

發明人 2

姓名：(中文) 許聿翔

(英文)

住居所地址：(中文) 台北市北寧路 38 號 5 樓

(英文)

國籍：(中文) 中華民國 (英文) TW

發明人 3

姓名：(中文) 黃榮山

(英文)

住居所地址：(中文) 台北市大安區農場里 12 鄰舟山路 100 巷 1 弄 2 號

(英文)

國籍：(中文) 中華民國 (英文) TW

發明人 4

姓名：(中文) 謝德璋

(英文)

住居所地址：(中文) 台北縣新店市中興路 1 段 193 號 19 樓

(英文)

國籍：(中文) 中華民國 (英文) TW

捌、聲明事項

☐ 本案係符合專利法第二十條第一項第一款但書或第二款但書規定之期間，其日期為：_____

☐ 本案已向下列國家（地區）申請專利，申請日期及案號資料如下：

【格式請依：申請國家（地區）；申請日期；申請案號 順序註記】

1. _____
2. _____
3. _____

☐ 主張專利法第二十四條第一項優先權：

【格式請依：受理國家（地區）；日期；案號 順序註記】

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
5. _____
6. _____
7. _____
8. _____
9. _____
10. _____

☐ 主張專利法第二十五條之一第一項優先權：

【格式請依：申請日；申請案號 順序註記】

1. _____
2. _____
3. _____

☐ 主張專利法第二十六條微生物：

☐ 國內微生物 【格式請依：寄存機構；日期；號碼 順序註記】

1. _____
2. _____
3. _____

☐ 國外微生物 【格式請依：寄存國名；機構；日期；號碼 順序註記】

1. _____
2. _____
3. _____

☐ 熟習該項技術者易於獲得，不須寄存。

玖、發明說明

（發明說明應敘明：發明所屬之技術領域、先前技術、內容、實施方式及圖式簡單說明）

發明領域

本發明係相關於一種運動感應裝置，尤其相關於一種利用一均佈式電極形狀來感應自由落體運動波之適型壓電薄片型感應結構。

發明背景

一種利用壓電效應之點式感應器／致動器（加速規或傳感器）係於利用該感應器／致動器之結構中的一點處產生或感應作用力、位移、或加速度。要達成所希求之感應或致動並不需要任何有關此種結構的習知學識。用以偵測或控制撓性結構（例如是機械臂、衛星天線等等）之振動的離散點式感應器／致動器係已存在超過三十年。然而，由於在傳統系統中殘餘（未受控制者）振動模式所造成致動器／觀察器之溢流係會產生在封閉迴圈控制系統中的不安定性。利用預濾波及模態濾波之獨立型模態-空間控制方法係已被提出來解決溢流問題。在習知技藝的一個例子中，模態濾波程序係會使信號從一陣列之離散點式感應器處同時產出，並接著將信號饋送至一控制封閉電路之中，但大量的信號及隨後所需要進行的信號處理係會造成在控制封閉電路中明顯的相位延遲，從而使得系統無法為人所信賴且甚至無法作動。

傳統點式感應器係於結構上之特殊給定點處進行操作來收集運動信號，或者其能夠以不同自身結構型態或在不

同狀態之下進行操作來偵測不同的特定運動／振動信號。在運動或振動量測並不會受到待測裝置影響的情況中，運動量測及感應是相當單純的。然而，在實際上，傳統點式感應器於其進行運動感應之時係會明確地受到其自身結構特徵的影響，並因此其係會受限於某一可用頻寬（亦即在不曾受其自身影響的範圍之中）。

均佈式表面電極形狀及其極化方向係可以增加感應器之可用頻寬。因為電極係可以在空間中分佈，除了能夠偵測物體的整體運動之外，在該物體上的均佈作用力（在該物體之特殊部分上的作用力）亦可以被量測。然而，因為進行均佈式感應係需要一種針對特定結構之感應器形狀，感應系統係必須針對不同應用來加以重新設計。因此，均佈式感應系統係遭遇到一種缺乏普遍可應用性的問題。這也是目前均佈式感應系統無法如點式感應系統般廣泛使用的原因。

壓電效應是一種特定材料於其遭受到一扭轉作用力而將會產生電極化（electrical polarization）、並在隨後產生電動勢（electromotive force, EMF）的現象。相反地，當一電動勢被運用至此等材料之時，該材料將會相應於電動勢來改變其自身形狀。因此，壓電材料係可以被使用作為運動感應器或致動器。然而，傳統壓電材料在典型的情況下係為單晶或多晶型態，並因此其為易碎者而無法輕易地適用於各種用途。

發明概要

本發明之目的係為提供一種微型均佈式感應系統，其

係可以應用於各種不同結構而不需要進行重新設計。本發明係包括有一種利用其上設有預定表面電極形狀之壓電薄片而為實際有效的一維運動感應系統。一選頻器係使預定頻率之運動波通過，並且一電路係對電子信號進行處理並將其傳送至一個能夠相應於該電子信號來進行致動的致動裝置。特別的是，用於自由落體加速波頻之選頻器係為一低通濾波器。藉由進行適當的動作，本發明係增加了其上裝設有該系統之裝置（例如是用於軍事或其他敵方環境）的可用性、降低了此裝置損害的可能性、並且加長了此裝置之使用壽命。

圖示簡單說明

第 1 圖係為一樑於其一端處被固定至一結構的示意圖；

第 2 圖係為顯示出在結構主軸與一組薄層之材料主軸間之傾斜角 $\pm\theta$ 的示意圖；

第 3 圖係為根據本發明之 PVF_2 薄層的示意圖，該 PVF_2 薄層係具有一壓電薄膜以及將該壓電薄膜夾在其間的電極；

第 4 圖係根據本發明而由於負載所造成薄片一部份在平面 xz 中變形的示意圖；

第 5 圖係根據本發明而在一壓電薄層之上、下表面上分別安置有一表面電極之示意圖；

第 6 圖係為一個根據本發明較佳實施例之電路圖；

第 7 圖係為一個根據本發明較佳實施例之電流放大器電路圖；

第 8 圖係為本發明較佳實施例之示意圖，其係顯示出一個根據本發明而用於感應剪應力運動之壓電薄層；

第 9 圖係為在本發明一實施例中一懸掛式薄片樑的示意圖；

第 10 圖係為根據本發明之感應器結構的表示圖，其中固定端及自由端係被表示為橫軸以及最大/最小點；

第 11 圖係為在本發明中用於從有限結構進行波動傳遞至無限結構之映像方法的表示圖；

第 12 (a) 圖係為一個增益與頻率之關係圖，其係顯示出由於被執行於根據本發明之感應器結構中之空間濾波器的輸出所造成之頻率響應曲線；

第 12 (b) 圖係為一個相位與頻率之關係圖，其係顯示出本發明在系統相位改變上的效應；

第 13 (a) 圖係為一個增益與頻率之關係圖，其係顯示出根據本發明之模態離散點式感應器之使用效應；

第 13 (b) 圖係為一個相位與頻率之關係圖，其係顯示出對於根據本發明之相當大頻率範圍的一個恆定相位關係；

第 14 圖係為一示例性磁碟機之表示圖，該磁碟機係具有一個外殼以及一個根據本發明、被安置於該外殼上之運動偵測器；

第 15 圖係為根據本發明之轉動效應感應器的表示圖，該感應器係被安置在一個磁碟機外殼之上；

第 16 圖係為根據本發明之扭轉效應感應器的表示圖，該感應器係被安置在一個磁碟機外殼之上；以及

第 17 圖係為根據本發明之壓縮/延展效應感應器的表示圖，該感應器係被安置在一個磁碟機外殼之上。

較佳實施例詳細說明

本發明之較佳實施例係為一種利用具有離散及均佈式表面電極陣列之適型壓電薄片型感應器結構的運動感應器/致動器。在一個較佳實施例之中，極低的頻率運動或振動係會被感應到，並且結構本身的邊界條件及結構之其他特徵（例如是自身阻尼作用）係用以避免在控制系統中的相位延遲，並提供了對於整個系統的一種補償作用。本發明係利用一標準方式展開（normal mode expansion）之均佈型感應器設計，其係與適當的邊界條件一起產生一個特徵多項式波傳空間帶通濾波器。均佈式感應器之頻率響應作用係提供了一種增加所量測頻寬以及/或者增加頻率選擇的調整能力，從而提供了一種適用於偵測及致動不同類型運動的系統。因此，本發明係提供了一種能夠適用於許多不同應用的單一設計。致動作用係藉由將一電場應用至結構處所達成，而感應作用則係藉由量測在結構上物理變化所產生之電子信號所達成。在一感應操作之中，由於壓電材料變形所產生之電荷係被表面電極陣列所收集，空間模態濾波作用係被執行，並且對於具有許多表面電極之大型、複雜結構而言，信號之平行處理係能夠避免控制電路的相位延遲。利用在本發明之設計中之頻散關係(dispersion relation)以及波模公式化(wave mode formulation)，均佈式感應器係具有傳遞功能而帶有適用於低通或高通濾波之振幅響應，而不會遭受到任何相位延遲，亦即能夠達成

結構控制之非偶然性補償作用。

本發明之較佳實施例係有利地使用由聚偏二氟乙烯 (PVF_2) 所構成之薄片型感應結構。然而，應當為熟習此技者所了解的是，任何具有壓電特性之材料均係落於本發明之範疇之中；舉例而言，任何具有鐵電效應的材料，如 PVF_2 、 VF_2VF_3 、 PZT (鉛、鋇酸鹽、鈦酸鹽) 等。

聚偏二氟乙烯聚合物 (PVDF or PVF_2) 係呈現出一種相當強的壓電效應，並且係為一種具有相當低聲抗及低 Q 值之撓性適型材料，其係為強健、輕量、不昂貴、並且容易生產及切割者，並且係因此適用於例如是本發明之均佈式感應器以及致動器等許多應用。

本發明之壓電薄片係包括有數層材料薄層，其中一些係具有壓電性質，而另一些則不具有壓電性質。第 1 圖係為一樑 101 於其一端處被固定至結構 102 的表示圖。樑 101 係承受著三種不同的運動：在 y 軸方向以及在 z 軸方向上的彎曲、繞著 x 軸方向的扭轉、以及在 x 軸方向上的延展 (延伸或拉伸)。由於板件或樑柱係為大型複雜結構的基本構件，因此複雜結構之運動的偵測與控制係相關於樑柱構件之運動。樑柱係為可延伸、可壓縮、可扭轉、以及可變形者，並且樑柱構件運動之合成係構成由樑柱所組成之大型結構的運動。

選擇每一薄層來執行一特定功能並且個別地或者組合地致動/感應每一薄層係能夠達成結構運動的偵測及控制。為每一薄層進行表面電極形狀的設計係決定了整體的空間響應。就感應而言，由於外部機械性擾動所產生之電

荷將僅於電荷被表面電極所收集並傳遞至一偵測電路的狀況下被偵測。同樣地，就致動而言，僅具有電極之薄層的部分將受到外部電場的影響。改變在一薄層內之極化狀況係藉由進行重新極化調整（*repoling*）所達成，並且壓電效應的強度係可以藉由加入雜質（*doping*）、創造二相位（*two-phase*）壓電合成物、或經由特殊製造來加以改變。在一薄層中某一點處的壓電強度係相應於感應/致動之權重係數（*weighting factor*）。第 2 圖係為顯示出界於結構主軸 $x,1$ 與每一薄層材料主軸 $x',1'$ 間之傾斜角（*skew angle*） $\pm\theta$ 的示意圖。傾斜角係被使用來達成在本發明中之扭轉模式致動/偵測。第 3 圖係為根據本發明之 PVF_2 薄層 300 的示意圖，該 PVF_2 薄層係具有一壓電薄膜 302 以及將該壓電薄膜 302 夾在其間的電極 301 與 303。第 3 圖係顯示出延展方向 $x,1$ 以及極化方向（*poling direction*）316，例如與 $z,3$ 同向，其中偶極子（*dipoles*）310 將藉由極化場（*poling field*）315 所產生。舉例而言，延展與極化係為 PVF_2 欲成為壓電材料所必須者，其中針對單軸地延展之薄膜而言，極化方向被界定為 z 軸方向，而延展方向則係被界定於 x 軸上。 PVF_2 係具有對稱性（ $\text{mm}2$ 對稱群），其中 x 軸與 y 軸係為兩個鏡射平面之法線，而 z 軸係具有二重對稱軸。壓電應變矩陣係為：

$$d_{ip} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & d_{24} & 0 & 0 \\ d_{31} & d_{32} & d_{33} & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

(1)

壓電材料之構成方程式係如下所述（使用美國電子電機協會所制定之符號）：

$$T_p = c_{pq}^E S_q - e_{kp} E_k$$

(2)

$$D_i = e_{iq} S_q + \varepsilon_{ik}^S E_k$$

(3)

或

$$S_p = s_{pq}^E T_q + d_{ip} E_k$$

(4)

$$D_i = d_{iq} T_q + \varepsilon_{ik}^T E_k$$

(5)

其中，下標 $i, k = 1', 2', 3'$ 並且 $p, q = 1', 2', 3', 4', 5', 6'$ ， T_p 與 S_p 則係分別表示應力及應變， E_k 係為電場強度， D_i 係為電位移， c_{pq} 係為彈性勁度矩陣， $s_{pg} = (c_{pg})^{-1}$ 係為彈性柔度矩陣， ε_{ij} 係為介電常數矩陣， e_{kp} 係為壓電應力常數矩陣，並且 d_{iq} 係為壓電應變常數矩陣。

從方程式 (1) 與 (4)，沿著 z 軸方向施予一電場將僅會導致一沿材料主軸方向之正向應變 (normal strain)。同樣地，僅有正向應變能夠藉由量測沿著厚度方向上的電

位移所偵測（方程式（2）至（5））。參照第 1 圖，僅有彎曲以及延展運動能夠藉由一個 mm^2 對稱（Kawai, 1969）之壓電材料單獨致動或偵測。為導致在樑中的扭力，剪應變必須被產生。在本發明中，傾斜角 θ （參見第 2 圖）係被利用來達成扭轉模式致動/偵測。此係經由使用非零傾斜角而藉由導入一個 d_{36} 矩陣（方程式(1)）所完成，以使得能夠導致或偵測到扭轉運動。從莫爾應力圓（Mohr's circle）可以得知，藉由旋轉觀察面，剪應變以及正向應變係會根據張量變換原理（tensor transformation law）而彼此交換。使用克希何夫假設（Kirchhoff hypothesis），一平面應力狀態（plane stress state）係存在著，因此諸薄層於其被安置在薄片中之時係會處於一平面應力狀態。將克希何夫假設擴張至壓電薄片之中係會產出每一薄層之構成關係。

第 4 圖係為由於負載所造成薄片一部份在平面 xz 中變形的示意圖。在幾何之中間平面處的點 C 係遭遇到在 x 方向上的位移 u_0 ，正交於中間平面的線條 ABD 係保持平直，並且正交於中間平面、在正交線 ABD 上任意點（例如點 B ）在 x 方向上的位移係由一線性關係 $u_B = u_0 - z_B \alpha$ 所給定，其中 u_0 係為中間平面在 X 方向上的位移， z_B 係為點 B 從中間平面所量測之 z 座標，而 $\alpha = \partial w / \partial x$ 係為中間平面相對於 z 軸之斜率（換句話說，亦即曲率）。因此，在 x 方向上任一點與中間平面相距 z 距離之應變位移係為：

$$u = u_0 - z \frac{\partial w}{\partial x}$$

(6)

並且同樣地對於 y 方向之位移而言：

$$v = v_0 - z \frac{\partial w}{\partial y}$$

(7)

從線性彈性可知：

$$S_1 = \frac{\partial u}{\partial x}; S_2 = \frac{\partial v}{\partial y}; S_6 = \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x}$$

(8)

因此，

$$\begin{bmatrix} S_2 \\ S_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_2^0 \\ S_6^0 \end{bmatrix} + z \begin{bmatrix} k_2 \\ k_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \partial v_0 / \partial y \\ \partial u_0 / \partial y + \partial v_0 / \partial x \end{bmatrix} + z \begin{bmatrix} -\partial w / \partial y \\ -2\partial^2 w / \partial x \partial y \end{bmatrix}$$

(9) .

電位移係由下式所給定：

$$D_3 = e_{31}(S_1^0 + zk_1) + e_{32}(S_2^0 + zk_2) + e_{36}(S_6^0 + zk_6) + \epsilon_{33}^T E_3$$

(10) .

根據高斯定律，由一表面 S 所包圍的電荷係為：

$$q(t) = \int_S \mathbf{D} \cdot d\boldsymbol{\sigma}$$

(11)

其中， $\mathbf{D}$ 係為電位移向量，而 $d\sigma$ 係為 S 之差積正交向量。然而，利用此一方程式來描述包圍在一壓電薄層之一部份內的電荷係會造成一零值，此係因為在一介電材料內的電荷係為中性者。由於電荷係於壓電薄層遭受外部作用力場之時建立在壓電薄層之表面上，本發明係利用一等效電路來使為表面電極所量測之封閉電路電荷信號與作用力場相關。第 5 圖係為一壓電薄層 500 之示意圖，該壓電薄層 500 於上表面 501 以及下表面 502 上係分別安置有一表面電極。一等效電路 510 係具有並聯之電容 511 與電阻 512。由於機械作用所建立之表面電荷係類似於儲存於等效電路 510 之電容器 511 內的電荷。電位移係為 $\mathbf{D} = D_3 \mathbf{e}_3$ ，其中 $\mathbf{e}_3$ 係為一個平行於 z 軸之單位向量，如同在第 5 圖中所顯示者。為了對電荷進行量測，電路必須為封閉者；亦即，電極必須出現在薄層 500 的兩側之上(表面電極 501 與 502)，以使得一個在 $(z, 3)$ 方向上移動之電荷能夠被量測。更特別的是，如果表面電極 501 係位於薄層 500 之上表面 (S^1) 之上，並且表面電極 502 係位於薄層 500 之下表面 (S^2) 之上，則電極在量測期間之有效部分係大略為 $S^{(12)}$ $= S^1 \cap S^2$ ，其中 $S^{(12)}$ 係為有效表面電極。將此等表面電極安置在薄層 500 上成一特定圖案係界定了積分定義域，其中所關注之所有點係被位於薄層 500 兩側之表面電極所覆蓋。經由第 k 層電極所量測到的封閉電路電荷係為：

$$q_k(t) = \frac{1}{2} \left(\iint_{S^{(12)}(z=z_k)} D_3 dx dy + \iint_{S^{(12)}(z=z_{k-1})} D_3 dx dy \right)$$

(12)

將方程式 (9) 與 (10) 帶入方程式 (12) 之中，並利用 e_{31} , e_{32} , e_{36} , S_1^0 , S_2^0 , k_1 , k_2 , k_6 , 在每一薄層內係與 z 無關之事實，根據本發明之一般感應器電荷方程式係為：

$$-z_k^0 \iint_{S^{(12)}} \left[e_{31} \frac{\partial w}{\partial x^2} + e_{32} \frac{\partial w}{\partial y^2} + 2e_{36} \frac{\partial w}{\partial x \partial y} \right] dx dy$$

(13)

其中， $z_k^0 = (z_k + z_{k-1})/2$ ，並且 u 與 v 係分別為在 x 方向以及 y 方向上的位移。方程式 (13) 的第一部份係代表壓電薄層 500 對於面內應變 (in-plane strain) 之反應，而在方程式 (13) 第二部份中的 w 係代表彎曲位移，亦即為在使用壓電薄層 500 作為感應器的情況下對面外應變 (out-of-plane strain) 之反應。為了使電荷信號與結構之機械變形 (系統動態) 能夠相關，電場 E_3 係藉由使位於壓電薄層 500 兩側上之表面電極發生短路而被設定為零。因此，方程式 (13) 係為封閉電路電荷感應器方程式而使面內位移及板件曲率能夠與輸出信號相關。由於 $i(t) = dq/dt$ ，因此根據本發明之一般電流感應器方程式係為：

$$-z_k^0 \iint_{S^{(12)}} \left[e_{31} \frac{\partial w}{\partial x^2 \partial t} + e_{32} \frac{\partial w}{\partial y^2 \partial t} + 2e_{36} \frac{\partial w}{\partial x \partial y \partial t} \right] dx dy$$

(14)

爲了偵測應變或位移，在操作中係會使用一個電荷放大器。第 6 圖係爲一個根據本發明較佳實施例之電路圖。此電路係包括有一個利用方程式 (13) 所設計之感應器 610，該感應器 610 係被耦合至一電荷放大器 620 之負極輸入處，而該電荷放大器 620 則係與一電容器 630 及一可變電阻 631 相互串聯。電荷放大器 620 之正極輸入係接地。電荷放大器 620 係放大由感應器 610 所產生之加速度信號或加速率信號。電荷放大器 620 之輸出 $a(t)$ 係爲欲進行運動感應之裝置的信號，用以使一反應動作能夠開始進行；舉例來說，一個伺服機構係會造成一磁碟機讀寫頭離開磁碟。爲了偵測應變率或速度，本發明係利用一個電流放大器，例如是由一標準操作放大器所建構而成者。第 7 圖係顯示出一個根據本發明較佳實施例之電路圖。此電路係包括有一個根據方程式 (13) 所設計之感應器 710，此一感應器 710 係被耦合至一電流放大器 720 之負極輸入處，而該電流放大器 720 則係與一可變電阻 731 相並聯。電流放大器 720 係放大由感應器 710 所產生之加速率信號。電流放大器 720 之輸出 $a'(t)$ 係爲欲進行運動感應之裝置的信號，用以使一反應動作能夠開始進行；舉例來說，一個伺服機構係會造成一磁碟機讀寫頭離開磁碟。

對於 PVF_2 而言，壓電應力矩陣並不具有 e_{36} (方程式 (1))。爲了要具有一個數值，材料主軸與結構主軸間之傾斜角 θ 必須爲非零者，用以產生一個可量測的剪應力。在本發明的一個實施例中，當 θ 係分別爲 45° 與 -45° 時， e_{31} 以及 e_{32} 係爲相等者。第 8 圖係爲本發明一個實施例之示

意圖，其係顯示出一個用於感應剪應力運動之壓電薄層 800。在壓電薄層 800 中之虛線（例如是 801 與 802）係指出壓電薄層 800 之主軸方向。利用表面電極極化方向（如同所顯示與從正交於主軸方向夾 45° 角），如同顯示在 820 與 830 部分中，由方程式（13）之表面積分的計算係可以達成所希望之壓電感應器效果，並且提供一種自動消除軸向應力效果來消除在主軸方向 801 上而將會影響到運動感應信號之應力。

對於僅承受純粹壓力或純粹拉伸之圓柱型結構而言，感應器變形與應力之關係係為：

$$\varepsilon_x = \frac{\partial u}{\partial x}$$

（15）

上式係可應用於所有類型之截面。對於一桿件之純粹扭轉而言，應力與扭轉之關係係為：

$$\gamma_{xy} = \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x}$$

（16）

對於一樑或板件之純粹彎曲而言，介於應力與彎曲位移間之關係係為：

$$\varepsilon_x = -\frac{\partial^2 w}{\partial x^2}$$

（17）

在方程式 (15) 與 (16) 中的 x 軸係為樑之軸向座標，並且方程式 (17) 之 x 軸係為薄層或樑之主軸。另外，在方程式 (16) 中之剪應力關係係可以寫成：

$$\gamma_{xy} = \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} = r \frac{d\theta}{dx} = \varepsilon_z$$

(18)

其中， r 係為桿件之半徑。總括來說，對於並未遭受彎曲位移之圓柱體或桿件而言，方程式 (13) 係可以被寫成：

$$q(t) = \iint_{s^{(12)}} FP_0 \left[e_{31} \frac{\partial u}{\partial x} + e_{32} \frac{\partial v}{\partial y} + e_{36} \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right] dx dy$$

(19)

其中， F 係為均佈式有效表面電極函數 (distributed effective surface electrode function)，並且 $P_0 = P_0(x, y)$ 係為極化強度。對於 PVF_2 而言， e_{36} 係僅於壓電薄層主軸與結構主軸彼此夾有一角度時提供剪應力效果。因此，本發明係利用壓電材料與結構之相對定向來直接偵測不同類型之應力，並避免亂真信號 (spurious signals) 之發生。換句話說，當被安置於一圓柱樑上之壓力薄片的主軸係與圓柱之主軸在同一直線上之時，則扭轉應力將不會影響輸出信號，輸出信號僅會受軸向變形之影響。

在另一方面，當一個二維壓電薄片型感應器結構僅遭受到面外應力之時，方程式 (13) 係可以被簡化為：

$$q_k(t) = -z_k^0 \iint_S F(x, y) P_0(x, y) \left[e_{31}^0 \frac{\partial w}{\partial x^2} + e_{32}^0 \frac{\partial w}{\partial y^2} + 2e_{36}^0 \frac{\partial w}{\partial x \partial y} \right] dx dy$$

(20)

其中， z_k^0 係為第 k 層薄層之厚度。

在感應器之運動僅繞著 x 軸的情況下，方程式 (13) 係可以被簡化為：

$$q_r(t) = e_{31} \int_0^{\zeta(x)} \frac{\partial u}{\partial x} dx$$

(21)

$$q_s(t) = e_{36} \iint_S \zeta(x, y) \left[\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right] dx dy = e_{36} r^2 \int_{(12)} \zeta(x) \frac{d\theta}{dx} dx$$

(22)

$$q_p(t) = -z^0 e_{31}^0 \int_0^{\zeta(x)} \frac{\partial w}{\partial x^2} dx$$

(23)

$$\zeta(x) = \int_{-h/2} F(x, y) P_n(x, y) dy$$

(24)

方程式 (24) 係為有效表面電極分布，並且 q 在方程式 (21) 至 (23) 中的下標 r、s、以及 p 係分別指出用於圓柱、桿件、以及一維彎曲薄板之感應器方程式。F (x,y) 係為有效表面電極分布函數，並且 $P_n (x,y)$ 係為在 n 方向上的極化強度。相對於桿件及一維板件，當 n 相等於 1 (亦即

爲 $P_1(x, y)$ 之時，極化強度係由壓電應變矩陣元素 e_{31} 所表示；並且當 n 相等於 6（亦即爲 $P_6(x, y)$ ）之時，極化強度係由壓電應變矩陣元素 e_{36} 所表示。感應器在 x 軸上的長度係由 a 來表示，而感應器在 y 軸上的寬度則係由 b 來表示。方程式（21）係假設一個一維圓柱僅在 x 軸方向上遭受到純粹壓縮或純粹拉伸應力。方程式（22）係假設一個一維桿件僅相對於 x 軸方向而遭受到純粹的扭轉應力，並且方程式（23）係假設一個一維板件僅相對於 x 軸方向而遭受到純粹的彎曲應力。因此，所有類型之結構運動將僅相對於 x 方向及 t （時間）。同樣地， u 係代表一個圓柱遭受壓縮或拉伸面內應力所產生之位移， θ 係爲桿件遭受到扭轉應力之角位移，並且 w 係爲薄板之一維彎曲偏移。不管有效表面電極 $\zeta(x)$ 進行何種運動，僅在結構之 x 軸上會發生作用，如此在任何一維結構上之有效表面電極的相同構型將具有相同的效果。因此，根據上述假設之任何結構係可以爲本發明之感應器結構所處理。

根據本發明，一維圓柱、桿件、以及板件之統馭方程式以及寬度縮減 R 係爲：

$$E \frac{\partial^2 u(x, t)}{\partial x^2} + R \frac{\partial^3 u(x, t)}{\partial t \partial x^2} - \rho \frac{\partial^2 u(x, t)}{\partial t^2} = 0 \quad (25)$$

$$G \frac{\partial^2 \theta(x, t)}{\partial x^2} + R \frac{\partial^3 \theta(x, t)}{\partial t \partial x^2} - \rho \frac{\partial^2 \theta(x, t)}{\partial t^2} = \quad (26)$$

$$EI \frac{\partial^4 w(x, t)}{\partial x^4} - R \frac{\partial^5 w(x, t)}{\partial t \partial x^2} + \rho A \frac{\partial^2 w(x, t)}{\partial t^2} = 0 \quad (27)$$

其中，在方程式（25）中之 E 係爲楊氏模數（Young's modulus）， ρ 係爲密度， u 係爲結構之軸向位移， x 係爲軸

向方向。在方程式 (26) 中的 G 係為扭矩勁度常數 (shear modulus)， θ 係為扭轉角度， x 係為沿著桿件徑向方向之座標。在方程式 (27) 中的 EI 係為彎曲剛度 (flexural rigidity)， A 係為結構截面積， w 並且係為相對於主軸 x 之彎曲位移。

如果一個一維簡諧振動感應器結構係被安置在欲量測之結構上，則結構之實際振動係藉由表示為：

$$V(x,t) = V(x)e^{j\omega t}$$

如此，對方程式 (25) 至 (27) 而言，波數 k 與頻率 ω 之關係係由介於 k 空間與 ω 空間之間的頻散關係所給定：

$$k^2 = -\frac{\rho}{E + j\omega R} \omega^2 \quad (28)$$

$$k^2 = -\frac{\rho}{G + j\omega R} \omega^2 \quad (29)$$

$$k^2 = j \frac{R}{2EI} \pm \frac{(4EI\rho A - R^2)^{1/2}}{2EI} \omega \quad (30)$$

如此，利用感應器結構位移之特徵波傳多項式來進入傳遞狀態係被給定為：

$$u(x,t) = [w_{lp} e^{jk_{lp}x} + w_{rp} e^{-jk_{rp}x}] e^{j\omega t} \quad (31)$$

$$\theta(x,t) = [w_{lp} e^{jk_{lp}x} + w_{rp} e^{-jk_{rp}x}] e^{j\omega t} \quad (32)$$

$$+ w_{le} e^{(k_R - jk_l)x} + w_{re} e^{-(k_R - jk_l)x}] e^{j\omega t} \quad (33)$$

其中， $j = (-1)^{1/2}$ ，而 u 係如同上文中已然敘述者為軸向

位移， θ 係為角位移， w 係為彎曲位移， w_{lp} , w_{rp} 係分別為向左與向右之傳遞波的振幅，並且 w_{le} , w_{re} 係分別為向左與向右之消散波的振幅。由方程式（31）與（32）可知，圓柱與桿件波傳模式係全部為具有相同波動特徵、而僅有振動狀態與強度係數不同之傳遞波，並且 jk_{lp} 與 $-jk_{rp}$ 係為頻散關係之虛根（imaginary roots）。不同於圓柱與桿件類型之二階結構系統，四階結構系統（例如是一個一維板件）之波傳模式特徵係為傳遞波與消散波之組合，並且 k_r 與 k_l 係為頻散關係的四個根。這四個根將會根據邊界條件而改變，並且這四種波（向右及向左之傳遞波與消散波）係被利用於本發明設計之進行。

若方程式（31）至（33）係分別被帶入方程式（21）至（23），並且如果忽略掉阻尼效應，則壓電方程式係為：

$$q_r(k) = jke_{31} \int_0^{\zeta} \zeta(x) [w_{lp} e^{jkx} - w_{rp} e^{-jkx}] dx \quad (34)$$

$$q_s(k) = jke_{36} r^2 \int_0^{\zeta} \zeta(x) [w_{lp} e^{jkx} - w_{rp} e^{-jkx}] dx \quad (35)$$

$$q_p(k) = -z_k^0 e_{31} k^2 \int_0^{\zeta} \zeta(x) [-w_{lp} e^{jkx} - w_{rp} e^{-jkx} + w_{le} e^{kx} + w_{re} e^{-kx}] dx \quad (36)$$

其中， r 係為桿件之半徑。從方程式（34）至（36）可知，一個空間濾波器係利用兩個波動模式來變換有效表面電極

$\zeta(x)$ 。若不管壓縮、延展、或是扭轉運動，從方程式 (34) 與 (35) 可知，感應器方程式係全部為向左或向右之傳遞波模式，並且效果係會相同（除了輸出值不同之外）。因此，任何感應器結構之感應方程式係可以被表示為一個二階通用方程式：

$$q(k) = jk\Lambda \int_0^{\zeta(x)} [w_{lp} e^{jkx} - w_{rp} e^{-jkx}] dx \quad (37)$$

其中， Λ 係為用於不同應力波之整合壓電應力常數。從方程式 (34)，用於一圓柱之 Λ 係為 e_{31} ，並且從方程式 (35)，用於一桿件之 Λ 係為 $e_{36}r^2$ 。方程式 (36) 係為用於彎曲消應感應器結構之傳遞波與消散波的線性疊加。有效表面電極 $\zeta(x)$ 係僅為 x 之函數，並因此僅有軸向或主軸，如此一個一維感應器結構在不管其是否遭受純粹壓縮、純粹拉伸、純粹扭轉、或純粹彎曲運動的情況下係可以被運用至不同的運動，用以提供相同類型之濾波器頻率選擇效應。

上文中所討論之傳遞波係用於無限表面，但如同方程式 (36) 與 (37) 所描述者，結構係當然為有限者。本發明係經由一窗函數（windowing function）的使用而達成了實際上的應用。在一個實施例中，由 F.J. Harris

（Proceedings of the IEEE, Vol. 66, No. 1, January 1978, pp 51-83）所導入窗函數的概念係被有利地使用。本發明係於表面電極方程式上導入一窗函數，其在所討論之結構上係為非零者，而在結構外則為零。接著利用拉普拉斯轉換

(Laplace transforms)，適當窗函數之選擇，所希求之有效表面電極 $f(x)$ 係變為：

$$f(x)=h(x)\zeta(x)w_{m1} \quad (38)$$

其中， w_{m1} 係為一個常數。一般來說，在方程式 (36) 與 (37) 中的每一個個別相對波數 k 係為：

$$L[f(x);s]=\int_{-\infty}^{\infty} f(x)e^{-sx}dx \quad (39)$$

其中，對於圓柱或桿件類型結構而言， $s=jk$ 以及 $-jk$ ；而對於彎曲效應感應器結構(例如是一維板件)而言， $s=jk, -jk, k, -k$ ；並且 $f(x)$ 係為可用於有限範圍結構之已開窗有效表面電極函數。

由本發明所達成的一項重要目的係為：增益與相位函數係能夠被分離，因此壓電部件之有效表面電極函數 $f(x)$ 係能夠加以改變，以便調整感應器設備之頻率響應的增益，而不會使相位特徵受到影響。此係能夠有效地增加可用頻寬及安定性，並且更進一步地在系統反饋迴圈之中係能夠直接地提供補償能力，從而增強了整體系統效能。

根據本發明的一個較佳實施例，一個被安置在一磁碟機上之自由落體感應器係提供了一種低通濾波效應，其係能夠消除高頻雜訊，從而排除了傳統電子濾波器增益調整所造成之相位延遲。此係藉由將波動用作為一基礎來量測

落下物體之加速度與加速率所達成。

從方程式（36）與（37）而不管感應器結構為何種型態，在根據本發明之運動感應設備中利用相似的獨立設計增益與相位函數係提供了相同的空間頻率選擇。在本發明的一個較佳實施例之中，一個被設計成具有一低通或帶通濾波特徵選頻器之微型一維懸掛式板件係被安置在一磁碟機之外殼之上，用以偵測自由落體信號。藉由發出適當防損動作之信號，本發明係增加了磁碟機之可應用性（例如是用於軍事用途或其他敵方環境），縮減了損換的可能性，並增長了使用壽命。

因為增益與相位函數係可以在本發明之感應器中被獨立地設計，經由雙邊拉普拉斯轉換之利用，空間濾波效應係僅達成於拉普拉斯轉換對之目標原點。從方程式（36），運動感應器之獨立設計的增益與相位函數係容許針對一波模區域進行設計。方程式（30）之頻散關係係為介於波數定義域與頻率定義域間之轉換。由於本發明係可以使用表面電極來影響波數定義域，頻散關係係可以被使用來控制感應器結構系統頻率響應函數。從方程式（33），本發明係假設不同的設計為處於簡諧共振之中；這也就是說， $\exp(-j\omega t)$ 項係被故意地忽略。如果感應點並非在感應器結構之運動來源處，則將會存在一個與簡諧運動假設間之差異。因為運動來源係於懸掛板之靜止點處進入，感應器結構之固定點係被選擇作為設計之原點，從而避免了任何由運動來源位置所造成之差異，並且目標原點係會不同。在此設計之下，本發明之頻率響應將僅表示出由本發明所導

入之感應器結構的特徵響應加上額外無相位延遲的增益。

第 9 圖係為本發明一實施例之示意圖，其係顯示出一個懸掛式薄板 900，該懸掛式薄板 900 係具有一目標原點 901，而運動係會從結構 902 經該目標原點 901 而傳遞至薄板 900。薄板 900 係具有一個與一基座頭部 910 相連之固定端 920，而該基座頭部 910 係被附接至一個基座 941。薄板 900 亦具有一個自由端 930。一個電路介面 940 係被耦合至一維薄板 900，用以將加速度及加速率信號傳遞至例如是一個磁碟驅動系統（在圖示中並未顯示出來）。根據本發明，經由位於該薄板 900 上之壓電感應器構件之波傳係產生空間濾波，因此當薄板 900 中之波動前後傳遞之時，此等波動係會不停地看到壓電薄片以及包括有壓電感應構件之表面電極。一個權重函數係接著被利用來反應於感應器材料沿 y 軸之不同寬度上波傳進入感應器結構的效應，從而產生本發明之空間濾波器。

當波動到達感應結構之邊界時，相位改變或能量消散係會由於不同的邊界狀況而發生，並且薄板 900 之自由端與固定端係最可能是邊界條件的決定要素。本發明係利用“映像方法（method of image）”之概念（cf. K.G. Graff, *Wave Motion in Elastic Solids*）來表示出有限制之空間波動與無限制之空間波動間的相應關係。利用此一方法，在薄板 900 之自由端處的波傳將不會遭受到相位改變，因此除了傳遞方向為直接地相反者之外，波動將會為連續不斷者。然而，在薄板 900 之固定端處的波傳則會遭受到一個 180° 的相位改變。因此，在本發明中獨立增益及相位函數

設計係成功地解決了相位延遲的問題。

第 10 圖係為使用於本發明中之映像方法的表示圖，用於將無限結構中的波動傳遞映像至相應的有限結構中。虛線的三角形點係為固定端 920（參見第 9 圖）以及自由端 930（參見第 9 圖）。實線 1010 係代表通過結構之波動傳遞。虛線 1020 係代表利用映像方法所展開之被轉換為一無限波動的一有限壓電感應器結構波動。曲線 1030 係代表在根據本發明之獨立增益與相位函數設計之結構中雙向波動傳遞之增益與相位函數，其中在無限空間中之展開係可以被清楚地看出為奇函數。從設計之觀點，在傳遞波與消散波兩側之向左以及向右傳遞的波動係會產生相同信號。同樣地，兩個分別離開目標原點的波動亦會產生相同的信號。應用至感應結構之頻率響應函數的獨立增益與相位函數設計係產生增益而不會使相位改變，此係因為就設計觀念而言，其過去、現在、未來的資訊都存在。因此，本發明係可達成增益改變而相位不動之設計需求。如果結構之中心點左右兩邊的有效表面電極係為對稱者，則方程式（36）係成為：

$$q(k) = -z_k^0 e_{31} k^2 \left[(-w_{lp} + w_{rp}) \int_{-a} f(x) e^{-jkx} dx + (w_{le} + w_{re}) \int_{-a} f(x) e^{-kx} dx \right] \quad (40)$$

因此，本發明係為一個提供一低通濾波器、一帶通濾波器、或是一高通濾波器之系統，其係經由表面電極函數 $f(x)$ 之適當選擇而不會產生相位改變。換句話說，根據本發明之空間選頻器係會改變增益卻不會改變相位與頻率

之關係。

從方程式 (40)，傳遞波與消散波係為以一種自然對數形式所呈現，所以當表面電極具有以自然對數為其基底的函數之時，其係能夠有效地控制空間選頻的特徵曲線。換句話說，只要知道表面電極的基底函數為何，就可以知道這個空間濾波器的特徵。同樣地，依照本發明之方法來產生所希求之壓電感應器條件係容許特殊用途之適當感應器的最佳化設計與製造。

將有效表面電極設為 $e^{-\alpha x}$ ，由雙邊拉普拉斯轉換可知，此一奇函數之空間選頻函數係可直接在感應結構的轉移函數中加入一低通濾波器，其轉移函數為 $s/(\alpha^2 - s^2)$ ，其中 α 為低通濾波器所選擇之轉角頻率 (corner frequency)， s 為 $-jk$ 或 $-k$ 。然而，由於其在邊界處的值不為零，故無法直接推展到無限空間。因此，再次利用窗函數，當使邊界波傳之權重為零時，轉移函數係可直接推展到無邊界區域。應用前述之映像原理，並將懸掛式薄板之邊界特性列入考量，一個正弦函數係可直接延伸應用至無邊界區域。第 11 圖係為感應器結構 1110 之表示圖，其中固定端 1120 與自由端 1130 係被表示為橫軸並且分別為最大/最小點。由雙邊拉普拉斯轉換可知，0 到 ∞ 的轉換函數為 $\alpha/(\alpha^2 + s^2)$ ，而 0 到 $-\infty$ 的轉換函數係為 $-\alpha/(\alpha^2 + s^2)$ ，因此以正弦函數為有效表面電極函數將不會提供任何選頻的效應。本發明案係利用正弦函數之零值特徵來造成一個有效表面電極函數：

$$f(x) = e^{-\alpha |x|} - c \sin[\beta(x)]$$

(41)

其中 β 為使 $\sin$ 在有限域上完成 $1/4$ 倍數週期的係數， c 為使表面電極函數在邊界的值為零的權重函數。將式 (41) 代入式 (40) 中，可看出兩個表面電極所加成之正弦函數將不會對空間濾波器之增益產生任何影響。據此，用於本發明感應器方程式之低頻選頻特性的方程式 (40) 係可表示成：

$$q(k) = -z_k^0 e_{31} k^2 \left[(-w_{lp} + w_{rp}) \frac{s}{\alpha^2 - s^2} + (w_{le} + w_{re}) \frac{s}{\alpha^2 - s^2} \right]$$

(42)

其中 s 分別代表傳遞波及消散波的轉換參數 $-jk$ 和 $-k$ 。從方程式 (42)，本發明之低通濾波器係不會產生相位延遲（參見第 12 (b) 圖）。此外，感應結構本身將具有一降低之自身共振影響以及提高之可用頻寬與安定性。由於傳遞波及消散波的轉換參數並不相同，因此感應器移轉函數係為零，並且方程式 (42) 係成為：

$$q(k) = -z_k^0 e_{31} k^2 \left[(-w_{lp} + w_{rp}) \frac{j}{\alpha^2 - s^2} + (w_{le} + w_{re}) \frac{1}{\alpha^2 - s^2} \right]$$

(43)

在頻率值到達轉角頻率的極限值（ $\alpha = -40\text{dB/decade}$ ）之前，會有一不具相位延遲之 20dB/decade 的零點。因此，本發明係變為一個 -20dB/decade 之低通選頻器。

本發明用於提供一低通選頻效應之獨立增益與相位函數設計係具有與一二階系統相同之能力。從用於一圓柱之方程式 (37)，僅有傳遞波的效應必須加以考慮，並且對於一個作為感應結構之桿件結構而言，量測由自由落體物體之壓縮或扭轉所產生之物理運動係可以根據本發明而表示成一個感應器方程式：

$$q(k) = jk\Lambda(w_{lp} - w_{rp}) \frac{jk}{\alpha^2 + k^2}$$

(44)

第 12 (a) 圖係為一個增益與頻率之關係圖，其係顯示出由於被執行於根據本發明之感應器結構中之空間濾波器的輸出所造成之頻率響應曲線。由此圖中可以看出，有利地使用一個根據本發明空間濾波器之頻率響應曲線 1220 係可以僅利用頻寬 1250，而一個不使用空間濾波器之感應系統係可以僅利用一個較窄的頻寬 1240。第 12 (b) 圖係為一個相位與頻率之關係圖，其係顯示出本發明在系統相位改變上的效應。頻率響應曲線 1260 與 1270 係採用第 12 (a) 圖之增益頻率響應曲線 (理想化狀況)。曲線 1260 係為利用本發明之頻率響應曲線，其係顯示出在整個頻率定義域上並未有相位改變，而曲線 1270 係為由傳統系統所造成之相位改變狀況。第 13 (a) 圖係為一個增益與頻率之關係圖，其係顯示出根據本發明之模態離散點式感應器之使用效應。從第 13 (a) 圖可以看出，使用模態離散點式感應器系統之頻率響應曲線 1320 係可以利用頻寬

1340，而此頻寬 1340 係較傳統感應系統之曲線 1310（僅包含頻寬 1330）來得寬。第 13（b）圖係為一個相位與頻率之關係圖，其係顯示出曲線 1311 之相位移動，在此圖中可以看出，曲線 1321 係能夠對於根據本發明之相當大頻率範圍提供恆定相位關係。應當注意的是，在利用空間濾波及模態方法之中，系統增益響應函數係為可調整者，並且其並不會跟隨在習知電子濾波器中調整相位之傳統方法。本發明係達成了系統增益之頻率響應特徵的調整，而不會造成在感應系統中之相位移動。增益與相位函數每一個係被利用來設計本發明之運動偵測設備。

因此，相當清楚的是本發明不僅增加了感應／致動之有效空間波頻寬，亦造成系統不會產生相位改變。在反饋電路之中，本發明係提供了在頻率響應效應之頻率選擇以及補償效應。因此，本發明係可應用於許多不同類型之結構。

以下應用之說明係為本發明無數應用中的幾個例子。任何結構係可以作為一個適型感應結構（這就是說由於感應器之順應性能使其廣泛地應用至幾乎任何結構）。這些示例的範圍係可以從加速規至地震儀。對於自由落體感應而言，本發明係可以在撞擊地面之前提供一個即時信號來警告所監視之系統，而使得損壞防止量測能夠進行（舉例來說，在磁碟機中，命令磁碟機之讀寫頭離開磁碟）。雖然在下文中所給定之敘述將主要指向一種筆記型電腦之硬碟機，應當為熟習此技者所了解的是任何需要進行運動偵測之設備係為本發明之適切應用。

第 14 圖係為一根據本發明之示例性磁碟機 1400 的表示圖，該磁碟機 1400 係具有一個外殼 1420 以及一個被安置於該外殼上之運動偵測器 1410，用以偵測由撞擊所造成之運動以及可能造成不當讀寫頭操作之不可預期的運動。本發明隨著確切運動之偵測將導致讀寫頭 1430 暫時離開磁碟 1440，用以避免損壞或資料錯誤。

第 15 圖係為根據本發明之轉動效應感應器 1510 的表示圖，該轉動效應感應器 1510 係被安置在一個磁碟機外殼 1520 之上，用以偵測磁碟機外殼 1520 之轉動運動。第 16 圖係為根據本發明之扭轉效應感應器 1610 的表示圖，用以偵測磁碟機外殼 1620 之扭轉運動。第 17 圖係為根據本發明之壓縮／延展效應感應器 1710 的表示圖，用以偵測磁碟機之壓縮或延展。該感應器 1710 係被安置在磁碟機外殼 1720 之上。

本發明上述之實施例係被利用於電腦硬碟機中。在另一個實施例中，本發明係被應用於精密工具及機器中，包括機械人裝置。不同的實施例係被利用在需要高精密感應不同類型運動之系統中。本發明之實施例係已被利用在反饋控制系統、故障安全或不可中斷之連續系統、以及製造操作之中。

筆記型電腦之故障有相當高的比率是因為電腦與堅硬表面間的撞擊，包括掉落而直接與地面接觸。撞擊僅花去數微秒的時間，而讀寫頭在硬碟上的掃描操作卻至少得花去至少數毫秒。因此，在實際上僅藉由偵測撞擊是不可能來得及使讀寫頭離開磁碟來防止資料錯誤以及／或者讀寫

頭之損壞（在最糟的情況下）。但是本發明係偵測電腦落下運動之重力加速度的起始。因此不需要等到感應到撞擊作用力才意識到發生了某件會造成損壞的事情。傳統加速規並無法偵測這種這麼小的加速度，其係典型地用於汽車之安全氣囊來偵測相當激烈的撞擊。本發明係有利地使用以下事實：物體在進入自由落體狀態的一剎那將遭受到立即的外部作用力。相當明確的是，此一極短作用力係能夠為本發明所偵測到。對於落下之筆記型電腦的自由落體狀態係典型地持續大略 0.45 秒。這時間對於讀寫頭移動之致動動作而言是夠長的。在下落高度非常小的情況下並沒有足夠的時間移開讀寫頭，但可推定認為這樣的撞擊將會是非常微不足道的，因此僅有相當小或甚至完全沒有損壞或發生資料錯誤的情況。撞擊係可以由泰勒展開式來描述：

$$f(t \rightarrow 0^+) = f(0) + \frac{df(t=0^+)}{dt}t + \frac{d^2 f(t=0^+)}{dt^2} \frac{t^2}{2!} + \frac{d^3 f(t=0^+)}{dt^3} \frac{t^3}{3!} + \Lambda \quad (45)$$

典型的情況是，突波之初始力係為零（ $f(0) = 0$ ），並且第一階項係為一個快速提昇曲線，因此當撞擊波到達本發明之感應器時，加速度將會首先被偵測到。換句話說，在加速度實際上開始之前，本發明係已感應到運動發生。

在大部分的情況下，碰撞並不會經常發生，如此若一偵測器對任何可能之碰撞進行偵測，則其將會非必要地且一再地通知讀寫頭離開磁碟，而導致嚴重的效能退化。大部分的碰撞係會產生脈衝加速度及加速率，該脈衝加速度及加速率係由一函數所描述，因此自由落體之物體係會產

生一個步級函數加速度以及函數加速率。本發明係利用介於兩個函數間的差異來區別物體是否落下或僅被推動或被其他物體輕微碰觸，並從而決定是否要致使讀寫頭離開磁碟。

總括來說，當根據本發明之微型感應器係被安置在一個欲進行運動感應之物體（例如是一個磁碟機）上並利用位於一感應結構上之壓電感應構件之時，其係提供了低通濾波效果、能夠消除外部以及由結構所產生之高頻雜波。本發明於其被耦合至一個介面電路（例如是在一個筆記型電腦中）之時係能夠感應一個落下運動之低頻信號，用以提供避免立即損壞的警告信號；舉例來說，感應器電路將指示磁碟機之伺服機構來致使讀寫頭離開磁碟。這將能夠增強效能、避免損壞，並從而增加裝置之使用壽命。

雖然上文中所述者係為特定實施例之完整說明，不同之修正、可替換之結構及均等物係為可使用者。舉例來說，本發明係適用於微型磁碟播放器、所有類型之精確工具、以及機械人裝置。因此，以上敘述及舉例說明不應被認為是對本發明範圍的一種限制，本發明之範疇係為藉由所附申請專利範圍所界定者。

肆、中文發明摘要

一種利用其上設有預定表面電極形狀之壓電薄片型運動感應系統係利用一選頻器來使具有預定頻率之運動波通過，並利用一種電路來處理為進行適當致動所傳遞至一致動裝置之電子信號。特別的是，用於自由落體加速波頻之選頻器係為一低通濾波器。藉由進行適當的動作，本發明係增加了其上裝設有該系統之裝置（例如是用於軍事或其他敵方環境）的可用性、降低了此裝置損害的可能性、並且增強了此裝置之使用壽命。

伍、英文發明摘要

陸、(一)、本案指定代表圖為：第_____圖

(二)、本代表圖之元件代表符號簡單說明：

柒、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

拾、申請專利範圍

1.一種運動感應系統，其係包括有：

至少一個壓電薄片；

至少一對被安置在該壓電薄片上的電極；

一個選頻器，其係被耦合至該電極，用以使預定頻率之運動波能夠通過；

一個電路，其係被耦合至該選頻器，用以處理來自於該選頻器之電子信號；以及

一個致動裝置，其係被耦合至該電路，用以相應於該電子信號來進行致動。

2.根據申請專利範圍第 1 項所述之運動感應系統，其中，該至少一個電極係以一種預定之分佈形狀而被安置在該壓電薄片上。

3.根據申請專利範圍第 2 項所述之運動感應系統，其中，該至少一個電極係被安置在該壓電薄片的兩側表面之上。

4.根據申請專利範圍第 1 項所述之運動感應系統，其中，該選頻器係為一個低頻帶通濾波器。

5.根據申請專利範圍第 4 項所述之運動感應系統，其中，該低頻帶通濾波器係使一預定自由落體加速波頻率通過。

6.根據申請專利範圍第 1 項所述之運動感應系統，其中，該壓電薄片係由撓性且可變形壓電材料所構成，且利用自身阻尼作用來使殘餘振動模式減幅。

7.根據申請專利範圍第 1 項所述之運動感應系統，其中，該壓電薄片係由 PVF_2 所構成。

8.根據申請專利範圍第 1 項所述之運動感應系統，其中，該電路係利用一個平行處理電路，從而縮減了控制迴路之相位延遲。

9.根據申請專利範圍第 1 項所述之運動感應系統，其中，受該電路所處理之信號的相位特徵係不會受該選頻器頻率響應函數之增益改變所影響。

10.根據申請專利範圍第 1 項所述之運動感應系統，其中，該系統係用以偵測撞擊。

11.根據申請專利範圍第 1 項所述之運動感應系統，其中，該系統係用以偵測轉動運動。

12.根據申請專利範圍第 1 項所述之運動感應系統，其中，該系統係用以偵測壓縮及拉伸。

13.一種壓電薄片型感應器，其係具有一固定端及一自由端，包括有：

至少一個具有一主軸之壓電薄片；以及

複數個表面電極，其係以一種預定分佈形狀而被安置在該壓電薄片之上，並且其係會相應於一運動而產生一封閉電路電荷分佈，其中，在該壓電薄片上之該封閉電路電荷分佈係包括有該壓電薄片之應力常數，並且該電極分佈係僅為該壓電薄片之主座標軸的函數，從而達成一種適用於純粹壓縮、純粹拉伸、純粹扭轉、以及純粹彎曲運動之有效一維感應器結構。

14.根據申請專利範圍第 13 項所述之壓電薄片型感應

器，其中，該封閉電路電荷分佈係大體上由一個二階方程式以及一個四階方程式之形式所統馭：

$$q(k) = jk\Lambda \int_0^a \zeta(x) [w_{lp} e^{jkx} - w_{rp} e^{-jkx}] dx$$

$$q_p(k) = -z_k^0 e_{31} k^2 \int_0^a \zeta(x) [-w_{lp} e^{jkx} - w_{rp} e^{-jkx} + w_{lc} e^{kx} + w_{rc} e^{-kx}] dx$$

其中， Λ 係為不同應力波之整合壓電應力常數，有效表面電極 $\zeta(x)$ 係僅為該壓電薄片之該主軸的函數。

15.根據申請專利範圍第 13 項所述之壓電薄片型感應器，其中，該壓電薄片型感應器係感應剪應力運動，其係利用該表面電極之極化方向來自動地消除主軸軸向應力，從而消除了在該主軸方向上的應力。

16.根據申請專利範圍第 15 項所述之壓電薄片型感應器，其中，該等表面電極之極化方向的角度係大致上與正交於該主軸方向夾 45° 角。

17.根據申請專利範圍第 15 項所述之壓電薄片型感應器，其中，該壓電薄片型感應器係被安置在一圓柱之上。

18.根據申請專利範圍第 17 項所述之壓電薄片型感應器，其中，該壓電薄片型感應器之該主軸係與該圓柱之該主軸成一直線，從而能夠僅相應於該圓柱之軸向變形而獨立於扭轉運動。

19.根據申請專利範圍第 15 項所述之壓電薄片型感應器，其中，該壓電薄片型感應器之波傳特徵係利用傳遞波及消散波。

20.根據申請專利範圍第 19 項所述之壓電薄片型感應器，其中，該傳遞波及消散波的四個波傳數係根據該壓電薄片型感應器之邊界狀況而改變。

21.根據申請專利範圍第 19 項所述之壓電薄片型感應器，其更包括有一空間濾波器，該空間濾波器係相應於在該壓電薄片型感應器上波傳的前後傳播，並且加權地相應於該壓電薄片型感應器之寬度，該空間濾波型波傳係隨著到達該壓電薄片型濾波器之邊界而會在固定端處遭遇到邊界條件相位改變，並且在自由端處維持相同的相位。

22.一種電子儲存裝置，其係包括有：

一個用於儲存資訊之磁碟；

一個磁碟機，其係被耦合至該磁碟，用以驅動該磁碟；

一個讀寫頭；

一個伺服機構，其係被耦合至該磁碟機及該讀寫頭，用以控制該磁碟與該讀寫頭之相對位置與運動；以及

一個感應裝置，其係被安置在該電子儲存裝置上，並被耦合至該伺服機構，用以感應該磁碟儲存裝置之運動，並將信號傳遞至該伺服機構。

23.根據申請專利範圍第 22 項所述之電子儲存裝置，其中，該感應裝置係利用一個低帶通濾波器來偵測低頻波動。

24.根據申請專利範圍第 22 項所述之電子儲存裝置，其中，該感應裝置係偵測該電子儲存裝置之重力自由落體的波動。

25.根據申請專利範圍第 22 項所述之電子儲存裝置，其中，該感應裝置更包括有一電路，該電路係被耦合至該伺服機構以及該感應裝置，其中該感應裝置係相應於該電子儲存裝置之重力自由落體而經由該電路傳遞一個信號，

用以指示該伺服機構使該讀寫頭移離該磁碟處。

26.根據申請專利範圍第 25 項所述之電子儲存裝置，其中，該電路係包括有一個電荷放大器，該電荷放大器係被並聯地耦合至一個電容器以及一個可變電阻器，用以放大由該感應裝置所產生之重力自由落體信號。

27.根據申請專利範圍第 22 項所述之電子儲存裝置，其中，該電路係包括有一個電流放大器，該電流放大器係被並聯地耦合至一個可變電阻器，用以放大由該感應裝置所產生之重力自由落體信號。

28.一種感應一運動之方法，其係包括有以下步驟：

(a)利用一個其上安置有複數個電極之壓電薄片來感應作為波動之運動；

(b)收集由該壓電薄片上之該波動所產生之電子信號；

(c)將波動所產生之電子信號傳遞至一個帶通濾波器；

(d)利用該帶通濾波器來對波動所產生之電子信號進行濾波；

(e)產生一個相應於已濾波之由波動所產生之電子信號的致動信號；以及

(f) 將該致動信號傳遞至一個致動裝置。

29.根據申請專利範圍第 28 項所述之感應一運動之方法，其更包括有以下步驟：

對於該壓電薄片之扭轉、拉伸、以及壓縮係利用傳遞波，而對於該壓電薄片之彎曲則係利用消散波。

30.根據申請專利範圍第 29 項所述之感應一運動之方法，其更包括有以下步驟：

利用一個空間濾波器，該空間濾波器係相應於在該壓電薄層型感應器上波傳的前後傳播，並使該空間濾波器加權地相應於該壓電薄片型感應器之寬度，該空間濾波器波傳係隨著到達該壓電薄片型濾波器之邊界而會遭遇到邊界條件相位改變。

31.根據申請專利範圍第 30 項所述之感應一運動之方法，其更包括有以下步驟：

利用"映像方法"來將一有限之空間波轉換為一無限制之空間波，從而產生一個能夠在自由端處保持住相同相位、並且消去在固定端處具有 180° 相位改變之波，從而避免了相位延遲。

32.一種利用壓電薄片來感應波動的方法，該壓電薄片係具有被安置於其上的一個均佈式表面電極模態感應器陣列，該方法係包括有以下步驟：

利用一標準方式展開來產生該均佈式表面電極模態感應器陣列；

決定相應於壓電薄片形狀之邊界條件；

對波動進行空間濾波，用以產生一特徵多項式波傳空間帶通濾波器；以及

調整該空間帶通濾波器之頻率響應，用以增大頻寬，從而提供了一種用於偵測不同類型波動的方法。

33.一種利用壓電薄片來感應波動的方法，該壓電薄片係具有被安置於其上的一個均佈式表面電極模態感應器陣列，該方法係包括有以下步驟：

利用均佈式表面電極模態感應器陣列來收集經由在壓

電薄片變形所產生之電荷，用以產生一特徵波；

對該特徵波進行空間模態濾波，用以產生特徵電子信號；以及

對該特徵電子信號進行平行處理，用以決定所感應之運動。

34.根據申請專利範圍第 33 項所述之利用壓電薄片來感應波動的方法，其中，該空間模態濾波步驟係利用一波模公式化與一頻散關係，從而產生傳遞函數予具有相似於一帶通濾波器之振幅頻率特性之該均佈式表面電極模態感應器陣列。

35.一種設計一壓電薄片型感應器結構之方法，該壓電薄片型感應器係具有一個主軸以及被安置於其上之一表面電極分佈，該方法係包括有以下步驟：

利用一個廣義的二階統馭方程式以及一個廣義的四階統馭方程式的形式

$$q(k) = jk\Lambda \int_0^{\zeta(x)} [w_{lp} e^{jkx} - w_{rp} e^{-jkx}] dx$$

$$q_p(k) = -z_k^0 e_{31} k^2 \int_0^{\zeta(x)} [-w_{lp} e^{jkx} - w_{rp} e^{-jkx} + w_{lc} e^{kx} + w_{rc} e^{-kx}] dx$$

來描述在該壓電薄片型感應器結構上的電荷分佈，其中， Λ 係為不同應力波之整合壓電應力常數，有效表面電極 $\zeta(x)$ 係僅為該壓電薄片之該主軸的函數。

36.根據申請專利範圍第 35 項所述之設計一壓電薄片型感應器結構之方法，其更包括有以下步驟：

利用與從正交於主軸方向夾 45° 角來作為該表面電極之極化方向，從而提供了軸向應力之自動消除。

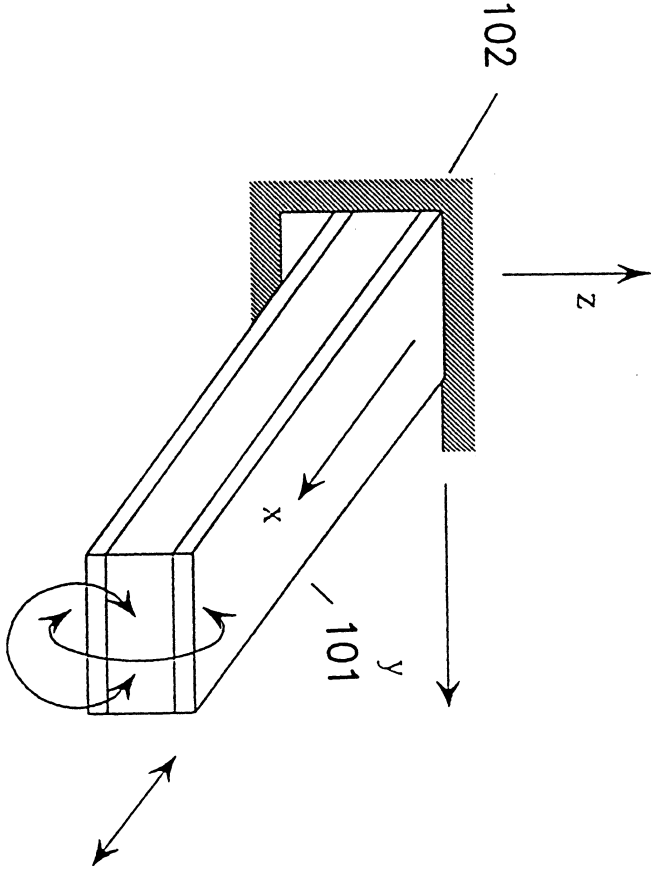
37.根據申請專利範圍第 35 項所述之設計一壓電薄片型感

應器結構之方法，其更包括有以下步驟：

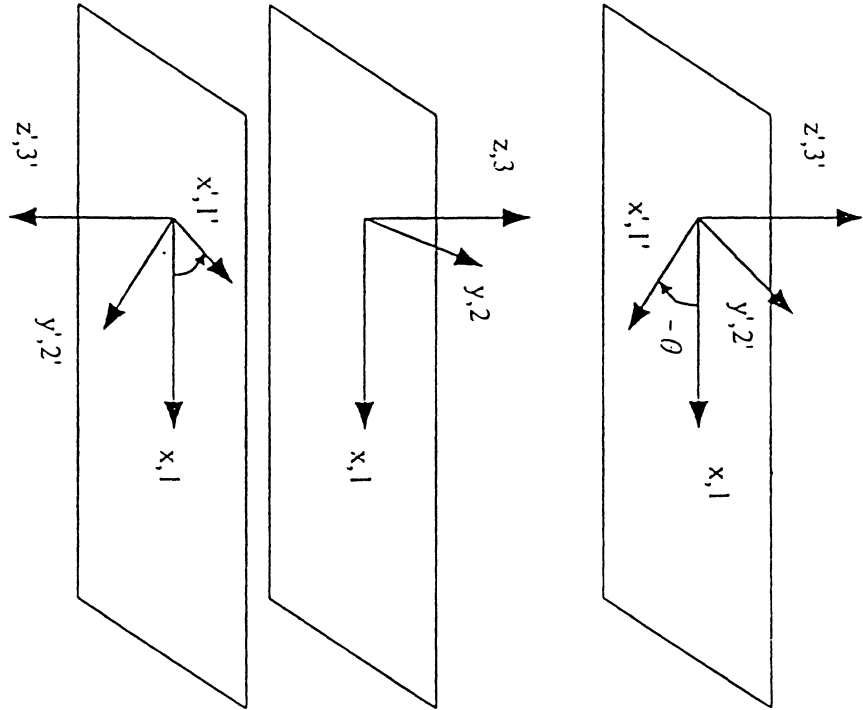
利用一窗函數於該表面電極分佈上，該表面電極分佈為在該壓電薄片型感應器結構為非零，而在該結構外為零。

38.根據申請專利範圍第 35 項所述之設計一壓電薄片型感應器結構之方法，其更包括有以下步驟：

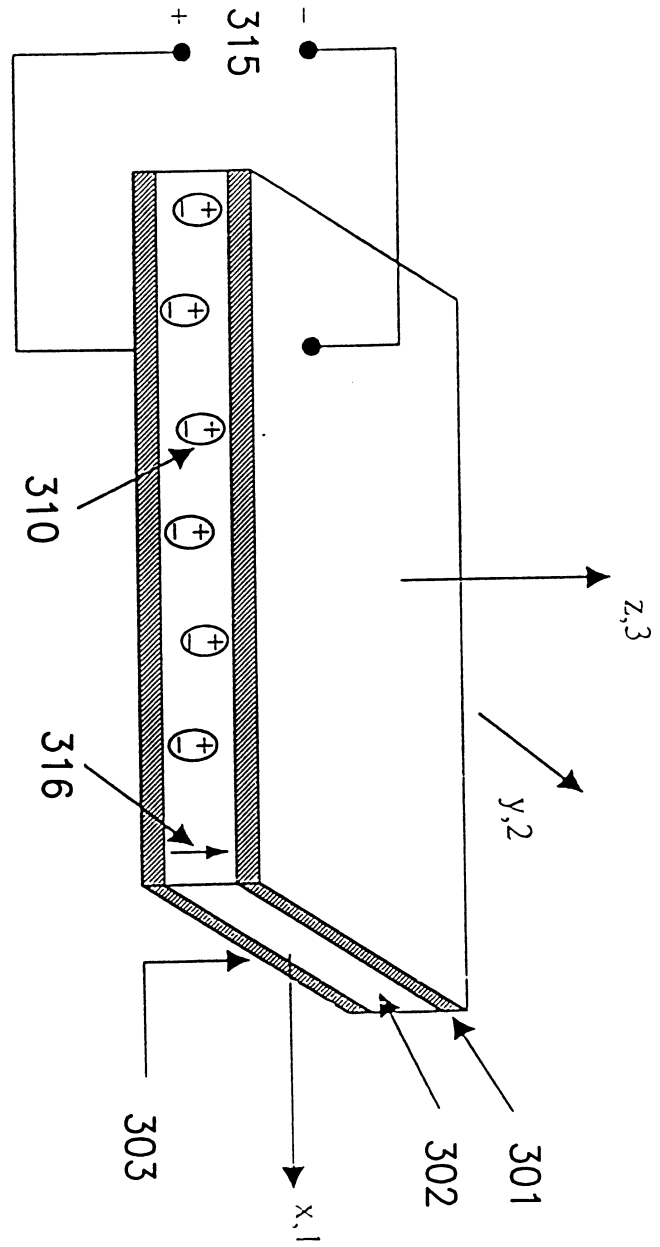
將該壓電薄片型感應器安置在一個圓柱型樑上，以使得該壓電薄片型感應器之主軸能夠與該圓柱型樑之軸線成一直線。



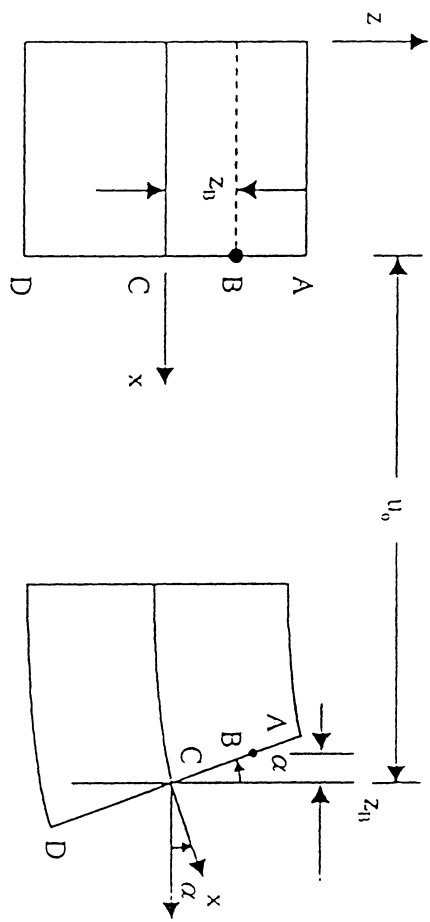
第 1 圖



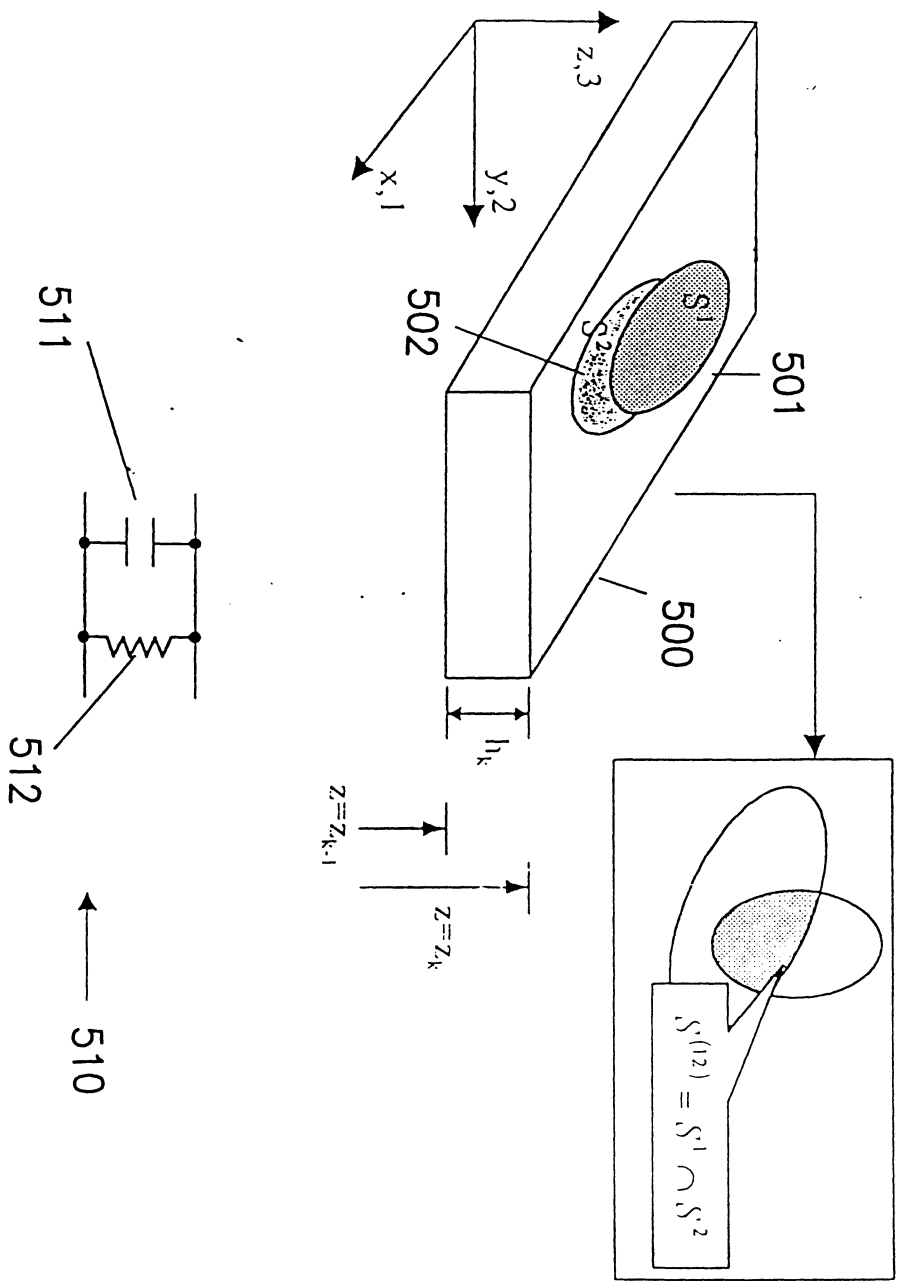
第 2 圖



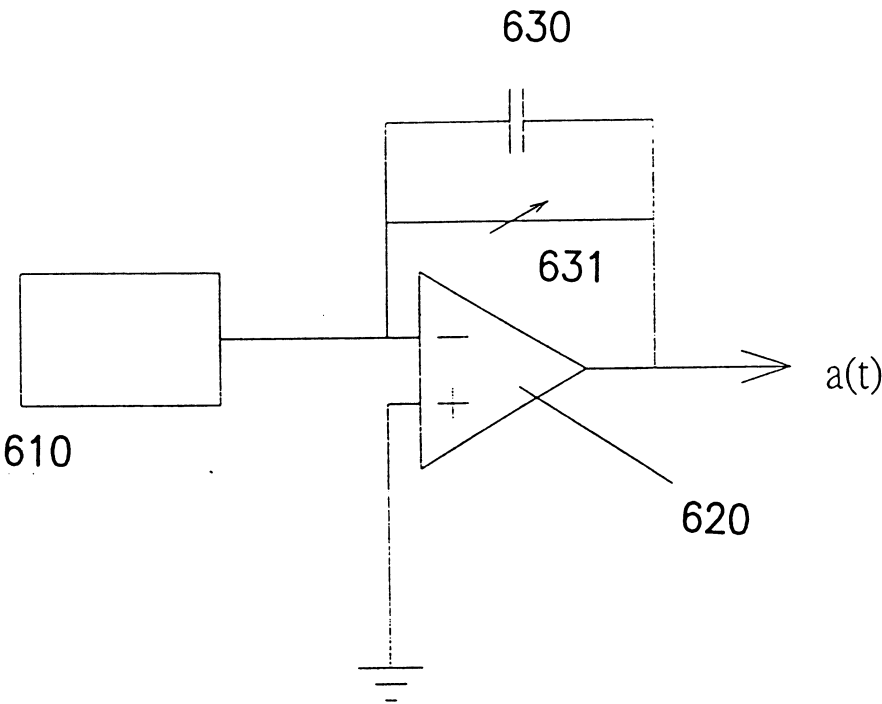
第 3 圖



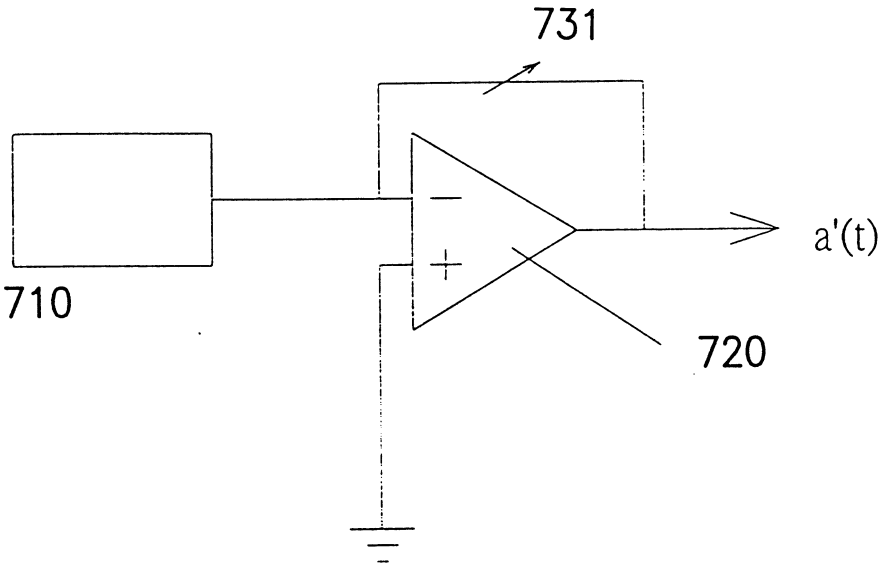
第 4 圖



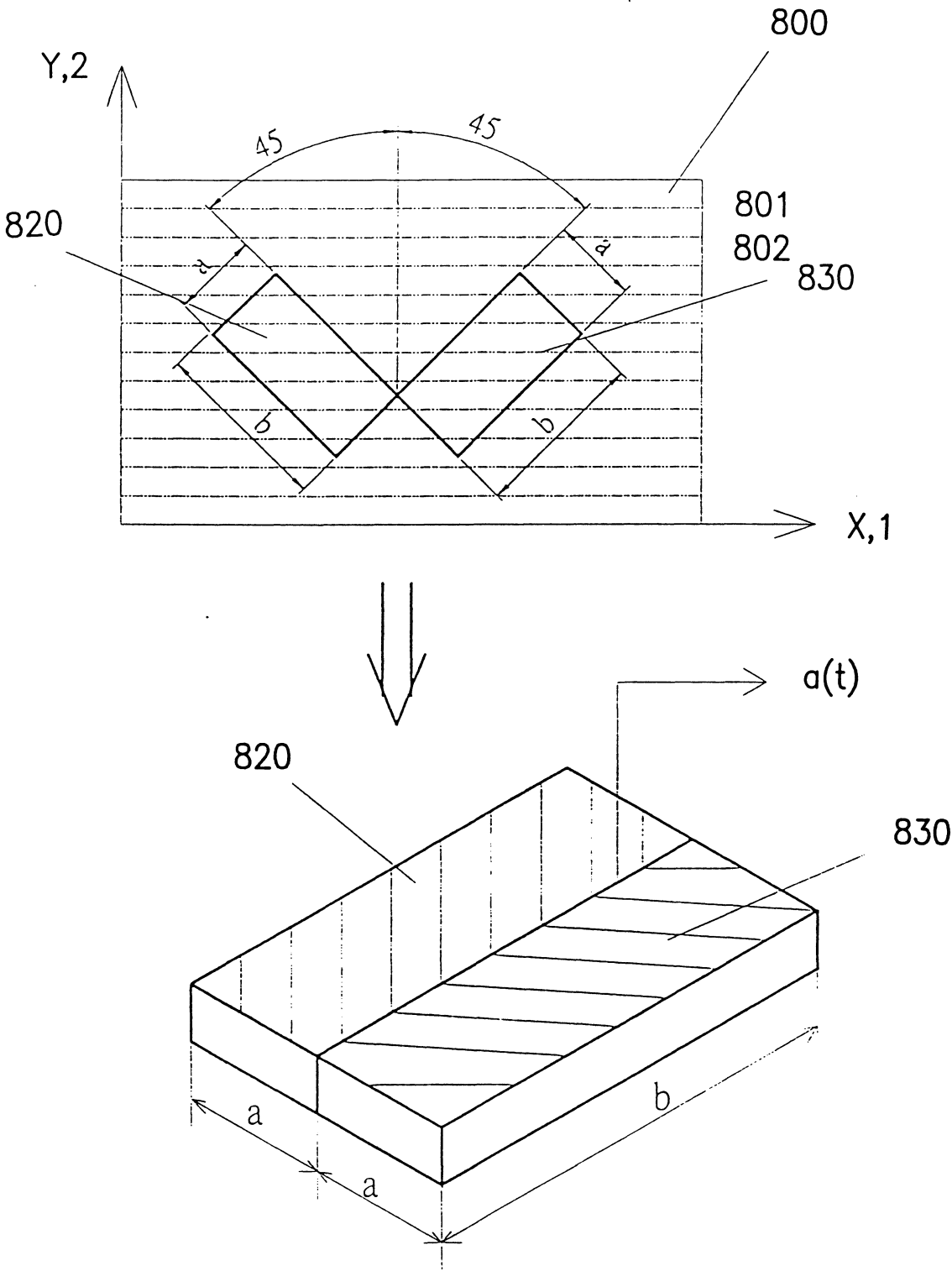
第 5 圖



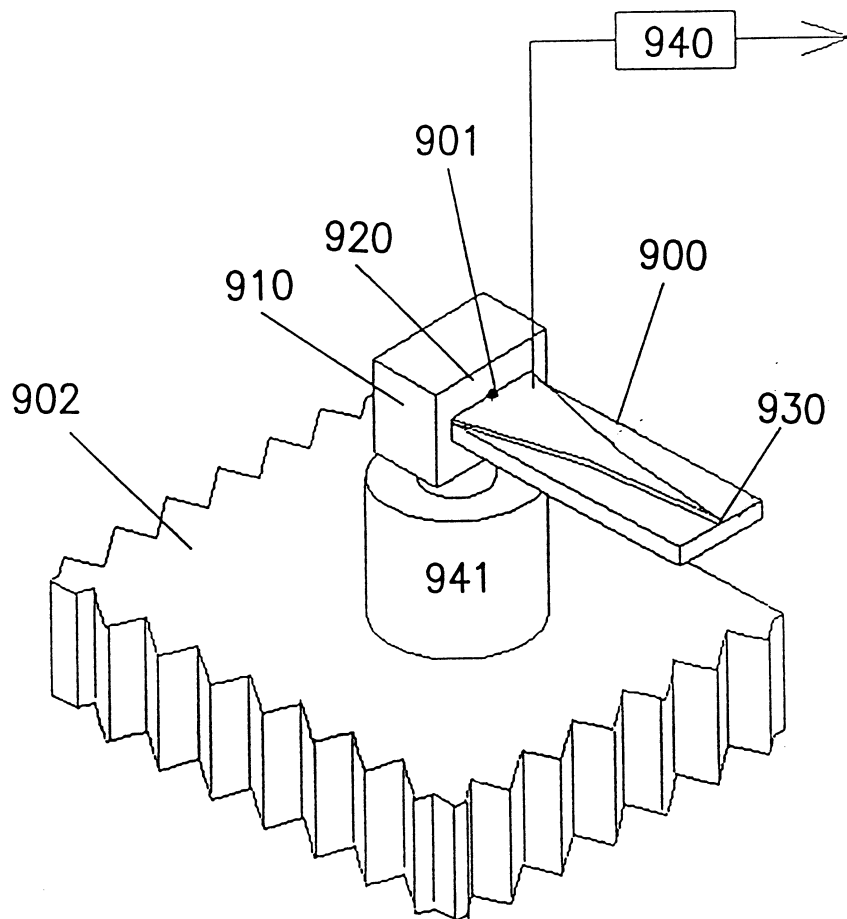
第 6 圖



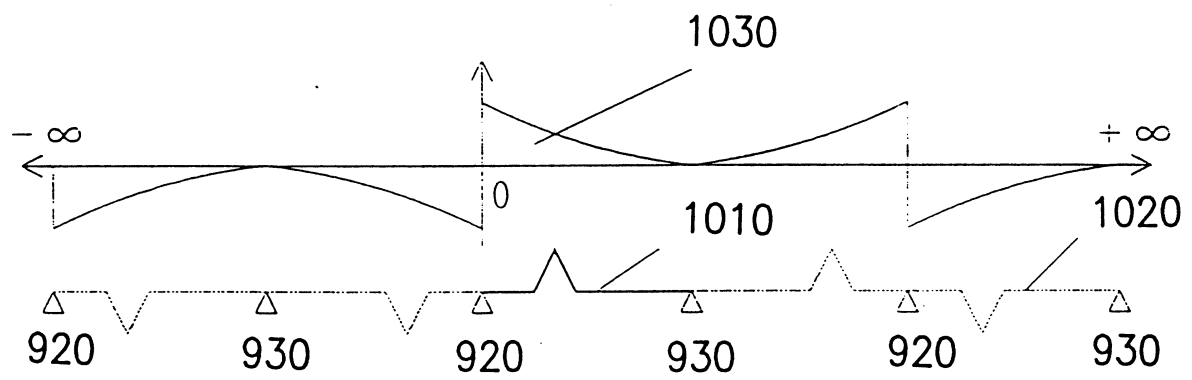
第 7 圖



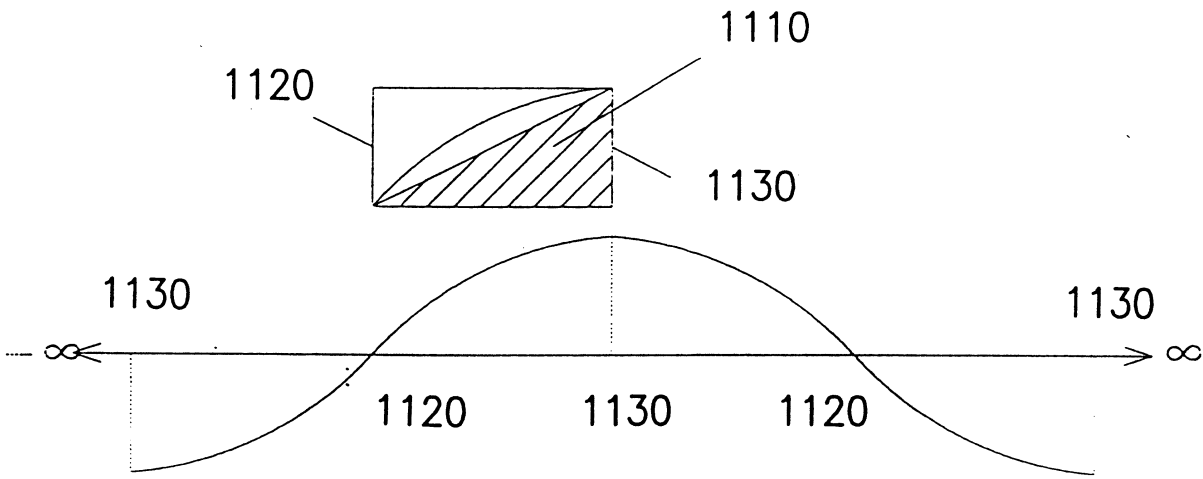
第 8 圖



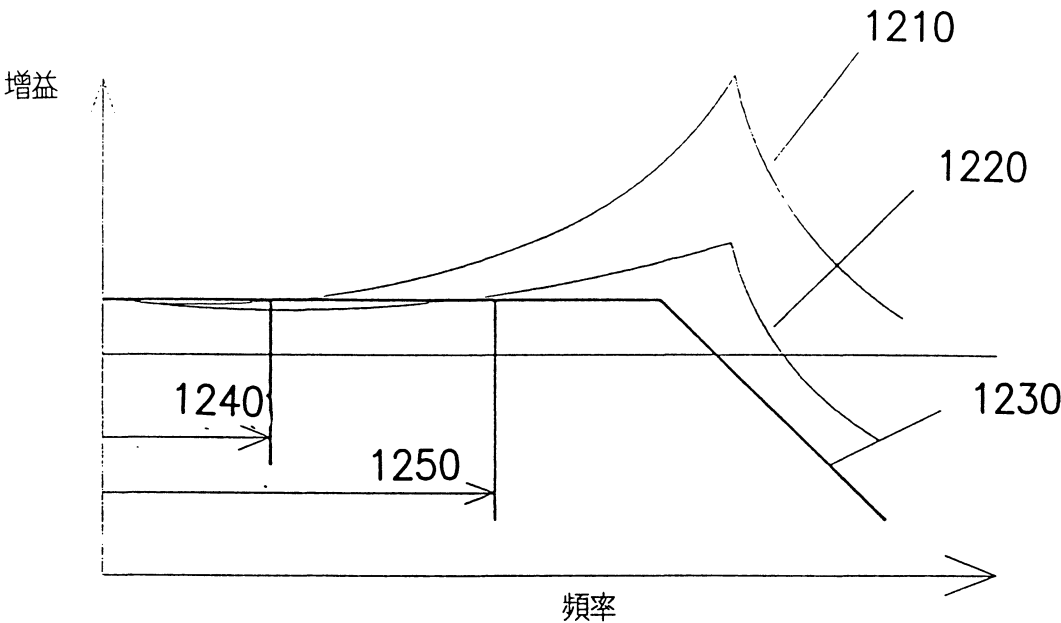
第 9 圖



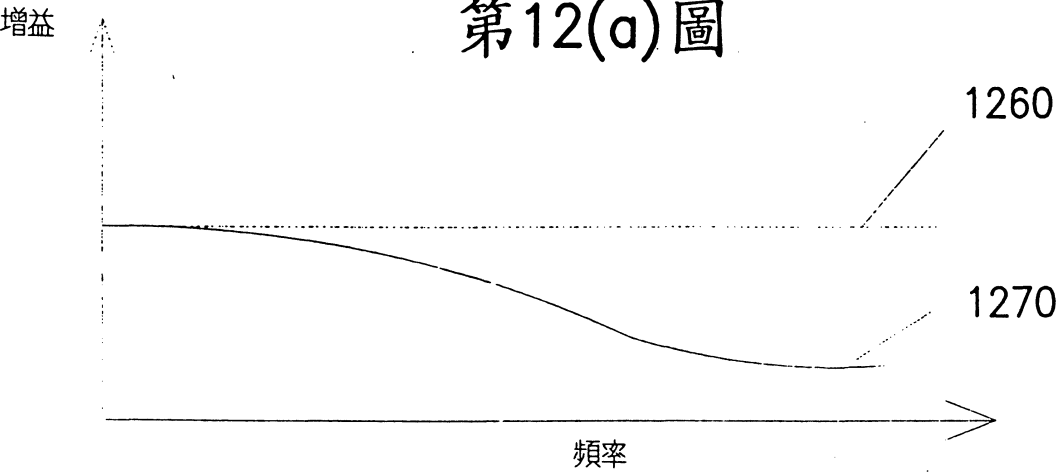
第 10 圖



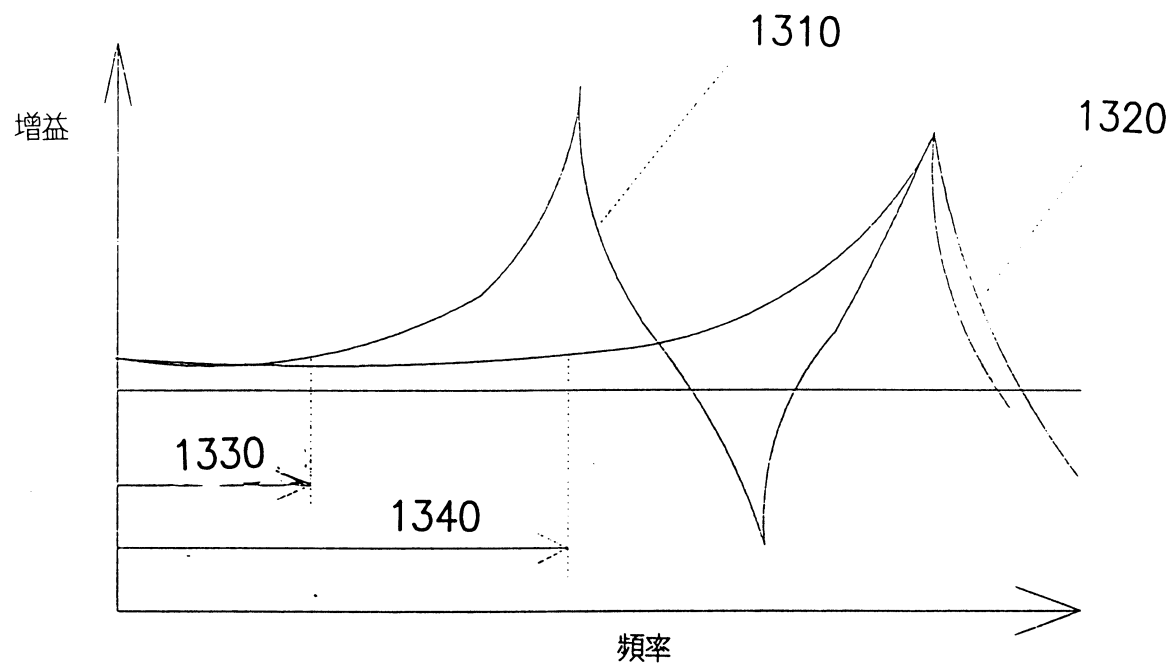
第 11 圖



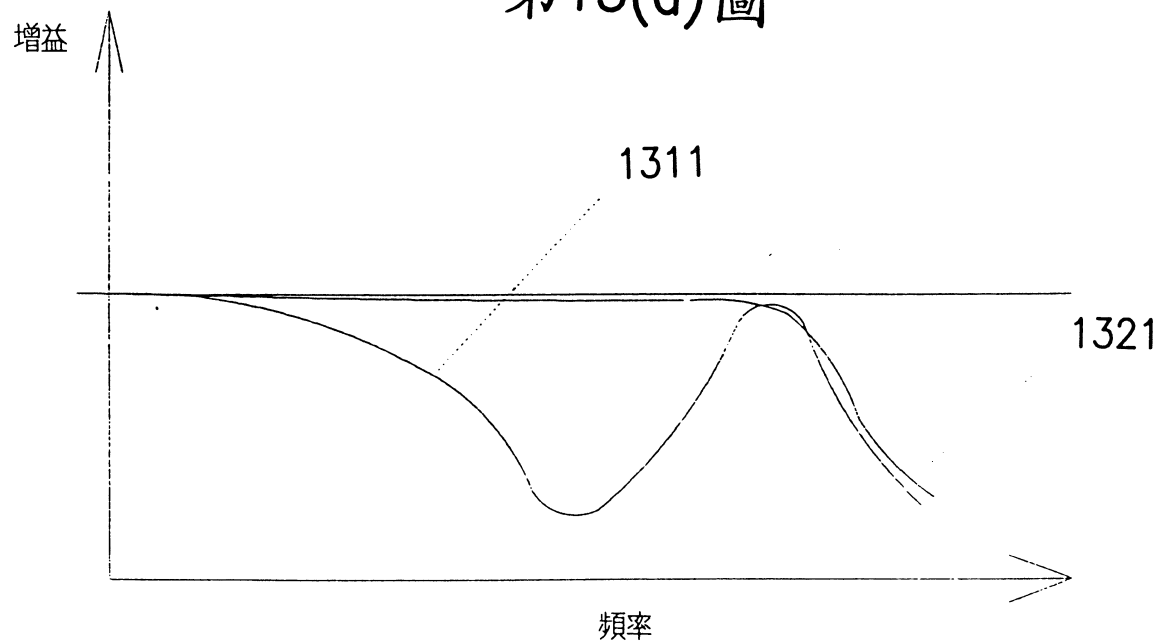
第12(a)圖



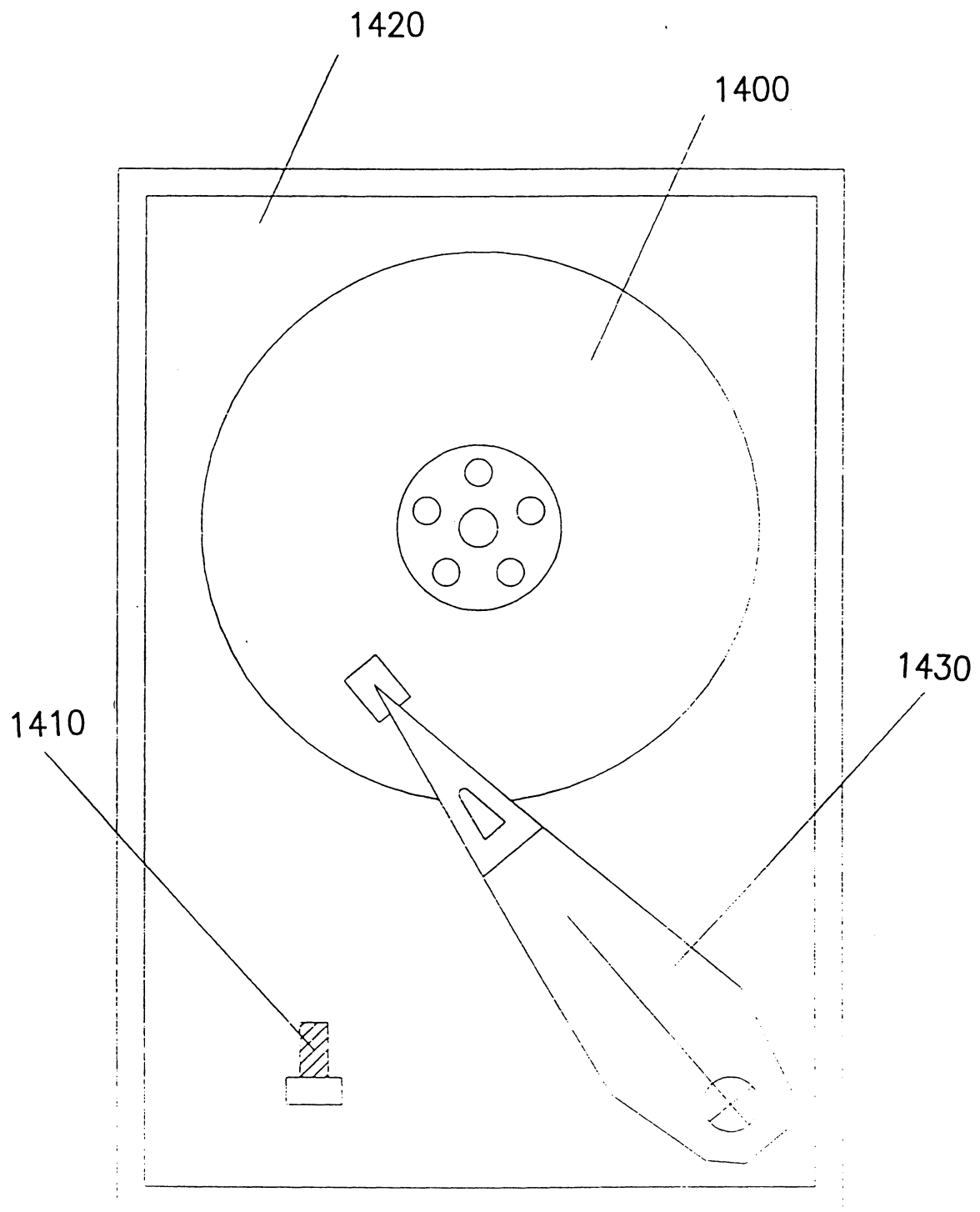
第12(b)圖



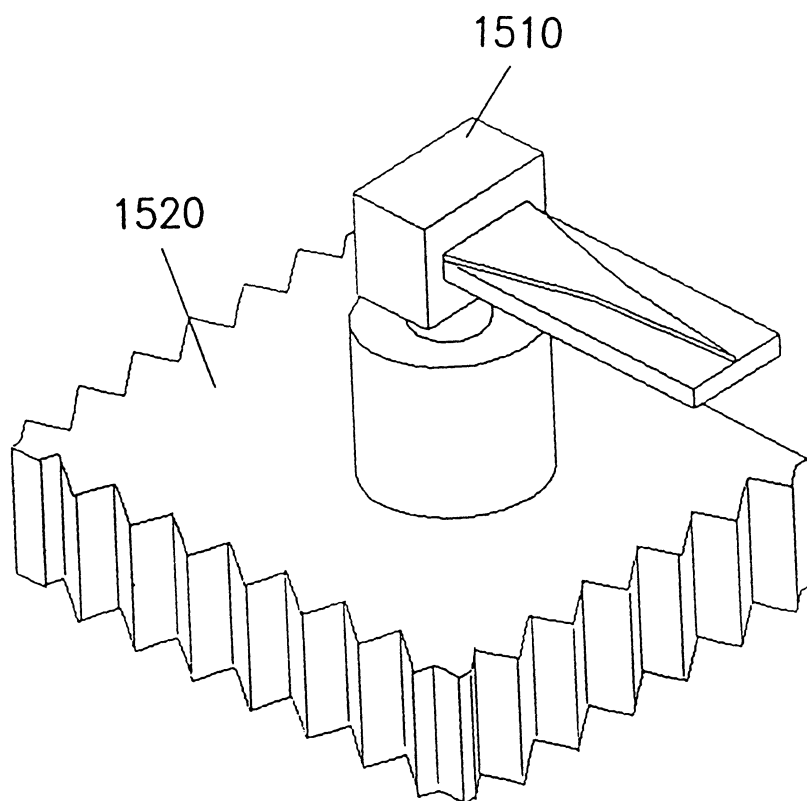
第13(a)圖



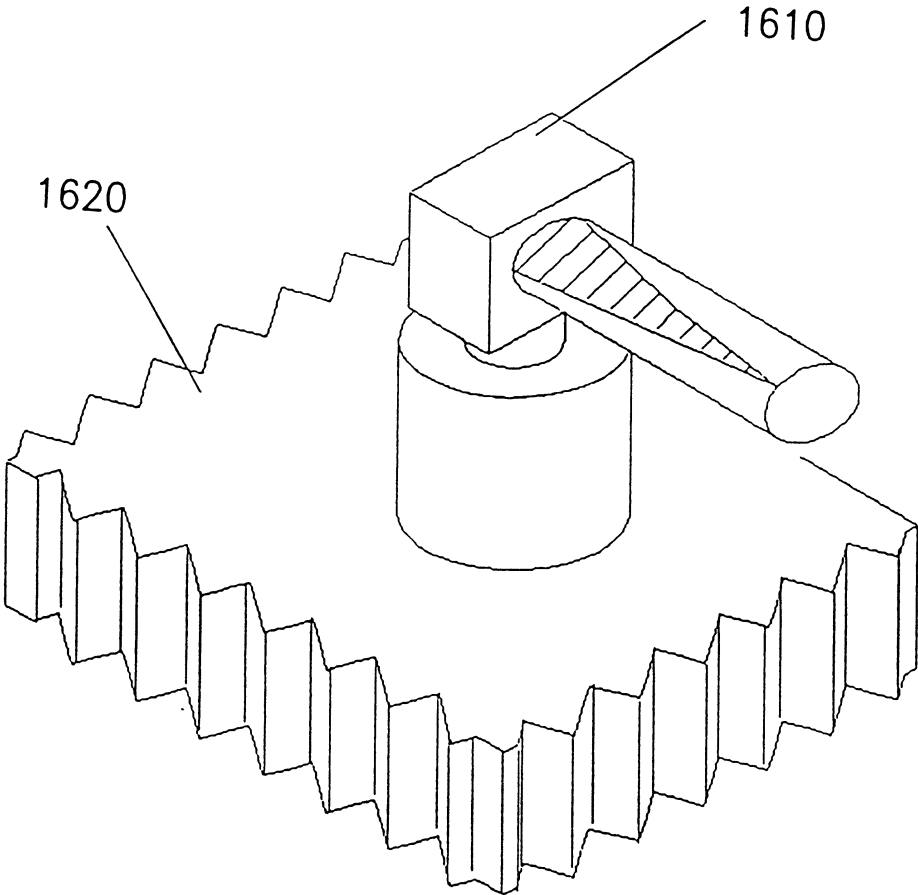
第13(b)圖



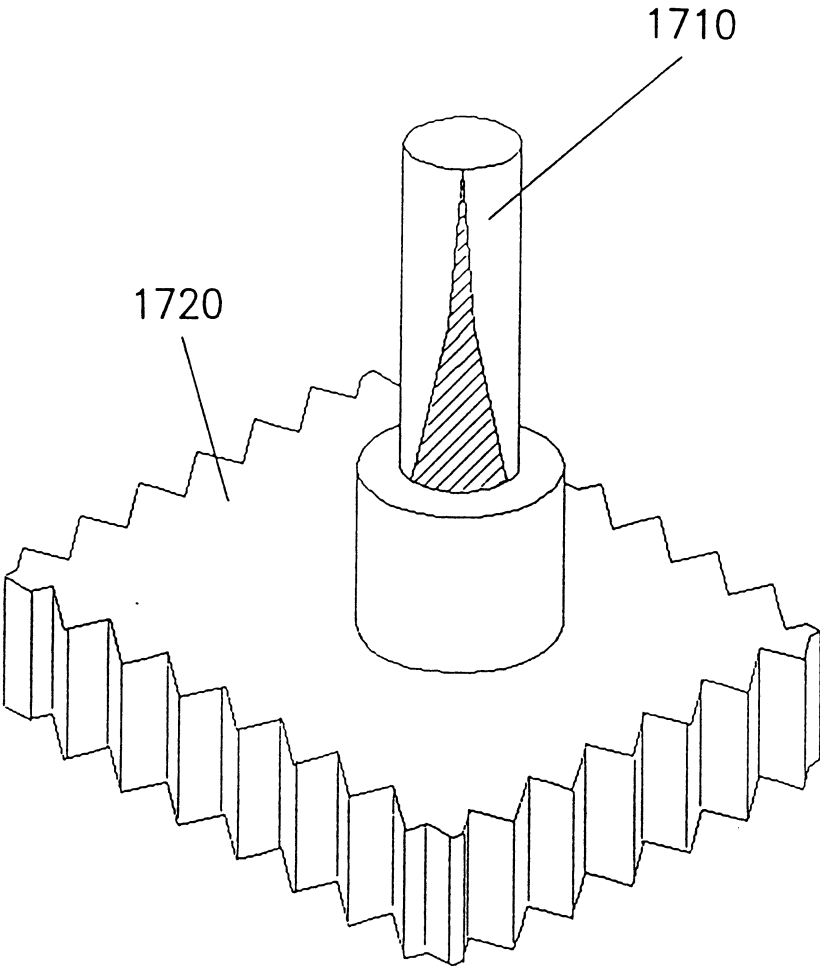
第 14 圖



第 15 圖



第 16 圖



第 17 圖

發明專利說明書



538239

(填寫本書件時請先行詳閱申請書後之申請須知，作※記號部分請勿填寫)

※申請案號：89115/21 ※IPC分類：G01K1/00

※申請日期：89.7.28

壹、發明名稱

(中文) 壓電薄片型運動感應裝置及方法

(英文) _____

貳、發明人(共4人)

發明人 1 (如發明人超過一人，請填**說明書發明人續頁**)

姓名：(中文) 李世光

(英文)

住居所地址：(中文) 台北市敦化北路165巷3號6樓

(英文)

國籍：(中文) 中華民國 (英文) TW

參、申請人(共1人)

申請人 1 (如發明人超過一人，請填**說明書申請人續頁**)

姓名或名稱：(中文) 李世光

(英文)

住居所或營業所地址：(中文) 台北市敦化北路165巷3號6樓

(英文)

國籍：(中文) 中華民國 (英文) TW

代表人：(中文)

(英文)