

双面影印

申請日期	89.5.30
案 號	89105302
類 別	G01P 9/04, B60K 1/00, 17/00

(以上各欄由本局填註)

公 告 本

425479

發明專利說明書

一、發明名稱	中 文	動力平衡微電氣機械裝置
	英 文	DYNAMICALLY BALANCED MICROELECTROMECHANICAL DEVICES
二、發明人	姓 名	(1)馬克 S. 韋恩伯格 (2)凱普列許·庫馬 (3)A. 湯瑪斯·金
	國 籍	美 國
	住、居所	(1)美國麻州尼德漢市布洛德草地路119號 (2)美國麻州威爾斯利市瑞德文路25號 (3)美國麻州密利斯市萊芬德街29號
三、申請人	姓 名 (名稱)	美商·查理·施塔克·杜雷波實驗公司
	國 籍	美 國
	住、居所 (事務所)	美國麻州劍橋市技術街區 555號
	代 表 人 姓 名	大衛 C. 得利斯寇爾

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

裝

訂

線

(由本局填寫)

承辦人代碼：
大類：
I P C分類：

A6
B6

本案已向：

✓ 美國(地區) 申請專利，申請日期：1999,03,25 案號：60/126,205，☒有 ☐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

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

五、發明說明(1)

詳細說明：

本申請案依據35 U.S.C. § 119(e)請求在1999,03,25申請而名稱為"動態平衡的微電機裝置"之第60/26205號美國臨時專利申請案的優先權。

若一調諧又迴轉件的懸樑之主面積力矩未被校準於驅動力，則驅動力或運動將會造成感測軸(Y軸)運動，而將被釋為輸入速率。此將可藉動態地平衡該裝置而來減少。

傳統上，大尺寸的平移或旋轉構件之動態平衡，係包括實體質量的附加，諸如在汽車輪框上的金屬片等，乃藉機械固裝或黏接技術來完成。但此種作法在處理縮小化的振動構件時則不合實用。

在縮小尺寸的裝置的，其重點係大都集中於控制共振頻率，例如在鐘錶產業中使用石英晶體的調諧又。在一石英錶內的計時機構係為石英晶體，其乃被製成傳統的調諧又形狀。石英錶皆非常穩定，因為其晶體的共振頻率係極為穩定。每一個零件成本低於一美元，有些零件在一個月的期間通常會歷經 10^7 次的頻率作動。於生產時，如此製作的石英晶體之共振頻率，會由於不當的製程控制而有些不同。該等與標準稍有小偏差的頻率將會於後被修正，其係藉雷射磨削來控制預先被澱積在調諧又齒端上的金屬(典型為金)之量而得完成。只有在該等又齒上的質量會變受影響，該振動構件的此操作中幾乎不會產生形狀及強度上的變化。其在質量上的改變本身即代表該調諧又在共振頻率上的改變。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(2)

其它亦有動態平衡的石英調諧叉迴轉件，係經過冗煩的程序以人力將少量的膠劑作為質量而塗敷在振動元件上者。此方法對尺寸規格更小的矽微構件既不實用，而且亦不符成本效益。

依據本發明的教示，一調諧叉迴轉件乃可在真正動態狀況下被平衡，即使該調諧叉仍繼續地振動。因此，其可達到真正的時間平衡並減少正交偏差。

本發明的調諧叉迴轉件，乃被舉例示於相關的申請案及共有的美國專利案中：NO 5349855、5388458、5496436、5767404、5892153、5952574等；在一較佳實施例中乃包含二個矽塊構件被二摺曲的樑構件所懸裝。該等撓曲件可確保該調諧叉的抗平行模式被激發，而其平移模式會減弱。其梳齒會被激發以產生靜電力，而只會極小地有賴於該等質量的側向位置。所產生的大幅度振動，平行於該等梳齒，將會增加迴轉件的敏感性，並減少來自外力諸如布朗運動的誤差。當該裝置繞其輸入軸(與該感測軸重合並在基片平面中)旋轉時，科里奧利(Coriolis)力會迫使一塊體上升而使另一者下降。在該等校驗塊底下的電容板係被用來感測此等位移。為該二校驗塊所測得的差動電容係有關於輸入之角速率。

該迴轉件輸出信號，乃正比於輸入速率，而與該等校驗塊的速度同相。科里奧利加速度為 $2\bar{W} \times \bar{V}$ ，其中 W 為輸入旋轉速率，而 V 為速度，因此，當速度最大時該科里奧利力亦為最大。在操作時速度最大的位置係對應於該等齒

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明（3）

部在它們未被激發狀態的自然停置位置。藉該等齒部的共振，由角速率輸入所產生的不共面位移在此位置係為最大值。固定的輸入速率會產生垂向的校驗塊動作，且感測軸的差動電容在該驅動頻率同相於該驅動速度。該差動電容及輸出電壓亦包含與該驅動位置同相而正交於所要之輸入速度資訊的信號。該正交信號的主要來源為校驗塊的垂向動作，其係因該等懸樑的主慣性面積矩未調準於驅動力所造成者。由於迴轉儀一般係共振操作於真空中，故彈力及正交信號係大於驅動該校驗塊的力。

該正交偏差信號典型係相當地大，其一般係可觀地大於該同相的迴轉件偏差信號。該正交偏差的大小及穩定性兩者皆很重要，因為它們會有礙實際輸入速率的測量。平衡工作的目標，係將該正交偏差信號減降至一程度，而低於同相偏差信號。

此乃可藉在一實質上為真空的環境中使用雷射磨削或澱積而來達成，其中含有真空封裝完成的迴轉件。此外，被雷射融化的材料乃可被移位來影響平衡。該磨削澱積，或材料之移動可在操作中進行，典型地其振動元件係在靠近中間位置而非動作的終極處達到最大速度。材料的磨削或添加係發生於該裝置的支持構件，而非在該等校驗塊上，因為在這些點處對正交信號的改變作用更大。

圖式之簡單說明：

第1及1'圖係分別為示出本發明之一基本調諧叉迴轉儀的頂視圖及端視圖；

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

線

五、發明說明(4)

第1a-1d圖係為第1圖之迴轉儀的樑之剖視圖，示出須要平衡調整之正交偏差的主要機構；

第2a至2d圖係為支撐樑的示意圖用來瞭解本發明者；

第3圖係為一立體圖示出樑的澱積；

第4與5圖表示塊體的再平衡作用導致較小正交偏差的效果；

第6圖示出一供使用於本發明之調諧叉迴轉儀的較佳形式；

第7圖表示藉澱積或磨削的方法來平衡第6圖的迴轉儀；

第8圖示出供平衡調整之澱積或磨削的實施設備。

在該調諧叉迴轉儀中，正交係對該懸樑主軸之校準失誤的感測動作之驅動力與該等梳齒所形成之驅動力的匹配最為敏感。該正交對樑的面積交叉力矩(樑不對稱)之敏感度較大，而對澱積在校驗塊上之質量的敏感度係相對較小。

理論上對該等誤差來源的探討及其修正，乃呈現於附錄A、B、C中。附錄A探討一迴轉儀具有正確的質量分佈，但不規則截面的支撐樑。附錄B與C探討質量中心與樑的懸樑中心不一致的狀況。依據該等分析的結論係，該正交對慣性面積又積(不規則截面)比對該質量的位移作用更甚為敏感。附錄C亦顯示嚴格地捲曲乃有助於正交誤差。

假使要變形，則該等校驗塊的捲曲可支配質量的不平衡，但正常係小於該面積又積的份量。電的作用亦有助於

五、發明說明 (5)

正交。

請參閱第1與1'圖，假使該等懸樑的主面積矩未校準於驅動力，則正常在"X"方向的驅動力或動作將會造成感測軸(Y軸)的動作，此將會被視為輸入速率。第1與1'圖之結構的四個等效狀況乃示於第1a-d圖中。如第1與1'圖所示，有一框架12係被四個拉力樑撓曲件14所支撐，該等撓曲件係由四個被固設在基片32上的支柱13伸出，而該基片32乃繞一輸入軸16旋動。第一與第二校驗塊20等乃被懸置在框架12的樑22上，而被一驅動源30由電極24等，典型地透過指狀交叉的梳齒驅動電極26等，沿"X"方向來驅動。所有上述元件皆由矽以該領域中習知的微機械製造技術所製成。感測電極28等被設在一矽基片32上，而位於該等校驗塊20底下，俾感測出該等塊體20的"Y"運動與其整體之間的電容變化。一感測電子構件及解調器36乃利用該驅動位置而藉解調代表感測軸位移的信號之同相與正交分量來檢測。該同相分量為與被驅動的X軸速度同相之感測信號。該同相信號含有所需要的角速率資訊。該正交分量係對該校驗塊速度之電相位呈90°者。該等感測電極信號的解調會在該電子構件36分開的輸出處分為同相與正交信號。在該正交分量中反應該等振動塊體20與樑22之不平衡的分量，係很難在該解調過程中被完全地隔離，故會限制其精確度與AC增益。

假使該驅動力係對正基片框架中的X軸，且若一校驗塊20的矩形樑22係旋轉如第1a圖所示，則當感測共振頻率

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (6)

，即該感測電路動態的共振頻率，高於驅動頻率時，沿+X軸的運動亦會造成+Y的運動。若該驅動頻率大於感測共振，則另一 180° 之相位會進入而使該+X運動造成-Y的匹配。由於該Y運動係與X運動同相，故若支撐該二校驗塊的樑同樣地轉動，則可見到一正交偏差。

示於第1a-d圖的四個截面係為等效的，其皆具有小於0的慣性又積 I_{xy} 。如所示，澱積區域40或消除區域42(第1c及1d圖)乃可被用來補償樑的旋轉(第1a圖)或平行四邊形(第1b圖)，如在附錄A1中所描述者。

調諧又迴轉儀的測試會產生典型為50至500rad/s(弧度/秒)的正交偏差。當該迴轉儀的換算係數被計入時，此正交乃無干於壓力或驅動振幅。此正交之一似很可信的來源係平行四邊形的樑截面(第1b圖)，其中只有0.0005弧度的角度乃說明所觀察的效果。

由於樑的匹配，故一X位移(驅動)會造成一y(感測)運動。該匹配係有關於一正交誤差。就一校驗塊而言，其對應一位移y的垂直力 F_y 為 $k_y y$ ，其中該 k_y 為垂向彈簧強度。一察覺的速率誤差係有關於該垂直力而為：

$$\hat{\Omega} = \frac{F_y}{2m\omega_d x} = \frac{k_y y}{2m\omega_d x} = \frac{\omega_s^2 y}{2\omega_d x} \quad (1)$$

其中 m=校驗塊質量

ω_d =驅動軸共振頻率

ω_s =感測軸共振頻率

五、發明說明 (7)

由於該感測與驅動共振頻率係相當接近(設計目標為5%差別)，故該公式(1)乃可被簡化為：

$$\hat{\Omega} \approx \frac{\omega_d y}{2x} \quad (2)$$

為樑之匹配，y係與x同相(或180°相位)，因此該察覺的誤差為正交。就一已知的驅動振幅而言，其等速率正交係有賴該y/x比值；即是，其角速率的正交並不有賴於實際的迴轉儀換算係數。

為研究慣性又積的影響，請參閱第2a-2d的樑之模式。

1.各樑皆由二可具有不同截面(面積慣性)的部段所形成。

2.其左端已被固設，該等樑之校驗質量端已作一合理的假設。在該等樑接觸底部處，其周邊條件應真正地包含樑的摺曲。已被固設或自由的右端之解法可被獲得。當計算該驅動共振頻率時，假設兩端皆被固定乃可獲致合理的一致。該感測共振則得到較差的一致。

3.設有假設樑的質量，因此靜態分析乃是有效的。

方形截面的樑不會大大地減少角度容差來限制平行四邊形的截面。就一特定角度的平行四邊形，其正交係與樑厚度的平方成正比。若該等樑相對於力軸旋轉，則方形樑較有幫助。

對一具有3.5 μm寬度及4.8 μm厚度之樑的調諧又迴轉儀而言，一0.47mrad(毫弧度)的斜角會使該樑22的主軸

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(8)

被旋轉1mard。若兩端或一端固定， y/x 係為 4.7×10^{-4} 而相當於一50rad/s的正交；因此，標的不對稱係為正交之一主要來源。

第7圖示出第1及1¹圖中之迴轉儀的標62等互相隔離。如第3圖所示，材料會由該等標的邊角被澱積、除去或移轉。材料可由一個或多個標中被除去。如所示，在一邊緣上磨削會增加該正交，而在另一邊緣磨削會減少正交。正交對材料由該標的彎曲力矩較高之處被除去最為敏感。若將標固定，則在兩端可達到最大的作用，而在靠近中央處得較小的效果(附錄A2)。因為標的末端遠離校驗質量而不會移動，當該迴轉儀振動時乃可進行修整，如下所述。

為獲得或減少差動正交，在右方及左方之校驗塊上的懸標乃必須以相同方向傾料，因為該等塊體的速度係為相反的。再度說明，藉修整任何附設於該校驗塊之標的右(舉例而言)邊緣，乃可減小(或增大)差動正交。修正邊緣對正交增加或減少的相互關係，如該併設的電子構件36所示，係為固定而容易判斷的。就一特定的電子構件36而言，其正確的邊緣係恒由該正交信號來決定。

由於在該懸標中的非線性強化，其正交會受驅動振幅的影響；因此，修整應在該儀器用來操作的振幅處進行。

有一較佳形式的調諧叉迴轉儀乃如第6圖所示，其示出該微機械製造的及/或懸裝的矽構件52等被使用該領域中之習知技術設在一基片50的其餘部份上方。該迴轉儀包含一平行矽條的框架54被二撓曲件56所撐持，各撓曲件係

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝 · 訂 · 線

五、發明說明（9）

由托架58固接於該基片50，而在製造過程中未被由該基片分離。該框架54由撓曲樑62等撐持校驗塊60等。該等校驗塊係被固定在基片50上的電極64，透過被固接於該校驗塊60與電極64兩者之呈指狀交叉設置的驅動電極66而來驅動。感測電極68係被設在該等校驗塊60底下，以控制流體及減振效果。

在第7圖中，該第6圖之迴轉儀的樑62等係被示為互相隔離。如其中所示，澱積物72等係被設在撐持著一個校驗塊60之四個樑62的邊場上，俾可形成慣性面積又積，其會影響正交偏差。該等澱積物係被示於中央，在該處係為最小作用的回折點而可得該過程的最大解析度，但不一定要如此限制。在反側區域74的磨削亦可被選擇使用或附加使用來達到相同的效果。

本發明平衡調整正交的技術將被說明。為平衡調整所作的磨削或材料移轉，係可使用第8圖所示的裝置來完成。類似的設備乃可商業化而被用來澱積材料，作為另種可擇的調整技術。

該調諧又迴轉儀乃可被封裝，每一迴轉儀皆有其各自設在晶片上的真空蓋。該迴轉儀晶片係可被選擇地或附加地以透明蓋密封在真空的封裝體中。個別的迴轉儀乃可被裝入封裝體內並插入一真空室中，或一整個迴轉儀的晶圓乃可被插入一真空室中。如上所製備的迴轉儀會被置於一枱座80上之一載具81中，該枱座係可藉人力定位器83或馬達運作的定位器83'來定位。

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

線

五、發明說明（10）

迴轉儀電子構件86會在正常的操作狀態下來操作一迴轉儀80。該電子構件可在該真空室中或透過真空饋送貫穿件及/或探針卡而連接外部。

有一雷射84，典型為綠光束的YAG(鈹鋁石榴石)，乃被設來導引一光束穿過濾器82及顯微鏡85而至該迴轉儀，並可被操作將一光點大小的光束聚焦成小於標62的寬度。僅使用一較大光點的邊緣雖有可能但係較為困難。控制器86會定位該載具81，而使雷射光束聚焦在該標62的邊緣。雷射強度係由雷射84的輸入能量、濾器82與脈衝重複率來控制，因此其光束會整齊地修整該標的邊角。為得到光滑的邊緣，該脈衝率應比該等懸標的熱時間常數所決定的數率更高。該雷射係在迴轉儀封裝體外部，因此該光束會穿過在81之一玻璃或石英蓋。

各校驗塊係被分開地修整，因此不會有共同形式或不同的感測軸動作。對二感測板的激發會被接地，以測量設有垂向動作的正交。若只對一校驗塊激發，該迴轉儀及激發電子構件87會被操作而使由感測動作所得的正交大小可被讀取。被該電子構件87所感測的正交會被除以4，而該四個懸標62各會被修整成一正交值。其修整係在標上之適當位置且於迴轉儀操作時來進行，而當雷射沿該標移動時，該正交會被監測。通常小於25%標長度會被用來修整。假使須要，可進行第二次的通過。該光束的動作乃可用人工來控制，但通常係以電腦來輔助或完全自動化。該第二校驗塊會被激發且其正交會被除去。該二校驗塊皆會被激

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (11)

發，且其差動正交會被測出。假若有須要，可在差動信號上作一額外的修整。

經由CCD(電荷耦合裝置)攝影機88及監視器90以肉眼觀察，該等標62會被校準而使其邊緣位於雷射光束處，並分辨出起點與終點而設定在電腦92中，以控制定位器86沿一設定的速率來掃過該標，整個修整過程可高度地自動化。

本發明已針對特定例子來說明。如以下申請專利範圍所對應的迴轉儀之動態調整，典型係實現於一裝置中，其中該等懸標的至少某些部份係正交於該驅動與感測方向兩者。因此，使用於此及申請專利範圍中的標並不限於直標，而可包含彎曲的標或被彎折為鋸齒狀的標。而且該等標係被中間撓曲件14、56等所撐持。具有未如此撐持之標的迴轉儀亦為本發明之標的，並可與本發明一起使用。在本發明的典型實施中，該等標亦可在面向射線的邊角被修正。

澱積可被以概含如第8圖之設備來完成，其中任何習知的分子或原子澱積於標或穿過單體的技術，皆可被用來取代該雷射光束。

磨削或澱積的觀念亦可被釋為包括對支撐標材料的融化，而使達成該迴轉儀動態平衡的位置改變。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(12)

元件標號對照

12…框架	62…撓曲樑
13…支柱	64…電極
14…拉力樑撓曲件	66…驅動電極
16…輸入軸	68…感測電極
20…校驗塊	72…澱積物
22…樑	74…反側區域
24…電極	80…迴轉儀
26…驅動電極	81…載具
28…感測電極	82…濾器
30…驅動源	83…人力定位器
32…基片	83'…馬達運作的定位器
36…電子構件及解調器	84…雷射
40…澱積區域	85…顯微鏡
42…消除區域	86…延轉儀電子構件(控制器)
50…基片	87…迴轉儀及激發電子構件
52…矽構件	88…CCD攝影機
54…框架	90…監視器
56…撓曲件	91…枱座
58…托架	92…電腦
60…校驗塊	

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝 · 訂 · 線

五、發明說明 (13)

<附錄 A>

具有慣性又積的彎曲樑模式

A.1 與主軸的關係

就一平面區域，繞一垂直於該平面之軸的旋轉會被妥為說明。假設一截面其面積慣性係由下所決定(因為在文獻中所呈現之不同的形式，全部都是瑣細的)：

$$\begin{aligned} I_x &= \int_A y^2 dA \\ I_y &= \int_A x^2 dA \\ I_{xy} &= \int_A xy dA \end{aligned} \quad (A-1)$$

在第2圖中，形成於該基片軸中的慣性又積係為負的。該等主軸，其 $I_{xy}=0$ 會由該基片軸旋轉一角度 γ 。

$$\tan 2\gamma = \frac{2I_{xy}}{I_y - I_x} \quad (A-2)$$

就第2圖中，其 $I_x > I_y$ 故如所示對主軸的旋轉係為正的。有兩對公式乃提供該等主要動作。該等主要動作亦可由以(A-2)所界定之 γ 角度來旋轉的公式而獲得：

$$\begin{aligned} I_{xp} &= I_x \cos^2 \gamma + I_y \sin^2 \gamma - I_{xy} \sin 2\gamma \\ I_{yp} &= I_y \cos^2 \gamma + I_x \sin^2 \gamma + I_{xy} \sin 2\gamma \end{aligned} \quad (A-3)$$

當 $I_x > I_y$ 且 γ 很小時，乃可如下來簡化該等主要慣性：

$$\begin{aligned} I_{xp} &= \frac{1}{2}(I_x + I_y) + \sqrt{\frac{1}{4}(I_x - I_y)^2 + I_{xy}^2} \\ I_{yp} &= \frac{1}{2}(I_x + I_y) - \sqrt{\frac{1}{4}(I_x - I_y)^2 + I_{xy}^2} \end{aligned} \quad (A-4)$$

五、發明說明 (14)

A.2 單一樑之匹配

假設有樑其主軸由該基片(驅動力軸)旋轉一 γ 角度。則該驅動力 F_x 會在 y 方向造成何等位移或力？在基片軸的力係相反於該主軸。位移強度計算係在該主軸進行，而所得的位移會轉回該基片軸。在基片框架中的位移 x 與 y 皆正比於(假設 x 與 y 皆相同的周邊條件)：

$$\begin{vmatrix} x \\ \alpha \\ y \end{vmatrix} \begin{vmatrix} \cos \gamma & \sin \gamma \\ -\sin \gamma & \cos \gamma \end{vmatrix} \begin{vmatrix} \frac{\cos \gamma}{EI} \\ \frac{\sin \gamma}{EJ} \end{vmatrix} F_x \quad (A-5)$$

其中 I = 控制 x 運動的慣性(一般為 I_y)

J = 控制 y 運動的慣性(一般為 I_x)

E = 楊氏模數

進一步地由 (A-5) 乃可得到：

$$\begin{vmatrix} x \\ \alpha \\ y \end{vmatrix} \begin{vmatrix} \frac{\cos^2 \gamma}{EI} + \frac{\sin^2 \gamma}{EJ} \\ \frac{\sin 2\gamma}{2E} \left(\frac{1}{J} - \frac{1}{I} \right) \end{vmatrix} F_x \quad (A-6)$$

對小的旋轉 γ 而言， y/x 的位移比率乃可用於 (2) 中，以算出比率相等的正交為：

$$\frac{y}{x} = \frac{\sin 2\gamma}{2} \left(\frac{I}{J} \right) \quad (A-7)$$

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝 · 訂 · 線

五、發明說明 (15)

其亦可能界定有關y力對x位移的交叉強度，該關係使用於設計展開片。假設該x與y強度係分別正比於EI及EJ。則其交叉強度係被界定為：

$$k_{xy} = \frac{\sin 2\gamma}{2} (k_x - k_y) \quad (A-8)$$

A.3 平行四邊形截面

就一如A-3圖所示之截面為平行四邊形的樑，其繞該基片軸之慣性矩係由下列公式來決定：

$$\begin{aligned} I_x &= \frac{wt^3}{12} \\ I_y &= \frac{wt^3}{12} (w^2 + a^2) \\ I_{xy} &= \frac{awt^3}{12} = \frac{at^3}{12} \tan \theta \end{aligned} \quad (A-9)$$

其中t=晶圓厚度

w=單體開孔寬度

θ = 平行四邊形由 $\pi/2$ 偏移的角度

a=從頂到底的偏移量 = $t \tan \theta$

A.4 澱積塊

假設一矩形塊被澱積在樑上如A-2圖所示。若其質量很小因此該複合結構的重心乃幾乎相同於原來的樑，故其面積慣性又積會幾近於：

$$I_{xy} \approx \frac{w_d t_d (w - w_d) (t + t_d)}{4} \quad (A-10)$$

五、發明說明 (16)

A.5 二截面之樑

該樑係由二個截面所形成如第2圖所示，因此只能考慮沿一部段而非整體長度之澱積塊的作用。假設各樑的一端係被固定，則樑I在其自己框架之主轉矩的柔順度為：

$$\bar{x}_i = D_i \bar{F}_i \quad (A-11)$$

其中該位移與力的向量及柔順度之矩陣D乃為：

$$\begin{bmatrix} x \\ \alpha \\ y \\ \beta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{L^3}{3EI} & \frac{L^2}{2EI} & 0 & 0 \\ \frac{L^2}{2EI} & \frac{L}{EI} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{L^3}{3EJ} & \frac{L^2}{2EJ} \\ 0 & 0 & \frac{L^2}{2EJ} & \frac{L}{EJ} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} F_x \\ M_\alpha \\ F_y \\ M_\beta \end{bmatrix} \quad (A-12)$$

其中 x, y = 水平(驅動軸)及垂直(感測軸)位移

α, β = 因彎曲而造成之桿兩端的相對關係

L = 樑之長度

E = 楊氏模數

I = 造成 x 運動之主慣性矩，在附錄A.1與A.3稱為 I_y

J = 造成 y 運動之主慣性矩，在附錄A.1與A.3稱為 I_x

對施於樑1末端之力與力矩相對於施於樑1之力與力矩
界定一幾何矩陣 L ：

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝 · 訂 · 線

五、發明說明(17)

$$L = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ L_2 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & L_2 & 1 \end{vmatrix}$$

(A-12)

為計算該樑的慣性又積，樑2的主軸會繞該樑軸由該基片旋轉一角度 γ_2 ；因此，由基片對該樑2的旋轉矩陣為：

$$C_2 = \begin{vmatrix} \cos \gamma_2 & \sin \gamma_2 & 0 & 0 \\ -\sin \gamma_2 & \cos \gamma_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \cos \gamma_2 & \sin \gamma_2 \\ 0 & 0 & -\sin \gamma_2 & \cos \gamma_2 \end{vmatrix}$$

(A-13)

樑1主軸的旋轉被界定為角度 γ_1 ，係相對於樑2；因此，由基片對樑1的旋轉矩陣為：

$$C_1 = \begin{vmatrix} \cos \gamma_1 + \gamma_2 & \sin \gamma_1 + \gamma_2 & 0 & 0 \\ -\sin \gamma_1 + \gamma_2 & \cos \gamma_1 + \gamma_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \cos \gamma_1 + \gamma_2 & \sin \gamma_1 + \gamma_2 \\ 0 & 0 & -\sin \gamma_1 + \gamma_2 & \cos \gamma_1 + \gamma_2 \end{vmatrix}$$

(A-14)

公式(A-11)係對一個別的樑i有效。考量二個樑時，在右端的力與力矩係有關於在右端的位移，即：

$$\begin{vmatrix} x \\ \alpha \\ y \\ \beta \end{vmatrix} = \left[(C_1^T)^T D_1 C_1^T + L^T (C_2^T)^T D_2 C_2^T L \right] \begin{vmatrix} F_x \\ M_\alpha \\ F_y \\ M_\beta \end{vmatrix} \quad (A-15)$$

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (18)

矩形 D 代表公式 (A-15) 的力與位移之間的柔順度。公式 (A-15) 所示之平移及旋轉，其係回應施於一固定樑之自由端的力與轉矩所獲得者。對該迴轉儀之問題，該樑乃作用如兩端皆被固定，因為固接於校驗塊的相對樑係為對稱為。重組 (A-15) 可得：

$$\begin{bmatrix} 1 - D_{12} & 0 - D_{14} \\ 0 - D_{22} & 0 - D_{24} \\ 0 - D_{32} & 1 - D_{34} \\ 0 - D_{42} & 0 - D_{44} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ M_\alpha \\ y \\ M_\beta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} D_{11} & 0 & D_{13} & 0 \\ D_{21} & -1 & D_{23} & 0 \\ D_{31} & 0 & D_{33} & 0 \\ D_{41} & 0 & D_{43} & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} F_x \\ \alpha \\ F_y \\ \beta \end{bmatrix} \quad (\text{A-16})$$

為該迴轉儀的匹配

$$\alpha = \beta = F_y = 0$$

(A-16) 可被倒反以獲得平移。該矩陣之變換已被編碼

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝 · 訂 · 線

五、發明說明(19)

<附錄B>

X與Y質量不平衡的單塊作用模式

考量如第4圖所示之單校驗塊的運動。其懸心及重心係分別為 L_x 與 L_y 。其運動係假設在該平面上，因此該懸心的平移 x 與 y 及旋轉角 θ 會決定該校驗塊相對於基片的位置。若不計減振及硬度的互相匹配，該校驗塊的運動為：

$$ms^2(x - l_y\theta) + c_xsx + k_x x = F_x \quad (B-1)$$

$$ms^2(y + l_x\theta) + c_y sy + k_y y = F_y \quad (B-2)$$

$$Is^2\theta + c_\theta s\theta = -k_\theta\theta - k_x l_y x + k_y l_x y \quad (B-3)$$

其中 m =校驗質量

I =校驗塊繞重心的慣性矩

k =彈簧硬度

F =力

$S=d/dt$ 的拉普拉斯(Laplace)轉換

l_x, l_y =由懸心至重心的位移(B-1圖)

若 l_y 所代表的匹配很小，則驅動位移係由(B-1)決定，因此 X 會變成對(B-2)與(B-3)的輸入，其可同時解出而得：

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (20)

$$\begin{vmatrix} Is^2 + C_\theta s + k_\theta & -ms^2 \ell_x \\ k_y \ell_x & ms^2 + C_y s + k_y \end{vmatrix} \begin{vmatrix} F_y \\ -k_x \ell_y x \end{vmatrix} = 0$$

$$(Is^2 + C_\theta s + k_\theta)(ms^2 + C_y s + k_y)$$

(B-4)

由(B-4)的第一行，所示之速率誤差為($\hat{\Omega} = F_y / 2mV_D$)乃等於外來之y力的科里奧利(Coriolis)力，而 $s = j\omega_D$ ：

$$\hat{\Omega} = \frac{\ell_x \ell_y k_x \omega_D}{2k_\theta}$$

(B-5)

在導出(B-5)時，對強烈共振及典型頻率的考慮會形成簡化為 $Is^2 + C_\theta + k_\theta \approx k_\theta$ 。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (21)

<附錄C>

Y質量不平衡的雙塊作用模式

當懸心與垂心沿著y(垂軸)分開時會形成一垂向不平衡。假使一校驗塊的重心在懸心上方，而另一者的重心在懸心下方，其匹配結果會繞該輸入/輸出軸來扭轉轉整個平衡環如第4圖所示。所得之正交係近乎：

$$\hat{\Omega} = \frac{\omega_D \ell_y}{2 r_m \left(1 + \frac{k_1}{k_y \gamma_m^2} \right)} \quad (C-3)$$

其中 ω_D = 驅動軸的共振頻率

ℓ_y = 重心沿y軸由懸心的位移

γ_m = 校驗塊重心離扭桿軸的距離(扭桿將該底部區域連接於基片)

k_1 = 扭桿的旋轉強度

k_y = 將扭桿連接於校驗塊之樑的垂向強度

假設該 ℓ_y 為0.1%的該樑厚度，則可得 1.4×10^5 /hr的正交。該0.1%之測計與對該樑之截面的觀察一致；但是，若該校驗塊被捲曲，則該懸心與重心更大的分開乃是可能的。為平衡50rad/s的正交須要10%之總校驗質量的澱積。

在第4圖中整個框架12會被扭轉，如第5圖中一校驗塊由重心與懸心之間距繞其自己軸心扭轉，其反向的驅動加速度會在該等校驗塊上造成反向扭矩，因此該框架不會旋轉。假設該重心為該感測軸上所讀取的信號中心。為驅動

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (22)

低於校驗平移的頻率，所示之加速度將會使右校驗塊的重心下降，而左者的重心則會上升；因此，產生一正交偏差。若 $\ell_x = 0.001 \ell_m$ (校驗塊長度) 且 $\ell_y = 0.001 \omega m$ (校驗塊寬度)，則所得之正交偏差為 $2000^\circ / \text{hr}$ ，乃比該框架者較小甚多。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝
訂
線

四、中文發明摘要(發明之名稱: 動力平衡微電氣機械裝置)

在微製造的振動儀器諸如調諧叉迴轉儀及其它類似功能的機械構件中動態平衡來減少正交偏差，俾可在沒有任何角速度輸入下完成許多動作。該平衡係藉在調諧叉迴轉儀的支撐構件上磨削或澱積來達成，或者該校驗塊本身為一調諧叉樑上所融化及移動的材料。該等調整乃可藉雷射光束射過一封裝的透明蓋而在該迴轉儀實際操作時來進行，該蓋可為該晶片的一部份或外部的封裝體。

英文發明摘要(發明之名稱: DYNAMICALLY BALANCED MICROELECTROMECHANICAL DEVICES)

Dynamic balancing reduces quadrature bias in microfabricated vibrating instruments such as tuning fork gyros and other similarly functioning miniaturized mechanical structures so that a purity of motion is achieved in the absence of any angular rate inputs. Balancing is achieved by ablating or depositing onto support structures for tuning fork gyros rather than the proof mass itself a by melting and moving material on a tuning fork beam. Such adjusting is advantageously done during actual operation of the gyro by laser beam application through an encapsulating transparent cover which can be either part of the chip die or an external backage.

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁各欄)

裝

訂

線

六、申請專利範圍

1. 一種可平衡一調諧又迴轉儀的方法，包含以下步驟：

提供一調諧又迴轉儀具有一校驗塊及至少一支撐樑，並且有一正交偏差能反應該迴轉儀校驗塊與支撐樑之運動的動態不平衡；

修正延伸於校驗塊與一框架之間的至少一所述半導體支撐樑，以減少該正交偏差。

2. 如申請專利範圍第1項之方法，其中該修正步驟乃包含有該支撐樑的一側來修正該支撐樑的步驟。
3. 如申請專利範圍第1項之方法，其中該修正步驟乃包含磨削該樑的步驟。
4. 如申請專利範圍第3項之方法，其中該磨削步驟乃包含以雷射照於該樑的步驟。
5. 如申請專利範圍第3項之方法，其中提供該迴轉儀的步驟乃包含提供在一密閉封裝體內的迴轉儀，該封裝體具有一雷射可穿過的窗俾將該樑曝現於雷射之照射。
6. 如申請專利範圍第3項之方法，其中：

該提供步驟包括在一正常狀態中操作該迴轉儀；

該修正步驟更包括在該迴轉儀操作時施以雷射照射。

7. 如申請專利範圍第1項之方法，其中該修正步驟乃包含對至少一樑施以澱積的步驟。
8. 如申請專利範圍第2項之方法，其中該修正步驟乃包含對至少一樑施以澱積的步驟。
9. 如申請專利範圍第1項之方法，其中該修正步驟乃包含

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

六、申請專利範圍

在該迴轉儀操作時修正該樑的步驟。

10. 如申請專利範圍第9項之方法，其中所述之修正係發生於該樑靠近該框架處。
11. 如申請專利範圍第1項之方法，其中該修正步驟乃包含融化該樑的一部份。
12. 如申請專利範圍第1項之方法，其中該修正步驟乃包含一高於該樑之熱時間常數的重複率來對該樑照射的步驟，俾使該樑之修正區域平滑。
13. 如申請專利範圍第1項之方法，其中該修正步驟乃包含一YAG(鈮鋁石榴石)雷射施一綠色雷射光束於該支撐樑的步驟。
14. 一種調諧又迴轉儀，係由如申請專利範圍第1至13項中任一項之方法所製成者。
15. 一種可動態平衡一調諧又迴轉儀的裝置，包含：
 - 可使一調諧又迴轉儀作動的裝置；
 - 一該迴轉儀的支撐件；
 - 一雷射光源；
 - 一光徑可由該雷射光源將射線導至該支撐件之一區域，其係可支撐一所述之迴轉儀者；
 - 該光徑包括一觀視器可供作者觀察由該雷射光源發出之射線的入線點；及
 - 一定位器可將該支撐件相對於該被射線照射的區域來移動。
16. 如申請專利範圍第15項之裝置，其中該雷射光源乃包

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

六、申請專利範圍

括一YAG雷射。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

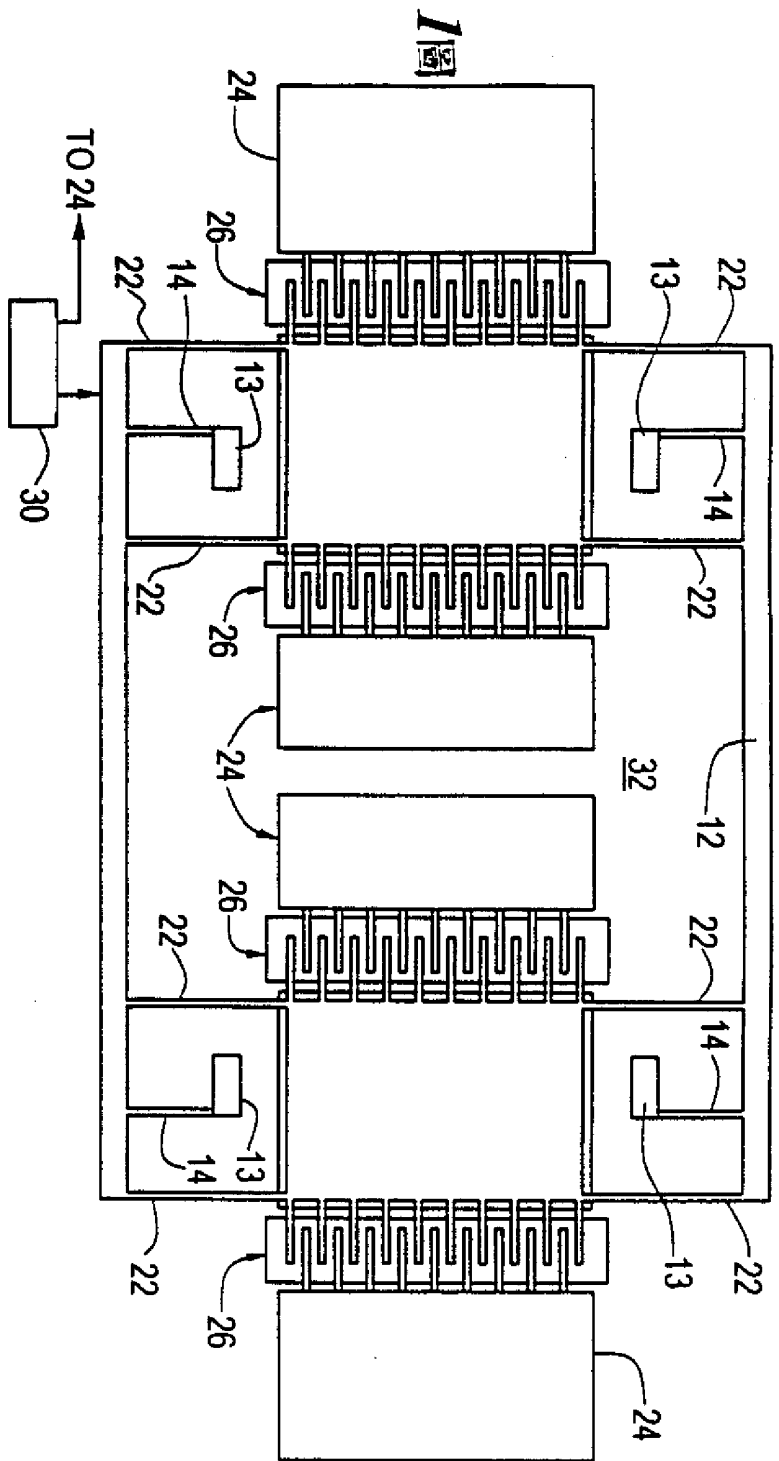
線

205502

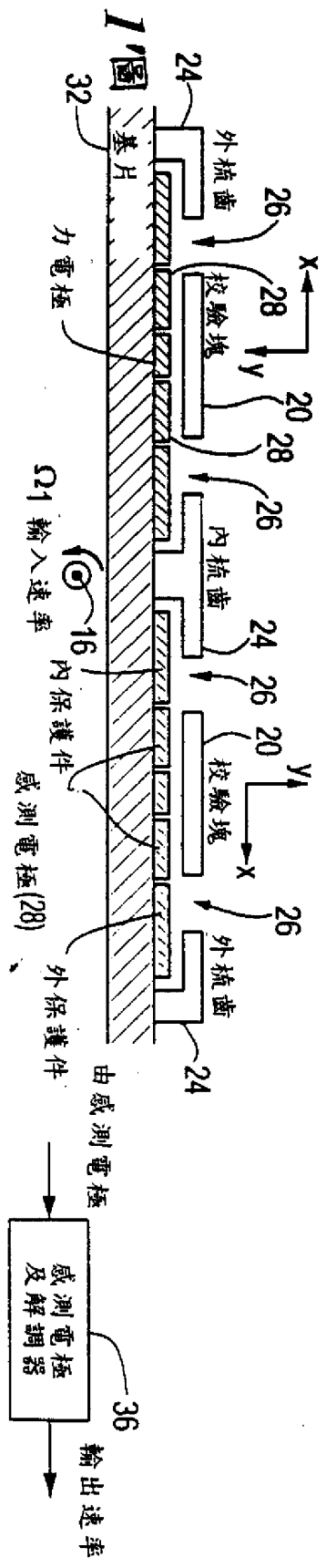
4254

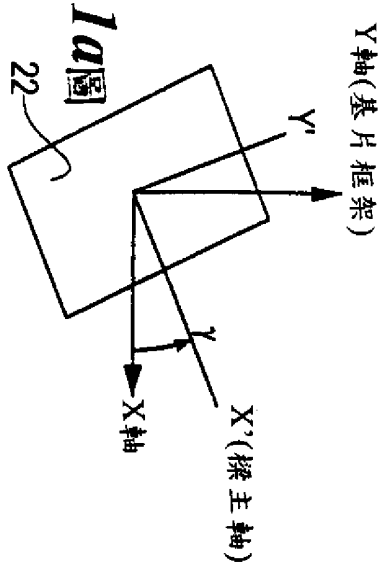
雙面印刷

第1圖

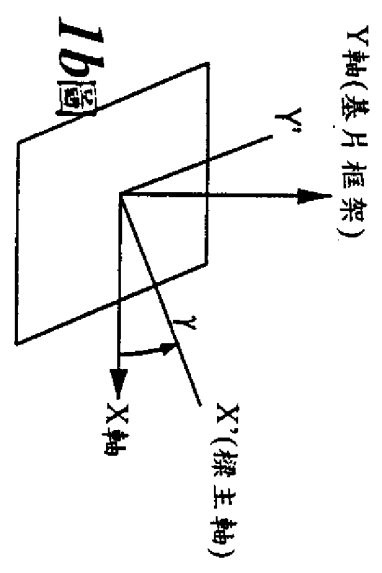


第1圖

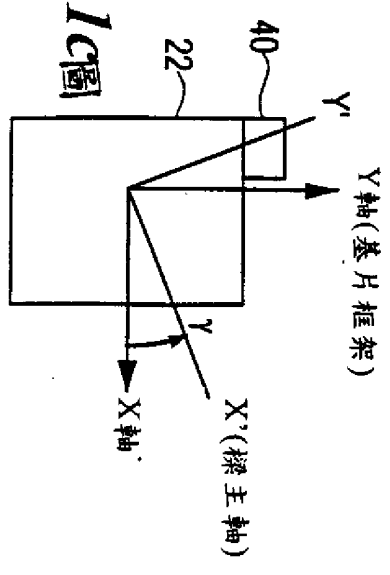




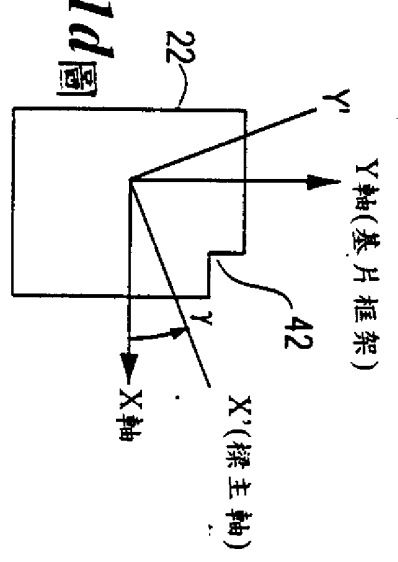
第 1a圖



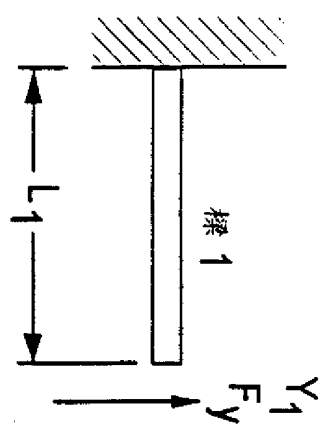
第 1b圖



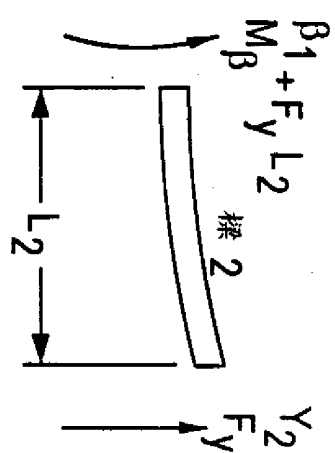
第 1c圖



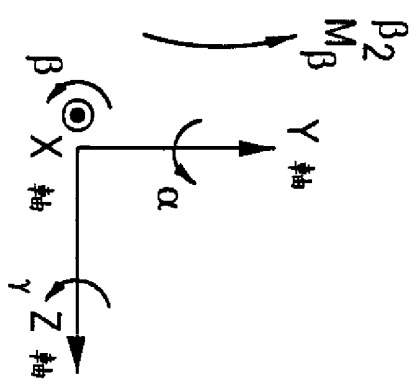
第 1d圖



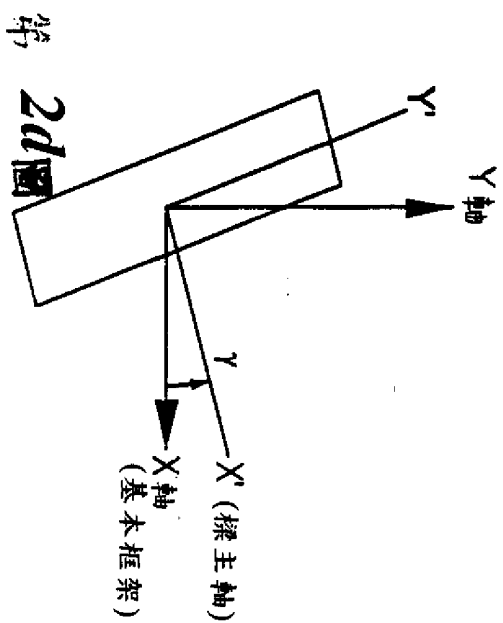
第 2a 圖



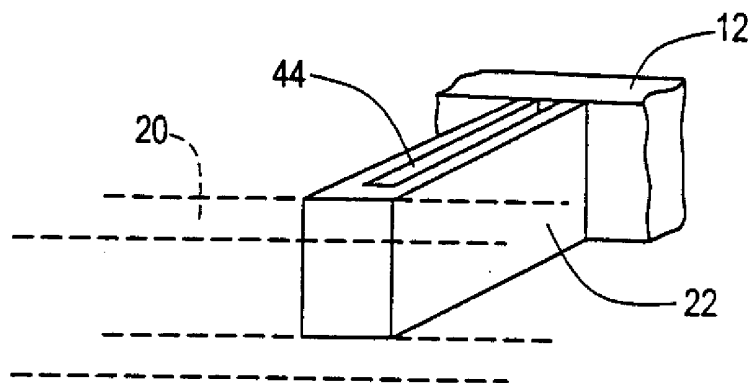
第 2b 圖



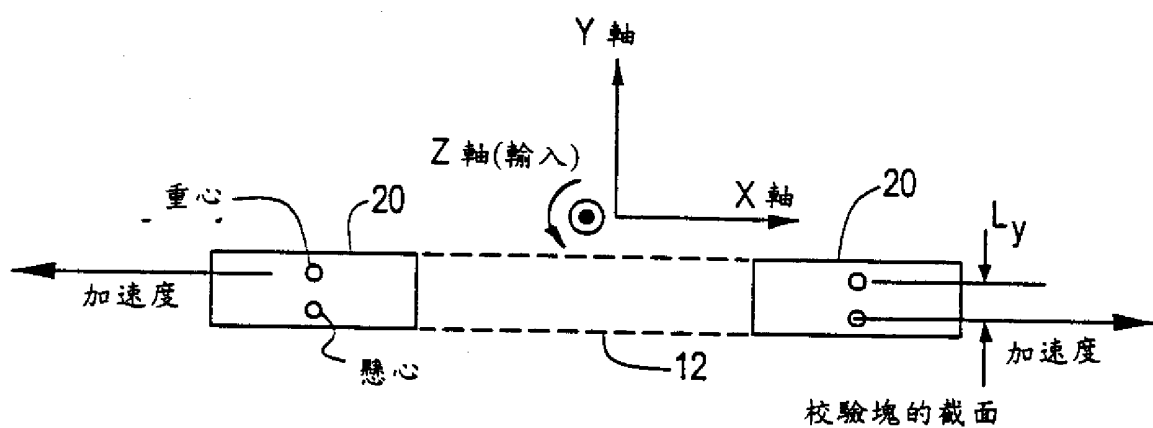
第 2c 圖



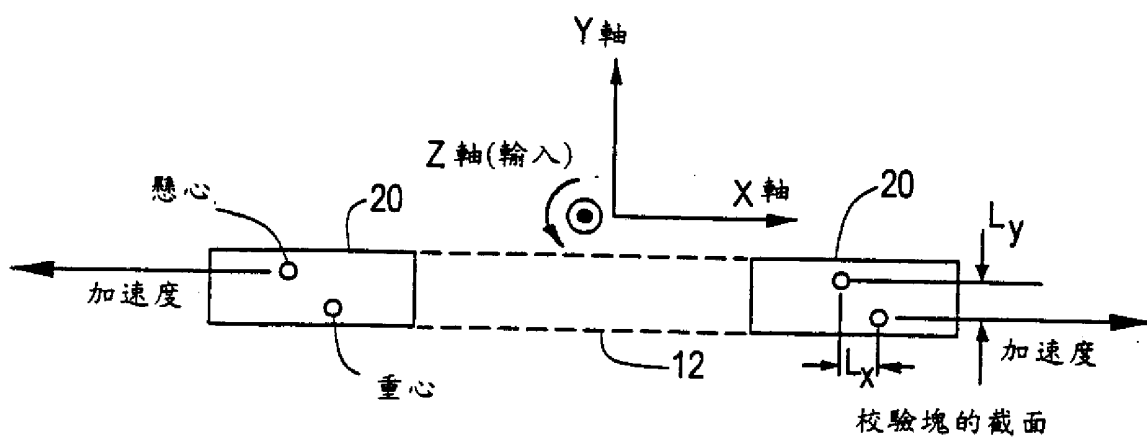
第 2d 圖



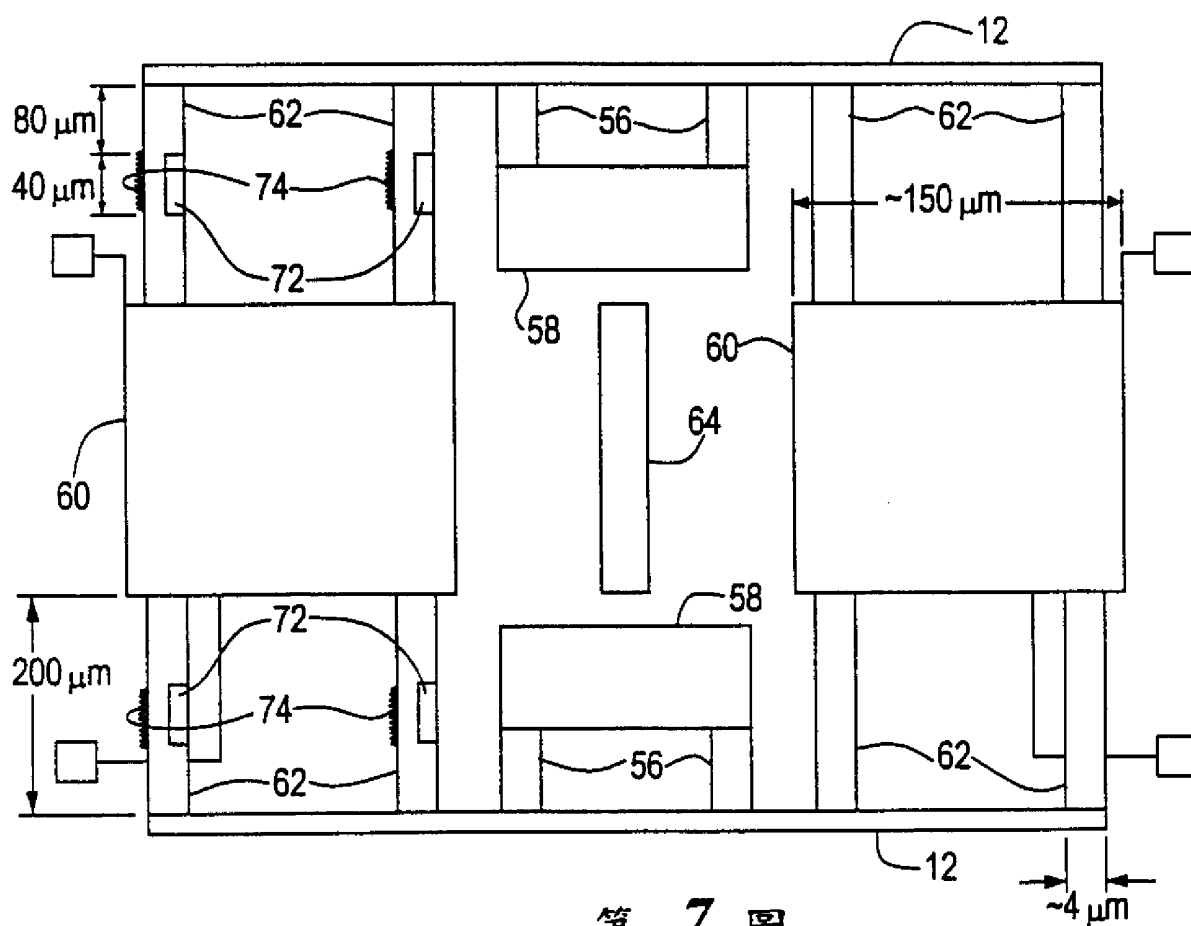
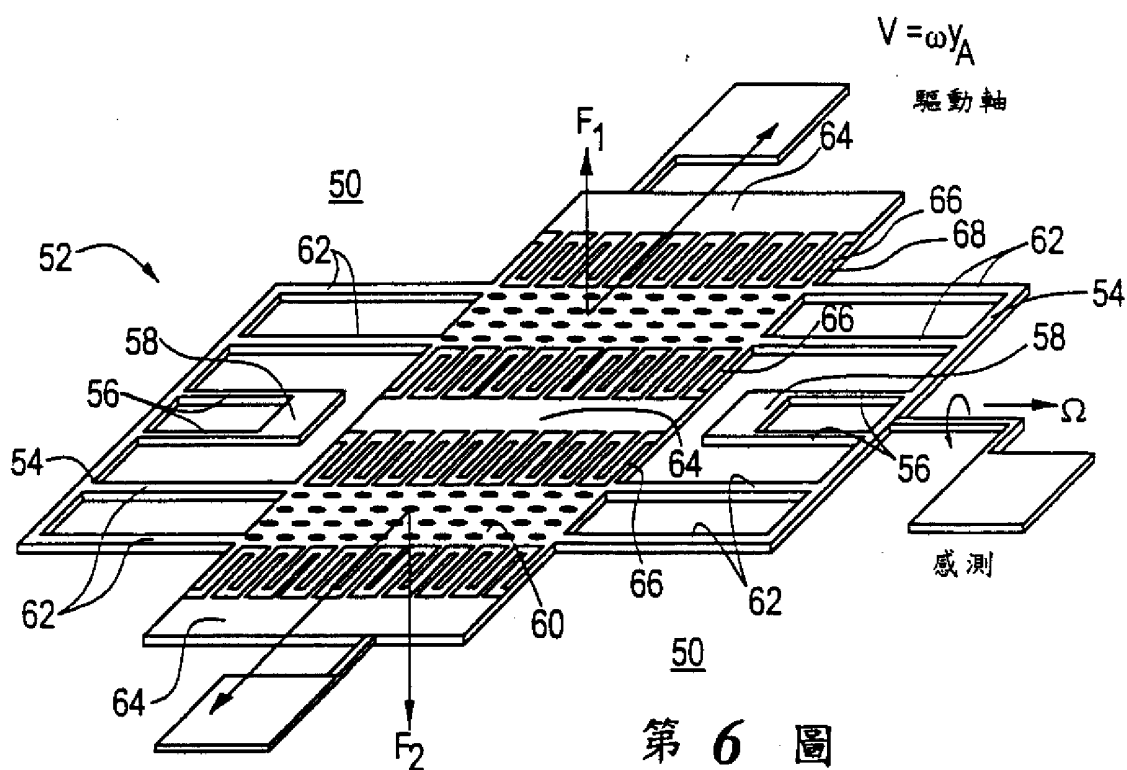
第 3 圖

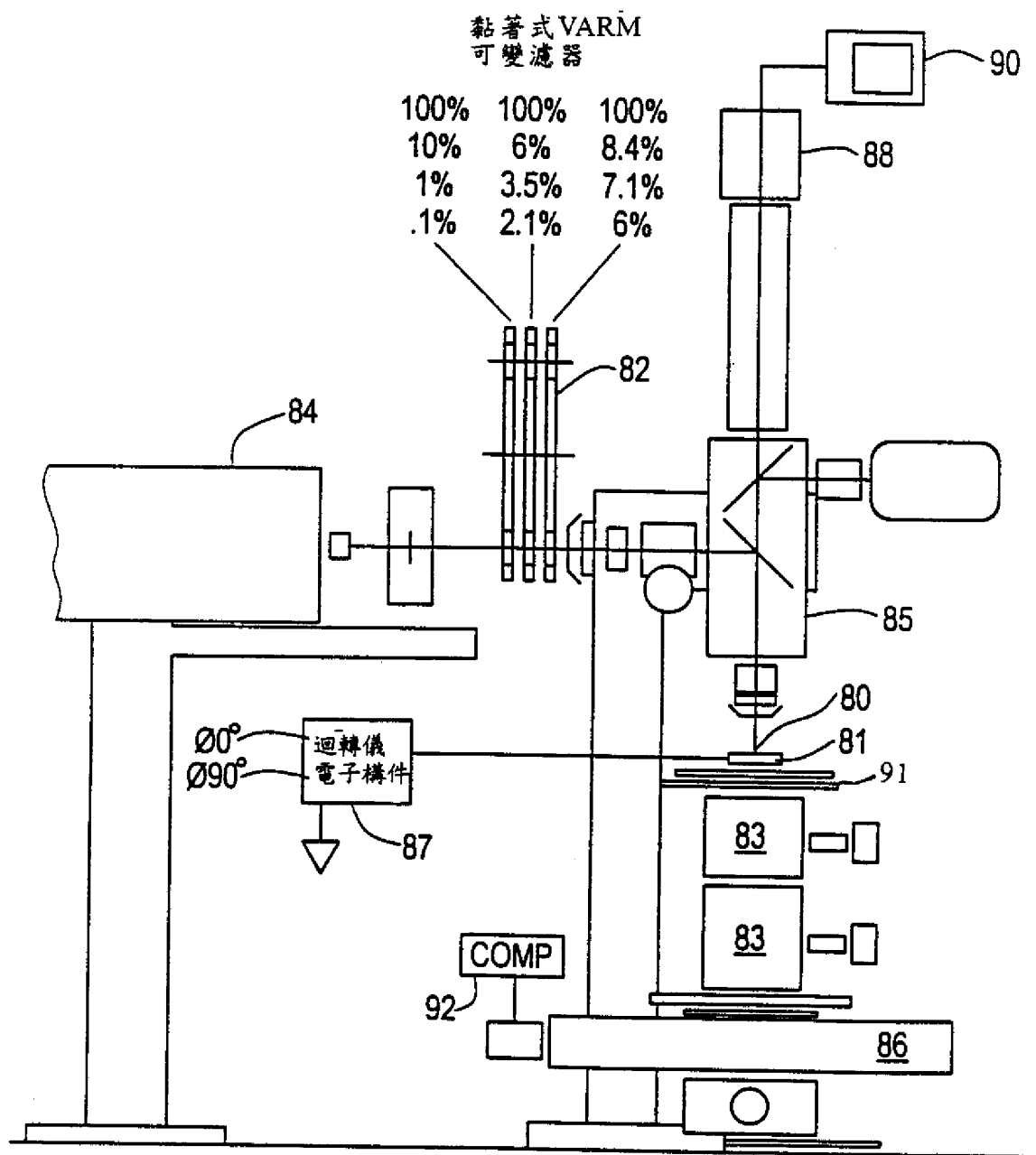


第 4 圖



第 5 圖





第 8 圖