

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：97126466

※申請日期：97年07月11日

※IPC分類：G01B5/28(2006.01)

一、發明名稱：

(中) 試料表面形狀之測定方法及裝置
(英)

二、申請人：(共 1 人)

1. 姓名：(中) 愛發科股份有限公司
(英) ULVAC, INC.

代表人：(中) 1. 諏訪秀則
(英) 1. SUWA, HIDENORI

地址：(中) 日本國神奈川縣茅崎市萩園二五〇〇
(英) 2500 Hagisono, Chigasaki-shi, Kanagawa, 253-8543 Japan

國籍：(中英) 日本 JAPAN

三、發明人：(共 1 人)

1. 姓名：(中) 水谷直樹
(英) MIZUTANI, NAOKI

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 ; 2007/07/13 ; 2007-184390 有主張優先權

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：97126466

※申請日期：97年07月11日

※IPC分類：G01B5/28(2006.01)

一、發明名稱：

(中) 試料表面形狀之測定方法及裝置
(英)

二、申請人：(共 1 人)

1. 姓名：(中) 愛發科股份有限公司
(英) ULVAC, INC.

代表人：(中) 1. 諏訪秀則
(英) 1. SUWA, HIDENORI

地址：(中) 日本國神奈川縣茅崎市萩園二五〇〇

(英) 2500 Hagisono, Chigasaki-shi, Kanagawa, 253-8543 Japan

國籍：(中英) 日本 JAPAN

三、發明人：(共 1 人)

1. 姓名：(中) 水谷直樹
(英) MIZUTANI, NAOKI

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 ; 2007/07/13 ; 2007-184390 有主張優先權

九、發明說明

【發明所屬之技術領域】

本發明，係有關於試料表面形狀之測定方法及裝置者。特別是，本發明係有關於對觸針式階段差計之針的跳動作抑制之方法及裝置。

在本說明書中，用語「試料之表面形狀」，係為包含有試料之階段差、膜厚、表面粗度之概念者。

【先前技術】

於添附圖面之圖 21 中，展示先前技術所致的觸針式階段差計之其中一例。在圖 21 中，A 係為探針，並被裝著於支持體 C 的其中一端上，該支持體 C，係可搖動地被安裝在支點 B 處。

支點 B，係被放置於支點承受凹坑中。又，鄰接於支持體 C 之另外一端，係被設置有檢測出探針 A 之垂直方向位移的位移感測器 D。位移感測器 D，係由因應於探針 A 之垂直方向位移而產生電性訊號的差動變壓器所成。另一方面，在支持體 C 之另外一端處，係被設置有對探針 A 施加針壓之針壓產生裝置 E。針壓產生裝置 E，係具備有線圈 F、和被配置在從線圈 F 之中心而於軸方向偏移之位置的高透磁率材料之磁芯 G，並構成爲藉由因應於流動在線圈 F 中之電流的大小所產生的將高透磁率材料之磁芯 G 朝向線圈 F 的中心而拉入的力量，來將探針 A 推壓抵接於試料上。而後，藉由使試料又或是圖 1 之檢測系做掃描，來

使探針 A 在試料表面作掃描，並因應於該表面形狀，而在被固定之支點 B 的周圍作微小的旋轉運動，並將該位移藉由差動變壓器而檢測出來，而測定試料之表面形狀或階段差。

當藉由此種觸針式階段差計來對柔軟的試料作測定時，爲了縮短膜厚的檢查時間，係被要求有測定時間之縮短，而必須使掃描速度變大，另一方面，爲了防止試料之變形或破損，則必須要使將針下壓的力縮小。但是，若是以較小的力而進行高速的掃描，則在如圖 1 所示一般之高起的階段差部分，針會朝向上方跳動，而無法測定正確的階段差。

於圖 2 中，係展示針跳動的例子，而展示了當探針在試料之基板上的階段差部而跳動至空中後，在試料面之上方作了數次之震動的模樣。圖 2 之圖表，係爲探針之針壓爲 0.15 mgf、探針之掃描速度爲 0.1 mm/S 下的測定例。試料，係與圖 1 中所示之構成相同，橫軸係表示時間，在 60 ms 時開始掃描，並在 760 ms 時進行了 70 μm 的掃描。在相當於 380 ms 的位置處，係存在有光阻膜之端部、亦即是階段差，於該處起，位移係增加，而探針係跳動向上，而後，針就算是返回，亦在光阻膜之表面而再度向上跳動，並反覆產生震動。探針之跳動的高度，除了此些條件之外，亦依存於支點周邊之慣性力矩與「支點與探針間之長度」（例如，參考專利文獻 1）。

作爲解決此種探針跳動之方法，本案之發明者，首先

係提案了在檢測出探針之跳動後，增加將探針壓下之力，而使跳動縮小的方法（參考專利文獻 1）。在此種方法中，係維持在增加了對探針所施加之力的狀態下，直到探針之跳動（在試料表面上之複數次的跳動之震動）收斂為止，而後，將力緩慢的回復到原本之較小的值。亦即是，係成爲在某一特定的期間內對試料施加有強的力量。故而，雖然探針之跳動的高度係變小，但是，就算是僅有短時間，對試料施加強的力量一事仍係並不理想。

[專利文獻 1]日本特開 2006-226964 號公報

【發明內容】

[發明所欲解決之課題]

在上述一般之方法中，例如在光阻劑等之柔軟的試料之測定中，因應於對探針之針尖所施加的力、亦即是針壓，試料係會變形。若是所施加之力爲強，則在該部分，試料會產生變形或破損，而無法對階段差或是膜厚作正確的測定。

因此，本發明，係以提供一種：僅當探針在空中時才增加針壓，並在其再度接觸試料前，回復至原本的較弱針壓，藉由此，而能不對試料施加強的力量，便能夠抑制探針之跳動的試料表面形狀之測定方法以及裝置爲目的。

[用以解決課題之手段]

爲了達成上述目的，若藉由本發明之第 1 發明，則在

使探針與被測定試料之表面作接觸，而對被測定試料之表面形狀作測定的方法中，其特徵為：在短時間內，來進行由以下步驟所成之控制操作：以感測器所致之在被設定表面上的探針之垂直方向位移之檢測；和根據探針之位移的檢測所進行之探針的速度以及加速度之算出；和藉由探針之速度以及加速度之至少一方的即時監測所致的探針之跳動的檢測；和對探針之針壓產生裝置的電流控制，並僅當探針位於空中時，才增大對於探針所施加之針壓，在探針再度接觸試料前，使探針之針壓回復到原本的狀態。

若藉由本發明之其中一種實施型態，則係可在探針之跳動的軌跡之頂點附近，來使對探針所施加之針壓回復到原本的值。又，控制操作，係可以 100μ 秒來進行。

在本發明之方法中，較理想，係當根據探針之位移的檢測而得出之探針的速度，成爲了對探針之跳動作判斷之設定值以上時，增大對探針所施加之針壓，而後，若是探針之速度低於前述設定值，則將探針之針壓回復到原本的狀態。於此情況，若藉由本發明之其中一種實施型態，則探針之速度的設定值係選定爲 $40\mu\text{m}/\text{S}$ 。

在本發明之方法中，較理想，係當根據探針之位移的檢測而得出之探針的加速度，成爲了對探針之跳動作判斷之設定值以上時，增大對探針所施加之針壓，而後，若是探針之加速度低於前述設定值，則將探針之針壓回復到原本的狀態。

若藉由本發明之第 2 發明，則係爲一種試料表面形狀

之測定裝置，其特徵為，具備有：探針，係可對於被測定試料之表面而於垂直方向移動，且可沿著被測定試料之表面而作相對性的移動；和針壓附加手段，係將探針對於被測定試料之表面而使朝向垂直方向之針壓作用；和檢測手段，係檢測出探針之垂直方向的位移；和控制手段，係根據檢測手段之輸出訊號而檢測出探針之跳動，同時因應於探針之跳動的檢測而對針壓附加手段作控制，以增減探針之針壓，控制手段，係在短時間內，進行由以下步驟所成之控制操作，以對探針之跳動作控制抑制：根據檢測手段所致之探針之垂直方向的位移之檢測和探針的位移之檢測所進行的探針之速度以及加速度的算出；和藉由探針之速度以及加速度之至少一方的即時監測所致的探針之跳動的檢測；和對探針之針壓產生裝置的電流控制。

若藉由本發明之裝置的其中一種實施型態，則控制手段，係可將控制操作以 100μ 秒來進行。

又，控制手段，係具備有對檢測出探針的垂直方向之位移的檢測手段而來之輸出訊號作計測的計測器，並將此計測器之低通濾波器的時間常數設定為較短，以使其能夠追隨於即時監測。於此情況，係可將計測器之低通濾波器的時間定數設定為 100μ 秒。

在本發明之其中一種實施型態中，控制手段，係可構成爲：使在探針之跳動的控制抑制中所得之探針之位移的時間變化資料，通過所期望之截斷（cutoff）頻率的低通濾波器，藉由此，來抑制探針之跳動，同時，得到將雜

訊除去後之探針之位移的時間變化資料。

[發明效果]

如同以上所說明一般，若藉由本發明之第 1 發明，則係在短時間內，進行由以下步驟所成之控制操作：在短時間內，進行以感測器所致之在被測定表面上的探針之垂直方向位移之檢測；和根據探針之位移的檢測所進行之探針的速度以及加速度之算出；和藉由探針之速度以及加速度之至少一方的即時監測所致的探針之跳動的檢測；和對探針之針壓產生裝置的電流控制，並僅當探針位於空中時，才增大對於探針所施加之針壓，在探針再度接觸試料前，使探針之針壓回復到原本的狀態，藉由此種構成，對試料係不會施加強的力量，而成爲不會對試料造成損傷。

又，當構成爲在探針之跳動的軌跡之頂點附近，來使施加於探針的針壓回復到原本之值的情況時，在著地於試料表面時之速度係變小，藉由此，反彈係變小且對於試料之損傷亦變小。

又，藉由將控制操作在 100μ 秒內來進行，而能夠充分地追隨於探針之垂直方向的位移之實際的變化。

又，在本發明之方法中，係當根據探針之位移的檢測而得出之探針的速度以及（又或是）加速度，成爲了對探針之跳動作判斷之設定值以上時，增大對探針所施加之針壓，而後，若是探針之加速度低於前述設定值，則將探針之針壓回復到原本的狀態。藉由此種構成，在能夠降低探

針之跳動高度的同時，當然，亦可將再度接觸試料時之探針的針壓減小。進而，由於探針朝向試料表面而降下並再度碰觸到試料時之速度係變小，因此，不會對試料造成傷害，針之反彈（再度之跳動）亦變小。

在本發明之第 2 發明所致之裝置中，控制手段，由於係構成爲在短時間內，進行由：在短時間內，進行以感測器所致之在被測定表面上的探針之垂直方向位移之檢測；和根據探針之位移的檢測所進行之探針的速度以及加速度之算出；和藉由探針之速度以及加速度之至少一方的即時監測所致的探針之跳動的檢測；和對探針之針壓產生裝置的電流控制，所成之控制操作，而對探針之跳動作控制抑制，因此，能夠將探針之跳動高度大幅降低，且能夠將探針再度抵接於試料表面時之針壓及速度減低，其結果，成爲不會對試料造成損傷，而能夠將實際之測定更爲正確地進行。

【實施方式】

以下，參考所添附之圖面的圖 3～圖 20，對本發明之實施型態作說明。

於圖 3 中，係展示本發明所致之測定裝置的其中一種實施型態，1 係爲固定支持台，於其上，係經由支點 2 而被設置有搖動支持棒 3，於此搖動支持棒 3 之其中一端，探針 4 係朝向下方地被作安裝。探針 4，其前端係藉由鑽石所構成，又，前端之半徑，一般係爲 $2.5\mu\text{m}$ ，但是，亦

可為較其更大或更小。又，在搖動支持棒 3 之另外一端，係被設置有產生對探針 4 施加垂直下方之力、亦即是施加針壓之力之針壓附加手段 5。此針壓附加手段 5，於圖示例中，係藉由從搖動支持棒 3 之另外一端而朝向上方延伸的作動元件 5a、以及具備有承受作動元件 5 之孔的線圈 5b 所構成。在較搖動支持棒 3 之其中一端的探針 4 而更靠支點 2 側處，係被設置有檢測出探針 4 之垂直方向的位移之檢測手段 6，此檢測手段 6，係藉由差動變壓器所構成，該差動變壓器，係具備有被固定於搖動支持棒 3 之其中一端處的測定元件 6a、和承受測定元件 6a 之另外一端、亦即是承受自由端的線圈 6b。

又，在圖 3 中，7 係為試料座，於其上，掃描平台係以能夠對於探針 4 而以預定之操作速度來移動的方式而被設置，在此掃描平台 8 之上，係可安裝被測定試料 9。

針壓附加手段 5 以及檢測出探針 4 之垂直方向的位移之檢測手段 6，係被連接於控制手段 10，此控制手段 10，係構成為根據從檢測手段 6 而來之輸出訊號，而對針壓附加手段 5 之動作作控制。另外，在圖 3 之裝置中，亦可構成為將試料 9 作固定並使探針側來作掃描。

於圖 4 中，係展示於圖 3 中所示之控制手段 10 的構成之其中一例，而展示用以進行本發明之針跳動抑制控制的計測控制系之構成例。於圖 4 中，可由差動變壓器等所成之檢測手段 6、亦即是位移感測器的輸出，係藉由鎖定放大器等之計測器 11 來作計測。計測器 11 係將所計測之

探針的位移訊號，作為類比訊號而輸出至類比輸入輸出埠 12 處。此類比輸入輸出埠 12，係藉由以即時 (realtime) OS 來動作的控制器 13 而被控制，並取入從計測器 11 而來之類比訊號。以下述之方式來起作用：藉由控制器 13 之 CPU、以及經由 LAN 而連接於該控制器 13 的電腦裝置 14，來將該訊號換算為探針之垂直方向的位移 z ，並計算出其之時間微分 dz/dt 、亦即是探針之位移速度 v ，以及 2 次微分 d^2z/dt^2 、亦即是探針之加速度 a ，而從該些之值來判斷探針之跳動。

14，係為電腦裝置，此電腦裝置 14，係經由 LAN 而連接於控制器 13。若是在控制器 13 處檢測出探針之跳動，則為了增加探針之針壓，而增加在針壓附加手段 5 (圖 3) 處而流動於線圈 5b 中的電流。

亦即是，經由類比輸入輸出埠 12，對流動於線圈 5b 處之電流作控制的類比電壓訊號，係被供給至被連接於線圈 5b 之電源 15 處，而對此電源 15 作控制。於圖 5 中，展示該控制迴圈的動作。

針對對探針 4 之跳動作抑制的方法，於以下作說明。

僅當探針在空中時才增加力，並在其再度接觸試料前，回復至原本的較弱的力，藉由此，而不對試料施加強的力量，便抑制探針之跳動。

於圖 6 及圖 7 中，展示探針之跳動的計算結果。點線，係代表不進行對跳動之抑制的情況，實線，係代表根據本發明而進行了抑制控制的情況，圖 7 之圖表，係為將圖

6 之圖表作了擴大展示者。

若是將探針 4 之針尖的力設為 F ，將針尖之垂直方向位置設為 z ，將支點 2 之周圍的慣性力矩設為 I ，將從支點起直到探針 4 之針尖為止的距離設為 r ，並將支點 2 的周邊之運動方程式作變形，則係得到下面的式子。

$$F = I/r^2 \, d^2z/dt^2 \quad (1)$$

亦即是，可視為當作用有 F 之力時的質量為 I/r^2 的質點之運動。故而，當探針跳動的期間中，係可視為在重力場下之質點的自由落體運動，而若是 F 係為一定，則 d^2z/dt^2 亦成為一定。亦即是，圖 6 之點線（ z 之軌跡）係成為拋物線。

另外，若是將探針 4 之針尖處的 z 方向、亦即是垂直方向之初速度（當針尖從試料表面而離開時之速度）設為 v ，並假定藉由支點 2 而被支持的可動部分之重心係接近於支點 2，則拋物線之到達高度 h 、針尖跳動之時間（從針尖離開了試料表面後起，直到再度回到表面為止的時間） $2t$ ，係分別藉由下式而表示。

$$h = I/v_0^2 / 2r^2F \quad (2)$$

$$2t = 2Iv_0 / r^2F \quad (3)$$

在圖 6 以及圖 7 中以點線來表現的圖表，係為在探針

4 之對上方之初速度 v 為 1mm/s 、對探針 4 作推壓之力（針壓）為 0.1mgf 的條件下的結果。橫軸，係為時間 t （秒）。 v ，由於係可考慮為與 x 方向之掃描速度（參考圖 1）為同等程度，因此，於此係假設掃描速度 = v_0 ，而探針 4 之 x 座標，係設為 $x=v_0t$ 。此為 $1/r^2 = 0.210\text{g}$ 之感測器下的計算結果。

若是探針 4 開始跳動，則將力增加為 2mgf ，而後，若是 dz/dt 成爲了 0，則將力回復為 0.1mgf ，將此種情況下之計算結果，在圖 6 以及圖 7 中以實線之圖表來作展示。可以得知，藉由將對探針 4 所施加之力增加為 20 倍，跳動之高度係成爲 $1/20$ ，且跳動之時間（ x 方向之跳動的距離）亦變短。於此情況，在本發明之其中一種實施型態中，由於 2mgf 之較強的力，係僅當探針在空中時才作施加，因此，不會對試料 9 造成損傷。

若是並不將當探針 4 開始跳動時所對探針施加的 2mgf 之較強的力於中途而回復為原本的較弱的力，則當「著地」時之對下方向的速度，係成爲與「在 $t=0$ 時之對上方向的速度」為相同之值，而為較大，因此，會成爲再度大幅的向上跳動。亦即是，必須要使其成爲較著地時之 z 方向的速度（速度之絕對值） $|dz/dt|$ 為更小。故而，係在探針 4 之跳動的軌跡之頂點處，將力回復為原本的較弱之值。

於圖 8 以及圖 9 中，係為在圖 6 以及圖 7 之計算中將初速 v_0 設為 $1/10$ 的 $100\mu\text{m/s}$ 時之結果。點線圖表，係代

表未做控制時的情況，實線圖表，係代表有進行控制之本發明的情況。圖 9 之圖表，係為將圖 8 之圖表作擴大展示。藉由在軌跡之頂點處而使力回復的控制，探針 4 之跳動的高度係成爲 $1/20$ 。

圖 10，係為將跳動之高度相對於 v_0 而作描繪的圖表， v_0 由於係與掃描速度同程度，因此，於橫軸，係表示掃描速度。感測器之 I/r^2 ，係設爲 0.210g 。點線，係代表未做控制時的情況，實線，係代表根據本發明而進行了控制的情況。藉由在本發明中之探針的跳動抑制控制，跳動之高度係成爲 $1/20$ 。此係為在空中而將施加於探針 4 的力增加爲 2mgf 時的例子，但是，若是將其設爲例如 4mgf ，則如同由式 (2) 而可得知一般，跳動之高度係更進而成爲 $1/2$ 。又，若是將感測器之 I/r^2 設爲一半，則跳動高度亦係成爲一半。

圖 11，係展示在圖 10 所示之條件中將探針 4 之橫方向的跳動之距離相對於掃描速度而作描繪者，點線圖表係代表為控制時之情況，實線圖表係代表有作控制之本發明的情況。藉由本發明，跳動之距離係成爲 $1/8$ 左右。

圖 12，係為在圖 10 所示之條件下的探針 4 之跳動時間。藉由使用本發明，可以辨認出，探針 4 之跳動時間亦縮短爲 $1/8$ 左右。

在以上之計算例中，係對從探針 4 跳起開始直到回到相同之高度為止來作了計算並展示。但是，要判斷探針 4 之跳動，亦可藉由 dz/dt 之值來進行。當探針 4 係位於平

緩的區域中時，就算是在掃描中存在有雜訊，其 dz/dt 亦係為小。故而，只要在 dz/dt 超過了某個值時，判斷其係為跳動並增加力量即可。而後，在空中 dz/dt 係逐漸減小，而若是成爲了 0 左右，則回復到原本之欲測定的力之值即可。

又，跳動之判斷，係亦可藉由 d^2z/dt^2 來進行。根據式 (1)，當探針位於空中時，由於 $d^2z/dt^2 = F/(I/r^2)$ ，因此，只要有對 d^2z/dt^2 作監測，則便可進行判斷。若是以即時 (realtime) 來對 z 進行監測，並以時間來作微分，則可以對 dz/dt 或是 d^2z/dt^2 作即時監測。

如圖 12 所示一般，若是掃描速度為 $100\mu\text{m/s}$ ，則藉由本發明，跳動時間係成爲數 ms。故而，爲了對該跳動作控制，係有必要以充分短的時間來進行圖 5 之控制迴圈。在 Windows (登錄商標) 等之汎用 OS 中，由於圖 5 之控制迴圈的時間係爲數 ms 而爲較慢，因此，係應以更加迅速且時間亦爲正確的即時 OS 來進行控制。藉由此，例如係成爲可進行 $100\mu\text{s}$ 之控制迴圈。

爲了進行短時間的控制，亦有必要將從感測器而來之訊號的時間定數縮小。當藉由鎖定放大器來計測差動變壓器之輸出時，雖係在計測器 11 之最終段而使訊號通過低通濾波器，但是，此時間定數，亦有必要設爲 $100\mu\text{s}$ 左右。藉由此，係能夠使從計測器 11 而來之類比輸出訊號追隨於實際的 z 之變化。

在階段差計處之最終所需要的資料，係並不一定需要

為如上述一般之對時間為敏感者。低通濾波器之截斷頻率，係只要為 13Hz 左右即可。又，關於最終之資料的取入、在螢幕處之顯示，係只要為 3ms 左右之間隔即可。故而，只要藉由軟體之低通濾波器來進行計算處理，並將資料每隔一段時間地顯示於圖 4 之電腦裝置的畫面處即可。該計算處理或將資料空出間隔的處理，係可在圖 4 之控制器 13 以及電腦裝置 14 之任一者中進行。

實施例

於以下，展示用以確認本發明之作用效果而進行的實驗與其結果。

分別在圖 14、圖 15 以及圖 16 中展示將試料 9 放置於 $z = 0$ 附近，並將探針 4 以 0.1mgf 之力的設定值來從上方而落下時之 z 、 $v = dz/dt$ 、力 $F = I/r^2 d^2z/dt^2$ 之時間變化的測定結果。對所測定之 z 作時間微分，而計算出 v ，並在藉由 2 次微分所得到的 d^2z/dt^2 處乘上 I/r^2 ，而求取出 F 。可以看出探針 4 在試料 9 之表面彈跳並震動的模樣。探針 4 之橫方向的掃描，係並未進行。將此彈跳視為掃描時之探針 4 的跳動，並進行了將彈跳、亦即是將跳動縮小的實驗。於實驗中，係使用了與圖 4 所示者為相同構成的計測控制系。

在圖 14、圖 15 以及圖 16 中所示之圖表係為未進行有跳動抑制控制時之情況，鎖定放大器之硬體的 RC 之低通濾波器 1 個的時間定數，係設定為 0.3ms。將此作 4 段串

聯，其截斷頻率係為 230Hz 。資料之取入、顯示間隔，係為 $200\mu\text{s}$ 。在算出加速度前，作為雜訊對策，係進行有以移動平均所致之平滑化。

於圖 17 以及圖 18 中，展示對於此種彈跳而適用了本發明之方法後的結果。圖 5 之控制迴圈，係以 10kHz 來進行。在圖 17 以及圖 18 中之顯示，係空出有間隔，而在每 $200\mu\text{s}$ 處進行。於圖 17 中所示之圖表係為 z 的時間變化，於圖 18 中所示的圖表係為 v 的時間變化。鎖定放大器之硬體的 RC 之低通濾波器的時間定數，係設定為 0.1ms ，而截斷頻率係為 700Hz 。作為控制程式，係當 v 超過了 40nm/ms 的時間點（ 5113ms 處）而將力增加為 2mgf ，而後，當 v 成為低於 40nm/ms 的時間點（ 5120ms 處），而回復到 0.1mgf 。當對於 z 方向上方之初速度為 600nm/ms 左右時，跳動之高度係約為 1700nm ，而可辨認出此係為未進行跳動之抑制控制的情況時之 $1/20$ 左右（參考圖 10）。另外，在圖 17 中，在 5113ms 處 z 出現之小值，可以想見其係由於感測部之搖動支持棒（參考圖 3 之符號 3）的彎曲所致者。

又，在圖 17 以及圖 18 中所見到的震動，係可想見其係為由於連接探針、支點、位移感測磁芯之搖動支持棒（參考圖 3 之符號 3）的震動所致者。另外，在此實驗中所使用之感測部的構成要素之位置關係，係與圖 3 為相異，而為使用相對於支點在探針側存在有力產生部，而在其相反側存在有差動變壓器之磁芯者。

當探針在空中時之震動（從 5113ms 起直到 5144ms 為止的期間。約 400Hz），係可想見其係為支點與磁芯間之搖動支持棒之彎曲的震動。當探針位於試料上時之震動（5144ms 之後。約 150Hz），係可想見其係為藉由探針與支點間之搖動支持棒的彎曲之震動，而使位在相反側之磁芯上下震動所致者。

此些之震動，係為由於探針碰撞於試料時所產生之衝擊而發生者，並係隨著時間而衰減。又，當作為表面形狀之資料而將其取入時，由於係通過有截斷頻率 13Hz 左右之軟體的低通濾波器，因此，此些之震動係被除去，而並不會成為問題。

圖 19 以及圖 20，係為 z 方向之初速度為較小的情況時之例。控制方法，係與圖 17 以及圖 18 的情況為相同。在 6325ms 之後，對針之跳動作監視。在 6330ms 處之 z 的山峰，係為針的跳動，而跳動時間係為 5ms 左右而為短。在初速 110nm/ms（從相同之其他例子，而將其判斷為向上跳起前之朝向下之速度的 0.75 倍左右）左右下，跳動之高度係為 70nm 左右。在此之後的 z 之震動，係為由於感測部之搖動支持棒的彎曲之震動所致者，並可以看到其漸漸衰減的模樣。若是通過截斷頻率 13Hz 左右之軟體的低通濾波器，則跳動與震動應會變的無法辨認。

於圖 10 中，係將此種測定結果作總括展示。○係為未進行跳動之抑制控制的情況時之測定結果，□係為展示根據本發明而進行有控制的情況時之測定結果。由於 z 方

向之初速係相當於掃描速度，因此，圖 10 之橫軸，係以掃描速度來表示。不論何者，計算結果均係幾乎一致，藉由本發明，係將跳動之高度抑制為 $1/20$ 。由於係將檢測出跳動後所施加之力設為 20 倍的 2mgf ，因此，跳動的高度係變為 $1/20$ ，而若是更進而增加該力，則跳動之高度係更進而變小。

於圖 12 中，係將探針跳動之時間作描繪而展示，○係為未進行跳動之抑制控制的情況時之測定結果，□係為展示根據本發明而進行有控制的情況時之測定結果。

於圖 11 中，係將：在於圖 12 中所示之「跳動時間」上，乘上了相當於掃描速度之「z 方向的初速度」後，所得到的結果，作為「x 方向之跳動的距離」而描繪展示。不論何者，測定結果均係幾乎一致於計算結果，在實驗中，亦展現了：藉由本發明，跳動之時間、距離係變短。

於圖 13 中，係將藉由專利文獻 1 所記載之控制方式下所得到的跳動之高度配合於圖 10 之資料而以■來描繪展示，此係為將專利文獻 1 中所記載之控制方式重新實行所得的實驗結果，而並非為在專利文獻 1 中所展示之資料。此係為下述狀態下之測定結果：使用 I/r^2 為 0.114g 之感測部，並將無控制時之力設為 0.05mgf ，而控制係以 3ms 來反覆進行迴圈，在檢測出跳動後，將力增加為 2mgf ，並將其保持一定時間，而後，逐漸將力回復至 0.05mgf 。

在跳動之高度係為 $h = I v_0^2 / 2 r^2 F$ 的情況下，於前述條件下， $I / (r^2 F)$ 相較於圖 10 之情況，係成為

$$(0.114/0.05) / (0.21/0.1) = 1.09,$$

亦即是，若是將相同初速下之跳動作比較，則係大了 1.09 倍。故而，爲了成爲能夠對高度之減少率作比較，係將所測定之高度除以 1.09 後再做描繪。又，由於係僅單純地除以 1.09，因此實質上係並沒有問題。又，由於係將力從 0.05mgf 而增加爲 40 倍的 2mgf，因此，根據專利文獻 1 所記載之控制方式而進行有控制的計算值，係以虛線展示，而成爲實線的 1/40。在專利文獻 1 所記載之控制方式下的以 ■ 而描繪了的測定結果，係並未達成專利文獻 1 中所記載的根據控制方式之「有進行控制的計算結果」，當掃描速度爲小時，係幾乎沒有得到效果。此事，實質上雖係起因於將控制迴圈作反覆進行之速度係爲過慢一事，但是，此事係意味著控制迴圈之時間係爲重要。

【圖式簡單說明】

[圖 1]展示在試料之階段差部處的探針之掃描的模樣之概略線圖。

[圖 2]展示在試料之階段差部處的探針之跳動的模樣之圖表。

[圖 3]展示實施本發明之裝置的構成之概略部分剖面圖。

[圖 4]展示在圖 3 中之控制手段的構成之其中一例的

區塊線圖。

[圖 5]展示控制手段所致之控制迴圈的動作之圖。

[圖 6]展示當 z 方向之初速度為 1mm/S 的情況時，根據本發明而進行了控制時之探針跳動的軌跡計算結果（實線）以及無控制下之計算結果（點線）之圖表。

[圖 7]圖 6 中所示之圖表的一部份擴大圖。

[圖 8]展示當 z 方向之初速度為 0.1mm/S 的情況時，根據本發明而進行了控制時之探針跳動的軌跡計算結果（實線）以及無控制下之計算結果（點線）之圖表。

[圖 9]圖 8 中所示之圖表的一部份擴大圖。

[圖 10]展示根據本發明而進行了控制時之探針跳動的高度之計算結果（實線）以及測定結果（□），還有無控制下之計算結果（點線）以及測定結果（○）之圖表。

[圖 11]展示根據本發明而進行了控制時之探針跳動的距離之計算結果（實線）以及測定結果（□），還有無控制下之計算結果（點線）以及測定結果（○）之圖表。

[圖 12]展示根據本發明而進行了控制時之探針跳動的時間之計算結果（實線）以及測定結果（□），還有無控制下之計算結果（點線）以及測定結果（○）之圖表。

[圖 13]在圖 10 所示之圖表中將專利文獻 1 所記載之控制方式所致的跳動之高度的計算結果（虛線）以及測定結果（■）作重疊展示的圖表。

[圖 14]展示在未控制下的探針之 z 的時間變化測定例之圖表。

[圖 15]展示在未控制下的探針之 v 的時間變化測定例之圖表。

[圖 16]展示在未控制下的探針之力的時間變化測定例之圖表。

[圖 17]展示在 z 方向之初速為 600nm/S 的情況時，根據本發明而進行了控制時之 z 時間變化測定例之圖表。

[圖 18]展示在 z 方向之初速為 600nm/S 的情況時，根據本發明而進行了控制時之 v 時間變化測定例之圖表。

[圖 19]展示在 z 方向之初速為 110nm/S 的情況時，根據本發明而進行了控制時之 z 時間變化測定例之圖表。

[圖 20]展示在 z 方向之初速為 110nm/S 的情況時，根據本發明而進行了控制時之 v 時間變化測定例之圖表。

[圖 21]展示探針式階段差計之先前例的概略圖。

【主要元件符號說明】

- 1：固定支持台
- 2：支點
- 3：搖動支持棒
- 4：探針
- 5：針壓附加手段
- 6：檢測手段
- 7：試料座
- 8：掃描平台
- 9：被測定試料

- 10：控制手段
- 11：計測器
- 12：類比輸入輸出埠
- 13：控制器
- 14：電腦裝置
- 15：電源

五、中文發明摘要

發明之名稱：試料表面形狀之測定方法及裝置

提供一種：僅當探針在空中時才增加針壓，並在其再度接觸試料前，回復至原本的較弱針壓，藉由此，而能不對試料施加強的力量，便能夠抑制探針之跳動的試料表面形狀之測定方法以及裝置。

本發明所致之試料表面形狀之測定方法，係由以下步驟所成：在短時間內，進行以感測器所致之在被測定的表面上的探針之垂直方向位移之檢測；和根據探針之位移的檢測所進行之探針的速度以及加速度之算出；和藉由探針之速度以及加速度之至少一方的即時監測所致的探針之跳動的檢測；和對探針之針壓產生裝置的電流控制，僅當探針位於空中時，才增大對於探針所施加之針壓，在探針再度接觸試料前，使探針之針壓回復到原本的狀態。

又，本發明所致之試料表面形狀之測定裝置，其構成爲，具備有：控制手段，係根據檢測手段之輸出訊號而檢測出探針之跳動，同時因應於探針之跳動的檢測而對針壓附加手段作控制，以增減探針之針壓，控制手段，係在短時間內，進行由以下步驟所成之控制操作，以對探針之跳動作控制抑制：根據檢測手段所致之探針之垂直方向的位移之檢測和探針的位移之檢測所進行的探針之速度以及加速度的算出；和藉由探針之速度以及加速度之至少一方的即時監測所致的探針之跳動的檢測；和對探針之針壓產生裝置的電流控制。

六、英文發明摘要

發明之名稱：

十、申請專利範圍

1. 一種試料表面形狀之測定方法，係為使探針與被測定試料之表面作接觸，而對被測定試料之表面形狀作測定的方法，其特徵為：

在短時間內，來進行由以下步驟所成之控制操作：

以感測器所致之在被設定表面上的探針之垂直方向位移之檢測；和

根據探針之位移的檢測所進行之探針的速度以及加速度之算出；和

藉由探針之速度以及加速度之至少一方的即時監測所致的探針之跳動的檢測；和

對探針之針壓產生裝置的電流控制，
僅當探針位於空中時，才增大對於探針所施加之針壓，在探針再度接觸試料前，使探針之針壓回復到原本的狀態。

2. 如申請專利範圍第 1 項所記載之試料表面形狀之測定方法，其中，在探針之跳動軌跡的頂點附近，使被施加於探針之針壓回復到原本之值。

3. 如申請專利範圍第 1 項又或是第 2 項所記載之試料表面形狀之測定方法，其中，當根據探針之位移的檢測而得出之探針的速度，成為了對探針之跳動作判斷之設定值以上時，增大對探針所施加之針壓，而後，若是探針之速度低於前述設定值，則將探針之針壓回復到原本的狀態。

4. 如申請專利範圍第 1 項所記載之試料表面形狀之

測定方法，其中，當根據探針之位移的檢測而得出之探針的加速度，成爲了對探針之跳動作判斷之設定值以上時，增大對探針所施加之針壓，而後，若是探針之加速度低於前述設定值，則將探針之針壓回復到原本的狀態。

5. 一種試料表面形狀之測定裝置，其特徵爲，具備有：

探針，係可對於被測定試料之表面而於垂直方向移動，且可沿著被測定試料之表面而作相對性的移動；和

針壓附加手段，係將探針對於被測定試料之表面而使朝向垂直方向之針壓作用；和

檢測手段，係檢測出探針之垂直方向的位移；和

控制手段，係根據檢測手段之輸出訊號而檢測出探針之跳動，同時因應於探針之跳動的檢測而對針壓附加手段作控制，以增減探針之針壓，

控制手段，係在短時間內，進行由以下步驟所成之控制操作，以對探針之跳動作控制抑制：

根據檢測手段所致之探針之垂直方向的位移之檢測和探針的位移之檢測所進行的探針之速度以及加速度的算出；和

藉由探針之速度以及加速度之至少一方的即時監測所致的探針之跳動的檢測；和

對探針之針壓產生裝置的電流控制。

6. 如申請專利範圍第 5 項所記載之試料表面形狀之測定裝置，其中，控制手段，係具備有對檢測出探針的垂

直方向之位移的檢測手段而來之輸出訊號作計測的計測器，並將此計測器之低通濾波器的時間常數設定為短，以使其能夠追隨於即時監測。

7. 如申請專利範圍第 5 項又或是第 6 項所記載之試料表面形狀之測定裝置，其中，使在探針之跳動的控制抑制中所得之探針之位移的時間變化資料，通過所期望之截斷 (cutoff) 頻率的低通濾波器，藉由此，來抑制探針之跳動，同時，得到將雜訊除去後之探針之位移的時間變化資料。

圖 1

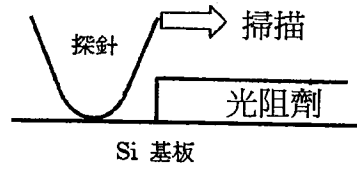


圖 2

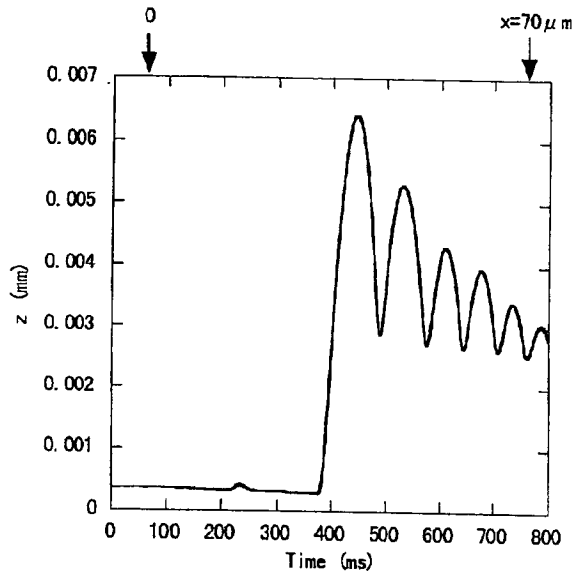


圖 3

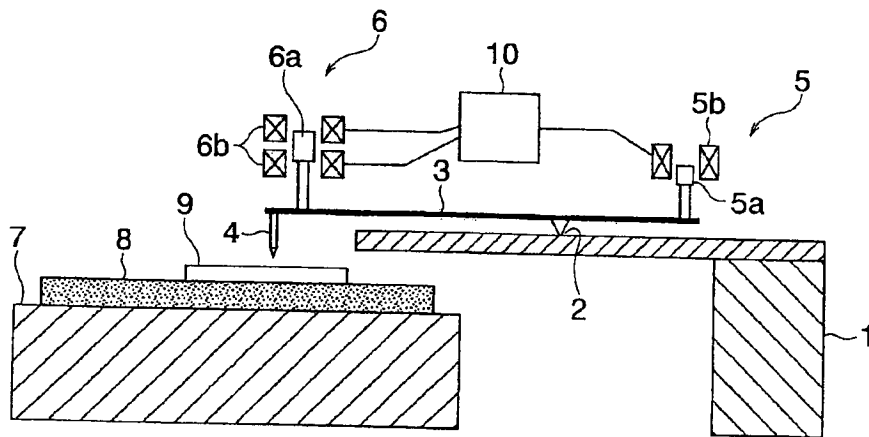


圖 4

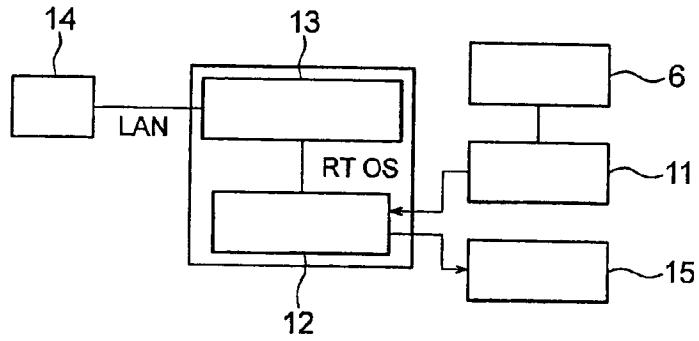


圖 5

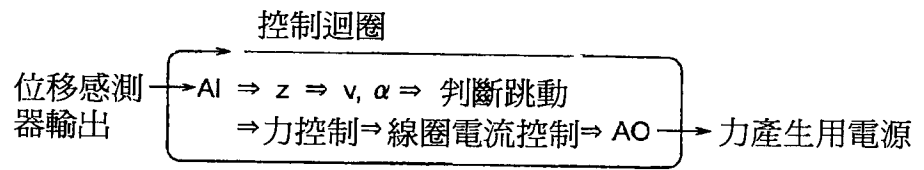


圖 6

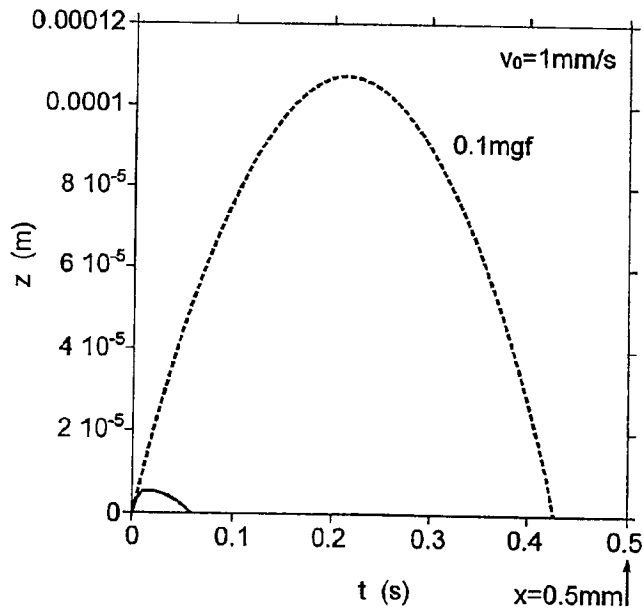


圖 7

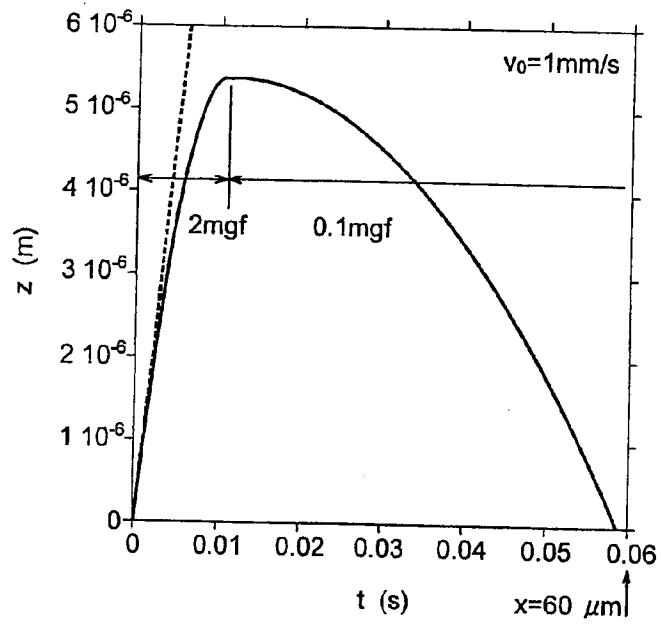


圖 8

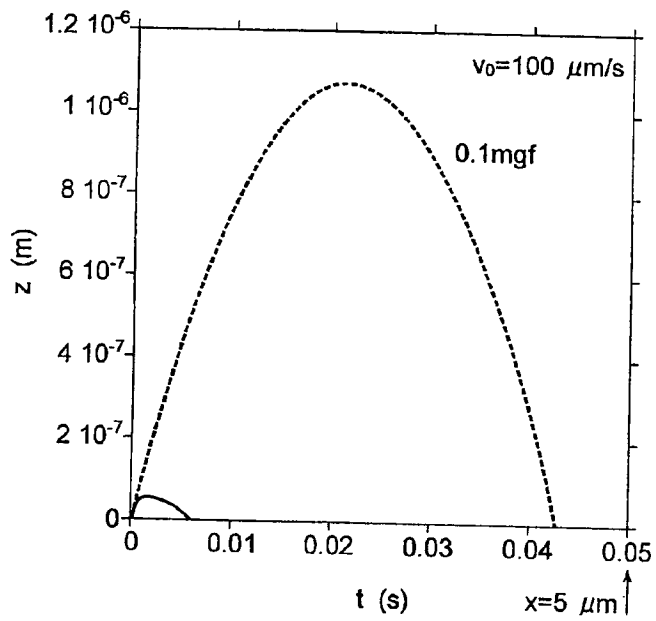


圖 9

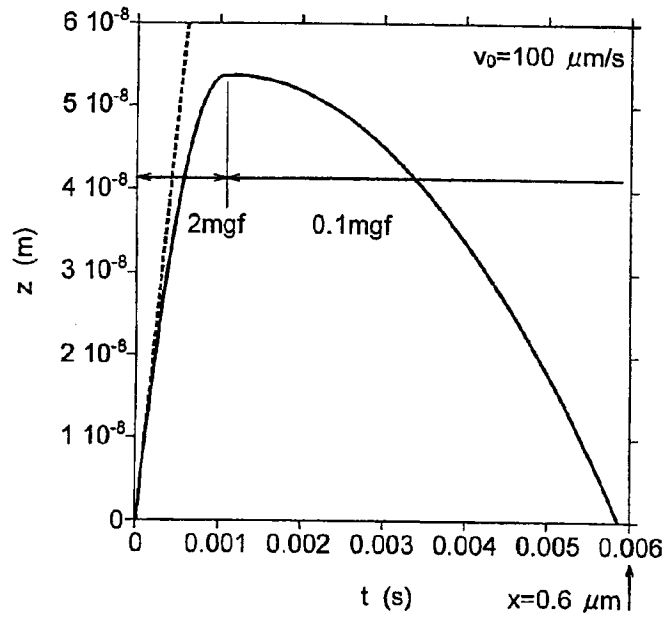


圖 10

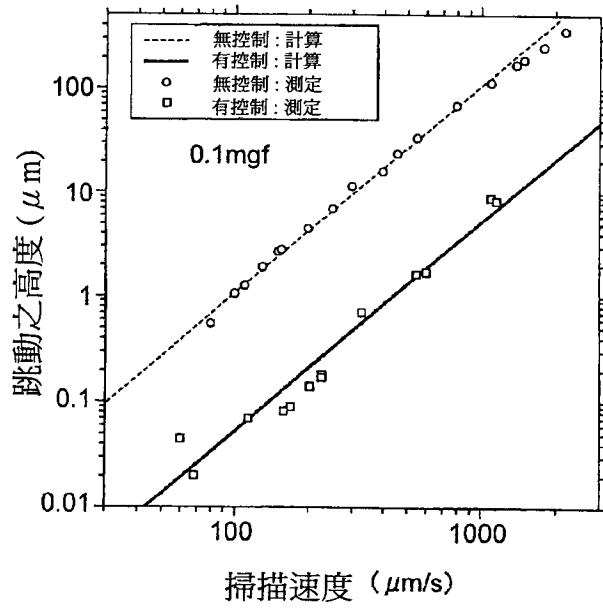


圖 11

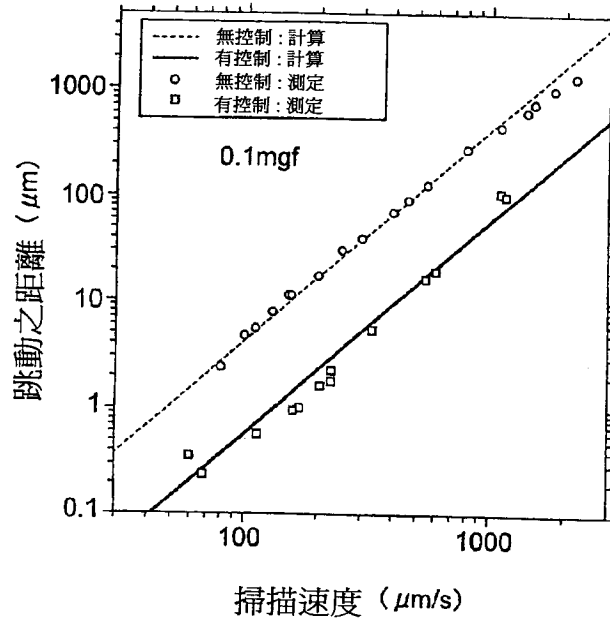


圖 12

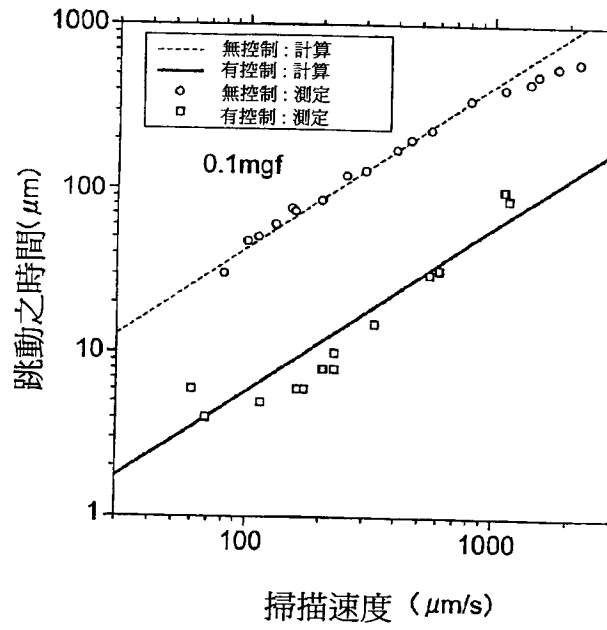


圖 13

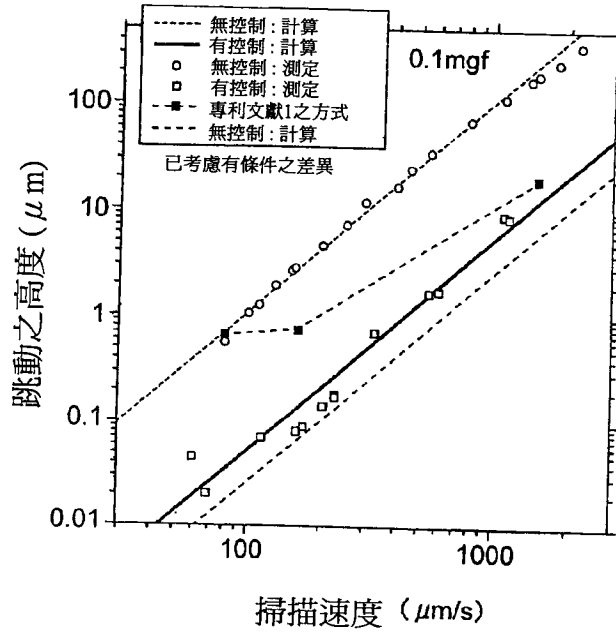


圖 14

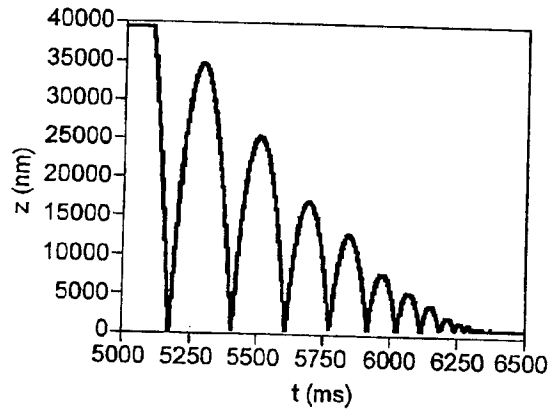


圖 15

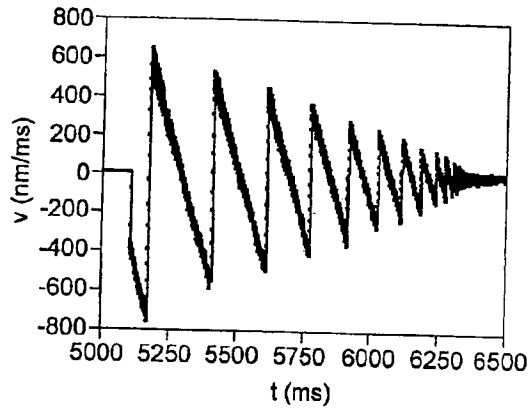


圖 16

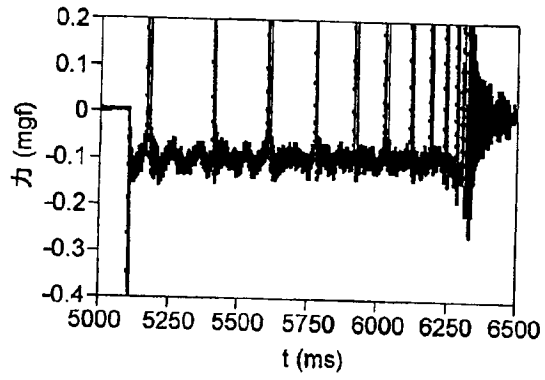


圖 17

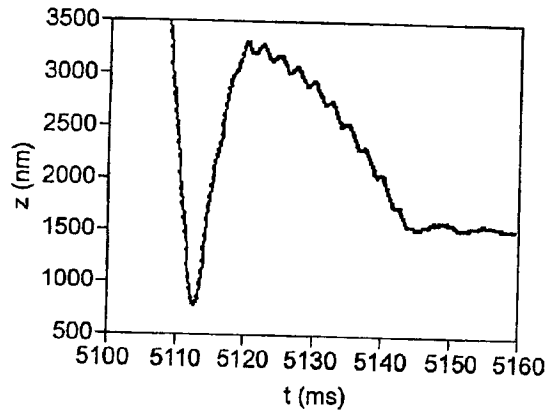


圖 18

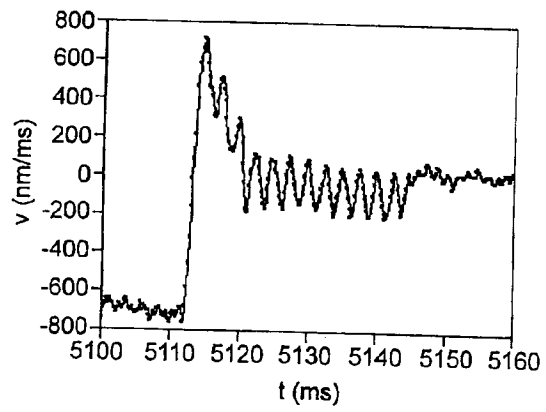


圖 19

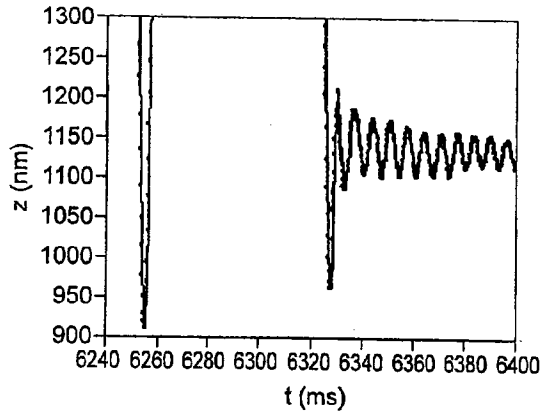


圖 20

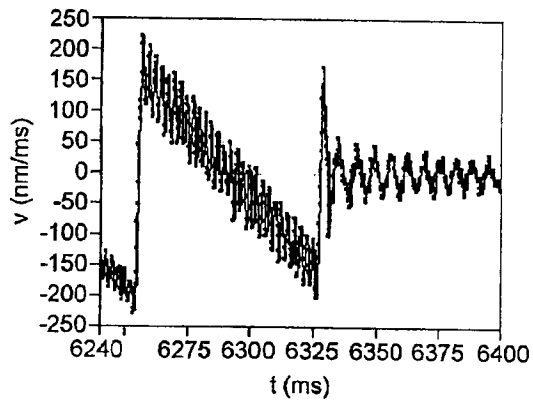
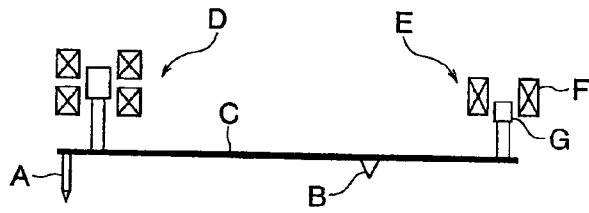


圖 21



七、指定代表圖：

(一)、本案指定代表圖為：第(3)圖

(二)、本代表圖之元件代表符號簡單說明：

- 1：固定支持台，2：支點
- 3：搖動支持棒，4：探針
- 5：針壓附加手段，5a：作動元件
- 5b：線圈，6：檢測手段
- 6a：測定元件，6b：線圈
- 7：試料座，8：掃瞄平台
- 9：被測定試料，10：控制手段

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：