



(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 I787227 B

(45)公告日：中華民國 111 (2022) 年 12 月 21 日

(21)申請案號：107101423

(22)申請日：中華民國 107 (2018) 年 01 月 15 日

(51)Int. Cl. : G01Q60/24 (2010.01)

G01Q60/38 (2010.01)

(30)優先權：2017/01/13 歐洲專利局

17151418.5

(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：馬他夏米 阿伯亞斯 MOHTASHAMI, ABBAS (IR)；范艾斯 馬汀 H VAN ES,
MAARTEN HUBERTUS (NL)；沙地海恩瑪納尼 哈美德 SADEGHIAN MARNANI,
HAMED (IR)

(74)代理人：劉法正；尹重君

(56)參考文獻：

TW 201546456A

EP 0721101A2

FR 2697087A1

US 6392229B1

WO 2008/141301A1

審查人員：張耕誌

申請專利範圍項數：3 項 圖式數：9 共 30 頁

(54)名稱

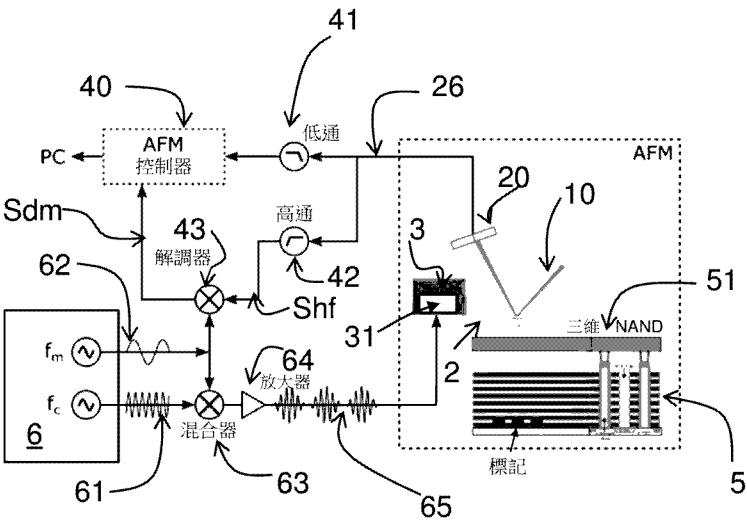
原子力顯微術裝置、方法以及微影製程系統

(57)摘要

一種配置來決定一樣品中的次表面結構之原子力顯微術裝置包括具有一探針的一掃描頭，該探針包含一可撓性載體以及一配置在該可撓性載體上的探針尖端。在該裝置中，一致動器施加一聲波輸入信號至該探針，而一尖端位置偵測器在掃描期間測量該探針尖端相對於該掃描頭的運動，並且提供一表示該運動的輸出信號，該輸出信號由一控制器所接收與分析。該探針尖端的至少一末端部分在一遠離該可撓性載體朝向該探針尖端之一末端的方向上呈推拔。該末端部分在一距該末端的距離 Dend 之處具有一最大橫截面面積 Amax，該最大橫截面面積 Amax 的平方根是至少 100 nm，而該距離 Dend 是落在該平方根的數值之 0.2 至 2 倍。

An atomic force microscopy device arranged for determining sub-surface structures in a sample comprises a scan head with a probe including a flexible carrier and a probe tip arranged on the flexible carrier. Therein an actuator applies an acoustic input signal to the probe and a tip position detector measures a motion of the probe tip relative to the scan head during scanning, and provides an output signal indicative of said motion, to be received and analyzed by a controller. At least an end portion of the probe tip tapers in a direction away from said flexible carrier towards an end of the probe tip. The end portion has a largest cross-sectional area Amax at a distance Dend from said end, the square root of the largest cross-sectional area Amax is at least 100 nm and the distance Dend is in the range of 0.2 to 2 times the value of said square root.

指定代表圖：



【圖1】

符號簡單說明：

- 2 . . . 探針
- 3 . . . 掃描頭
- 5 . . . 樣品、多層半導體裝置
- 6 . . . 產生器
- 10 . . . 雷射光束
- 20 . . . (光學)偵測器、尖端位置偵測器
- 26 . . . 輸出信號
- 31 . . . (第一)致動器
- 40 . . . 分析系統/控制器
- 41 . . . 低通濾波器
- 42 . . . 高通濾波器
- 43 . . . 解調器
- 51 . . . 表面
- 61 . . . 第一輸入信號
- 62 . . . 第二輸入信號、調變信號
- 63 . . . 混合器
- 64 . . . 放大器
- 65 . . . 調變信號
- S_{dm} . . . (解調)信號
- S_{hf} . . . 高頻部分、高頻信號
- f_m 、 f_c . . . 頻率



I787227

公告本

【發明摘要】

【中文發明名稱】

原子力顯微術裝置、方法以及微影製程系統

【英文發明名稱】

ATOMIC FORCE MICROSCOPY DEVICE, METHOD AND LITHOGRAPHIC SYSTEM

【中文】

一種配置來決定一樣品中的次表面結構之原子力顯微術裝置包括具有一探針的一掃描頭，該探針包含一可撓性載體以及一配置在該可撓性載體上的探針尖端。在該裝置中，一致動器施加一聲波輸入信號至該探針，而一尖端位置偵測器在掃描期間測量該探針尖端相對於該掃描頭的運動，並且提供一表示該運動的輸出信號，該輸出信號由一控制器所接收與分析。該探針尖端的至少一末端部分在一遠離該可撓性載體朝向該探針尖端之一末端的方向上呈推拔。該末端部分在一距該末端的距離 D_{end} 之處具有一最大橫截面面積 A_{max} ，該最大橫截面面積 A_{max} 的平方根是至少100 nm，而該距離 D_{end} 是落在該平方根的數值之0.2至2倍。

【英文】

An atomic force microscopy device arranged for determining sub-surface structures in a sample comprises a scan head with a probe including a flexible carrier and a probe tip arranged on the flexible carrier. Therein an actuator applies an acoustic input signal to the probe and a tip position detector measures a motion of the probe tip relative to the scan head during scanning, and provides an output signal indicative of said motion, to be received and analyzed by a controller. At least an end portion of the probe tip tapers in a direction away from said flexible carrier towards an end of the probe tip. The end portion has a largest cross-sectional area A_{max} at a distance D_{end} from said end, the square root of the largest cross-sectional area A_{max} is at least 100 nm and the distance D_{end} is in the range of 0.2 to 2 times the value of said square root.

【指定代表圖】 圖 1

【代表圖之符號簡單說明】

2...探針
 3...掃描頭
 5...樣品、多層半導體裝置
 6...產生器
 10...雷射光束
 20...(光學)偵測器、尖端位置偵測器
 26...輸出信號
 31...(第一)致動器
 40...分析系統/控制器
 41...低通濾波器
 42...高通濾波器
 43...解調器
 51...表面
 61...第一輸入信號
 62...第二輸入信號、調變信號
 63...混合器
 64...放大器
 65...調變信號
 S_{dm} ...(解調)信號
 S_{hf} ...高頻部分、高頻信號
 f_m 、 f_c ...頻率

【特徵化學式】

(無)

【發明說明書】

【中文發明名稱】

原子力顯微術裝置、方法以及微影製程系統

【英文發明名稱】

ATOMIC FORCE MICROSCOPY DEVICE,
METHOD AND LITHOGRAPHIC SYSTEM

【技術領域】

【0001】本發明係有關於一種原子顯微術裝置。

【0002】本發明係有關於一種使用一原子顯微術裝置的方法。

【0003】本發明進一步係有關於一種微影製程系統。

【先前技術】

【0004】原子力顯微術(AFM)方法用於埋藏式奈米結構的非破壞性顯像的使用係已為人所知的。該等方法的示範例係為超音波力學顯微術(UFM)、外差式力學顯微術、聲波力學顯微術以及雙峰式與三峰式力學顯微術。對於像是細胞中的奈米粒子成像、聚合物內的粒子、互連體內的埋藏缺陷與聚合物內的矽奈米線之次表面顯像的應用而言，已獲得有良好結果。所有這些示範例被侷限在被懸浮和埋藏在例如聚合物之一軟性基質內的硬質奈米粒子。

【0005】然而，對於應用在要被偵測的形貌體係被深深地配置在表面之下的裝置，諸如一類似3D NAND裝置的3D半導體裝置而言，這些已知方法是不足的。該裝置可具有一大量層數，例如50至200層，而層體堆疊可具

有一為幾微米的厚度。

【發明內容】

【0006】本發明的第一目的是要提供一種適合於偵測3D半導體裝置中的次表面形貌體之原子顯微術裝置。

【0007】本發明的第二目的是要提供一種使用一原子顯微術裝置之適於偵測3D半導體裝置中的次表面形貌體的方法。

【0008】本發明的第三目的是要提供一種包含一原子顯微術裝置之適於偵測3D半導體裝置中的次表面形貌體的微影製程系統。

【0009】根據該第一目的，於請求項1中提供一種根據本發明的第一態樣的原子顯微術裝置。

【0010】根據該第二目的，於請求項8中提供一種根據本發明的第二態樣的方法。

【0011】根據該第三目的，於請求項26中提供一種根據本發明的第三態樣的微影製程系統。

【0012】在一原子力顯微術系統中，設置有至少一掃描頭，該掃描頭包含具有一可撓性載體的一探針以及一配置在該可撓性載體上的探針尖端。該可撓性載體可為例如一懸臂，但亦可呈另一種形式被提供，諸如一膜。在一測量中，該探針尖端和樣品在一或多個平行於該表面的方向上相對於彼此移動，以利用該探針尖端來掃描表面。在該掃描期間，一輸出信號藉由在掃描期間利用一尖端位置偵測器來監測該探針尖端相對於該掃描頭之一運動而獲

得。該探針尖端具有一末端部分帶有一背對該可撓性載體的末端。該尖端在與該可撓性懸臂的介面處可具有最大橫截面。任擇地，該尖端可包含除了至少一末端部分之外的一延伸部分，其中該尖端係利用它的延伸部分被安裝在該可撓性載體之上。在又另一個具體例中，該尖端可朝向它面向樣品的末端變寬。

【0013】該探針尖端可被成形為例如像是一3或4面的金字塔。但是，各式各樣的其他選擇是可能的，諸如具有一半球的形狀之探針尖端、或是一完整球形的探針尖端。

【0014】在根據本發明的第一態樣之原子力顯微術系統以及根據本發明的第二態樣之方法中，其中該尖端之末端部分具有帶一橫截面面積 A_{cx} 的一橫截面，該橫截面面積之一平方根係為至少100 nm，以及其中一介於該末端與該橫截面之間的距離 D_{end} 至多係為該平方根的數值之兩倍。

【0015】由此，要偵測位在比已知的系統和方法可為者更大的深度之下的次表面形貌體是有可能的。在一更佳的具體例中，該最大橫截面 A_{max} 的平方根係為至少200 nm。在又一更佳的具體例中，該最大橫截面 A_{max} 的平方根係為至少500 nm。

【0016】選擇性地，偵測可藉由使用配置在該樣品內的標記而進一步地改善。一較佳的方法被包含，其中該等標記之一最佳尺寸係視要被調查的樣品來予以決定。用

以改善解析度的過濾方法也被描述，該等標記可利用該過濾方法而被偵測到。

【圖式簡單說明】

【0017】參照附圖，這些以及其他態樣被更詳細地描述，其中：

圖1示意地顯示一根據本發明之一第一態樣之原子顯微術裝置，

圖1A顯示圖1中的該裝置之示範信號處理元件，

圖1B顯示圖1中的該裝置之替代信號處理元件，

圖2更詳細地顯示圖1之原子顯微術裝置的一部件，

圖2A顯示根據位在一如圖2所示的平面IIA-IIA中的橫截面，該部件的一個次部件之一橫截面，

圖2B顯示根據同樣的橫截面，該次部件之一替代物，

圖2C顯示根據同樣的橫截面，該次部件之另外一替代物，

圖3更詳細地顯示圖1之原子顯微術裝置的一替代部件，

圖3A顯示根據位在一如圖3所示的平面IIIA-IIIA中的橫截面，該部件的一個次部件之一橫截面，

圖4更詳細地顯示圖1之原子顯微術裝置的另一替代部件，

圖4A顯示根據位在一如圖4所示的平面IVA-IVA中的橫截面，該部件的一個次部件之一橫截面，

圖5示意地顯示在一操作狀態下的圖1之原子顯微術

裝置的一部份，

圖6示意地顯示在一操作狀態下的根據本發明之第一態樣的原子顯微術裝置之另一具體例的一部份，

圖7示意地顯示根據該第一態樣之一原子顯微術裝置的一具體例之一操作狀態與於該操作狀態下出現的各種不同信號，

圖8示意地顯示一種用以選擇要被使用在一特別應用中的形貌體之一最佳尺寸的操作程序，

圖9示意地顯示一種根據本發明的第三態樣的微影製程系統。

【實施方式】

【0018】除非另有說明，各種不同的附圖中之同樣的參考符號表示同樣的元件。

【0019】圖1示意地顯示一原子力顯微術裝置，該裝置包括一帶有一探針2的掃描頭3。該探針2（它的具體例被顯示於圖2、2A、2B與2C以及圖3、3A中）包含有一諸如一懸臂8（或一膜）的可撓性載體以及一配置在該可撓性載體上的探針尖端9。該掃描頭3讓該探針2能夠相對於一樣品5的表面51來進行掃描。在掃描期間，該探針尖端9經使與該樣品5的表面51接觸。舉例而言，該探針尖端9可在接觸模式（該探針尖端9與該樣品5的表面之間的連續接觸）或輕觸模式（該探針尖端9與該樣品5的表面之間在每個被施加至該懸臂8之振動的周期期間的周期性接觸）中跨越該樣品5的表面進行掃描。一雷射單元（未示出）提供一

撞擊在該懸臂8之上並反射朝向一光學偵測器20的雷射光束10。使用該光學偵測器20，該懸臂8中的振動由於被反射的光束10在這樣的振動之影響下的小偏向之故而可被感測到。這提供一輸出信號26來供進一步分析。一致動器(未示出)被提供來與該掃描頭3或一樣品夾具(未示出)中之至少一者合作，俾使該探針尖端9和該樣品5在一或多個平行於該樣品之表面51的方向上相對於彼此移動，以便利用該探針尖端來掃描該表面。

【0020】在所顯示的具體例中，該雷射單元和該光學偵測器20形成一用以在該掃描期間測量該探針尖端相對於該掃描頭的運動之尖端位置偵測器，其中該偵測器20提供表示該運動的輸出信號26。但是，任何一種合適型式的位置偵測器可以被應用，諸如一壓阻層，該壓阻層的電阻隨著探針偏向而變化。探針偏向在那個情況下可藉由偵測一被施加至該壓阻層的電信號中的電壓差而被偵測到。作為另一替代物，探針偏向可使用一壓電元件或層體來偵測，該壓電元件或層體的電位依賴懸臂運動而變化。任擇地，電容測量可被應用於一種靜電感測技術中。作為某些進一步的替代物，熟習此藝者亦可施用一干涉計來測量探針偏向，或在一熱方法中藉由使用一介於探針和樣品之間的溫度差來執行一熱通量測量。

【0021】該原子力顯微術裝置包括一第一致動器31，用以將包含在一第一頻率之一信號分量的一第一聲波輸入信號92施加至該探針或該樣品中之至少一者。在

圖5所顯示的具體例中，該第一聲波輸入信號92係由一致動器31所誘發，該致動器在此為附接至該懸臂8的一壓電致動器。在圖6所顯示的具體例中，該第一致動器是一高頻致動器91，例如一壓電致動器或一靜電致動器被機械地耦合至該尖端9。

【0022】一分析系統/控制器40係設置來接收和分析來自尖端位置偵測器20之輸出信號26。根據本發明的一態樣，一產生器6提供一第一輸入信號61及除外的一第二輸入信號62。該第一輸入信號61有一頻率 f_c 為週期性，而該第二輸入信號62是具有一頻率 f_m 的一週期性信號。一混合器63調變該第一輸入信號61與該第二輸入信號62。放大器64將如此獲得之經調變信號放大，並提供一經放大的調變信號65給該第一致動器31。

【0023】一尖端9的示範例被更詳細地顯示於圖2、2A、2B、2C以及圖3和3A中。在這些圖中，圖2顯示該裝置之一具體例中的一尖端9之側視圖，而圖2A顯示一依據圖2中的IIA-IIA之橫截面。圖2B和2C分別地顯示根據同樣的橫截面，該裝置之其他具體例中的一尖端9。

【0024】在圖2和2A的具體例中，該尖端被形成為一圓錐體。圓錐形的尖端9在它的底部95處具有一最大橫截面面積 A_{max} ，而該底部被附接至該懸臂8。該尖端9朝向它的末端經過一距離 D_{end} 呈推拔。在一示範例中，該最大橫截面 A_{max} 的平方根 RA 係等於150 nm，而該距離 D_{end} 係等於100 nm。

【0025】在圖2B的具體例中，該尖端被形成為一3面金字塔。該金字塔形的尖端9在它的底部95'處具有一最大橫截面面積 A_{max} ，而該底部被附接至該懸臂8。該尖端9一朝向它的末端經過一距離 D_{end} 呈推拔。在一示範例中，該最大橫截面 A_{max} 的平方根 RA 係等於120 nm，而該距離 D_{end} 係等於100 nm。

【0026】在圖2C的具體例中，該尖端被形成為一4面金字塔。該金字塔形的尖端9在它的底部95''處具有一最大橫截面面積 A_{max} ，而該底部被附接至該懸臂8。該尖端9一朝向它的末端經過一距離 D_{end} 呈推拔。在一示範例中，該最大橫截面 A_{max} 的平方根 RA 係等於200 nm，而該距離 D_{end} 係等於150 nm。

【0027】圖3顯示該裝置之另一具體例中的一尖端9之側視圖，而圖3A顯示一依據圖3中的IIIA-IIIA之橫截面。在圖3、3A中所顯示的具體例中，該尖端9具有一延伸部分96，該尖端9利用該延伸部分96而被安裝在該可撓性載體8之上。該尖端9包含一位在該延伸部分96之處的球形主體。從一具有最大橫截面面積 A_{max} 的中央平面95'''，該末端部分經過等於該球體的半徑之一距離 D_{end} 呈推拔。在這個例子中， RA/D_{end} 比值係等於圓周率 π 的平方根。 RA 可為例如500 nm。

【0028】圖4顯示該裝置之另一具體例中的一個尖端9之側視圖，而圖4A顯示一依據圖4中的IVA-IVA之橫截面。同樣在這個具體例中，該尖端9具有一延伸部分96，

該尖端9利用該延伸部分96而被安裝在該可撓性載體8之上。在這個例子中，該尖端具有一呈一截頭圓錐形式的末端部分，其最寬之側是在背對該可撓性載體8的端面95''''''。依據圖4中與該尖端9的端面95''''''重合之的IVA-IVA之橫截面具有一平方根為700 nm的橫截面面積。由於該橫截面與該端面重合，該尖端的末端和具有特定橫截面面積的該橫截面之間的距離D_{end}係等於零，這符合該距離應至多為該平方根的數值之兩倍的要求。

【0029】該控制器40被配置來分析該輸出信號26以供對映至少位在該樣品5的表面51下方的次表面奈米結構52（參見圖5、圖6）。次表面奈米結構52可以為各式各樣的類型，例如藉由有意地施用於一層內的圖案或缺陷而形成的拓樸形貌體，但是任擇地可為非拓樸形貌體，諸如位在該樣品5的表面51下方一準位處之密度變化或受力區域。如圖1中所圖解說明的，該控制器40可與附加的模組合作。在所顯示的具體例中，這些包含一低通濾波器41、一高通濾波器42以及一解調器43。該低通濾波器41選擇該輸出信號26的一低頻部分，例如低於1 kHz，作為一用以在一相對於該表面51的橫向方向上定位該探針2的回饋信號，例如，俾以維持該尖端9在該表面51上之一相當恆定的靜壓力。該高通濾波器42選擇該輸出信號26的一高頻部分S_{hf}，並將此提供給該解調器43。該解調器43使用調變信號62來解調此高頻信號S_{hf}，以提供解調信號S_{dm}。

【0030】如圖7當中所圖解說明的，位在該解調器43的輸出之處的該解調信號 S_{dm} 係表示存在於該樣品5之中的次表面形貌體。這被圖解說明於圖7中，該圖將該解調信號 S_{dm} 的振幅顯示為位置 x 在一相對於該樣本5的表面51之側面方向的方向上之一函數。對於被深深配置在該表面之下方的形貌體而言，信號中的信號對雜訊比是非常低的，這使得要定位如此的形貌體為不可能。例如，由一形貌體52a所形成之信號中的信號對雜訊比受到測量雜訊的太多干擾以致難以辨識該形貌體。較大的形貌體(例如形貌體52b)仍然可在該信號 S_{dm} 中被偵測到，但是由於它們的尺寸之故，很難判定出一表示它們置設之準確位置。根據本發明，要被施加至該解調信號 S_{dm} 之各種方法被提供來供進一步處理，俾以改善空間解析度。

【0031】根據一方法，該解調信號 S_{dm} 以一低通濾波器45予以低通濾波(參見圖1A)俾以得到一低通濾波特徵信號 S_{LP} 。一質心偵測器47接而偵測該低通濾波特徵信號 S_{LP} 中的一質心位置，並呈送一表示根據該低通濾波特徵信號 S_{LP} 中的該質心位置而判定出之一被偵測到的次表面形貌體52b之一位置 x_b 的輸出信號 S_{centr} 。

【0032】施用在該解調信號的低通濾波器45可為例如一箱式過濾器或另一種空間濾波器，諸如一餘弦濾波器或一高斯濾波器]。該低通濾波器可具有與在掃描方向 x 上被偵測到的形貌體之尺寸 s_x 是相同數量級的一空間窗口。

【0033】該空間窗口可被界定為該空間濾波器之正規化點擴散函數的二階矩(second moment)之平方根：

$$d_w = \sqrt{\int x^2 f(x) dx}。$$

【0034】舉例而言，該空間窗口 d_w 可具有一落在 $0.2 s_x$ 至 $5 s_x$ 之範圍內的尺寸。更佳地，該空間窗口 d_w 可具有一落在 $0.5 s_x$ 至 $2 s_x$ 之範圍內的尺寸。

【0035】該質心偵測器47可以例如選擇該低通濾波信號 S_{LP} 的區間 $x_{開始}-x_{結束}$ ，其中該低通濾波信號 S_{LP} 的數值超過一臨界值並決定一位置 x_e ，而使得：

$$x_e = \arg \min_{xt} \sum_x S_{LP}(xt - x) - S_{LP}(xt + x)。$$

【0036】在實施上，可偵測的形貌體的尺寸 s_x 視各式各樣的狀況而定，諸如該尖端9的維度、聲波輸入信號的頻率範圍、以及要被偵測的形貌體相對於該樣品表面51的深度。

【0037】另一種方法被示意地圖解說明於圖1B中。在其中有一標記位置係藉由一預期的響應曲線對該解調信號 S_{dm} 之曲線擬合來估算。一曲線擬合模組48被提供用以根據一指定該預期的響應曲線之輸入信號 S_{er} 在該解調信號 S_{dm} 上執行這個曲線擬合、以及用以提供一表示利用該曲線擬合所估算的標記之輸出信號 S_{mp} 。

【0038】針對該等形貌體予以選擇之一最佳尺寸 s_x 可利用如圖8中所圖解說明的下列程序來選擇。

【0039】一試驗樣品被提供，該試驗樣品至少大體上具有對應於要被製造的裝置之規格，並且在一相對於偵測要發生的表面之深度處設置有一組尺寸相互不同的次表面形貌體521、522、523、524。

【0040】「至少大體上具有該等規格」的用語暗示：該裝置至少大體上具有要被製造的裝置之相等數目的層體，例如層數之 $\pm 10\%$ ，以及該等層體係由類似的材料所製造。較佳地，該試驗樣品除了該組次表面形貌體之外，係類似於要被製造的裝置。該組次表面形貌體可以具有例如一選自於10 nm至1微米之範圍的尺寸。例如，一組大體上具有下面尺寸的正方形狀的次表面形貌體可被提供：10 nm、20 nm、50 nm、100 nm、200 nm、500 nm、1000 nm。

【0041】隨後該試驗樣品利用根據本發明的第二態樣之方法來予以掃描，而後使用隨後不同的空間窗口尺寸 d_w 來處理該解調信號 S_{dm} ，該空間窗口尺寸每一次係對應於該組次表面形貌體的一個別尺寸。值得注意的是，執行單次掃描以獲得一解調信號 S_{dm} ，並且而後使用隨後不同的空間窗口尺寸 d_w 來處理該解調信號 S_{dm} 就足夠了。作為示範例，圖8顯示利用一具有一窗口尺寸 $d_{w1}=s_{x1}$ 的低通濾波器而獲得之一第一處理信號 S_{LP1} 、利用一具有一窗口尺寸 $d_{w2}=s_{x2}$ 的低通濾波器而獲得之一第二處理信號 S_{LP2} 、利用一具有一窗口尺寸 $d_{w3}=s_{x3}$ 的低通濾波器而獲得之一第三處理信號 S_{LP3} 、以及利用一具有一窗口尺寸 $d_{w4}=s_{x4}$ 的低

通濾波器而獲得之一第四處理信號 S_{LP4} 。

【0042】隨後該等次表面形貌體521、522、523、524的每一者之位置係使用利用具有對應的窗口尺寸 d_{w1} 、 d_{w2} 、 d_{w3} 、 d_{w4} 的低通濾波器而獲得的信號 S_{LP1} 、 S_{LP2} 、 S_{LP3} 、 S_{LP4} 來予以估算。接著，該等次表面形貌體521、522、523、524的每一者之估算位置 x_{1e} 、 x_{2e} 、 x_{3e} 、 x_{4e} 與實際位置 x_1 、 x_2 、 x_3 、 x_4 之間的偏差 Δ_1 、 Δ_2 、 Δ_3 、 Δ_4 被決定出來，而就該偏差具有最小絕對值的次表面形貌體之尺寸被選擇作為要在製造階段中被使用的標記之尺寸。

【0043】值得注意的是，圖8的方法可類推地與參照圖1B所述的偵測方法組合來予以使用。在那種情況下，由信號 S_{er} 所表示之預期的響應曲線被順應於該等次表面特徵521、522、523、524的規格。

【0044】圖9示意地顯示一種用於多層半導體裝置5的製造之微影製程系統100。該微影製程系統100包括一根據本發明的第二態樣之原子力顯微術裝置110a。該微影製程系統被配置來在相互後續的製造階段100a、100b、...100n中製造該半導體裝置。該等相互後續的製造階段100a、100b、...100n至少包含有一第一製造階段100a以及一第二製造階段100b。該原子力顯微術裝置110a被配置來檢驗一在該第一製造階段100a中所得到的半成品5'、以及用以提供一表示該半成品5'中的次表面形貌體之位置的分析信號 S_{align} 。該微影製程系統100被配置來在該第二製造階段100b中使用該分析信號 S_{align} 以供該

半成品5'的對準。在圖9的具體例中，該微影製程系統100包括另一原子力顯微術裝置110n，其分析該多層半導體裝置5的品質，以及提供一表示該品質的輸出信號 S_Q 。該輸出信號 S_Q 可被提供成一個二進制信號來表示該半導體裝置的品質是否有符合預定的要求。任擇地，或另外地，該輸出信號 S_Q 可提供能使該微影製程系統之一操作者來改善它的操作之診斷訊息。

【0045】本發明已就它的某些特定具體例來予以闡述。將會被理解到的是：顯示於圖式之中以及被載述於此的該等具體例係意欲僅供解說目的之用，而且決不意欲成為本發明的限制。據信，本發明的操作和建構從上面的載述以及後附圖式將會是明顯可知的。對於熟習本領域技術的人員將會清楚可知的是：本發明不受限於被描述於此的任何具體例，而且落在後附申請專利範圍之範疇中所考量的修飾是可能的。舉例而言，在不脫離所請求的發明之下，任何數目之額外的聲波輸入信號可以被施加至該樣品或者該探針尖端。又，本發明可與額外的測量技術結合，俾以從這些的組合得到額外的訊息。又，運動學上之倒置被認為是被固有地揭露而且落在本發明的範圍之內。在申請專利範圍中，任何參考標記不應被解釋為限制申請專利範圍。術語「包括」和「包含」，當被使用於這個發明說明或後附申請專利範圍之內時，不應以排他性的或窮盡的方式來予以解釋，而應以包含性的方式來予以解釋。因此，如此處所用的表述「包括」不排除條列於任何一項請

求項之中的那些以外的其他元件或步驟之存在。再者，單詞「一」與「一個」不應被解釋為限於「只有一個」，反而是要被用來意指「至少一個」，而且不排除多數個。未被特別地或明確地載述或請求專利保護的特徵可以在本發明之範圍內被附加地包含在本發明的結構中。諸如「用於...的構件」的表述應被解讀為「組配用以...的組件」或「被建構成用以...的元件」，而且應被解釋為包含所揭露的結構之等效物。譬如「關鍵的」、「較佳的」、「特別佳的」等等的表述之使用不被意欲為是要限制本發明。落在熟習此藝者之範圍內的添加、刪除和修飾通常可在不脫離本發明的精神和範圍之下被做出來，此如申請專利範圍所決定的。本發明可以不同於此處具體描述的方式來予以實施，而且僅為後附申請專利範圍所限制。

【符號說明】

【0046】

- 2...探針
- 3...掃描頭
- 5...樣品、多層半導體裝置
- 5'...半成品
- 6...產生器
- 8...懸臂、可撓性載體
- 9...(探針)尖端
- 10...雷射光束
- 20...(光學)偵測器、尖端位置偵測器

26、 S_{mp} 、 S_{centr} 、 S_Q ...輸出信號

31...(第一)致動器

40...分析系統/控制器

41、45...低通濾波器

42...高通濾波器

43...解調器

47...質心偵測器

48...曲線擬合模組

51...表面

52...次表面奈米結構

52a...形貌體

52b...(次表面)形貌體

61...第一輸入信號

62...第二輸入信號、調變信號

63...混合器

64...放大器

65...調變信號

91...高頻致動器

92...第一聲波輸入信號

95、95'、95''...底部

95'''...中央平面

95''''...端面

96...延伸部分

100...微影製程系統

100a...(第一)製造階段
 100b...(第二)製造階段
 100n...製造階段
 110a、110n...原子力顯微術裝置
 521、522、523、524...次表面形貌體
 Acx...橫截面面積
 Amax...最大橫截面(面積)
 d_w...空間窗口尺寸
 d_{w1}、d_{w2}、d_{w3}、d_{w4}...窗口尺寸
 Dend...距離
 f_m、f_c...頻率
 RA...平方根
 S_{dm}...(解調)信號
 S_{hf}...高頻部分、高頻信號
 S_{LP}...低通濾波(特徵)信號
 S_{er}...輸入信號
 S_{LP1}...(第一處理)信號
 S_{LP2}...(第二處理)信號
 S_{LP3}...(第三處理)信號
 S_{LP4}...(第四處理)信號
 S_{align}...分析信號
 s_x...(最佳)尺寸
 IIA-IIA、IIIA-IIIA、IVA-IVA...平面
 x...位置、掃描方向

$x_b \dots$ 位置

x_{1e} 、 x_{2e} 、 x_{3e} 、 $x_{4e} \dots$ 估算位置

x_1 、 x_2 、 x_3 、 $x_4 \dots$ 實際位置

Δ_1 、 Δ_2 、 Δ_3 、 $\Delta_4 \dots$ 偏差

【發明申請專利範圍】

【請求項1】 一種原子力顯微術裝置，該裝置包含一掃描頭，該掃描頭包括一探針，該探針包含有一可撓性載體以及一配置在該可撓性載體上的探針尖端，其中該原子力顯微術裝置被配置來判定一樣品中的次表面結構，其中該原子力顯微術裝置進一步包含：

一致動器，與該掃描頭或一基板夾具中之至少一者合作，使該探針尖端和該樣品在一或多個平行於該樣品之一表面的方向上相對於彼此移動，以利用該探針尖端來掃描該表面；

一尖端位置偵測器，用以在掃描期間測量該探針尖端相對於該掃描頭的運動，該尖端位置偵測器被配置來提供一表示該運動的輸出信號；以及

一控制器，用以接收和分析來自該尖端位置偵測器的輸出信號；

其中該原子力顯微術裝置進一步包含：

一第一致動器，用以對該探針或該樣品中之至少一者施加包含在一第一頻率之一信號分量的一第一聲波輸入信號；

其中該控制器被配置來分析該輸出信號，以至少對映位在該樣品的該表面下方的次表面奈米結構，其中該探針尖端具有一末端部分，其帶有一背對該可撓性載體的末端，其中該末端部分具有一帶一橫截面面積 A_{cx} 的橫截面，該橫截面面積之一平方根係為至少100 nm，且其中一

介於該末端與該橫截面之間的距離 D_{end} 至多係為該平方根的數值之兩倍，且

其中該控制器包含用以自該輸出信號(S_{scan})重建一特徵信號(S_{dm})之一第一處理模組、用以對該特徵信號進行低通濾波且提供一低通濾波信號(S_{LP})的一第二處理模組、與一曲線擬合模組，該曲線擬合模組用以根據一輸入信號(S_{er})對解調信號(S_{dm})來執行曲線擬合，而該輸入信號指定一用於一標記的預期響應曲線，且該曲線擬合模組用以提供一表示該標記之一位置的輸出信號(S_{mp})，而該標記之一位置利用該曲線擬合來估算。

【請求項2】 一種使用原子力顯微術系統來決定樣品中的次表面結構的方法，其中該原子力顯微術系統包含至少一掃描頭，該掃描頭包括一探針，該探針包含一可撓性載體以及一配置在該可撓性載體上的探針尖端，其中該方法包含：

使該探針尖端和該樣品在一或多個平行於該樣品之一表面的方向上相對於彼此移動，以利用該探針尖端來掃描該表面；以及

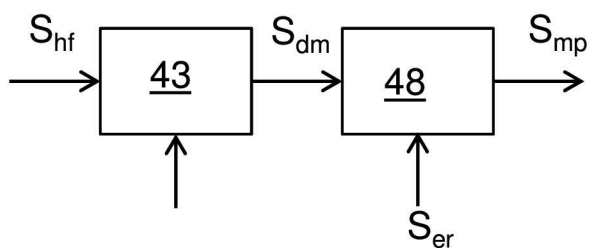
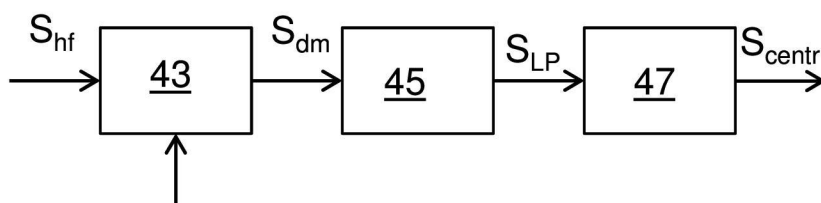
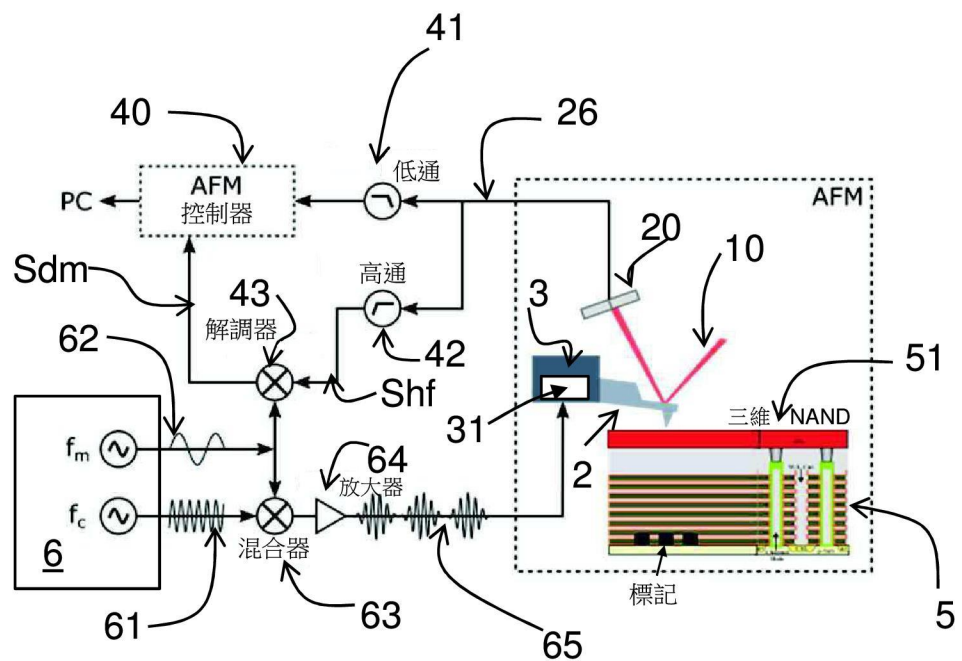
在該掃描期間利用一尖端位置偵測器來監測該探針尖端相對於該掃描頭的運動以獲得一輸出信號；

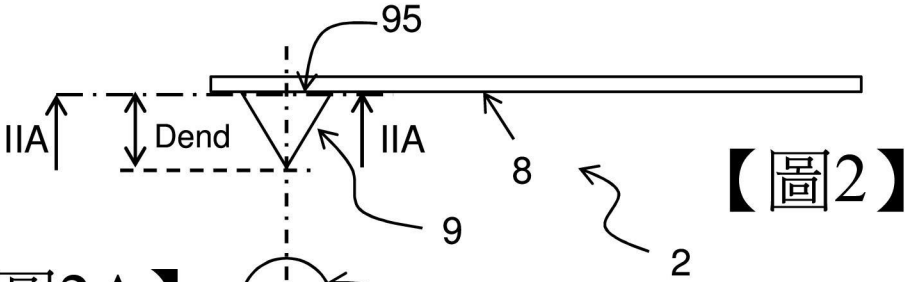
其中該方法進一步包含：

在該掃描期間，施加至少一第一聲波輸入信號至該探針或該樣品中之至少一者，該至少一第一聲波輸入信號包含在一第一頻率的一信號分量；

分析該輸出信號以至少對映位在該樣品的該表面下方的次表面奈米結構，其中該探針尖端具有一末端部分，其帶有一背對該可撓性載體的末端，其中該末端部分具有帶一橫截面面積 A_{cx} 的一橫截面，該橫截面面積之一平方根係為至少100 nm，且其中一介於該末端與該橫截面之間的距離 D_{end} 至多係為該平方根的數值之兩倍，且其中該樣品是包含一基板的一裝置，該基板具有至少一第一裝置層，且該方法包括：從該輸出信號(S_{hf})產生一解調信號(S_{dm})、對該解調信號進行低通濾波以得到一低通濾波信號(S_{LP})、藉由一預期的響應曲線對該解調信號 S_{dm} 之曲線擬合來估算一標記位置、以及提供一表示利用該曲線擬合而估算出的該標記位置之輸出信號 S_{mp} 。

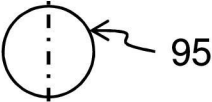
【請求項3】 一種用以製造多層半導體裝置的微影製程系統，該系統包含一如請求項1的原子力顯微術裝置。





【圖2】

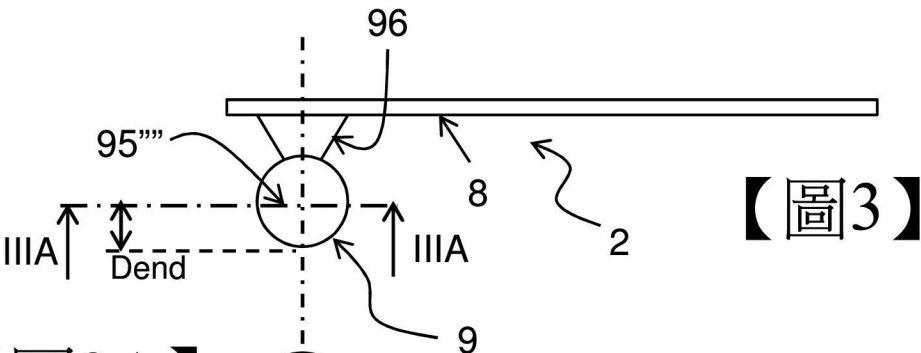
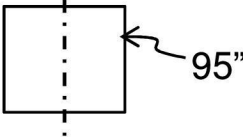
【圖2A】



【圖2B】

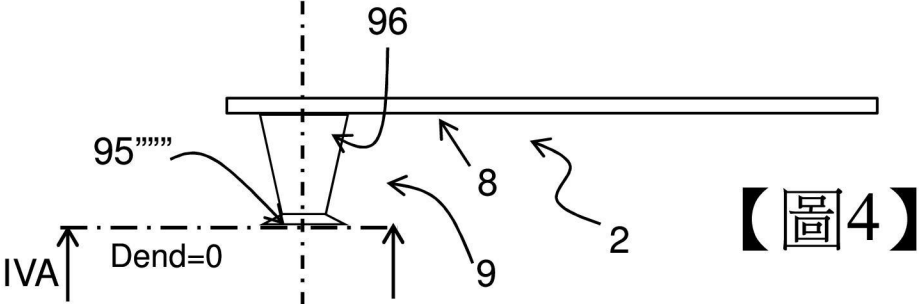
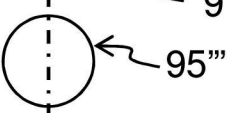


【圖2C】



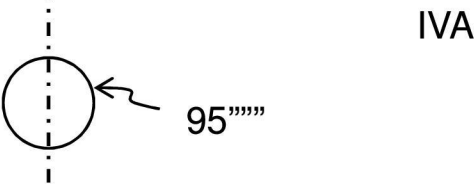
【圖3】

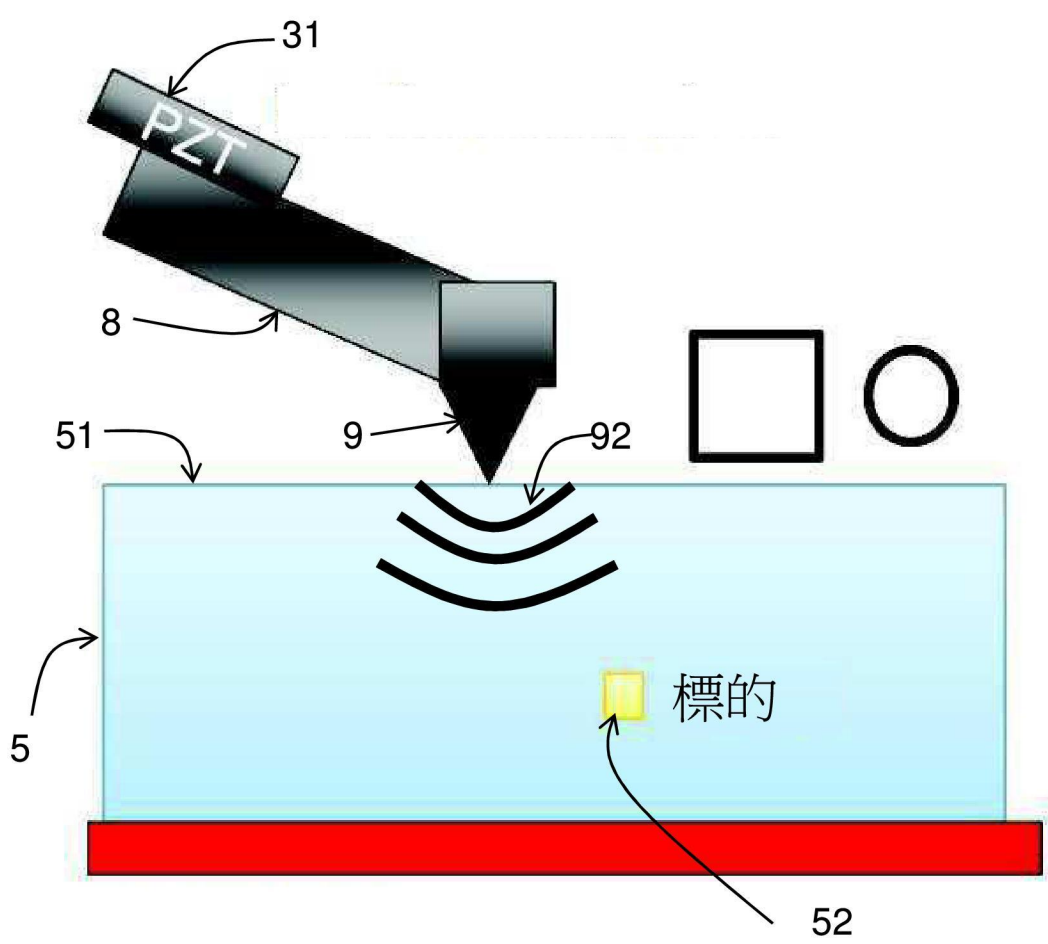
【圖3A】



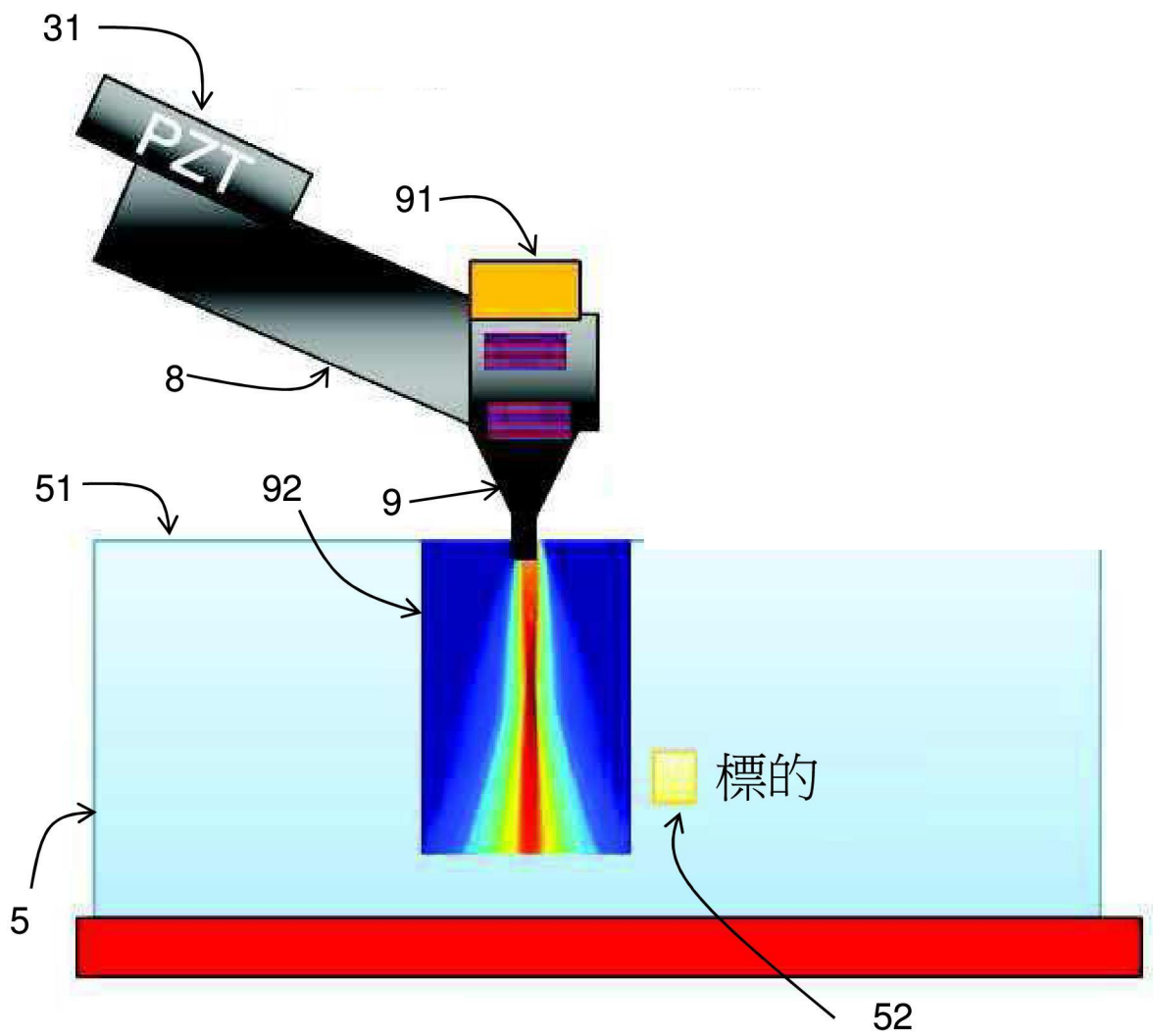
【圖4】

【圖4A】

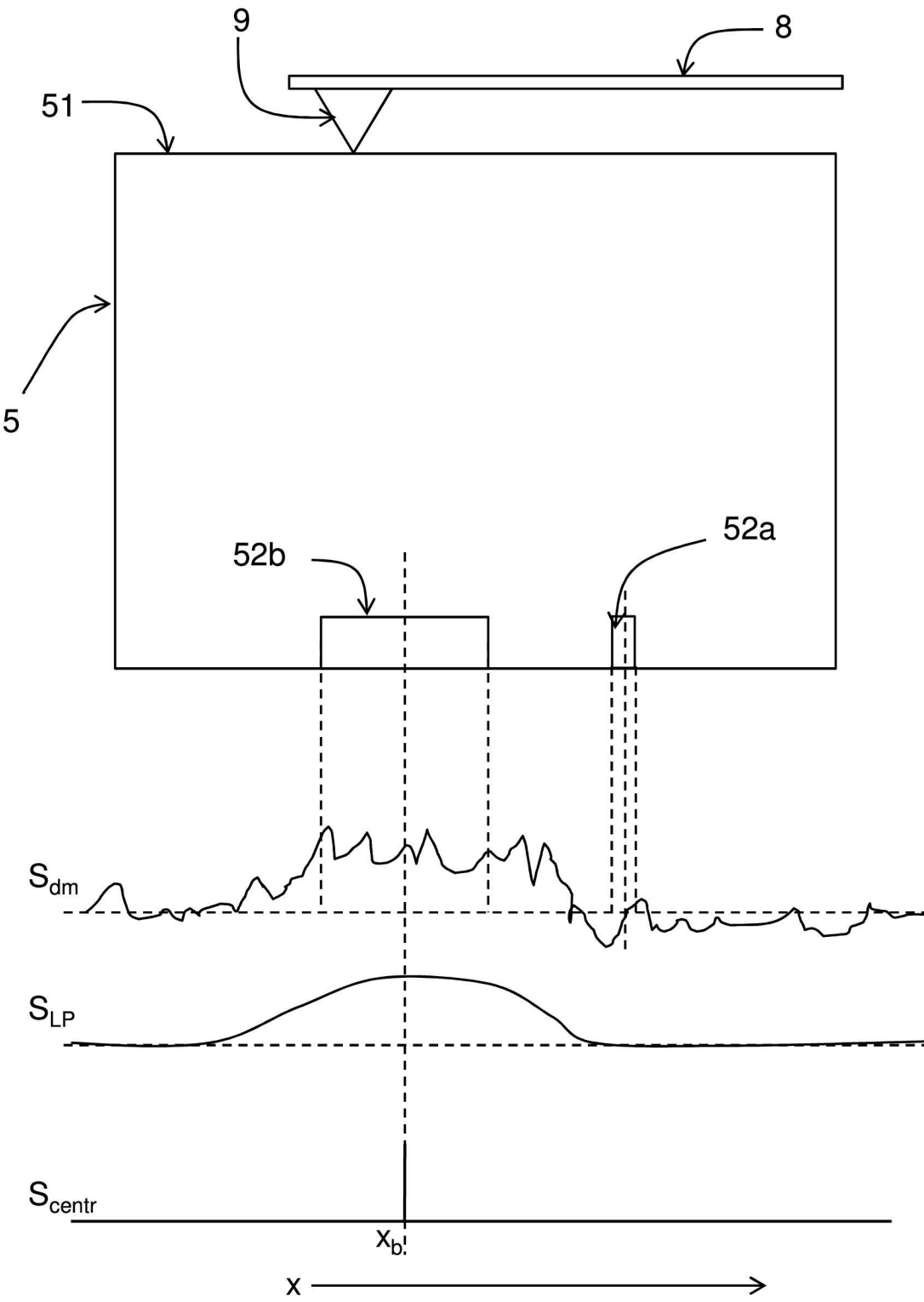




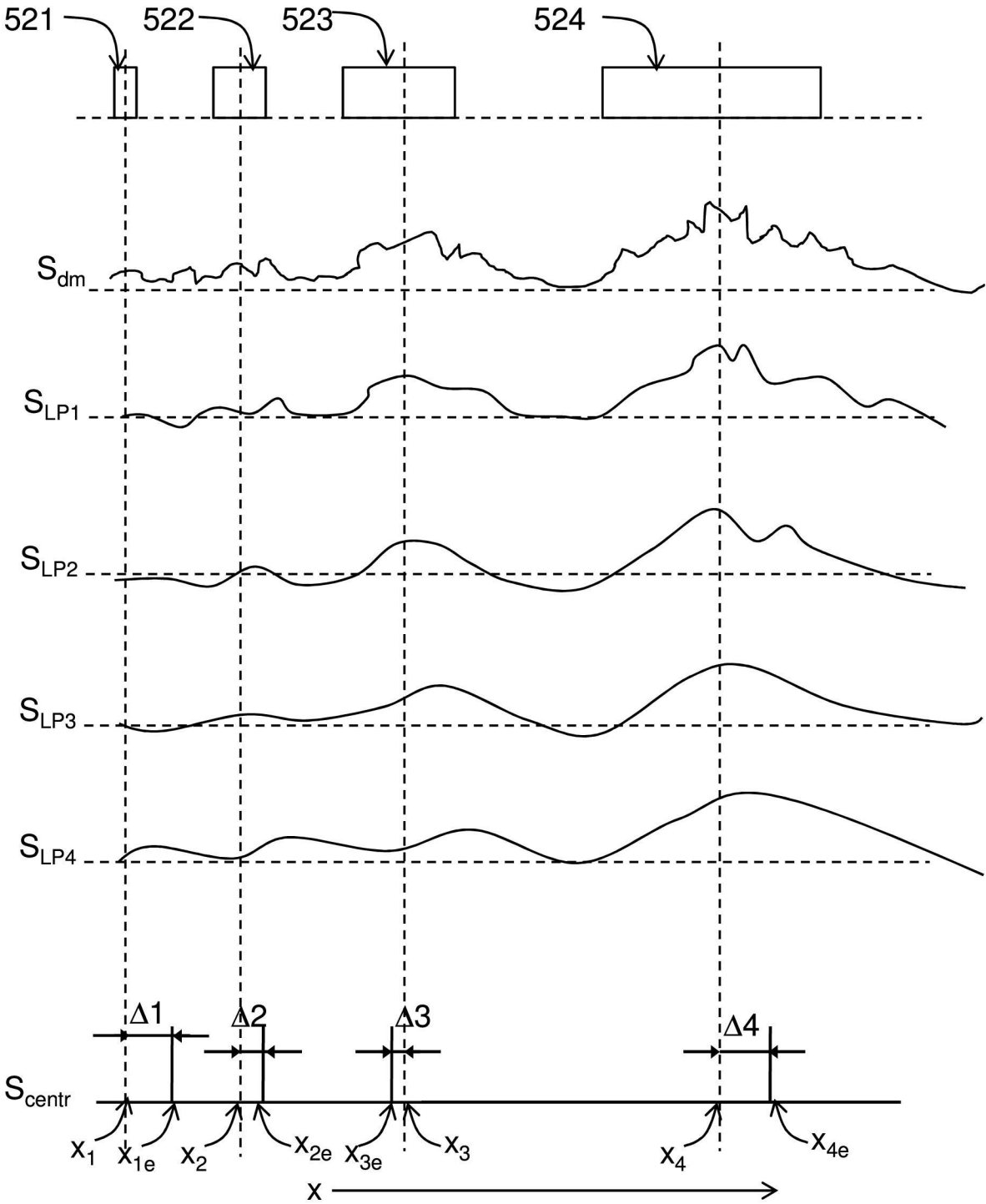
【圖5】



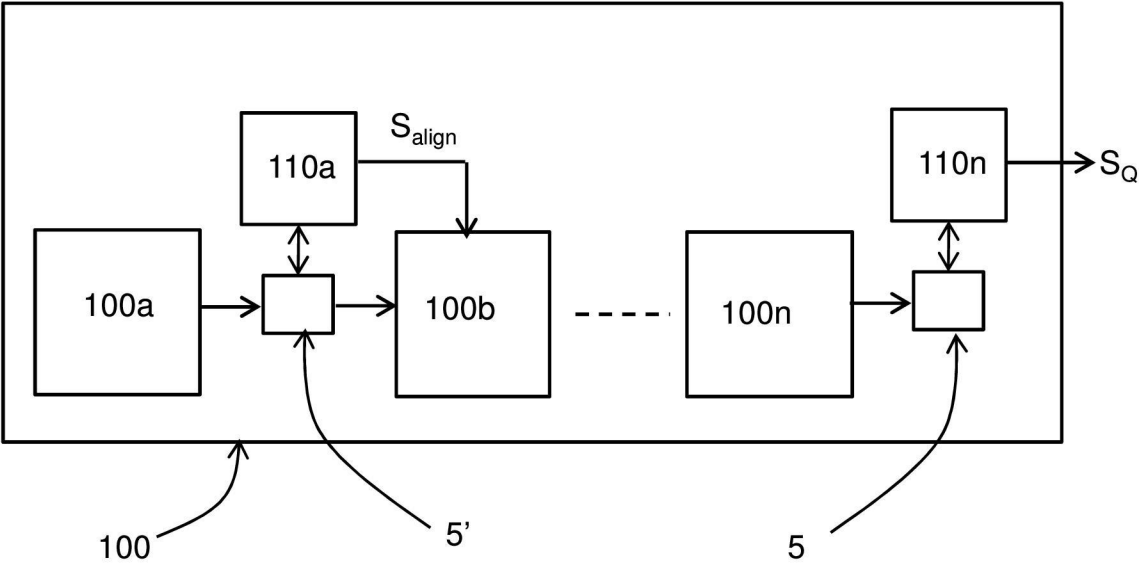
【圖6】



【圖7】



【圖8】



【圖9】