

發明專利說明書

200734888

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：95106887

※申請日期：95.3.1

※IPC 分類：G06F 17/00 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

聲源能量分佈可視化系統及其方法

二、申請人：(共 2 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

國立交通大學

三陽工業股份有限公司

代表人：(中文/英文) 張俊彥

黃世惠

住居所或營業所地址：(中文/英文)

新竹市大學路 1001 號

新竹縣湖口鄉鳳山村一鄰中華路 3 號

國籍：(中文/英文) 中華民國 TW

中華民國 TW

三、發明人：(共 2 人)

姓名：(中文/英文) 1. 白明憲

2. 林家鴻

3. 甯攸威

國籍：(中文/英文) 1. 中華民國 TW

2. 中華民國 TW

3. 中華民國 TW

四、聲明事項：

主張專利法第二十二條第二項第一款或第二款規定之事實，其事實發生日期為： 年 月 日。

申請前已向下列國家（地區）申請專利：

【格式請依：受理國家（地區）、申請日、申請案號 順序註記】

有主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

主張專利法第二十九條第一項國內優先權：

【格式請依：申請日、申請案號 順序註記】

主張專利法第三十條生物材料：

須寄存生物材料者：

國內生物材料 【格式請依：寄存機構、日期、號碼 順序註記】

國外生物材料 【格式請依：寄存國家、機構、日期、號碼 順序註記】

不須寄存生物材料者：

所屬技術領域中具有通常知識者易於獲得時，不須寄存。

五、中文發明摘要：

本發明提供一種聲源能量分佈可視化系統及其方法，其係在求得波傳遞矩陣與窗口矩陣後，透過將波傳遞矩陣進行反逆運算，以及將反逆運算結果與窗口矩陣作相乘運算，把相乘運算結果由頻率域轉換成時間域後，建立起聲源能量分佈重建器，而在進一步利用陣列式麥克風接收聲源訊號，且使用多通道擷取裝置將聲源訊號轉換成數位聲源訊號後，讓數位聲源訊號與聲源能量分佈重建器作旋積運算，而得到一可視化之聲源能量分佈。因此，本發明提供一種聲源能量分佈可視化系統及其方法，其可獲得近場及遠場之穩態與非穩態聲源的能量分佈情形，或是任一頻帶內的聲源能量分佈情況。

六、英文發明摘要：

七、指定代表圖：

(一)、本案代表圖為：第 三 圖

(二)、本案代表圖之元件代表符號簡單說明：

- | | |
|--------------|--------------|
| 12 陣列式麥克風 | 14 聲源能量分佈重建器 |
| 16 電源供應器 | 18 放大器 |
| 20 多通道資料擷取裝置 | 22 電腦系統 |
| 24 反失真濾波器 | 26 聲源能量分佈 |
| 28 頻帶濾波器 | 30 頻帶聲源能量分佈 |
| 32 輸出裝置 | |

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

九、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係有關一種聲源能量分佈之可視化技術，特別是有關一種利用反逆運算技術來實現聲源能量分佈可視化系統及其方法。

【先前技術】

隨著科技的日益進步，人類對生活環境的要求日益增加。然而在自然界中，結構振動所造成的噪音問題卻充斥在生活週遭的環境中，對於人類心理及生理皆會造成嚴重之影響。

在噪音控制的領域中，正確的識別噪音源係為有效改善噪音的基礎，因此聲源識別定位之良窳將會影響噪音控制的效果，必需在確實掌握噪音源的位置、強度分佈、速度分佈與密度分佈等情形下，才能有效地控制噪音或正確評估噪音所產生影響，並進而幫助減少因結構振動產生的噪音，使得結構的噪音最佳化。例如，將噪音控制的技術應用在動力機械診斷工業上，不僅可以協助工程人員判斷動力機械的故障點所在，以及評估噪音源造成之影響，更可以提高工程人員判斷的準確性。

習知在辨識聲源的技術上，有1995年M. A. Rowell 與 D. J. Oldham在J. Sound and Vibration發表的一篇『利用近場聲場全相測定一平面噪音源之指向, 2: 數值模擬』，其係是利用近場聲場全相(near field acoustical holography)技術來辨識聲源，惟近場聲場全相技術具有只能識別出近場平面上聲場分佈，且在運算時必須多次轉換座標，易造成空間失真，以及必須使用大量的麥克風等缺點。另外，美國專利公開第20050225497號亦揭露出一種以聲

束合成陣列(beam forming array)技術來識別聲源的方法，然聲束合成陣列技術只能識別遠場聲場，而且對於非穩態聲源的識別性能較差，及具有無法即時運算、無法同步識別不同座標聲場及為了防止空間失真必須改變陣列式麥克風的形狀等缺點。

有鑑於此，本發明係針對上述之問題，提出一種聲源能量分佈可視化系統及其方法。

【發明內容】

本發明之主要目的，係在提供一種聲源能量分佈可視化系統及其方法，其透過以反逆運算技術建立起之聲源能量分佈重建器，可獲得近場及遠場之穩態與非穩態聲源的能量分佈情況，或是任一頻帶內的聲源能量分佈情形。

本發明之另一目的，係在提供一種聲源能量分佈可視化系統及其方法，其可使用較少數量之陣列式麥克風來獲得平面或非平面上之聲源能量分佈，並具有即時運算、高識別頻寬、不需參考訊號、防止空間失真、可同步獲得不同座標聲源能量分佈，以及陣列式麥克風可不規則排列之優勢。

根據本發明，係藉由設定陣列式麥克風位標與一撤退焦點表面上之撤退焦點位標，進而求出一波傳遞矩陣與一窗口矩陣，接著將波傳遞矩陣進行反逆運算，並將反逆運算結果與窗口矩陣作相乘運算，最後將相乘運算結果利用反傅立葉運算(Inverse Fast Fourier Transform)由頻率域轉換至時間域後，建立起一聲源能量分佈重建器，並在進一步利用陣列式麥克風接收聲源訊號，且使用多通道擷取裝置將聲源訊號轉換成數位聲源訊號後，透

過將數位聲源訊號與聲源能量分佈重建器作旋積運算，而獲得撤退焦點表面上之聲源能量分佈，並在將聲源能量分佈輸出於一輸出裝置後，呈現出聲源能量分佈的情形。其中，波傳遞矩陣係利用公式 $\frac{e^{-jkr_{MN}}}{r_{MN}}$ 所計算出來，而 r_{MN} 為第 N 點撤退焦點位標到第 M 點陣列式麥克風位標的距離，k 為波數 ($k = \frac{\omega}{c} = \frac{2\pi f}{c}$, $c = 343 \text{ m/s}$)。而窗口矩陣則是透過在撤退焦點表面中設定邊界，而以邊界內之撤退焦點位標設為 1，邊界外之撤退焦點位標設為 0，求得該窗口矩陣。除此之外，聲源能量分佈重建器更利用一特徵系統獲得演算法(eigensystem realization algorithm, ERA)，將旋積運算轉換到狀態空間(state-space)進行同步時間之多進多出(MIMO)的運算。另，亦利用撤退焦點表面法，從撤退焦點表面上之聲源能量分佈中求得一重建聲源表面上之聲源能量分佈，以獲得一更高解析度之聲源能量分佈。

底下藉由具體實施例配合所附的圖式詳加說明，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】

本發明係一種利用反逆運算技術建立聲源能量分佈重建器，進而求出聲源能量分佈之可視化系統及其方法。

首先，敘述有關本發明建立聲源能量分佈重建器的原理及步驟，請同時參閱第一(a)圖與第一(b)圖所示，在步驟 S1 中，設定一撤退焦點表面上之撤退焦點位標 $q_1, q_2 \dots q_N$ ，並假設複數點聲源在撤退焦點上；在步驟 S2 中，決定陣列式麥克風之麥克風位標 $p_1, p_2 \dots p_M$ ；在步驟 S3 中，利用式(1)：

$$\frac{e^{-jkr_{MN}}}{r_{MN}} \quad (1)$$

其中， r_{MN} 為第 N 點撤退焦點位標到第 M 點陣列式麥克風位標的距離、 k 為波數($k = \frac{\omega}{c} = \frac{2\pi f}{c}$, $c = 343 \text{ m/s}$)。

因此，藉由給定頻率進而改變波數 k 值的關係，以及依據陣列式麥克風位標與撤退焦點位標之間的距離，可透過式(1)計算出給定頻率之波傳遞矩陣 2，如下列式(2)所示：

$$\mathbf{H}_{M \times N} = \begin{bmatrix} H(r_{11}) & H(r_{12}) & \cdots & H(r_{1N}) \\ H(r_{21}) & H(r_{22}) & \cdots & H(r_{2N}) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ H(r_{M1}) & H(r_{M2}) & \cdots & H(r_{MN}) \end{bmatrix} \quad (2)$$

其中， $H(r_{MN})$ 係由式(1)計算而得，用以代表第 N 點撤退焦點之點聲源訊號到第 M 點陣列式麥克風位標的點聲源能量。而三者之間的關係，則可用式(3)來表示：

$$\begin{bmatrix} p_1 \\ p_2 \\ \vdots \\ p_M \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} H(r_{11}) & H(r_{12}) & \cdots & H(r_{1N}) \\ H(r_{21}) & H(r_{22}) & \cdots & H(r_{2N}) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ H(r_{M1}) & H(r_{M2}) & \cdots & H(r_{MN}) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} q_1 \\ q_2 \\ \vdots \\ q_N \end{bmatrix} \quad (3)$$

接著在步驟 S4 中，請再同時參閱第二圖所示，透過設定撤退焦點表面 6 之邊界，並以邊界內之共 B 點之撤退焦點 8 設為 1，邊界外之撤退焦點 10、10' 設為 0，求得一窗口矩陣，如下列式(4)所示：

$$W = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \ddots & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \ddots & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1_B & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (4)$$

在步驟 S5 中，藉由將波傳遞矩陣 2 作反逆運算，並讓反逆運算結果與窗口矩陣做相乘運算，而求得一反逆矩陣 $C_{B \times M}$ 4 後，將反逆矩陣 4 利用反傅立葉運算(Inverse Fast Fourier Transform)由頻率域轉換成時間域，建立起一聲源能量分佈重建器。最後，於步驟 S6 中，當建立聲源能量分佈重建器後，依照聲源能量分佈重建器之要求擺設一陣列式麥克風，並將陣列式麥克風接收的複數聲源訊號，在經過一多通道擷取裝置轉換成複數數位聲源訊號之後，藉由將數位聲源訊號與聲源能量分佈重建器作旋積運算，即可獲得共 B 點之撤退焦點表面 6 上的聲源能量分佈 $\hat{q}_1, \hat{q}_2 \dots \hat{q}_B$ 。

接著，請參閱第三圖所示，其係為本發明之架構示意圖，如圖所示，當陣列式麥克風 12 依聲源能量分佈重建 14 之要求進行擺設後，接收從被量測物所發出之複數聲源訊號，其中陣列式麥克風 12 量測聲源訊號的距離是由聲源能量分佈重建 14 計算出之波傳遞矩陣的最大及最小奇異值比(最大奇異值/最小奇異值)來決定，當最大奇異值與最小奇異值比取對數後小於等於 1000 時，決定聲場是為近場(nearfield)，而當最大奇異值與最小奇異值比取對數後大於 1000 時，則為遠場(farfield)，接著讓聲源訊號在經過多進多出的電源供應器 16 及放大器 18 後，使聲源訊號進入多通道資料擷取裝

置 20，並利用多通道資料擷取裝置 20 將聲源訊號由類比轉成數位聲源訊號後送入電腦系統 22 內，使數位聲源訊號後續的運算在電腦系統 22 內進行，而在電腦系統 22 中，當數位聲源訊號在經過反失真濾波器(anti-aliasing filter)24 的濾波運算後，接著被送至聲源能量分佈重建器 14，並在與聲源能量分佈重建器 14 作旋積運算之後，以獲得一撤退焦點表面上之聲源能量分佈 26，其中聲源能量分佈 26 可以是聲源大小分佈、聲源速度分佈或聲源密度分佈。此外，本發明更可以利用頻帶濾波器 28 對聲源能量分佈重建器 14 運算所得之聲源能量分佈 26 進行濾波，而獲得想分析之頻帶聲源能量分佈 30。最後，可藉由將聲源能量分佈 28 或頻帶聲源能量分佈 30 從電腦系統 22 輸出至一輸出裝置 32 後，例如電腦螢幕，令使用者可由輸出裝置 32 得知聲源能量分佈之情形或是頻帶聲源能量分佈之情形，進而識別聲源的位置以及分析聲場分佈。

因此，本發明係在先建立起一聲源能量分佈重建器後，讓依照聲源能量分佈重建器要求而擺設之陣列式麥克風，將所接受到之聲源訊號在經過類比數位轉換之後，透過與聲源能量分佈重建器做旋積運算，而獲得聲源能量分佈。

在本發明中，使用窗口矩陣主要是為了增加在聲源邊界上的識別準確度，使聲源能量分佈的誤差可以降到最小。請同時參閱第四(a)圖與第四(b)圖所示，其係分別為不含有窗口矩陣以及含有窗口矩陣之聲源能量分佈重建器位在左方邊界上(0m)時所輸出的波束圖(beampattern)，由兩圖中可以看出，含有窗口矩陣之聲源能量分佈重建器其波束(beam)比不含有窗口矩陣之

聲源能量分佈重建器其波束更能準確地指在邊界上，因此本發明利用窗口矩陣可增加識別聲場邊界聲源的準確度。

再者，若當陣列式麥克風之麥克風位標數量小於撤退焦點位標數量時，本發明利用未足決定架構(under-determined)，可使陣列式麥克風之麥克風位標在數量小於撤退焦點位標數量時，讓聲源能量分佈重建器以右反逆(right inverse)運算來求得波傳遞矩陣 $H_{M \times N}$ 反逆運算後的結果，而進一步建立出適用於陣列式麥克風位標數量小於撤退焦點位標數量的聲源能量分佈重建器。

此外，為減少本發明之聲源能量分佈重建器與數位聲源訊號的旋積運算量，以提高聲源能量分佈重建器的效率，本發明利用特徵系統獲得演算法(eigensystem realization algorithm, ERA)使聲源能量分佈重建器和數位聲源訊號的旋積運算轉換到狀態空間(state-space)進行運算，其方式為首先將聲源能量分佈重建器之脈衝響應排成一漢克矩陣(Hankel matrix)，並對漢克矩陣做奇異值分解(SVD)，請參閱第五圖所示，其係為漢克矩陣做完奇異值分解後之奇異值的大小分佈圖，如圖所示，因為在 n 點之後的奇異值非常小，代表著 n 點之後為多餘的資訊都可在此省略，所以可以只取前 n 點的奇異值來運算，故可進行降階動作，然後將降階後之漢克矩陣做特徵系統獲得演算法內之準則運算，即可得到狀態空間運算四大矩陣參數，並在將數位聲源訊號經過狀態空間運算法後，獲得聲源能量分佈。因此，利用特徵系統獲得演算法可減少聲源能量分佈重建器乘法及加法運算的使用量，並達到同步時間多進多出(MIMO)的效果。

請參閱第六圖所示，本發明之陣列式麥克風可以是將陣列式麥克風排成一維，用以接收聲源訊號 34 的一維線性陣列式麥克風 36，當聲源訊號 34 被一維線性陣列式麥克風 36 接收，且經過多通道資料擷取裝置轉換成數位聲源訊號後，再進一步與聲源能量分佈重建器做旋積運算，即可獲得撤退焦點表面上的聲源能量分佈，如第七圖所示，其係為聲源大小分佈圖，由圖中顯示出在撤退焦點表面上的一公尺及二公尺上有聲源所在；此外，請參閱第八圖所示，本發明之陣列式麥克風亦可以是將陣列式麥克風排成二維，用以接收聲源訊號 38 的二維線性陣列式麥克風 40，並在將量測到的數位聲源訊號與聲源能量分佈重建器做旋積運算之後，得到撤退焦點表面上較高解析度的聲源能量分佈。例如當撤退焦點表面上有形狀為”田”之聲源時，請參閱第九圖所示，其係顯示出利用二維線性陣列式麥克風 40 所接受到之聲源訊號 38，在經過多通道資料擷取裝置類比數位轉換後所獲得之數位聲源訊號分佈圖，而在將數位聲源訊號與聲源能量分佈重建器做旋積運算之後，可以得到如第十圖所示之撤退焦點間距為 0.005m 的撤退焦點表面上較高解析度的聲源大小分佈圖。惟本發明之陣列式麥克風更可以是不規則排列。

再者，為增加聲場分佈的解析度，請再同時參閱第十一圖所示，聲源能量分佈重建器於求得到撤退焦點表面上的聲源能量分佈 26 後，更進一步利用撤退焦點表面法由撤退焦點表面上的聲源能量分佈再建立起一重建聲源表面(reconstructed source surface)42，並於求出重建聲源表面 42 上的聲源能量分佈後，獲得一更高解析度之聲源能量分佈。其中，撤退焦點表面法

係利用式(5)來進行重建聲源表面 42 上的聲源能量分佈計算：

$$\frac{A}{r} e^{-jkr} \quad (5)$$

其中，A 為撤退焦點表面上之聲源能量分佈 26、r 為撤退焦點表面上之撤退焦點到重建聲源表面 42 上之焦點的距離、k 為波數($k = \frac{\omega}{c} = \frac{2\pi f}{c}$, $c = 343 \text{ m/s}$)。

接著，請再同時參閱第十圖與第十二圖所示，其中第十二圖為重建聲源表面(焦點間距為 0.0025m)上的聲源大小分佈圖，由這兩圖比較後可以看出，使用撤退焦點表面法可以增加聲源能量分佈的解析度，更可看聲源識別及聲場分佈重建器的空間解析度。

然而在聲場中除了聲源大小可看出聲場分佈以外，速度及密度亦可看出聲場分佈，請同時參閱第十三圖與第十四圖所示，其係分別為聲源速度分佈圖以及聲源密度分佈圖，由這兩圖中可以看出，聲源速度分佈與聲源密度分佈可以更清楚的看出聲場分佈情形。

除此之外，本發明更可利用影像內插，例如使用 sinc 函式，如第十五圖所示，或是高斯(gauss)函式，如第十六圖所示，來對聲源能量分佈進行內插運算，以使聲源能量分佈有較佳的解析度輸出於輸出裝置。

另，為了可以在不用移動陣列式麥克風或被測量物的情況下，仍可在同步時間內獲得不同座標的聲源能量分佈，本發明更利用合成孔徑法，讓量測孔徑最大可轉向 30 度，並在利用陣列式麥克風第一次所量測到的數位聲源訊號與聲源能量分佈重建器做旋積運算後，得到轉向後之孔徑內之撤退焦點表面上的聲源能量分佈。例如第十七圖所示，其係為本發明利用合成孔徑法取得與二維陣列式麥克風 40 夾角 θ 為 30 度以內之撤退焦點表面

44 的示意圖。因此，本發明具有在同步時間內增大聲場識別面積的優點。

因此，綜上所述，可知本發明透過給定不同的頻率進而求得不同之波傳遞矩陣，使本發明具有高識別頻寬的優勢，另外因為本發明不需要經過多次的轉換，故亦具有防止空間失真的優點，再加上因為不需要在被量測物上放置參考聲源訊號，所以本發明也具有不需參考訊號的優點。

利用上述以反逆運算技術並於時間域上進行運算之系統與方法可有效地識別聲源位置及獲得聲場分佈情況。因此，本發明不但可有效解決習知聲源識別技術無法同時獲得近場及遠場聲源能量分佈，與無法即時運算等問題，提供一種聲源能量分佈可視化系統及其方法，可獲得近場及遠場之穩態與非穩態聲源的聲源能量分佈，或是任一頻帶內的聲源能量分佈，並可使用較少數量之陣列式麥克風來獲得平面或非平面上聲源能量分佈，以及具有即時運算、高識別頻寬、不需參考訊號、防止空間失真、可同步獲得不同座標之聲源能量分佈，以及陣列式麥克風可不規則排列之優點。

以上所述係藉由實施例說明本發明之特點，其目的在使熟習該技術者能瞭解本發明之內容並據以實施，而非限定本發明之專利範圍，故，凡其他未脫離本發明所揭示之精神所完成之等效修飾或修改，仍應包含在以下所述之申請專利範圍中。

【圖式簡單說明】

第一(a)圖為本發明建立聲源能量分佈重建器的原理示意圖。

第一(b)圖為本發明建立聲源能量分佈重建器並且利用聲源能量分佈重建器獲得聲源能量分佈之流程圖。

第二圖為本發明建立一窗口矩陣的示意圖。

第三圖為本發明之架構示意圖。

第四(a)圖為本發明利用不含有窗口矩陣之聲源能量分佈重建器所獲得之波束圖。

第四(b)圖為本發明利用含有窗口矩陣之聲源能量分佈重建器所獲得之波束圖。

第五圖為本發明之奇異值大小分佈示意圖。

第六圖為本發明之陣列式麥克風排成一維線性陣列式麥克風的示意圖。

第七圖為本發明以一維線性陣列式麥克風量測聲源訊號所獲得之聲源大小分佈圖。

第八圖為本發明之陣列式麥克風排成二維線性陣列式麥克風的示意圖。

第九圖為本發明利用二維線性陣列式麥克風量測到之數位聲源訊號分佈圖。

第十圖為本發明以二維線性陣列式麥克風量測聲源訊號所獲得之聲源大小分佈圖。

第十一圖為本發明之利用撤退焦點表面法建立起一重建聲源表面的示意圖。

第十二圖為本發明使用撤退焦點表面法所獲得之在重建聲源表面上之聲源大小分佈。

第十三圖為本發明在重建聲源表面上之聲源速度分佈。

第十四圖為本發明在重建聲源表面上之聲源密度分佈。

第十五圖為 sinc 函式圖。

第十六圖為高斯(gauss)函式圖。

第十七圖為本發明利用合成孔徑法取得與二維線性陣列式麥克風夾角 θ 度以內之撤退焦點表面的示意圖。

【主要元件符號說明】

- | | |
|---------------|--------------|
| 2 波傳遞矩陣 | 4 反逆矩陣 |
| 6 撤退焦點表面 | 8 邊界內之撤退焦點 |
| 10 邊界外之撤退焦點 | 10' 邊界外之撤退焦點 |
| 12 陣列式麥克風 | 14 聲源能量分佈重建器 |
| 16 電源供應器 | 18 放大器 |
| 20 多通道資料擷取裝置 | 22 電腦系統 |
| 24 反失真濾波器 | 26 聲源能量分佈 |
| 28 頻帶濾波器 | 30 頻帶聲源能量分佈 |
| 32 輸出裝置 | 34 聲源訊號 |
| 36 一維線性陣列式麥克風 | 38 聲源訊號 |
| 40 二維線性陣列式麥克風 | 42 重建聲源表面 |
| 44 撤退焦點表面 | |

十、申請專利範圍：

1.一種聲源能量分佈可視化系統，包括：

一陣列式麥克風，其係用於接收複數聲源訊號；

一多通道擷取裝置，其係將該等聲源訊號轉換成複數數位聲源訊號；以

及

一聲源能量分佈重建器，其係透過設定一陣列式麥克風位標與一撤退焦點表面上之複數撤退焦點位標而算出一波傳遞矩陣與一窗口矩陣後，對該波傳遞矩陣進行反逆運算，再將反逆運算結果與該窗口矩陣做相乘運算，並在將相乘運算結果由頻率域換成時間域後，建立該聲源能量分佈重建器，而當該聲源能量分佈重建器接收到該等數位聲源訊號後，透過與該等數位聲源訊號作旋積(convolution)運算，獲得該撤退焦點表面上之聲源能量分佈。

2.如申請專利範圍第 1 項所述之聲源能量分佈可視化系統，其中，該陣列式麥克風係為一維線性陣列式麥克風或二維線性陣列式麥克風。

3.如申請專利範圍第 1 項所述之聲源能量分佈可視化系統，其中，該陣列式麥克風須依照該聲源能量分佈重建器之要求進行擺設，以接收該等聲源訊號。

4.如申請專利範圍第 1 項所述之聲源能量分佈可視化系統，其中，該波傳遞矩陣係利用公式 $\frac{e^{-jkr_{MN}}}{r_{MN}}$ 計算出來，其中 r_{MN} 為第 N 點該等撤退焦點位標到第 M 點該陣列式麥克風位標的距離，k 為波數($k = \frac{\omega}{c} = \frac{2\pi f}{c}$, $c = 343 \text{ m/s}$)。

5.如申請專利範圍第 1 項所述之聲源能量分佈可視化系統，其中，該窗口矩

陣係透過在該撤退焦點表面中設定邊界，並將邊界內之該等撤退焦點位標設為 1，邊界外之該等撤退焦點位標設為 0，而獲得該窗口矩陣。

6.如申請專利範圍第 1 項所述之聲源能量分佈可視化系統，其中，在頻率域換成時間域的運算中，係利用反傅立葉運算(Inverse Fast Fourier Transform)來將相乘運算結果由頻率域轉換成時間域。

7.如申請專利範圍第 1 項所述之聲源能量分佈可視化系統，其中，該聲源能量分佈可為聲源大小分佈、聲源速度分佈或聲源密度分佈。

8.如申請專利範圍第 1 項所述之聲源能量分佈可視化系統，其中，該聲源能量分佈重建器更利用一未足決定架構(Under-determined)，使該陣列式麥克風位標之數量可少於該等撤退焦點位標之數量，並利用右反逆(right inverse)運算求得該波傳遞矩陣之反逆運算結果。

9.如申請專利範圍第 1 項所述之聲源能量分佈可視化系統，其中，該聲源能量分佈重建器更利用一特徵系統獲得演算法(eigensystem realization algorithm, ERA)，將該等數位聲源訊號與該聲源能量分佈重建器之旋積運算轉換到狀態空間(state-space)進行同步時間之多進多出(MIMO)之運算。

10.如申請專利範圍第 1 項所述之聲源能源分佈可視化系統，其中，該聲源能量分佈重建器更利用一合成孔徑法，讓該聲源能量分佈重建器可以透過該等數位聲源訊號，獲得與該陣列式麥克風夾角 30 度以內之聲源能量分佈。

11.如申請專利範圍第 1 項所述之聲源能量分佈可視化系統，其中，該聲源能量分佈重建器更利用撤退焦點表面法，從該聲源能量分佈中獲得一重建聲源表面上之聲源能量分佈。

12.如申請專利範圍第 11 項所述之聲源能量分佈可視化系統，其中，該撤退焦點表面法公式為 $\frac{A}{r}e^{-jkr}$ ，其中 A 為該聲源能量分佈、r 為該等撤退焦點表面之撤退焦點到該重建聲源表面上之焦點的距離、k 為波數 ($k = \frac{\omega}{c} = \frac{2\pi f}{c}$, $c = 343 \text{ m/s}$)。

13.如申請專利範圍第 1 項所述之聲源能量分佈可視化系統，其中，該聲源能量分佈重建器更利用一影像內插法，將該聲源能量分佈作內插運算，以獲得一更高解析度之聲源能量分佈。

14.如申請專利範圍第 13 項所述之聲源能量分佈可視化系統，其中，該影像內插演算法係使用 sinc 函式或高斯(gauss)函式。

15.如申請專利範圍第 1 項所述之聲源能量分佈可視化系統，更包括一頻帶濾波器，其係可對該聲源能量分佈作濾波運算，以獲得該聲源能量分佈其中一頻帶之聲源能量分佈。

16.如申請專利範圍第 1 項所述之聲源能量分佈可視化系統，更包括一輸出裝置，其係用以輸出該聲源能量分佈，而可得到該聲源能量分佈之情形。

17.一種聲源能量分佈可視化之方法，包括下列步驟：

(a) 設定陣列式麥克風位標，以及一撤退焦點表面上之複數撤退焦點位標；

(b) 給定頻率，並根據該陣列式麥克風位標與該等撤退焦點位標之距離，計算出一波傳遞矩陣，以及透過在該撤退焦點表面設定邊界，並以邊界內之該等撤退焦點位標設為 1，邊界外之該等撤退焦點位標設為 0，算出一窗口矩陣；

(c) 對該波傳遞矩陣做反逆運算，並將反逆運算結果與該窗口矩陣進行相乘運算，而在將相乘運算結果由頻率域轉換成時間域後，先建立起一聲源能量分佈重建器；

(d) 利用一陣列式麥克風接收複數聲源訊號，並讓該等聲源訊號在經過一多通道擷取裝置後轉換成複數數位聲源訊號；以及

(e) 將該等數位聲源訊號與該聲源能量分佈重建器作旋積運算後，獲得該撤退焦點表面上之聲源能量分佈。

18.如申請專利範圍第 17 項所述之聲源能量分佈可視化之方法，其中，該陣列式麥克風係為一維線性陣列式麥克風或二維線性陣列式麥克風。

19.如申請專利範圍第 17 項所述之聲源能量分佈可視化之方法；其中，計算該波傳遞矩陣係利用 $\frac{e^{-jkr_{MN}}}{r_{MN}}$ 公式，其中 r_{MN} 為第 N 點該等撤退焦點位標到第 M 點該陣列式麥克風位標的距離，k 代表波數 ($k = \frac{\omega}{c} = \frac{2\pi f}{c}$, $c = 343 \text{ m/s}$)。

20.如申請專利範圍第 17 項所述之聲源能量分佈可視化之方法，更包括在該等撤退焦點位標數量超過該陣列式麥克風位標數量時，利用未足決定架構 (Under-determined)，於步驟(c)中，對該波傳遞矩陣以右反逆(right inverse) 運算求得該波傳遞矩陣之反逆運算結果。

21.如申請專利範圍第 17 項所述之聲源能量分佈可視化之方法，其中，在步驟(d)中，該陣列式麥克風須依照聲源能量分佈重建器之要求進行擺設，而接收該等聲源訊號。

22.如申請專利範圍第 17 項所述之聲源能量分佈可視化之方法，其中，在步驟(e)中，更利用特徵系統獲得演算法(eigensystem realization algorithm,

ERA)，將旋積運算轉換到狀態空間(state-space)進行同步時間之多進多出(MIMO)的運算。

23.如申請專利範圍第 17 項所述之聲源能量分佈可視化之方法，更包括利用合成孔徑法，讓該聲源能量分佈重建器可以透過該等數位聲源訊號取得與該陣列式麥克風夾角 30 度以內之聲源能量分佈。

24.如申請專利範圍第 17 項所述之聲源能量分佈可視化之方法，其中，在步驟(e)中，更利用一撤退撤退焦點表面法，從該聲源能量分佈建立一重建聲源表面，並獲得該重建聲源表面上之聲源能量分佈。

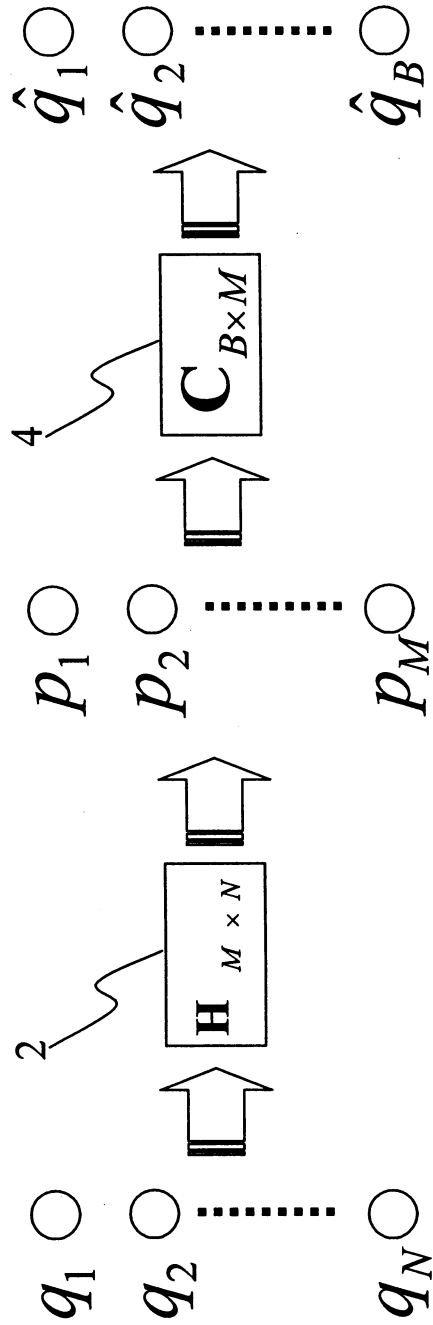
25.如申請專利範圍第 24 項所述之聲源能量分佈可視化之方法，其中，該撤退焦點表面法演算式為 $\frac{A}{r}e^{-jkr}$ ，其中 A 為該撤退焦點表面上之聲源能量分佈、r 為該等撤退焦點表面之撤退焦點到該重建聲源表面上之焦點的距離、k 為波數($k = \frac{\omega}{c} = \frac{2\pi f}{c}$, $c = 343 \text{ m/s}$)。

26.如申請專利範圍第 17 項所述之聲源能量分佈可視化之方法，其中，在步驟(e)中，更利用一影像內插演算法，對該聲源能量分佈進行內插運算，以獲得一更高解析度之聲源能量分佈。

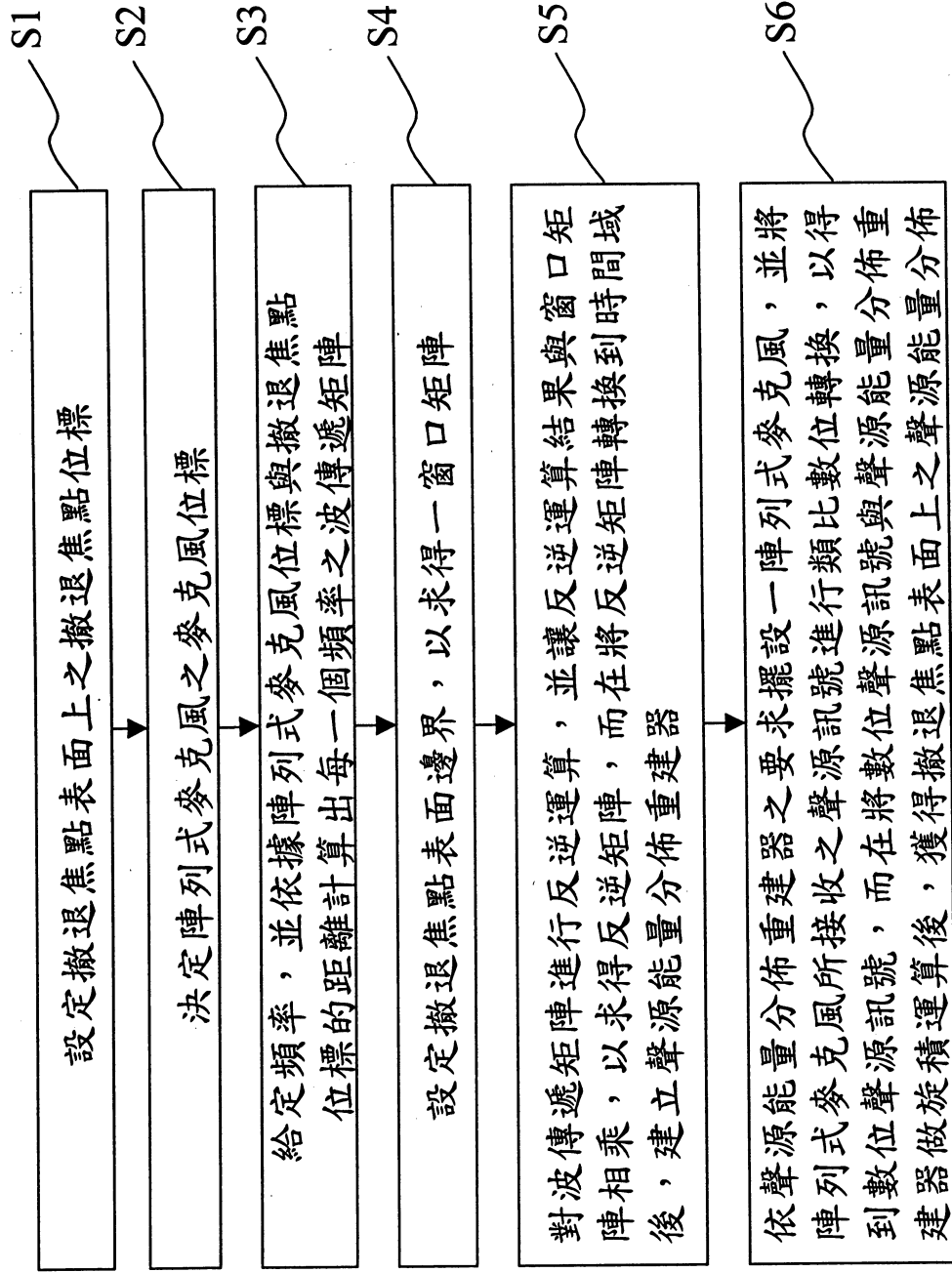
27.如申請專利範圍第 26 項所述之聲源能量分佈可視化之方法，其中，該影像內插演算法可為 sinc 函式或高斯(gauss)函式。

28.如申請專利範圍第 17 項所述之聲源能量分佈可視化之方法，其中，在步驟(e)中，更利用一頻帶濾波器對該聲源能量分佈作濾波運算，以獲得該聲源能量分佈其中一頻帶之聲源能量分佈。

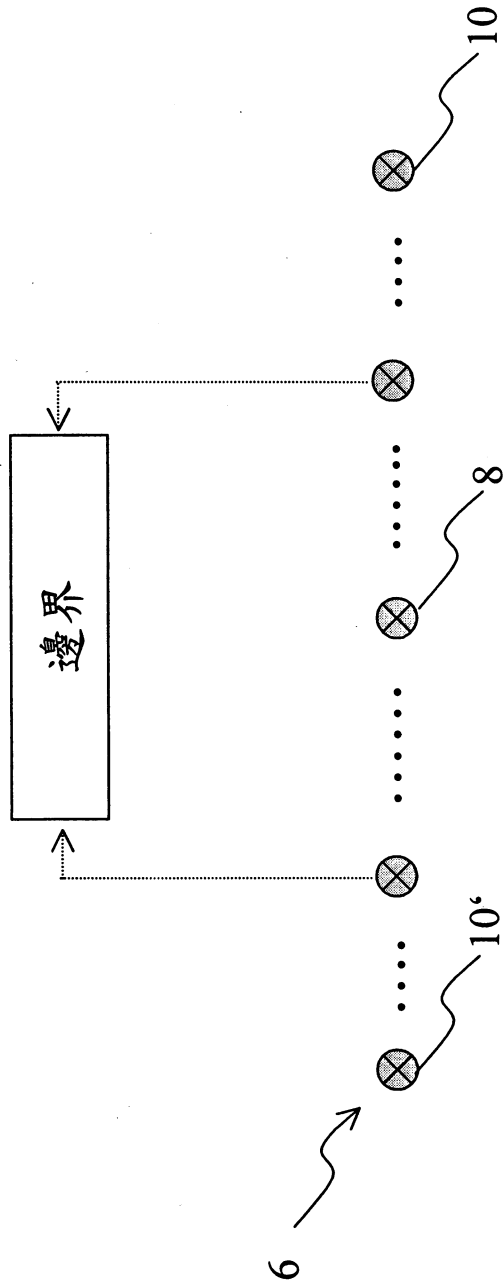
29.如申請專利範圍第 17 項所述之聲源能量分佈可視化之方法，其中，在步驟(e)中，該聲源能量分佈更可利用一輸出裝置輸出，而得到該聲源能量分佈的情形。



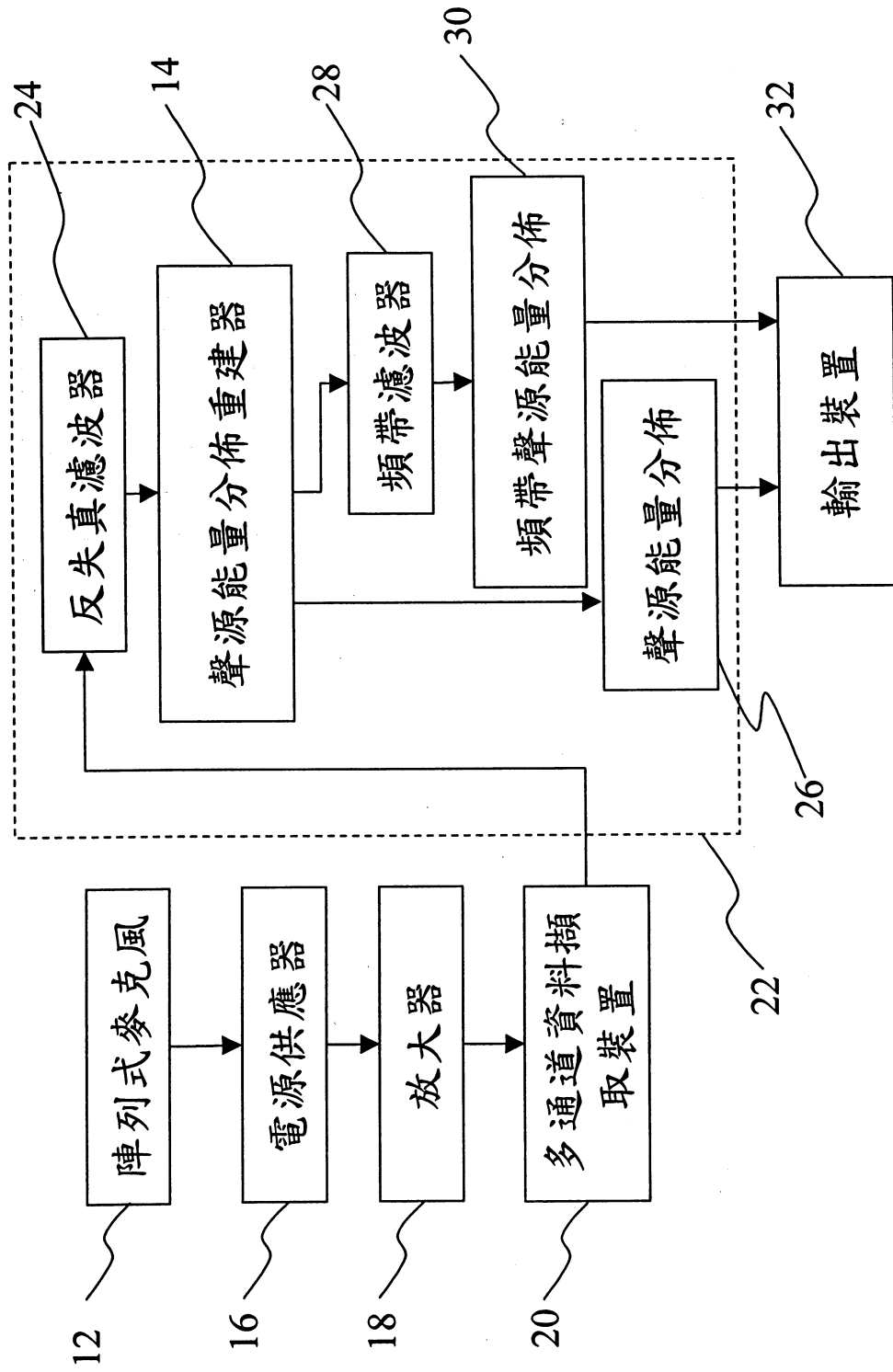
第一(a)圖



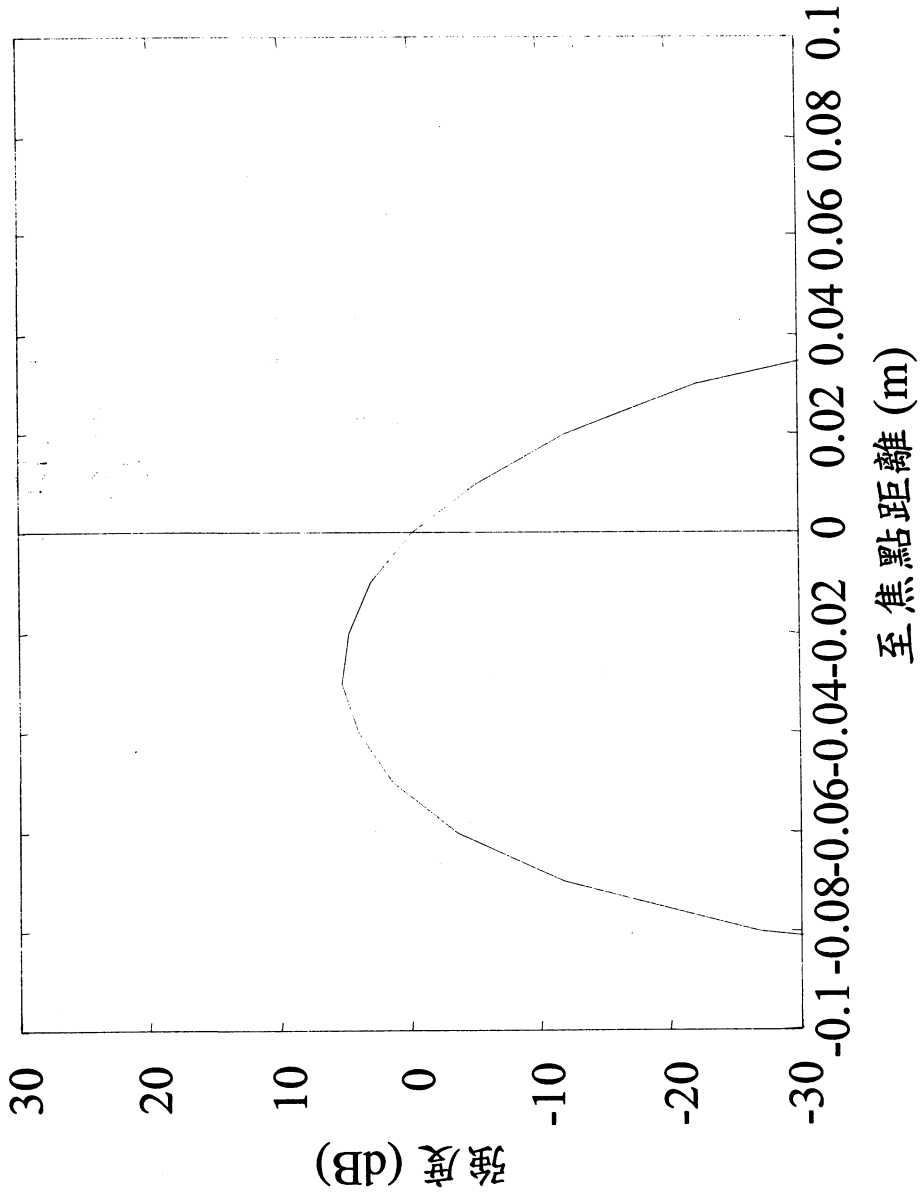
第一(b)圖



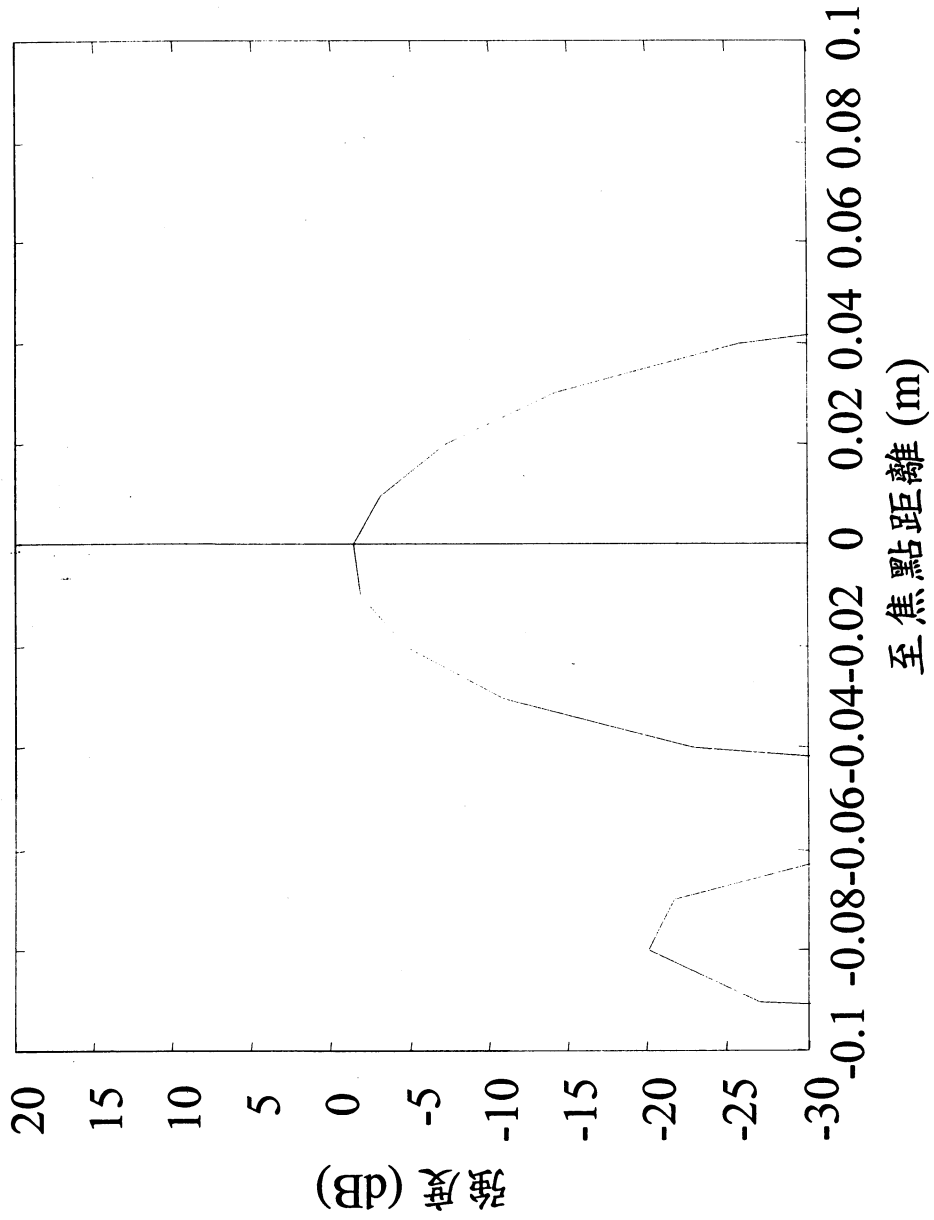
第二圖



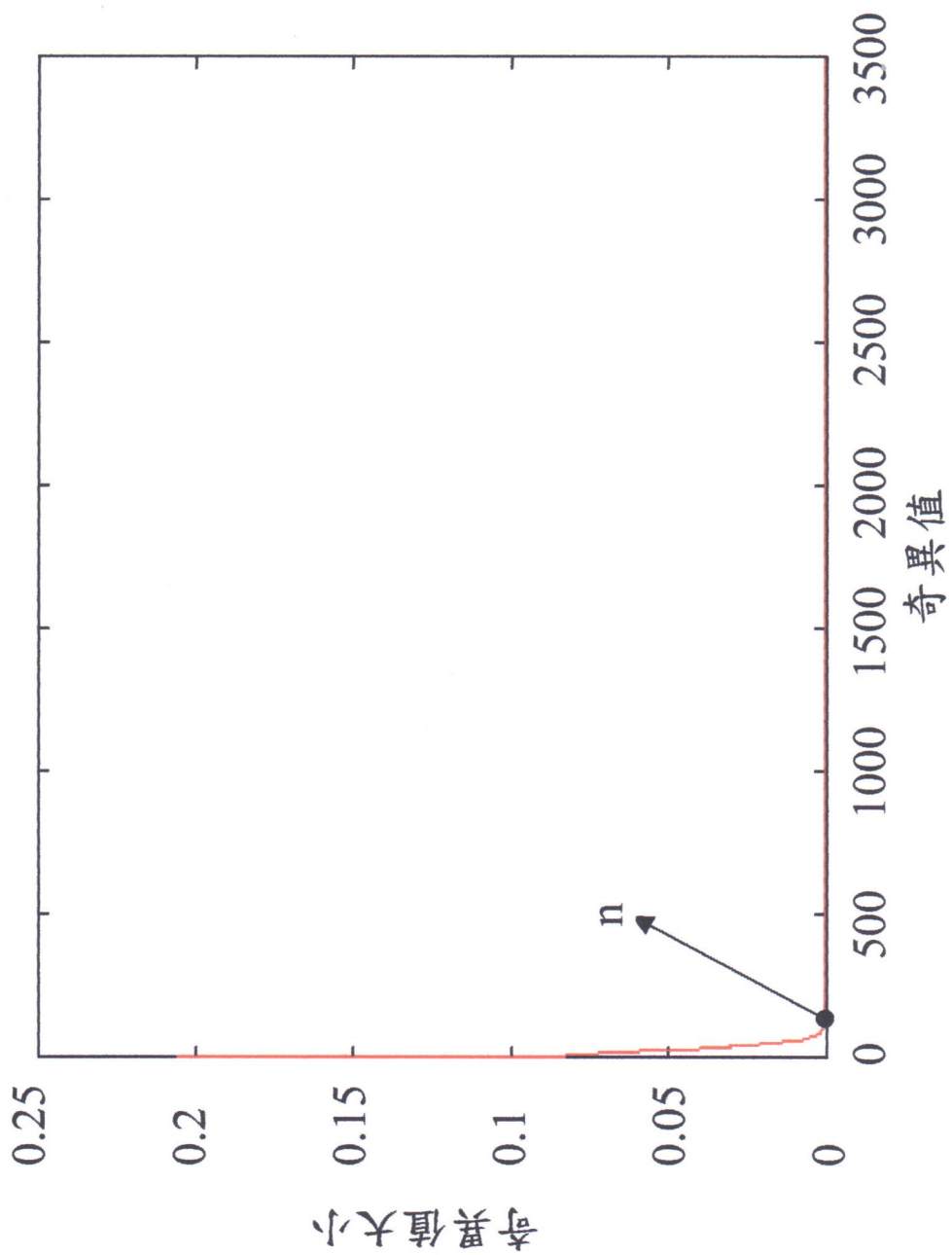
第三圖



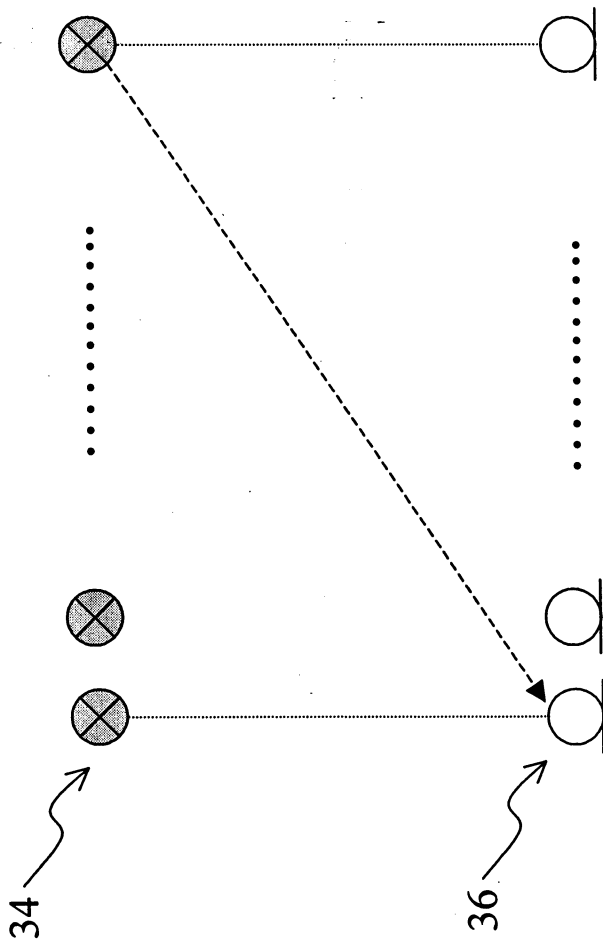
第四(a)圖



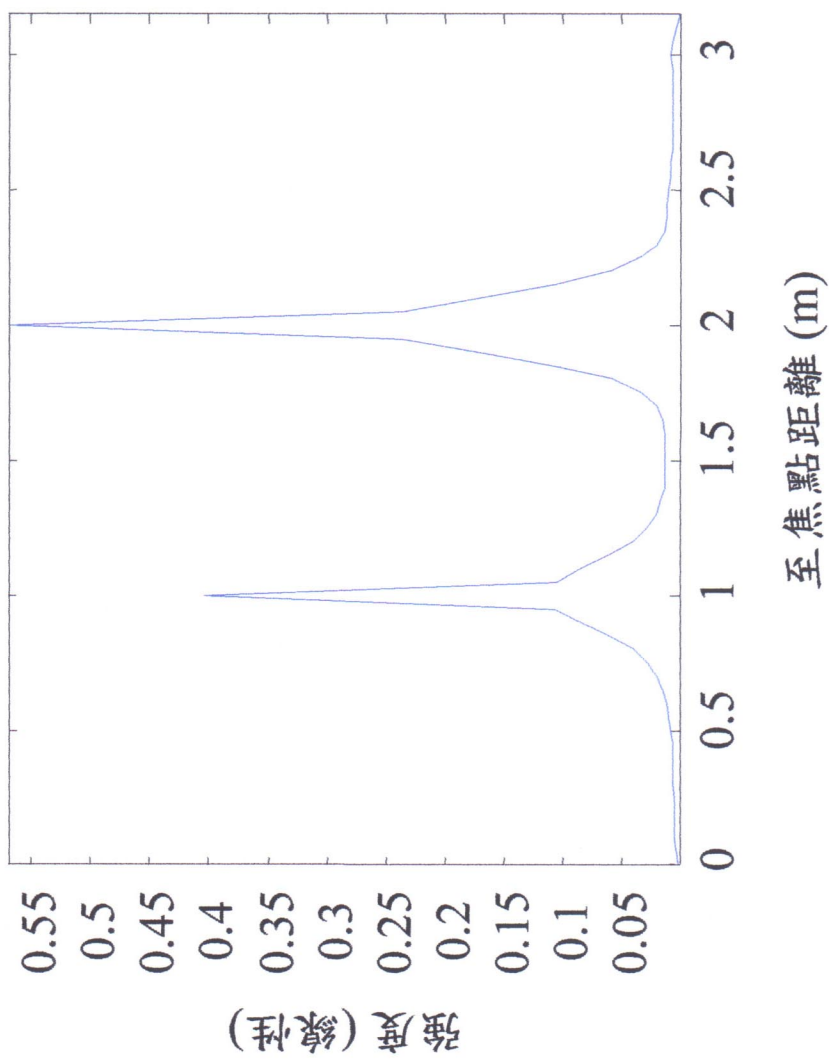
第四(b)圖



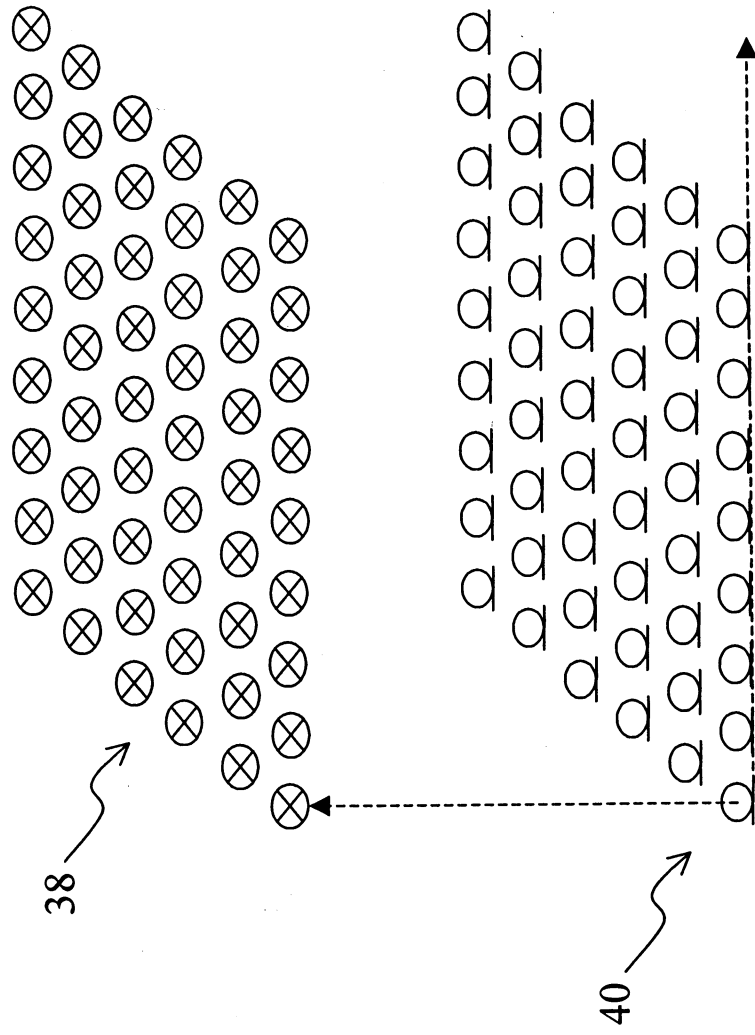
第五圖



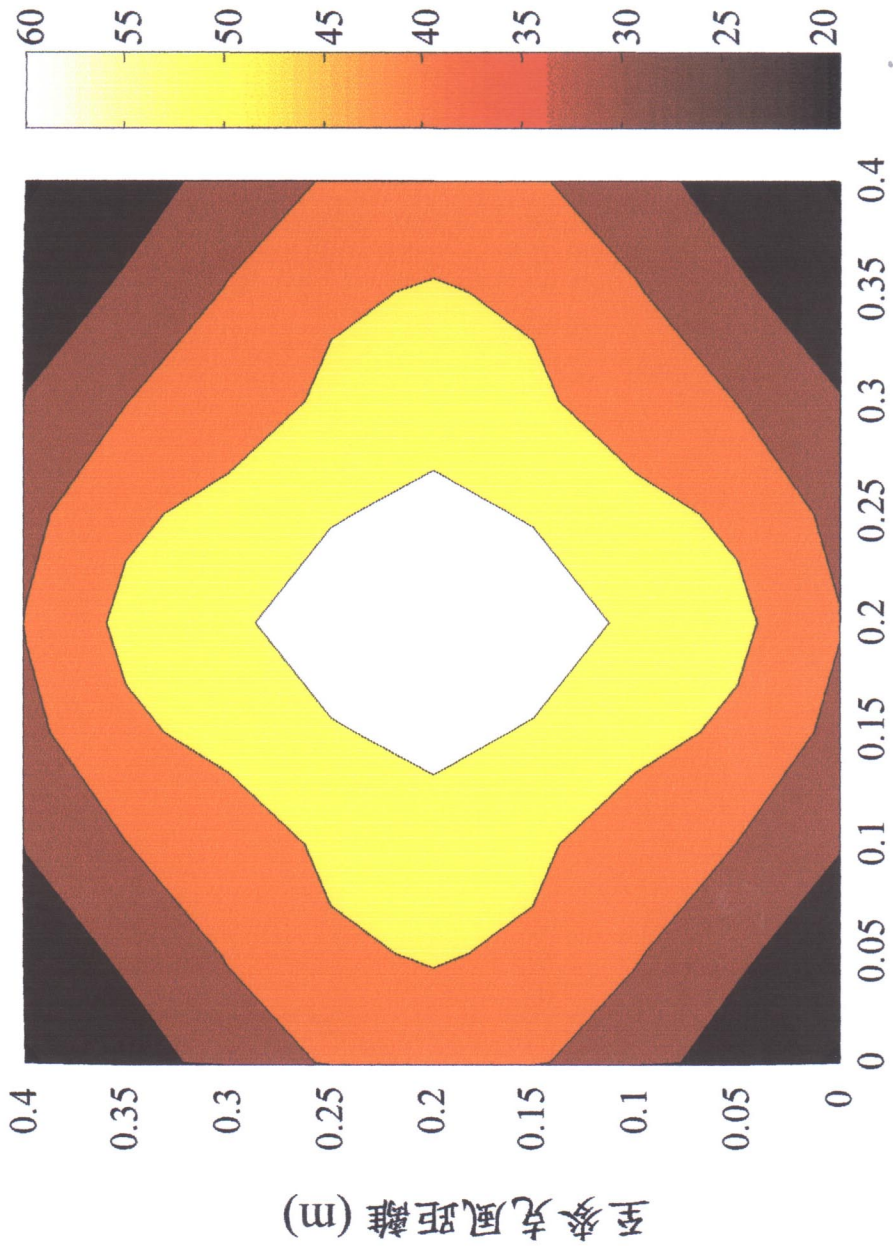
第六圖



第七圖

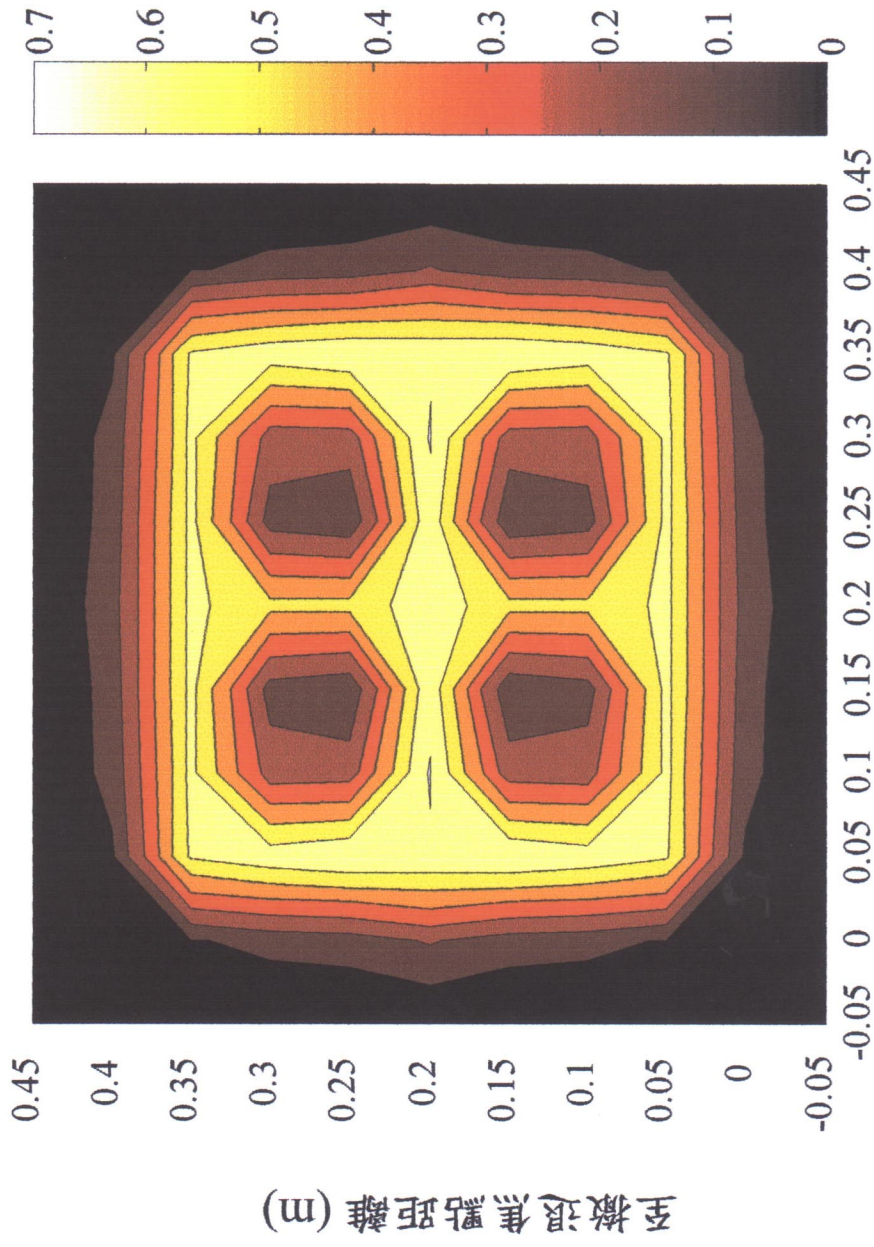


第八圖



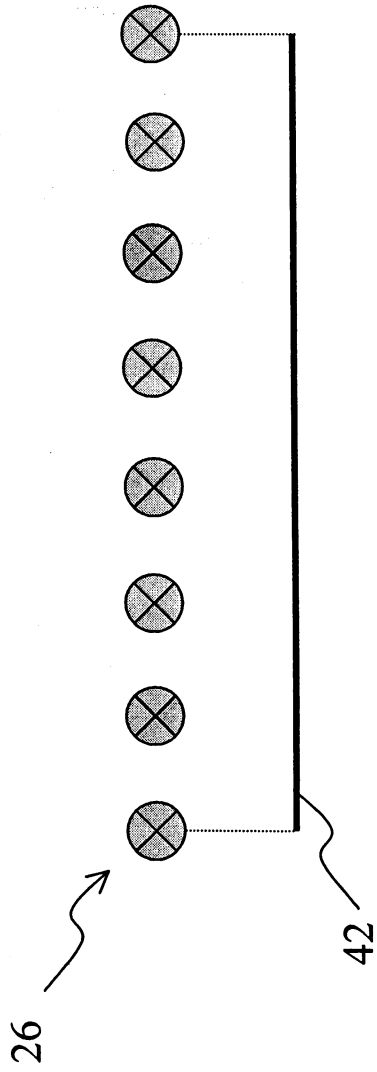
至麥克風距離 (m)

第九圖

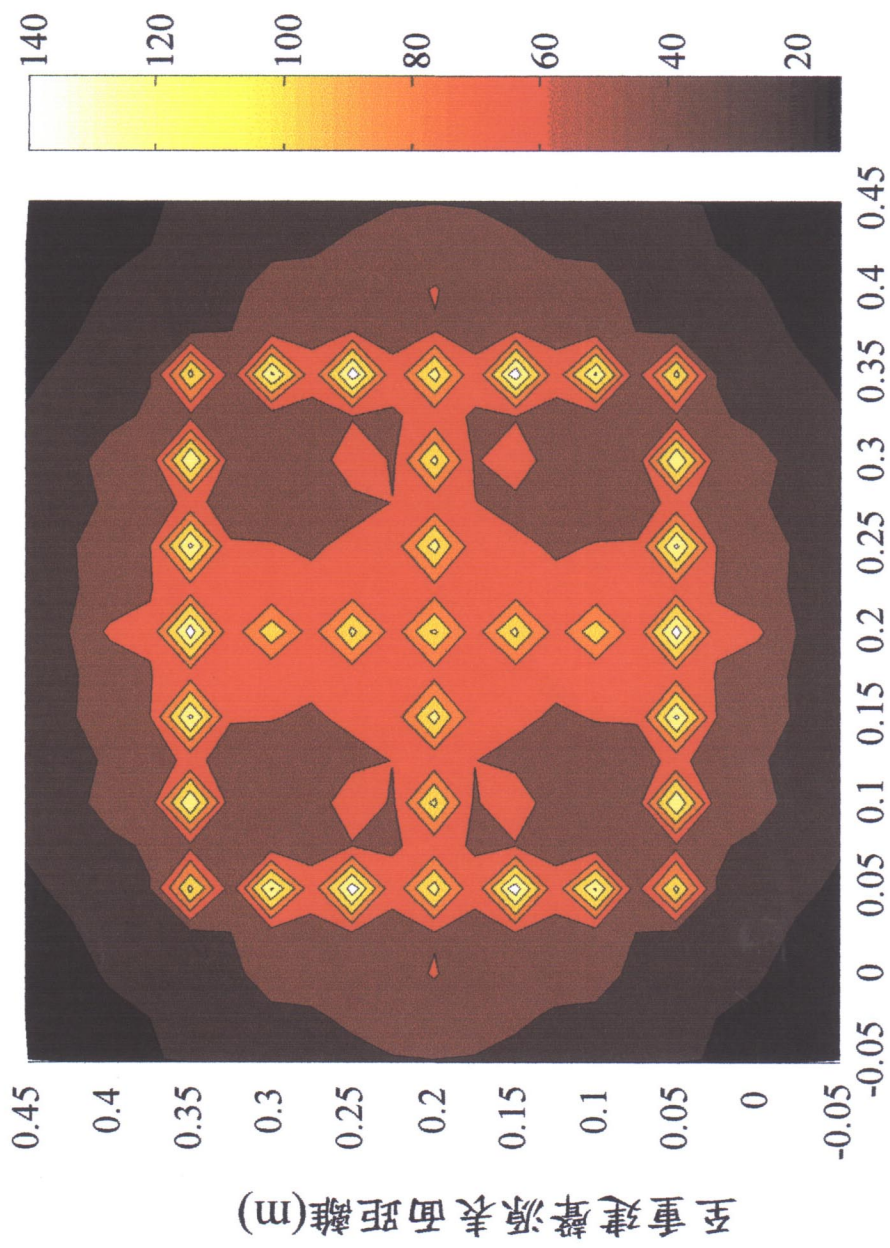


至撤退焦點距離 (m)

第十圖

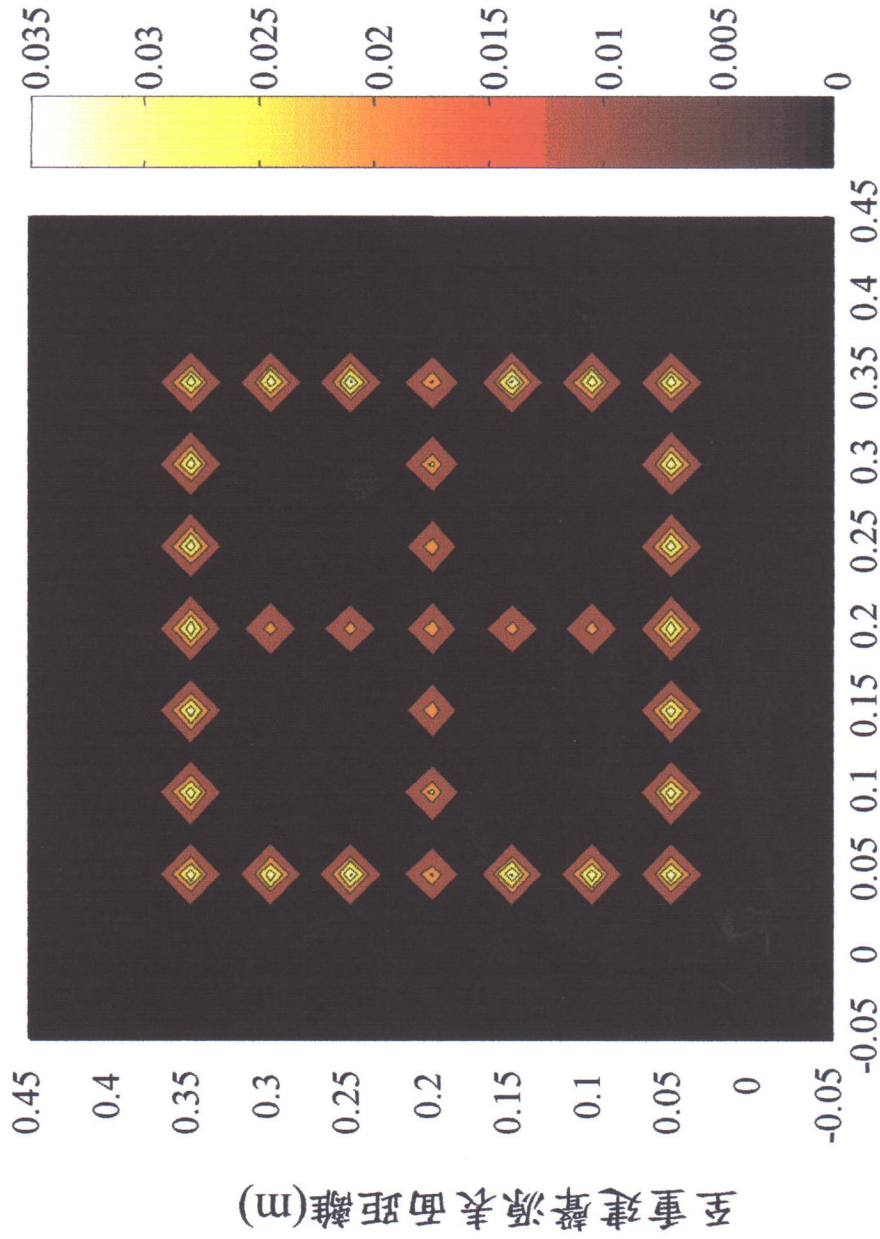


第十一圖



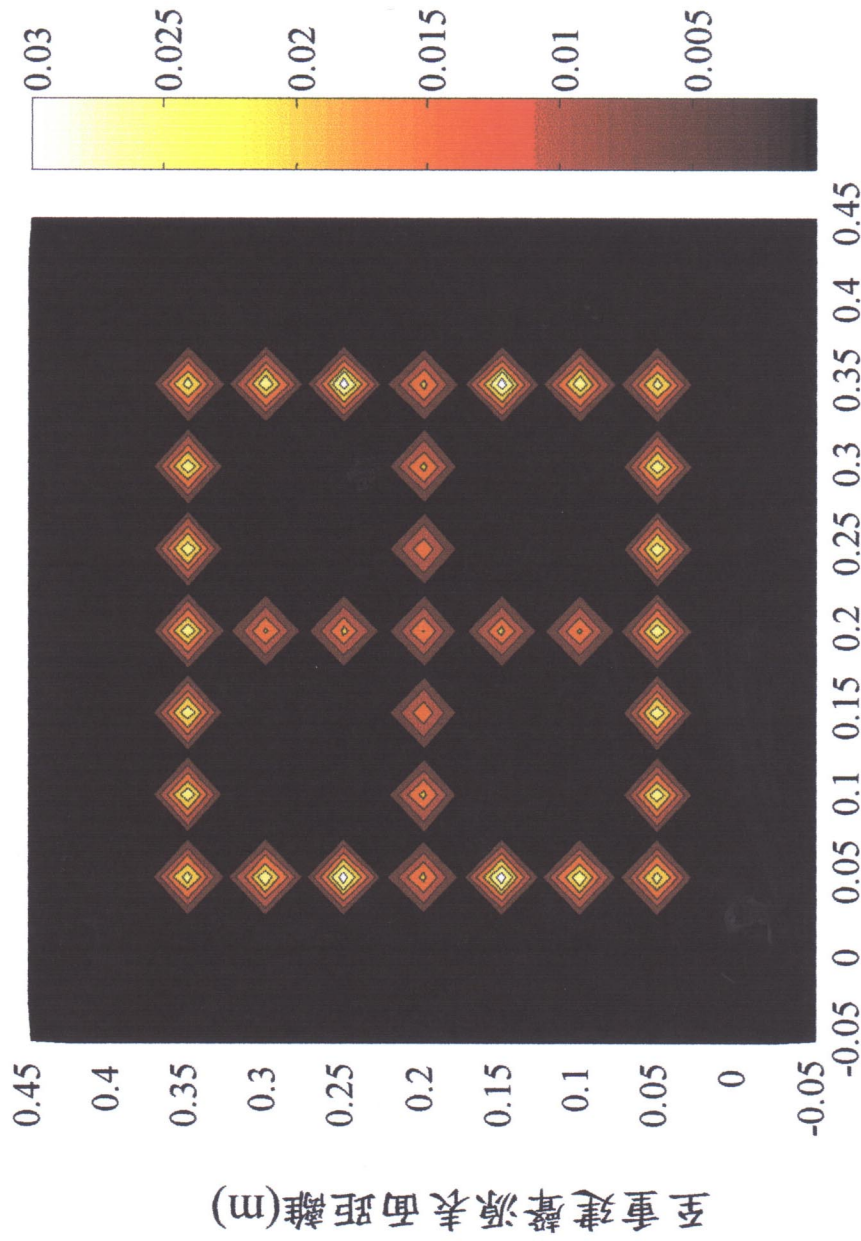
至重建聲源表面距離(m)

第十二圖



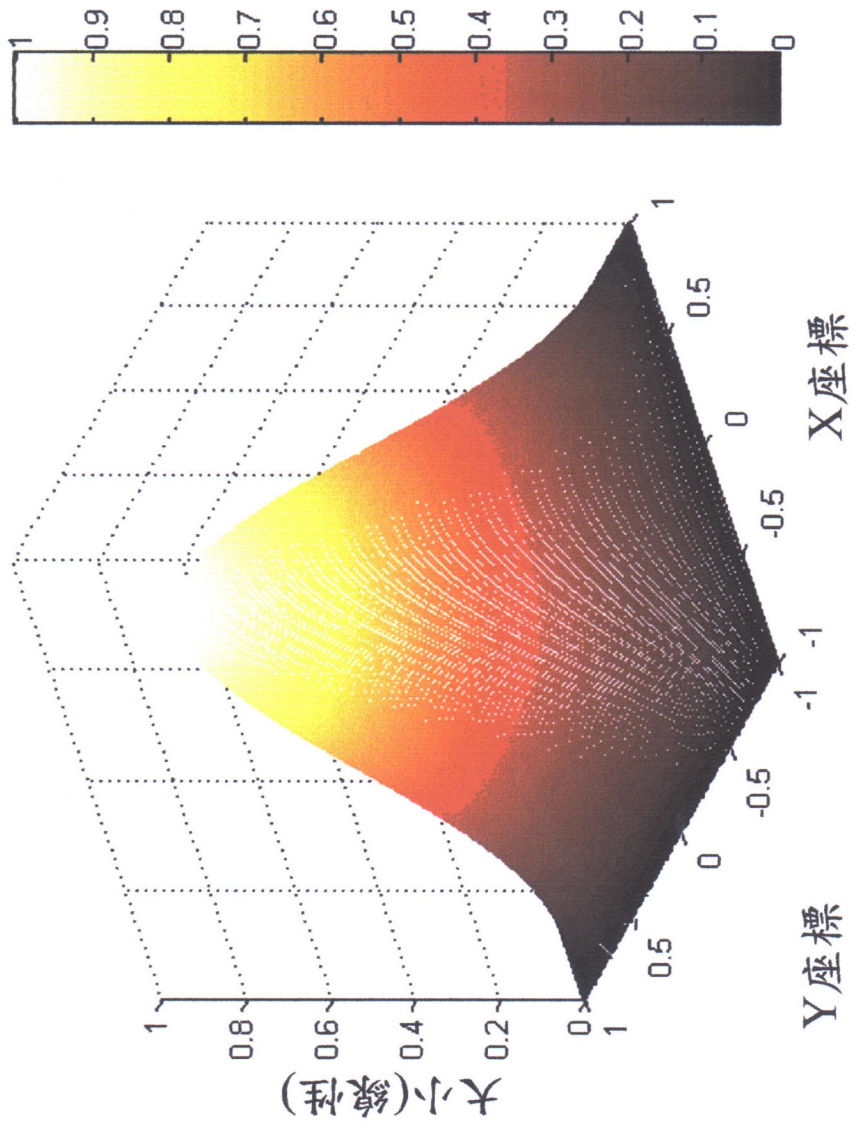
至重建聲源表面距離(m)

第十三圖

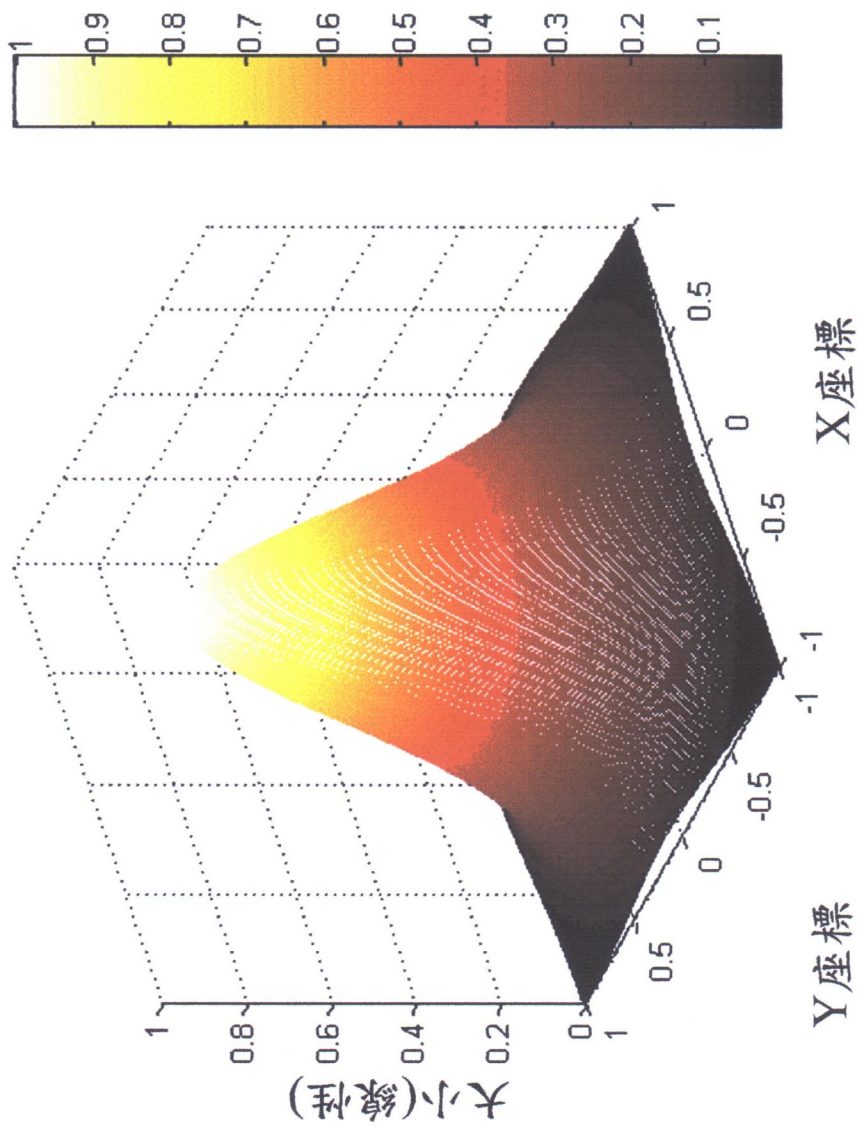


至重建聲源表面距離(m)

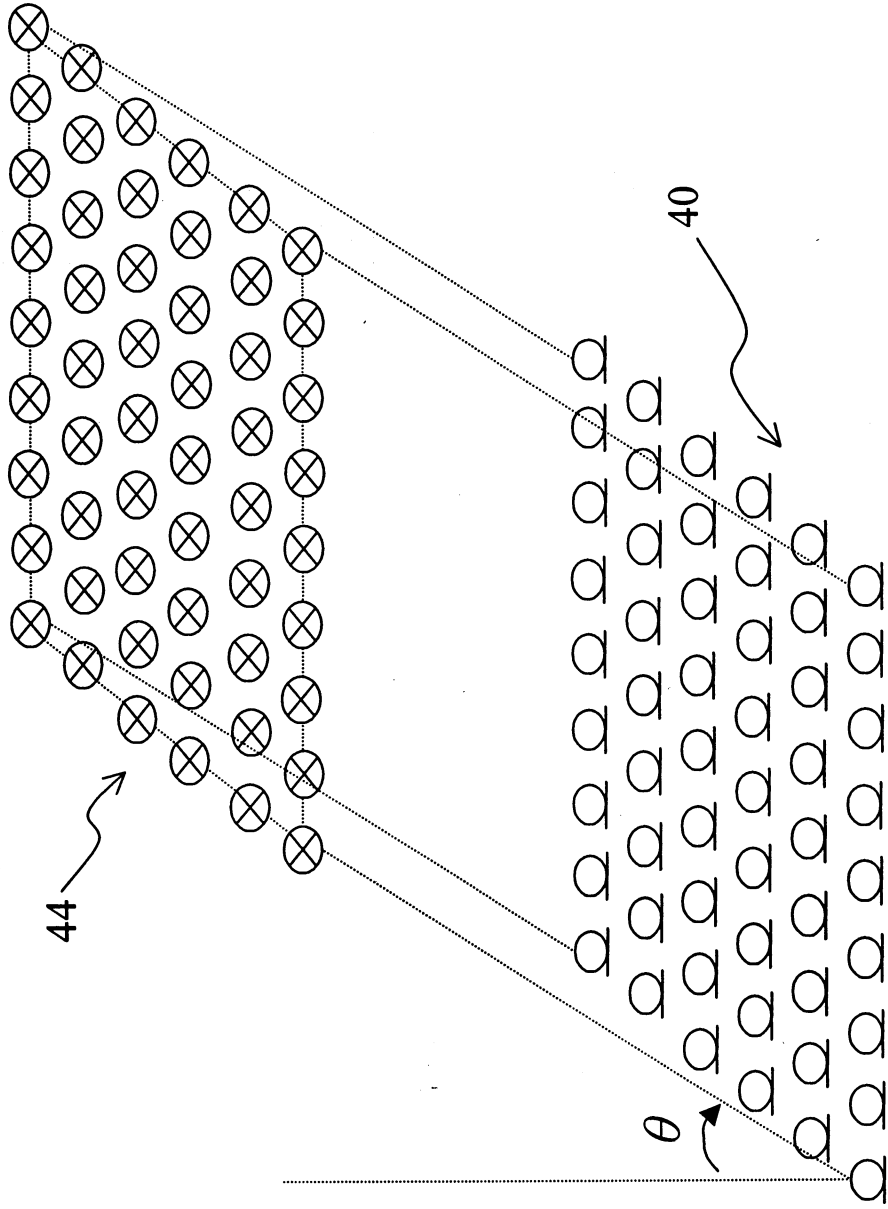
第十四圖



第十五圖



第十六圖



第十七圖