



(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 I666450 B

(45)公告日：中華民國 108 (2019) 年 07 月 21 日

(21)申請案號：104113398

(22)申請日：中華民國 104 (2015) 年 04 月 27 日

(51)Int. Cl. : **G01Q10/00 (2010.01)**

(30)優先權：2014/04/28 歐洲專利局 14166220.5

(71)申請人：荷蘭商荷蘭 TNO 自然科學組織公司 (荷蘭) NEDERLANDSE ORGANISATIE VOOR
TOEGEPAST-NATUURWETENSCHAPPELIJK ONDERZOEK TNO (NL)
荷蘭

(72)發明人：沙地海恩瑪納尼 哈美德 SADEGHIAN MARNANI, HAMED (IR)；卡美爾 葛利
登 F I KRAMER, GEERTEN FRANS IJSBRAND (NL)；范登杜爾 登尼斯 C
VAN DEN DOOL, TEUNIS CORNELIS (NL)

(74)代理人：惲軼群；陳文郎

(56)參考文獻：

CN 1672011A

CN 1963451A

JP 2006220599A

審查人員：黃是衡

申請專利範圍項數：14 項 圖式數：5 共 27 頁

(54)名稱

用於將掃描顯微裝置之探針端移向樣品表面之方法及裝置

METHOD OF ADVANCING A PROBE TIP OF A SCANNING MICROSCOPY DEVICE TOWARDS
A SAMPLE SURFACE, AND DEVICE THEREFORE

(57)摘要

本發明係針對一種將一掃描顯微裝置之一探針之一探針端移向一樣品表面之方法。該掃描顯微裝置包含用於掃描該樣品表面以測繪該樣品表面上之奈米結構的該探針。該探針之該探針端安裝於經配置成使該探針端與該樣品表面接觸的一懸臂上。該方法包含：藉由一控制器控制該裝置之一致動器系統以用於將該探針移至該樣品表面；及藉由該控制器接收指示該探針之至少一操作參數的一感測器信號，以用於提供回饋以執行該控制。該方法進一步包含：在該控制期間，在該樣品表面與該探針端之間維持一電場；及評估指示該至少一操作參數之該感測器信號以用於判定藉由該電場對該探針之一影響，以用於判定該樣品表面相對於該探針端之近接性。本發明進一步針對一種掃描顯微裝置，其包含用於掃描一樣品表面以測繪其上之奈米結構的一探針。

The invention is directed at a method of advancing a probe tip of a probe of a scanning microscopy device towards a sample surface. The scanning microscopy device comprises the probe for scanning the sample surface for mapping nanostructures on the sample surface. The probe tip of the probe is mounted on a cantilever arranged for bringing the probe tip in contact with the sample surface. The method comprises controlling, by a controller, an actuator system of the device for moving the probe to the sample surface, and receiving, by the controller, a sensor signal indicative of at least one operational parameter of the probe for providing feedback to perform said controlling. The method further comprises maintaining, during said controlling, an electric field between the sample surface and the probe tip, and evaluating the sensor signal indicative of the at least one operational parameter for determining an influence on said probe by said electric

field, for determining proximity of the sample surface relative to the probe tip. The invention is further directed at a scanning microscopy device comprising a probe for scanning a sample surface for mapping nanostructures thereon.

指定代表圖：

符號簡單說明：

F_E . . . 靜電力

V_0 . . . 電壓

1 . . . 探針

3、3' . . . 探針端

4、4' . . . 懸臂

5 . . . 結構

5' . . . 懸置結構

8 . . . 樣品

9 . . . 樣品表面

10 . . . 電壓 V_0 /偏壓 V_0

13 . . . 虛線箭頭

14 . . . 電場

15 . . . 箭頭/靜電力

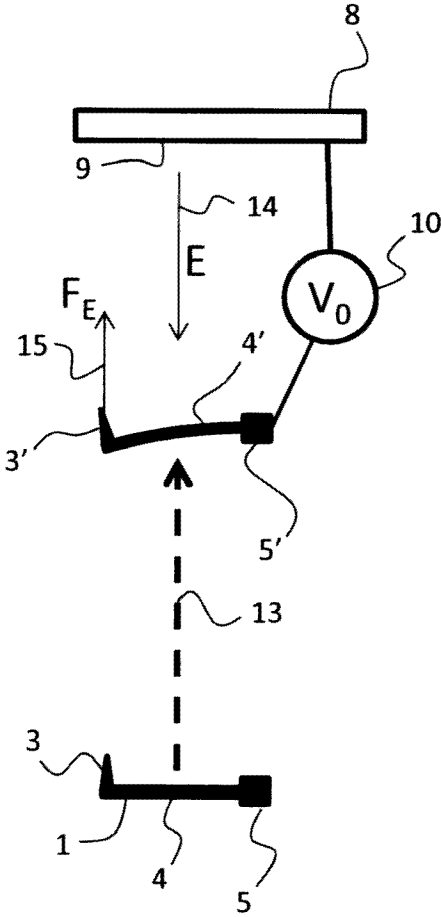


圖 1

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】(中文/英文)

用於將掃描顯微裝置之探針端移向樣品表面之方法及裝置

METHOD OF ADVANCING A PROBE TIP OF A SCANNING MICROSCOPY DEVICE TOWARDS A SAMPLE SURFACE, AND DEVICE THEREFORE

【技術領域】

[0001]本發明係針對一種將一掃描顯微裝置之一探針的一探針端移向一樣品表面之方法，該裝置包含用於掃描該樣品表面以測繪(mapping)該樣品表面上之奈米結構的該探針，其中該探針之該探針端安裝於經配置成使該探針端與該樣品表面接觸的一懸臂上，該方法包含：藉由一控制器控制該裝置之一致動器系統以用於將該探針移至該樣品表面；及藉由該控制器接收指示該探針之至少一操作參數的一感測器信號，以用於提供回饋以執行該控制。

[0002]本發明進一步針對一種用以測繪一樣品之一樣品表面上的奈米結構之掃描顯微裝置，該裝置經配置來執行如上文所定義之一方法。

【先前技術】

[0003]諸如掃描探針顯微術(SPM)之掃描顯微術已知為準確且有前景的高解析度表面顯微技術，掃描探針顯微術(SPM)例如原子力顯微術(AFM)。此技術例如應用於用於測繪半導體拓撲、粒子及缺陷檢查及檢視以及計量的半導

體產業中。此技術之其他用途可見於生物醫學產業、奈米技術及科學應用中。詳言之，AFM 可用於臨界尺寸計量(CD 計量)、粒子及缺陷掃描、應力及粗糙度量測。AFM 顯微術允許表面以極高準確度獲取表面之影像，從而能以次奈米解析度獲取表面元素的影像。

[0004]掃描探針顯微術通常藉由以下操作來執行：使用一探針端觸碰或輕觸(亦即，重複地觸碰)表面以掃描運動追蹤樣品表面，同時使用例如高精度光學感測系統，諸如使用光束偏轉或干涉儀，在橫向於樣品表面之方向(z 方向)上準確地量測探針端之移位。掃描係藉由以下操作來執行：在 z 方向上使該端振動，同時跨於將要測繪之樣品表面上執行掃描運動。為了測繪樣品表面，樣品表面具有次奈米尺寸之區段的每個部分皆被探針端觸碰或輕觸至少一次，從而提供高準確度表面地圖。

[0005]在基板表面之掃描可開始之前，探針之探針端必須足夠靠近地接近樣品表面以能夠執行以上輕觸序列。此可例如藉由包含步進馬達之致動器系統達成。此步進馬達可通常具有約 1 或幾毫米之動態範圍，及次微米步進增量之解析度。致動器系統可足夠準確地移動探針以使探針端接近至操作距離內，以用於執行掃描。然而，該接近必須受到控制以使得探針端不會超過且撞入表面，因為此情況可能使探針斷裂且損壞表面。

[0006]類似地，控制接近方法之挑戰可與在不會超過及碰撞之情況下控制在 60 秒內飛向月球且在距其表面 38 公

尺處停止的任務比較。習知方法常常依賴於重複的增量，該等增量隨後繼之以掃描儀感測表面是否靠近的操作。此走一段討論一次(walk-and-talk)的方法與以下操作相若：藉由隨後邁一步繼之以用手感覺障礙物是否在附近而朝向該障礙物盲目地移動。如將瞭解，此為在例如工業環境中非所要的相當慢之接近方法，其中將要測繪之表面的通量為相對高的。

【發明內容】

[0007]本發明之目標為提供用於掃描探針顯微裝置之接近方法，該接近方法準確地受控制，且可足夠快速地執行以便減少測繪樣品表面的處理時間。

[0008]為此目的，隨其提供一種根據請求項 1 的將掃描顯微裝置之探針之探針端移向樣品表面的方法。在本發明之方法中，掃描顯微裝置包含用於掃描樣品表面以測繪樣品表面上之奈米結構的探針，其中探針之探針端安裝於經配置成使探針端與樣品表面接觸的懸臂上。該方法包含：藉由控制器控制裝置之致動器系統以用於將探針移至樣品表面；藉由控制器接收指示探針之至少一操作參數的感測器信號，以用於提供回饋以執行該控制；其中該方法進一步包含：在該控制期間，在樣品表面與探針端之間維持電場；及評估指示該至少一操作參數之感測器信號以用於判定藉由該電場對該探針的影響，以用於判定樣品表面相對於探針端之近接性。

[0009]根據本發明之原理，電場在探針正接近樣品表面

的同時施加於樣品表面與探針端之間。電場可使用電極來施加，或樣品表面可直接充電(例如，在其導電之狀況下，或藉由施加表面電荷載子)。由於電場，靜電力施加至探針端，此情況將導致探針端之靜態偏轉。靜電力取決於探針端靠近表面之近接性。在大的距離處，電場可能過小而不會引起探針端之任何大的偏轉。然而，隨著探針端移動靠近表面，靜電力將增大且因此探針之靜態偏轉增大。探針端之偏轉可藉由掃描顯微裝置以高準確度量測。因此，藉由在探針接近樣品表面的同時不斷地監視探針偏轉，探針端靠近樣品表面之近接性可藉由評估偏轉而準確地判定。或者，替代在靜電力之影響下直接量測探針之偏轉或除此之外，其他操作參數可得以量測，樣品表面相對於探針端之近接性的指示可從該等操作參數判定。舉例而言，探針端之偏轉可使用光學感測器系統來判定，然而，亦可能使用應變計準確地判定探針上之應變。

[0010]根據本發明之方法，控制該裝置之致動器系統用於朝向樣品表面移動探針的一控制器接收指示探針之至少一操作參數(例如，探針偏轉)的感測器信號。此感測器信號用作對回饋系統之輸入以用於執行控制。舉例而言，探針之偏轉可例如相對於預期偏轉之經計算值而評估，以建立探針相對於樣品表面的確切位置。使用此方法，探針可相對快速地移至樣品表面且及時地停止，以防止探針端撞入表面。

[0011]根據本發明之實施例，電場可藉由在樣品表面與

探針端之間施加及維持偏壓差 V_0 而獲得。如將瞭解，此可以不同方式達成，例如，藉由對探針或探針端電力充電，或藉由對樣品表面電力充電，或藉由兩者以使得電壓差在樣品表面與探針端之間得以獲得。知曉了樣品表面與探針端之間的電壓差，藉由探針端所經歷之靜電力可準確地計算。自此，電場對可從感測器信號獲得之探針操作參數的影響亦可得以計算。舉例而言，在感測器信號包括指示探針端自參考位置 a_0 之偏轉 w 的探針端偏轉信號之情況下，探針端之偏轉可使用對例如探針彎曲剛性之知曉以及探針設計之幾何圖形來計算。舉例而言，評估步驟可根據本發明之實施例包含如從感測器信號獲得之探針端偏轉 w 與經計算偏轉 w_c 的比較，以便從比較結果建立探針端與樣品表面之間的距離。舉例而言，根據特定實施例，經計算偏轉 w_c 可自求解或估計微分方程式而獲得：

$$C \left(\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} \right) = - \frac{V_0^2}{2(a_0 - w)^2}$$

[0012]在此方程式中， C 為考慮探針之一或多個性質的常數。舉例而言，常數 C 可包括懸臂之彎曲剛性(EI)以及懸臂之寬度 b ，其中懸臂具有特定設計(例如，規則形狀之片彈簧，該片彈簧具有與其厚度或高度尺寸相比為相對大的寬度)。應注意， x 為沿著光束之長度尺寸的座標。微分方程式需要針對光束之偏轉 w 來求解， w 為 x 的函數。因此，探針端處之偏轉量(其中懸臂之固定末端處於 $x=0$ 處)藉由在求解微分方程式之後在最終結果中用懸臂之長度 l

取代 x 而獲得。在以上狀況下，針對懸臂之給定彎曲剛性 EI 及寬度 b ，常數 $C = EI / b\epsilon_0$ 。本文中， ϵ_0 為空氣之介電常數。自微分方程式移除 C ，方程式顯示為：

$$EI \left(\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} \right) = - \frac{\epsilon_0 b V_0^2}{2(\epsilon_0 - w)^2}$$

[0013] 根據本發明之方法，感測器信號之評估步驟進一步包含比較感測器信號與參考值及取決於該比較而控制該致動器系統。根據此實施例，該方法可進一步包含在探針端移向基板表面的同時，電場之電場強度取決於該評估步驟的調整。舉例而言，感測器信號可與參考值比較，該參考值指示特定探針端偏轉或匹配施加於探針或探針端上之合力的某一量值。在該狀況下，致動器系統可受控制，使得對探針(或探針端)之當前施加力將不會超過此預設力值，或使得其將在探針到達該點後即停止使探針前進，或使得當前施加力保持在預設力值。電場之電場強度可在控制器藉由控制致動器系統而保持所施加力恆定的同時得以調整，從而使探針端接近樣品表面。根據此實施例之電場強度可例如減小，使得探針在較靠近基板表面之一點處經受同一預設力值。調整電場強度可在偏壓施加於樣品表面與探針端之間的該等實施例中藉由調整此偏壓 V_0 而獲得。替代於以下逐步程序，調整可連續地執行以使探針前進，同時將對探針之所施加力盡可能好地保持在預設位準。

[0014] 儘管使用以上原理及微分方程式，探針端之偏轉可得以精確地計算，從而允許對探針端接近樣品表面之準

確控制以防止損壞，但該方法的進一步準確度藉由下文所述之實施例而獲得。根據此實施例，控制步驟進一步包含藉由控制器在探針之該移動期間控制致動器系統以用於將振盪器運動施加至探針端，以便在橫向於樣品表面的方向上使探針端振盪；且其中感測器信號至少指示該振盪器運動之參數。該方法可在此實施例中例如基於量測動態偏轉。

[0015]與上文所述之探針端之靜態偏轉的狀況下類似，控制接近之當前基於動態偏轉的方法允許有對探針端靠近樣品表面之近接性的可靠且準確之判定。然而，因為來自感測器信號，控制器可獲得探針端之振幅的即時振幅信號，所以信號之處理較容易，藉此提供設計的進一步改良。

[0016]評估步驟可根據實施例包含振盪器運動之參數自感測器信號的判定，及比較所判定參數與參考值(例如，將在無電場之情況下預期的值)以用於判定參考值之偏差。舉例而言，探針端歸因於振盪運動之振幅可與預期探針端將在無電場存在於樣品表面與探針端之間的狀況下具有的參考振幅比較。自此參考值之偏差將為藉由探針端所經歷之靜電力之強度的指示，且藉此為樣品表面之近接性的指示。或者或另外，感測器信號可包括以下各者中之任一者：品質因素、阻尼、相位滯後、相位、曲率量測值、干擾、壓阻、整合於懸臂中之環共振器或波導的波長改變，或電容改變。

[0017]在本發明之又一實施例中，在判定偏差後，偏壓

即可減小以便縮小偏差，且控制致動器系統以及接收及評估感測器信號之步驟可重複。此重複可繼續進行直至偏壓可減小至零(或至任何其他所要值)為止，自其，一般的『走一段討論一次』方法(例如，如此文件之導言部分中所述)應用於對樣品表面的最終接近。在探針端對樣品表面之接近完成之後，該方法可藉由自該處應用任何所要技術透過掃描樣品表面以測繪奈米結構而開始。

[0018]本發明允許探針端對樣品表面之快速接近，同時降低探針端撞入表面從而損壞兩者的風險。結果，使用掃描探針顯微鏡對諸如晶圓或任何其他表面之樣品表面執行掃描探針顯微術的處理時間顯著地減少。此進一步提供用於在工業製程中應用掃描探針顯微術的機會，此情況要求檢驗樣品之高通過量。

[0019]該方法之步驟可根據一些實施例以連續方式同時執行。或者，在不脫離發明性概念之情況下，一或多個步驟可順序地執行。

[0020]根據本發明之第二態樣，提供一種操作掃描顯微裝置之方法，該掃描顯微裝置用於樣品表面之掃描以測繪樣品表面上的奈米結構，該方法包含根據前述請求項中任一項的將探針之探針端移向樣品表面的方法。

[0021]根據本發明之第三態樣，提供一種用於測繪樣品之樣品表面上之奈米結構的掃描顯微裝置，其包含用於掃描樣品表面之至少一探針，及用於將探針移至樣品及自樣品移動探針以用於接近樣品表面的致動器系統，其中探針

包含安裝於懸臂上之探針端，該懸臂經配置成使探針端與取樣表面接觸以用於允許樣品表面之掃描，該裝置進一步包含：控制器，其用於控制該裝置之致動器系統以用於將探針移至樣品表面，該控制器包含輸入構件，該輸入構件以通訊方式連接至感測器以用於接收指示探針之至少一操作參數之感測器信號，以用於提供回饋以執行該控制；及一或多個電極，其用於在樣品表面與探針端之間建立及維持電場；其中該控制器經進一步配置以用於評估指示該至少一操作參數之感測器信號以用於判定藉由該電場對該探針的影響，以用於判定樣品表面相對於探針端之近接性。

[0022]根據本發明之第四態樣，提供一種電腦程式產品，其中該電腦程式產品在於掃描顯微裝置上執行時能夠操作掃描顯微裝置以用於根據如上文根據第一或第二態樣所定義的方法將探針端移向樣品表面，該掃描顯微裝置包含用於掃描樣品表面之至少一探針，及用於將探針移至樣品及自樣品移動探針以用於接近樣品表面的致動器系統，其中探針包含安裝於懸臂上之探針端，該懸臂經配置成使探針端與樣品表面接觸以用於允許樣品表面之掃描。

[0023]本發明之掃描探針顯微裝置及/或方法可例如為原子力顯微(AFM)裝置或方法。儘管在本文件中，將特定地參考原子力顯微裝置之實施例，但此文件之教示不限於此應用，而可應用於以下領域中的類似裝置：BEEM，彈道電子發射顯微術；CFM，化學力顯微術；C-AFM，導電原子力顯微術；ECSTM，電化學掃描穿隧顯微鏡；EFM，靜

電力顯微術；流體 FM，流體力顯微鏡；FMM，力調變顯微術；FOSPM，特徵定向掃描探針顯微術；KPFM，克耳文探針力顯微術；MFM，磁力顯微術；MRFM，磁共振力顯微術；NSOM，近場掃描光學顯微術(或 SNOM，掃描近場光學顯微術)；PFM，壓電回應力顯微術；PSTM，光子掃描穿隧顯微術；PTMS，光熱微光譜術/顯微術；SCM，掃描電容顯微術；SECM，掃描電化學顯微術；SGM，掃描閘顯微術；奈米機械測繪，及力光譜術。

【圖式簡單說明】

[0024]參看所附圖式，將藉由本發明之一些特定實施例的描述進一步闡明本發明。詳細描述提供本發明之可能實行方案的實例，但不視為描述落在範疇下之僅有實施例。本發明之範疇定義於申請專利範圍中，且描述將被視為例示性的而對本發明不具有限制性。在圖式中：

圖 1 示意性地例示本發明之方法；

圖 2 為在本發明之實施例中探針端之經計算偏轉及各種偏壓(電場強度)隨靜態偏轉的曲線圖；

圖 3 例示基於動態偏轉的本發明之方法的又一實施例；

圖 4 例示根據本發明之第二態樣的掃描探針顯微鏡；

圖 5 為隨所施加電壓及距表面之距離而變的靜電力之 3D 曲線圖，包括根據本發明之受控接近方法所採取的路徑。

【實施方式】

[0025]圖 1 示意性地例示在電場 14 之影響下基於探針端 3 之靜態偏轉的本發明之方法。在圖 1 中，示意性地例

示具有樣品表面 9 之樣品 8。樣品表面 9 藉由施加電壓 V_0 而電力充電，電壓 V_0 藉由參考數字 10 示意性地例示。

[0026] 包含懸臂 4 及探針端 3 且藉由結構 5 自致動器或致動器系統懸置的探針 1 朝向樣品表面 9 接近。結構 5 可包括振盪器級或振盪器致動器，該振盪器級或振盪器致動器允許在掃描探針顯微鏡之掃描期間使探針端 3 振盪用以測繪樣品表面 9 上之奈米結構。振盪器級並未例示於圖 1 中，且並未在基於探針端 3 之靜態偏轉的圖 1 實施例中在探針端 3 對樣品表面 9 的接近期間使用。

[0027] 在圖 1 中，探針 1 正接近樣品表面 9，如藉由虛線箭頭 13 示意性地例示。具有懸置結構 5'、懸臂 4' 及探針端 3' 之探針 1' 例示在接近期間在稍後時刻的同一探針 1。在探針 1 之初始位置，探針 1 離樣品表面 9 夠遠以例如僅經受電場的可忽略影響，為簡單起見例示為不具有偏轉且不經受靜電力的探針 1。在探針 1' 之稍後位置，探針端 3' 經受靜電力 F_E ，靜電力 F_E 藉由指向樣品表面 9 之箭頭 15 示意性地例示表示吸引力。靜電力 15 由電場 14 之存在引起，電場 14 係藉由在樣品表面 9 與探針端 3' 之間施加偏壓 V_0 10 而誘發。使用此描述中早先描述之微分方程式，在給定位置之探針端 3' 的偏轉量可得以準確地計算。由於探針端 3' 之偏轉亦可藉由掃描探針顯微鏡(顯微鏡經設計以用於準確地擷取此資料)量測，所以在探針端 3' 與樣品表面 9 之間的确切距離可藉由控制器判定。控制器自身並未例示於圖 1 中，當將在圖 4 中描述例如為元件 60。

[0028] 在圖 2 中，說明針對探針端之偏轉及各種偏壓的經計算值。在圖 2 中，在對數垂直軸線 23 上載述探針之偏轉。在曲線圖之水平對數軸線 20 上載述探針樣品距離。針對探針與樣品表面之間的四個不同的偏壓位準來說明探針偏轉。線 25 指示探針端偏轉及偏壓 3V。線 26、27 及 28 分別指示分別針對偏壓位準 4 V、5 V 及 10 V 的探針端之偏轉。自圖 2 如下，藉由探針之偏轉自感測器信號的準確判定，及對施加至樣品表面 9 之偏壓的知曉，在探針端與樣品表面之間的距離可得以準確地判定。此允許控制接近方法，以便防止探針撞入表面。

[0029] 圖 3 中例示基於動態偏轉之又一實施例。圖 3 例示接近方法之數個後續步驟 30-1, 30-2, 30-3, ..., 30-x, ..., 及 30-n。該方法在步驟 30-1 處開始。針對每一步驟 30-1...30-n，圖 3 例示包含懸臂 4 及探針端 3 之探針 1。在兩個位置例示懸臂 4 及探針端 3，從而表明探針之振盪器運動的最終位置。又，振幅 $a_0(35、35'、35''、35''')$ 例示於此等步驟中。圖 3 進一步例示具有樣品表面 9 之樣品 8，施加於探針與樣品表面之間的電壓(38、38')，以及在探針端與樣品表面之間的距離 $d_0(37、37'、37'')$ 。

[0030] 在第一步驟 30-1 中，探針 1 處於樣品表面 9 之遠端距離處且尚未施加偏壓。在不存在任何偏壓之情況下，藉由經由振盪器級對探針 1 施加振盪器運動，探針端 3 描述振幅 $a_0 35$ 。在探針端(與其對樣品表面 9 之最靠近位置)與樣品表面之間的距離藉由距離 $d_0 37$ 來指示。

[0031]接著，在步驟 30-2 中，在樣品表面 9 與探針 1 之間施加電壓 $V_0 38$ 。電壓 $V_0 38$ 可為 DC 電壓或 AC 電壓(下標「0」在此處用以指示 V_0 為在該方法之開始處 DC 或 AC 電壓的量值)。偏壓之存在產生電場，該電場影響探針 1 的藉由振盪器級所施加之振盪器運動。藉由參考數字 35' 所指示之振幅 a_0' 將小於在不存在電場時所經歷的原始振幅 a_0 。減小之振幅 a_0' 可藉由掃描顯微鏡自感測器信號準確地判定。探針端 3 朝向樣品表面 9 之距離仍處於 $d_0 37$ 處。在步驟 30-3 中將探針 1 移動更靠近樣品表面 9，振幅 $a_1 35''$ 將如圖 3 中所指示進一步減小。在探針端 3 與樣品表面 9 之間的新距離為 $d_1 37'$ 。偏壓仍處於電壓位準 $V_0 38$ 。

[0032]在後續步驟(大體指示為 30-x)中，偏壓將在每一步驟中逐步地減小，以便將振幅重設例如至其原始位準 a_0' 但處於其距樣品表面的新距離 d 處。減小偏壓且隨後將探針移動更靠近樣品表面 9 且其後評估新情形及進一步減小樣品表面的步驟將接連地進行，直至步驟 30-n 中之偏壓 $V_n 38'$ 將為 0 伏為止。探針端 1 現處於距樣品表面 9 之靠近距離處，且對樣品表面之最終接近可例如使用規則的習知「走一段討論一次」方法而開始。

[0033]在替代性實施例中，在不使用減小偏壓及評估新情形之後續步驟的情況下，後者可以連續方式達成。在替代性實行方案中，以上步驟 30-1 及 30-2 如所述而執行，且其後接近方法稍微背離如下。其後，控制迴路使用懸臂信號 a_0' 作為回饋信號且將其保持恆定而在接近致動器上閉

合。因此，控制器連續地調整接近致動器及/或 Z 級以保持懸臂偏轉恆定。結果，當 V_0 保持恆定時，距表面之距離 37 亦保持恆定。然而，為了接近表面， V_0 連續地且平滑地降低，從而藉由接近表面以保持偏轉信號 a_0 恆定而使控制器跟隨。當 V_0 達到 0 伏時，該端接近表面直至懸臂偏轉 a_0' 得以維持之點，且掃描可立即開始。

[0034]圖 4 例示根據本發明之裝置。在圖 4 中，框架 45 包含下降軌道 47，步進馬達 48 可跨於下降軌道 47 上使探針 1 朝向樣品 8 之樣品表面 9 下降。探針 1 由在其懸置結構 5、懸臂 4 及探針端 3 中實施之致動器級組成。Z 維度以雙箭頭 50 示意性地例示。框架 45 進一步包含雷射單元 55，雷射單元 55 提供照射在探針端 3 之頂部 56 上的雷射束 65。在位置 56，鏡或鏡面反射性表面存在於探針端 3 上，該表面朝向光學感測器系統 58 反射反射體光束 65'，光學感測器系統 58 允許判定反射光束 65' 照射在感測器 58 上的確切位置。感測器信號提供至控制單元 60，控制單元 60 亦控制步進馬達 48 之操作。電壓可藉由對在樣品 8 之下包含電極的載體表面 53 充電而施加至樣品 8 之樣品表面 9。為此目的，掃描探針顯微鏡包含電源供應器 67。圖 4 中所例示之掃描探針顯微鏡可基於靜態偏轉抑或基於動態偏轉應用本發明之方法中的任一者，本發明之無論哪個實施例皆被視為對系統之設計而言最有益的。

[0035]圖 5 例示隨所施加電壓及距表面之距離而變的靜電力之 3D 曲線圖，包括根據本發明之受控接近方法所採

取的路徑。曲線圖 75 為三維曲線圖，其在軸線 78 上例示距表面之距離 r ，在軸線 79 上例示所施加電壓 U ，且在軸線 77 上例示合力 F 的近似值，合力 F 包括施加於探針上之靜電力及凡得瓦力。根據本發明之實施例的受控接近方法藉由路徑 80 示意性地指示。受控接近動作以靜電力 F 保持恆定之方式採取通過 r - U - F 地景的路徑 80。在沿著路徑 80 之任何點處，在藉由監視探針之偏轉及調整電壓 U 而保持靜電力 F 恆定的同時，距表面之距離 r 係已知的。調整電壓有效地達成電場強度之調整，且藉此允許減小靜電力。藉由在監視懸臂之偏轉的同時調整電壓，偏轉可在接近期間保持為靜態的。此可逐步地進行或作為連續程序來進行。在到達路徑 80 上之點 82 後，接近動作即完成。

[0036]在本發明中，已依據數個方法步驟及任擇的方法步驟描述了發明性方法。該方法之步驟可根據一些實施例以連續方式同時執行。或者，在不脫離發明性概念之情況下，一或多個步驟可順序地執行。

[0037]已依據本發明之一些特定實施例描述了本發明。將瞭解，圖式中所示及本文所述之實施例意欲僅用於所例示目的，且並不藉由任何方式或構件意欲對本發明為限制性的。此處所論述之本發明的內容脈絡僅藉由所附申請專利範圍之範疇來限制。

【符號說明】

F...合力	V_0 ...電壓
F_E ...靜電力	V_n ...偏壓

d_0 ...距離	35、35'''...振幅 a_0
d_1 ...新距離	35'...振幅 a_0'
a_0 ...振幅	35''...振幅 a_1
a_0' ...振幅/原始位準/懸臂信號/ 懸臂偏轉	37、37''...距離 d_0 37'...距離 d_1
a_1 ...振幅	38...電壓 V_0
Z...尺寸	38'...偏壓 V_n
1、1'...探針	45...框架
3、3'...探針端	47...下降軌道
4、4'...懸臂	48...步進馬達
5...結構	50...雙箭頭
5'...懸置結構	53...載體表面
8...樣品	55...雷射單元
9...樣品表面	56...探針端之頂部/位置
10...電壓 V_0 /偏壓 V_0	58...光學感測器系統/感測器
13...虛線箭頭	60...元件/控制單元
14...電場	65...雷射束
15...箭頭/靜電力	65'...反射體光束/反射光束
20...水平對數軸線	67...電源供應器
23...對數垂直軸線	75...曲線圖
25、26、27、28...線	77、78、79...軸線
30-1、30-2、30-3、30-x、30-n... 步驟	80...路徑 82...點

發明摘要

※ 申請案號：104113398

※ 申請日：104.4.27

※IPC 分類：

【發明名稱】(中文/英文)

用於將掃描顯微裝置之探針端移向樣品表面之方法及裝置

METHOD OF ADVANCING A PROBE TIP OF A SCANNING MICROSCOPY
DEVICE TOWARDS A SAMPLE SURFACE, AND DEVICE THEREFORE

【中文】

本發明係針對一種將一掃描顯微裝置之一探針的一探針端移向一樣品表面之方法。該掃描顯微裝置包含用於掃描該樣品表面以測繪該樣品表面上之奈米結構的該探針。該探針之該探針端安裝於經配置成使該探針端與該樣品表面接觸的一懸臂上。該方法包含：藉由一控制器控制該裝置之一致動器系統以用於將該探針移至該樣品表面；及藉由該控制器接收指示該探針之至少一操作參數的一感測器信號，以用於提供回饋以執行該控制。該方法進一步包含：在該控制期間，在該樣品表面與該探針端之間維持一電場；及評估指示該至少一操作參數之該感測器信號以用於判定藉由該電場對該探針的一影響，以用於判定該樣品表面相對於該探針端之近接性。本發明進一步針對一種掃描顯微裝置，其包含用於掃描一樣品表面以測繪其上之奈米結構的一探針。

【英文】

The invention is directed at a method of advancing a probe tip of a probe of a scanning microscopy device towards a sample surface. The scanning microscopy device comprises the probe for scanning the sample surface for mapping nanostructures on the sample surface. The probe tip of the probe is mounted on a cantilever arranged for bringing the probe tip in contact with the sample surface. The method comprises controlling, by a controller, an actuator system of the device for moving the probe to the sample surface, and receiving, by the controller, a sensor signal indicative of at least one operational parameter of the probe for providing feedback to perform said controlling. The method further comprises maintaining, during said controlling, an electric field between the sample surface and the probe tip, and evaluating the sensor signal indicative of the at least one operational parameter for determining an influence on said probe by said electric field, for determining proximity of the sample surface relative to the probe tip. The invention is further directed at a scanning microscopy device comprising a probe for scanning a sample surface for mapping nanostructures thereon.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（1）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

F_E ...靜電力	8...樣品
V_0 ...電壓	9...樣品表面
1...探針	10...電壓 V_0 /偏壓 V_0
3、3'...探針端	13...虛線箭頭
4、4'...懸臂	14...電場
5...結構	15...箭頭/靜電力
5'...懸置結構	

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

(無)

申請專利範圍

1. 一種將掃描顯微裝置之探針的探針端移向樣品表面之方法，該裝置包含用以掃描該樣品表面以測繪該樣品表面上之奈米結構的該探針，其中該探針之該探針端係安裝於經配置成使該探針端與該樣品表面接觸的一懸臂上，該方法包含下列步驟：

藉由一控制器控制該裝置之一致動器系統，以將該探針移至該樣品表面；

藉由該控制器接收指示該探針之至少一操作參數的一感測器信號，以提供回饋來執行控制步驟；

其中該方法進一步包含：

在該控制步驟期間，在該樣品表面與該探針端之間維持一電場；及

評估指示該至少一操作參數之該感測器信號，以判定由該電場對該探針的一影響，以用於判定該樣品表面相對於該探針端之近接性；以及

其中評估步驟進一步包含比較該感測器信號與一參考值，及取決於比較結果而控制該致動器系統，其更包含在該探針端移向基板表面的同時，取決於該評估步驟而調整該電場之一電場強度的一步驟。
2. 如請求項1之方法，其中維持一電場之步驟包含在該樣品表面與該探針端之間維持一偏壓差 V_0 。
3. 如請求項1之方法，其中該感測器信號包含有以下項目

之一群組中之至少一者：指示該探針端自一參考位置 a_0 之一偏轉 w 的一探針端偏轉信號、品質因素、阻尼、相位滯後、相位、曲率量測值、干擾、壓阻、整合於該懸臂中之一環共振器或波導的波長改變、電容改變。

4. 如請求項1之方法，其中該感測器信號包含指示該探針端自一參考位置 a_0 之一偏轉 w 的一探針端偏轉信號，且其中該評估步驟包含比較該探針端之該偏轉 w 與一經計算偏轉 w_c 。
5. 如請求項4之方法，其中該經計算偏轉 w_c 係藉由求解及/或估計一微分方程式而獲得：

$$C \left(\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} \right) = - \frac{V_0^2}{2(a_0 - w)^2}$$

其中 C 為一常數，該常數 C 包括該探針之至少一或多個性質。

6. 如請求項1至5中任一項之方法，其中該控制步驟進一步包含：

在該探針之移動期間藉由該控制器控制該致動器系統，以將一振盪器運動施加至該探針端，以便在橫向於該樣品表面之一方向上使該探針端振盪；以及

其中該感測器信號係為至少指示該振盪器運動之一參數。

7. 如請求項6之方法，其中該感測器信號包含有以下項目之一群組中之至少一者：一探針振幅信號、品質因素、阻尼、相位滯後、相位、曲率量測值、干擾、壓阻、整

合於該懸臂中之一環共振器或波導的波長改變、電容改變。

8. 如請求項6之方法，其中該評估步驟包含自該感測器信號判定振盪運動之該參數，及比較經判定參數與一參考值，以判定該參考值的一偏差。
9. 如請求項8之方法，其中該方法包含，在判定該偏差後，減小該偏壓以便縮小該偏差，並重複控制該致動器系統及接收與評估該感測器信號之步驟。
10. 如請求項9之方法，其中減小該偏壓、控制該致動器系統以及接收及評估該感測器信號之步驟經重複直到該偏壓減小至零為止。
11. 一種操作掃描顯微裝置之方法，其係供掃描樣品表面用以測繪其上之奈米結構，該方法包含如請求項1至10中任一項之將一探針之一探針端移向一樣品表面的一方法。
12. 一種掃描顯微裝置，其係用以測繪一樣品之一樣品表面上的奈米結構，且包含用於掃描該樣品表面之至少一探針，及用以移動該探針往返該樣品來接近該樣品表面的一致動器系統，其中該探針包含安裝於一懸臂上之一探針端，該懸臂係經配置成使該探針端與該樣品表面接觸以能掃描該樣品表面，該裝置進一步包含：

一控制器，其係用以控制該裝置之該致動器系統以將該探針移至該樣品表面，該控制器包含輸入構件，該輸入構件係以通訊方式連接至一感測器以接收指示該

探針之至少一操作參數之一感測器信號，來提供回饋以執行控制步驟；及

一或多個電極，其係用以在該樣品表面與該探針端之間建立及維持一電場；

其中該控制器係經進一步配置來評估指示該至少一操作參數之該感測器信號，以判定由該電場對該探針之一影響，用於判定該樣品表面相對於該探針端之近接性；

該控制器係配置來藉由將該感測器信號與一參考值比較、及取決於比較結果而控制該致動器系統，以執行評估；且

其中該控制器係經進一步配置來在該探針端移向基板表面的同時，取決於評估步驟而調整該電場之一電場強度。

13. 如請求項12之掃描顯微裝置，其中該致動器系統進一步包含一振盪器級，且其中該控制器係經配置成在該探針朝向該樣品表面移動期間，控制該致動器系統的該振盪器級，以將一振盪器運動施加至該探針端，以便在橫向於該樣品表面之一方向上使該探針端振盪，且其中該感測器係經配置來提供至少指示該探針之該振盪器運動之一參數之一感測器信號；以及

其中該控制器係經配置來從該感測器信號判定該振盪運動之該參數，及比較經判定參數與一參考值，以判定該參考值之一偏差，且其中該控制器係經配置成在

判定該偏差後，減小該偏壓以便縮小該偏差，並重複控制該致動器系統及接收與評估該感測器信號之步驟。

14. 一種電腦程式產品，其中該電腦程式產品在一掃描顯微裝置上執行時，能夠操作該掃描顯微裝置，用以根據如請求項1至11中之任一者或多者中所定義的一方法將一探針端移向一樣品表面，該掃描顯微裝置包含用於掃描該樣品表面之至少一探針，及用於移動該探針往返該樣品以接近該樣品表面的一致動器系統，其中該探針包含安裝於一懸臂上之該探針端，該懸臂係經配置成使該探針端與該樣品表面接觸以能掃描該樣品表面。