【19】中華民國　　【12】專利公報　（B）

【11】證書號數：I940963
【45】公告日： 中華民國 115 (2026) 年 10 月 01 日
【51】Int. Cl.：　*G01Q70/12 (2010.01)*　*G01Q10/06 (2010.01)*
G01Q60/32 (2010.01)　*B82Y35/00 (2011.01)*
G03F1/82 (2012.01)

發明　　全 23 頁

【54】名　稱：用於使用奈米操控器以處理樣本的電腦實施方法與設備以及電腦程式產品
【21】申請案號：113141068　　【22】申請日： 中華民國 113 (2024) 年 10 月 28 日
【11】公開編號：202530702　　【43】公開日期： 中華民國 114 (2025) 年 08 月 01 日
【30】優 先 權： 2023/10/27　德國　10 2023 129 682.5
【72】發 明 人： 包爾　克里斯多福 (DE) BAUR, CHRISTOF；艾伯爾　凱瑟琳娜 (DE) EBERL, KATHARINA；費汀　瑞納 (DE) FETTIG, RAINER；克勒克爾　克勞蒂亞 (DE) KROECKEL, CLAUDIA；皮爾　漢斯艾爾曼 (DE) PIEPER, HANS HERMANN；施諾爾　多米尼克 (DE) SCHNOOR, DOMINIK；魏布林根　馬庫斯 (DE) WAIBLINGER, MARKUS；韋伯　茱莉亞 (DE) WEBER, JULIA
【71】申 請 人： 德商卡爾蔡司ＳＭＴ有限公司　CARL ZEISS SMT GMBH
德國
【74】代 理 人： 李宗德
【56】參考文獻：

TW	202314250A	US	5266801A
US	2008/0295584A1	WO	2018/039246A1

審查人員：黃是衡

【57】申請專利範圍

1. 一種用於將一奈米操控器(104)的一探針(1106)的一尖端(106)座落在一樣本(102、1102)上的方法，特別是在真空中，該探針(1106)包含一伸出臂(108)及附接至其的該尖端(106)，該奈米操控器(104)更包含一激勵單元(1110)，該探針(1106)係機械耦合該激勵單元(1110)，該方法包括下列步驟：
-當該尖端(106)未接觸該樣本(102)時，藉由向該激勵單元(1110)提供一諧振驅動信號(1010)以振盪該探針(1106)；
-在一第一趨近階段期間縮減該尖端(106)與該樣本(102)之間沿一 z-方向的一第一距離，直到滿足一第一組停止條件中的至少一第一停止條件為止，其中該第一組停止條件包含偵測在該第一趨近階段期間所使用的該諧振驅動信號(1010)的頻率中的一偏移；及
-當滿足該第一組停止條件中的該至少一第一停止條件時終止該第一趨近階段，並且停用該諧振驅動信號(1010)。
2. 如請求項 1 所述的方法，更包含：
-在一第二趨近階段期間進一步縮減該第一距離，直到滿足一第二組停止條件中的至少一第二停止條件為止，其中該第二組停止條件包含偵測該伸出臂(108)的一偏轉；及
-當滿足該第二組停止條件中的該至少一第二停止條件時，在一接觸位置處終止該第二趨近階段。
3. 如請求項 2 所述的方法，其中使用一粗略驅動及一精細驅動的組合沿該 z-方向以控制該探針(1106)或該樣本(102)中的至少一者的位置，該方法更包含執行一第三趨近階段，該第三趨近階段包含：

-藉由操作該精細驅動以增加該第一距離，以將該尖端(106)從該接觸位置移動到一局部縮回位置；及

-基於該接觸位置與該局部縮回位置之間沿該 z-方向的一第二距離，藉由操作該粗略驅動以縮減或增加該第一距離；及

-藉由操作該精細驅動以縮減該第一距離，以使該尖端(106)返回至該接觸位置或返回至沿該 z-方向與該接觸位置相距一第三距離處的一預定位置。

4. 如請求項 1 至 3 中任一項所述的方法，更包含：

-確定當該尖端(106)未接觸該樣本(102)時該探針(1106)的一共振特性的至少一參數，該至少一參數包含該探針(1106)的一諧振頻率、該探針(1106)的一 Q 值、及該諧振驅動信號(1010)與相關於該探針(1106)之振盪的所偵測的一偏轉信號(1011)之間的一相位角中的至少一者。

5. 如請求項 1 至 3 中任一項所述的方法，其中該第一組停止條件包含以下多個條件中的至少一者：

-指出該諧振驅動信號(1010)的頻率中的偏移的一頻率控制信號(1014)超過一第一臨界值；

-指出該諧振驅動信號(1010)的頻率中的偏移的一頻率控制信號(1014)低於一第二臨界值；

-用於振幅控制該諧振驅動信號(1010)的一振幅回饋信號(1019)超過一第三臨界值；

-用於振幅控制該諧振驅動信號(1010)的一振幅回饋信號(1019)低於一第四臨界值；

-指出該諧振驅動信號(1010)與該探針(1106)的所偵測的振盪之間關係的一相位信號(1013)超過一第五臨界值及/或低於一第六臨界值；及/或

-沿該 z-方向的一驅動速度超過一第七臨界值及/或低於一第八臨界值。

6. 如請求項 5 所述的方法，其中當滿足以下條件之至少一者時，該探針(1106)的座落是中止在該第一趨近階段：

-該頻率控制信號(1014)低於該第二臨界值；

-該振幅回饋信號(1019)超過該第三臨界值；

-該相位信號(1013)超過該第五臨界值及/或低於該第六臨界值；及/或

-該驅動速度超過該第七臨界值及/或低於該第八臨界值。

7. 如請求項 2 至 3 中任一項所述的方法，其中該第二組停止條件更包含：

-指出該探針(1106)沿該 z-方向的一偏轉的一第一偏轉信號(DFL)超過一第九臨界值；

-指出該探針(1106)的一橫向偏轉的一第二偏轉信號(LAT)超過一第十臨界值；

-指出該探針(1106)的一組合偏轉的一總和信號(SUM)超過一第十一臨界值；及/或

-沿該 z-方向的一驅動速度超過一第十二臨界值及/或低於一第十三臨界值。

8. 如請求項 2 或 3 所述的方法，其中當滿足以下條件之至少一者時，該探針(1106)的座落是中止在該第二趨近階段：

-沿該 z-方向的該驅動速度超過該第十二臨界值及/或低於該第十三臨界值。

9. 如請求項 1 至 3 中任一項所述的方法，更包含：

-擷取該樣本(102)的一表面(138)的一第一影像(1260)，該第一影像包含未被該尖端(106)遮蔽的至少一區段；

-產生一第二影像(1260’、1260”)，該第二影像包含該尖端(106)遮蔽的至少一區段及至少一標記(1206’、1232’、1268’、1292’、1294’)，該至少一標記配置在被遮蔽的該區段中並且指出至少一隱藏元件的位置；及

-在操縱該樣本(102)期間，在一使用者界面上向該奈米操控器(104)的一操作員顯示該第二影像(1260’、1260”)。

10. 如請求項 9 所述的方法，其中該至少一標記(1206’、1232’、1268’、1292’、1294’)包含以下至少一者：
-一接觸點指示符(1268’)，指出該探針(106)與該樣本(102)的一接觸點(1268)的位置；
-一結構指示符(1232’、1292’、1294’)，指出位於該樣本(102)的該表面(138)上的一表面特徵(1292、1294)或一粒子(1232)的一邊緣或一區域；及
-指出該尖端(106)的一輪廓的一尖端指示符(1206’)，其中在該第二影像中藉由從該第一影像(1260)獲得的該樣本(102)的該表面(138)的一對應區段取代該尖端(106)。

11. 一種用於使用一奈米操控器(104)以處理一樣本(102)的設備，其包含：
-一樣本承載台(120)，用於固持該樣本(102)；
-該奈米操控器(104)，其包含一定位單元(110)及一激勵單元(1110)，該定位單元(110)配置成移動一探針(1106)，該探針包含一伸出臂(108)及附接至其的一尖端(106)，該激勵單元(1110)配置成基於一驅動信號使該探針(1106)振盪；
-一伸出臂偏轉偵測系統(1001)，其配置成用於偵測該伸出臂(108)的多個偏轉；
-一控制迴路電路，其配置成追蹤由該伸出臂偵測系統所偵測的該伸出臂(108)的一振盪與提供給該激勵單元(1110)的一驅動信號之間的一信號關係；及
-至少一控制單元，其配置成執行下列步驟：
-使用該激勵單元(1110)，在該尖端(106)未接觸該樣本(102)時使用由該控制迴路電路提供的一諧振驅動信號(1010)來驅動該探針(1106)；
-藉由該定位單元，在一第一趨近階段期間縮減該尖端(106)與該樣本(102)之間沿一 z-方向的一第一距離，直到滿足一第一組停止條件中的至少一第一停止條件為止，其中該第一組停止條件包含偵測在該第一趨近階段期間所使用的該諧振驅動信號(1010)的頻率中的一偏移；及
-當滿足該第一組停止條件中的該至少一第一停止條件時終止該第一趨近階段，並且停用該諧振驅動信號(1010)。

12. 如請求項 11 所述的設備，其中該控制迴路電路包含：
-一頻率控制系統(1002)，其配置成基於該伸出臂(108)的所偵測的一振盪的一相位及一相位設定點(1015)來提供一第一輸出信號；
-一振幅控制系統(1003)，其配置成基於該伸出臂(108)的所偵測的該振盪的一振幅及一振幅設定點(1017)來提供一第二輸出信號；及
-一倍增器(1009)，其配成將由該頻率控制系統(1002)所提供的該第一輸出信號相乘由該振幅控制系統(1003)提供的該第二輸出信號，並且將相乘後的該信號當作諧振驅動信號(1010)提供給該激勵單元(1110)。

13. 如請求項 12 所述的設備，其中該頻率控制系統(1002)包含用於提供一相位信號(1013)的一相位偵測器(1004)、用於提供一頻率控制信號(1014)的一積分器(1005)及用於提供一振盪器輸出信號(1018)的一可控振盪器(1006)。

14. 如請求項 12 或 13 所述的設備，其中該振幅控制系統(1003)包含用於提供一振幅信號(1016)的一振幅偵測器(1007)及用於提供一振幅回饋信號(1019)的一 PI 控制器(1008)。

15. 一種電腦程式產品，包含多個指令，當至少一電腦執行該程式時，該等指令使該電腦執行如請求項 1 至 11 中任一項所述之方法。

圖式簡單說明

圖 1 示出根據一實施例之用於分析及/或處理樣本的設備；

圖 2 示出根據一實施例之圖 1 的設備結合一光指向器裝置的放大部分。

圖 3 示出根據實施例的圖 1 之設備所處理的樣本的一部分的影像；；

圖 4 示出圖 3 的 IV-IV 線剖面圖。

圖 5 示出根據一實施例之圖 1 中的設備的測量尖端的放大圖。

圖 6 示出根據一實施例之樣本及來自圖 5 的測量尖端之一部分的影像；

圖 7 示出根據一實施例之類似圖 6 的視圖，其中測量尖端已在樣本的測試區域中留下了第一軌跡；

圖 8 示出根據一實施例之類似圖 7 的視圖，其中第一直線已擬合第一軌跡；

圖 9 示出根據一實施例之類似圖 8 的視圖，其中測量尖端已經在樣本的測試區域中留下了第二軌跡，並且第二直線已擬合第二軌跡；

圖 10 示出根據一實施例之趨近曲線，其繪製了來自圖 1 的設備的伸出臂的自由端的偏轉，作為伸出臂的基端的距離的函數；

圖 11 示出根據一實施例之具有三個測試區域的樣本之一部分的影像；

圖 12 示出根據一實施例之類似圖 10 的視圖，其中針對圖 11 中的三個測試區域示出三個趨近曲線；

圖 13 闡明根據一實施例之測量尖端在間隔樣本的預定工作距離處的自動定位；

圖 14 闡明根據一實施例之全自動反覆粒子去除處理；

圖 15a 示出根據一實施例之來自圖 14 的全自動反覆粒子去除處理期間所應用的不同橫向距離；

圖 15b 示出根據一實施例之來自圖 14 的全自動反覆粒子去除處理期間所應用的不同 z-距離；

圖 16a 至 16c 闡明根據一實施例之另外全自動反覆粒子去除處理；

圖 17 闡明根據一實施例之製程的第一變型，其中執行檢查粒子是否黏附到測量尖端；

圖 18 闡明根據一實施例之製程的第二變型，其中執行檢查粒子是否黏附到測量尖端；

圖 19 示出根據一實施例之來自圖 18 的製程的第二變型中粒子黏附到測量尖端的亮度變化；

圖 20 闡明根據一實施例之製程的第三變型，其中執行檢查粒子是否黏附到測量尖端；

圖 21 闡明根據一實施例之製過的第四變型，其中執行件查粒子是否黏附到測量尖端；

圖 22 示出根據一實施例之用於使用來自圖 1 的設備處理樣本的電腦實施方法的流程圖；

圖 23 示出根據一另外實施例之用於使用來自圖 1 的設備處理樣本的電腦實施方法的流程圖；

圖 24 示出根據一另外實施例之用於使用來自圖 1 的設備處理樣本的電腦實施方法的流程圖；

圖 25 示出根據另一實施例之用於使用來自圖 1 的設備處理樣本的電腦實施方法的流程圖；

圖 26 闡明根據一實施例之用於確定測量尖端的實際頂點的電腦實施方法，其中圖 26 示出具有用於確定測量尖端的實際頂點的奈米結構的樣本及測量尖端；

圖 27 示出根據一實施例之所記錄的影像，其中擷取了來自圖 26 的具有奈米結構的樣本及測量尖端；

圖 28 闡明用於確定測量尖端的實際頂點之奈米結構的一另外實施例；

圖 29 示出根據一另外實施例之用於使用來自圖 1 的設備處理樣本的電腦實施方法的流程圖；

圖 30 示出根據一另外實施例之用於偵測驅動信號的頻率偏移之系統的示意圖；

圖 31 示出束偏轉系統的示意圖；

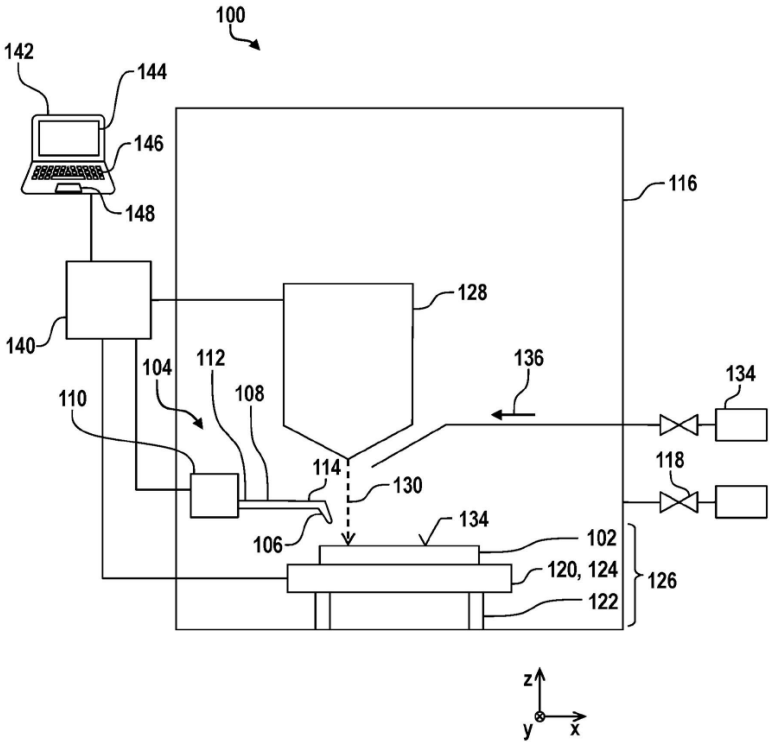
圖 32 分別示出尖端在真空和空氣中的諧振曲線；

圖 33 示出基於追蹤振幅信號以偵測尖端與樣本之間的相互作用的方法；

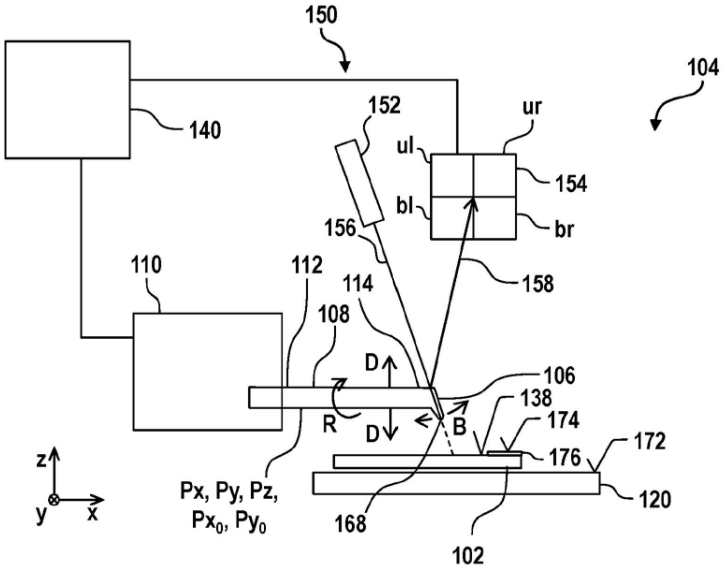
圖 34 示出根據一另外實施例之用於基於追蹤頻率信號以偵測尖端與樣本之間交互作用的方法；

圖 35 示出根據一實施例之用於使用來自圖 30 的系統將奈米操控器的探針座落在樣本上的電腦實施方法的流程圖；及

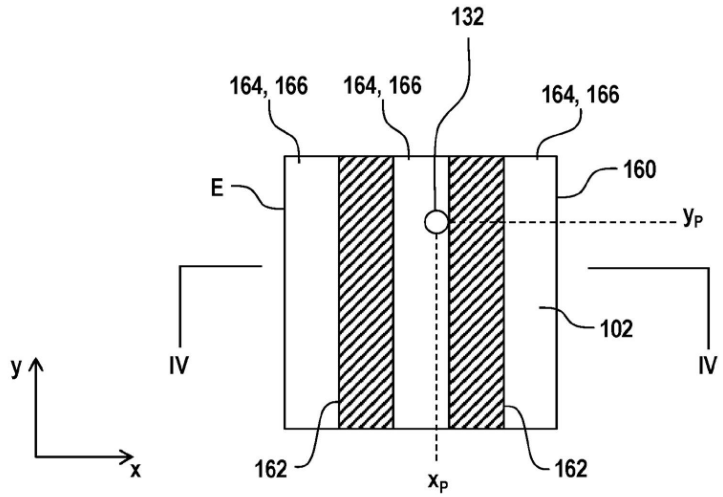
圖 36 示出由用於在粒子去除期間幫助使用者的設備所提供的不同影像。



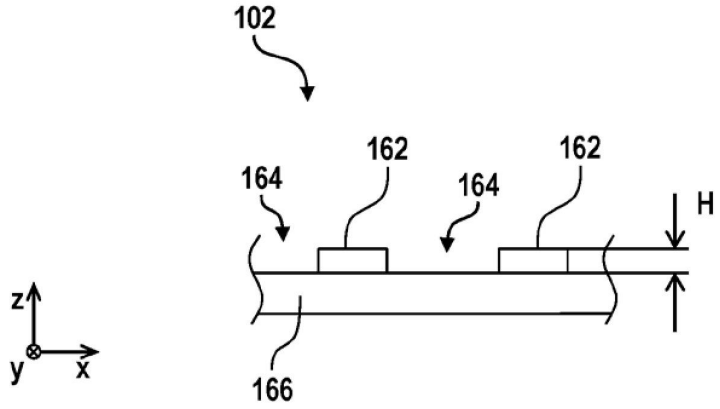
【圖1】


150
104
140
152
ur
ul
154
bl
br
156
158
110
112
114
108
D
106
138
R
D
B
174
172
176
z
y
x
Px, Py, Pz,
Px0, Py0
168
120
102

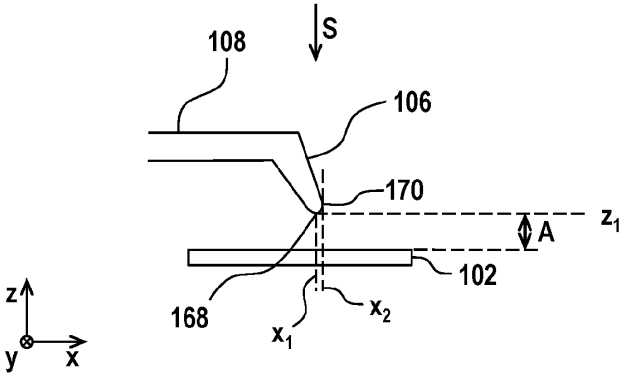
【圖2】


132
164, 166
164, 166
164, 166
160
E
yP
102
IV
IV
y
x
162
xP
162

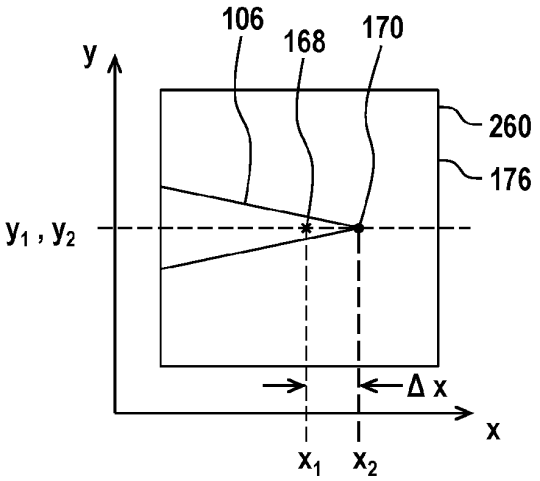
【圖3】



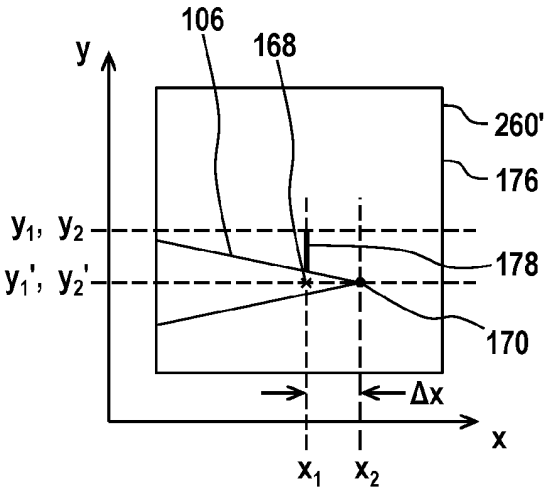
【圖4】



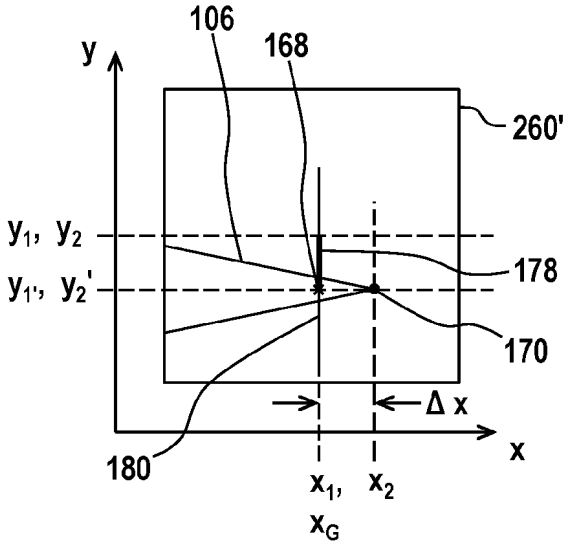
【圖5】


106
168
170
y
260
176
y1 , y2
Δ x
x
x1
x2

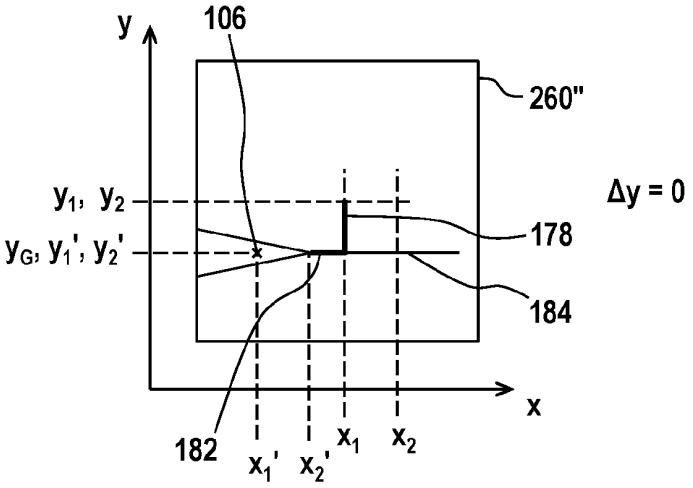
【圖6】


106
168
y
260'
176
y1, y2
y1', y2'
178
170
Δx
x
x1
x2

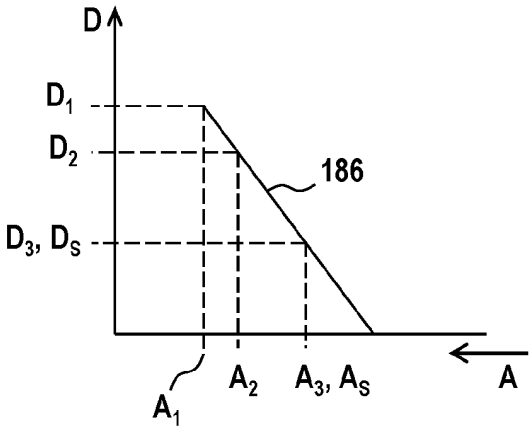
【圖7】


106
168
y
260'
y1, y2
y1', y2'
178
170
Δ x
180
x
x1, x2
xG

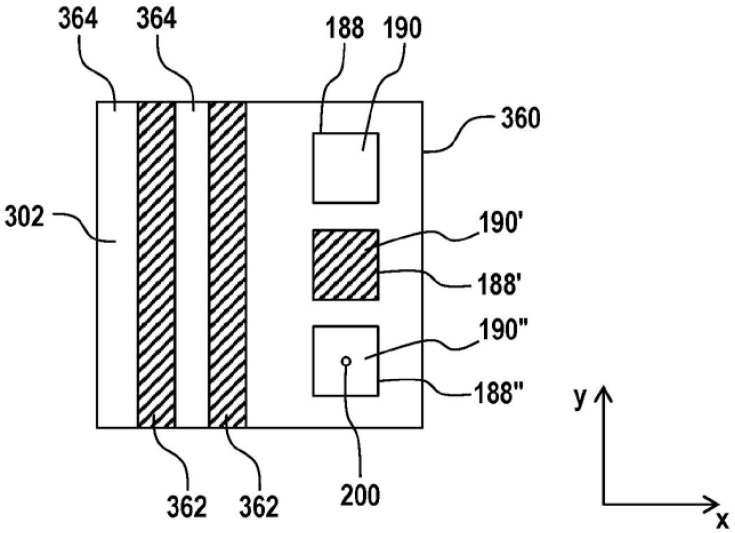
【圖8】


y
106
260"
y1, y2
Δy = 0
yG, y1', y2'
178
184
x
182
x1'
x2'
x1
x2

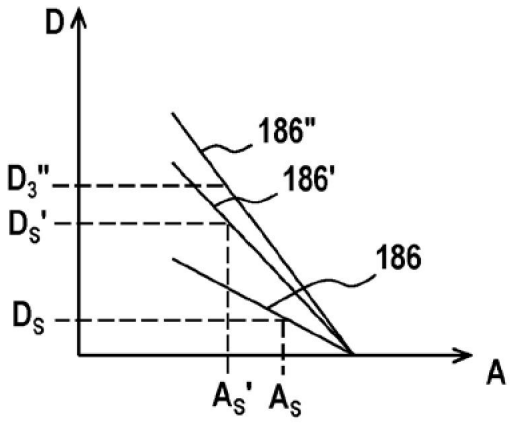
【圖9】


D
D1
D2
D3, DS
186
A1
A2
A3, AS
A

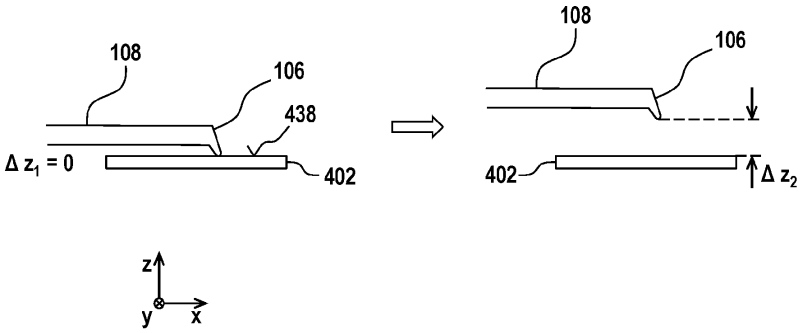
【圖10】


364
364
188
190
360
302
190'
188'
190"
188"
362
362
200
y
x

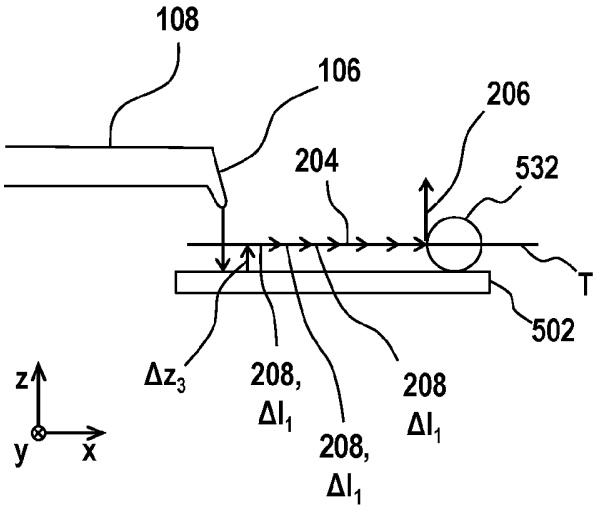
【圖11】


D
186"
D3"
186'
DS'
186
DS
A
AS'
AS

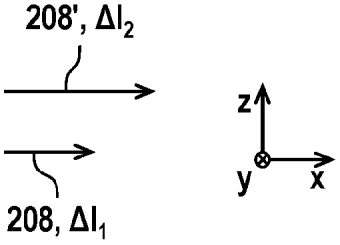
【圖12】


108
106
438
Δ z1 = 0
402
108
106
402
Δ z2
z
y
x

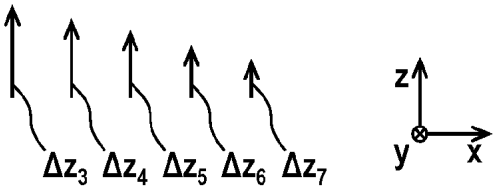
【圖13】



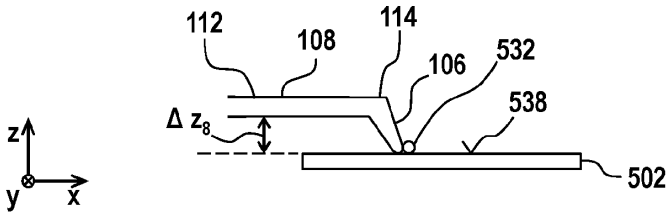
【圖14】



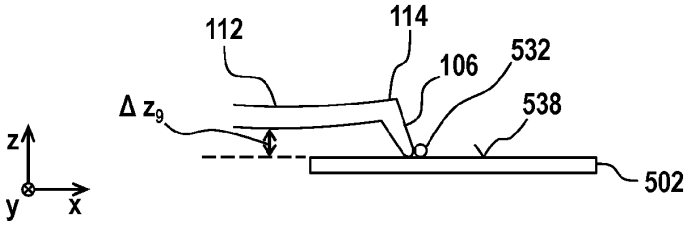
【圖15a】



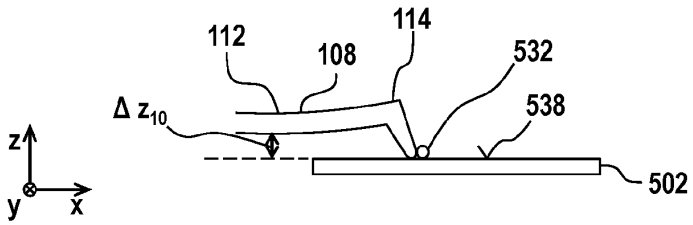
【圖15b】



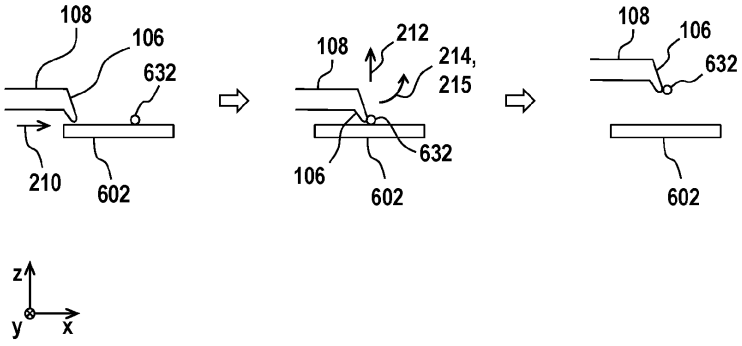
【圖16a】



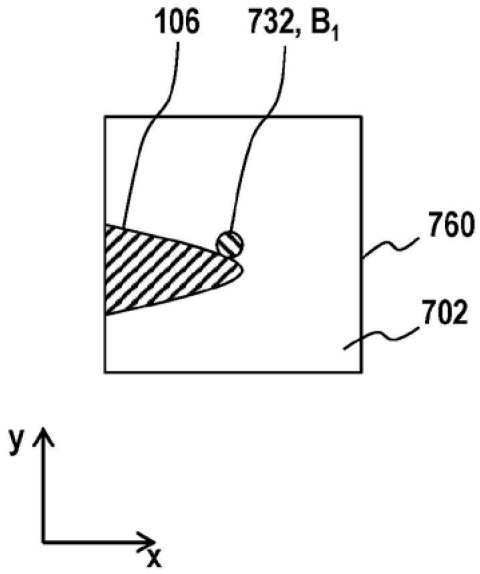
【圖16b】



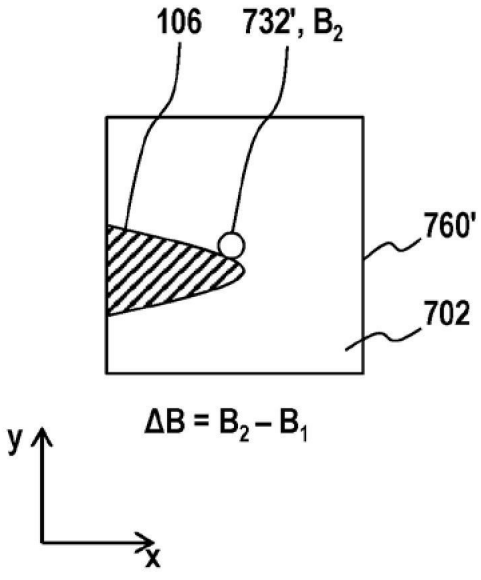
【圖16c】



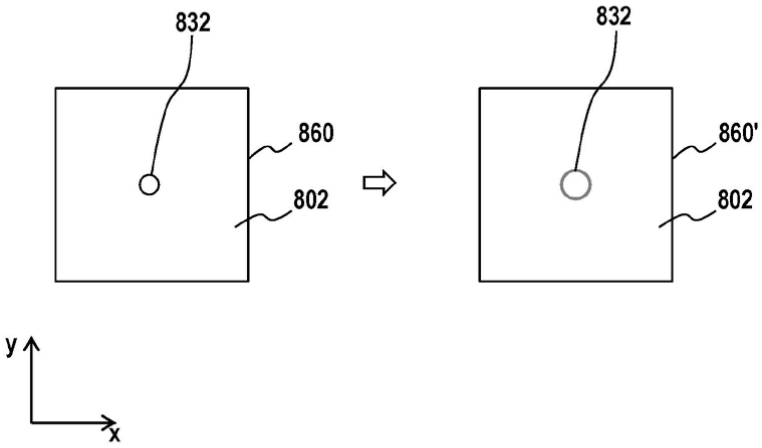
【圖17】



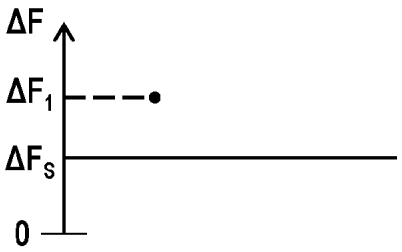
【圖18】



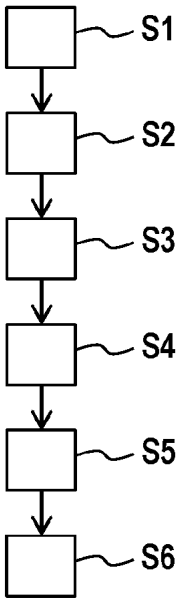
【圖19】



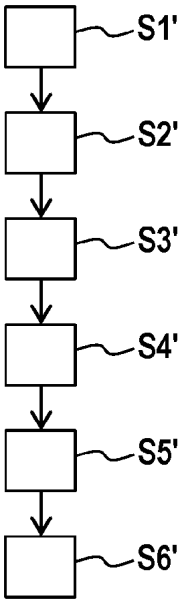
【圖20】



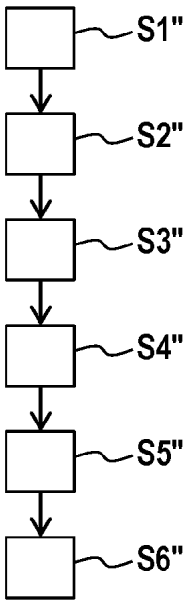
【圖21】



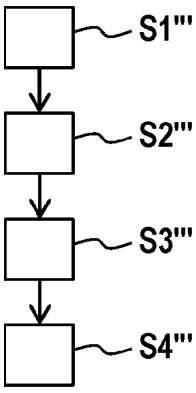
【圖22】



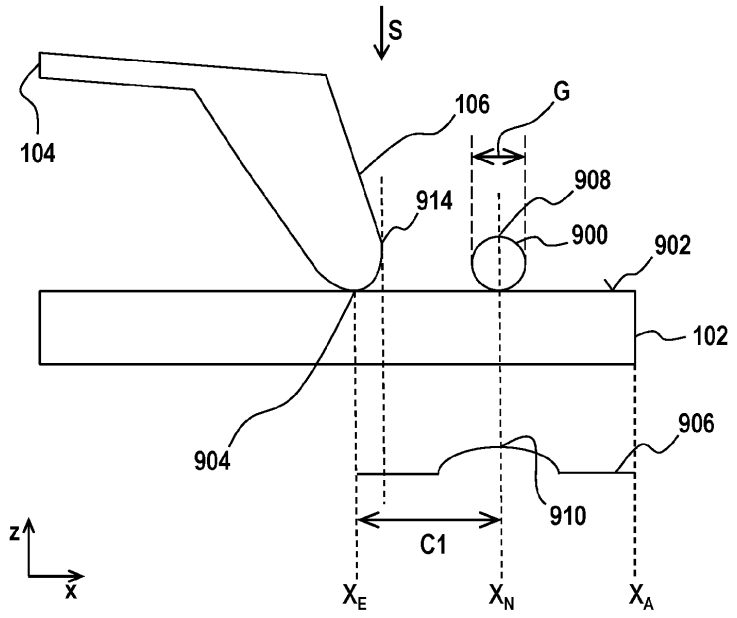
【圖23】



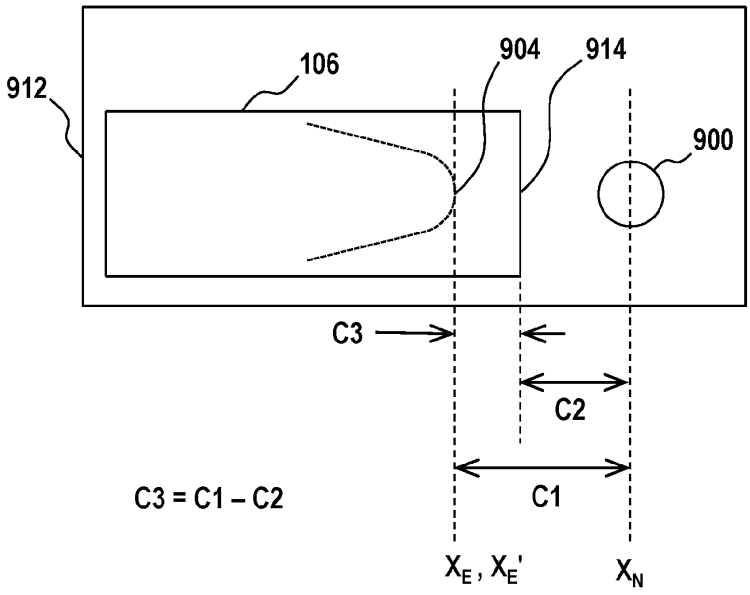
【圖24】



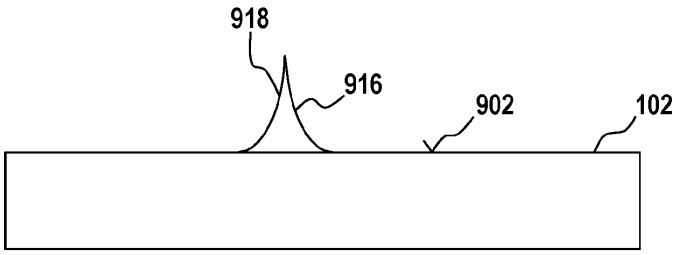
【圖25】


S
104
106
G
908
914
900
902
102
904
906
910
C1
z
x
X_E
X_N
X_A

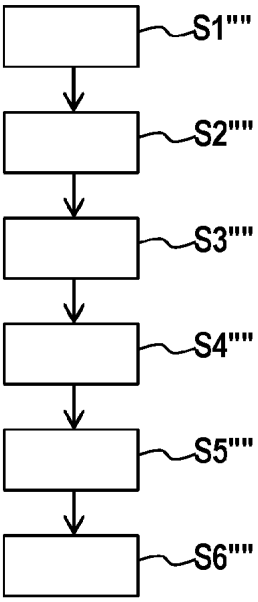
【圖26】


912
106
904
914
900
C3
C2
C1
C3 = C1 – C2
X_E , X_E'
X_N

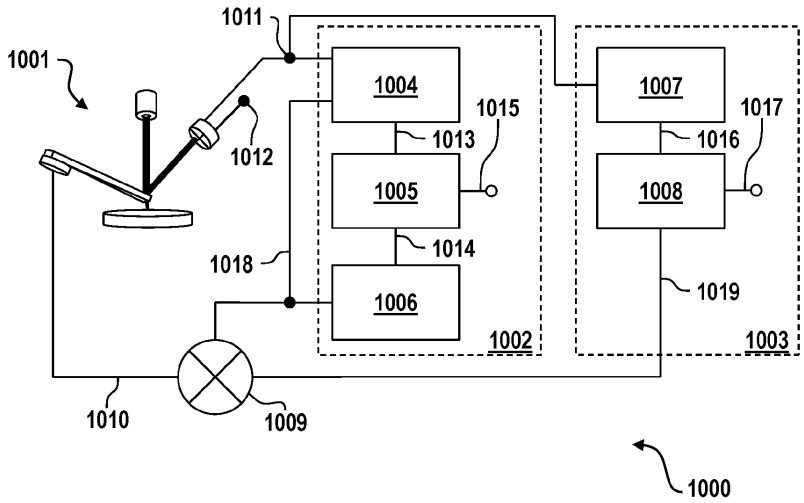
【圖27】



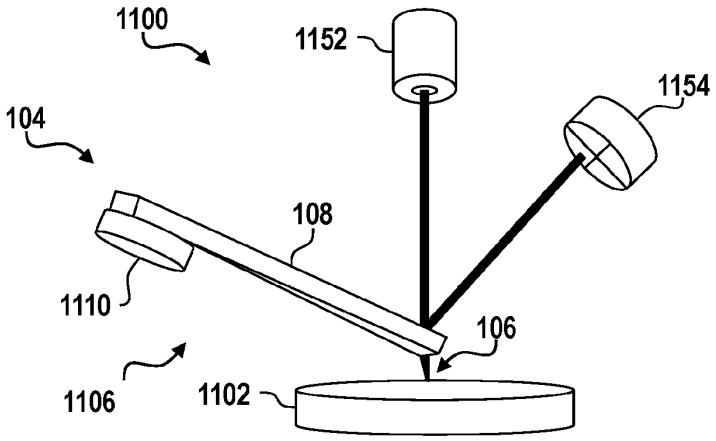
【圖28】



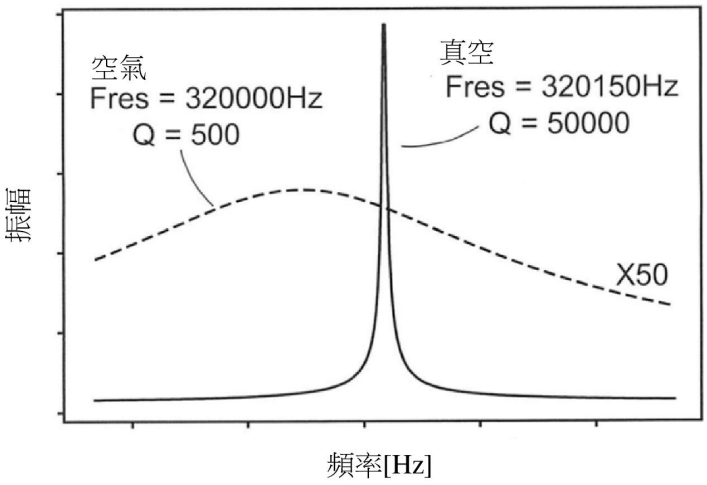
【圖29】


1011
1001
1004
1015
1007
1017
1013
1016
1012
1005
1008
1018
1014
1019
1006
1002
1003
1010
1009
1000

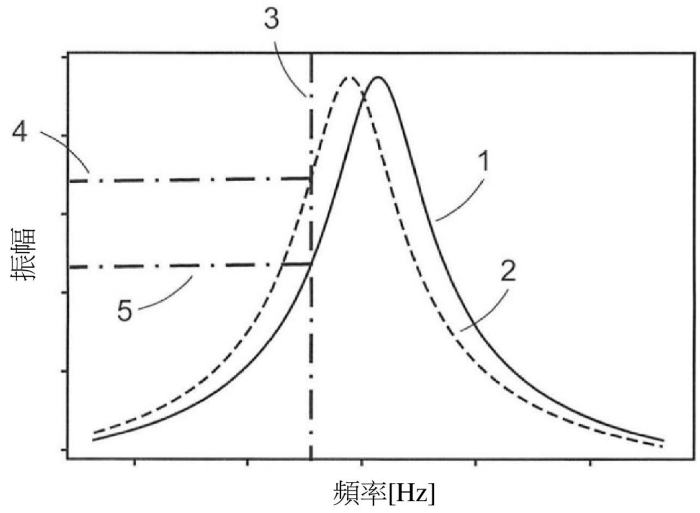
【圖30】


1100
1152
1154
104
108
1110
106
1106
1102

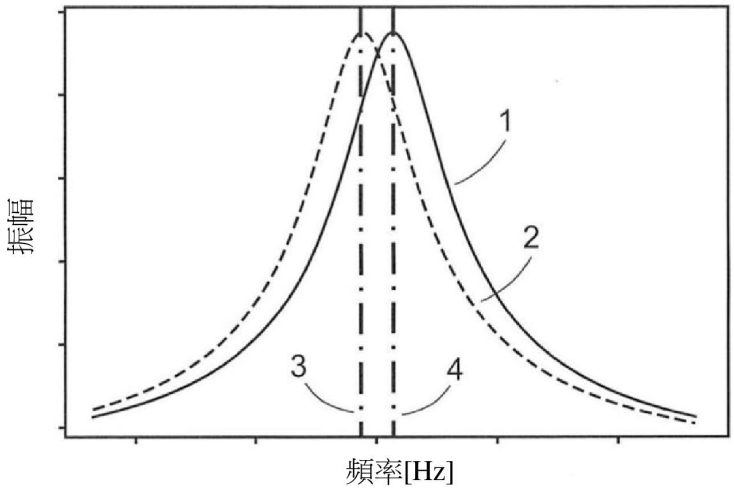
【圖31】


空氣
Fres = 320000Hz
Q = 500
真空
Fres = 320150Hz
Q = 50000
X50
振幅
頻率[Hz]

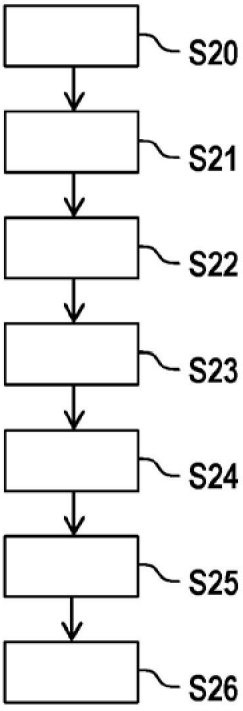
【圖32】


3
4
1
2
5
振幅
頻率[Hz]

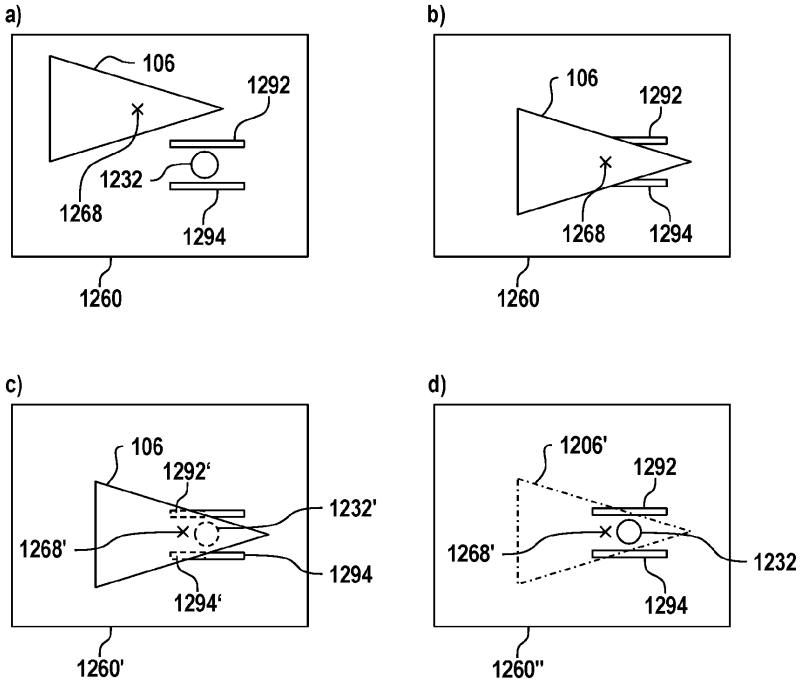
【圖33】



【圖34】



【圖35】


a)
106
1292
1232
1268
1294
1260
b)
106
1292
1268
1294
1260
c)
106
1292‘
1232'
1268'
1294
1294‘
1260'
d)
1206'
1292
1268'
1232
1294
1260"

【圖36】