



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本 (11)證書號數：TW I424347 B

(45)公告日：中華民國 103 (2014) 年 01 月 21 日

(21)申請案號：098145542

(22)申請日：中華民國 98 (2009) 年 12 月 29 日

(51)Int. Cl. : G06F3/044 (2006.01)

(30)優先權：2009/11/02 美國

12/610,589

(71)申請人：友達光電股份有限公司 (中華民國) AU OPTRONICS CORPORATION (TW)
新竹市新竹科學工業園區力行二路 1 號

(72)發明人：陳忠君 CHEN, CHUNGCHUN (TW)

(74)代理人：蔡坤財；李世章

(56)參考文獻：

TW M359752

GB 2272906A

US 6239788B1

US 2006/0049834A1

審查人員：易昶霈

申請專利範圍項數：22 項 圖式數：18 共 0 頁

(54)名稱

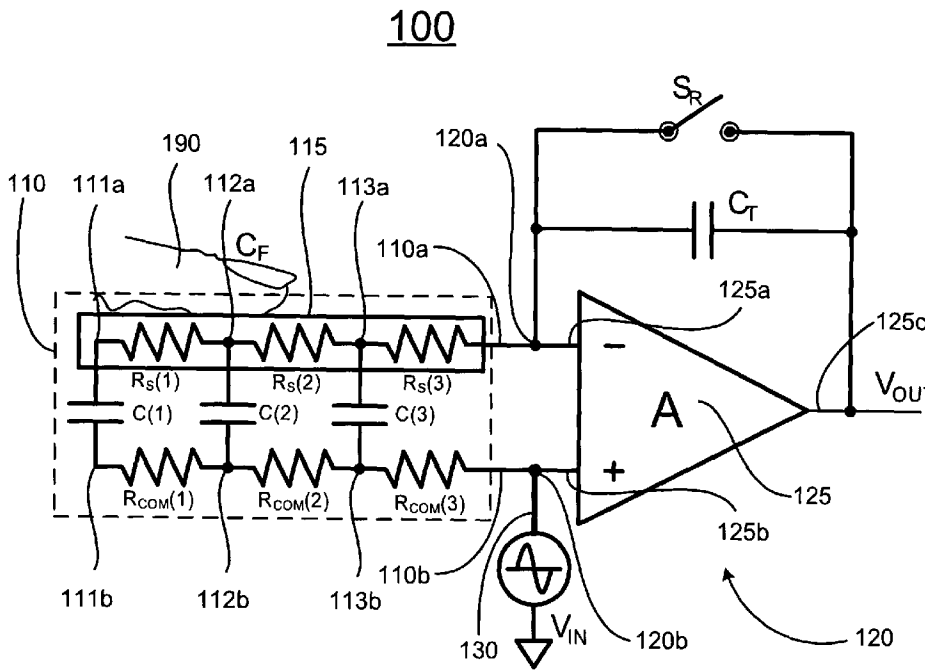
電容式位置偵測器及其中之感應電容偵測器

CAPACITIVE POSITION DETECTOR AND INDUCING CAPACITANCE DETECTOR THEREIN

(57)摘要

一種感應電容偵測器，其包含輸入端、電容式感應器陣列、運算放大器及迴授電容。輸入端用以接收供應電壓。電容式感應器陣列包含第一輸出端和第二輸出端。運算放大器具有反相輸入端、非反相輸入端及一輸出端，其中反相輸入端電性連接於電容式感應器陣列的第一輸出端，非反相輸入端電性連接於電容式感應器陣列的第二輸出端以及輸入端，輸出端用以輸出一輸出信號。迴授電容則電性連接於運算放大器的反相輸入端和輸出端。

An inducing capacitance detector includes an input terminal for receiving a supply voltage, a capacitive sensor array with a first output terminal and a second output terminal; an operational amplifier having an inventing input terminal electrically connected to the first output terminal of the capacitive sensor array, a non-inventing input terminal electrically connected to the second output terminal of the capacitive sensor array and the input terminal, and an output terminal for outputting an output signal, a feedback capacitor electrically connected between the inventing input terminal and the output terminal of the operational amplifier.



第 1 圖

- 100 . . . 感應電容偵測器
- 110 . . . 電容式感應器陣列
- 110a . . . 第一感應輸出端
- 110b . . . 第二感應輸出端
- 111a . . . 第一電極
- 111b . . . 第二電極
- 115 . . . 第一端
- 120 . . . 偵測單元
- 120a . . . 第一偵測輸入端
- 120b . . . 第二偵測輸入端
- 125 . . . 運算放大器
- 125a . . . 反相輸入端
- 125b . . . 非反相輸入端
- 125c . . . 輸出端
- 130 . . . 輸入端
- 190 . . . 物件

發明專利說明書

公告本

(本說明書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：98145542

※申請日：98.12.29

※IPC分類：G06F 3/044 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

電容式位置偵測器及其中之感應電容偵測器
CAPACITIVE POSITION DETECTOR AND
INDUCING CAPACITANCE DETECTOR THEREIN

二、中文發明摘要：

一種感應電容偵測器，其包含輸入端、電容式感應器陣列、運算放大器及迴授電容。輸入端用以接收供應電壓。電容式感應器陣列包含第一輸出端和第二輸出端。運算放大器具有反相輸入端、非反相輸入端及一輸出端，其中反相輸入端電性連接於電容式感應器陣列的第一輸出端，非反相輸入端電性連接於電容式感應器陣列的第二輸出端以及輸入端，輸出端用以輸出一輸出信號。迴授電容則電性連接於運算放大器的反相輸入端和輸出端。

三、英文發明摘要：

An inducing capacitance detector includes an input terminal for receiving a supply voltage, a capacitive sensor array with a first output terminal and a second output terminal; an operational amplifier having an inverting input terminal electrically connected to the first output terminal of the capacitive sensor array, a non-inverting input terminal

electrically connected to the second output terminal of the capacitive sensor array and the input terminal, and an output terminal for outputting an output signal, a feedback capacitor electrically connected between the inverting input terminal and the output terminal of the operational amplifier.

四、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：

100：感應電容偵測器	110：電容式感應器陣列
110a：第一感應輸出端	110b：第二感應輸出端
111a：第一電極	111b：第二電極
115：第一端	120：偵測單元
120a：第一偵測輸入端	120b：第二偵測輸入端
125：運算放大器	125a：反相輸入端
125b：非反相輸入端	125c：輸出端
130：輸入端	190：物件

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：無

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明內容是有關於一種位置偵測器，且特別是有關於一種電容式位置偵測器及其中之感應電容偵測器。

【先前技術】

可提供介於電子系統及用戶間自然介面的觸碰式感應或觸碰式位置偵測技術，已廣泛地應用於多種領域中，如：行動電話、個人數位助理(PDA)、自動櫃員機(ATM)、遊戲機、醫療裝置、液晶顯示裝置(LCD)、發光二極體裝置(LED)、電漿顯示面板裝置(PDP)、運算裝置...等等，其中用戶可經由與電子系統相關的觸碰式感應裝置來輸入所需資訊並/或操作電子系統。觸碰式感應裝置一般包括控制器、感應電路以及觸碰面板，其中感應電路具有複數個觸碰感應器以及將觸碰感應器電性連接於控制器的控制線網絡，而觸碰面板則是與觸碰感應器相關配置。

觸碰位置的偵測通常可使用不同種類的觸碰感應裝置，其中之一便是電阻式觸碰感應裝置，其包括由缺口所分隔的兩層透明導電材料(如：透明導電氧化物)。當以適當的力量觸碰時，其中一導電層會彎曲而接觸另一導電層，接著藉由控制器在該接觸點感應電阻變化，便可偵測接觸點的位置，然後控制器再執行與該接觸點相關的任何相應功能。

另一種是電容式觸碰感應裝置，其又可分類為兩種形式：一種是採用連續電阻層的類比電容式感應裝置，而另

一種則是採用圖案化導電層(電極)的投射電容式感應裝置。

在投射電容式觸碰裝置中，觸碰感應器利用一串圖案化電極，且圖案化電阻由控制器發出之信號所驅動。同樣地，接觸點的位置可藉由根據用戶的手指因觸碰感應其電容，而產生流經一個或多個對應電極且流向觸碰點的電流來取得，手指觸碰感應器的動作會提供由導電層往基體的電容式耦合。此外，接觸點的位置可藉由控制器在觸碰位置上對電容式耦合電子信號的變化進行量測來偵測取得，因此控制器會執行與觸碰位置相關的任何相應功能。

第 16 圖係繪示一般電容式位置偵測器的電路圖。電容式位置偵測器的輸出信號 $V(t)$ 具有下列形式：

$$V(t) = V_C \cdot (1 - e^{-t/\tau}), t \geq 0$$

$$\tau = \sum_i R_i \cdot C_i \quad (1)$$

其中 V_C 是供應電壓， R_i 和 C_i 分別是感應電容偵測器中第 i 個電容感應器的電阻值和電容值，而輸出信號 $V(t)$ 則是繪示於第 17 圖中。電容式位置偵測器係整合偵測器負載和人體手指的電容作為混合的變數，以實現階層式信號的觸發。由於不同混合電容的輸出信號具有不同的穩態時間，所以不同混合電容之臨界信號的差異可用來實現位置偵測。

然而，對此電容式位置偵測器的配置結構而言，其需要高解析度類比/數位(A/D)轉換，其會增加偵測器中電路的複雜度，因而增加製作成本。此外，若是偵測器負載遠

大於人體手指的感應電容的話，則電容式位置偵測器的靈敏度會受限。因此，電容式位置偵測器不適合用於大尺寸的人機介面操作上。

因此，有必要提出一種技術來解決上述缺陷和不適的問題。

【發明內容】

本發明內容之一目的是在提供一種感應電容偵測器，藉以解決偵測不良的問題。

本發明內容之一目的是在提供一種電容式位置偵測裝置，藉以改善感應電容的靈敏度。

本發明內容之一技術樣態係關於一種感應電容偵測器。在一實施例中，感應電容偵測器包含一輸入端以及一電容式感應器陣列，其中輸入端用以提供一供應電壓 V_{IN} 。

電容式感應器陣列包含一第一感應輸出端、一第二感應輸出端以及複數個電容器 $\{C(m)\}$ ，其中 $m=1、2、\dots、M$ ，且 M 為一正整數，每一個電容器 $C(m)$ 具有一第一電極和一第二電極。在一實施例中，每一個電容器 $\{C(m)\}$ 均具有一電容 C_s 。

電容式感應器陣列更包含複數個感應電阻器 $\{R_s(m)\}$ ，且每一個感應電阻器 $R_s(m)$ 具有一第一端和一第二端，其中第 j 個感應電阻器 $R_s(j)$ 之第一端和第二端分別電性連接於第 j 個電容器 $C(j)$ 和第 $(j+1)$ 個電容器 $C(j+1)$ 之第一電極，其中 $j=1、2、\dots、(M-1)$ ，且第 M 個感應電阻器 $R_s(M)$ 之第一端和第二端分別電性連接於第 M 個電容器

$C(M)$ 之第一電極和第一感應輸出端。在一實施例中，每一個感應電阻器 $\{R_S(m)\}$ 具有一電阻 R_S 。

電容式感應器陣列更包含複數個參考電阻器 $\{R_{COM}(m)\}$ ，且每一個參考電阻器 $R_{COM}(m)$ 具有一第一端和一第二端，其中第 j 個參考電阻器 $R_{COM}(j)$ 之第一端和第二端分別電性連接於第 j 個電容器 $C(j)$ 和第 $(j+1)$ 個電容器 $C(j+1)$ 之第二電極，且第 M 個參考電阻器 $R_{COM}(M)$ 之第一端和第二端分別電性連接於第 M 個電容器 $C(M)$ 之第二電極和第二感應輸出端。在一實施例中，每一個參考電阻器 $\{R_{COM}(m)\}$ 具有一電阻 R_{COM} ，且電阻 R_S 與電阻 R_{COM} 相同或相異。

此外，感應電容偵測器包含一運算放大器，其具有一反相輸入端、一非反相輸入端以及一輸出端，其中反相輸入端電性耦接於電容式感應器陣列之第一感應輸出端，非反相輸入端和電容式感應器陣列之第二感應輸出端係共同電性連接於輸入端，且輸出端係用以輸出一輸出信號 V_{OUT} 。感應電容偵測器更包含一迴授電容器以及一開關 S_R ，迴授電容器電性連接於運算放大器之輸出端和反相輸入端之間，開關 S_R 則電性連接於運算放大器之輸出端和反相輸入端之間。

再者，感應電容偵測器可包含兩電阻器 R_{P1} 和 R_{P2} ，其中電阻器 R_{P1} 電性連接於電容式感應器陣列之第一感應輸出端和運算放大器之反相輸入端之間，電阻器 R_{P2} 電性連接於電容式感應器陣列之第二感應輸出端和運算放大器之非反相輸入端。

在一實施例中，於一給定時間 t 下之輸出信號 $V_{OUT}(t)$ 滿足下列方程式：

$$V_{OUT}(t) = \left(1 + \frac{C_F}{C_T}\right) \cdot V_{IN}(t), t \geq 0$$

其中 $V_{IN}(t)$ 係為由輸入端所接收之供應電壓， C_F 係為介於電容式感應器陣列和一物件間之一感應電容， C_T 係為迴授電容器之電容。

本發明內容之另一技術樣態係關於一種感應電容偵測器。在一實施例中，感應電容偵測器包含一輸入端、一電容式感應器陣列以及一偵測單元，其中輸入端用以提供一供應電壓 V_{IN} 。

電容式感應器陣列包含一第一感應輸出端、一第二感應輸出端以及複數個電容器 $\{C(m)\}$ ，其中 $m=1, 2, \dots, M$ ，且 M 為一正整數，每一個電容器 $C(m)$ 具有一第一電極和一第二電極。在一實施例中，每一個電容器 $\{C(m)\}$ 均具有一電容 C_S 。

電容式感應器陣列亦包含複數個感應電阻器 $\{R_S(m)\}$ ，且每一個感應電阻器 $R_S(m)$ 具有一第一端和一第二端，其中第 j 個感應電阻器 $R_S(j)$ 之第一端和第二端分別電性連接於第 j 個電容器 $C(j)$ 和第 $(j+1)$ 個電容器 $C(j+1)$ 之第一電極，其中 $j=1, 2, \dots, (M-1)$ ，且第 M 個感應電阻器 $R_S(M)$ 之第一端和第二端分別電性連接於第 M 個電容器 $C(M)$ 之第一電極和第一感應輸出端。在一實施例中，每一個感應電阻器 $\{R_S(m)\}$ 具有一電阻 R_S 。

電容式感應器陣列更包含複數個參考電阻器 $\{R_{COM}(m)\}$ ，且每一個參考電阻器 $R_{COM}(m)$ 具有一第一端和一第二端，其中第 j 個參考電阻器 $R_{COM}(j)$ 之第一端和第二端分別電性連接於第 j 個電容器 $C(j)$ 和第 $(j+1)$ 個電容器 $C(j+1)$ 之第二電極，且第 M 個參考電阻器 $R_{COM}(M)$ 之第一端和第二端分別電性連接於第 M 個電容器 $C(M)$ 之第二電極和第二感應輸出端。在一實施例中，每一個參考電阻器 $\{R_{COM}(m)\}$ 具有一電阻 R_{COM} ，且電阻 R_S 與電阻 R_{COM} 相同或相異。

偵測單元具有一第一偵測輸入端以及一第二偵測輸入端，其中第一偵測輸入端電性連接於電容式感應器陣列之第一感應輸出端，第二偵測輸入端和電容式感應器陣列之第二感應輸出端共同電性連接於輸入端。

在一實施例中，偵測單元包含一運算放大器、一第一迴授電容器 C_{T1} 、一第二迴授電容器 C_{T2} 、一第一開關 S_{R1} 以及一第二開關 S_{R2} ，其中運算放大器具有一反相輸入端、一非反相輸入端、一第一輸出端以及一第二輸出端，反相輸入端電性耦接於第一偵測輸入端，非反相輸入端電性耦接於第二偵測輸入端，第一輸出端用以輸出一第一輸出信號 V_{OUTP} ，第二輸出端用以輸出一第二輸出信號 V_{OUTN} ，第一迴授電容器 C_{T1} 電性連接於第一偵測輸入端和運算放大器之第一輸出端之間，第二迴授電容器 C_{T2} 電性連接於第二偵測輸入端和運算放大器之第二輸出端之間，第一開關 S_{R1} 電性連接於第一偵測輸入端和運算放大器之第一輸出端之間，第二開關 S_{R2} 則是電性連接於第二偵測輸入端和

運算放大器之第二輸出端之間。在一實施例中，第一迴授電容器 C_{T1} 和第二迴授電容器 C_{T2} 中之每一者均具有一電容 C_T 。

第一輸出信號 V_{OUTP} 與第二輸出信號 V_{OUTN} 相反，且分別滿足下列方程式：

$$V_{OUTP}(t) = \left(1 + \frac{C_F}{C_T}\right) \cdot V_{IN}(t), t \geq 0$$

$$V_{OUTN}(t) = -\left(1 + \frac{C_F}{C_T}\right) \cdot V_{IN}(t), t \geq 0$$

其中 $V_{IN}(t)$ 係為由輸入端所接收之供應電壓， C_F 係為介於電容式感應器陣列和一物件間之一感應電容， C_T 係為第一迴授電容器和第二迴授電容器之電容。

在另一實施例中，偵測單元更包含一附加運算放大器、一對第一電阻器 R_1 以及一對第二電阻器 R_2 ，其中附加運算放大器具有一反相輸入端、一非反相輸入端以及一輸出端，輸出端用以輸出一輸出信號 V_{OUTT} ，此對第一電阻器中之一者 R_1 電性連接於運算放大器之第一輸出端和附加運算放大器之非反相輸入端之間，此對第一電阻器中之另一者 R_1 電性連接於運算放大器之第二輸出端和附加運算放大器之反相輸入端之間，此對第二電阻器中之一者 R_2 電性連接於附加運算放大器之非反相輸入端和一參考電壓源之間，此對第二電阻器中之另一者 R_2 電性連接於附加運算放大器之反相輸入端和輸出端之間。

在一實施例中，於一給定時間 t 下之輸出信號 $V_{OUTT}(t)$ 滿足下列方程式：

$$V_{OUTT}(t) = 2 \cdot \left(1 + \frac{C_F}{C_T} \right) \cdot \frac{R_2}{R_1} \cdot V_{IN}(t), t \geq 0$$

其中 $V_{IN}(t)$ 係為由輸入端所接收之供應電壓， C_F 係為介於電容式感應器陣列和一物件間之一感應電容， C_T 係為第一迴授電容器和第二迴授電容器之電容。

本發明內容之又一技術樣態係關於一種電容式位置偵測裝置，其包含複數個如上所述之感應電容偵測器。

本發明內容之再一技術樣態係關於一種電容式位置偵測裝置。在一實施例中，電容式位置偵測裝置包含複數個感應器負載模型 $\{S(m, n)\}$ ，其中 $m=1, 2, \dots, M$ ， $n=1, 2, \dots, N$ ， M 和 N 中每一者均為一正整數，感應器負載模型於空間上係以具有 M 列和 N 行之矩陣形式配置。

每一個感應器負載模型 $S(m, n)$ 包含：

- (i) 一第一 X 軸端點 $X_1(m)$ 、一第二 X 軸端點 $X_2(m)$ 、一第三 X 軸端點 $X_3(m)$ 以及一第四 X 軸端點 $X_4(m)$ ；
- (ii) 一第一 Y 軸端點 $Y_1(n)$ 、一第二 Y 軸端點 $Y_2(n)$ 、一第三 Y 軸端點 $Y_3(n)$ 以及一第四 Y 軸端點 $Y_4(n)$ ；
- (iii) 一 X 軸感應電阻器 R_X ，電性連接於第一 X 軸端點 $X_1(m)$ 和第三 X 軸端點 $X_3(m)$ 之間；
- (iv) 一 X 軸共同電壓電阻器 R_{XCOM} ，電性連接於第二 X 軸端點 $X_2(m)$ 和第四 X 軸端點 $X_4(m)$ 之間；
- (v) 一 Y 軸感應電阻器 R_Y ，電性連接於第一 Y 軸端點

$Y_1(n)$ 和第三 Y 軸端點 $Y_3(n)$ 之間；

(vi) — Y 軸共同電壓電阻器 R_{YCOM} ，電性連接於第二 Y 軸端點 $Y_2(n)$ 和第四 Y 軸端點 $Y_4(n)$ 之間；

(vii) — X 軸電容器 C_X ，電性連接於第一 X 軸端點 $X_1(m)$ 和第二 X 軸端點 $X_2(m)$ 之間；

(viii) — Y 軸電容器 C_Y ，電性連接於第三 Y 軸端點 $Y_3(n)$ 和第四 Y 軸端點 $Y_4(n)$ 之間；以及

(ix) — XY 軸交錯電容器 C_{XY} ，電性連接於第一 Y 軸端點 $Y_1(n)$ 和第二 X 軸端點 $X_2(m)$ 之間。

在第 n 行中，第 $(j+1)$ 列感應器負載模型 $S(j+1, n)$ 之第一 X 軸端點 $X_1(j+1)$ 和第二 X 軸端點 $X_2(j+1)$ 電性連接於第 (j) 列感應器負載模型 $S(j, n)$ 之第三 X 軸端點 $X_3(j)$ 和第四 X 軸端點 $X_4(j)$ ，其中 $j=1, 2, \dots, (M-1)$ 。在第 m 列中，第 $(k+1)$ 行感應器負載模型 $S(m, k+1)$ 之第一 Y 軸端點 $Y_1(k+1)$ 和第二 Y 軸端點 $Y_2(k+1)$ 電性連接於第 k 行感應器負載模型 $S(m, k)$ 之第三 Y 軸端點 $Y_3(k)$ 和第四 Y 軸端點 $Y_4(k)$ ，其中 $k=1, 2, \dots, (N-1)$ 。

電容式位置偵測裝置更包含 M 個 X 軸偵測單元 $\{D_X(m)\}$ 以及 N 個 Y 軸偵測單元 $\{D_Y(n)\}$ ，其中 $m=1, 2, \dots, M$ ， $n=1, 2, \dots, N$ 。每一個 X 軸偵測單元 $D_X(m)$ 具有一第一偵測輸入端以及一第二偵測輸入端分別電性連接於第 m 列第 N 行感應器負載模型 $S(m, N)$ 之第三 Y 軸端點 $Y_3(N)$ 和第四 Y 軸端點 $Y_4(N)$ ，每一個 Y 軸偵測單元 $D_Y(n)$ 具有一第一偵測輸入端以及一第二偵測輸入端分別電性連接於第 M 列第 n 行感應器負載模型 $S(M, n)$ 之第三 X 軸端點 $X_3(M)$

和第四 X 軸端點 $X_4(M)$ 。每一個 X 軸偵測單元 $D_X(m)$ 與每一個 Y 軸偵測單元 $D_Y(n)$ 彼此相同。

在一實施例中，每一個 X 軸偵測單元 $D_X(m)$ 包含一運算放大器以及一迴授電容器 C_T ，其中運算放大器具有一反相輸入端、一非反相輸入端以及一輸出端，反相輸入端電性耦接於第一偵測輸入端，非反相輸入端電性耦接於第二偵測輸入端，輸出端用以輸出一輸出信號，而迴授電容器 C_T 則是電性連接於第一偵測輸入端和運算放大器之輸出端之間。在一實施例中，運算放大器具有一第三輸入端，且此第三輸入端電性連接於一供應電壓。

此外，每一個 X 軸偵測單元 $D_X(m)$ 更包含兩電阻器 R_{P1} 和 R_{P2} ，其中電阻器 R_{P1} 電性連接於第一偵測輸入端和運算放大器之反相輸入端之間，電阻器 R_{P2} 電性連接於第二偵測輸入端和運算放大器之非反相輸入端之間。

在另一實施例中，每一個 X 軸偵測單元 $D_X(m)$ 包含一運算放大器、一第一迴授電容器 C_{T1} 以及一第二迴授電容器 C_{T2} 。運算放大器具有一反相輸入端、一非反相輸入端、一第三輸入端、一第一輸出端以及一第二輸出端，其中反相輸入端電性耦接於第一偵測輸入端，非反相輸入端電性耦接於第二偵測輸入端，第三輸入端電性連接於一供應電壓，第一輸出端用以輸出一第一輸出信號，第二輸出端用以輸出一第二輸出信號。第一迴授電容器 C_{T1} 電性連接於第一偵測輸入端和運算放大器之第一輸出端之間。第二迴授電容器 C_{T2} 電性連接於第二偵測輸入端和運算放大器之第二輸出端之間。第一迴授電容器 C_{T1} 和第二迴授電容器

C_{T2} 中每一者均具有一電容 C_T 。每一個 X 軸偵測單元 $D_X(m)$ 更包含兩電阻器 R_{P1} 和 R_{P2} ，其中電阻器 R_{P1} 電性連接於第一偵測輸入端和運算放大器之反相輸入端之間，電阻器 R_{P2} 電性連接於第二偵測輸入端和運算放大器之非反相輸入端之間。

在一實施例中，每一個 X 軸偵測單元 $D_X(m)$ 或每一個 Y 軸偵測單元 $D_Y(m)$ 更包含一附加運算放大器、一對第一電阻器 R_1 以及一對第二電阻器 R_2 。附加運算放大器具有一反相輸入端、一非反相輸入端、一第三輸入端以及一輸出端，其中第三輸入端電性連接於一供應電壓，輸出端用以輸出一輸出信號。第一電阻器中之一者 R_1 電性連接於運算放大器之第一輸出端和附加運算放大器之非反相輸入端之間，第一電阻器中之另一者 R_1 電性連接於運算放大器之第二輸出端和附加運算放大器之反相輸入端之間。第二電阻器 R_2 中之一者電性連接於附加運算放大器之非反相輸入端和一參考電壓源之間，第二電阻器 R_2 中之另一者電性連接於附加運算放大器之反相輸入端和輸出端之間。此外，每一個 X 軸偵測單元 $D_X(m)$ 或每一個 Y 軸偵測單元 $D_Y(m)$ 可更包含一對電容器 C_R ，其中電容器 C_R 中之一者電性連接於運算放大器之第一輸出端和一接地端之間，電容器 C_R 中之另一者電性連接於運算放大器之第二輸出端和接地端之間。

根據本發明之技術內容，應用前述電容式位置偵測裝置及其中感應電容偵測器可大大提升感應電容的靈敏度，使得偵測動作更為準確。

【實施方式】

需瞭解下列說明為提供不同的實施例，藉以實施本發明的不同特徵。下列描述元件及配置的特定實施例係用以簡化本發明說明，其當然僅為例示說明，而非用以限制。

第 1 圖係依照本發明實施例繪示一種感應電容偵測器的示意圖。感應電容偵測器 100 包含一電容式感應器陣列 110、一偵測單元 120 以及一輸入端 130，其中輸入端用以提供一供應電壓 V_{IN} 。

電容式感應器陣列 110 包含一第一感應輸出端 110a、一第二感應輸出端 110b、複數個電容器 $\{C(m)\}$ 、複數個感應電阻器 $\{R_s(m)\}$ 以及複數個參考電阻器 $\{R_{COM}(m)\}$ ，其中 $m=1, 2, \dots, M$ 。上述電容器 $\{C(m)\}$ 、感應電阻器 $\{R_s(m)\}$ 以及參考電阻器 $\{R_{COM}(m)\}$ 彼此電性耦接，以感應出與電容式感應器陣列 110 接觸之物件(如：手指)的位置。在此，為了方便說明起見，本發明實施例係以 $M=3$ 為例來作說明，然而並不以此電容器的數目為限來限定本發明。

如第 1 圖所示，每一個電容器 $C(1)$ 、 $C(2)$ 或 $C(3)$ 具有一第一電極(111a、112a 或 113a)和一第二電極(111b、112b 或 113b)，並於其間定義出一個電容 C_s ，且每一個電容器 $C(1)$ 、 $C(2)$ 或 $C(3)$ 係用以個別感應第一電極 111a、112a 或 113a 上物件 190 的接觸。

每一個感應電阻器 $R_s(1)$ 、 $R_s(2)$ 或 $R_s(3)$ 具有一第一端和一第二端。在如第 1 圖所示之配置結構中，第一感應電阻器 $R_s(1)$ 的第一端和第二端分別電性連接於第一電容器

C(1)和第二電容器 C(2)的第一電極 111a 和 112a，第二感應電阻器 $R_S(2)$ 的第一端和第二端分別電性連接於第二電容器 C(2)和第三電容器 C(3)的第一電極 112a 和 113a，而第三感應電阻器 $R_S(3)$ 的第一端和第二端則是分別電性連接於第三電容器 C(3)的第一電極 113a 以及第一感應輸出端 110a。在本實施例中，每一個感應電阻器 $R_S(1)$ 、 $R_S(2)$ 或 $R_S(3)$ 具有一電阻 R_S 。

此外，每一個參考電阻器 $R_{COM}(1)$ 、 $R_{COM}(2)$ 或 $R_{COM}(3)$ 具有一第一端和一第二端，其中第一參考電阻器 $R_{COM}(1)$ 的第一端和第二端分別電性連接於第一電容器 C(1)和第二電容器 C(2)的第二電極 111b 和 112b，第二參考電阻器 $R_{COM}(2)$ 的第一端和第二端分別電性連接於第二電容器 C(2)和第三電容器 C(3)的第二電極 112b 和 113b，而第三參考電阻器 $R_{COM}(3)$ 的第一端和第二端則是分別電性連接於第三電容器 C(3)的第二電極 113b 以及第二感應輸出端 110b。在本實施例中，每一個參考電阻器 $R_{COM}(1)$ 、 $R_{COM}(2)$ 或 $R_{COM}(3)$ 具有一電阻 R_{COM} ，且電阻 R_S 與電阻 R_{COM} 可相同或相異，而參考電阻器 $R_{COM}(1)$ 、 $R_{COM}(2)$ 和 $R_{COM}(3)$ 通常可為共同電壓(VCOM)電阻器。

偵測單元 120 具有一第一偵測輸入端 120a 以及一第二偵測輸入端 120b，其中第一偵測輸入端 120a 電性連接於電容式感應器陣列 110 之第一感應輸出端 110a，第二偵測輸入端 120b 和電容式感應器陣列 110 之第二感應輸出端 110b 共同電性連接於輸入端 130。

偵測單元 120 亦包含一運算放大器 125、一迴授電容

器 C_T 以及一開關 S_R 。運算放大器 125 係為一單端放大器，其具有一反相輸入端 125a、一非反相輸入端 125b 以及一輸出端 125c，其中非反相輸入端 125b 電性耦接於偵測單元 120 的第一偵測輸入端 120a 和第二偵測輸入端 120b，輸出端 125c 係用以輸出一輸出信號 V_{OUT} 。迴授電容器 C_T 電性連接於偵測單元 120 的第一偵測輸入端 120a 和運算放大器 125 的輸出端 125c 之間。開關 S_R 亦電性連接於偵測單元 120 的第一偵測輸入端 120a 和運算放大器 125 的輸出端 125c 之間。當開關 S_R 導通時，輸出信號 V_{OUT} 會相同於電容式感應器陣列 110 之第一感應輸出端 110a 的輸出。然而，當開關 S_R 關閉時，輸出信號 V_{OUT} 係為自電容式感應器陣列 110 之第一感應輸出端 110a 輸出，而經由運算放大器 125 所放大的信號。

偵測單元 120 亦可包含兩電阻器 R_{P1} 和 R_{P2} (未繪示)，其中電阻器 R_{P1} 電性連接於偵測單元 120 的第一偵測輸入端 120a 以及運算放大器 125 的反相輸入端 125a 之間，而電阻器 R_{P2} 則是電性連接於偵測單元 120 的第二感應輸出端 120b 以及運算放大器 125 的非反相輸入端 125b 之間。

對於此種配置結構而言，當手指 190 或類似物件觸碰電容式感應器陣列 110 的第一端 115 時，會感應其中電荷，接著電荷會經由電容式感應器陣列 110 的第一端 115，傳導至運算放大器 125 的反相輸入端 125a，而後經由偵測運算放大器 125 之輸出端 125c 處的輸出信號 V_{OUT} 變化，便可偵測上述接觸的動作。另外，於一給定時間 t 下之輸出信號 $V_{OUT}(t)$ 係以下列形式呈現：

$$V_{OUT}(t) = \left(1 + \frac{C_F}{C_T}\right) \cdot V_{IN}(t), t \geq 0 \quad (2)$$

其中 $V_{IN}(t)$ 係為於感應電容偵測器 100 的輸入端 130 所接收之供應電壓， C_F 係介於電容式感應器陣列 110 的第一端 115 和接觸物件 190 間的感應電容， C_T 係迴授電容器 C_T 之電容。由方程式(2)可清楚得知，輸出信號 V_{OUT} 是 (C_F/C_T) 和 V_{IN} 的函數，並與電容式感應器陣列 110 中每一個電容器 $C(1)$ 、 $C(2)$ 或 $C(3)$ 的電容 C_S 不相關，因此感應電容偵測器 100 的靈敏度可大大地提升。

第 2 圖和第 3 圖係繪示如第 1 圖所示之感應電容偵測器 100 對應手指觸碰感應之不同電容 C_F 以及不同供應電壓 V_{IN} 波形(分別為第 2 圖所示之正弦波以及第 3 圖所示之方波)所形成的輸出信號 V_{OUT} 的電荷轉電壓波形圖，其中波形結果係滿足方程式(2)。由圖可知，若是偵測到無任何接觸時(即 $C_F=0$)，則輸出信號 V_{OUT} 的波形係相同於供應電壓 V_{IN} 的波形；然而，若是物件 190 與感應電容偵測器 100 有接觸的話，則輸出信號 V_{OUT} 的波形係為供應電壓 V_{IN} 波形的 $(1+C_F/C_T)$ 倍。因此，感應電容 C_F 愈大的話，則輸出信號 V_{OUT} 波形其最大值和最小值間的差異就愈大。此外，不同波形/種類的供應電壓 V_{IN} 亦可用於實施本發明。

下列表一係表列如第 1 圖所示之感應電容偵測器 100 對於不同電容所輸出的輸出信號 V_{OUT} 的量測結果。輸出信號 V_{OUT} 係以電容 C_S 、 C_F 和 C_T 的不同電容值來進行量測，而在固定 C_F 和 C_T 的情況下，輸出信號 V_{OUT} 的量測值係近

似於理想值而與 C_S 的電容值不相關。

表一：感應電容偵測器對於 C_S 、 C_F 和 C_T 的不同電容值所輸出的輸出信號 V_{OUT} 的量測結果

V_{OUT}		$C_T=33\text{ pF}$				$C_T=22\text{ pF}$				$C_T=10\text{ pF}$			
C_F	C_S	理想值	0.0 pF	22 pF	100 pF	理想值	0.0 pF	22 pF	100 pF	理想值	0.0 pF	22 pF	100 pF
	0.0 pF	1.0V	1.086	0.969	1.050	1.0V	1.121	1.164	1.053	1.0V	1.315	1.377	1.432
	3.3 pF	1.1V	1.180	1.079	1.176	1.15V	1.268	1.281	1.225	1.33V	1.641	1.603	1.679
	10 pF	1.30V	1.370	1.235	1.402	1.45V	1.548	1.563	1.541	2V	2.276	2.303	2.265
	22 pF	1.67V	1.750	1.593	1.768	2V	2.102	2.082	2.108	3.2V	3.582	3.500	3.576
	33 pF	2V	2.036	1.906	2.122	2.5V	2.569	2.504	2.472	4.3V	4.688	4.520	4.565

第 4 圖係依照本發明另一實施例繪示一種感應電容偵測器 400 的示意圖。感應電容偵測器 400 包含電容式感應器陣列 410、偵測單元 420 以及輸入端 430，其中輸入端用以提供供應電壓 V_{IN} 。

電容式感應器陣列 410 具有與第 1 圖所示之電容式感應器陣列 110 相同的配置結構，並包含一第一感應輸出端 410a、一第二感應輸出端 410b、複數個電容器 $\{C(m)\}$ 、複數個感應電阻器 $\{R_S(m)\}$ 以及複數個參考電阻器 $\{R_{COM}(m)\}$ ，其中 $m=1, 2, \dots, M$ 。上述電容器 $\{C(m)\}$ 、感應電阻器 $\{R_S(m)\}$ 以及參考電阻器 $\{R_{COM}(m)\}$ 彼此電性耦接，以感應出與電容式感應器陣列 410 接觸之物件(如：手指) 490 的位置。在此，為了方便說明起見，本實施例同樣以 $M=3$ 為例來作說明，然而並不以此電容器的數目為限來限定本發明。

偵測單元 420 包含雙端運算放大器 425、兩個迴授電容器 C_T 以及兩個開關 S_R 。

雙端運算放大器 425 具有反相輸入端 425a、非反相輸入端 425b、第一輸出端 425c 以及第二輸出端 425d，其中反相輸入端 425a 電性耦接於電容式感應器陣列 410 的第一感應輸出端 410a，非反相輸入端 425b 電性耦接於電容式感應器陣列 410 的第二感應輸出端 410b，第一輸出端 425c 用以輸出第一輸出信號 V_{OUTP} ，第二輸出端 425d 用以輸出第二輸出信號 V_{OUTN} ，且雙端運算放大器 425 係為完全差動運算放大器。另外，其中一個迴授電容 C_T 電性連接於運算放大器 425 的反相輸入端 425a 和第一輸出端 425c 之間，而另一個迴授電容 C_T 則電性連接於運算放大器 425 的非反相輸入端 425b 和第二輸出端 425d 之間。此外，其中一個開關 S_R 電性連接於運算放大器 425 的反相輸入端 425a 和第一輸出端 425c 之間，而另一個開關 S_R 則電性連接於運算放大器 425 的非反相輸入端 425b 和第二輸出端 425d 之間。

對於此種配置結構而言，當手指 490 或類似物件觸碰電容式感應器陣列 410 的第一端 415 時，會感應其中電荷，接著電荷會經由電容式感應器陣列 410 的第一端 415，傳導至運算放大器 425 的反相輸入端 425a，而後經由偵測運算放大器 425 之第一輸出端 425c 處的第一輸出信號 V_{OUTP} 以及第二輸出端 425d 處的第二輸出信號 V_{OUTN} 的變化，便可偵測上述接觸的動作。另外，於一給定時間 t 下之輸出信號 $V_{OUT}(t)$ 係以下列形式呈現：

$$V_{OUTP}(t) = \left(1 + \frac{C_F}{C_T}\right) \cdot V_{IN}(t), t \geq 0 \quad (3)$$

$$V_{OUTN}(t) = -\left(1 + \frac{C_F}{C_T}\right) \cdot V_{IN}(t), t \geq 0 \quad (4)$$

其中 $V_{IN}(t)$ 係由輸入端 430 所接收之供應電壓， C_F 係介於電容式感應器陣列 410 和物件 490 間之感應電容， C_T 係兩迴授電容器之電容。由方程式(3)和(4)可清楚得知，第一輸出信號 V_{OUTP} 和第二輸出信號 V_{OUTN} 彼此相異，且為 (C_F/C_T) 和供應電壓 $V_{IN}(t)$ 的函數，並與電容式感應器陣列 410 中電容器 $C(1)$ 、 $C(2)$ 或 $C(3)$ 的電容 C_S 不相關，因此感應電容偵測器 400 的靈敏度可大大地提升。

第 5 圖和第 6 圖係繪示如第 4 圖所示之感應電容偵測器 400 對應手指觸碰感應之不同電容 C_F 以及不同供應電壓 V_{IN} 波形(分別為第 5 圖所示之正弦波以及第 6 圖所示之方波)所形成的第一輸出信號 V_{OUTP} 和第二輸出信號 V_{OUTN} 的電荷轉電壓波形圖。由圖可知，若是偵測到無任何接觸時(即 $C_F=0$)，則第一輸出信號 V_{OUTP} 和第二輸出信號 V_{OUTN} 中每一者的波形係相同於供應電壓 V_{IN} 的波形；然而，若是物件 490 與感應電容偵測器 400 有接觸的話，則第一輸出信號 V_{OUTP} 的波形係為供應電壓 V_{IN} 波形的 $(1+C_F/C_T)$ 倍，而第二輸出信號 V_{OUTN} 的波形則為供應電壓 V_{IN} 波形的 $-(1+C_F/C_T)$ 倍。同樣地，感應電容 C_F 愈大的話，則第一輸出信號 V_{OUTP} 和第二輸出信號 V_{OUTN} 波形其最大值和最

小值間的差異就愈大。

第 7 圖係依照本發明又一實施例繪示一種感應電容偵測器 700 的示意圖。感應電容偵測器 700 包含包含電容式感應器陣列 710、偵測單元 720 以及輸入端 730，其中輸入端用以提供供應電壓 V_{IN} 。

電容式感應器陣列 710 具有與第 4 圖所示之電容式感應器陣列 410 相同的配置結構，並包含第一感應輸出端 710a、第二感應輸出端 710b、三個電容器 $C(1)$ 、 $C(2)$ 和 $C(3)$ 、三個感應電阻器 $R_S(1)$ 、 $R_S(2)$ 或 $R_S(3)$ 以及三個參考電阻器 $R_{COM}(1)$ 、 $R_{COM}(2)$ 或 $R_{COM}(3)$ ，其彼此電性耦接，以感應出與電容式感應器陣列 710 接觸之物件(如：手指) 790 的位置。

偵測單元 720 包含雙端運算放大器 725、單端運算放大器 726、兩個迴授電容器 C_T 、兩個開關 S_R 、一對第一電阻器 R_1 以及一對第二電阻器 R_2 。

雙端運算放大器 725 具有反相輸入端 725a、非反相輸入端 725b、第一輸出端 725c 以及第二輸出端 725d，其中反相輸入端 725a 電性耦接於電容式感應器陣列 710 的第一感應輸出端 710a，非反相輸入端 725b 電性耦接於電容式感應器陣列 710 的第二感應輸出端 710b，第一輸出端 725c 用以輸出第一輸出信號 V_{OUTP} ，第二輸出端 725d 用以輸出第二輸出信號 V_{OUTN} ，且雙端運算放大器 725 係為完全差動運算放大器。另外，其中一個迴授電容 C_T 電性連接於運算放大器 725 的反相輸入端 725a 和第一輸出端 725c 之間，而另一個迴授電容 C_T 則電性連接於運算放大器 725 的非反

相輸入端 725b 和第二輸出端 725d 之間。此外，其中一個開關 S_R 電性連接於運算放大器 725 的反相輸入端 725a 和第一輸出端 725c 之間，而另一個開關 S_R 則電性連接於運算放大器 725 的非反相輸入端 725b 和第二輸出端 725d 之間。

單端運算放大器 726 具有反相輸入端 726a、非反相輸入端 726b 以及輸出端 726c，其中輸出端 726c 係用以輸出一輸出信號 V_{OUTT} 。此外，上述兩第一電阻器 R_1 其中一者係電性連接於雙端運算放大器 725 的第一輸出端 725c 以及單端運算放大器 726 的非反相輸入端 726b 之間，而上述兩第一電阻器 R_1 其中另一者則是電性連接於雙端運算放大器 725 的第二輸出端 725d 以及單端運算放大器 726 的反相輸入端 726a 之間。再者，上述兩第二電阻器 R_2 其中一者係電性連接於單端運算放大器 726 的非反相輸入端 726b 以及一參考電壓源 729 之間，而上述兩第二電阻器 R_2 其中另一者則是電性連接於單端運算放大器 726 的反相輸入端 726a 和輸出端 726c 之間。

對於此種配置結構而言，當手指 790 或類似物件觸碰電容式感應器陣列 710 時，信號 V_{OUTT} 會由單端運算放大器 726 的輸出端 726c 相對應地輸出。另外，於一給定時間 t 下之輸出信號 $V_{OUTT}(t)$ 係以下列形式呈現：

$$V_{OUTT}(t) = 2 \cdot \left(1 + \frac{C_F}{C_T} \right) \cdot \frac{R_2}{R_1} \cdot V_{IN}(t), t \geq 0 \quad (6)$$

其中 $V_{IN}(t)$ 係由輸入端所接收之供應電壓， C_F 係介於電容

式感應器陣列 710 和物件 790 間之感應電容， C_T 係為兩迴授電容器之電容， R_1 和 R_2 則分別是第一電阻器和第二電阻器的電阻。同樣地，輸出信號 V_{OUTT} 與電容器 $C(1)$ 、 $C(2)$ 和 $C(3)$ 的電容 C_S 不相關。

第 8 圖和第 9 圖係繪示如第 7 圖所示之感應電容偵測器 700 對應手指觸碰感應之不同電容 C_F 以及不同供應電壓 V_{IN} 波形(分別為第 8 圖所示之正弦波以及第 9 圖所示之方波)所形成的輸出信號 V_{OUTT} 的電荷轉電壓波形圖，其中波形結果係滿足方程式(2)。由圖可知，若是偵測到無任何接觸時(即 $C_F=0$)，則輸出信號 V_{OUTT} 的波形係相同於供應電壓 V_{IN} 的波形；然而，若是物件 790 與感應電容偵測器 700 有接觸的話，則輸出信號 V_{OUTT} 的波形係為供應電壓 V_{IN} 波形的 $2 \times (1 + C_F/C_T) \times (R_2/R_1)$ 倍。因此，感應電容偵測器 700 的靈敏度可藉由增加 (C_F/C_T) 及/或 (R_2/R_1) 的比例來增強。

第 10 圖係依照本發明實施例繪示一種電容式位置偵測器中感應器矩陣的示意圖。感應器矩陣 1000 包含三列的 X 軸電容感應器 $X1-X3$ 以及六行的 Y 軸電容感應器 $Y1-Y6$ ，其中每一列 X 軸電容感應器均包含鑽石形狀的電極用以感應 X 軸的位置資訊，每一行 Y 軸電容感應器均包含鑽石形狀的電極用以感應 Y 軸的位置資訊，且 X 軸電容感應器和 Y 軸電容感應器係交替地以 45° 的方向排列。每一列 X 軸電容感應器的電極間係以串聯方式彼此電性連接，而每一行 Y 軸電容感應器的電極間亦以串聯方式彼此電性連接。

第 11A 圖和第 11B 圖係依照本發明實施例繪示一種電

容式位置偵測器的雙層結構的示意圖。如第 11A 圖所示，電容式位置偵測器包含共同電極層 VCOM、形成於共同電極層 VCOM 上之平坦層、形成於平坦層上之彩色濾光層、形成於彩色濾光層上之玻璃層、形成於玻璃層上之感應層(感應器圖案或矩陣)以及形成於感應層上之覆蓋層。對此結構而言，電容器 C_s 係定義於彩色濾光層上之玻璃層中。另一方面，如第 11B 圖所示，電容式位置偵測器包含共同電極層 VCOM、形成於共同電極層 VCOM 上之第一平坦層、形成於第一平坦層上之彩色濾光層、形成於彩色濾光層上之第二平坦層、形成於第二平坦層上之感應層(感應器圖案或矩陣)以及形成於感應層上之玻璃層。對此結構而言，電容器 C_s 係定義於彩色濾光層下之第一平坦層中，而感應層可圖案化成如第 10 圖所示之矩陣圖案。

第 12 圖係依照本發明實施例繪示一種可用於電容式位置偵測裝置中感應器矩陣構造的感應器負載模型 $S(m, n)$ 。如下所述， m 和 n 是變動的整數，其代表電容式位置偵測裝置的感應器矩陣中感應器負載模型 $S(m, n)$ 的位置。感應器負載模型 $S(m, n)$ 包含第一 X 軸端點 $X_1(m)$ 、第二 X 軸端點 $X_2(m)$ 、第三 X 軸端點 $X_3(m)$ 、第四 X 軸端點 $X_4(m)$ 、第一 Y 軸端點 $Y_1(n)$ 、第二 Y 軸端點 $Y_2(n)$ 、第三 Y 軸端點 $Y_3(n)$ 、第四 Y 軸端點 $Y_4(n)$ 、X 軸感應電阻器 R_X 、X 軸共同電壓(VCOM)電阻器 R_{XCOM} 、Y 軸感應電阻器 R_Y 、Y 軸共同電壓(VCOM)電阻器 R_{YCOM} 、X 軸電容器 C_X 、Y 軸電容器 C_Y 以及 XY 軸交錯電容器 C_{XY} 。X 軸感應電阻器 R_X 電性連接於第一 X 軸端點 $X_1(m)$ 和第三 X 軸端點 $X_3(m)$ 之

間，X 軸共同電壓電阻器 R_{XCOM} 電性連接於第二 X 軸端點 $X_2(m)$ 和第四 X 軸端點 $X_4(m)$ 之間，Y 軸感應電阻器 R_Y 電性連接於第一 Y 軸端點 $Y_1(n)$ 和第三 Y 軸端點 $Y_3(n)$ 之間，Y 軸共同電壓電阻器 R_{YCOM} 電性連接於第二 Y 軸端點 $Y_2(n)$ 和第四 Y 軸端點 $Y_4(n)$ 之間，X 軸電容器 C_X 電性連接於第一 X 軸端點 $X_1(m)$ 和第二 X 軸端點 $X_2(m)$ 之間，Y 軸電容器 C_Y 電性連接於第三 Y 軸端點 $Y_3(n)$ 和第四 Y 軸端點 $Y_4(n)$ 之間，XY 軸交錯電容器 C_{XY} 則是電性連接於第一 Y 軸端點 $Y_1(n)$ 和第二 X 軸端點 $X_2(m)$ 之間。

第 13-15 圖係分別依照本發明不同實施例繪示採用複數個如第 12 圖所示之感應器負載模型 $\{S(m, n)\}$ 的電容式位置偵測器 1300、1400 和 1500 的示意圖。以感應器負載模型 $\{S(m, n)\}$ 而言， $m=1, 2, \dots, M$ ， $n=1, 2, \dots, N$ ， M 和 N 中每一者均為一正整數，且感應器負載模型於空間上係以具有 M 列和 N 行之矩陣形式(1310、1410 或 1510)進行配置。上述感應器負載模型 $\{S(m, n)\}$ 彼此電性耦接，以感應出與電容式感應器矩陣 1310、1410 或 1510 接觸之物件的位置。具體而言，在第 n 行中，第 $(j+1)$ 列感應器負載模型 $S(j+1, n)$ 之第一 X 軸端點 $X_1(j+1)$ 和第二 X 軸端點 $X_2(j+1)$ ，係電性連接於第 (j) 列感應器負載模型 $S(j, n)$ 之第三 X 軸端點 $X_3(j)$ 和第四 X 軸端點 $X_4(j)$ ，其中 $j=1, 2, \dots, (M-1)$ 。另外，在第 m 列中，第 $(k+1)$ 行感應器負載模型 $S(m, k+1)$ 之第一 Y 軸端點 $Y_1(k+1)$ 和第二 Y 軸端點 $Y_2(k+1)$ 電性連接於第 k 行感應器負載模型 $S(m, k)$ 之第三 Y 軸端點 $Y_3(k)$ 和第四 Y 軸端點 $Y_4(k)$ ，其中 $k=1, 2, \dots, (N-1)$ 。

電容式位置偵測器 1300、1400 和 1500 中每一者更包含 M 個 X 軸偵測單元 $\{D_X(m)\}$ 以及 N 個 Y 軸偵測單元 $\{D_Y(n)\}$ ，其中 $m=1, 2, \dots, M$ ， $n=1, 2, \dots, N$ 。每一個 X 軸偵測單元 $D_X(m)$ 具有第一偵測輸入端以及第二偵測輸入端，其分別電性連接於第 m 列第 N 行感應器負載模型 $S(m, N)$ 之第三 Y 軸端點 $Y_3(N)$ 和第四 Y 軸端點 $Y_4(N)$ 。每一個 Y 軸偵測單元 $D_Y(n)$ 具有第一偵測輸入端以及第二偵測輸入端，其分別電性連接於第 M 列第 n 行感應器負載模型 $S(M, n)$ 之第三 X 軸端點 $X_3(M)$ 和第四 X 軸端點 $X_4(M)$ 。

在此，為了方便說明起見，同樣以 $M=3$ 為例來說明第 13 圖所示之實施例，然而並不以此電容器的數目為限來限定本發明。

在一實施例中， X 軸偵測單元 $D_X(1)$ 、 $D_X(2)$ 和 $D_X(3)$ 的每一者以及 Y 軸偵測單元 $D_Y(1)$ 、 $D_Y(2)$ 和 $D_Y(3)$ 的每一者彼此均相同。下述實施例將僅針對 X 軸偵測單元 $D_X(1)$ 、 $D_X(2)$ 或 $D_X(3)$ 來作說明。

在如第 13 圖所示之實施例中， X 軸偵測單元 $D_X(1)$ 、 $D_X(2)$ 或 $D_X(3)$ 包含運算放大器，且此運算放大器具有一反相輸入端、一非反相輸入端以及一輸出端，其中輸出端用以輸出一輸出信號。運算放大器具有一第三輸入端，且此第三輸入端電性連接於供應電壓 V_{IN} 。 X 軸偵測單元 $D_X(1)$ 、 $D_X(2)$ 或 $D_X(3)$ 亦包含一迴授電容器 C_T 以及兩電阻器 R_{P1} 和 R_{P2} ，其中迴授電容器 C_T 電性連接於第一偵測輸入端和運算放大器的輸出端之間，電阻器 R_{P1} 電性連接於第一偵測輸入端和運算放大器的反相輸入端之間，電阻器

R_{P2} 電性連接於第二偵測輸入端和運算放大器的非反相輸入端之間。

在如第 14 圖所示之另一實施例中，X 軸偵測單元 $D_X(1)$ 、 $D_X(2)$ 或 $D_X(3)$ 包含完全差動運算放大器、兩迴授電容器 C_T 以及兩電阻器 R_{P1} 和 R_{P2} 。完全差動運算放大器具有一反相輸入端、一非反相輸入端、一第三輸入端、一第一輸出端以及一第二輸出端，其中第三輸入端電性連接於一供應電壓，第一輸出端用以輸出一第一輸出信號，第二輸出端用以輸出一第二輸出信號。第一個迴授電容器 C_T 電性連接於完全差動運算放大器的反相輸入端和第一輸出端之間，而第二個迴授電容器 C_T 電性連接於完全差動運算放大器的非反相輸入端和第二輸出端之間。電阻器 R_{P1} 電性連接於第一偵測輸入端和完全差動運算放大器的反相輸入端之間，而電阻器 R_{P2} 電性連接於第二偵測輸入端和完全差動運算放大器的非反相輸入端之間。

在如第 15 圖所示之又一實施例中，X 軸偵測單元 $D_X(1)$ 、 $D_X(2)$ 或 $D_X(3)$ 中係採用完全差動運算放大器和單端運算放大器，且其結構係與第 7 圖所示之偵測單元相似。

對電容式位置偵測器 1300、1400 或 1500 而言，當手指或類似物件在欲偵測位置處觸碰電容式感應器矩陣 1310、1410 或 1510 時，會感應其中電荷，接著電荷會同時藉由相對應的 X 軸偵測單元 $D_X(1)$ 、 $D_X(2)$ 或 $D_X(3)$ 以及相對應的 Y 軸偵測單元 $D_Y(1)$ 、 $D_Y(2)$ 或 $D_Y(3)$ 來進行偵測，因而決定電容式感應器矩陣 1310、1410 或 1510 中的觸碰位置。如上所述，輸出信號與感應器負載模型 $S(m, n)$ 中的

R_X 、 R_Y 、 R_{XCOM} 、 R_{YCOM} 、 C_X 、 C_Y 和 C_{XY} 不相關，因此電容式位置偵測裝置的靈敏度可大大地提升。

雖然本發明已以實施方式揭露如上，然其並非用以限定本發明，任何本領域具通常知識者，在不脫離本發明之精神和範圍內，當可作各種之更動與潤飾，因此本發明之保護範圍當視後附之申請專利範圍所界定者為準。

【圖式簡單說明】

第 1 圖係依照本發明實施例繪示一種感應電容偵測器的示意圖。

第 2 圖係繪示如第 1 圖所示之感應電容偵測器對應不同電容 C_F 以及供應電壓 V_{IN} 正弦波形所形成的輸出信號 V_{OUT} 的電荷轉電壓波形圖。

第 3 圖係繪示如第 1 圖所示之感應電容偵測器對應不同電容 C_F 以及供應電壓 V_{IN} 方波形所形成的輸出信號 V_{OUT} 的電荷轉電壓波形圖。

第 4 圖係依照本發明另一實施例繪示一種感應電容偵測器的示意圖。

第 5 圖係繪示如第 4 圖所示之感應電容偵測器對應不同電容 C_F 以及供應電壓 V_{IN} 正弦波形所形成的第一輸出信號 V_{OUTP} 和第二輸出信號 V_{OUTN} 的電荷轉電壓波形圖。

第 6 圖係繪示如第 4 圖所示之感應電容偵測器對應不同電容 C_F 以及供應電壓 V_{IN} 方波形所形成的第一輸出信號 V_{OUTP} 和第二輸出信號 V_{OUTN} 的電荷轉電壓波形圖。

第 7 圖係依照本發明又一實施例繪示一種感應電容偵

測器的示意圖。

第 8 圖係繪示如第 7 圖所示之感應電容偵測器對應不同電容 C_F 以及供應電壓 V_{IN} 正弦波形所形成的輸出信號 V_{OUTT} 的電荷轉電壓波形圖。

第 9 圖係繪示如第 7 圖所示之感應電容偵測器對應不同電容 C_F 以及供應電壓 V_{IN} 方波形所形成的輸出信號 V_{OUTT} 的電荷轉電壓波形圖。

第 10 圖係依照本發明實施例繪示一種電容式位置偵測器中感應器矩陣的示意圖。

第 11A 圖和第 11B 圖係依照本發明實施例繪示一種電容式位置偵測器的雙層結構的示意圖。

第 12 圖係依照本發明實施例繪示一種感應器負載模型的示意圖。

第 13 圖係依照本發明一實施例繪示採用複數個感應器負載模型的電容式位置偵測器的示意圖。

第 14 圖係依照本發明另一實施例繪示採用複數個感應器負載模型的電容式位置偵測器的示意圖。

第 15 圖係依照本發明又一實施例繪示採用複數個感應器負載模型的電容式位置偵測器的示意圖。

第 16 圖係繪示一般電容式位置偵測器於觸碰前和觸碰後的示意圖。

第 17 圖係繪示如第 16 圖所示之一般電容式位置偵測器的輸出信號。

【主要元件符號說明】

100、400、700：感應電容偵測器

110、410、710：電容式感應器陣列

110a、410a、710a：第一感應輸出端

110b、410b、710b：第二感應輸出端

111a、112a、113a：第一電極

111b、112b、113b：第二電極

115：第一端

120、420、720：偵測單元

120a：第一偵測輸入端

120b：第二偵測輸入端

125、425、725、726：運算放大器

125a、425a、725a、726a：反相輸入端

125b、425b、725b、726b：非反相輸入端

125c、425c、425d、725c、725d、726c：輸出端

130、430、730：輸入端

190、490、790：物件

729：參考電壓源

1300、1400、1500：電容式位置偵測器

1310、1410、1510：電容式感應器矩陣

七、申請專利範圍：

1. 一種感應電容偵測器，包含：

一輸入端，用以提供一供應電壓 V_{IN} ；

一電容式感應器陣列，包含：

一第一感應輸出端；

一第二感應輸出端；

複數個電容器 $\{C(m)\}$ ，其中 $m=1、2、\dots、M$ ，
且 M 為一正整數，每一該些電容器 $C(m)$ 具有一第一電極和一第二電極；

複數個感應電阻器 $\{R_S(m)\}$ ，每一該些感應電阻器 $R_S(m)$ 具有一第一端和一第二端，其中第 j 個感應電阻器 $R_S(j)$ 之該第一端和該第二端係分別電性連接於第 j 個電容器 $C(j)$ 和第 $(j+1)$ 個電容器 $C(j+1)$ 之該些第一電極，其中 $j=1、2、\dots、(M-1)$ ，且第 M 個感應電阻器 $R_S(M)$ 之該第一端和該第二端係分別電性連接於第 M 個電容器 $C(M)$ 之該第一電極和該第一感應輸出端；以及

複數個參考電阻器 $\{R_{COM}(m)\}$ ，每一該些參考電阻器 $R_{COM}(m)$ 具有一第一端和一第二端，其中第 j 個參考電阻器 $R_{COM}(j)$ 之該第一端和該第二端係分別電性連接於該第 j 個電容器 $C(j)$ 和該第 $(j+1)$ 個電容器 $C(j+1)$ 之該些第二電極，且第 M 個參考電阻器 $R_{COM}(M)$ 之該第一端和該第二端係分別電性連接於該第 M 個電容器 $C(M)$ 之該第二電極和該第二感應輸出端；

一運算放大器，具有一反相輸入端、一非反相輸入端

以及一輸出端，該反相輸入端電性耦接於該電容式感應器陣列之該第一感應輸出端，其中該非反相輸入端和該電容式感應器陣列之該第二感應輸出端係共同電性連接於該輸入端，且該輸出端係用以輸出一輸出信號 V_{OUT} ；以及

一迴授電容器，電性連接於該運算放大器之該輸出端和該反相輸入端之間，其中於一給定時間 t 下之該輸出信號 $V_{OUT}(t)$ 滿足下列方程式：

$$V_{OUT}(t) = \left(1 + \frac{C_F}{C_T}\right) \cdot V_{IN}(t), t \geq 0$$

其中 $V_{IN}(t)$ 係為由該輸入端所接收之該供應電壓， C_F 係為介於該電容式感應器陣列和一物件間之一感應電容， C_T 係為該迴授電容器之電容。

2. 如請求項 1 所述之感應電容偵測器，其中每一該些電容器 $\{C(m)\}$ 具有一電容 C_S 。

3. 如請求項 1 所述之感應電容偵測器，其中每一該些感應電阻器 $\{R_S(m)\}$ 具有一電阻 R_S ，每一該些參考電阻器 $\{R_{COM}(m)\}$ 具有一電阻 R_{COM} ，且該電阻 R_S 與該電阻 R_{COM} 相同或相異。

4. 如請求項 1 所述之感應電容偵測器，更包含：

一開關 S_R ，電性連接於該運算放大器之該輸出端和該反相輸入端之間。

5. 如請求項 1 所述之感應電容偵測器，更包含：

兩電阻器 R_{P1} 和 R_{P2} ，其中該電阻器 R_{P1} 電性連接於該第一感應輸出端和該運算放大器之該反相輸入端之間，該電阻器 R_{P2} 電性連接於該第二感應輸出端和該運算放大器之該非反相輸入端之間。

6. 一種感應電容偵測器，包含：

一輸入端，用以提供一供應電壓 V_{IN} ；

一電容式感應器陣列，包含：

一第一感應輸出端；

一第二感應輸出端；

複數個電容器 $\{C(m)\}$ ，其中 $m=1、2、\dots、M$ ，且 M 為一正整數，每一該些電容器 $C(m)$ 具有一第一電極和一第二電極；

複數個感應電阻器 $\{R_S(m)\}$ ，每一該些感應電阻器 $R_S(m)$ 具有一第一端和一第二端，其中第 j 個感應電阻器 $R_S(j)$ 之該第一端和該第二端係分別電性連接於第 j 個電容器 $C(j)$ 和第 $(j+1)$ 個電容器 $C(j+1)$ 之該些第一電極，其中 $j=1、2、\dots、(M-1)$ ，且第 M 個感應電阻器 $R_S(M)$ 之該第一端和該第二端係分別電性連接於第 M 個電容器 $C(M)$ 之該第一電極和該第一感應輸出端；以及

複數個參考電阻器 $\{R_{COM}(m)\}$ ，每一該些參考電阻器 $R_{COM}(m)$ 具有一第一端和一第二端，其中第 j 個參

考電阻器 $R_{COM}(j)$ 之該第一端和該第二端係分別電性連接於該第 j 個電容器 $C(j)$ 和該第 $(j+1)$ 個電容器 $C(j+1)$ 之該些第二電極，且第 M 個參考電阻器 $R_{COM}(M)$ 之該第一端和該第二端係分別電性連接於該第 M 個電容器 $C(M)$ 之該第二電極和該第二感應輸出端；以及

一偵測單元，具有一第一偵測輸入端以及一第二偵測輸入端，其中該第一偵測輸入端電性連接於該電容式感應器陣列之該第一感應輸出端，該第二偵測輸入端和該電容式感應器陣列之該第二感應輸出端共同電性連接於該輸入端，該偵測單元包含：

一運算放大器，具有一反相輸入端、一非反相輸入端、一第一輸出端以及一第二輸出端，該反相輸入端電性耦接於該第一偵測輸入端，該非反相輸入端電性耦接於該第二偵測輸入端，該第一輸出端用以輸出一第一輸出信號 V_{OUTP} ，該第二輸出端用以輸出一第二輸出信號 V_{OUTN} ；

一第一迴授電容器 $CT1$ ，電性連接於該第一偵測輸入端和該運算放大器之該第一輸出端之間；

一第二迴授電容器 $CT2$ ，電性連接於該第二偵測輸入端和該運算放大器之該第二輸出端之間；

一第一開關 $SR1$ ，電性連接於該第一偵測輸入端和該運算放大器之該第一輸出端之間；以及

一第二開關 $SR2$ ，電性連接於該第二偵測輸入端和該運算放大器之該第二輸出端之間。

7. 如請求項 6 所述之感應電容偵測器，其中該第一迴授電容器 C_{T1} 和該第二迴授電容器 C_{T2} 中之每一者均具有一電容 C_T 。

8. 如請求項 7 所述之感應電容偵測器，其中該第一輸出信號 V_{OUTP} 與該第二輸出信號 V_{OUTN} 相反。

9. 如請求項 8 所述之感應電容偵測器，其中於一給定時間 t 下之該第一輸出信號 $V_{OUTP}(t)$ 和該第二輸出信號 $V_{OUTN}(t)$ 分別滿足下列方程式：

$$V_{OUTP}(t) = \left(1 + \frac{C_F}{C_T}\right) \cdot V_{IN}(t), t \geq 0$$

$$V_{OUTN}(t) = -\left(1 + \frac{C_F}{C_T}\right) \cdot V_{IN}(t), t \geq 0$$

其中 $V_{IN}(t)$ 係為由該輸入端所接收之該供應電壓， C_F 係為介於該電容式感應器陣列和一物件間之一感應電容， C_T 係為該第一迴授電容器和該第二迴授電容器之電容。

10. 如請求項 6 所述之感應電容偵測器，其中該偵測單元更包含：

一附加運算放大器，具有一反相輸入端、一非反相輸入端以及一輸出端，該輸出端用以輸出一輸出信號 V_{OUTT} ；

一對第一電阻器 R_1 ，該對第一電阻器中之一者 R_1 電性

連接於該運算放大器之該第一輸出端和該附加運算放大器之該非反相輸入端之間，該對第一電阻器中之另一者 R_1 電性連接於該運算放大器之該第二輸出端和該附加運算放大器之該反相輸入端之間；以及

一對第二電阻器 R_2 ，該對第二電阻器中之一者 R_2 電性連接於該附加運算放大器之該非反相輸入端和一參考電壓源之間，該對第二電阻器中之另一者 R_2 電性連接於該附加運算放大器之該反相輸入端和該輸出端之間。

11. 如請求項 10 所述之感應電容偵測器，其中於一給定時間 t 下之該輸出信號 $V_{OUTT}(t)$ 滿足下列方程式：

$$V_{OUTT}(t) = 2 \cdot \left(1 + \frac{C_F}{C_T} \right) \cdot \frac{R_2}{R_1} \cdot V_{IN}(t), t \geq 0$$

其中 $V_{IN}(t)$ 係為由該輸入端所接收之該供應電壓， C_F 係為介於該電容式感應器陣列和一物件間之一感應電容， C_T 係為該第一迴授電容器和該第二迴授電容器之電容。

12. 一種電容式位置偵測裝置，包含複數個如請求項 6 所述之感應電容偵測器。

13. 一種電容式位置偵測裝置，包含：

複數個感應器負載模型 $\{S(m, n)\}$ ，其中 $m = 1, 2, \dots, M$ ， $n = 1, 2, \dots, N$ ， M 和 N 中每一者均為一正整數，該些感應器負載模型於空間上係以具有 M 列和 N 行之矩陣形

式配置，每一該些感應器負載模型 $S(m, n)$ 包含：

一第一 X 軸端點 $X_1(m)$ 、一第二 X 軸端點 $X_2(m)$ 、
一第三 X 軸端點 $X_3(m)$ 以及一第四 X 軸端點 $X_4(m)$ ；

一第一 Y 軸端點 $Y_1(n)$ 、一第二 Y 軸端點 $Y_2(n)$ 、
一第三 Y 軸端點 $Y_3(n)$ 以及一第四 Y 軸端點 $Y_4(n)$ ；

一 X 軸感應電阻器 R_X ，電性連接於該第一 X 軸端點 $X_1(m)$ 和該第三 X 軸端點 $X_3(m)$ 之間；

一 X 軸共同電壓電阻器 R_{XCOM} ，電性連接於該第二 X 軸端點 $X_2(m)$ 和該第四 X 軸端點 $X_4(m)$ 之間；

一 Y 軸感應電阻器 R_Y ，電性連接於該第一 Y 軸端點 $Y_1(n)$ 和該第三 Y 軸端點 $Y_3(n)$ 之間；

一 Y 軸共同電壓電阻器 R_{YCOM} ，電性連接於該第二 Y 軸端點 $Y_2(n)$ 和該第四 Y 軸端點 $Y_4(n)$ 之間；

一 X 軸電容器 C_X ，電性連接於該第一 X 軸端點 $X_1(m)$ 和該第二 X 軸端點 $X_2(m)$ 之間；

一 Y 軸電容器 C_Y ，電性連接於該第三 Y 軸端點 $Y_3(n)$ 和該第四 Y 軸端點 $Y_4(n)$ 之間；以及

一 XY 軸交錯電容器 C_{XY} ，電性連接於該第一 Y 軸端點 $Y_1(n)$ 和該第二 X 軸端點 $X_2(m)$ 之間；

其中在第 n 行中，第 $(j+1)$ 列感應器負載模型 $S(j+1, n)$ 之該第一 X 軸端點 $X_1(j+1)$ 和該第二 X 軸端點 $X_2(j+1)$ 電性連接於第 (j) 列感應器負載模型 $S(j, n)$ 之該第三 X 軸端點 $X_3(j)$ 和該第四 X 軸端點 $X_4(j)$ ，其中 $j=1, 2, \dots, (M-1)$ ；

其中在第 m 列中，第 $(k+1)$ 行感應器負載模型 $S(m, k+1)$ 之該第一 Y 軸端點 $Y_1(k+1)$ 和該第二 Y 軸端點 $Y_2(k+1)$ 電性連接於第 k 行感應器負載模型 $S(m, k)$ 之該第三 Y 軸端點 $Y_3(k)$ 和該第四 Y 軸端點 $Y_4(k)$ ，其中 $k=1、2、\dots、(N-1)$ ；

M 個 X 軸偵測單元 $\{D_X(m)\}$ ，其中 $m=1、2、\dots、M$ ，每一該些 X 軸偵測單元 $D_X(m)$ 具有一第一偵測輸入端以及一第二偵測輸入端分別電性連接於第 m 列第 N 行感應器負載模型 $S(m, N)$ 之該第三 Y 軸端點 $Y_3(N)$ 和該第四 Y 軸端點 $Y_4(N)$ ；

N 個 Y 軸偵測單元 $\{D_Y(n)\}$ ，其中 $n=1、2、\dots、N$ ，每一該些 Y 軸偵測單元 $D_Y(n)$ 具有一第一偵測輸入端以及一第二偵測輸入端分別電性連接於第 M 列第 n 行感應器負載模型 $S(M, n)$ 之該第三 X 軸端點 $X_3(M)$ 和該第四 X 軸端點 $X_4(M)$ 。

14. 如請求項 13 所述之電容式位置偵測裝置，其中每一該些 X 軸偵測單元 $D_X(m)$ 以及每一該些 Y 軸偵測單元 $D_Y(n)$ 彼此相同。

15. 如請求項 14 所述之電容式位置偵測裝置，其中每一該些 X 軸偵測單元 $D_X(m)$ 包含：

一運算放大器，具有一反相輸入端、一非反相輸入端以及一輸出端，該反相輸入端電性耦接於該第一偵測輸入端，該非反相輸入端電性耦接於該第二偵測輸入端，該輸

出端用以輸出一輸出信號；以及

一迴授電容器 C_T ，電性連接於該第一偵測輸入端和該運算放大器之該輸出端之間。

16. 如請求項 15 所述之電容式位置偵測裝置，其中該運算放大器具有一第三輸入端，該第三輸入端電性連接於一供應電壓。

17. 如請求項 15 所述之電容式位置偵測裝置，其中每一該些 X 軸偵測單元 $D_X(m)$ 更包含：

兩電阻器 R_{P1} 和 R_{P2} ，其中該電阻器 R_{P1} 電性連接於該第一偵測輸入端和該運算放大器之該反相輸入端之間，該電阻器 R_{P2} 電性連接於該第二偵測輸入端和該運算放大器之該非反相輸入端之間。

18. 如請求項 14 所述之電容式位置偵測裝置，其中每一該些 X 軸偵測單元 $D_X(m)$ 包含：

一運算放大器，具有一反相輸入端、一非反相輸入端、一第三輸入端、一第一輸出端以及一第二輸出端，該反相輸入端電性耦接於該第一偵測輸入端，該非反相輸入端電性耦接於該第二偵測輸入端，該第三輸入端電性連接於一供應電壓，該第一輸出端用以輸出一第一輸出信號，該第二輸出端用以輸出一第二輸出信號；

一第一迴授電容器 C_{T1} ，電性連接於該第一偵測輸入端和該運算放大器之該第一輸出端之間；以及

一第二迴授電容器 C_{T2} ，電性連接於該第二偵測輸入端和該運算放大器之該第二輸出端之間。

19. 如請求項 18 所述之電容式位置偵測裝置，其中該第一迴授電容器 C_{T1} 和該第二迴授電容器 C_{T2} 中每一者均具有一電容 C_T 。

20. 如請求項 18 所述之電容式位置偵測裝置，其中每一該些 X 軸偵測單元 $D_X(m)$ 更包含：

兩電阻器 R_{P1} 和 R_{P2} ，其中該電阻器 R_{P1} 電性連接於該第一偵測輸入端和該運算放大器之該反相輸入端之間，該電阻器 R_{P2} 電性連接於該第二偵測輸入端和該運算放大器之該非反相輸入端之間。

21. 如請求項 18 所述之電容式位置偵測裝置，其中每一該些 X 軸偵測單元 $D_X(m)$ 或每一該些 Y 軸偵測單元 $D_Y(m)$ 更包含：

一附加運算放大器，具有一反相輸入端、一非反相輸入端、一第三輸入端以及一輸出端，該第三輸入端電性連接於一供應電壓，該輸出端用以輸出一輸出信號；

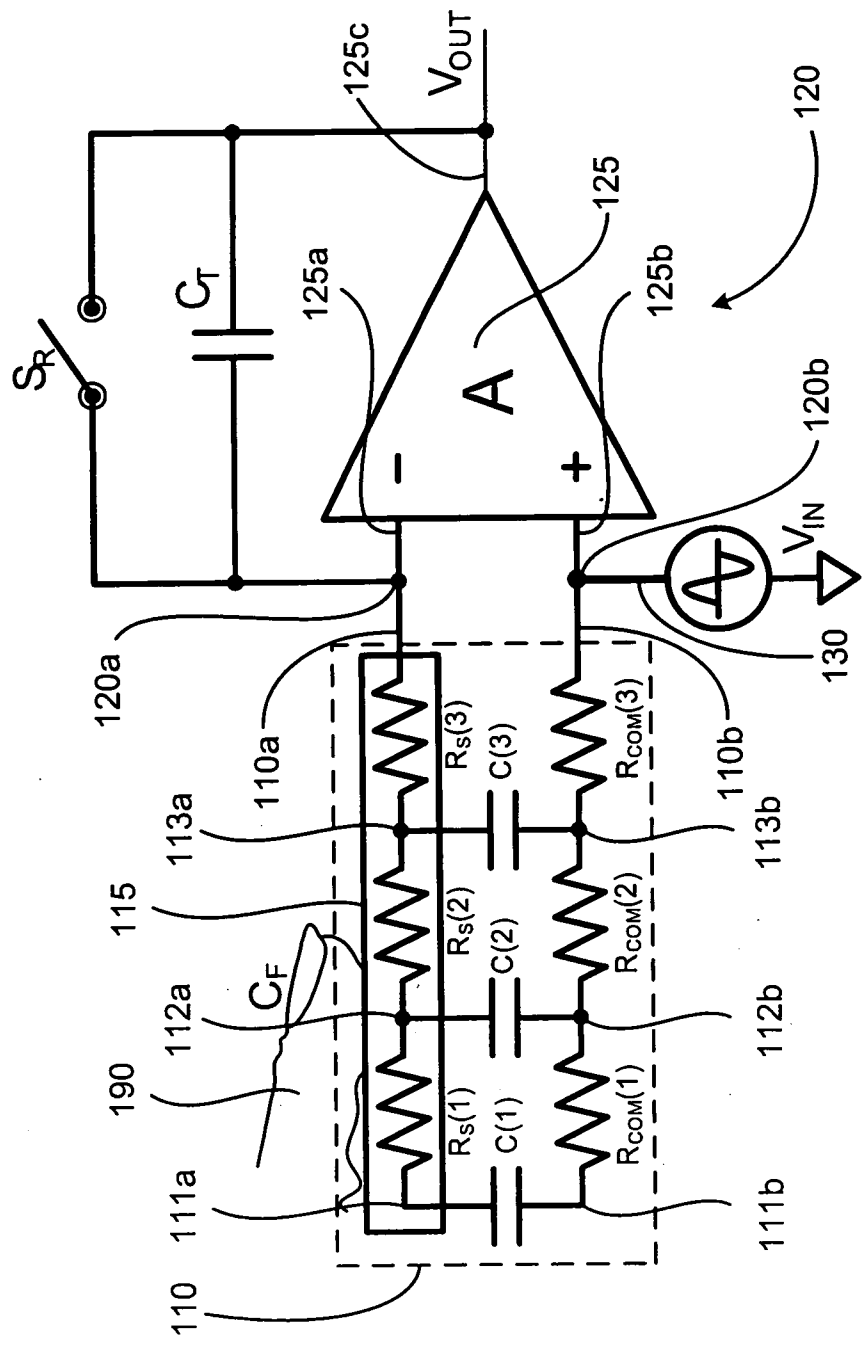
一對第一電阻器 R_1 ，該對第一電阻器中之一者 R_1 電性連接於該運算放大器之該第一輸出端和該附加運算放大器之該非反相輸入端之間，該對第一電阻器中之另一者 R_1 電性連接於該運算放大器之該第二輸出端和該附加運算放大器之該反相輸入端之間；以及

一對第二電阻器 R_2 ，該對第二電阻器中之一者 R_2 電性連接於該附加運算放大器之該非反相輸入端和一參考電壓源之間，該對第二電阻器中之另一者 R_2 電性連接於該附加運算放大器之該反相輸入端和該輸出端之間。

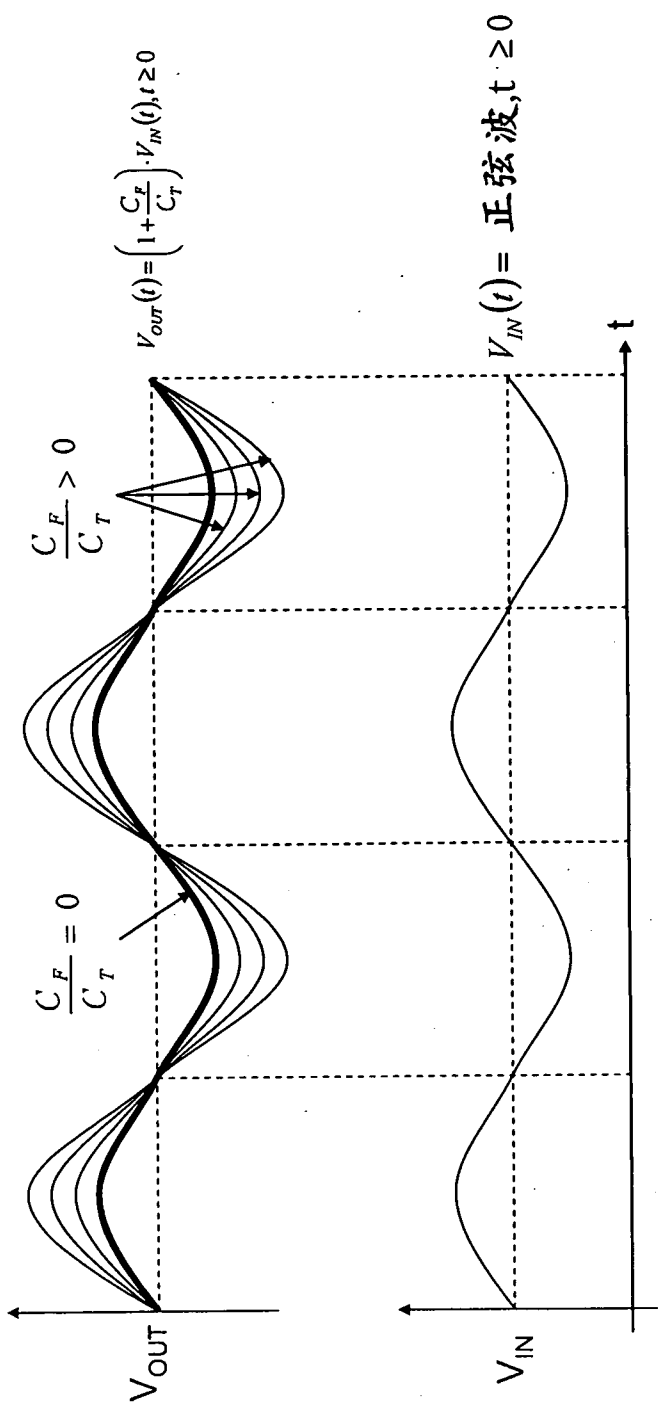
22. 如請求項 21 所述之電容式位置偵測裝置，其中每一該些 X 軸偵測單元 $D_X(m)$ 或每一該些 Y 軸偵測單元 $D_Y(m)$ 更包含：

一對電容器 C_R ，該對電容器 C_R 中之一者電性連接於該運算放大器之該第一輸出端和一接地端之間，該對電容器 C_R 中之另一者電性連接於該運算放大器之該第二輸出端和該接地端之間。

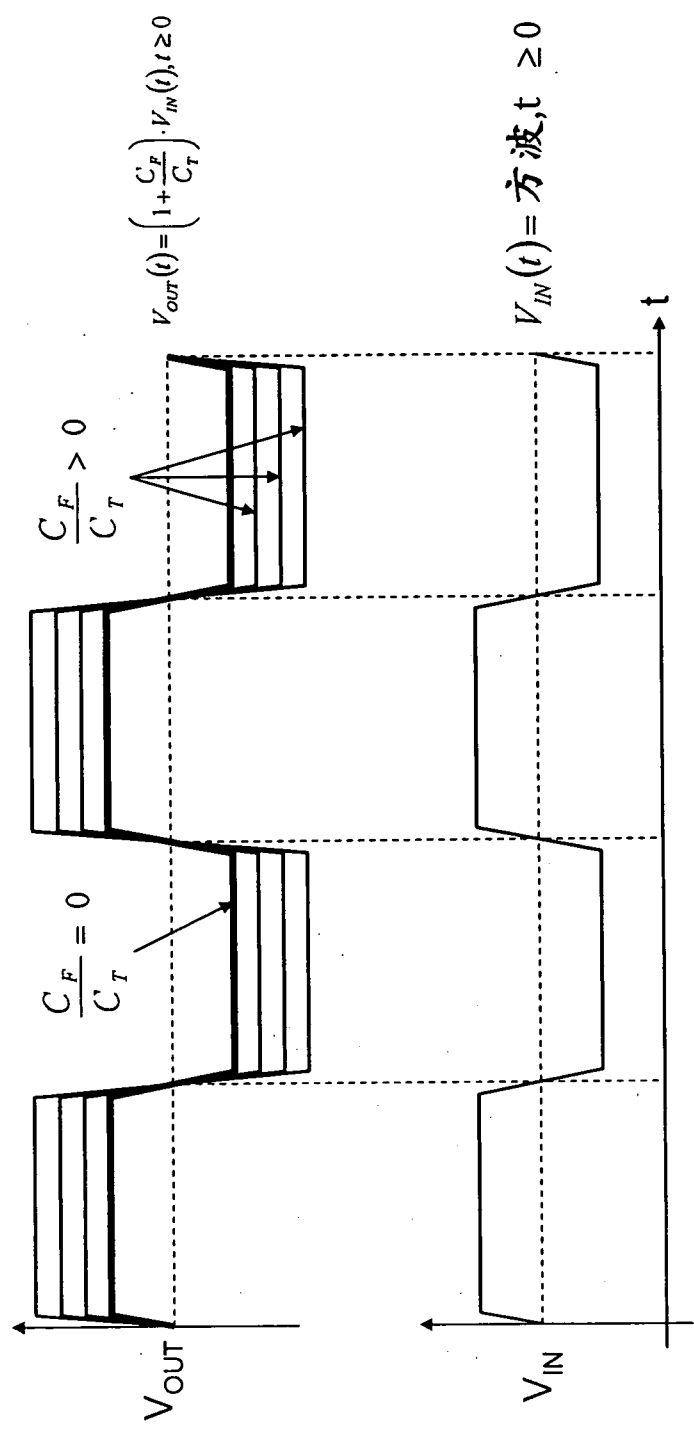
100



第 1 圖



第 2 圖

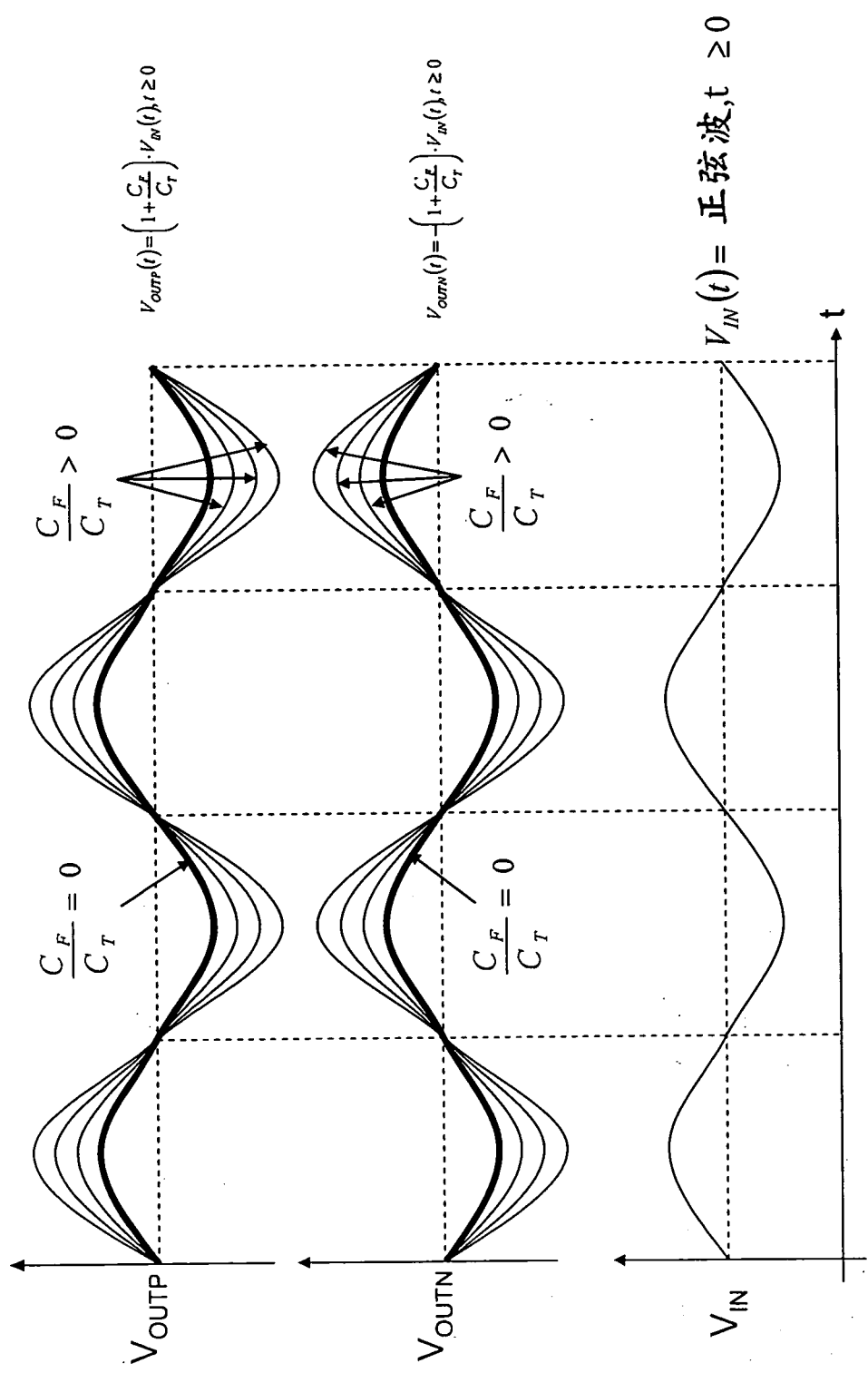


第 3 圖

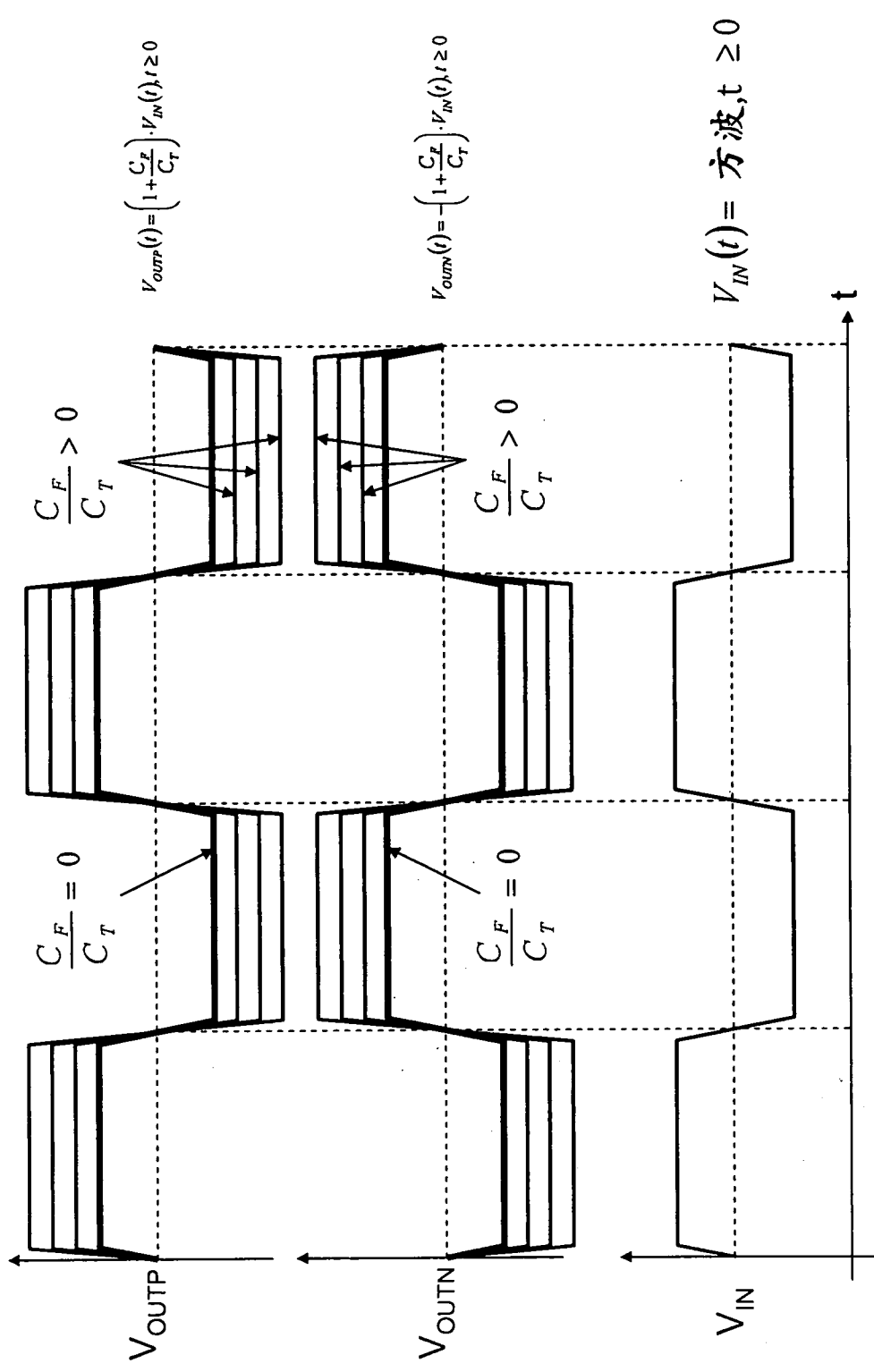
400



圖 4 第

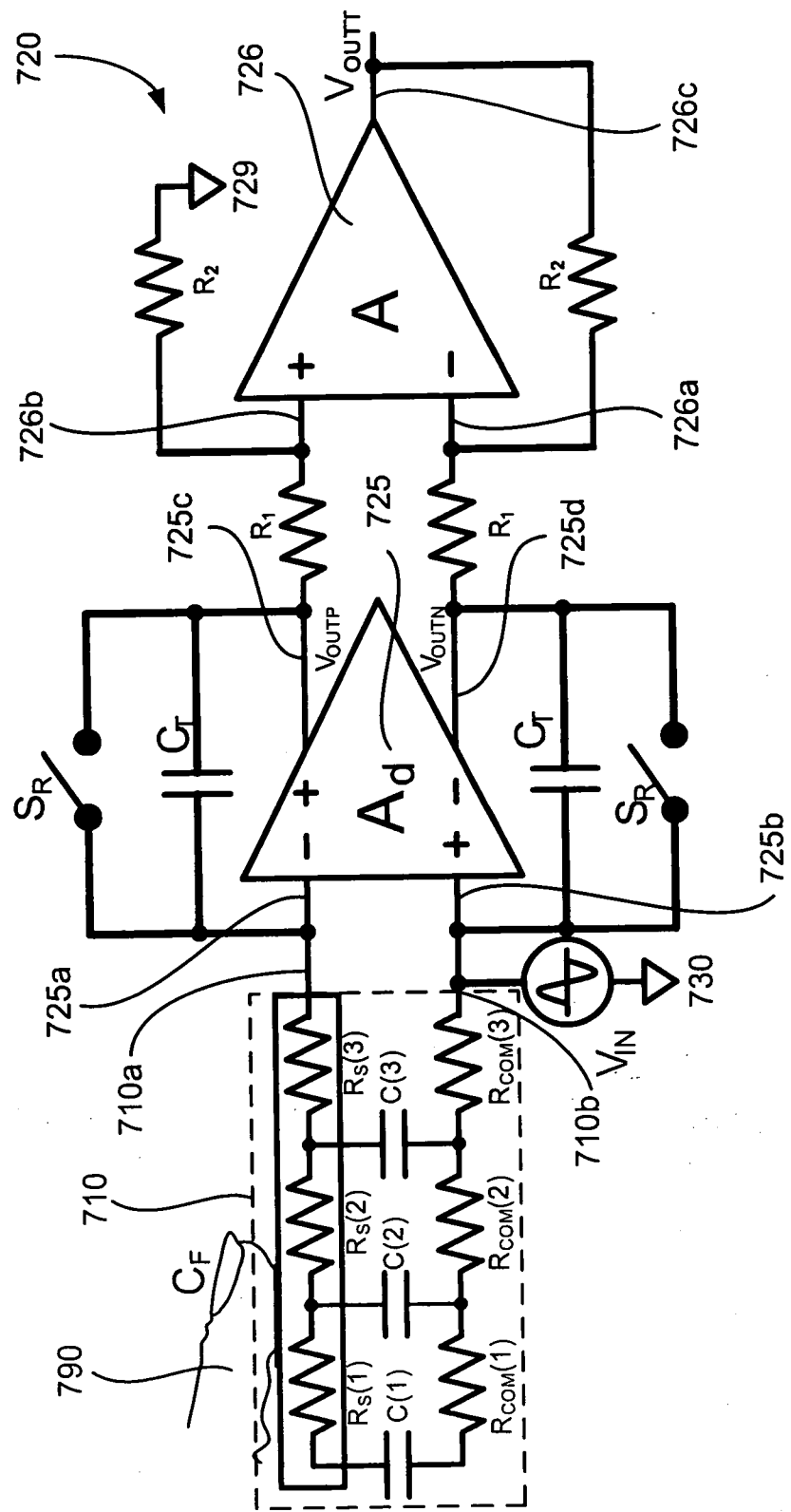


第 5 圖

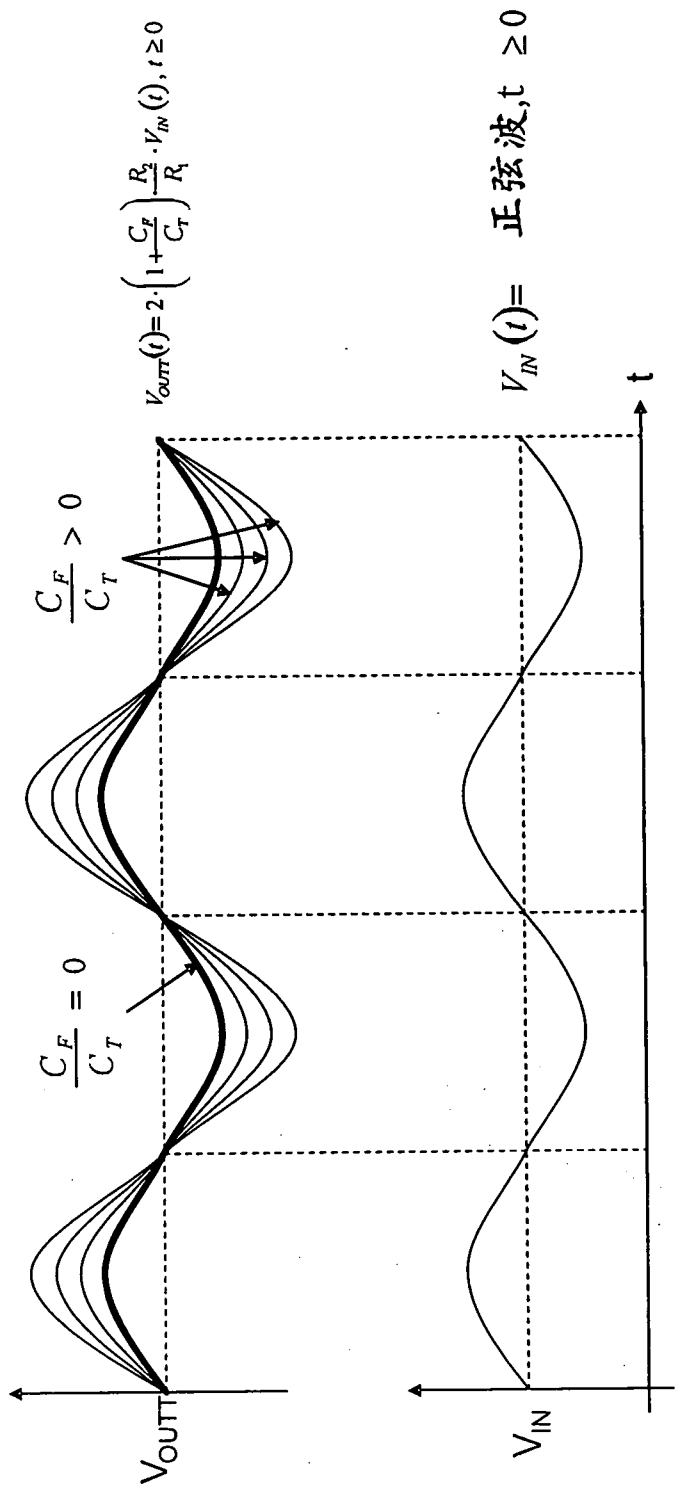


第 6 圖

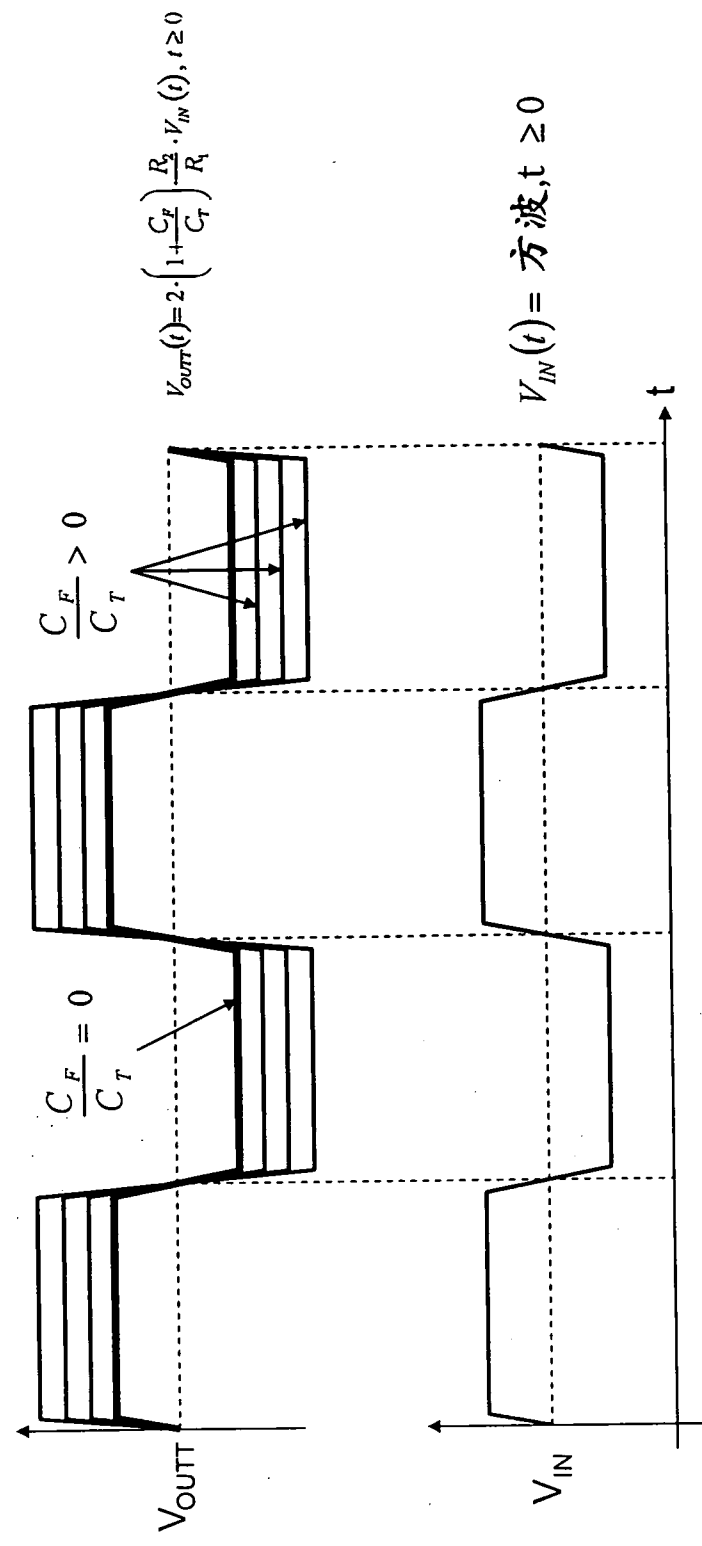
700



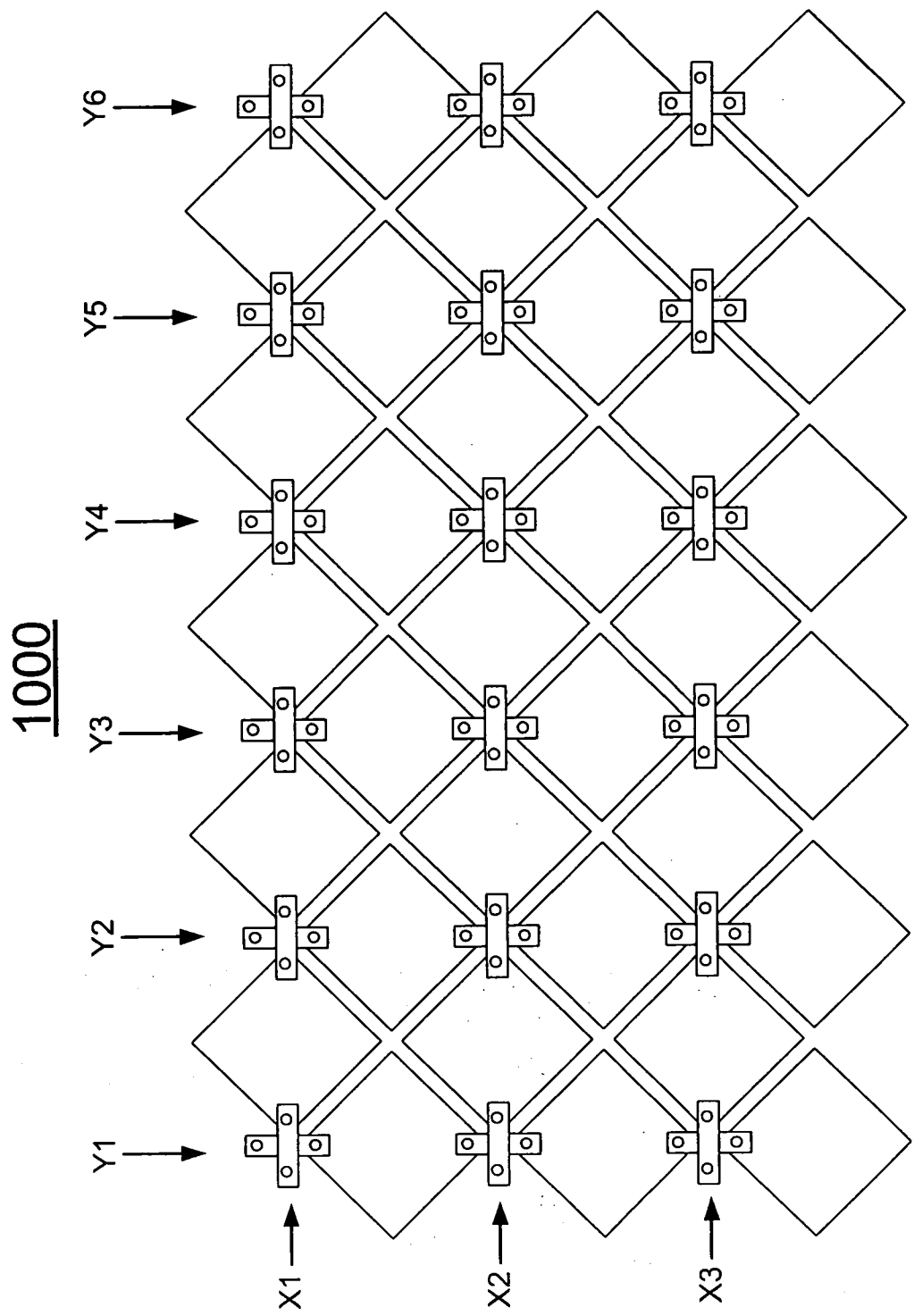
第 7 圖



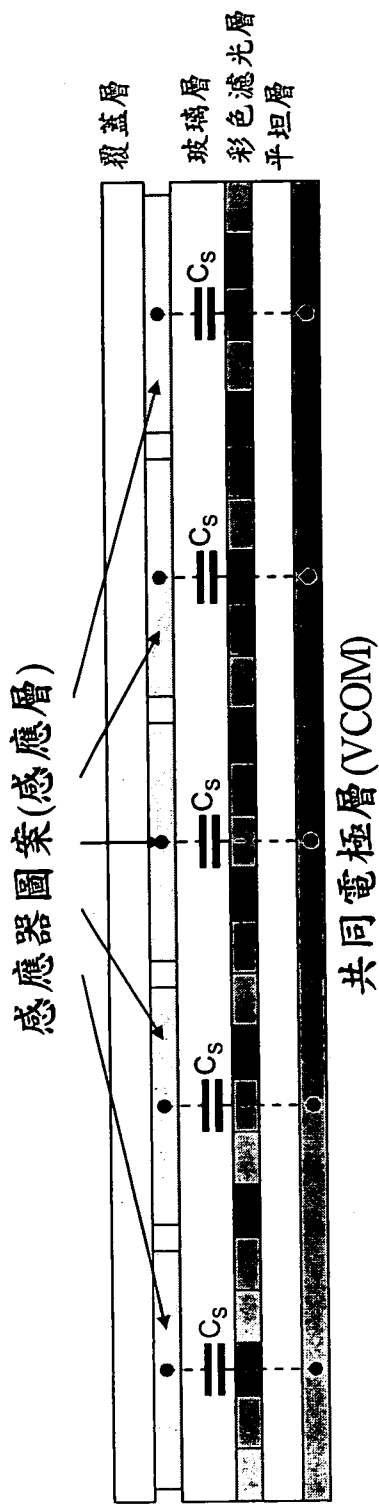
第 8 圖



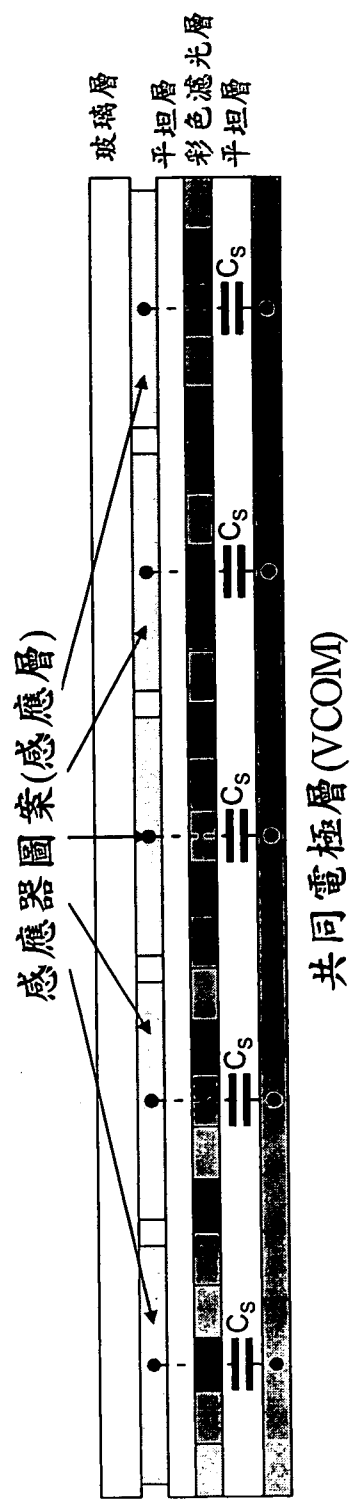
第 9 圖



第 10 圖

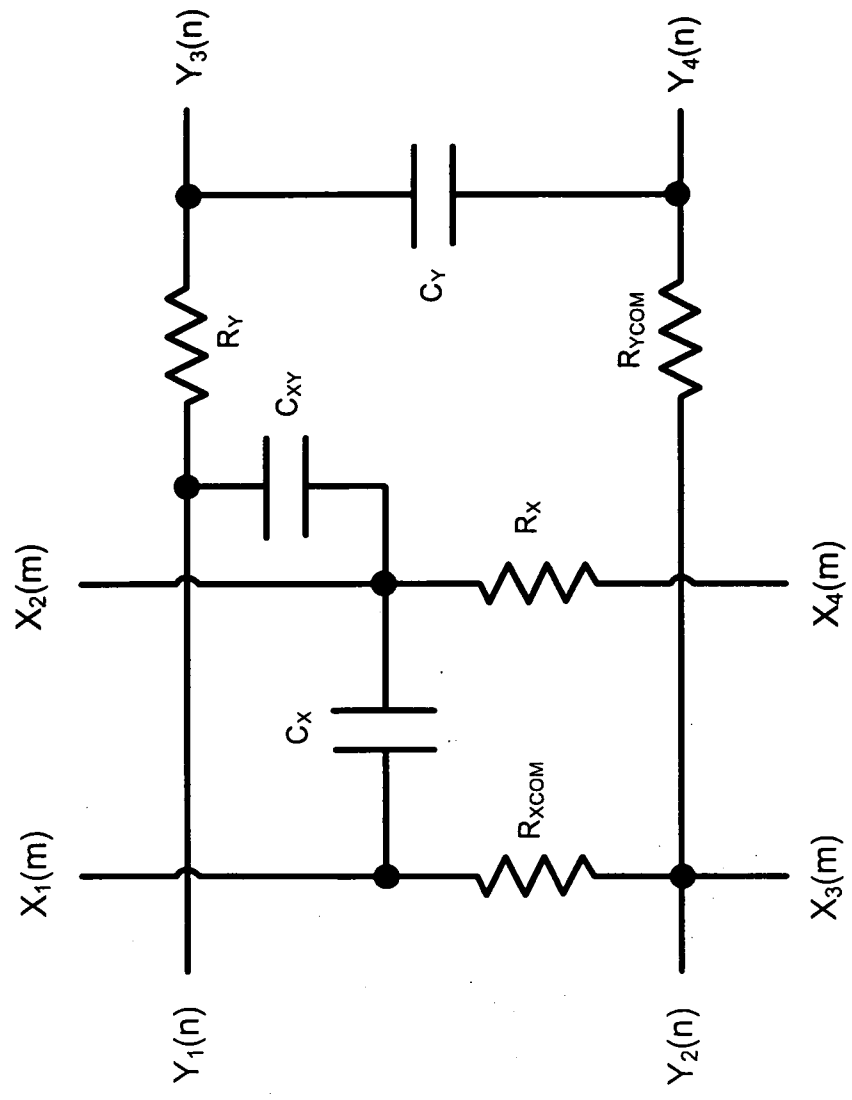


第 11A 圖



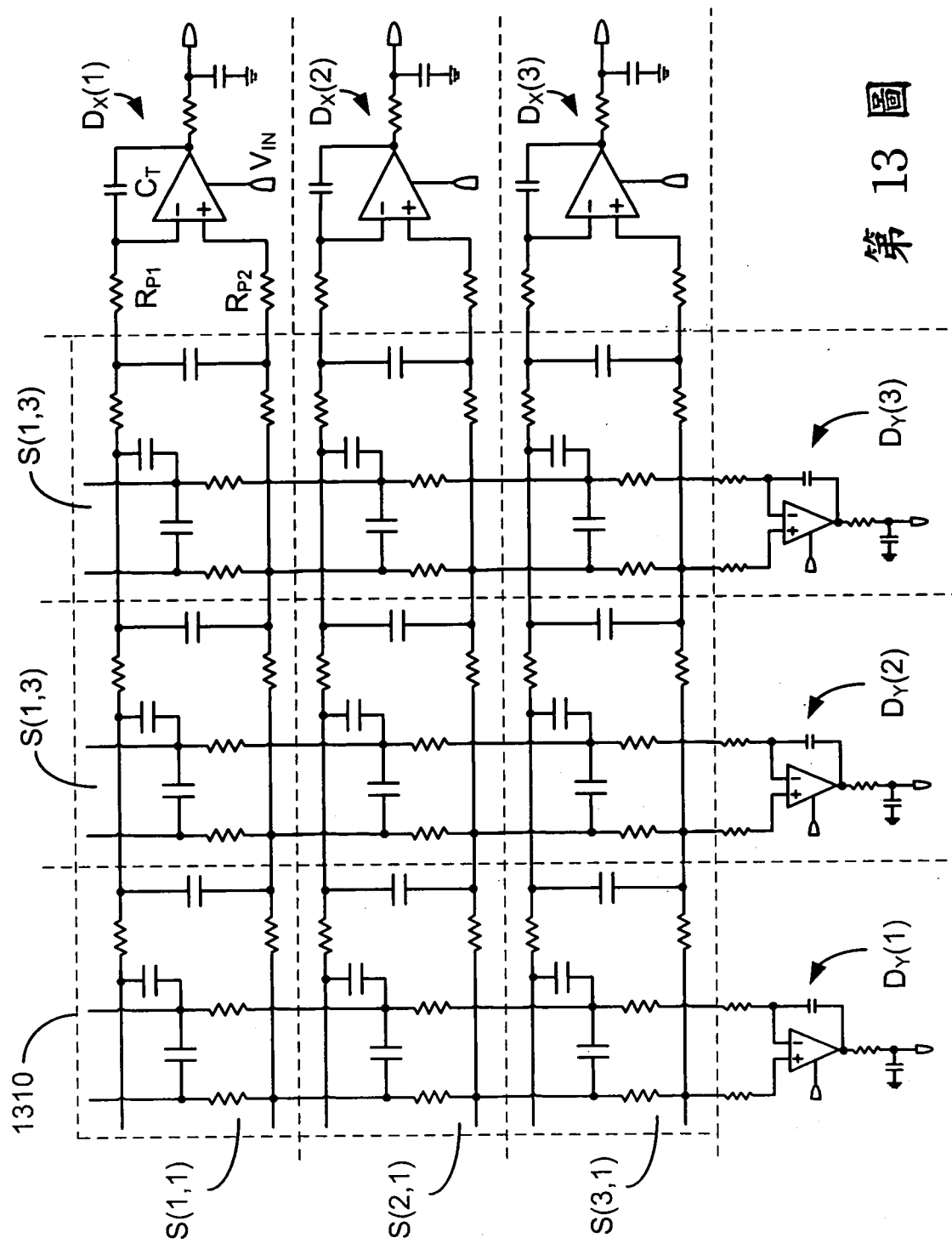
第 11B 圖

S(m,n)

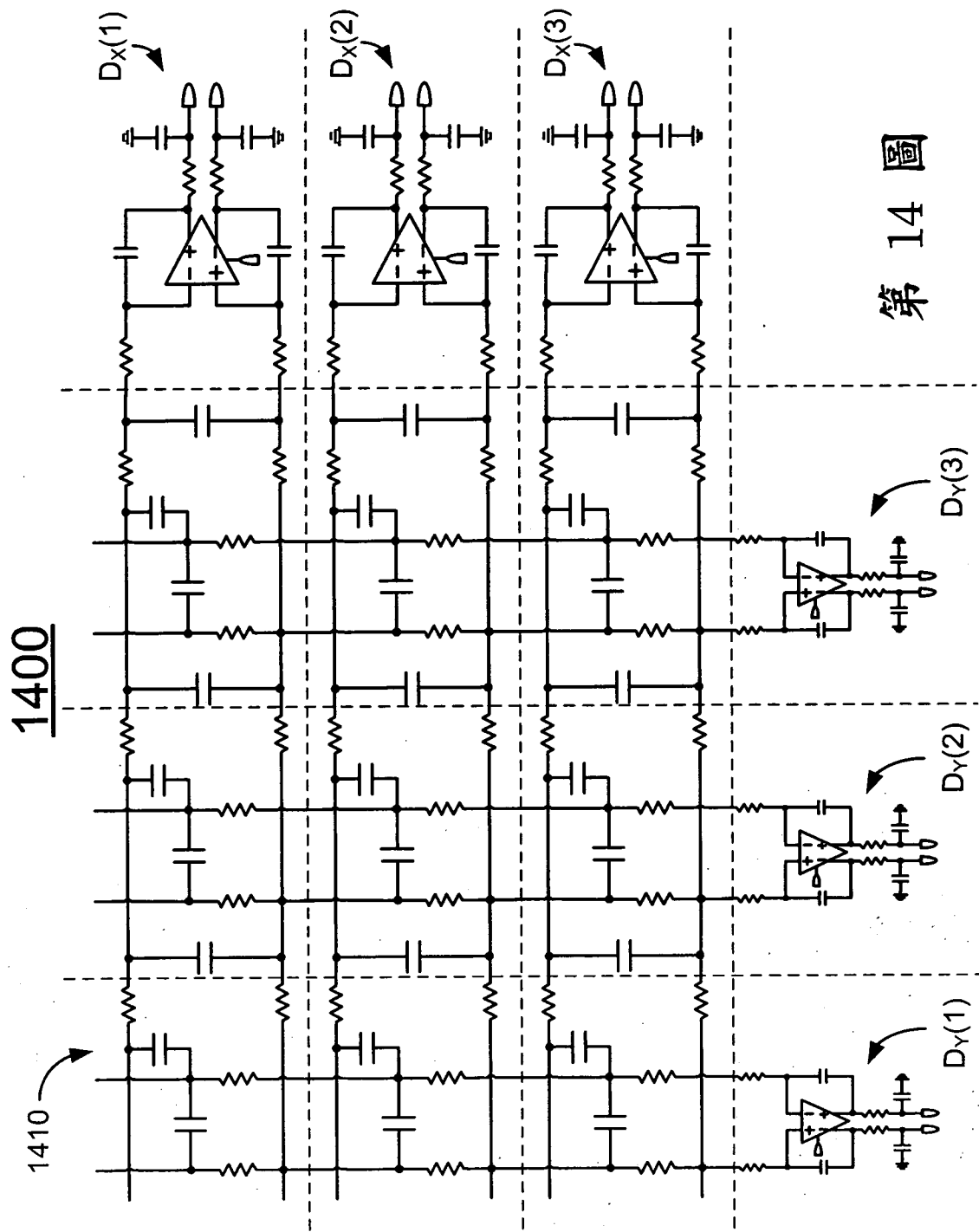


第 12 圖

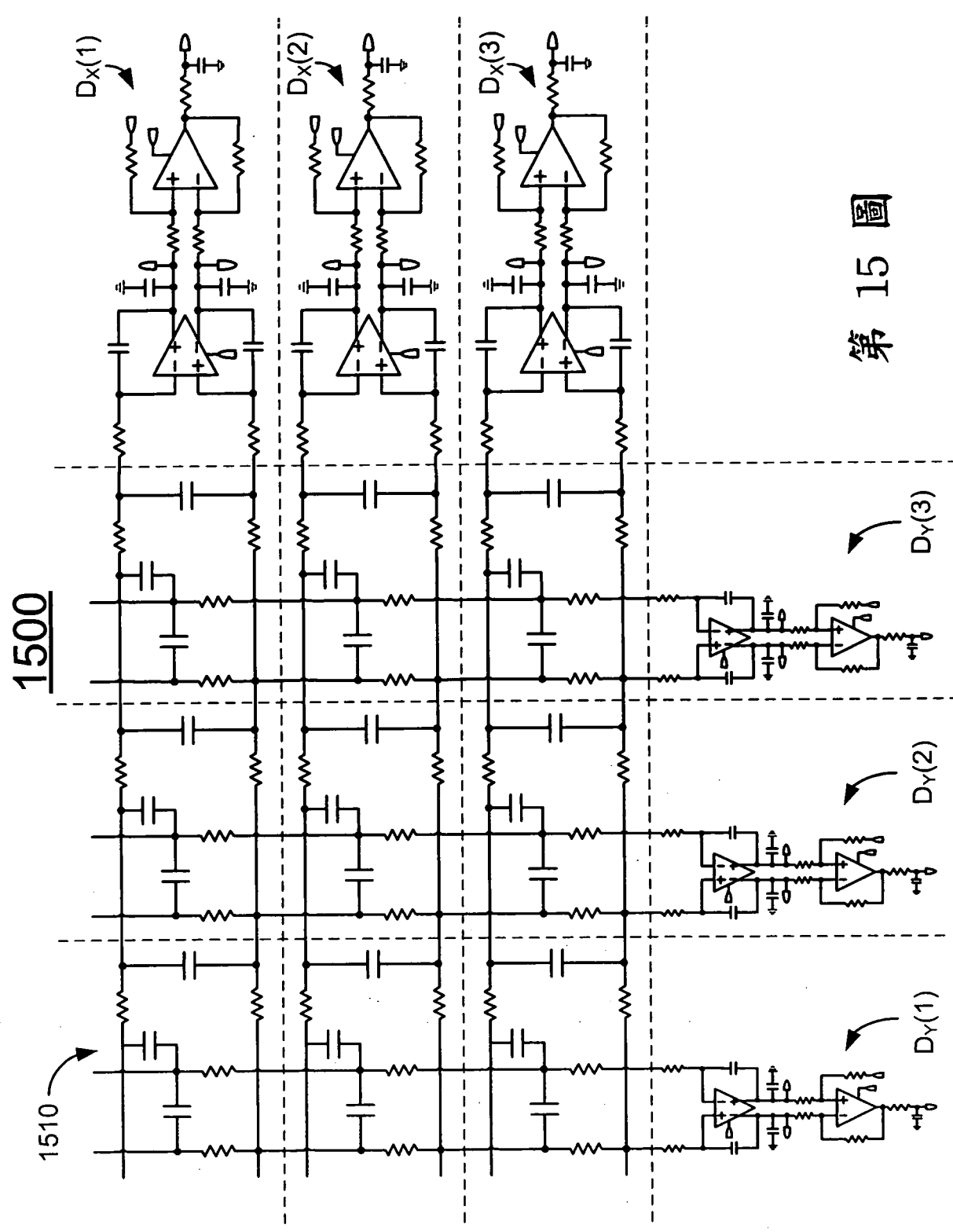
1300



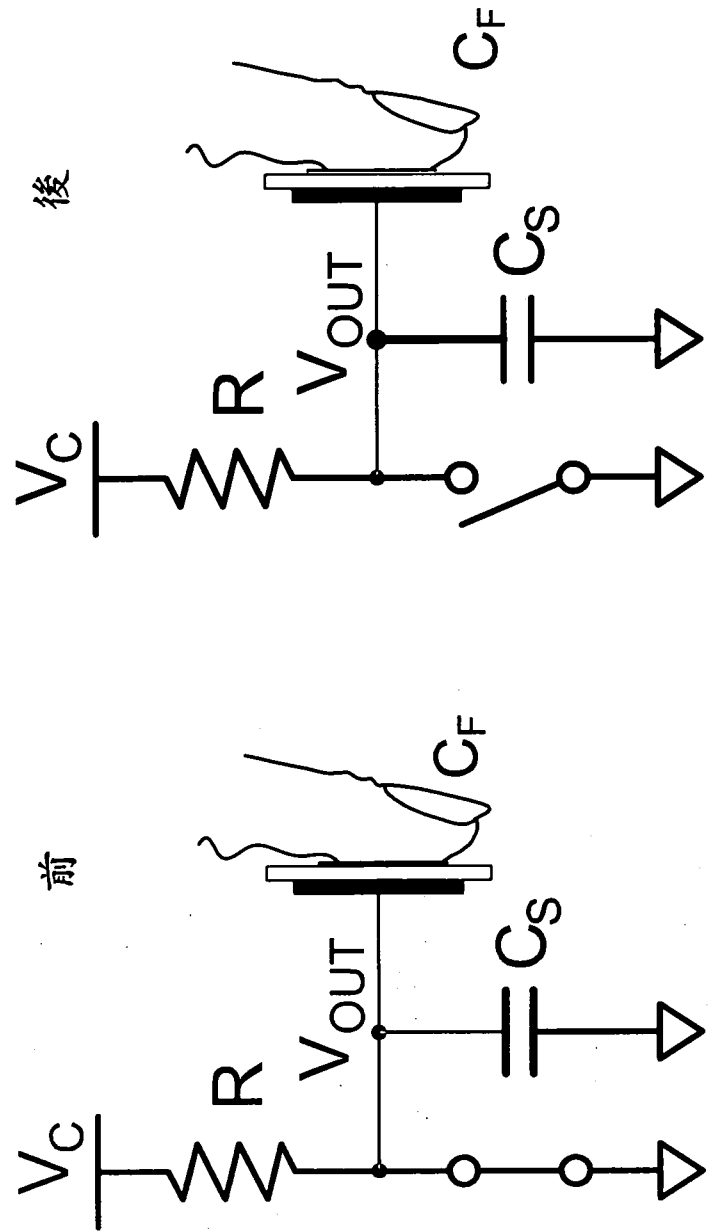
第 13 圖



第 14 圖

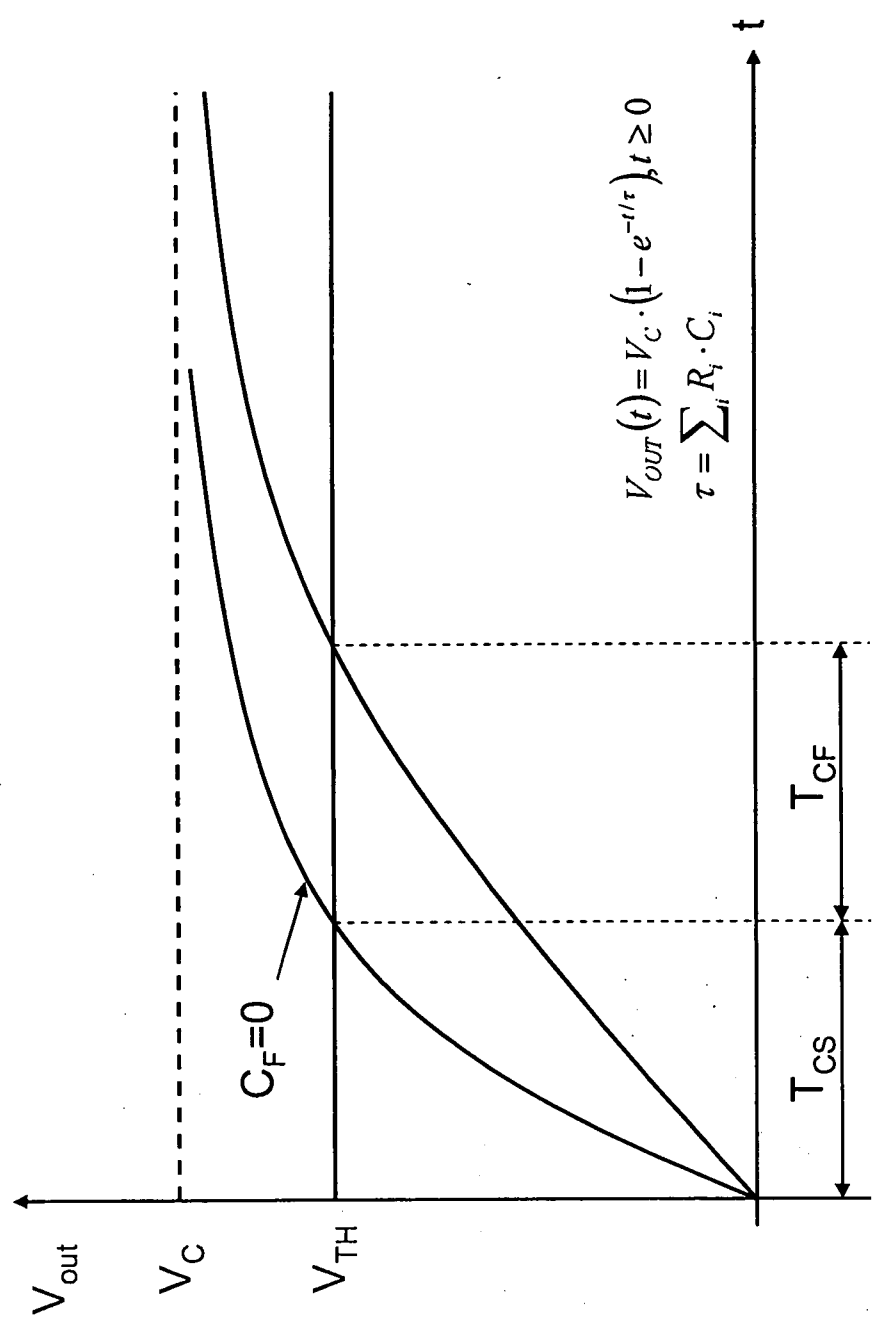


第 15 圖



$$V_{OUT}(t) = V_C \cdot (1 - e^{-t/\tau}), \quad t \geq 0, \quad \tau = \sum_i R_i \cdot C_i$$

第 16 圖



第 17 圖