

申請日期	91.3.21
案 號	91105415
類 別	B81B 3/00

(以上各欄由本局填註)

LP316-3

發 明 專 利 說 明 書

517042

一、發明 名稱	中 文	靜電驅動微機電裝置之控制系統
	英 文	A CONTROL SYSTEM FOR AN ELECTROSTATICALLY-DRIVEN MICROELECTROMECHANICAL DEVICE
二、發明 創作人	姓 名	1.邱俊誠(Jin-Chern Chiou) 2.林育成(Yu-Chen Lin)
	國 籍	1.-2.皆屬中華民國
	住、居所	1.新竹市大學路 1001 號 1001 Ta Hsueh Rd., Hsinchu, Taiwan 2.高雄市三民區懷安街 186 之 2 號 3F 186-2, Huai-An Street, Kaohsiung, 807, Taiwan
三、申請人	姓 名 (名稱)	國立交通大學 (National Chiao Tung University)
	國 籍	中華民國
	住、居所 (事務所)	新竹市大學路 1001 號 (1001 Ta Hsueh Rd., Hsinchu, Taiwan)
	代 表 人 姓 名	張俊彥 (Chun-Yen Chang)

承辦人代碼：
大類：
I P C 分類：

本案已向：

國（地區） 申請專利，申請日期： 案號 ， 有 無主張優先權

本案未在國外申請專利。

有關微生物已寄存於：

，寄存日期：

，寄存號碼：

四、中文發明摘要（發明之名稱： 靜電驅動微機電裝置之控制系統 ）

本發明有關一種靜電驅動微機電裝置之控制系統，其利用多塊電極板來控制靜電驅動微機電裝置，亦即，將熟知兩平行板驅動電極之電容器的下方驅動電極板切割為若干小的電極板，藉選擇用於所企望之靜電力的電極板圖案，可根據不同的應用改變裝置之非線性而取得諸如線性驅動，數位驅動，或最佳化驅動之特性，使能在裝置具有有限精確度之先天限制下達成高度的操作精確性。

英文發明摘要（發明之名稱：)

A CONTROL SYSTEM FOR AN ELECTROSTATICALLY-
DRIVEN MICROELECTROMECHANICAL DEVICE

The present invention relates to a control system for an electrostatically-driven microelectromechanical device, which uses multiple electrodes to control the microelectromechanical device, i.e. the lower driven electrode of a capacitor with known two parallel driven electrodes is cut into a number of small electrodes. By selecting an electrode pattern for a desired electrostatic force, it is capable of altering the non-linearity of the device based on various applications and achieving a characteristic such as a linear driven, digital driven, or ultimately optimal driven manners, which is able to reach high operation accuracy for the existing circuit that only possesses a limited accuracy.

五、發明說明 (1)

對照參考資料

本申請案之內容已由本發明人發表於 IEEE Optical MEMS 2001, Okinawa, Japan, 2001 年 9 月 27~29 日，命名為 "A Novel Capacitance Control Design of Tunable Capacitor Using Multiple Electrostatic Driving Electrodes(利用多塊靜電驅動電極板之可調諧電容器的電容控制設計)"，以及發表於 IEEE-Nano Tech. 2001, Maui, Hawaii, USA, 2001 年 10 月 28~30 日，命名為 "A Novel Control Design of Stepping Micromirror Using Multiple Electrostatic Driving Electrodes(利用多塊靜電驅動電極板之步進微反射鏡的控制設計)"，其將結合於本文中供參考。

發明背景

發明領域

本發明有關一種靜電驅動微機電裝置之控制系統，更特別地，有關一種利用多塊電極板來控制靜電驅動式微機電裝置之控制系統，其係藉選擇電極板圖案及相對應驅動電壓之組合來驅動微機電裝置。

習知技術說明

近年來，整合微電子，微結構及微光學組件成為機電系統 (Micro-Electro-Mechanical System, 簡稱 MEMS) 之相關研究日益增加，而以光學，射頻為主之微機電系統 (Optical MEMS/RF MEMS) 之研究，為的就是要發展下一代光電/通訊科技的各式關鍵零組件，而由於利用微機電

五、發明說明 (2)

技術所發表出來的裝置可應用的範圍相當寬廣，相對的商業產值亦具有十足的潛力，其中之主要原因乃在於利用微機電技術所設計開發之系統，不僅可使系統整體之體積縮小及性能提昇，而且在半導體製程的成批製造之特性上，更能使生產成本降低，使其可符合未來消費性產品及加工技術以環保及經濟性為設計考量之發展趨勢，因此也成為次世代製造技術(Next Generation Manufacturing Technology)中最受重視的關鍵性發展技術之一。

微機電系統在從微感測器及微致動器的發展到光學通訊及無線式通訊以及到最近之生物科技的發展中處處可見其扮演重要的角色，例如廣泛地使用於微波及毫米波之應用中，其中使用射頻(RF)系統 VCO(電壓控制之振盪器)電路中之最主要元件之一的可調諧電容器而 MEMS 為主之電容器則可避免在高頻時高的功率損耗。大致地，靜電致動法係視為微機電系統之最平常的驅動方法，因為藉靜電力所驅動之微機電系統往往具有操作頻率高及消耗功率低之優點，因此，在微機電系統設計中，長久以來大量地應用靜電力，諸如微致動器，微感測器，微光學組件，微波開關，及微流體元件等皆可見到類似的研究。

習知地，靜電驅動之微機電系統通常利用兩平行板之間固定的重疊面積和偏壓來產生所企望的靜電力，在一固定偏壓下，重疊的面積越大，產生的致動力越大，然

五、發明說明（3）

而，致動力與偏壓之間具有高度的非線性關係，造成整個系統在實用化的階段中，控制的設計十分困難且不易造成，亦即，習知之靜電驅動法的非線性轉移曲線常限制了實用性。此外，爲了各式應用的精確度要求，往往需要更新的系統設計或尋求更精確的電路設計，僅管如此，亦常無法符合高精確度的要求，因此，不僅降低了微機電系統實用化之可行性，無形之間也增加了許多開發的成本。

因而，有必要發展出一種控制系統來改善上述習知技術之非線性關係之問題，使得微機電系統上之非線性元件可依據不同的應用而可行地獲得諸如線性(linear)驅動，數位式(digital)驅動及混合式(hybrid)驅動方式，等之主要驅動特性，藉此，能在電路具有有限精確度的先天限制下，符合更多高精確度要求的微機電系統之應用領域。

發明概述

因此，爲了克服上述問題，本發明之目的在於提供一種利用多塊電極板來控制靜電驅動式微機電裝置之系統，其可藉選擇電極板圖案及相對應驅動電壓之組合來驅動微機電裝置，使得裝置內之非線性元件可依據不同的應用獲得可預期之諸如線性驅動，數位式驅動，及混合式的驅動特性，而改善微機電裝置之精確度。

爲達成上述目的，根據本發明之一觀點，提供有一種靜電驅動微機電裝置之控制系統，包含：一可移動板，

五、發明說明（4）

藉一靜電力予以致動，用於產生旋轉及平移動作；多塊靜電驅動電極板，用於藉施加驅動電壓產生靜電力；一切換矩陣電路，具有電性切換組件，用於切換多塊靜電驅動電極板；以及一控制器，用於確定靜電驅動微機電裝置之操作特性及透過切換矩陣電路選擇電極圖案。

進一步地，根據本發明之上述觀點，其中上述可移動板係一微機械懸吊元件。

又進一步地，根據本發明之上述觀點，其中上述多塊靜電驅動電極板係微機械固定板，以及該多塊靜電驅動電極板之各電極板具有矩形，圓形及多邊形之形狀，且具有相等或不同的面積。

再進一步地，根據本發明之上述觀點，其中上述切換矩陣電路之電性切換組件包含繼電器，類比式開關，及電晶體陣列。

仍進一步地，根據本發明之上述觀點，其中上述控制器具有一處理單元，伴隨相關連之週邊電路，其中處理單元為微處理器而相關連之週邊電路為記憶體單元。

又進一步地，根據本發明之上述觀點，其中上述操作特性係微機電裝置之轉移特性，包含微機電裝置之輸出參數的物理量及所施加之直流電壓。

又進一步地，根據本發明之上述觀點，其中上述電極圖案係由選擇自多塊靜電驅動電極板之電極板所形成，以便建構一產生靜電力之區域。

如上述，利用根據本發明靜電驅動微機電裝置之控制

五、發明說明（5）

系統所驅動之微機電裝置將具有下列功效：

1. 微機電裝置之驅動特性可根據不同需求之應用而設計，例如線性化驅動，數位式驅動，及最佳化驅動，等；
2. 藉由設計電極板之數目多寡可以控制微機電裝置的操作精確度；及
3. 配合最佳化的控制方式，可使微機電裝置在有限精確度的電源供應之限制下，取得預期精確度之性能表現。

圖式簡單說明

本發明之上述與其他目的，特性及優點將從下文結合附圖之本發明實施例的詳細說明中呈更明顯，其中

第 1 圖係一示意圖，顯示一用於改善調諧範圍之概念性靜電致動之可調諧電容器模型；

第 2 圖係一透視圖，顯示根據本發明實施例一之具有多塊電極板之可調諧電容器；

第 3 圖係一圖表，顯示用於根據本發明實施例一之具有多塊電極板之可調諧電容器的作業空間及控制設計的曲線；

第 4 圖係一圖表，顯示用於根據本發明實施例一之具有多塊電極板之可調諧電容器之利用 MGAs 的模擬結果；

第 5 圖係一示意圖，顯示用於諸如步進微反射鏡之本發明實施例二之來自靜電力之轉矩，其表示不僅電極板之數目而且電極板之位置將確定最後的輸出轉矩；

第 6 圖係一圖表，顯示用於根據本發明實施例二之具有多塊電極板之步進微反射鏡裝置的作業空間及控制設

五、發明說明（6）

計的曲線；以及

第 7 圖係一圖表，顯示用於根據本發明實施例二之具有多塊電極板之步進微反射鏡裝置之利用 MGAs 的模擬結果。

較佳實施例之詳細說明

(實施例一)

第 1 圖係一示意圖，顯示一用於改善調諧範圍之概念性靜電致動之可調諧電容器模型。如第 1 圖中所示，由彈簧懸吊式電極板 E_1 (即，上方驅動電極板) 及固定式電極板 E_3 (即，底部電極板) 所形成之可變電容 C 可藉 E_1 與 E_2 電極板間之電壓降所產生之靜電力予以調諧。

參閱第 2 圖之顯示根據本發明實施例一之具有多塊電極板之可調諧電容器。藉分割底部電極板上之原始驅動電極板為如第 2 圖中所描繪之多塊電極板，其中 E_1 為上方驅動電極板， E_2 及 E_3 為底部固定式電極板，則系統方程式將給定如下式：

$$kx = \sum_j \frac{1}{2} \epsilon_0 V_{12}^2 \frac{A_{E2j}}{(d_2 - x)^2} \quad (1)$$

$$c = \epsilon_0 \frac{A_{E3}}{(d_1 - x)} \quad (2)$$

其中 k 為彈簧常數， ϵ_0 為空氣之介電常數， V 為電極板間之所施加電壓， d 為電極板之初始間隙， A 為電極板之重疊面積，以及 x 為上方懸吊電極板 E_1 之位移，而 $j=0, 1, \dots, N$, 為 E_{2j} 之數目。

進一步地，若 E_2 上之多塊電極板的面積係均等地分

五、發明說明 (7)

割時，則方程式(1)將呈

$$kx = M \frac{1}{2} \epsilon_0 V_{12}^2 \frac{A_{E2j}}{(d_2 - x)^2} \quad (3)$$

其中 M 為可用來施加控制電壓之多塊電極板的總數。藉變化用於所設計之電容器之多塊電極板的總數，則在電容與所施加電壓間的作業空間會因而變化。第 1 表列出從一單一電極板到多塊電極板之電容器的轉移特性。

五、發明說明 (8)

電極板的數目	電容相對所施加電壓
4 (各400um*100um)	
80 (各40um*50um) (各區20塊電極板)	
160 (各20um*50um) (各區40塊電極板)	
320 (各20um*25um) (各區80塊電極板)	

第 1 表 具有多塊電極板之電容器的特性

五、發明說明 (9)

明顯地，從第 1 表中可觀察到所施加之電壓 (V) 與電容 (pf) 間之關係從單一非線性曲線擴展到一串列之非線性曲線。依據該等特性，本發明提出了根據上方電極板 E_1 之大小所均勻分割之多塊矩形電極板的控制設計，藉線性地變化上方電極板與底部電極板間之間隙可獲得相對應之施加電壓與多塊電極板之數目。因此，藉適當地切換所設計之電極板則該電容器將產生所企望之多段式電容。

此處，吾人可界定所切換之此電極板的地區為可控制的作業空間 R_c 。在此作業空間之內，可根據所企望之應用來設計及製造電容器的轉移特性。

如上述地，作業空間 R_c 將確定不同組合之電極板及所施加電壓之方式。須注意的是，若需要一代表多段位移之特性曲線以用於特定系統之設計時，則可在作業空間 R_c 中發現所施加電壓及多塊矩形電極板組合的可行方式。藉考慮第 1 表中所給定之具有 160 塊電極板的實例，第 3 圖係說明三種控制設計之方式，亦即，線性驅動，數位驅動，及混合式驅動之控制設計方式。亦即，第 3 圖係顯示根據本發明之具有多塊電極板之可調諧電容器的作業空間及控制設計的曲線。

在從方程式 (2) 轉移電容位移特性之後，將施加以誤差函數 E 最小化為主之電極選擇演算式而搜尋電極數目之個別組合，亦即，藉由如下式所示之電極選擇演算式：

五、發明說明 (10)

$$E = \left| M \frac{1}{2} \epsilon_0 V_{12}^2 \frac{A_{E2j}}{(d_2 - x)^2} - k\alpha \right| \quad (4)$$

其中 $M=4, 8, 12, \dots$ (即, 電極板之數目), 第 2 表顯示三種不同實例之控制設計方式之多塊電極板之性能的搜尋結果。

所企望電容	設計電壓	電極數目	所計算電容	誤差
0.051 pF (線性)	23 V	144	0.05098 pF	0.039%
0.061 pF (線性)	28 V	132	0.06025 Pf	1.23%
0.065 pF (數位)	28 V	136	0.06421 Pf	1.22%

第 2 表 多塊電極板之性能

進一步地, 藉考慮諸如 VCO 之實際應用, 其中 VCO 電容的準確性係可調諧電容器之最重要的項目。採用以修正基因演算式 (MGAs) 為主之最佳化方式而給定固定之電容及有限解析度的供應電壓 (例如, 0.1 伏特), 則第 3 表列出 MGAs 之初始參數及第 4 圖顯示利用 MGAs 之兩個收斂的最佳化方式。

五、發明說明 (11)

染色體位元	16
總體數目	50
產生數目	100
混合 GA's 操作員	是
啓發式適用功能	是
外來操作因數	是
自行調整參數	是
交疊率	90%
變化率	3%

第 3 表 MGAs 之初始參數

爲說明所提出之控制設計，將使用微機電系統設計之商業模擬工具 (IntelliSuite™ 軟體) 來確認上述所得之結果。藉建構所設計之靜電可調諧電容器系統，給定第 4 表中所示之材料特性及設計參數以及施加所計算之電壓而獲得獲得該可調諧電容器之位移的模擬結果，具有此結果則可計算出兩平行電極板間的電容，第 5 表係比較利用 IntelliSuite™ 軟體之 FEM 模擬及三個特定實例所產生之分析結果。

五、發明說明 (12)

材料參數	數值
楊氏模數 (Young's Modulus)	169 Gpa
波松比 (Poisson ratio)	0.42
介電常數 (Permittivity)	$8.854 * 10^{12} \text{ F/m}$
旋臂樑寬度，厚度	$2 \mu\text{m}$
旋臂樑長度	$300 \mu\text{m}$
初始間隙 (d_1, d_2)	$18.5 \mu\text{m}, 20 \mu\text{m}$
A_{E3}	$300 \times 300 \mu\text{m}^2$

第 4 表 模擬參數

所企望 電容	所施加 電壓	所施加電壓	電極 數目	電容 FEM 模 擬及誤差 (與設計比較)	電容 FEM 模 擬及誤差 (與原理比較)
0.063 pF	29	28.7763	128	C=0.0622 誤差=1.27%	C=0.0608 誤差=3.49%
0.059 p	28	28.1955	128	C=0.0567 誤差=2.37%	C=0.0583 誤差=1.19%
0.065 pF	30	29.8482	120	C=0.063 誤差=3.02%	C=0.062 誤差=4.62%

第 5 表 所設計與 IntelliSuite™ 模擬結果間之比較

須注意的是，對於 160 塊電極板之例子而言，準確度之誤差百分比在 5% 以下而解析度到達 0.002 pF。最後，爲了改善該可調諧電容器之準確度及解析度。進一步地

五、發明說明 (13)

，吾人分割該等電極板為更小的面積，如第 6 表中所示地，當驅動電極板之數目從 1 塊增加為 320 塊時，則所企望與實際電容間之準確度的變化會從 1% 降低至 0.036%。

所施加電壓		28v		
所企望電容		0.056pF		
N	1	80	160	320
V _(理想值)		28.2265	28.2265	27.99418
M	根據所	60	120	244
電容 (pF)	施加電壓	0.05544	0.05544	0.05602
準確度		1%	1%	0.036%

第 6 表 根據本發明之控制設計的性能 (驅動電極板之數目從 1 增至 320)

根據本發明之利用多塊靜電驅動電極板之電容控制設計已描述於上文中，且初步之結果亦已透過 FEM 模擬法予以確認。具有上述方法，可調諧電容器裝置可擁有諸如線性，數位，或混合式之不同驅動控制特性，而且可以特定之解析度來準確地控制電容的變化。

(實施例二)

在本發明另一實施例之微反射鏡模型中，吾人擴充多塊靜電驅動電極板的靜電及彈性原理之推論。第 7 表列表出微反射鏡之作業空間，其係從一單塊驅動電極板到多塊電極板所產生的，其中已觀察到非線性特性。

五、發明說明 (14)

單塊電極板		多塊電極板			
數目	1	3x3	5x5	3x3	3x3
大小	300x300	100x100	60x60	70x100	70x100
位置					
角度相對電壓					

第 7 表 具有多塊電極板之微反射鏡的特性
(選擇不同的電極板數目及位置的分析結果)

五、發明說明 (15)

藉使用此作業空間，微反射鏡之轉移特性可根據所企望之應用予以設計。如第 6 圖所示，吾人提出該三種實際地可實現之控制方式，亦即，線性，數位，及混合式設計於此來當作描繪之實例，透過用於控制設計之合適的電極板選擇演算式，可獲得電極板與位置之個別組合。第 8 表列出用於 3x3 電極板實例之所選擇圖案。

角度	設計電壓	$W_1 W_2 W_3$ (係數)	計算電壓	電壓誤差 (%)	電極板 形狀
0.3 度 (線性)	20V	232	19.967	0.165	
1.5 度 (數位)	50V	221	50.177	0.353	
0.8 度 (混合式)	42.222V	320	42.504	0.663	

第 8 表 3x3 電極圖案

此外，藉考慮諸如光學切換或光學資料儲存之其中角度準確性係步進微反射鏡裝置 (stepping micromirror device) 的最重要項目，此處，採用以有效之修正基因演算式 (MGAs) 為主之最佳化控制方式而給定固定之角度及有限解析度的供應電壓 (例如，0.5 伏特)，則第 9 表列出 MGAs 之初始參數以及第 7 圖顯示利用 MGAs 之兩個收斂的最佳化方式。

五、發明說明 (16)

染色體位元	28
總體數目	20
產生數目	100
混合 GA's 操作員	是
啓發式適用功能	是
外來操作因數	是
自行調整參數	是
交疊率	90%
變化率	8%

第 9 表 MGAs 之初始參數

第 10 表係比較使用 IntelliSuite™ 之 FEM 模擬法於該 3 個特定例之數值分析結果。明顯地，對於 3×3 電極板之例子而言，準確度之誤差百分比在 7% 以下解析度到達 0.2 度。進一步地，吾人分割該等電極板為更小的面積，如第 11 表中所示地，當驅動電極板之數目從 1 增加為 7×7 時，則所企望與實際角度間之準確度的變化會從 5% 降低至 0.0006%。

五、發明說明 (17)

所企望 角度	施加電壓 (設計值)	施加電壓 (計算值)	($W_1, W_2,$ W_3)	FEM 模擬旋轉角 度及誤差百分比 (設計之施加電壓)	FEM 模擬旋轉角 度及誤差百分比 (計算之施加電壓)
0.9 度 (混合式)	61.5	61.505	101	$\theta=0.926,$ 誤差 = 2.92%	$\theta=0.926,$ 誤差 = 2.92%
1.5 度 (數位)	50	50.177	221	$\theta=1.589,$ 誤差 = 5.95%	$\theta=1.604,$ 誤差 = 6.90%
3.0 度 (線性)	55	55.234	203	$\theta=2.828,$ 誤差 = 5.73%	$\theta=2.904,$ 誤差 = 3.19%

第 10 表 所設計與 IntelliSuite™ 軟體方式之比較表

五、發明說明 (18)

電極之數目	1 ²	2 ²	3 ²	4 ²	5 ²	6 ²	7 ²
施加之電壓	39.44444444444444						
所企望之角度	1.8 度						
W _{ij}	1	1,2	2,2,3	3,1,4,4	5,5,5,4,4	6,5,0,6,6,6	1,7,3,5,7,6,7
理論電壓	≡	38.8215747557	39.4035094265	39.4640162873	39.4404439363	39.4438081035	39.4444952443
電壓誤差	≡	1.5791%	0.1038%	0.0496%	0.0101%	0.0016%	0.0001%
致動之角度	視情況而定	1.88803	1.80552	1.79735	1.80052	1.80009	1.79999

第 11 表 根據本發明之初步分析結果，其中驅動電極之數目從 1 增加至 7x7

五、發明說明 (19)

在上述例子中，作業空間會整個地藉增加電極板之數目而膨脹，且當電極板之位置從原始中心線移開時，上述方式之範圍的斜率亦會增加。須注意的是，不僅電極板的數目而且電極板的位置將確定步進微反射鏡裝置的作業空間範圍 R_c ，此一現象可從第 5 圖中予以解說，該圖不僅顯示出電極板之數目將確定最終之輸出轉矩，而且顯示出電極板之位置亦將確定最終之輸出轉矩。

如上述地，根據本發明之利用多塊靜電驅動電極板之步進微反射鏡裝置的控制設計已描述於上文中，且初步之結果亦已透過 FEM 模擬法予以確認。具有上述方法，微反射鏡裝置能產生具有特定解析度之相似於類比式 (analog-like) 之行爲供實際之應用來使用。

雖吾人已在上文中詳細地描述本發明之若干較佳實施例，但該等實施例僅係描繪性而非限制性。應注意的是，種種修正及變化可由熟習於本項技術之人士根據上文中之教示予以完成而不會背離附錄申請專利範圍中所界定之本發明的精神及範疇。

符號之說明

C	可變電容
E_1	懸吊式電極板(上方電極板)
E_2, E_3, E_x, E_y, E_z	固定式電極板(底部電極板)
R_c	作業空間
k	彈簧常數
ϵ_0	空氣之介電常數

五、發明說明 (20)

V	電極板間所施加的電壓
d	電極板之初始間隙
A	電極板之重疊面積
X	位移
M	電極板之數目

六、申請專利範圍

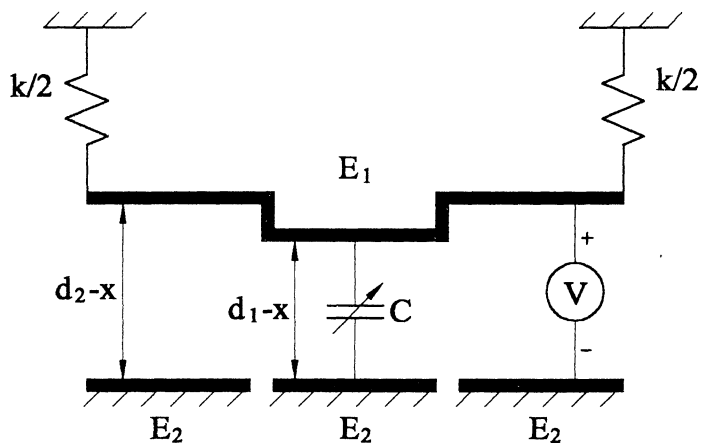
1. 一種多塊靜電驅動電極板之控制系統，包含：
 - 一可移動板，藉一靜電力予以致動，用於產生旋轉及平移動作；
 - 多塊靜電驅動電極板，用於藉施加驅動電壓產生該靜電力；
 - 一切換矩陣電路，具有電性切換組件，用於切換該多塊靜電驅動電極板；以及
 - 一控制器，用於確定靜電驅動微機電裝置之操作特性及透過切換矩陣電路選擇電極圖案。
2. 如申請專利範圍第 1 項之控制系統，其中該可移動板係一微機械懸吊元件。
3. 如申請專利範圍第 1 項之控制系統，其中該多塊靜電驅動電極板係微機械固定板。
4. 如申請專利範圍第 1 項之控制系統，其中該多塊靜電驅動電極板具有矩形，圓形及多邊形之形狀，以及具有相等或不同的面積。
5. 如申請專利範圍第 1 項之控制系統，其中該切換矩陣電路之該電性切換組件包含繼電器，類比式開關，及電晶體陣列。
6. 如申請專利範圍第 1 項之控制系統，其中該控制器具有一處理單元，伴隨相關連之週邊電路。
7. 如申請專利範圍第 6 項之控制系統，其中該處理單元係一微處理器，以及該相關連之週邊電路係一記憶體單元。
8. 如申請專利範圍第 1 項之控制系統，其中該等操作特性

六、申請專利範圍

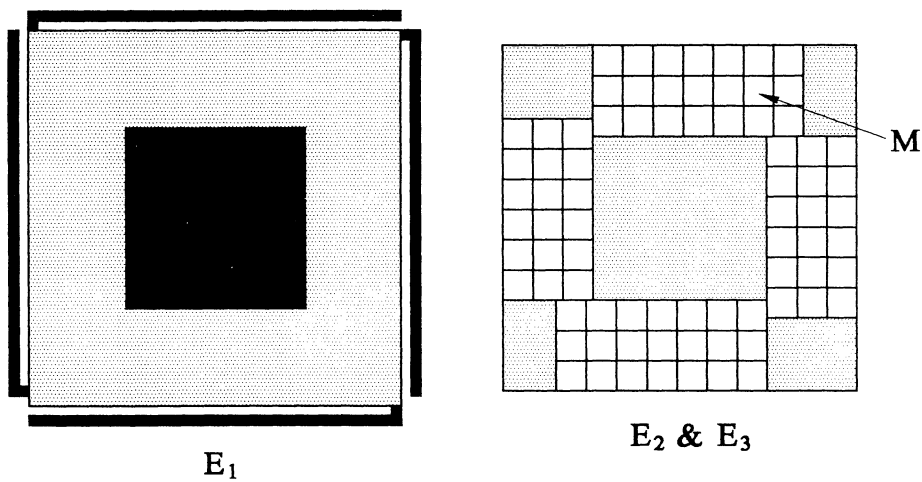
係該微機電裝置之轉移特性，該轉移特性包含物理量及施加之電壓。

9. 如申請專利範圍第 8 項之控制系統，其中該物理量係該微機電裝置之輸出參數，以及該施加之電壓係直流(DC)電壓。
10. 如申請專利範圍第 1 項之控制系統，其中該等電極圖案係由選擇自多塊靜電驅動電極板之電極板所形成，以便建構一產生該靜電力之區域。

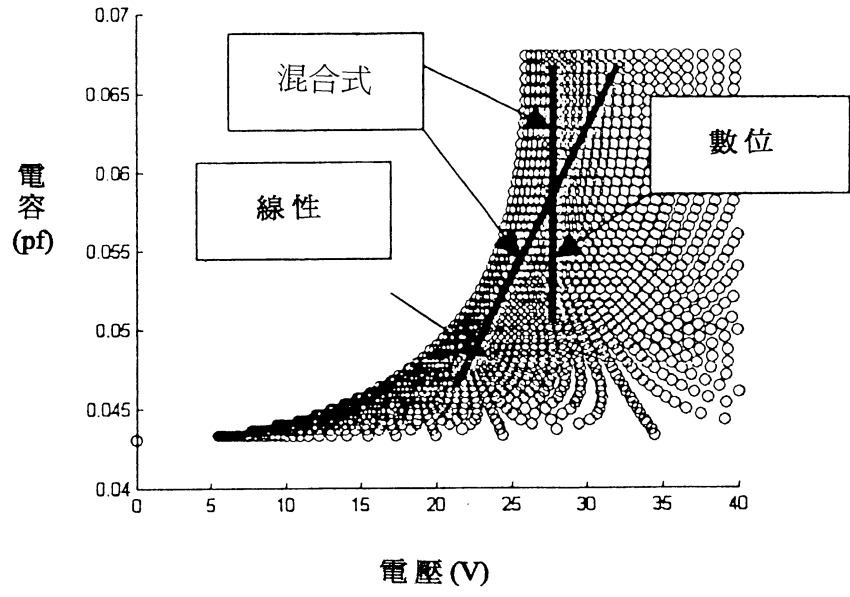
9/11-5915



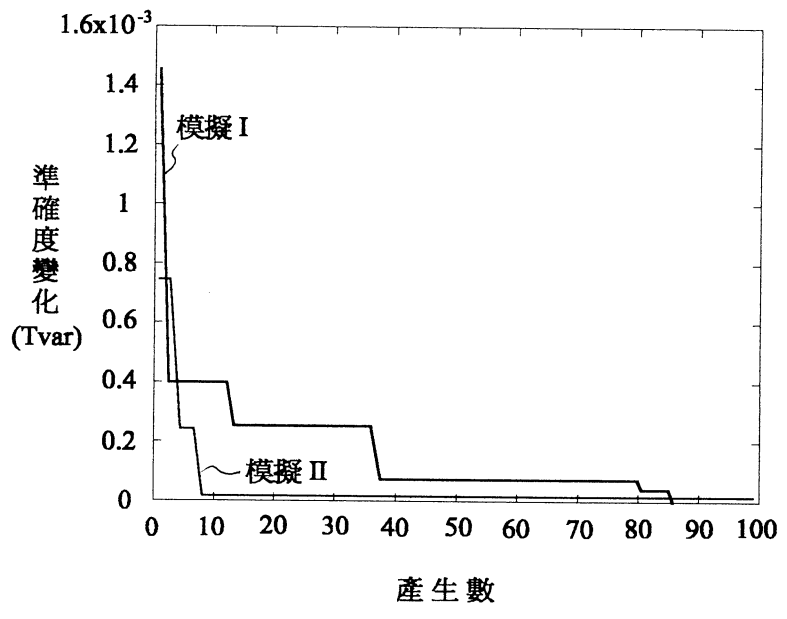
第 1 圖



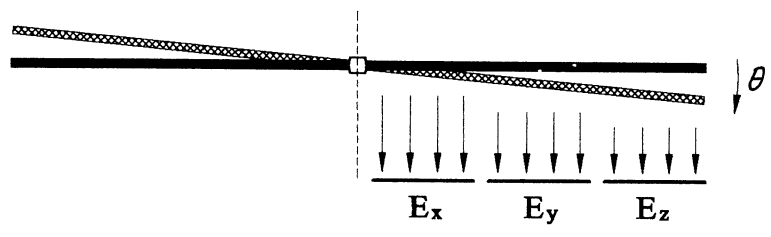
第 2 圖



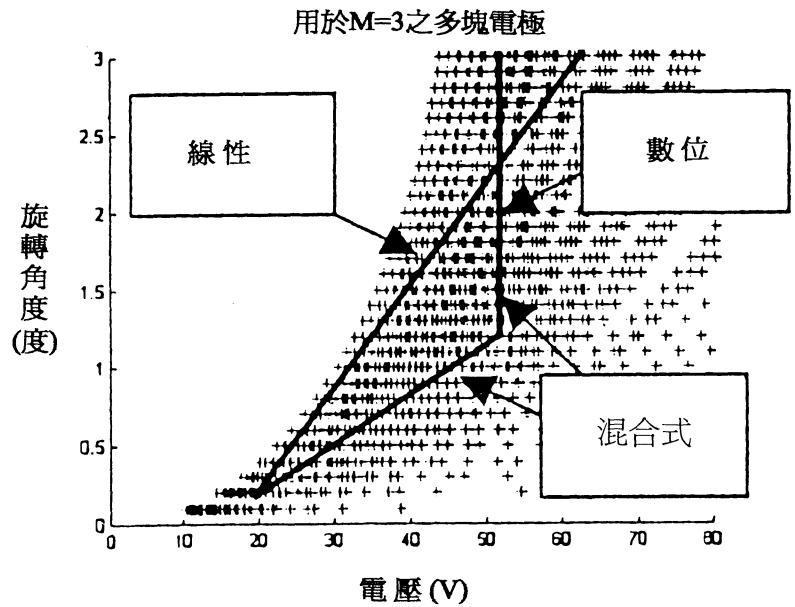
第 3 圖



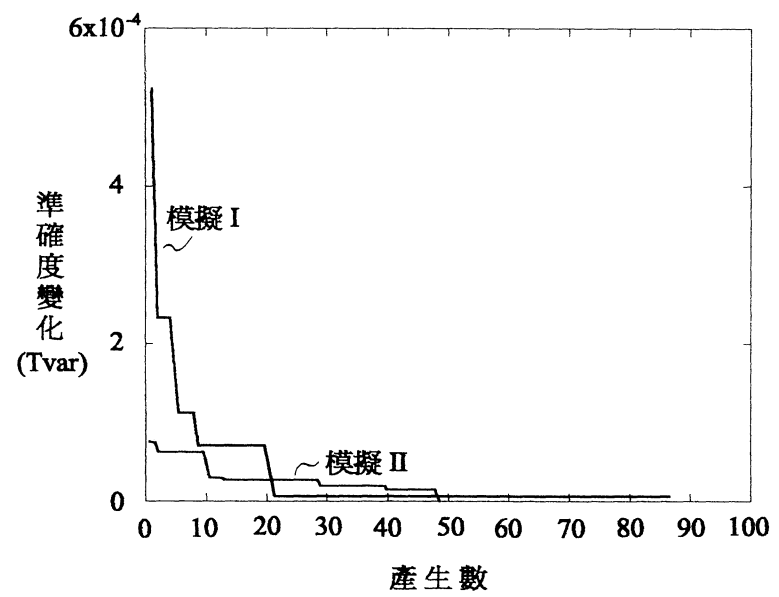
第 4 圖



第 5 圖



第 6 圖



第 7 圖