



(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 I463359 B

(45) 公告日：中華民國 103 (2014) 年 12 月 01 日

(21) 申請案號：099138516

(22) 申請日：中華民國 99 (2010) 年 11 月 09 日

(51) Int. Cl. : G06F3/041 (2006.01)

(71) 申請人：國立交通大學 (中華民國) NATIONAL CHIAO TUNG UNIVERSITY (TW)
新竹市大學路 1001 號

(72) 發明人：白明憲 BAI, MINGSIAN R. (TW) ; 蔡耀坤 TSAI, YAO KUN (TW)

(74) 代理人：林火泉

(56) 參考文獻：

TW 201009669A

WO 2005/066748A2

審查人員：林聖傑

申請專利範圍項數：3 項 圖式數：4 共 18 頁

(54) 名稱

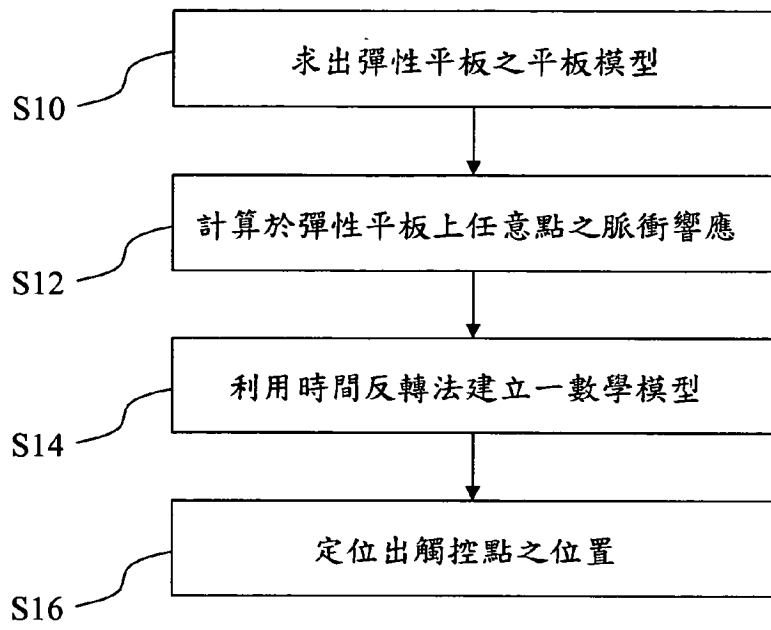
應用時間反轉法之觸控面板之定位及力回饋方法

LOCALIZATION AND HAPTIC FEEDBACK SYSTEM BASED ON TIME-REVERSAL SIGNAL
PROCESSING FOR TOUCH PANE

(57) 摘要

本發明提供一種應用時間反轉法之觸控面板之定位及力回饋方法，其係依據平板理論建立一彈性平板之平板模型及脈衝響應，再依據脈衝響應及時間反轉法建立一數學模型，當外力擊打於彈性平板上，使被擊打之觸控點產生一觸控訊號，設於彈性平板角落之感測器會接收觸控訊號，並利用模擬器將觸控訊號依據數學模型轉換成一時間反轉訊號，反向發送回觸控點，模擬出時間反轉訊號於彈性平板上反向振盪之波形，以定位出觸控點之位置。

The present invention provides a localization and haptic feedback system based on time-reversal signal processing for touch panel. Firstly, the panel model and impulse responses of an elastic panel are established according to the plate theory, and then a mathematical model is established according to the impulse responses and the time-reversal signal processing (TR). When an impact force hits the elastic panel, the touch point on the elastic panel generates a touch signal, and then received by at least a sensor at the corner of the elastic panel. The touch signal is converted into a time-reversal signal according to the mathematical model by a simulator. The time-reversal signal is reversed to the touch point for simulating reversal vibration waves of the time-reversal signal on the elastic panel, and located the location of the touch point.



第 2 圖

發明專利說明書

(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：

99/38516

※申請日：

99.11.09

※IPC 分類：

G06F3/041

(2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

應用時間反轉法之觸控面板之定位及力回饋方法 / localization and haptic feedback system based on time-reversal signal processing for touch pane

二、中文發明摘要：

本發明提供一種應用時間反轉法之觸控面板之定位及力回饋方法，其係依據平板理論建立一彈性平板之平板模型及脈衝響應，再依據脈衝響應及時間反轉法建立一數學模型，當外力擊打於彈性平板上，使被擊打之觸控點產生一觸控訊號，設於彈性平板角落之感測器會接收觸控訊號，並利用模擬器將觸控訊號依據數學模型轉換成一時間反轉訊號，反向發送回觸控點，模擬出時間反轉訊號於彈性平板上反向振盪之波形，以定位出觸控點之位置。

三、英文發明摘要：

The present invention provides a localization and haptic feedback system based on time-reversal signal processing for touch panel. Firstly, the panel model and impulse responses of an elastic panel are established according to the plate theory, and then a mathematical model is established according to the impulse responses and the time-reversal signal processing (TR). When an impact force hits the elastic panel, the touch point on the elastic panel generates a touch signal, and then received by at least a sensor at the corner of the elastic panel. The touch signal is converted into a time-reversal signal according to the mathematical model by a simulator. The time-reversal signal is reversed to the touch point for simulating reversal vibration waves of the time-reversal signal on the elastic panel, and located the location of the touch point.

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第(2)圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

無。

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係有關一種觸控面板之技術，特別是指一種應用時間反轉法之觸控面板之定位及力回饋方法。

【先前技術】

按，觸控面板依感應原理可分為電阻式觸控面板、電容式觸控面板、音波式觸控面板、光學式觸控面板及電磁式觸控面板等五種。當手指觸碰面板上設置之感測器時，會有一類比訊號輸出，由控制器將類比訊號轉換為電腦可以接受的數位訊號，再經由電腦中之驅動程式整合各元件編譯，最後由顯示卡輸出螢幕訊號在螢幕上顯示出所觸碰的位置。

另一種簡單但更精確於定位之技術為時間反轉法 (time-reversal signal processing, TR)，具有兩個步驟，首先感測器陣列記錄每一個感測點的訊號，但此訊號可能受噪音或反射訊號所影響；接著，時間反轉鏡 (time-reversal mirrors, TRM) 將先前所記錄之訊號反向並傳送，使波形自動指向觸控點的目標位置。時間反轉法近似於相位共軛濾波器 (phase-conjugate filter)，提供一 delta 函數做為測試訊號，且會將噪音訊號比最大化。但在先前技術中，使用時間反轉法反推觸控位置必須要先對觸控面板進行訓練，將面板上每個感測點之脈衝響應記錄於資料庫中，且每當欲變更面板之解析度時，便需耗時重新測量脈衝響應，並重建資料庫。

因此，本發明即提出一種應用時間反轉法之觸控面板之定位及力回饋方法，以克服上述該等問題，具體架構及其實施方式將詳述於下。

【發明內容】

本發明之主要目的在提供一種應用時間反轉法之觸控面板之定位及力

回饋方法，其係利用彈性平板理論及時間反轉法反推外力觸碰在觸控面板上的觸控點，可彈性調整解析度大小，無須任何實驗即可快速求得。

本發明之另一目的在提供一種應用時間反轉法之觸控面板之定位及力回饋方法，其利用平板理論推估彈性平板之脈衝響應，無須耗時實驗及大量記憶體空間。

為達上述之目的，本發明提供一種應用時間反轉法之觸控面板之定位及力回饋方法，包括下列步驟：依據一平板理論建立一彈性平板之平板模型；計算於彈性平板上任意一點之脈衝響應；依據脈衝響應，利用時間反轉法建立一數學模型；當外力擊打於彈性平板上之一觸控點時產生一觸控訊號，利用設於彈性平板角落之感測器接收觸控訊號；以及藉由一模擬器將觸控訊號依據數學模型轉換成一時間反轉訊號，反向發送回該觸控點，模擬出時間反轉訊號於彈性平板上反向振盪之波形，以定位出觸控點之位置。

底下藉由具體實施例詳加說明，當更容易瞭解本發明之目的、技術內容、特點及其所達成之功效。

【實施方式】

本發明提供一種應用時間反轉法之觸控面板之定位及力回饋方法，第 1 圖所示為當外力施力於一厚度均勻的彈性平板 10 上所產生之彎曲波，彈性平板 10 為玻璃平板、壓克力平板或其他非剛性材質，於彈性平板 10 之至少一角設有一感測器 12，接收彎曲波訊號並以時間反轉法將訊號反向推導，得到觸控點之位置，此感測器 12 可為壓電感測器或動圈式感應器。

此彈性平板 10 之厚度為 h ，假設 h 較彈性波之波長為短，請同時參考

第 2 圖，其為本發明之定位及力回饋方法之流程圖，首先在步驟 S10 中先求出垂直位移 (transversal displacement) $w(x,y,t)$ 之方程式，亦即施力於彈性平板 10 後此彈性平板振動之平板模型，首先如下式(1)：

$$D\nabla^4 w + \rho h \ddot{w} = \delta(t)\delta(x-x_0)\delta(y-y_0) \quad (1)$$

其中包含 δ 的非齊次項 (non-homogeneous term) $\delta(t)\delta(x-x_0)\delta(y-y_0)$ 為單位脈衝， ρ 為彈性平板 10 的密度， w 為方向之位移， h 為彈性平板 10 之厚度， (x_0,y_0) 為觸控點， D 為彈性平板 10 單位長度之彎曲剛性，如下式(2)：

$$D = \frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)} \quad (2)$$

其中 E 和 ν 分別為彈性平板 10 之楊氏模數 (Young's modulus) 及波森比 (Poisson ratio)。假設垂直位移之初始狀態如下式(3)：

$$w(x,y,0) = \dot{w}(x,y,0) = 0 \quad (3)$$

其中 $w_0(x,y)$ 代表彈性平板 10 的初始位移，最後可得到垂直位移之公式如下式(4)：

$$w(x,y,t) = \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{4}{\Omega_{mn} abh\rho} \sin \frac{m\pi x}{a} \sin \frac{n\pi y}{b} \sin \frac{m\pi x_0}{a} \sin \frac{n\pi y_0}{b} \sin(\Omega_{mn} t) \quad (4)$$

其中 $\Omega_{mn} = \sqrt{\frac{D}{\rho h} \left[\left(\frac{m\pi}{a} \right)^2 + \left(\frac{n\pi}{b} \right)^2 \right]}$ ， a 、 b 分別為彈性平板 10 之長、寬，此

公式(4)即為平板模型。

步驟 S12 依據平板理論建立一彈性平板之平板模型及脈衝響應，計算出於彈性平板 10 上第 i 點之脈衝響應，此平板理論為基爾霍夫平板理論 (Kirchoff plate theory)；接著在步驟 S14 中利用時間反轉法建立一數學模型 (如下式(6))，將感測器 12 所收到之觸控訊號轉換成時間反轉訊號反向

回觸控點，模擬出反向振盪之波形，以在步驟 S16 中定位出觸控點之位置。

步驟 S12~S16 詳述如下：

由於公式(1)中的非齊次項為單位脈衝，並在公式(4)中給出等同於在觸控點 (x_0, y_0) 及彈性平板 10 上任意點 (x, y) 之間的脈衝響應的解，在此處假設在彈性平板 10 上之施力為 $r_l(t)$, $l=1, 2, \dots, L$ ，其中 L 為感測器 12 之數量，則可由下式(5)、(6)利用卷積 (convolution) 計算出在彈性平板 10 上第 i 點之脈衝響應 $d_i(t)$ 及任意脈衝響應點 i 的垂直方向位移：

$$d_i(t) = \sum_{l=1}^L w_{il}(x, y, t) \otimes r_l(t) \quad (5)$$

$$w_{il}(x, y, t) = \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{4}{\Omega_{mn} abh\rho} \sin \frac{m\pi x_i}{a} \sin \frac{n\pi y_i}{b} \sin \frac{m\pi x_l}{a} \sin \frac{n\pi y_l}{b} \sin(\Omega_{mn} t) \quad (6)$$

其中上式中之 \otimes 為線性時間的卷積， i 為彈性平板 10 上可觸控之觸控點的數目，且在公式(5)中係將所有感測器 12 之結果相加，並不單就一個感測器 12 計算。將 $r_l(t)$ 視為時間反轉訊號擴散出去，此擴散係在一模擬器 (圖中未示) 中進行模擬，從感測器 12 處發出虛擬的時間反轉訊號，使用公式(6)模擬彈性平板 10 被力回饋後之抖動，接著透過計算出具有最大垂直方向位移的回應位置，即可得到此位置為原觸控點所在之位置 \hat{i} ，如下式(7)：

$$\hat{i} = \arg \max_i \left\{ \max_l [d_1(t), \dots, d_i(t), \dots, d_l(t)] \right\} \quad (7)$$

第 3A 圖至第 3C 圖為模擬不同時間點時間反轉訊號所產生之波形，在此實施例中彈性平板之長寬高分別為 $0.42 \times 0.42 \times 0.002$ 公尺， $E=73\text{GPa}$ ， $\nu=0.2$ ， $\rho=2250 \text{ kg/m}^3$ ，觸控點之座標位置為中心位置(0.21, 0.21)，當時間反轉訊號送出時，從第 0.5 毫秒至第 1.5 毫秒波形慢慢向中間擴散，在第 2.5 毫秒時四個波形相加形成中心位置的下陷，直至第 3C 圖中 4.5 毫秒時中心

位置形成最高的波峰，此最大位移之波峰位置即為原觸控點；第 4A 圖至第 4C 圖另一模擬不同時間點時間反轉訊號所產生之波形，在此實施例中觸控點之座標位置為(0.26, 0.26)，至第 4C 圖中 4.5 毫秒時，圖中最大位移之位置即為原觸控點，由此可知即使觸控點不在彈性平板之正中心，利用本發明之方法同樣可利用時間反轉法反推出原觸控點位置。

綜上所述，本發明提供之應用時間反轉法之觸控面板之定位及力回饋方法係將時間反轉法 (time-reversal approach) 應用於觸控面板之定位及力回饋 (haptic feedback)。彈性平板理論可導出理論脈衝響應 (impulse response)，根據脈衝響應及時間反轉法可精確求出觸控位置，並產生相應的反轉力回饋於原觸控位置。時間反轉法的主要優點在於處理白頻訊號源 (broadband source) 及具殘響環境 (reverberant environment)。

唯以上所述者，僅為本發明之較佳實施例而已，並非用來限定本發明實施之範圍。故即凡依本發明申請範圍所述之特徵及精神所為之均等變化或修飾，均應包括於本發明之申請專利範圍內。

【圖式簡單說明】

第 1 圖為在彈性平板上施力後其振盪之示意圖。

第 2 圖為本發明應用時間反轉法之觸控面板之定位及力回饋方法之流程圖。

第 3A 圖至第 3C 圖為本發明一實施例中模擬不同時間點時間反轉訊號所產生之波形示意圖。

第 4A 圖至第 4C 圖為本發明另一實施例中模擬不同時間點時間反轉訊號所產生之波形示意圖。

【主要元件符號說明】

10 彈性平板

12 感測器

七、申請專利範圍：

1. 一種應用時間反轉法之觸控面板之定位及力回饋方法，包括：

依據一平板理論建立一彈性平板之一平板模型，其中該平板理論為該彈性平板受到施力後所產生之抖動之垂直方向位移公式，係依據該彈性平板之厚度、單位脈衝、密度及關於彎曲剛性之複數材料參數求出該平板模型，該彈性平板上任意一觸控點 i 的垂直方向位移計算公式為

$$w_{ii}(x, y, t) = \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{4}{\Omega_{mn} abh\rho} \sin \frac{m\pi x_i}{a} \sin \frac{n\pi y_i}{b} \sin \frac{m\pi x_l}{a} \sin \frac{n\pi y_l}{b} \sin(\Omega_{mn} t)$$

，其中 ρ 為該彈性平板的密度， w 為方向之位移， h 為該彈性平板之厚度， (x_0, y_0) 為該觸控點， D 為該彈性平板單位長度之彎曲剛性，

$$D = \frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)}$$

，其中 E 和 ν 分別為該彈性平板之楊氏模數及波森比，

$$\text{且 } \Omega_{mn} = \sqrt{\frac{D}{\rho h} \left[\left(\frac{m\pi}{a} \right)^2 + \left(\frac{n\pi}{b} \right)^2 \right]}$$

， a 、 b 分別為該彈性平板之長、寬；

計算於該彈性平板上任意一點 i 之脈衝響應 $d_i(t)$ ，該任意點 i 的脈衝響應

$$\text{計算公式為 } d_i(t) = \sum_{l=1}^L w_{ii}(x, y, t) \otimes r_l(t)$$

，其中 \otimes 為線性時間的卷積，

i 為該彈性平板上之複數觸控點的數目， $r_l(t)$ 為彈性平板上之施力，其 $l=1, 2, \dots, L$ ，其中 L 為一感測器之數量；

依據該脈衝響應，利用一時間反轉法建立一數學模型；

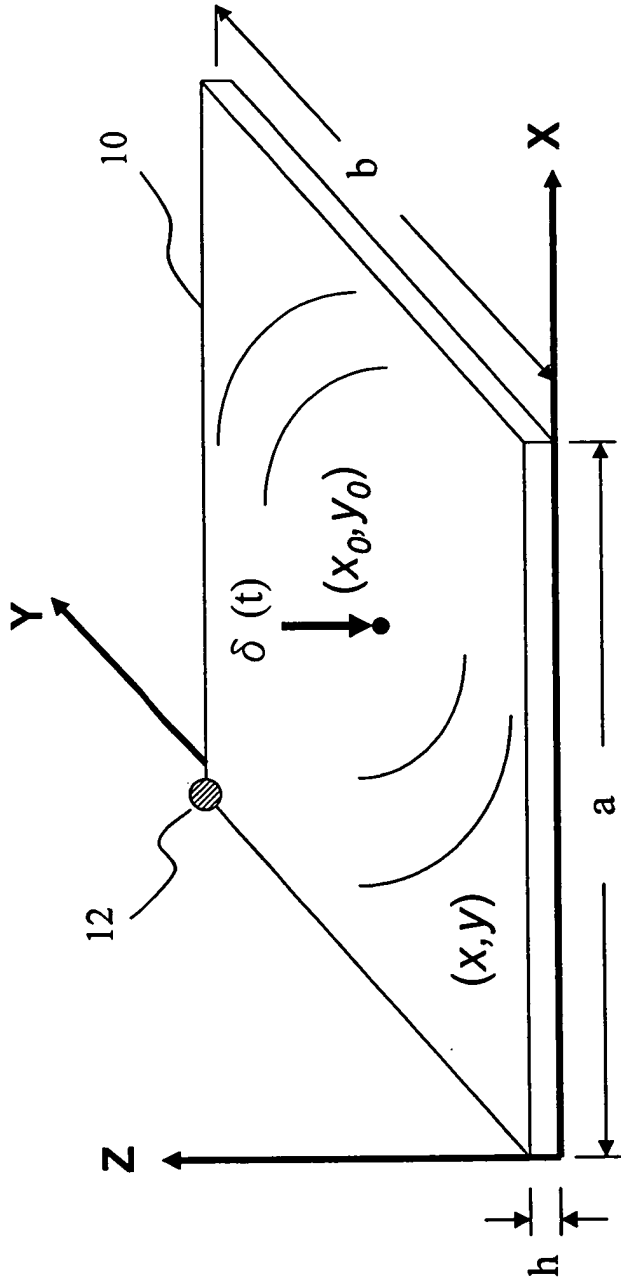
當外力擊打於該彈性平板上之一觸控點時產生一觸控訊號，利用設於該彈性平板角落之至少一感測器接收該觸控訊號；以及

藉由一模擬器將該觸控訊號依據該數學模型轉換成一時間反轉訊號，該感測器並將該時間反轉訊號反向發送回該觸控點，模擬出該時間反轉

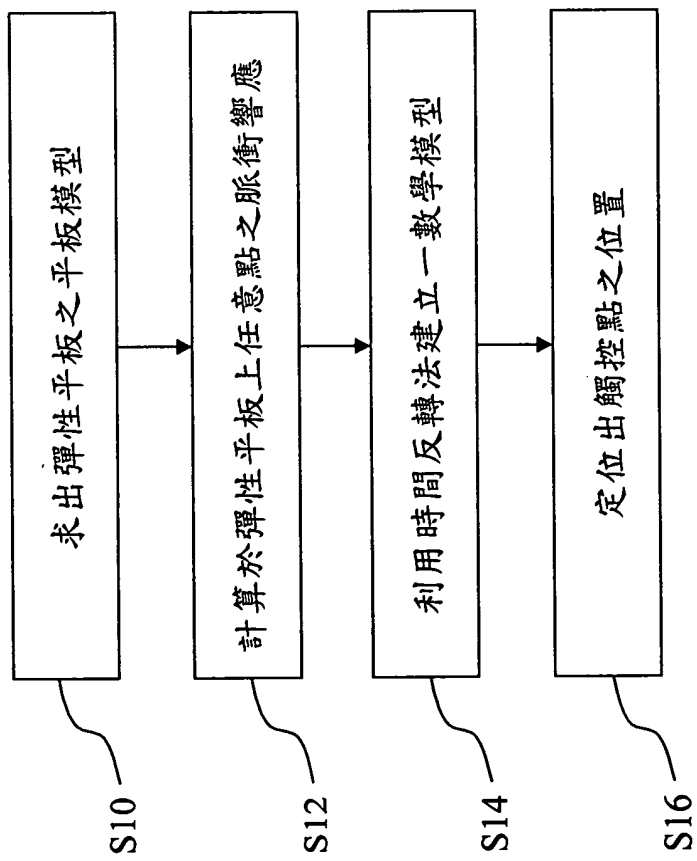
訊號於該彈性平板上反向振盪之波形，該反向振盪之波形中具最大垂直方向位移的一回應位置即為該觸控點的位置。

2. 如申請專利範圍第 1 項所述之定位及力回饋方法，其中該感測器為壓電感測器或動圈式感應器。
3. 如申請專利範圍第 1 項所述之定位及力回饋方法，其中該彈性平板可為玻璃平板、鐵板或任何材質之平板。

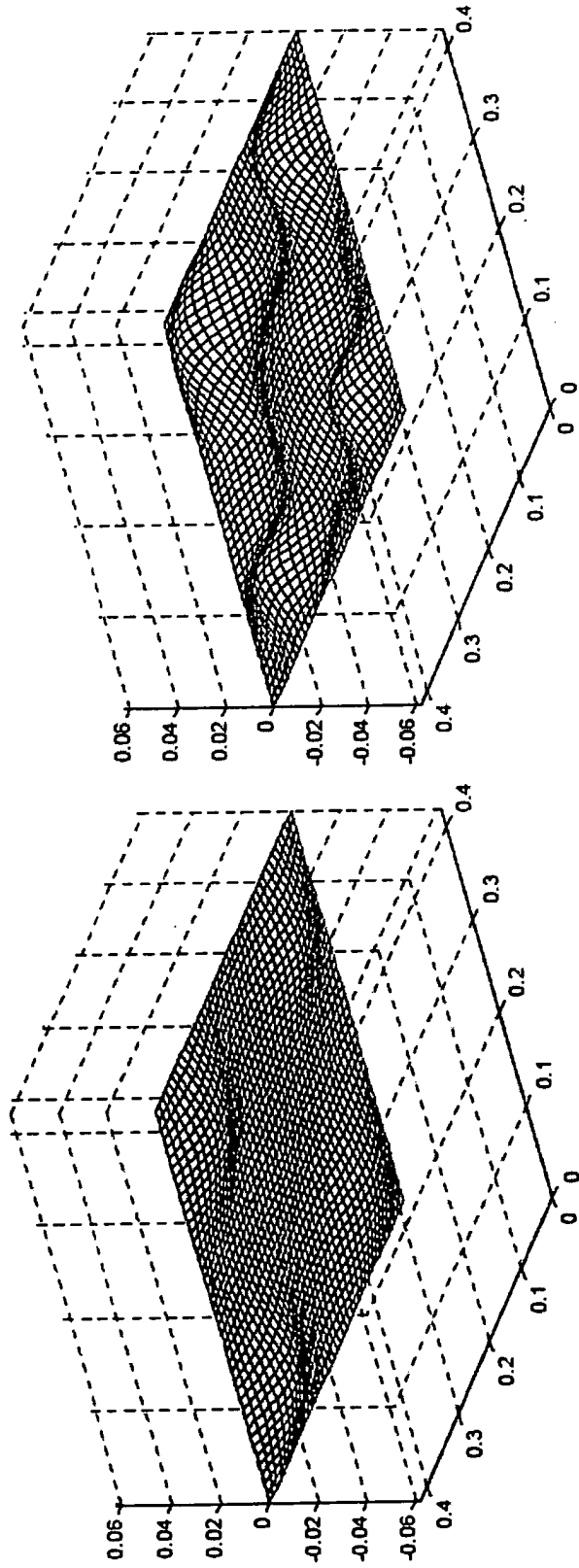
八、圖式：



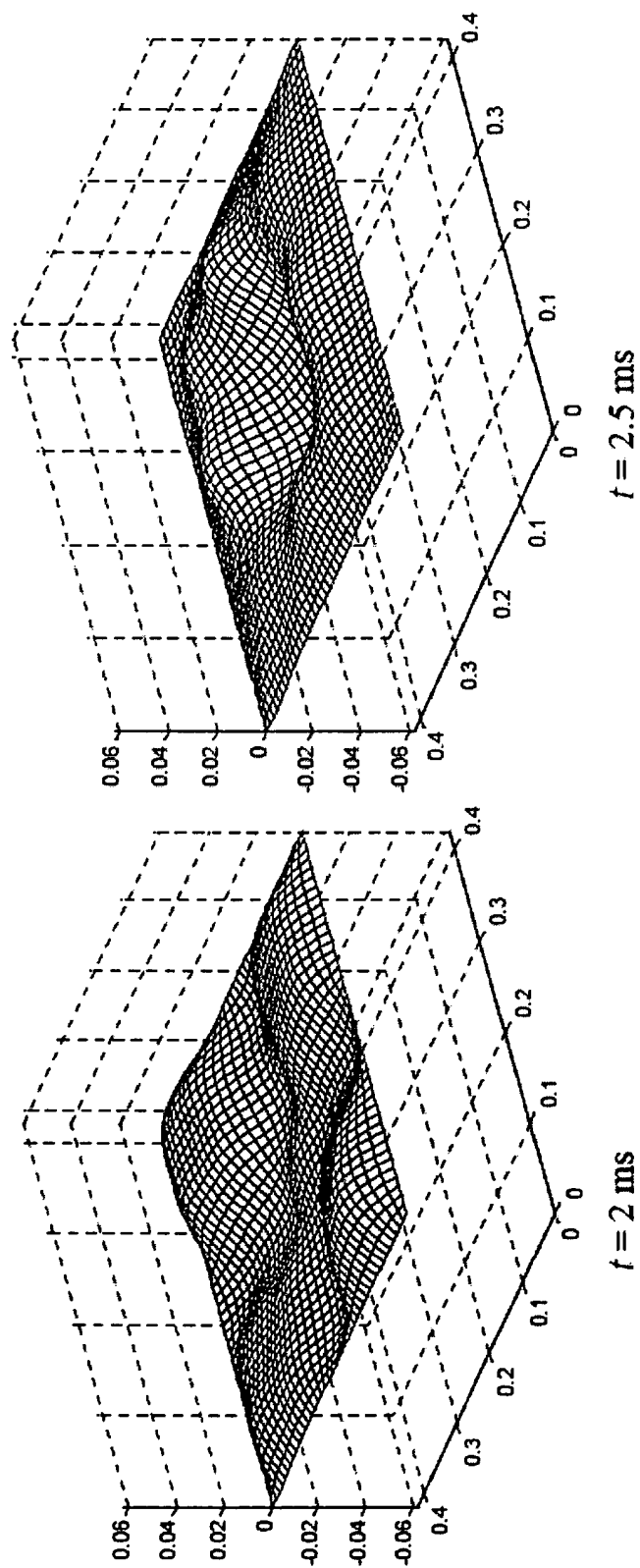
第 1 圖



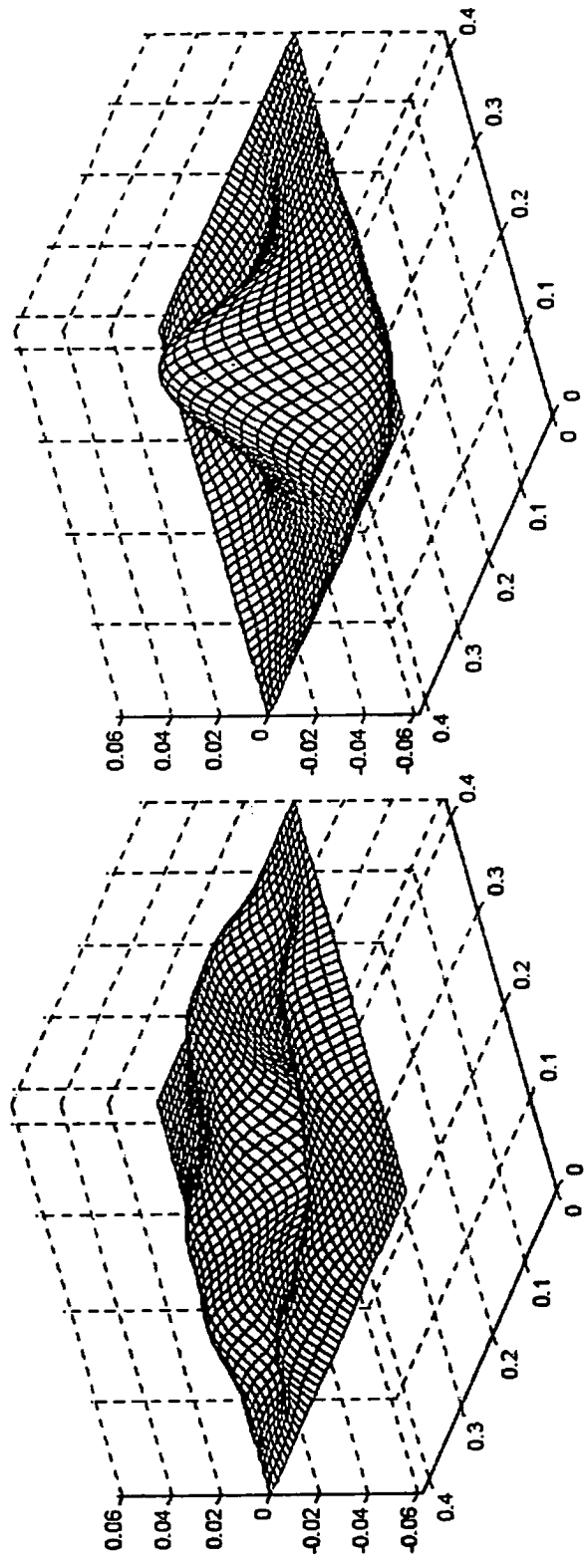
第 2 圖



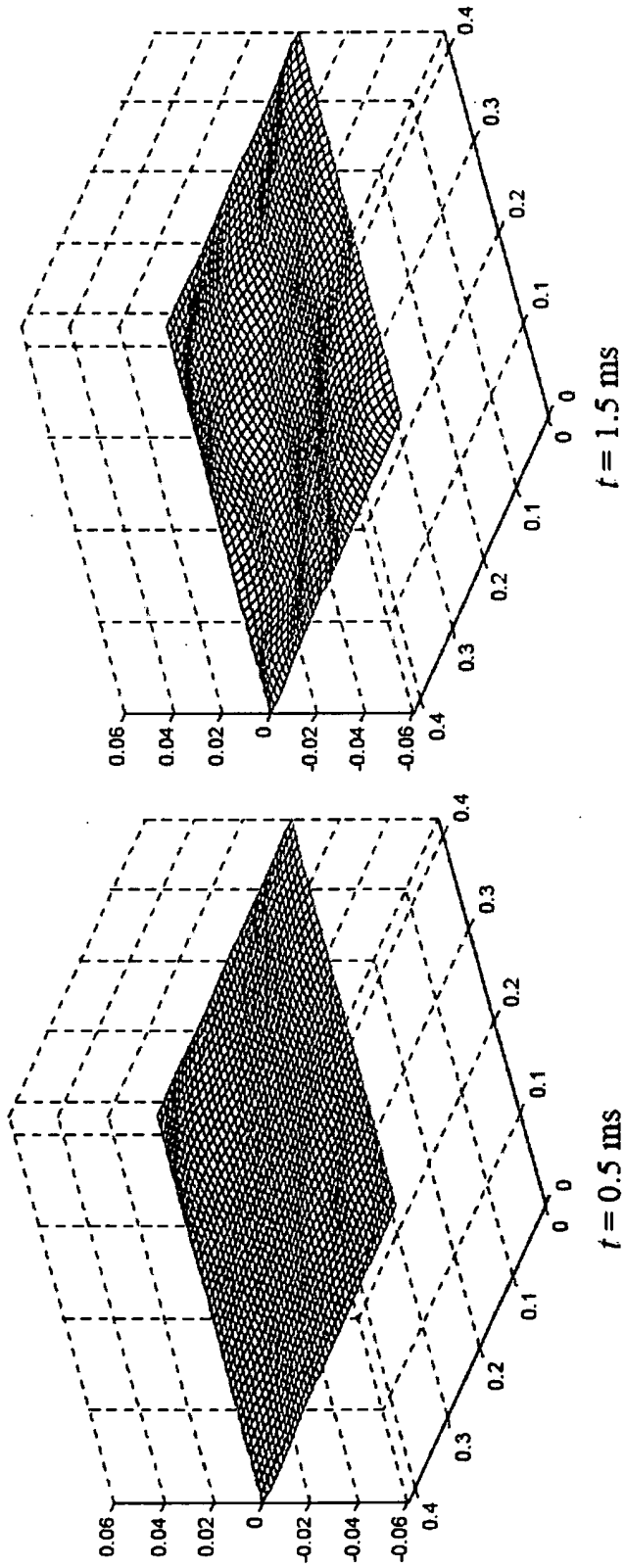
第3A圖



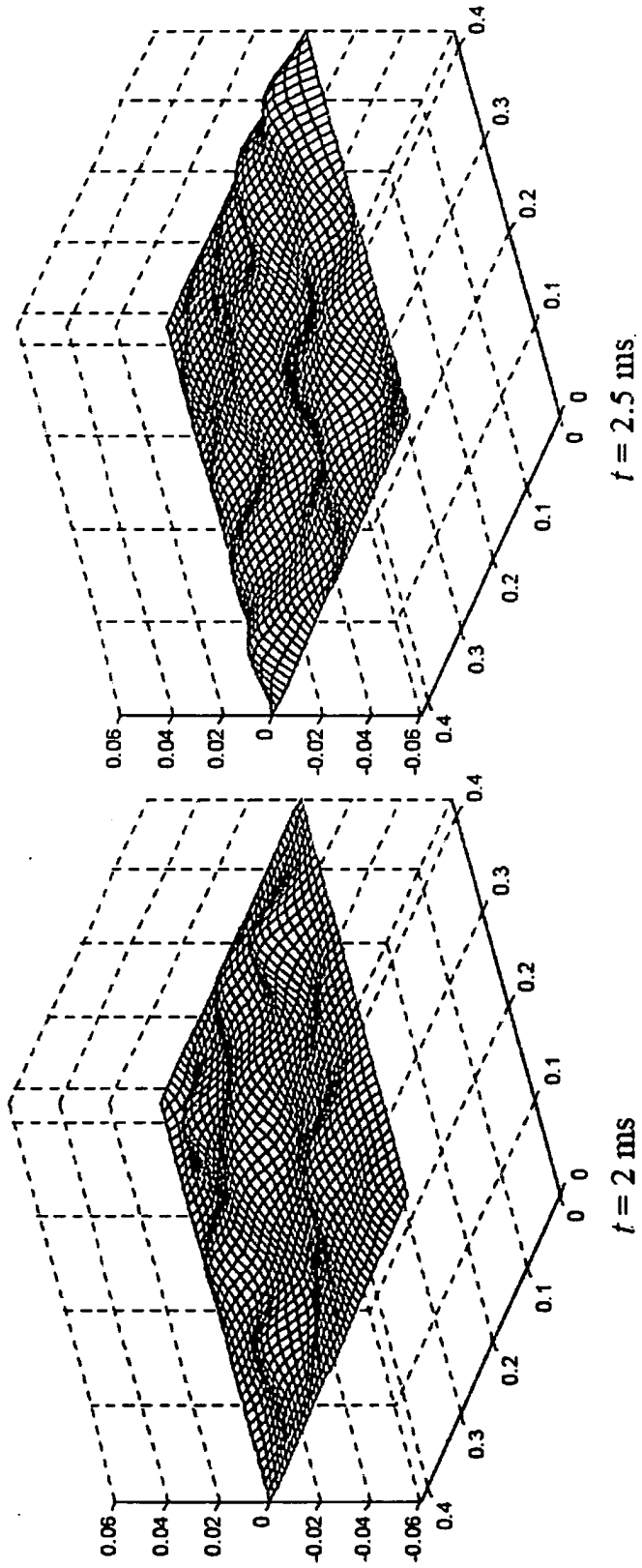
第 3B 圖



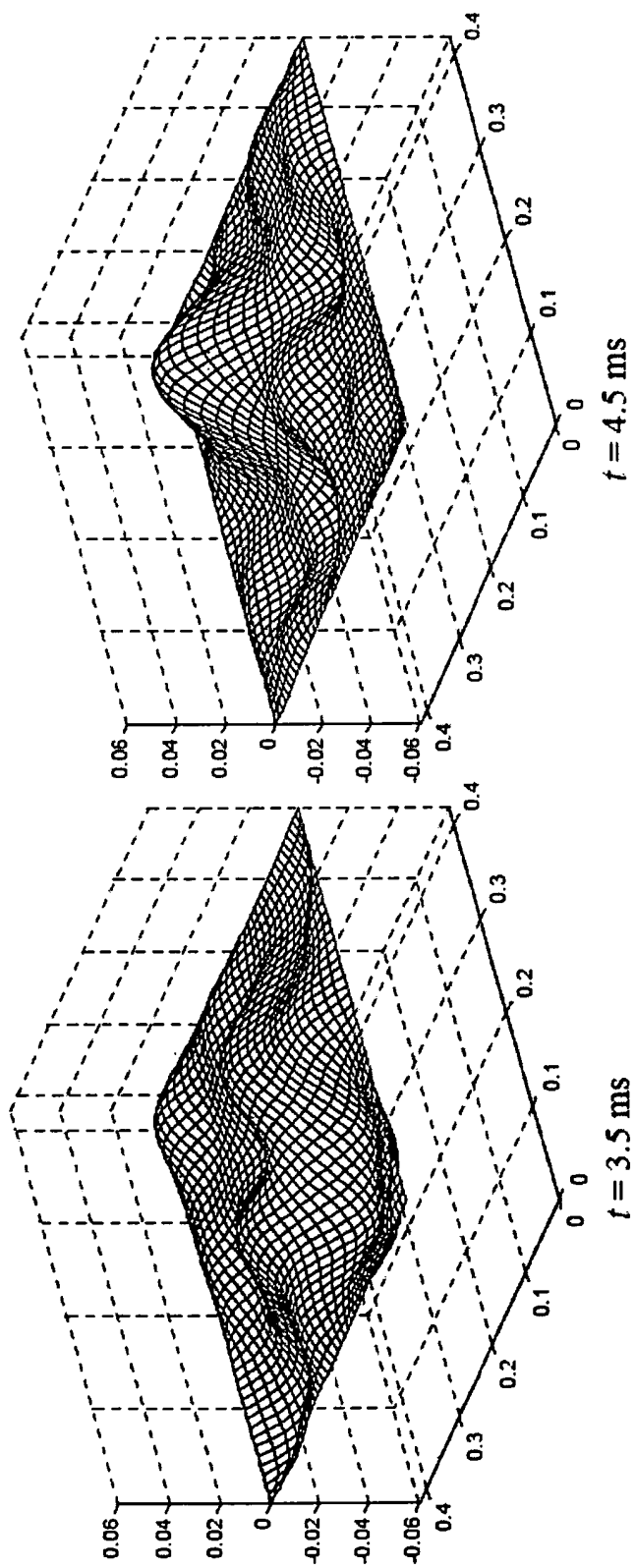
第 3C 圖



第4A圖



第 4B 圖



第 4C 圖