 此像點的側面尺寸比光電表面區的側面尺寸要小約 1 / 1 0 左右 , 因此光學影像位置偵測器會由於來自顯微鏡的光輻射而輸出電子信號 (4 1 . 1 , 4 2 . 1 , 4 3 . 1 , 4 4 . 1) , 並表示出影像點的位置。
2. 如申請專利範圍第 1 項之光學探針顯微鏡 , 包含第三個機械電子裝置 (1 5) 並接合到第一個裝置 , 且將垂直運動傳給探頭。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

六、申請專利範圍

3 . 如申請專利範圍第 1 項或第 2 項之光學探針顯微鏡，包含了電子處理電路（50）接收光學影像位置偵測器的電子輸出並送出電子輸出以代表光纖探頭的掃瞄運動和抖動運動。

4 . 如申請專利範圍第 3 項之光學探針顯微鏡，包括連接到電子處理電路以接受其輸出（57.3）的回饋電路，且此回饋電路會傳送回饋信號給第三個機械電子裝置，因此使得光纖的探頭和物體表面維持一固定距離。

5 . 如申請專利範圍第 1 項或第 2 項之光學探針顯微鏡，包括了可將水平位移傳給物體的機構，此機構包含了支撐臂可連接到平板以承載物體。

6 . 一種使用具探頭的光纖來檢測物體主要表面的方法，包含的步驟有：

（a）將探頭靠近主平面且將最初的光輻射導入光纖到達探頭末端，因此光輻射照射在物體的主表面；

（b）在步驟（a）時抖動電壓加到第一個機械電子裝置，接合到探頭，所以探頭中會因而感應出抖動運動；

（c）在步驟（b）時將掃瞄電壓加到第二個機械電子裝置上，並接合到第一個裝置，所以由於此掃瞄電壓在探頭中會感應出掃瞄運動，掃瞄運動的週期至少是抖動運動的 1000 倍大左右；且

（d）將第二個光輻射聚焦在連續的光電表面上成爲光影像點（此第二個光輻射乃由於第一個光輻射照在物體上產生的），連續的光電表面其側面尺寸至少約爲光影像

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

六、申請專利範圍

點側面尺寸的 10 倍。

7. 如申請專利範圍第 6 項之方法，包含的步驟為：將垂直運動電壓加到第三個機械電子裝置，並接合到光纖上，因此垂直運動會由於垂直運動電壓的加入而在步驟（a），（b），（c），（d）時於探頭中感應出垂直運動。

8. 如申請專利範圍第 7 項之方法，更包含了步驟（e）由於步驟（a）而偵測出來自物體主表面之光輻射的位置；且

（f）送出電子輸出以代表其位置。

9. 如申請專利範圍第 8 項之方法，其中更包含了電性上處理步驟（f）的電子輸出且送出電子輸出以代表光纖探頭的掃描位置和抖動位置。

10. 如申請專利範圍第 9 項之方法，其中更包含了發展及送出電子回饋信號給第三個機械電子裝置，代表了探頭和主平面之間的距離和固定距離的偏差，因此探頭和主平面之間的距離會恢復為固定值。

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂