

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：93131432

※申請日期：93 年 10 月 15 日

※IPC 分類：G01P 15/10

一、發明名稱：

(中) 具有垂直積集電子及晶圓級密封包裝之 X-Y 軸雙質量音叉式陀螺儀

(英) X-Y axis dual-mass tuning fork gyroscope with vertically integrated electronics and wafer-scale hermetic packaging

二、申請人：(共 1 人)

1. 姓 名：(中) 伊凡聖斯股份有限公司

(英) INVENSENSE, INC.

代表人：(中) 1. 史蒂夫 納西里

(英) 1. NASIRI, STEVE S.

地 址：(中) 美國加州聖塔克拉瑞格登大道二九〇〇號二〇三室

(英) 2900 Gordon Ave., Suite 203, Santa Clara, CA 95051, USA

國籍：(中英) 美國 U.S.A.

三、發明人：(共 2 人)

1. 姓 名：(中) 史蒂夫 納西里

(英) NASIRI, STEVE S.

國 籍：(中) 美國

(英) U.S.A.

2. 姓 名：(中) 約瑟夫 席格

(英) SEEGER, JOSEPH

國 籍：(中) 美國

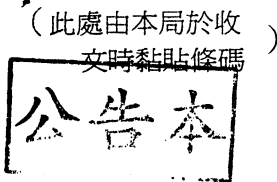
(英) U.S.A.

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. 美國 ; 2003/10/20 ; 10/690,224 ☒ 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：93131432

※申請日期：93 年 10 月 15 日

※IPC 分類：G01P 15/10

一、發明名稱：

(中) 具有垂直積集電子及晶圓級密封包裝之 X-Y 軸雙質量音叉式陀螺儀

(英) X-Y axis dual-mass tuning fork gyroscope with vertically integrated electronics and wafer-scale hermetic packaging

二、申請人：(共 1 人)

1. 姓 名：(中) 伊凡聖斯股份有限公司

(英) INVENSENSE, INC.

代表人：(中) 1. 史蒂夫 納西里

(英) 1. NASIRI, STEVE S.

地 址：(中) 美國加州聖塔克拉瑞格登大道二九〇〇號二〇三室

(英) 2900 Gordon Ave., Suite 203, Santa Clara, CA 95051, USA

國籍：(中英) 美國 U.S.A.

三、發明人：(共 2 人)

1. 姓 名：(中) 史蒂夫 納西里

(英) NASIRI, STEVE S.

國 籍：(中) 美國

(英) U.S.A.

2. 姓 名：(中) 約瑟夫 席格

(英) SEEGER, JOSEPH

國 籍：(中) 美國

(英) U.S.A.

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. 美國 ; 2003/10/20 ; 10/690,224 ☒ 有主張優先權

(1)

九、發明說明

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於角速度感應器，更尤其關於具有兩振動檢測塊體的平面內角速度檢測器。

【先前技術】

角速度的感應常常使用慣性感應器來進行。慣性角速度感應器大體上藉由將感應器驅動達到第一運動並且測量回應第一運動與被感應角速度兩者所產生之感應器的第二運動而運作。

常常地，感應器內的塊體（通常稱為檢驗塊體）係藉由致動器而被驅動達到振動。感應器的旋轉會將科氏力（Coriolis force）傳到與角速度（或旋轉率）成比例的振動塊體，其係並且取決於有關檢測塊體之速度向量的角速度向量方位。科氏力、角速度向量與塊體速度向量互相正交。例如，於繞著 Y 軸旋轉之感應器內之在 X 方向中移動的檢驗塊體，會受到 Z 方向的科氏力。同樣地，於繞著 Z 軸旋轉之感應器內之在 X 方向中移動的檢驗塊體，會受到 Y 方向的科氏力。最後，於繞著 X 軸旋轉之感應器內之在 X 方向中移動的檢驗塊體，不會受到任何科氏力。傳到檢驗塊體的科氏力通常藉由測量回應科氏力之感應器內的運動而間接地被感應。

最近，微機械技術（亦被視為 MEMS 技術）之發展已經導致各種不同 MEMS 角速度慣性感應器的發展。

(2)

MEMS 技術基本上是一平面技術，在此適合用來驅動平面內運動的 MEMS 致動器傾向與適合用來驅動與平面垂直運動的 MEMS 致動器明顯不同。同樣地，適合用來測量回應科氏力之平面內運動的 MEMS 感應器傾向與適合用來測量回應科氏力之與平面垂直運動的 MEMS 感應器明顯不同。這些不同是結構性的不同與性能的不同兩者。

由於上述塊體速度、角速度與科氏力的正交性，平面內 MEMS 角速度感應器必須驅動一與平面垂直運動或者感應一與平面垂直運動，以便能夠檢測出平面內的角速度分量。反之，與平面垂直 MEMS 角速度感應器可驅動且感應兩正交的平面內運動，以便能夠檢測出與平面垂直的角速度分量。由於 MEMS 技術的平面特性，平面內 MEMS 感應器與與平面垂直 MEMS 感應器有明顯不同的傾向。

某些給定的平面內 MEMS 角速度感應器具有被驅動到振動的兩個檢驗塊體。例如，Cardarelli 的美國專利第 6481,283 號講授一平面內 MEMS 感應器。在 Cardarelli 的座標中，裝置平面是一 YZ 平面。在第一實施例中，Cardarelli 講授在 $\pm Y$ 方向中（亦即，平面內）抖動的兩塊體。繞著 Z 軸的角速度會導致在兩塊體上的 X 方向科氏力。兩塊體係附到可繞著 Z 軸旋轉的萬向接頭，以致於在塊體上 X 方向的力能夠提供 Z 方向的力矩於萬向接頭上。將兩塊體抖動以具有相反方向的速度，所以兩科氏力則會繞著 Z 軸提供一淨力矩於萬向接頭上。繞著 Z 軸的萬向接頭運動則會被感應。

(3)

在第二實施例中，Cardarelli 講授在 $\pm X$ 方向中（亦即，與平面垂直）抖動的兩塊體。繞著 Z 軸的角速度會導致在兩塊體上的 Y 方向科氏力。兩塊體係附到繞著 Z 軸旋轉的萬向接頭，以致於在塊體上 Y 方向的力能夠提供 Z 方向的力矩於萬向接頭上。將兩塊體抖動以具有相反方向的速度，所以兩科氏力則會繞著 Z 軸提供一淨力矩於萬向接頭上。繞著 Z 軸的萬向接頭運動則會被感應。

另一給定平面內的 MEMS 角速度感應器具有被驅動到振動的兩檢驗塊體，其係在 McCall 等人的美國專利第 6,508,122 號被講授。McCall 等人講授具有兩不相連塊體的平面內 MEMS 感應器，該兩塊體被橫向地配置在裝置平面中，並且在此平面方向中彼此異相地抖動。為了明確，令該裝置平面是 XY 面，且令該抖動是在 X 方向。由於 Z 方向科氏力，塊體會當感應器繞著 Y 軸旋轉的時候在 Z 方向振動。該塊體的 Z 方向振動則會被感應出。

Cardarelli 與 McCall 等兩人的方法是由希望從測量角速度排除“共同模式”介面所刺激。例如，具有單檢驗塊體的角速度感應器，其係假如在感應到科氏力的相同方向中受到線性加速度的話，會登錄一不正確的讀值。由於兩塊體，包括上述的種種排列是可能的，其係會對科氏力回應，但通常不對與科氏力相同方向中的線性加速度回應。基本上，此些排列取決於該兩塊體之驅動，以致於他們的速度總是能夠相等與相反。對相等與相反速度情況的任何偏差皆是不利的，因為此偏差會減少對科氏力的希望反應

(4)

，並且增加對線性加速度的不希望回應。

不過，實際上，它並不明確地以相等且相反的速度來驅動兩塊體。例如，標稱上相同且被相同安裝的兩塊體實際上有所不同，以致於以相同致動來致動這兩塊體，能夠提供不相等且相反的速度。致動器亦傾向於在效力上改變，所以縱使兩塊體相同且被相同安裝的話，連接到該兩塊體之致動器的改變可再度提供不相等且相反的塊體速度。同樣地，連接到致動器的電路可能不會相同等等。結果，給定的兩塊體平面內角速度感應器則無法完全實現將兩塊體架構指望的共同模式排除。

【發明內容】

於是，本發明之目的乃在提供一平面內角速度感應器，其由於機械性地限制該兩塊體在相反方向中移動而具有改善的測量準確性，從而改善共模拒斥。

本發明之另一目的乃在提供一角速度感應器，其由於感應與驅動電子的垂直積集而成本降低。

本發明之進一步目的乃在提供一具有低成本密封包裝的角速度感應器。

本發明之仍另一目的乃在提供一角速度感應器，其係由於使用提供行進距離增加之較大檢驗塊體的整體 MEMS 技術而性能改善。

本發明之另一目的乃在提供藉由使用扭力安裝與靜電驅動板來改善性能且降低成本的角速度感應器，該板具有

(5)

附到該些塊體的槓桿臂以增加塊體行進速度。

本發明之進一步目的在於提供低成本雙軸平面內陀螺儀模組，其具有被積集在相同裝置晶粒上的 X 軸角速度感應器與 Y 軸角速度感應器。

本發明提供一種具有兩塊體的平面內角速度感應器，該等塊體係被橫向地配置在平面中並且間接地連接到一框。該兩塊體係藉由一連桿組而被連結在一起，以致於它們能夠在沿著 Z 並以相反方向中移動（亦即，當一塊體在 +Z 方向上移動時，另一塊體則在 -Z 方向上移動，反之亦然）。在此，Z 是與平面垂直方向。平面內角速度可藉由驅動兩塊體達到 Z 方向的反相振動並測量因而傳送到框的角振動振幅而被感應出。或者，平面內角速度可藉由驅動框達到對 Z 軸的角振動並測量因而傳送到兩塊體的 Z 方向反相振動振幅而被感應出。

在一較佳實施例中，框、兩塊體與連桿組係從使用整體微機電（MEMS）技術的單晶矽晶圓來製造，以形成一陀螺儀晶圓。在進一步較佳實施例中，用來驅動並感應陀螺儀晶圓元件之運動的電路係被包括在單晶矽晶圓中，以形成附到陀螺儀晶圓的參考晶圓。在此實施例中，同樣較佳地從一單晶矽晶圓製造一覆蓋晶圓並將該覆蓋晶圓附到陀螺儀晶圓，以致於該陀螺儀晶圓能夠夾在覆蓋晶圓與參考晶圓之間。密封阻障可以此方式形成，以避免陀螺儀晶圓元件與外界接觸。

(6)

【實施方式】

圖 1 顯示根據本發明較佳實施例所設計之陀螺儀晶圓 20 的平面圖。在圖 1 的實施例中，標示在圖式中的種種不同元件較佳地從單晶矽晶圓製造。陀螺儀晶圓 20 的機械架構將首先被考慮，接著則是其操作。最後將討論陀螺儀晶圓 20 的製造。

機械架構

在圖 1 的實施例中，中間板 28 是藉由扭力鉸鏈 28A 來附到框 34，該鉸鏈允許得中間板 28 繞著圖 1 的 X 軸旋轉。鉸鏈 28A 亦可提供一復原力矩於板 28 上，該復原力矩傾向於將其位置復原到 X-Y 平面中的標稱位置。檢驗塊體 22 藉由鉸鏈 58 而附到中間板 28，檢驗塊體 24 則藉由鉸鏈 56 附到中間板 28。中間板 28、檢驗塊體 22 與檢驗塊體 24 的次組件一起組成一連桿組，以致於檢驗塊體 22 與 24 必須沿著 Z 軸在相反方向上移動。

較佳地如下將額外元件加入連桿組：第一邊緣板 26 藉由鉸鏈 60 附到檢驗塊體 22 並且藉由扭力鉸鏈 26A 附到框 34；第二邊緣板 30 藉由鉸鏈 54 附到檢驗塊體 24，並且藉由扭力鉸鏈 30A 附到框 34。扭力鉸鏈 26A 與 30A 分別允許板 26 與 30 繞著圖 1 的 X 軸旋轉，並且亦可能分別提供復原扭力到板 26 與 30，其係傾向於將板 26 與 30 的位置復原到他們在 X-Y 平面中的標稱位置。

框 34 以複數個彎曲部分 32 附到基座 36。當框繞著 Z

(7)

軸旋轉到不同於標稱位置的位置時，彎曲部分 32 係排列以提供復原力矩給框 34。圖 1 顯示四彎曲部分 32，其係對稱繞著框 34 的圓周配置。雖然提供良好機械支撐給框 34 的對稱性彎曲架構較佳，譬如圖 1 的架構，但是本發明並不需要此彎曲架構。

相對基座 36 之框 34 的旋轉可以以配置其間並且連接到框 34 與基座 36 的電容性感應器來感應。或者，框 34 可使用配置其間並且連接到框 34 與基座 36 的靜電致動器，來繞著 Z 軸驅動達到角振動。在該技藝中，用於此電容性感應器與靜電致動器之種種不同架構，且在許多情形中，特定的電極架構可提供一功能。

適合用來感應與／或驅動相關於基座 36 之框 34 的相對角運動的例示電極架構係以 38A、38B 與 38C 與 40A、40B 與 40C 顯示在圖 5 上。這些或者類似電極架構較佳地對稱繞著框 34 的圓周配置。本發明的實施並不需要任何特定之電極架構。

在圖 1 上之框 34 內的元件（亦即，包括塊體 22 與 24、以及板 26、28 與 30 的較佳連桿組）僅僅藉由鉸鏈 26A、28A 與 30A 附到框 34。在框 34 與塊體 22 與 24 之間會有間隙。除了在這些鉸鏈的附著點外，在框 34 與板 26、28 與 30 之間亦同樣地有間隙。這些間隙大到足以允許該連桿組移動經過其設計範圍而不會與框 34 碰撞。這些間隙並不顯示於圖 1 上。

圖 2 顯示本發明實施例的截面圖。此截面圖包括沿著

(8)

圖 1 線 I 之陀螺儀晶圓 20 的截面圖。圖 1 的陀螺儀晶圓 20 較佳地附到覆蓋晶圓 42 以及參考晶圓 44，以致於如圖 2 所示，陀螺儀晶圓 20 被包夾於覆蓋晶圓 42 與參考晶圓 44 之間。由於此架構，覆蓋晶圓 42 與參考晶圓 44 結合，以使陀螺儀晶圓 20 避開週遭環境，從而增加感應器的可靠度與強度。再者，在陀螺儀晶圓 20 以及晶圓 42 與 44 之間的接合可產生，以便於陀螺儀晶圓 20 的關鍵性元件之間，譬如移動塊體 22 與 24 以及週遭環境提供一密封阻障。

包括塊體 22 與 24 以及板 26、28 與 30 的連桿組運動可配合圖 2 11a 與 11b 而加以理解。圖 2 上的點 26B、28B 與 30B 會分別對準扭力鉸鏈 26A、28A 與 30A，如此板 26、28 與 30 可分別繞著點 26B、28B 與 30B 而在圖 2 的平面上（Y-Z 面）旋轉。此連桿組的多數元件係藉由彎曲鉸鏈 54、56、58 與 60 而連接在一起，這些鉸鏈亦抑制鄰近元件的相對平移，但卻允許鄰近元件在 Y-Z 平面中的相對旋轉。

於是，當塊體 22 在圖 2 的 +Z 方向上移動時（亦即，圖 2 中朝上移動），板 28 則繞著點 28B 順時針地旋轉，而且塊體 24 必須在 -Z 方向中移動，同時板 26 與 30 則逆時針地旋轉，如圖 11b 所示。同樣地，當塊體 22 在 -Z 方向中移動時，板 28 會逆時針旋轉，且塊體 24 在 +Z 方向上移動，而同時板 26 與 30 則順時針地旋轉，如圖 11a 所示。換句話說，塊體 22、24 以及板 26、28 與 30 所形成

(9)

的連桿組會確保塊體 22 與 24 一定沿 Z 軸的相反方向中移動。如以上所討論的，在框 34 與板 26 之間以及在框 34 與板 30 之間會有間隙，其係能在圖 2 上明顯可見。

如圖 2 所示，覆蓋晶圓 42 與參考晶圓 44 係附到陀螺儀晶圓 20 的基座 36，並且沒有與陀螺儀晶圓 20 的任何其它元件接觸。因為彎曲部分 32 與框 34 並沒有與覆蓋晶圓 42 或參考晶圓 44 接觸，所以這些晶圓並沒有妨礙框 34 繞著 Z 軸的旋轉。參考晶圓 44 與基座 36 之間的連接在圖 2 上圖式地標示為 46。連接 46 係為參考晶圓 44 與基座 36 之間的機械性連接，以及參考晶圓 44 與基座 36 之間的電連接。以此方式，參考晶圓 44 上的電路係連接到陀螺儀晶圓 20 上的感應／驅動構件，譬如圖 5 上的電極 38A、38B、38C 或者電極 40A、40B、40C。

電極 48A 與 48B 係放置在板 30 下的參考晶圓 44 上。電極 48A 與 48B 係放置在板 30 之在圖 2 上標示為點 30B 之旋轉軸的一側上。同樣地，電極 50A 與 50B 係放置在板 28 下，且電極 52A 與 52B 放置在板 26 下。

圖 3 顯示在圖 1 彎曲部分 32 之較佳架構的更詳細平面圖。在圖 3 的架構中，彎曲部分 32 包含一彈簧 32' 與基座彎曲支架 66。如圖 3 所標示，彈簧 32' 至支架 66 的附著點會凹進到支架 66 內，且同樣用於框 34，以減少從支架 66 至彈簧 32' 以及從框 34 至彈簧 32' 之表面應力的耦合。

基座彎曲支架 66 係由基座隔離溝槽 41A 所圍繞，其

(10)

係適用來將彎曲部分 32 與基座 36 內的應力機械性地隔離。由於封裝與／或接合製程、熱擴散等等，此等應力可藉由覆蓋晶圓 42 與參考晶圓 44 而傳送到基座 36。基座凸片 62 亦同樣地顯示於圖 3 上，其係與框溝槽 64 嚙合。如圖 3 上所圖式標示的，框溝槽 64 有些大於基座凸片 62 的寬度，以致於在基座凸片 62 碰撞框溝槽 64 的牆以前，框 34 能夠僅僅在與基座 36 有關的特定選出範圍內旋轉。選擇此選出的範圍以確保彎曲部分 32 不受到選出範圍內的運動損害。凸片 62 與溝槽 64 之組合可以此方式提供保護給彎曲部分 32。

彎曲部分 32 之較佳架構的進一步詳情係顯示於圖 4 的截面圖中，其係包括圖 3 沿著線 II 的截面圖。線 II 緊鄰彈簧 32'，但卻不將其貫穿，這就是為什麼彈簧 32' 未在圖 4 的截面顯示的原因。基座彎曲支架 66 會附到覆蓋晶圓 42 並且經由連接 46B 而連接到參考晶圓 44。彎曲部分 32 以此方式連接到覆蓋晶圓 42 與參考晶圓 44，並且與基座 36 隔離。這種情形會因為覆蓋晶圓 42 與參考晶圓 44 基本上比基座 36 厚（陀螺儀晶圓 20 的典型厚度只有 50 微米）很多而有利並因此提供非常大的機械剛度來繫住彎曲部分 32。同樣顯示於圖 4 上的是一參考隔離溝槽 41C 與一覆蓋隔離溝槽 41B。參考隔離溝槽 41C 用來將彎曲部分 32 與可能出現在參考晶圓 44 頂表面中（亦即，接合到基座 36 之參考晶圓 44 的表面）的應力隔離。同樣地，覆蓋隔離溝槽 41B 用來將彎曲部分 32 與可能出現在覆蓋晶

(11)

圖 42 底表面中（亦即，接合到基座 36 之覆蓋晶圓 42 的表面）的應力隔離。雖然圖 3 與 4 的彎曲架構，在此彎曲部分 32 包含彈簧 32'，且基座支架 66 較佳，但是實施本發明並不一定要如此。

圖 6 顯示一部份陀螺儀晶圓 20 的放大平面圖，其係更詳細地顯示扭力鉸鏈 26A 與彎曲鉸鏈 60 的較佳架構。如圖 6 所示，板 26 藉由扭力鉸鏈 26A 附到框 34。扭力鉸鏈 26A 的架構致使板 26 能夠繞著連接扭力鉸鏈 26A 中心的軸來旋轉。如圖 6 所示，狹縫形成在板 26 中以增加扭力鉸鏈 26A 的長度。此乃爲了減少扭力鉸鏈 26A 上所需要的應變而產生，以容許板 26 的給定旋轉。

板 26 以彎曲鉸鏈 60 連接到塊體 22。彎曲鉸鏈 60 的架構使得板 22 可繞著塊體 26 傾斜（反之亦然）。如圖 6 所示，狹縫形成在塊體 22 中，以增加彎曲鉸鏈 60 的長度，以便減少在彎曲鉸鏈 60 上所需要的應變，以容許有關板 26 之塊體 22 的給定傾斜。

彎曲鉸鏈 58、56 與 54 的架構較佳地類似圖 6 所示之彎曲鉸鏈 60 的架構。同樣地，扭力鉸鏈 28A 與 30A 的架構較佳地類似圖 6 所示之扭力鉸鏈 26A 的架構。圖 6 所示的鉸鏈架構有關於本發明較佳實施例。本發明之實施並不需要任何特別的鉸鏈架構。

操作

圖 1 與 2 的實施例具有兩操作模式。在第一且較佳的

(12)

操作模式中，塊體 22 與 24 會被驅動到振動，且框 34 的運動會被感應以測出 Y 方向的角速度。在第二操作模式中，框 34 會被驅動到振動，且塊體 22 與 24 的運動會被感應以測量 Y 方向的角速度。這兩方法將依次考慮。

第一較佳操作模式包括一致動器，用來驅動該連桿組達到振動。在圖 1 與 2 的實施例中，靜電致動器係由圖 2 的電極 48A、48B、50A、50B、52A 與 52B 所提供。電極 48A、48B、50A、50B、52A 與 52B 經由靜電交互作用與板 30、28 與 26 交互作用，其中之力量會隨著電極與相應板之間位能差的增加而增加。板 26、28 與 30 基本上會維持在相同電位，其係可被看做零參考電位而不失其概括性。

如圖 2 所示，電極 48A、48B、50A、50B、52A 與 52B 較佳地是切開電極。主要原因是板與電極之間的靜電交互作用傾向於吸引（而不是排斥），以便提供力矩於任一方向中，而如圖 2 所示，在旋轉軸任一側上的電極元件是需要的。電極 48A、48B、50A、50B、52A 與 52B 以及相應板（分別是 30、28 與 26）之間的間隙較佳地在製造時被精確控制成間隙高度 d ，以儘可能降低得到給定板旋轉所必須的電壓，同時仍提供足夠的空隙供致動器移動。電極 48A、48B、50A、50B、52A 與 52B 較佳地以合作的方式被電性驅動，以刺激塊體 22 與 24 以及使塊體 22 與 24 振動之板 26、28 與 30 所形成之連桿組的振動模式，其係在 Z 方向中實質地彼此異相（亦即，與平面垂直方向

(13)

）。對應此振動模式的連桿組運動係顯示在圖 11a 與 11b 上。

同樣較佳地是板 26 包括一朝向塊體 22 延伸的槓桿臂，板 30 包括一朝向塊體 24 延伸的槓桿臂，且板 28 包括朝向塊體 22 與塊體 24 兩者延伸的槓桿臂，其皆顯示於圖 1 上。由於從板 26、28 與 30 延伸的多數槓桿臂，彎曲鉸鏈（54、56、58、60）與板旋轉軸（26B、28B、30B）之間的距離則會增加，其係增加給定板旋轉所提供之塊體 22 與 24 的位移。此增加的位移是高度被希望用來改善陀螺儀性能與／或以較低成本提供希望程度的性能。為了容納塊體 22 與 24 所增加的行進，凹處 45 與 47 會分別形成在塊體 22 與 24 下的參考晶圓 44 中。覆蓋晶圓 42 亦同樣地被組裝，以允許足夠的空間收納陀螺儀晶圓 20 的全部可動部件。

當陀螺儀晶圓 20 以角速度 w_y 繞著 Y 軸旋轉時，塊體 22 與 24 會在陀螺儀晶圓 20 的參考框中受到振動的 X 方向科氏力。因為該兩塊體是沿著 Z 軸作相反方向移動，所以在塊體 22 與 24 上的科氏力沿著 X 軸而方向相反。塊體 22 與 24 上的科氏力會在框 34 上導致繞著 Z 軸的振動力矩，其係會將框 34 設定為角振動。因為框 34 的角振動振幅取決於 w_y （理想上它與 w_y 成比例），所以此振幅之測量提供角速度 w_y 的測量。

為了改善陀螺儀的靈敏度，較佳地是利用陀螺儀結構的機械性共振。於是，較佳地驅動包含塊體 22 與 24 的連

(14)

桿組成等於或大約等於基本連桿組共振模式頻率。較佳地，如圖 11a 與 11b 所示，基本連桿組共振模式（亦即，具最低頻率的機械模式）將對應塊體 22 與 24 的反相振動。此對應性可在設計連桿組與其支撐彎曲部分時加以確定。藉由選擇驅動頻率在或接近連桿組固有頻率的，一給定致動器力所提供的連桿組運動會增加。

同樣較佳地，確保基本框共振模式對應框 34 繞著 Z 軸的剛體角振動，其係可藉由框 34 與彎曲部分 32 的適當設計來產生。再者，框基本頻率較佳地大於連桿組基本頻率。這種情形確保驅動頻率在頻率上比較接近框 34 的基本模式，而不接近框 34 的其它共振模式，從而將框 34 之可能干擾陀螺儀操作之較高階機械模式的刺激最小化。

在此實施例中，框 34 的角振動振幅會以換能器來感應。較佳地，該換能器是一配置於框 34 與基座 36 間並且連接到其上的電容性感應器。此一電容性感應器的兩合適電極架構顯示於圖 5 上。在圖 5 上以 38A、38B 與 38C 顯示的架構稱為樹系架構，而以圖 5 上的 40A、40B 與 40C 顯示的架構則被認為是放射架構。

在樹系架構中，電極 38A 附到框 34 並且隨框 34 移動，而電極 38B 與 38C 兩者則附到基座 36 並且不隨框 34 移動。組成一電極 38A、一電極 38B 與一電極 38C 的“單一單元”可如希望地在框 34 與基座 36 之間重複。兩個此種“單一單元”係顯示於圖 5 上。所有電極 38A 彼此電性連接，所有電極 38B 彼此電性連接且所有電極 38C 彼

(15)

此電性連接。因此便形成兩電容器：電容器 AB 在電極 38A 與 38B 之間，且電容器 AC 在電極 38A 與 38C 之間。電極 38B 沒有連接到電極 38C 的此種排列係被視為叉指架構。因為框 34 的運動改變電容器 AB 與 AC 的電容，故以電路來測量這些電容會提供框 34 運動的感應。此電路較佳地放置在參考晶圓 44 上。

同樣地，在放射架構中，電極 40A 附到框 34 並且隨框 34 移動，而電極 40B 與 40C 兩者則附到基座 36 並且不隨框 34 移動。再者，形成兩電容器，以電路來測量這些電容則提供框 34 運動的感應。

在第二操作模式中，框 34 被驅動達到繞著 Z 軸的角振動，這伴隨有塊體 22 與 24 沿著 X 軸的反相振動。當陀螺儀晶圓 20 以角速度 w_y 繞著 Y 軸旋轉時，框 34 的振動會在塊體 22 與 24 感應振動之 Z 方向的科氏力，其將包括塊體 22 與 24 的連桿組設定成振動。因為連桿組的振動振幅取決於 w_y （理想上它與 w_y 成比例），所以測量此振幅提供角速度 w_y 的測量。

因為此第二操作模式類似第一較佳操作模式，所以上述討論仍可以適用於以下之差異：1) 第二操作模式包括用來將框 34 驅動到角振動的致動器。連接到框 34 與基座 36 的靜電致動器是一用來驅動框 34 到角振動的合適構件。此靜電致動器可能具有種種不同的電極架構，包括圖 5 的架構。

2) 在第二操作模式中，較佳地驅動框成基本共振頻

(16)

率或靠近基本共振頻率，且連桿組基本頻率較佳地大於框基本頻率。

3) 第二操作模式包括用來感應連桿組之振動的換能器。連接到連桿組的電容性感應器係為一合適的換能器。在圖 2 上的電極 48A、48B、50A、50B、52A 與 52B 提供此一電容性感應器。電極 52A 與 52B 上之板 26 的運動是藉由測量電極 52A 與板 26 之間的電容以及測量電極 52B 與板 26 之間的電容而感應。板 28 與 30 的運動可同樣地被感應。

在兩操作模式中，根據本發明實施例所設計的角速度感應器會有利地降低感應器所受到之任何線性加速度所導致的誤差。在第一操作模式中，被感應的運動係為框 34 的角振動，且感應器的線性加速度不傾向於導致此一運動。在第二操作模式中，被感應的運動是塊體 22 與 24 的反相振動，在此同樣地被感應的運動不是線性加速度傾向導致的運動。例如，線性 Z 方向的加速度傾向導致塊體 22 與 24 的同相（與反相相反）振動。

製造

在較佳實施例中，具有上述結構與操作的角旋轉感應器（或者陀螺儀）是以微機電技術（被稱為 MEMS 技術）來製造。兩形式的 MEMS 技術係為已知：即整體 MEMS 與表面 MEMS。整體 MEMS 技術較佳用於本發明，因為整體 MEMS 檢測塊體（亦即，塊體 22 與 24）可具有較大的

(17)

塊體並具有比表面 MEMS 檢驗塊體還更大範圍的運動。圖 7a-d、8a-d、9a-d 與 10a,b 顯示適合用來製造本發明實施例的示範性製造順序。

圖 7a-d 顯示適合用來製造覆蓋晶圓 42 的一連串步驟。在圖 7a 上，覆蓋晶圓 42 是以背部調準記號 72 來圖案化。記號 72 可使用反應性離子蝕刻（RIE）來產生。從圖 7a 至圖 7b，背對調準記號 72 的覆蓋晶圓 42 之表面會被清潔，並且隨後熱氧化，以產生氧化物層 70。氧化物層 70 較佳地大約 0.5 微米厚，其係並且可藉由在含水的周遭環境中將晶圓 42' 加熱到高溫（例如，大於 1000℃）所產生。從圖 7b 至圖 7c，氧化物層 70 被微影圖案化，如圖 7c 之圖示。從圖 7c 至 7d，不受氧化物層 70 保護的覆蓋晶圓 42 材料會被蝕刻到大約 100 微米的深度。深的 RIE（DRIE）是適合此步驟的蝕刻方法。在此點，覆蓋晶圓 42 具有圖 2 所示的架構。在蝕刻以後，將覆蓋晶圓 42 清潔以準備熔接。適當的清潔步驟包括高溫（> 300℃）去灰步驟以及過氧化硫浸泡。所使用的清潔方法必須使圖案化的氧化層 70 完整無缺。

圖 8a-d 圖式地顯示一連串適合製造陀螺儀晶圓 20 的製程步驟。陀螺儀晶圓 20 較佳地主要是低總厚度變化（TTV）晶圓。如圖 8a 所示，陀螺儀晶圓 20 以過氧化硫浸泡來清潔，隨後並且熔接到覆蓋晶圓 42 上的圖案化氧化物層 70。在圖 7-10 的製程順序中，將覆蓋晶圓 42 接合到陀螺儀晶圓 20 會發生在將參考晶圓 44 接合到陀螺儀晶

(18)

圖 20 還更早的製程階段中。於是，相當高溫的接合製程較佳用於將覆蓋晶圓 42 接合到陀螺儀晶圓 20，包括但不限於：共熔金屬接合、玻璃接合、焊接、金共熔接合、矽對二氧化矽熔接以及矽對矽熔接。從圖 8a 至圖 8b，陀螺儀晶圓 20 基本上會從大約 500 微米厚變薄到大約 40 微米厚。習知的碾磨與拋光是適合用來進行此變薄步驟的方法。可將陀螺儀晶圓 20 均勻地變薄，或者可使將變成塊體 22 與 24 的陀螺儀晶圓 20 區域厚於陀螺儀晶圓 20 的其它部分。此增加的厚度是有益的，因為它增加塊體 22 與 24 的質量。在將陀螺儀晶圓 20 變薄以後，圖 8b 上所示的支座 71 係由微影圖案化隨後蝕刻所形成。氫氧化鉀蝕刻適合此步驟。支座 71 之目的在於精確決定致動器電極（譬如圖 2 上的電極 48A,B、50A,B 與 52A,B）與相應板（亦即，分別是板 30、28 與 26）之間的垂直間隔 d 。

從圖 8b 至圖 8c，圖案化層 46' 會沈積在陀螺儀晶圓 20 上。較佳地，圖案化層 46' 是一被沈積且隨後被圖案化（例如，藉由微影隨後蝕刻）的鍍層。較佳地，圖案化層 46' 同樣定義框 34 與基座 36 之間的電極，其係可以是圖 5 所示的種類。或者，框 34 與基座 36 之間的電極可形成在與圖案化層 46' 之沈積所不同的製程步驟中。

從圖 8c 至圖 8d，陀螺儀晶圓 20 的機械元件是由蝕刻經過陀螺儀晶圓 20 所形成。被蝕刻的圖案可微影成像地形成。2 微米的線寬與 2 微米的間距適合用於此蝕刻，蝕刻停止於氧化物層 70 上。具有矽在絕緣體上（SOI）反

(19)

基腳的深 RIE 係為適合使步驟的蝕刻方法。此蝕刻較佳地以適合產生高深寬比特徵的蝕刻製程來進行。在圖 8d 的蝕刻已經進行以後，圖 1-4 與圖 6 上所示之陀螺儀晶圓 20 的所有機械元件則會形成。這些元件包括塊體 22 與 24、板 26、28 與 30、彎曲部分 32、框 34 與鉸鏈 26A、28A、30A、54、56、58 與 60。為了簡化起見，圖 8d 僅僅顯示板 28 以及塊體 22 與 24。

圖 9a-b 顯示適合用來製造參考晶圓 44 的一連串製程步驟。在圖 9a 上，參考晶圓 44 的主動區域係以 74 標示。主動區域 74 包括將與陀螺儀晶圓 20 電性接觸的區域，以及用來驅動陀螺儀晶圓 20 的電路，與用來感應陀螺儀晶圓 20 所提供之輸出信號的電路。此電路較佳地是習知的矽 CMOS 電路。在較佳實施例中，在習知 CMOS 製程中所沈積的最後金屬層係為適合當作接合金屬的金屬層。此上層金屬層同樣定義電極 48A,B、50A,B 與 52A,B（只有電極 50A,B 顯示於圖 9b 上）與接合墊 76，其係顯示於圖 9a 上。從圖 9a 至圖 9b，凹處 45 與 47 形成於參考晶圓 44 中。凹處 45 與 47 較佳地以 DRIE 來製造，深度大約 100 微米。

圖 10a-b 顯示適合用於陀螺儀晶圓 20、參考晶圓 44 與覆蓋晶圓 42 之最後組裝的一連串製程步驟。在圖 10a 上，參考晶圓 44 係顯示經由陀螺儀晶圓 20 上之圖案化層 46' 之間的調準金屬對金屬接合，以及參考晶圓 44 上的接合墊 76，而附到陀螺儀晶圓 20。在圖 7-10 的製程順序中

(20)

，參考晶圓 44 之接合到陀螺儀晶圓 20 會發生在比覆蓋晶圓 42 之接合到陀螺儀晶圓 20 還更後面的製程階段。於是，相對低溫的接合製程較佳用於將參考晶圓 44 接合到陀螺儀晶圓 20，包括但不限於：共熔金屬接合、鋁-鍍接合、焊接、鈦-金接合以及聚合物接合。

圖 10a 上的板 28 以及電極 50A 與 50B 之間的間隔 d 是由支座 71 與圖案化層 46' 的合併厚度所決定，其係並且可藉由選擇支座 71 的高度而受到精確控制（或預先決定）。其它電極（例如，電極 48A,B 與電極 52A,B）與其對應板（例如，分別是板 30 與 26）之間的間隔亦同樣地以相同方式來決定，且相同的預先決定距離 d 會使所有板與其對應電極隔開。雖然圖 7-10 的製程順序顯示特別形成在陀螺儀晶圓 20 上的支座 71，但是亦可能將支座特別地形成在參考晶圓 44 上，或者陀螺儀晶圓 20 與參考晶圓 44 兩者上，以便定義板與電極之間的間隔。從圖 10a 至圖 10b，將材料從覆蓋晶圓 42 蝕刻，以允許由上方接近主動區域 74。此蝕刻可以用 DRIE 完成。藉由允許由上方接近主動區域 74，會促成到圖 10b 之角速度感應器的電連接。

參考晶圓 44 較佳地經由金屬對金屬接合而附到陀螺儀晶圓 20，該接合係密封式。同樣地，陀螺儀晶圓 20 較佳地藉由熔接而附到覆蓋晶圓 42，其亦可作成密封式。結果，參考晶圓 44、陀螺儀晶圓 20 與覆蓋晶圓 42 的整體組件可在陀螺儀元件（譬如塊體 22 與 24）與周遭環境

(21)

之間提供一密封阻障。

爲了符合不同陀螺儀市場的一些性能規格，在一些情形中，於密封阻障所提供之密封件內提供降低的壓力（例如，大約 1 毫托耳，遠小於大氣壓力）是有利的。以此方式，由於填滿密封件之空氣（或其它氣體）對塊體 22 與 24 運動的阻力會合乎要求地被降低。或者，可於塊體 22 與 24 中（以及在該連桿組的其它移動部分）設置有洞，以降低對運動的空氣阻力。在其它情形中，可能合乎要求地提供大於大氣壓力的壓力於密封之密封件內。

圖 7a-d, 8a-d, 9a-b 與 10a-b 的討論提供適合製造本發明較佳實施例之一連串示範製程步驟的圖式概要。因此，上述的任何單一步驟均不是實施本發明之必要步驟。再者，上述的大部分步驟可使用以上沒提及但卻在半導體製程技術中眾所皆知的替代方法進行。更普遍地，整個詳細說明普遍被當作實例，而非限制。在下文中，本發明實施例的進一步實例將被簡短地說明。

圖 12 係爲另一電極架構的俯視圖。在圖 12 的圖式中，塊體 22 與 24 以及板 26、28 與 30 並不顯示，以致於在這些連桿組元件下的電極能夠被看見。在圖 12 的架構中，如上述，電極 48A,B、50A,B 與 52A,B 分別用來驅動板 30、28 與 26。此外，圖 12 的架構提供電極 51A 與 51B 以來感應塊體的運動，或者更簡單地說，連桿組之運動。電極 51A 與 51B 所提供的信號可有利地被驅動連桿組致動器的電路所使用。例如，以此方式來感應該連桿組之運

(22)

動會促使該驅動電路，以精確驅動連桿組成爲基本機械共振頻率。

圖 13 顯示根據本發明實施例所設計之積集式雙軸陀螺儀的俯視圖。在圖 13 的架構中，Y 軸次感應器 20Y 與 X 軸次感應器 20X 較佳地製造在單晶矽晶片 21 上。次感應器 20 與 20Y 較佳地是配合圖 1 與 2 的感應器加以說明，且圖 13 的架構以積集的角度感應器來有利地提供雙軸感應。相較於兩非積集、單軸感應器，此積集大幅地降低成本。

圖 14a 與 14b 顯示提供不想要運動之進一步共模拒斥之本發明實施例的俯視圖。圖 14a 與 14b 的架構包括兩框，即框 34A 與框 34B。以非常相同於圖 1 中塊體 22 與 24 放置在框 34 內的方式，塊體 22A 與 24A 被放置在框 34A 內，且塊體 22B 與 24B 被放置在框 34B 內。在圖 14 與 14b 上的塊體 22A,B 與 24A,B 會被驅動達到振動，以致於塊體 24A 與 22B 同相。塊體 22A 與 24A 係鏈結成異相移動，塊體 22B 與 24B 也一樣。

框 34A 與 34B 藉由彎曲部分 32 彼此連接，並藉由複數個彎曲部分 32 連接到基座 36'。圖 14a 與 14b 上所示的彎曲架構係爲示範性，且本發明可以其它彎曲架構來實施。框 34A 藉由彎曲部分 32 連接到 34B 係傾向禁止與框 34A 與 34B 之異相旋轉有關之框 34A 與 34B 的同相旋轉，因爲框 34A 與 34B 的同相旋轉比相同大小的異相旋轉還更能將彎曲部分 32 伸展。

(23)

當圖 14a 的感應器繞著圖 14a 上的 Y 軸旋轉時（或者圖 14b 的感應器繞著圖 14b 上的 Y 軸旋轉），傳到框 34A 與 34B 的 Z 方向力矩係為異相。關於此的原因是框 34A 與 34B 之內的兩連桿組彼此異相地移動。反之，圖 14a 與 14b 之感應器繞著 Z 軸的角加速度會導致框 34A 與 34B 同相旋轉。因此，圖 14a 與 14b 的感應器可排斥由於對 Z 軸的角加速度而產生之假信號，其係為圖 1 實施例所無法提供的能力。在圖 14a 與 14b 上框 34A 與 34B 的旋轉可如上述地被討論（例如，以一電容性感應器）。

再者，圖 14a 與 14b 的實施例在驅動連桿組中的淨線動量與角動量為零，而圖 1 實施例的淨線動量為零，但淨角動量不為零。因為當驅動連桿組的淨線動量或角動量為零時，振動傳送到感應器封裝會有減小的傾向，故相較於圖 1 的實施例，圖 14a 與 14b 的實施例應該提供減少的封裝振動。振動減少會造成測量誤差減少，譬如偏移誤差與正交誤差。

為了將圖 14a 與 14b 實施例所提供之 Z 方向角加速度之共模拒斥的優點最大化，框 34A 與 34B 較佳地具有實質相同的形狀，且框 34A 與 34B 內的連桿組較佳地具有實質相同的架構與定向。此種程度的對稱提供因應 Y 方向角速度之實質相等與相反的運動，其係將不因應 Y 方向角速度之運動的排斥最大化（例如，起因於 Z 方向角加速度的運動）。

圖 15 顯示本發明的替代性實施例，在此框 34 與基座

(24)

36 是矩形而非圓形。類似圖 1 的實施例，在圖 15 的框 34 內，塊體 22 與 24 是由板 26、28 與 30 連接在一起。同樣地，在圖 1 的實施例中，包括塊體 22 與 24 以及板 26、28 與 30 的連桿組較佳地藉由靜電致動器而驅動達到振動（沒有顯示於圖 15 上）。圖 15 實施例的繞著 Y 軸之旋轉將導致 X 方向的科氏力於塊體 22 與 24 上。框 34 係以複數個彎曲部分 32 而連接到基座 36，該些彎曲部分允許框 34 相對於基座 36 移動。因應感應器繞著 Y 軸之角速度而產生的塊體 22 與 24 上的 X 方向科氏力傾向於使框 34 於 X 方向中相關基座 36 來移動。在框 34 與基座 36 之間的相對運動較佳地以顯示於圖 15 上之電容性感應器 100 來感應。

在圖 15 上之框 34 與彎曲部分 32 的架構抑制框 34 的全部旋轉，並且感應出回應 Y 方向角速度之框 34 的 X 方向變形。圖 15 上之框 34 與彎曲部分 32 的另一架構亦可被應用，其係會抑制 X 方向的變形（例如，藉由使框 34 更堅硬）並且感應框 34 的旋轉。

圖 16a 與 16b 顯示在框 34 與基座 36 間的彎曲部分 32 之另一架構的實例。圖 16a 顯示彎曲部分 32 的排列，其係相對於圖 1 所示之彎曲部分 32 的排列旋轉了 45 度。圖 16b 顯示對稱地配置在框 34 與基座 36 間之三彎曲部分 32 的排列。當然，本發明可以框 34 與基座 36 間彎曲部分的任何排列來實施，該排列容許框 34 應被感應出的角速度而相對於基座 36 地移動。

(25)

在本發明實施例的以上詳細說明中，揭露出用來驅動連桿組達到振動的致動器，其係為靜電致動器。用來驅動連桿組達到振動的替代致動器包括，但不限於電磁致動器、壓電致動器與熱致動器。同樣在以上的說明中，揭露出用來感應框 34 角振動的換能器，其係為電容感應器。用來感應框 34 角振動的替代換能器包括，但不限於電磁感應器、壓力電阻感應器與壓電感應器。

在本發明實施例的以上詳細說明中，揭露出用來驅動框 34 達到角振動的致動器，其係為靜電致動器。用來驅動框 34 達到振動的替代致動器包括，但不限於電磁致動器、壓電致動器與熱致動器。同樣在以上的說明中，揭露出用來感應連桿組之振動的換能器，其係為電容感應器。用來感應連桿組振動的替代換能器包括，但不限於電磁感應器、壓力電阻感應器與壓電感應器。

【圖式簡單說明】

圖 1 顯示根據本發明所設計之陀螺儀晶圓的平面圖。

圖 2 顯示本發明實施例的截面圖，包括圖 1 沿著線 I 之陀螺儀晶圓的截面圖。

圖 3 顯示一平面圖，其係顯示較佳彎曲部份架構的詳細情形。

圖 4 顯示沿著圖 3 之線 II 之彎曲部份架構的截面圖。

圖 5 顯示適合本發明使用的兩電極架構。

圖 6 顯示圖 1 之一部分陀螺儀晶圓的放大圖。

(26)

圖 7a、7b、7c 與 7d 顯示根據本發明實施例來製造覆蓋晶圓的製程步驟。

圖 8a、8b、8c 與 8d 顯示根據本發明實施例來製造覆蓋晶圓與陀螺儀晶圓之組件的製程步驟。

圖 9a 與 9b 顯示根據本發明實施例來製造參考晶圓的製程步驟。

圖 10a 與 10b 顯示根據本發明實施例來製造覆蓋晶圓、陀螺儀晶圓與參考晶圓之組件的製程步驟。

圖 11a 與 11b 顯示圖 2 的架構如何在操作中移動。

圖 12 顯示根據本發明實施例所設計之在參考晶圓上的電極排列情形。

圖 13 顯示本發明的雙軸實施例。

圖 14a 與 14b 顯示具有四檢驗塊體的本發明實施例。

圖 15 顯示具有矩形框的本發明實施例。

圖 16a 與 16b 顯示同樣適合用來實施本發明的兩其他彎曲部份架構（除了圖 1 的架構以外）。

【主要元件符號說明】

20	陀螺儀晶圓
20X	X 軸次感應器
20Y	Y 軸次感應器
21	單晶矽晶片
22	檢驗塊體
24	檢驗塊體

(27)

2 6	第一邊緣板
2 6 A	鉸鏈
2 8	中間板
2 8 B	點
2 8 A	鉸鏈
3 0	第二邊緣板
3 0 A	鉸鏈
3 2	彎曲部分
3 2'	彈簧
3 4	框
3 4 A	框
3 4 B	框
3 6	基座
3 6'	基座
3 8 A、3 8 B、3 8 C	電極
4 0 A、4 0 B、4 0 C	電極
4 1 A	基座隔離溝槽
4 1 B	覆蓋隔離溝槽
4 1 C	參考隔離溝槽
4 2	覆蓋晶圓
4 4	參考晶圓
4 5	凹處
4 6	連接
4 6'	圖案化層

(28)

46B	連接
47	凹處
48A、48B	電極
50A、50B	電極
51A、51B	電極
52A、52B	電極
54、56、58、60	彎曲鉸鏈
62	基座凸片
64	溝槽
66	基座彎曲支架
70	氧化物層
71	支座
72	背部調準記號
76	接合墊
74	主動區域

五、中文發明摘要

發明之名稱：具有垂直積集電子及晶圓級密封包裝之
X-Y 軸雙質量音叉式陀螺儀

一角速度感應器具有橫向配置在 XY 平面中並且間接連接到框的兩塊體。該兩塊體由一連桿組而連桿組在一起，以致於他們必定能夠沿 Z 軸以相反之方向移動。感應器繞著 Y 軸的角速度可藉由驅動該兩塊體達到 Z 方向反相振動並且測量因而傳到框的角振動振幅而來感應。

在較佳實施例中，角速度感應器是從整體 MEMS 陀螺儀晶圓、覆蓋晶圓與參考晶圓製造。在進一步較佳實施例中，此晶圓組件提供於該些塊體與周遭環境之間一密封阻障。

六、英文發明摘要

發明之名稱：

**X-Y AXIS DUAL-MASS TUNING FORK GYROSCOPE WITH VERTICALLY
INTEGRATED ELECTRONICS AND WAFER-SCALE HERMETIC PACKAGING**

An angular velocity sensor has two masses which are laterally disposed in an X-Y plane and indirectly connected to a frame. The two masses are linked together by a linkage such that they necessarily move in opposite directions along Z. Angular velocity of the sensor about the Y axis can be sensed by driving the two masses into Z-directed antiphase oscillation and measuring the angular oscillation amplitude thereby imparted to the frame.

In a preferred embodiment, the angular velocity sensor is fabricated from a bulk MEMS gyroscope wafer, a cap wafer and a reference wafer. In a further preferred embodiment, this assembly of wafers provides a hermetic barrier between the masses and an ambient environment.

(1)

十、申請專利範圍

1.一種用來測量感應器平面中之角速度的感應器，該感應器包含：

a) 感應次組件，包含：

I) 一平行該平面的實質平面框；

II) 一配置在該平面中的第一塊體；

III) 一與該第一塊體呈橫向配置在該平面中的第二塊體；以及

IV) 一在該框內並且連接到該框的連桿組，其中該連桿組連接到該第一塊體與該第二塊體，且其中該連桿組限制該第一與該第二塊體，以在垂直該平面的相反方向上移動；

b) 一致動器，用來驅動該次組件的一第一部份以在一驅動頻率振動；以及

c) 一換能器，用來回應該角速度而感應該次組件的一第二部份運動。

2.如申請專利範圍第 1 項之感應器，其中該致動器是從由靜電致動器、電磁致動器、壓電致動器與熱致動器所組成的群組選出。

3.如申請專利範圍第 1 項之感應器，其中該換能器是從由電容感應器、電磁感應器、壓電感應器與壓力電阻感應器所組成的群組選出。

4.如申請專利範圍第 1 項之感應器，其中該次組件的該第一部份是該連桿組，且該次組件的該第二部份是該框

(2)

。

5.如申請專利範圍第 4 項之感應器，其中該致動器包含一連接到該連桿組的靜電致動器，且其中該換能器包含一連接到該框的電容性感應器。

6.如申請專利範圍第 1 項之感應器，其中該次組件的該第一部份是該框，且該次組件的該第二部份是該連桿組。

7.如申請專利範圍第 6 項之感應器，其中該致動器包含一連接到該框的靜電致動器，且其中該換能器包含一連接到該連桿組的電容感應器。

8.如申請專利範圍第 1 項之感應器，其中該框的運動實質受限於繞著垂直該感應器平面之軸的旋轉。

9.如申請專利範圍第 8 項之感應器，其中該框實質為圓形。

10.如申請專利範圍第 1 項之感應器，其中該框實質為矩形。

11.如申請專利範圍第 1 項之感應器，其中該第一與第二塊體侷限於相關於該框，僅僅實質垂直該感應器平面地移動。

12.如申請專利範圍第 1 項之感應器，進一步包含一孔洞於該等塊體之至少其中之一，以降低空氣阻力。

13.如申請專利範圍第 1 項之感應器，其中該連桿組進一步包含：

一中心板，連接到該框，以及連接到該第一與該第二

(3)

塊體且在其間，其中該中心板可繞著一旋轉中心軸旋轉；

一第一邊緣板，連接到該框與該第一塊體，其中該第一邊緣板可繞著第一旋轉軸旋轉；以及

一第二邊緣板，連接到該框與該第二塊體，其中該第二邊緣板可繞著第二旋轉軸地旋轉；

其中該中心、第一與第二旋轉軸彼此平行，並同樣地平行該感應器平面。

14.如申請專利範圍第 13 項之感應器，其中該中心板進一步包含一連接到該第一塊體的第一槓桿臂與一連接到該第二塊體的第二槓桿臂，因此回應該中心板旋轉之垂直該感應器板的該塊體運動會增加。

15.如申請專利範圍第 13 項之感應器，其中該第一邊緣板進一步包含一連接到該第一塊體的槓桿臂，因此回應該第一邊緣板旋轉之垂直該感應器板的該第一塊體運動則會增加。

16.如申請專利範圍第 13 項之感應器，其中該第二邊緣板進一步包含一連接到該第二塊體的槓桿臂，因此回應該第二邊緣板旋轉之垂直該感應器板的該第二塊體運動則會增加。

17.如申請專利範圍第 1 項之感應器，其中該框具有一基本框共振模式，其繞著一垂直該感應器板的軸具有該框的角旋轉。

18.如申請專利範圍第 1 項之感應器，其中在垂直該感應器板的方向中，該連桿組具有一基本連桿組共振模式

(4)

，其具有該第一與第二塊體的振動，其係實質彼此相位差 180 度。

19.如申請專利範圍第 18 項之感應器，其中該框具有一基本框共振模式，其繞著一垂直該感應器板的軸具有該框的角旋轉。

20.如申請專利範圍第 19 項之感應器，其中該框共振模式具有較高於該連桿組共振模式頻率更高的頻率。

21.如申請專利範圍第 18 項之感應器，其中該連桿組共振模式的頻率大約等於該驅動頻率。

22.如申請專利範圍第 1 項之感應器，進一步包含一實質平面基座，其係平行該框且放置在該框周圍。

23.如申請專利範圍第 22 項之感應器，進一步包含複數個彎曲部分將該基座連接到該框，以致於該框可繞著一垂直該感應器板的軸旋轉。

24.如申請專利範圍第 23 項之感應器，進一步包含從被嚙合在該框內溝槽中並由該基座延伸的一凸片，該凸片與該溝槽的結合限制了該框的運動範圍，從而保護該些彎曲部分。

25.如申請專利範圍第 22 項之感應器，進一步包含一頂表面附到該基座的矽參考晶圓，其中該感應次組件與該基座會從單晶矽陀螺儀晶圓蝕刻。

26.如申請專利範圍第 25 項之感應器，其中該參考晶圓包含兩凹處，來容納垂直該感應器平面之該第一與第二塊體的運動。

(5)

27.如申請專利範圍第 25 項之感應器，其中該參考晶圓包含電性連接到該感應次組件的 CMOS 電子。

28.如申請專利範圍第 25 項之感應器，進一步包含一電容性感應器，用來感應該連桿組相對於該參考晶圓的運動。

29.如申請專利範圍第 28 項之感應器，其中該連桿組進一步包含：

一中心板，連接到該框，以及連接到該第一與第二塊體並在其間，其中該中心板可繞著一旋轉中心軸地旋轉；

一第一邊緣板，連接到該框與該第一塊體，其中該第一邊緣板可繞著一第一旋轉軸地旋轉；以及

一第二邊緣板，連接到該框與該第二塊體，其中該第二邊緣板可繞著一第二旋轉軸地旋轉；

其中該中心、第一與第二旋轉軸彼此平行，並同樣地平行該感應器平面。

30.如申請專利範圍第 29 項之感應器，其中該致動器包含：

一第一邊緣切開電極，放置在該參考晶圓之該頂表面上的該第一邊緣板下，並且與該第一邊緣板隔開一預定距離 d ；

一第二邊緣切開電極，放置在該參考晶圓之該頂表面上的該第二邊緣板下，並且與該第二邊緣板隔開距離 d ；

一中心切開電極，放置在該參考晶圓之該頂表面上的該中心板下，並且與該第二邊緣板隔開距離 d ；

(6)

31.如申請專利範圍第 30 項之感應器，其中該第一邊緣電極、該第二邊緣電極與該中心切開電極以合作的方式被電性驅動，以刺激該連桿組的一振動模式，以在垂直該感應器平面的方向中，令該第一與第二塊體以實質彼此相位差 180 度的方式振動。

32.如申請專利範圍第 31 項之感應器，其中該驅動頻率實質等於該振動模式的共振頻率。

33.如申請專利範圍第 30 項之感應器，其中該換能器包含一連接到該基座與該框的電容性感應器，且其中該參考晶圓包含連接到該電容性感應器與連接到該第一邊緣電極、該第二邊緣電極與該中心切開電極的 CMOS 電子，藉此而得到該致動器與該換能器的晶圓級積集。

34.如申請專利範圍第 25 項之感應器，進一步包含將該框連接到該參考晶圓的複數個彎曲部分，以致使該框可繞著一垂直該感應器板的軸旋轉，該等彎曲部分通過該基座並且與該基座隔開複數個基座隔離溝槽，藉此而使該基座中的應力不會耦合到該等彎曲部分。

35.如申請專利範圍第 34 項之感應器，進一步包含將該參考晶圓的該頂表面與該彎曲部分隔開的複數個參考隔離溝槽，藉此而使該參考晶圓之該頂表面中的表面應力不會實質地耦合到該等彎曲部分。

36.如申請專利範圍第 25 項之感應器，進一步包含一矽覆蓋晶圓，其具有一底表面附到該基座。

37.如申請專利範圍第 36 項之感應器，其中該覆蓋晶

(7)

圖包含一凹處，來容納垂直該感應器平面之該第一與第二塊體的運動。

38.如申請專利範圍第 36 項之感應器，其中該覆蓋晶圓密封地附著到該基座，且該參考晶圓密封地附著到該基座。

39.如申請專利範圍第 38 項之感應器，其中由該基座、該覆蓋晶圓與該參考晶圓所形成之密封密封件內的氣體壓力實質不同於大氣壓力。

40.如申請專利範圍第 38 項之感應器，其中該覆蓋晶圓以矽對二氧化矽熔接密封地附到該基座，且該參考晶圓以金屬接合密封地附著到該基座。

41.如申請專利範圍第 36 項之感應器，進一步包含將該框連接到該覆蓋晶圓的複數個彎曲部分，以致使該框可繞著一垂直該感應器板的軸旋轉，該等彎曲部分通過該基座並且與該基座隔開複數個基座隔離溝槽，藉此而使該基座中的應力不會耦合到該彎曲部分。

42.如申請專利範圍第 41 項之感應器，進一步包含將該覆蓋晶圓的該底表面與該彎曲部分隔開的複數個覆蓋隔離溝槽，藉此而使該覆蓋晶圓之該底表面中的表面應力不會實質地耦合到該彎曲部分。

43.如申請專利範圍第 42 項之感應器，其中該彎曲部分連接到該參考晶圓。

44.如申請專利範圍第 43 項之感應器，進一步包含將該參考晶圓的該頂表面與該彎曲部分隔開的複數個參考隔

(8)

離溝槽，藉此而使該參考晶圓之該頂表面中的表面應力不會實質地耦合到該彎曲部分。

45.一種雙軸感應器，用來測量在 X-Y 感應器平面中之角速度的 X 與 Y 分量，雙軸感應器包含：

A) 一用來測量角速度之 X 分量的第一次感應器，第一次感應器包含：

a) 一第一感應次組件，包含：

I) 一平行該平面的實質平面第一框；

II) 一配置在該平面中的第一塊體；

III) 一與該第一塊體呈橫向配置在該平面中的第二塊體；以及

IV) 一在該框內並且連接到該框的第一連桿組，其中該連桿組連接到該第一塊體與該第二塊體，且其中該第一連桿組限制該第一與該第二塊體，以在垂直該平面的相反方向上移動；

b) 一第一致動器，用來驅動該第一次組件的第一部份以在一驅動頻率振動；以及

c) 一第一換能器，用來感應回應角速度 X 分量之該第一次組件的一第二部份的運動。

B) 一種用來測量角速度 Y 分量的第二次感應器，第二次感應器包含：

a) 一第二感應次組件，包含：

I) 一平行該平面的實質平面第二框；

II) 一配置在該平面中的第三塊體；

(9)

Ⅲ) 一與該第三塊體呈橫向配置在該平面中的第四塊體；以及

Ⅳ) 一在該第二框內並且連接到該第二框的第二連桿組，其中該連桿組連接到該第三塊體與該第四塊體，且其中該第二連桿組限制該第三與該第四塊體，以在垂直該平面的相反方向中移動；

b) 一第二致動器，用來驅動該第二次組件的一第一部份以在一驅動頻率振動；以及

c) 一第二換能器，用來感應回應該角速度 Y 分量之該第二次組件的一第二部份的運動。

46. 一種用來測量感應器平面中之角速度的感應器，該感應器包含：

a) 一第一感應次組件，包含：

I) 一平行該平面的實質平面第一框；

Ⅱ) 一配置在該平面中的第一塊體；

Ⅲ) 一與該第一塊體呈橫向配置在該平面中的第二塊體；以及

Ⅳ) 一在該框內並且連接到該框的第一連桿組，其中該連桿組連接到該第一塊體與該第二塊體，且其中該第一連桿組限制該第一與該第二塊體，以在垂直該平面的相反方向中移動；

b) 一第一致動器，用來驅動該第一次組件的一第一部份以在一驅動頻率振動；以及

c) 一第一換能器，用來感應回應該角速度之該第一

(10)

次組件的一第二部份的第一運動；

d) 一第二感應次組件，包含：

I) 一平行該平面的實質平面第二框；

II) 一配置在該平面中的第三塊體；

III) 一與該第三塊體呈橫向配置在該平面中的第四塊體；以及

IV) 一在該第二框內並且連接到該第二框的第二連桿組，其中該連桿組連接到該第三塊體與該第四塊體，且其中該第二連桿組限制該第三與該第四塊體，以在垂直該平面的相反方向中移動，其中該第二連桿組具有與該第一連桿組實質相同的架構與定向，該第三塊體對應該第一塊體且該第四塊體對應該第二塊體；

e) 一第二致動器，用來驅動該第二次組件的一第一部份以在一驅動頻率振動；以及

f) 一第二換能器，用來感應回應該角速度之該第二次組件的一第二部份的第二運動；

其中來自該第一與第二換能器的信號會被結合，以將回應該角速度的該第一與第二運動自不回應該角速度的運動區隔開。

47.如申請專利範圍第 46 項之感應器，其中該第一次組件的該第一部份是該第一連桿組，且其中該第一次組件的該第二部份是該第一框，且其中該第二次組件的該第一部份是該第二連桿組，且其中該第二次組件的該第二部份

(11)

是該第二框。

48.如申請專利範圍第 47 項之感應器，其中該第一與第二連桿組會被驅動，以致於該第一塊體與該第三塊體會被驅動，以在垂直該平面的相反方向中移動。

49.如申請專利範圍第 48 項之感應器，其中該第一與第二框可在該平面內旋轉，且進一步包含一將該第一框連接到該第二框的框連桿組，其中該第一與第二框會為該框連桿組所受限於在相反方向中旋轉。

圖 1

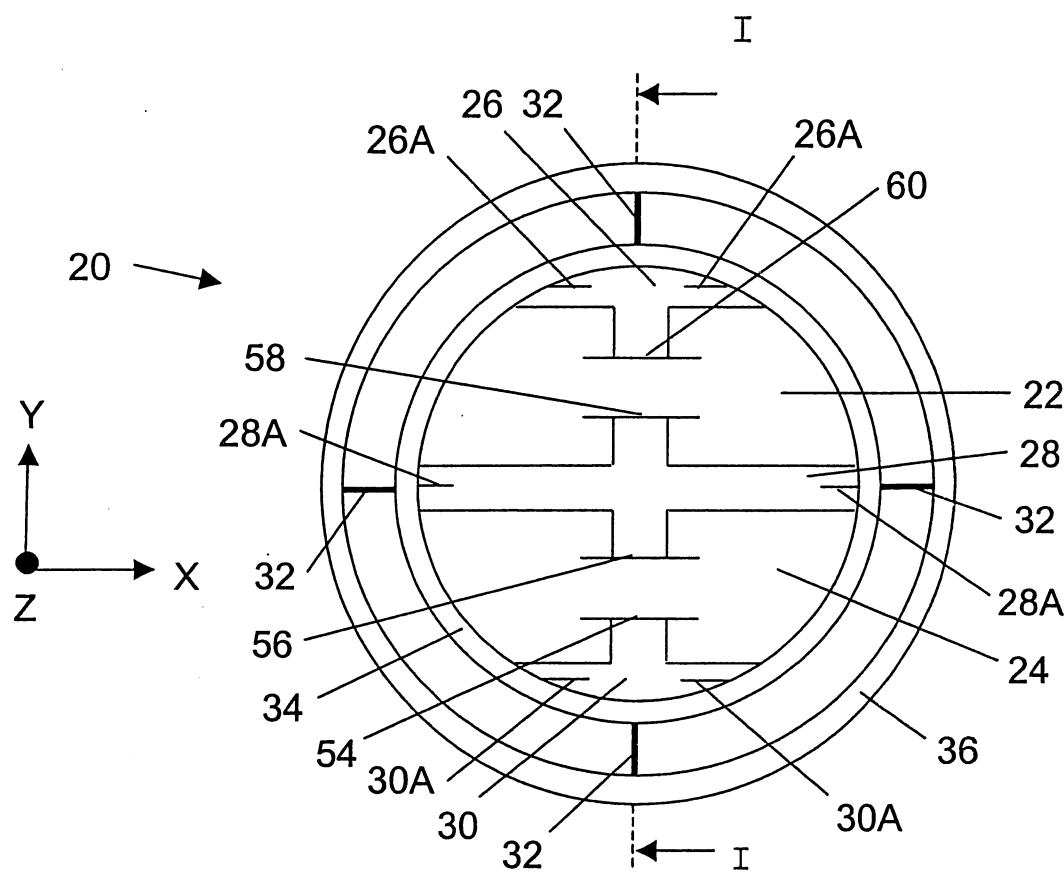


圖 2

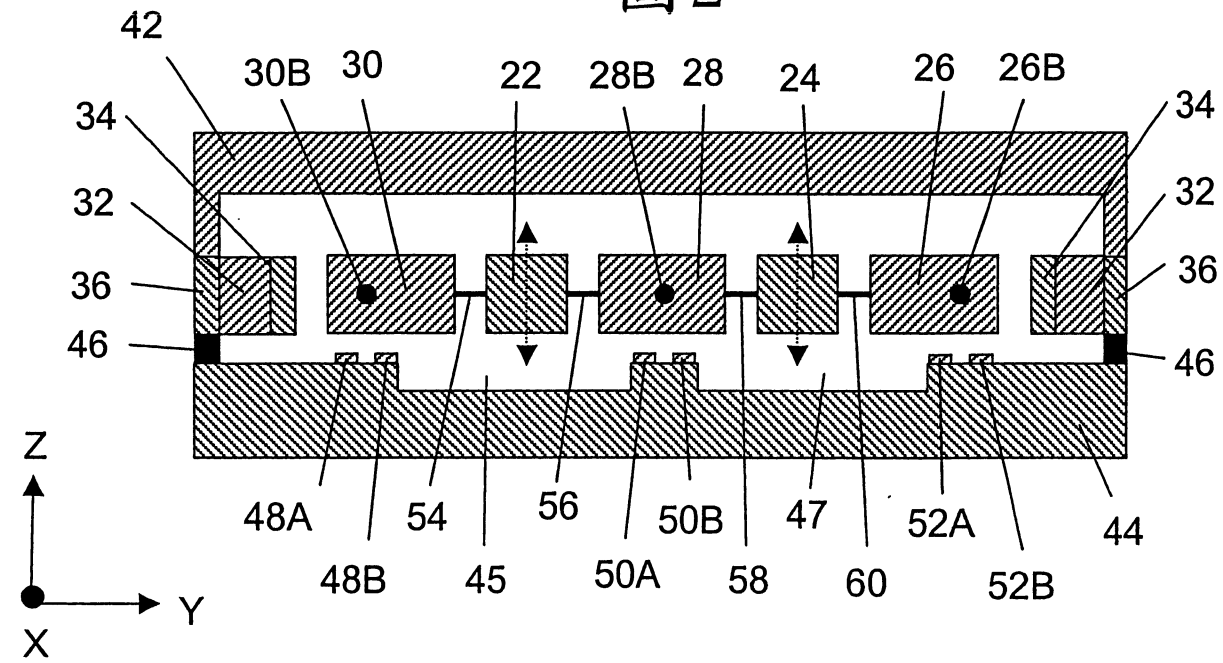


圖3

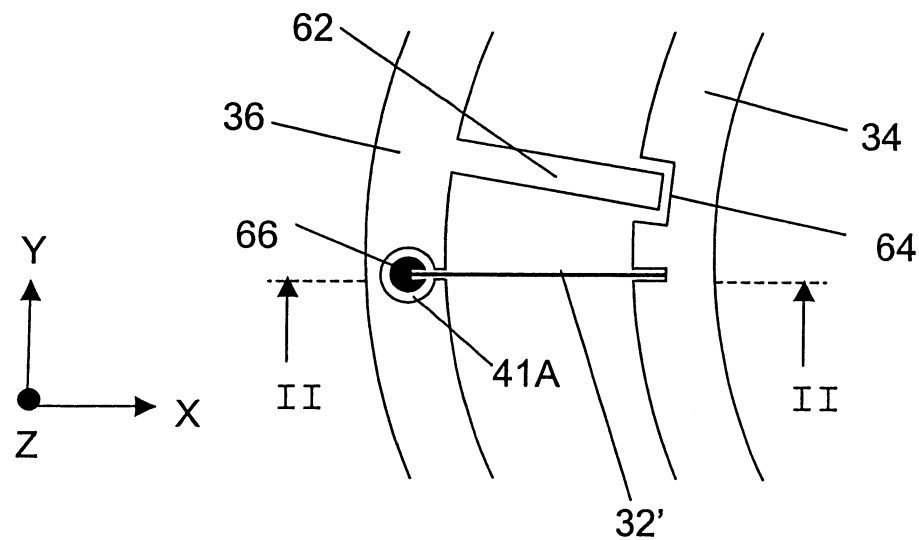


圖4

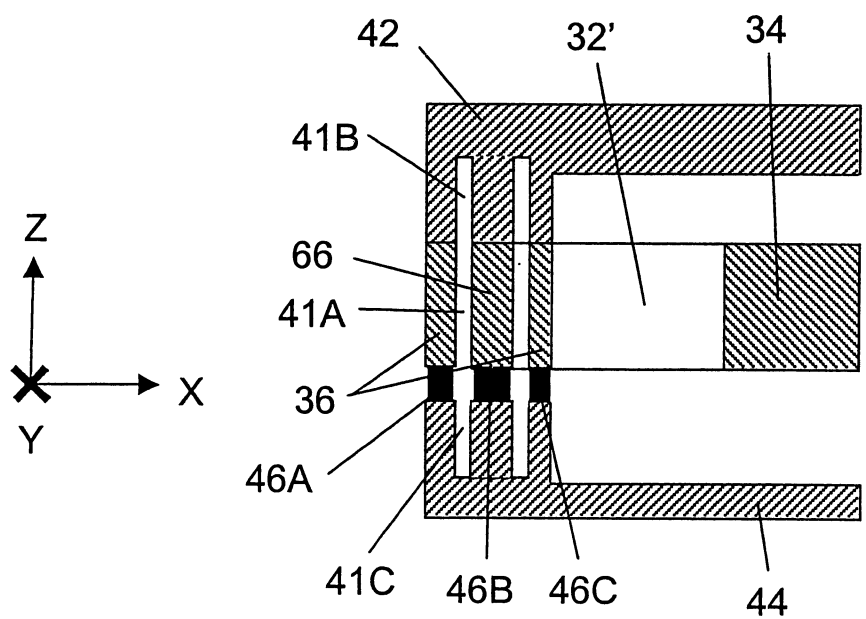


圖5

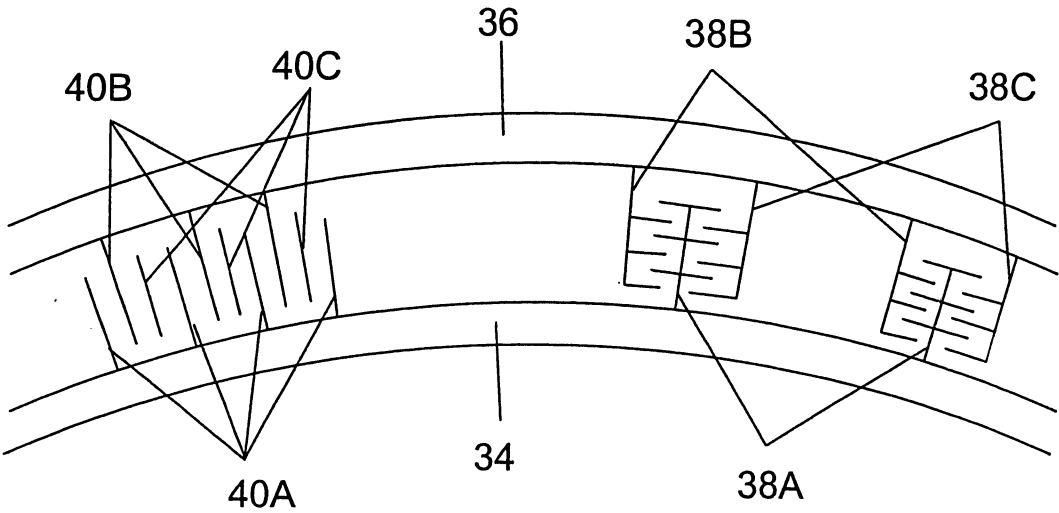


圖6

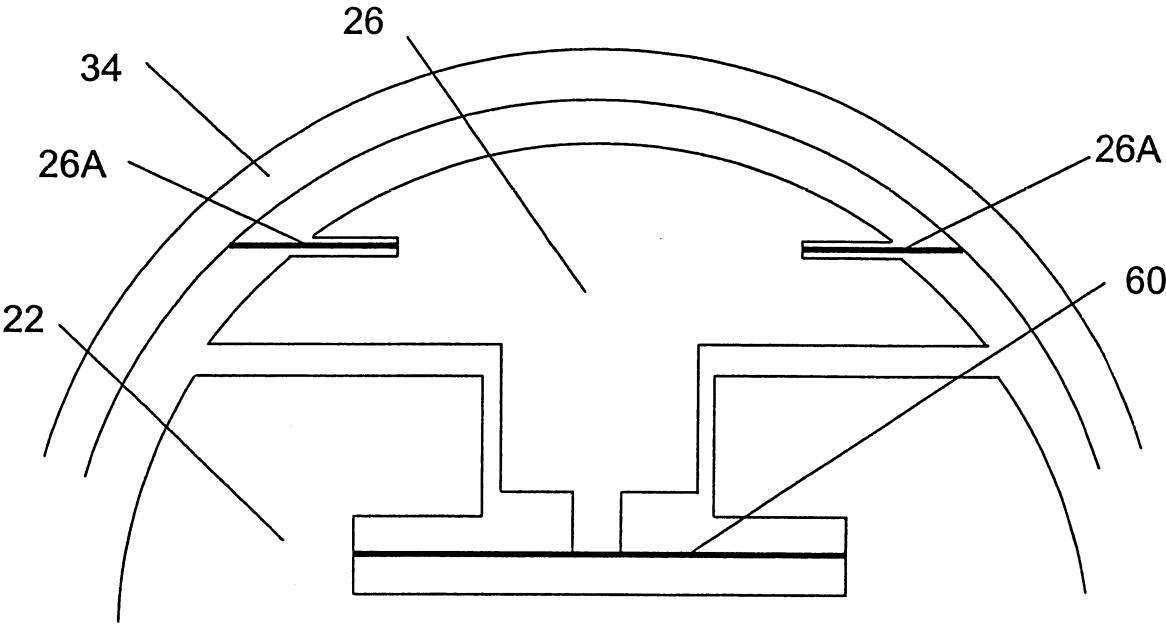


圖 7a

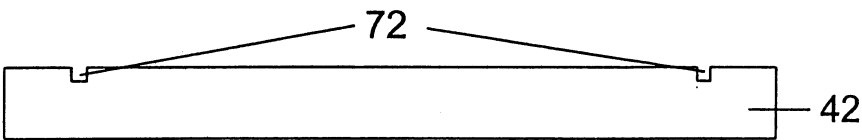


圖 7b

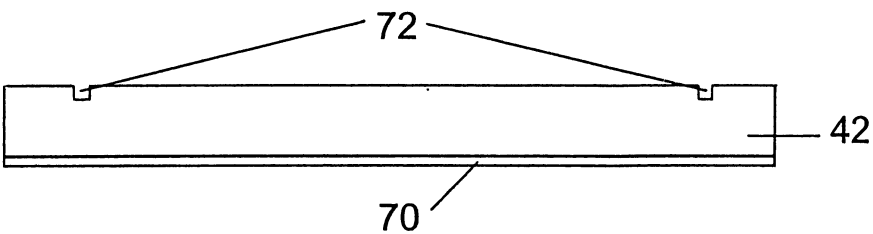


圖 7c

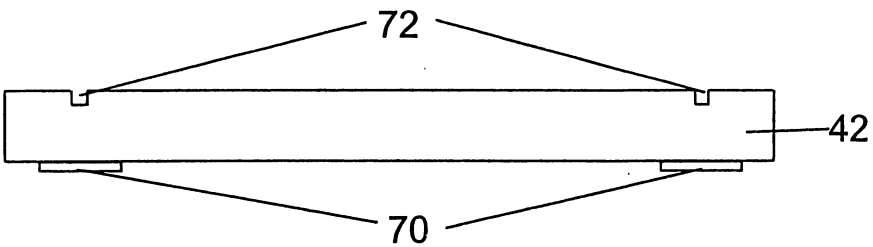


圖 7d

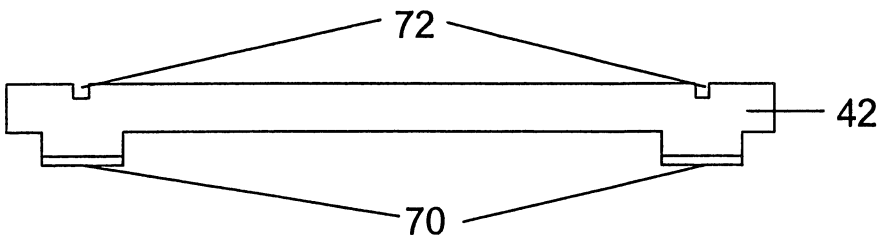


圖 8a

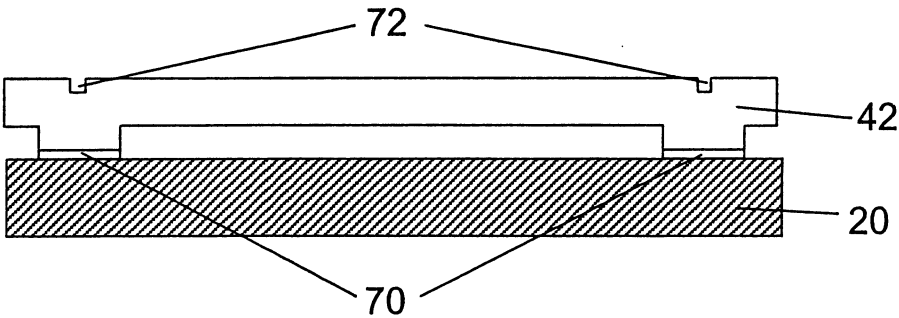


圖 8b

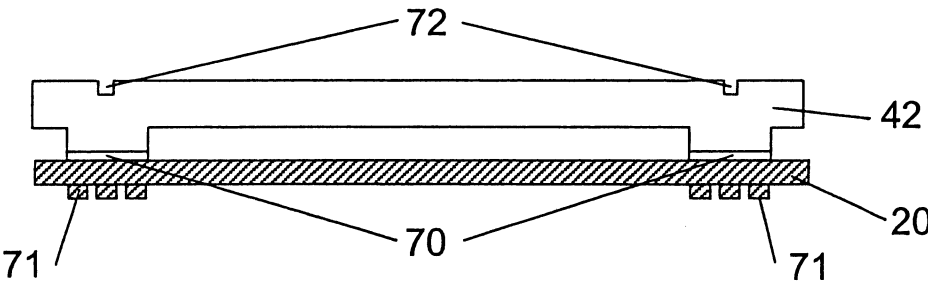


圖 8c

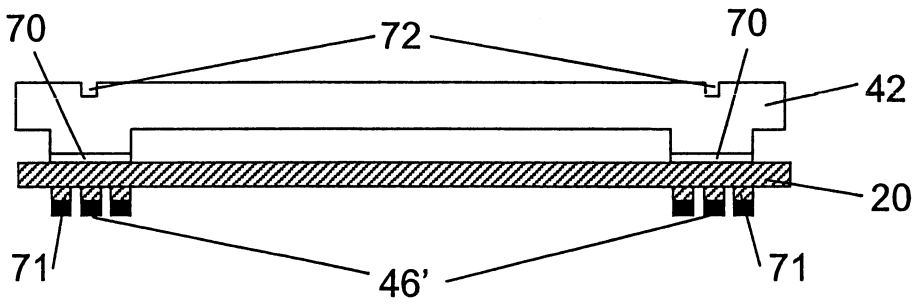


圖 8d

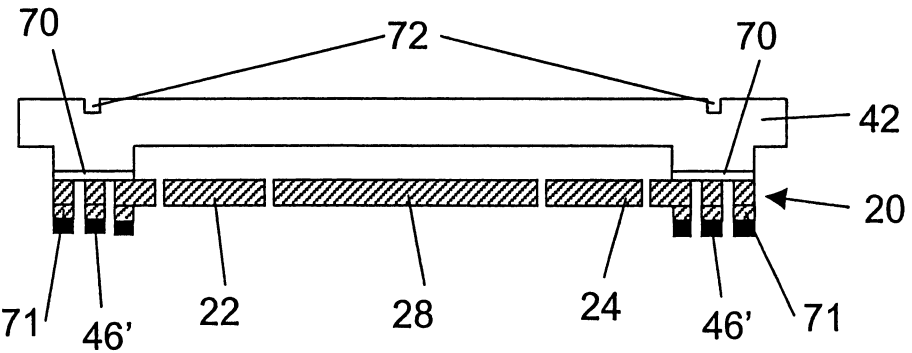


圖 9a

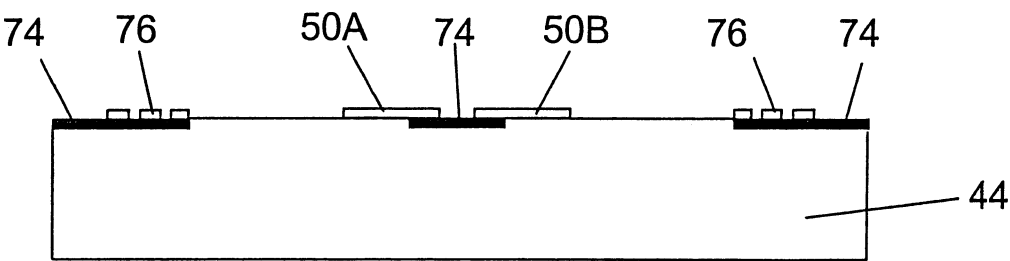


圖 9b

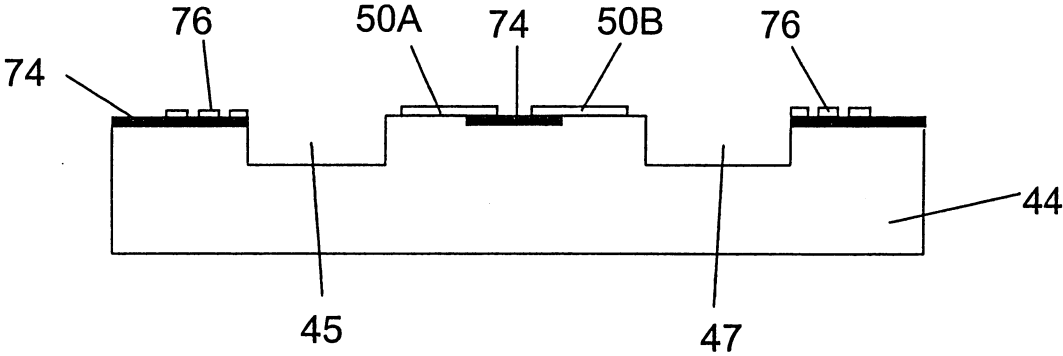


圖10a

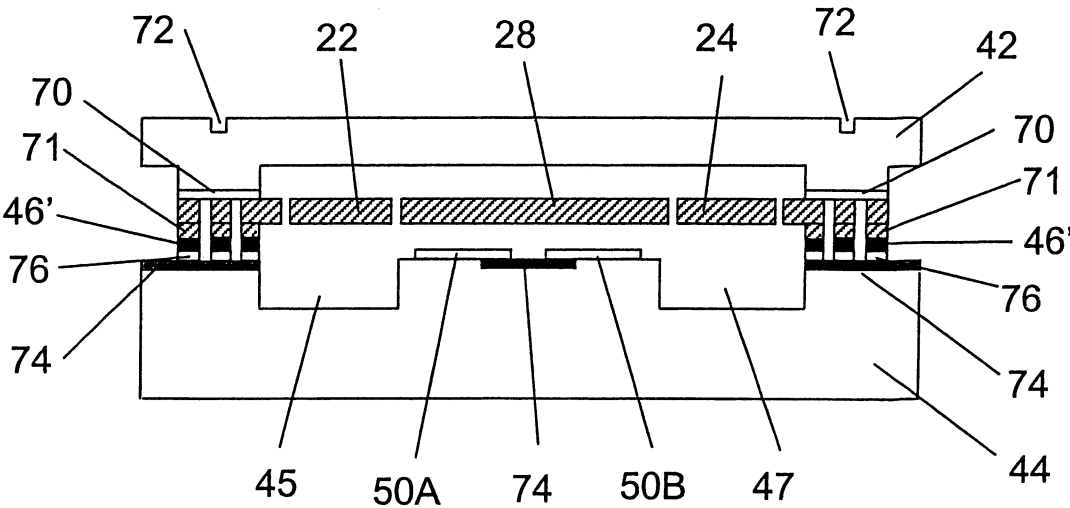


圖10b

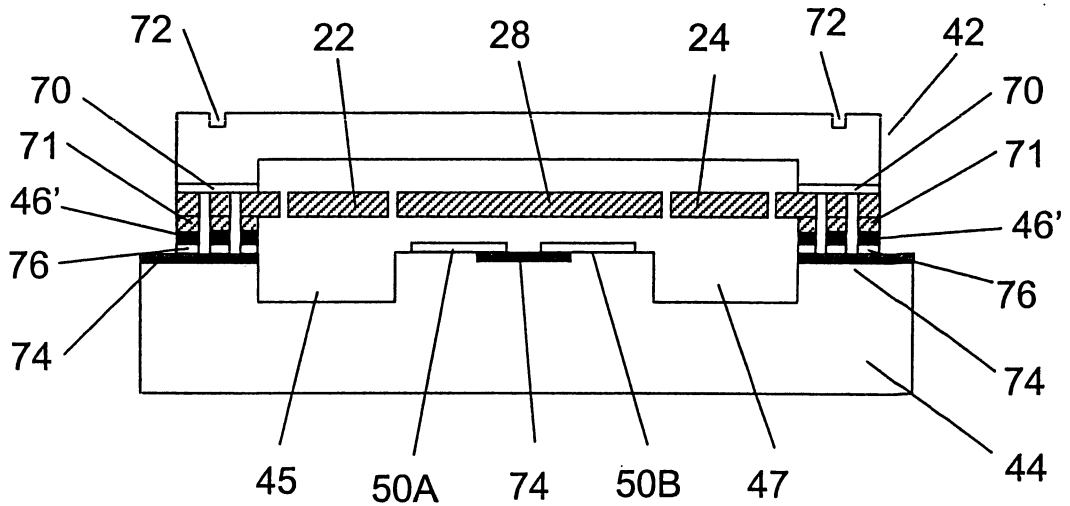


圖11a

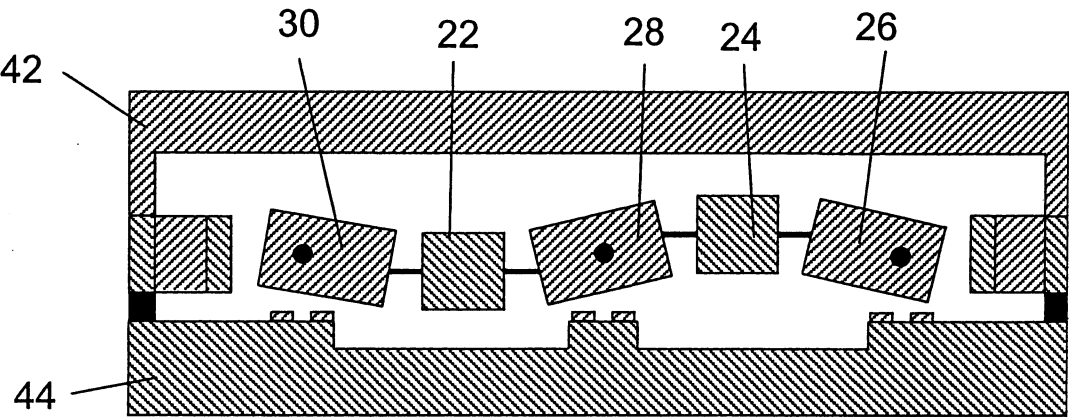


圖11b

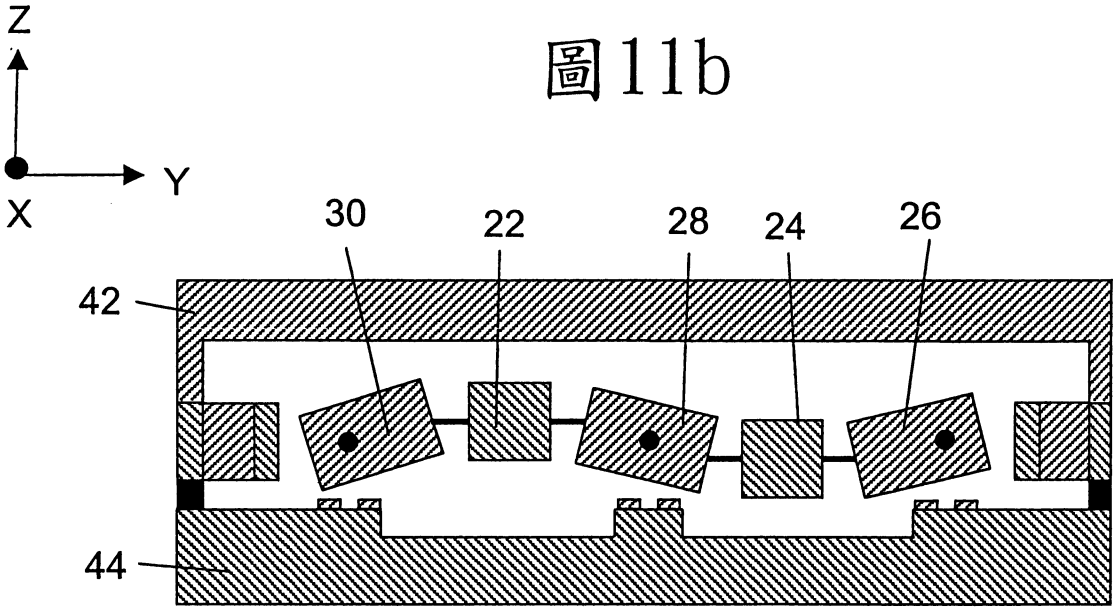


圖12

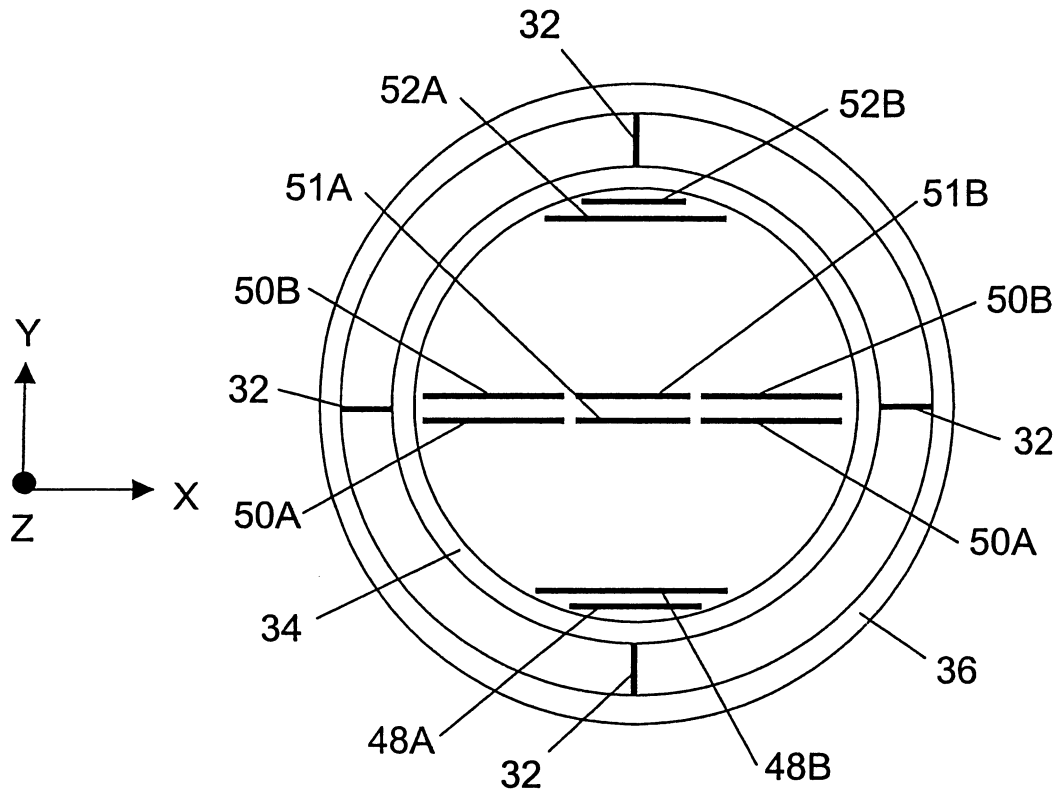


圖13

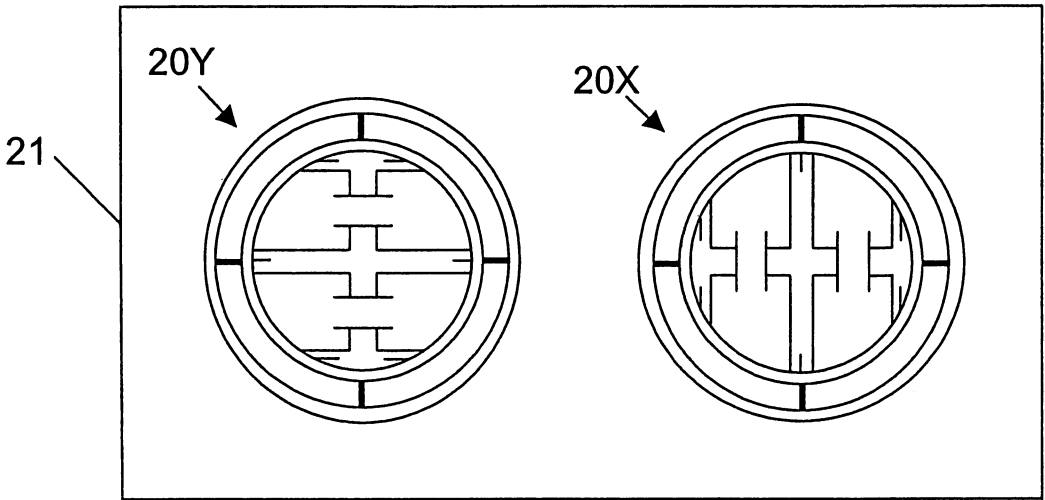


圖14a

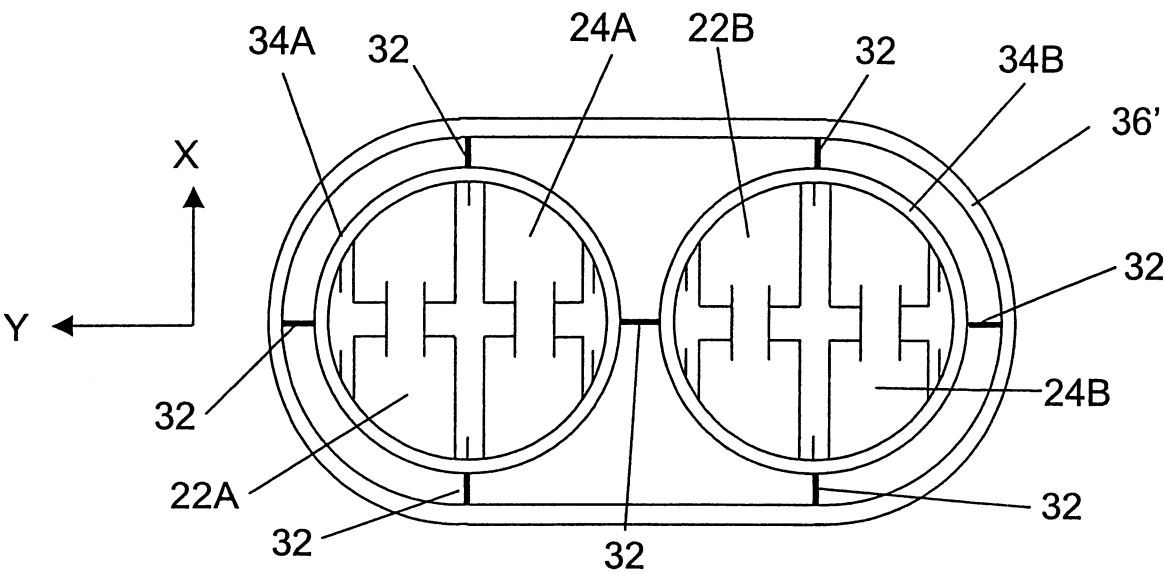


圖14b

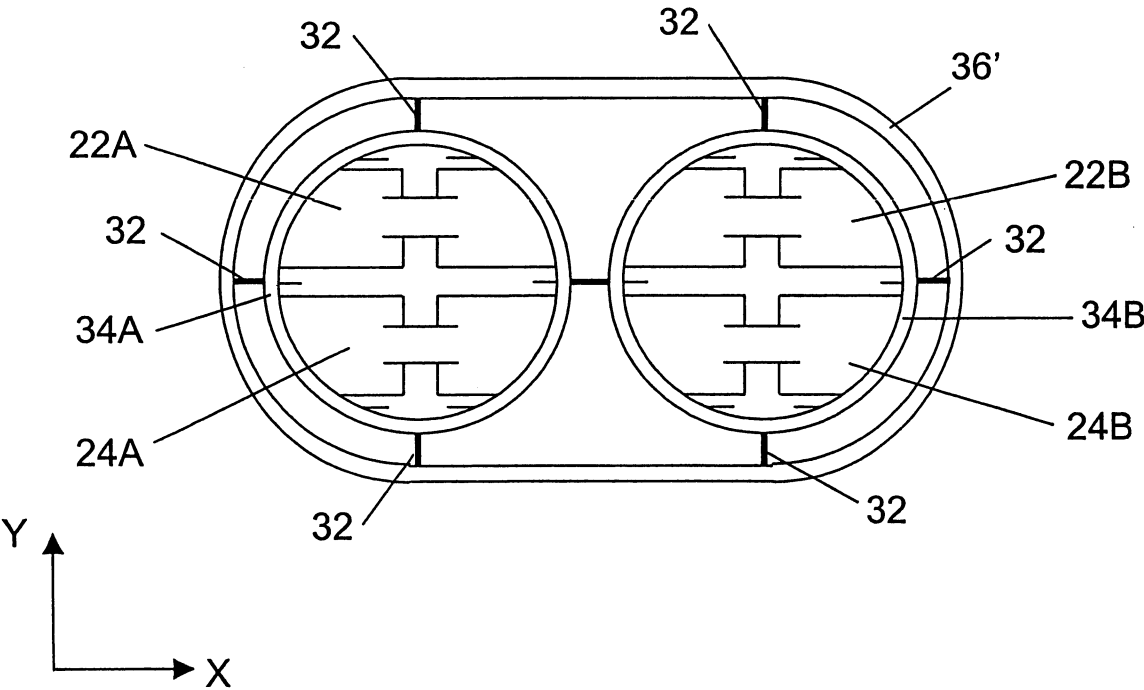


圖 15

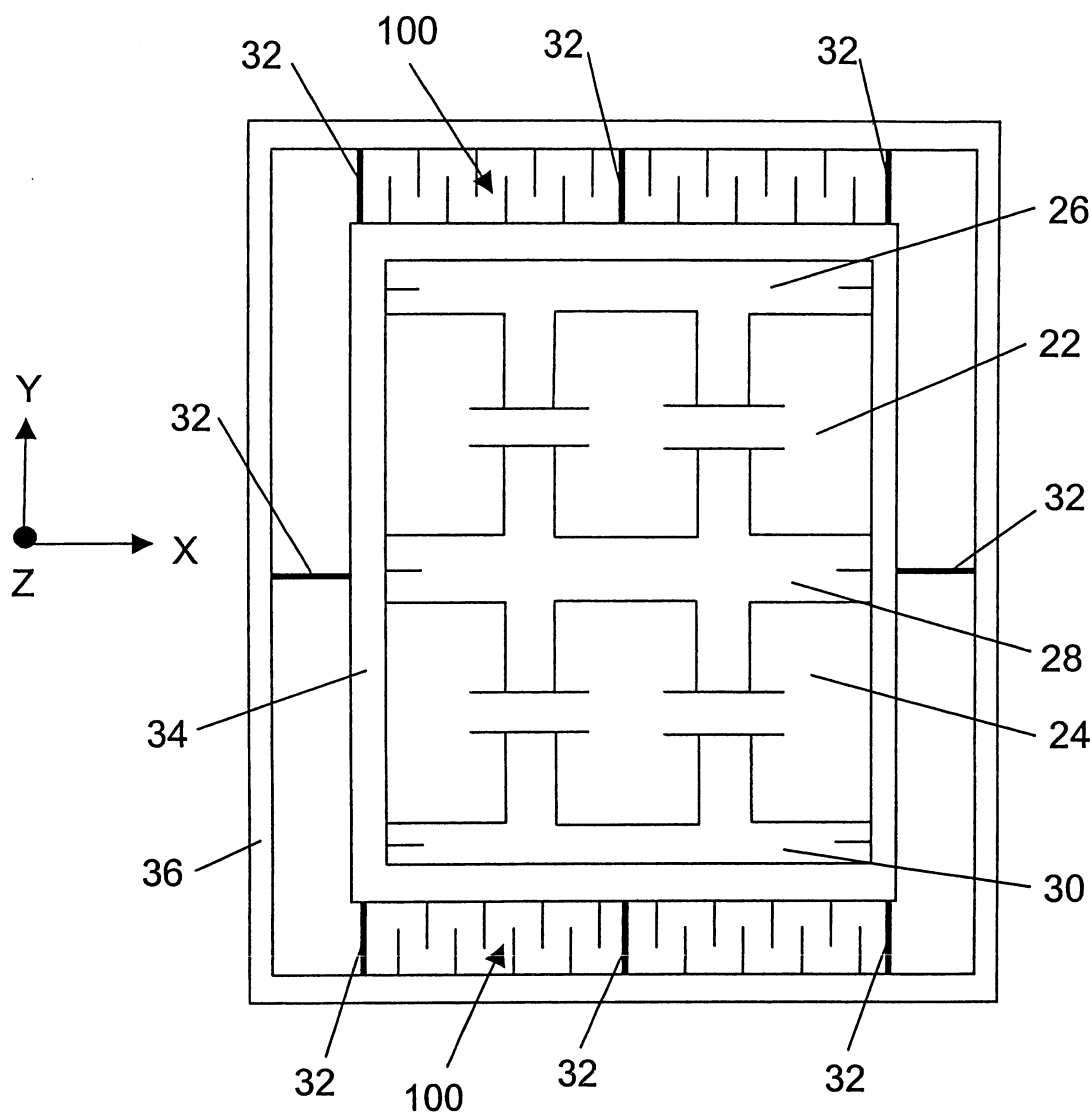


圖 16a

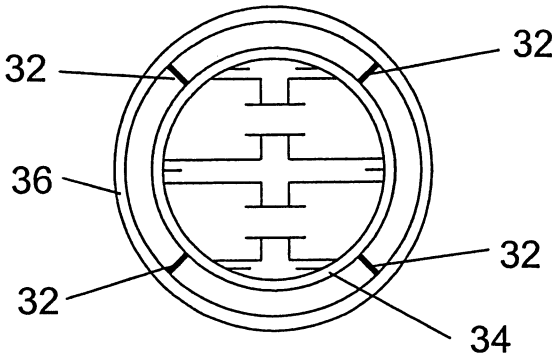
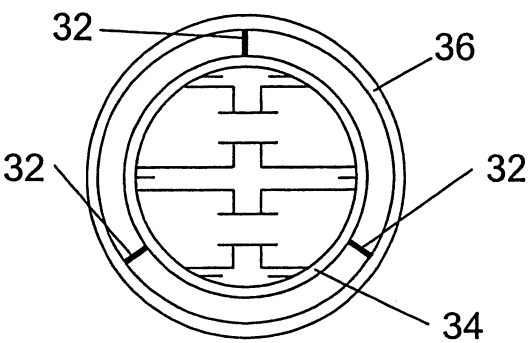


圖 16b



七、指定代表圖：

(一) 本案指定代表圖為：第(1)圖

(二) 本代表圖之元件符號簡單說明：

20	陀螺儀晶圓
22	檢驗塊體
24	檢驗塊體
26	第一邊緣板
26A	鉸鏈
28	中間板
28A	鉸鏈
30	第二邊緣板
30A	鉸鏈
32	彎曲部分
34	框
36	基座
54、56、58、60	彎曲鉸鏈

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：無