



(21)申請案號：098136282

(22)申請日：中華民國 98 (2009) 年 10 月 27 日

(51)Int. Cl. :

*H04R29/00 (2006.01)*

*H04R19/01 (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 (TW)；王俊仁 (TW)；姜達銘 (TW)；林書如 (TW)

(74)代理人：林火泉

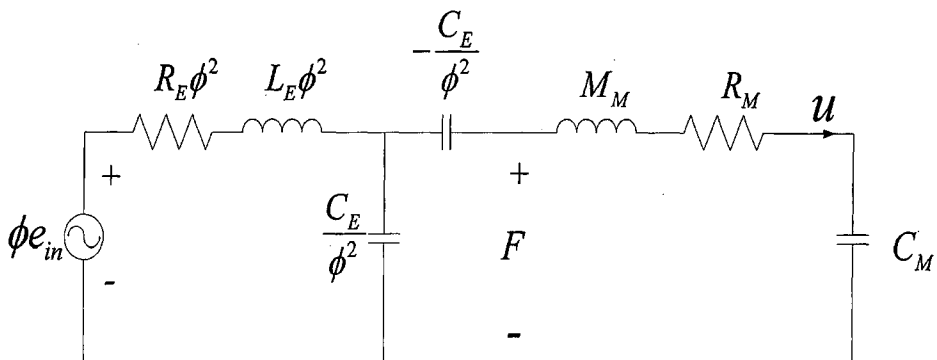
申請實體審查：有 申請專利範圍項數：16 項 圖式數：8 共 24 頁

(54)名稱

應用於駐極體揚聲器模擬平台之參數鑑別方法及其最佳化方法

(57)摘要

本發明提供一種應用於駐極體揚聲器模擬平台之參數鑑別方法及其最佳化方法，駐極體揚聲器包含電系統、聲學系統及機械系統，可用機電聲類比電路來進行分析模擬。將電系統及聲學系統映射至機械系統中，將機械系統與聲學系統耦合成機-聲系統並簡化成二階系統，藉由將駐極體揚聲器置入氣密之測試箱中量測可求得機-聲系統之參數，代入機電聲類比電路中以建立完整的機電聲類比電路，其可作為駐極體揚聲器之模擬平台，以準確模擬出駐極體揚聲器的聲壓響應。本發明更提供將駐極體揚聲器之結構進行最佳化之方法，藉由調整結構特性以提升駐極體揚聲器之聲壓響應及工作頻寬。



# 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： 1011028 ✓

※申請日： 98.10.27

※IPC 分類： H04R19/00 (2006.01)  
H04R19/01 (2006.01)

## 一、發明名稱：(中文/英文)

應用於駐極體揚聲器模擬平台之參數鑑別方法及其最佳化方法

## 二、中文發明摘要：

本發明提供一種應用於駐極體揚聲器模擬平台之參數鑑別方法及其最佳化方法，駐極體揚聲器包含電系統、聲學系統及機械系統，可用機電聲類比電路來進行分析模擬。將電系統及聲學系統映射至機械系統中，將機械系統與聲學系統耦合成機-聲系統並簡化成二階系統，藉由將駐極體揚聲器置入氣密之測試箱中量測可求得機-聲系統之參數，代入機電聲類比電路中以建立完整的機電聲類比電路，其可作為駐極體揚聲器之模擬平台，以準確模擬出駐極體揚聲器的聲壓響應。本發明更提供將駐極體揚聲器之結構進行最佳化之方法，藉由調整結構特性以提升駐極體揚聲器之聲壓響應及工作頻寬。

## 三、英文發明摘要：

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第( 4 )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】

本發明係有關一種揚聲器參數鑑別以模擬其聲壓響應之技術，特別是指一種應用於駐極體揚聲器之參數鑑別方法，可提高模擬之真實度，並提出最佳化之方法。

### 【先前技術】

按，駐極體又稱永電體，其體積小、耗電低且具有可撓式特性，用其製做喇叭之振動振膜，可使駐極體喇叭在外觀造型上不受拘束，挑戰更小、更時尚多變之造型而不會影響音質。

第 1 圖為推挽式駐極體揚聲器之結構示意圖，包括兩正負電極 10 及置中之駐極體振膜 12，駐極體振膜 12 與電極 10 之間距為  $d$ ，駐極體振膜 12 所受的力為  $F$ ，兩端電極 10 受到電壓響應為  $e_{\text{spk}}$ ，使駐極體振膜 12 受力  $F$  產生振動，駐極體揚聲器可利用機電聲類比電路進行模擬，如第 2 圖所示之機電聲類比電路示意圖，包括電系統 14、機械系統 16 及聲學系統 18，將機械系統 16 與聲學系統 18 映射至電系統 14 之類比電路示意圖如第 3 圖， $e_{\text{in}}$  為輸入之電壓值， $Z_{\text{mot}}$  為運動阻抗 (motional impedance)，是機械系統與聲學系統 18 映射至電系統後的等效阻抗，可由下列公式(1)求得，並利用公式(2)求得短路機械阻抗  $Z_{\text{ms}}$ 。

$$Z_{\text{mot}} = \frac{Z_{\text{ms}} + S_D^2 Z_A}{\phi^2} \dots\dots\dots (1)$$

$$Z_{\text{ms}} = \left(-j\omega \frac{C_E}{\phi^2}\right)^{-1} + Z_M \dots\dots\dots (2)$$

其中  $S_D$  為駐極體振膜 12 之振膜面積， $Z_A$  為聲學阻抗， $Z_M$  為開路機械

阻抗， $C_E$  為靜電容值， $\omega$  為角頻率， $Z_{ms}$  為短路機械阻抗，由於駐極體揚聲器的電-力轉換因子 (voltage-force conversion factor)  $\psi$  極小，因此  $Z_{mot}$  極大，使得  $Z_{mot}$  如同一個開路電路，因此電系統不受機械系統的影響，電阻抗將無法顯示機械系統的特性，傳統揚聲器之參數鑑別是利用電阻抗量測來進行，而這個方法不完全適用於駐極體揚聲器之參數鑑別。

因此，本發明即提出一種應用於駐極體揚聲器模擬平台之參數鑑別方法及其最佳化方法，以有效克服上述之該等問題，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於駐極體揚聲器模擬平台之參數鑑別方法，其係將電系統與聲學系統映射整合至機械系統中，整合之系統可簡化，利用雷射速度量測儀量測振膜有、無測試箱時的速度響應，可得到精確的參數，利用此模擬平台可以準確模擬出駐極體揚聲器的聲壓響應，與實驗結果一致。

本發明之另一目的在提供一種最佳化方法，對駐極體揚聲器的結構做最佳化設計，其利用模擬退火方法將設計參數予以最佳化，其參數最佳化之設計方案分為單一變數之最佳化及多變數之最佳化，利用最佳化之參數來設計駐極體揚聲器可提升駐極體揚聲器之性能。

為達上述之目的，本發明提供一種應用於駐極體揚聲器模擬平台之參數鑑別方法，駐極體揚聲器包含一電系統、一聲學系統及一機械系統，可用機電聲類比電路來進行分析模擬。首先利用量測電阻抗響應以及變壓器輸出端響應求得電系統中必要的參數值，接著將電系統及聲學系統映射至

機械系統中，將機械系統與聲學系統耦合成一二階系統；由於機電聲類比電路之電-力轉換因子 (voltage-force conversion factor) 極小，可將機電聲類比電路簡化，接著將駐極體揚聲器置入一氣密之測試箱中，量測有無測試箱時之振膜速度響應，求出電-力轉換因子之數值與機-聲系統之參數後代入機電聲類比電路中，建立完整的機電聲類比電路，以用於駐極體揚聲器之聲壓響應之模擬。本發明更提供將駐極體揚聲器之結構進行最佳化之方法，調整振膜與電極板之間距及等效阻尼、順性、質量，可提升駐極體揚聲器之聲壓響應及工作頻寬。

本發明更提供一種應用於駐極體揚聲器模擬平台之最佳化方法，於駐極體揚聲器之結構中預設至少一設計變數及至少一目標函數，再利用以模擬退火法 (Simulated Annealing, SA) 針對駐極體揚聲器之結構設計進行最佳化。

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於駐極體揚聲器模擬平台之參數鑑別方法及其最佳化方法，第 2 圖為駐極體揚聲器之機電聲類比電路，其中包含電系統 14、機械系統 16 及聲學系統 18，求出其中各項參數值，以將機電聲類比電路用於如第 1 圖中之駐極體揚聲器之響應模擬中。

雖然先前技術中利用電阻抗量測的參數鑑別方法並不完全適用於駐極體揚聲器，但藉由電阻抗量測可發現此電阻抗響應如同一個電容器，因此可推得駐極體揚聲器之靜電容值  $C_E$ ，如下式(3)。

$$C_E = (\omega |Z_E|)^{-1} \dots\dots\dots (3)$$

其中 $|Z_E|$ 為在頻率為 $\omega$ 時的電阻抗大小值。

請同時參考第 1 圖及第 2 圖，在第 2 圖中， $R_E$  和  $L_E$  分別為一變壓器的內電阻與內電感，當變壓器與駐極體揚聲器連結時，駐極體揚聲器之電極板 10 端點的電壓響應為二階低通系統，因此電極板 10 的電壓響應可以用下式(4)來模擬，利用電極板 10 的電壓響應量測結果可在下式(5)、(6)中推得內電阻  $R_E$  和內電感  $L_E$  之值。

$$e_{spk} = \frac{1}{C_E L_E s^2 + C_E R_E s + 1} e_{in} = \frac{1}{\left(\frac{s}{\omega_{E0}}\right)^2 + \frac{1}{Q_E} \frac{s}{\omega_{E0}} + 1} e_{in} \dots\dots\dots (4)$$

$$L_E = (\omega_{E0}^2 C_E)^{-1} \dots\dots\dots (5)$$

$$R_E = (Q_E \omega_{E0} C_E)^{-1} \dots\dots\dots (6)$$

其中  $\omega_{E0}$  為此二階低通系統的共振頻率， $Q_E$  為共振頻率時的品質因子。

完成電系統之參數鑑別後，接著進行機聲系統之參數鑑別。將駐極體揚聲器的類比電路中的電系統 14 及聲學系統 18 映射至機械系統 16，且機械系統 16 與聲學系統 18 係耦合並用二階系統來模擬，在電路中用電阻、電感以及電容串階而成的二階系統模擬，如第 4 圖所示，其中  $M_M$ 、 $R_M$  及  $C_M$  為機械系統 16 與聲學系統 18 之耦合，分別為機械系統與聲學系統耦合後之等效阻尼、等效質量以及等效順性，耦合的部分相當於  $Z_M + Z_A \times S_D^2$ ，而  $u$  代表駐極體振膜之運動速度。當電-力轉換因子  $\psi$  很小時， $R_E \psi^2 \doteq 0$  且  $L_E \psi^2 \doteq 0$ ，因此可將機電聲類比電路簡化為第 5 圖所示之簡化電路。

由第 5 圖中駐極體揚聲器的振膜速度響應可以求得，列於下式(7)。

$$u = \frac{C_M s}{M_M C_M s^2 + R_M C_M s + 1} \phi e_{in} = \frac{1}{R_M} \frac{\frac{1}{Q_u} \left(\frac{s}{\omega_0}\right)}{\left(\frac{s}{\omega_0}\right)^2 + \frac{1}{Q_u} \left(\frac{s}{\omega_0}\right) + 1} \phi e_{in} \quad \dots\dots\dots (7)$$

其中  $\omega_0$  基本共振頻率， $Q_u$  為速度響應在  $\omega_0$  時的品質因子，而  $C_M$  為  $-\frac{C_E}{\phi^2}$  與  $C_M'$  串聯後的等效順性。將駐極體揚聲器鑲嵌於一個內無添加任何吸音材的測試箱上，並使測試箱氣密，此測試箱將會改變駐極體揚聲器之等效順性，並使駐極體揚聲器之基本共振頻率變更至較高頻，接著再利用雷射速度量測儀分別量測有、無測試箱時之振膜速度響應，等效順性  $C_M$  可由下式(8)求得。

$$C_M = \left[ \left( \frac{\omega_{0B}}{\omega_0} \right)^2 - 1 \right] \Delta C_M \quad \dots\dots\dots (8)$$

其中  $\omega_{0B}$  為有測試箱時的基本共振頻率， $\Delta C_M$  為測試箱所造成的機械順性，可由下式(9)求得。

$$\Delta C_M = \frac{V_{box}}{\rho c^2 S_D^2} \quad \dots\dots\dots (9)$$

其中  $V_{box}$  為音箱容積， $\rho$  為空氣密度， $c$  為空氣中聲速， $S_D$  為振膜有效面積，接著， $R_M$ 、 $M_M$ 、 $C_M'$  可由下面的公式(10)、(11)、(12)求得。

$$M_M = (\omega_0^2 C_M)^{-1} \quad \dots\dots\dots (10)$$

$$R_M = (\omega_0 Q_u C_M)^{-1} \quad \dots\dots\dots (11)$$

$$C_M' = \frac{C_M \left( \frac{C_E}{\phi^2} \right)}{C_M + \frac{C_E}{\phi^2}} \quad \dots\dots\dots (12)$$

此外，電-力轉換因子  $\phi$  亦可利用下式(13)求得。



$$\phi = \frac{R_M u(\omega_0)}{e_{in}} \dots\dots\dots (13)$$

其中  $u(\omega_0)$  為駐極體揚聲器在基本共振頻率時的速度大小值， $e_{in}$  為輸入之電壓值。

如此，第 4 圖所示之駐極體揚聲器的機電聲類比電路即可被建立，並用於駐極體揚聲器的響應模擬。第 6 圖為駐極體揚聲器的聲壓 (Sound pressure level, SPL) 實驗量測(虛線)與用機電聲類比電路模擬出來的結果(實線)，可以發現此參數鑑別法可以準確鑑別有關駐極體揚聲器的各項參數並準確模擬出聲壓響應。

若是欲提升駐極體揚聲器之性能響應，本發明更提供一種駐極體揚聲器結構最佳化之方法，其係利用模擬退火 (Simulated annealing, SA) 法來進行駐極體揚聲器結構最佳化設計。模擬退火是一種隨機求解的演算法，適用於多個設計變數之問題。在尋求最佳解的過程中，模擬退火演算法在初始求解階段有一定的機率可以接受較差的解，此可避免求解過程陷入區域的最佳解而找不到整體區域的最佳解，在最後求解階段幾乎不會接受較差的解，而會鎖定一個最好的解。在模擬退火演算法中必須設定一個目標函數以及至少一個設計變數。本案例的最佳化設計有兩個設計方案，分別為單一變數最佳化及多變數最佳化。

單一變數最佳化之設計變數僅有駐極體振膜與電極板之間距  $d$ ，目標函數為提昇聲壓響應以及高頻-3dB 截止頻率點的延伸，其最佳化流程如第目標函數以及限制條件如下：

$$G_1 = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (\text{SPL}_{\text{new}}(n))^2}, \quad f(n) \in [800 \text{ Hz}, 5\text{k Hz}], \quad n = 1, \dots, N \quad \dots\dots\dots (14)$$

$$G_2 = f_{uc} \quad \dots\dots\dots (15)$$

$$G_{TG} = \frac{1}{G_1} + w \times \frac{1}{G_2} \quad \dots\dots\dots (16)$$

$$\begin{cases} 0.4 \text{ (mm)} < d < 3.6 \text{ (mm)} \\ |\delta|_{\max} < d \end{cases} \quad \dots\dots\dots (17)$$

其中  $G_1$  與  $G_2$  為兩個子目標函數， $G_1$  為計算頻率 800Hz 到 5000Hz 聲壓之均方根值， $f_{uc}$  為高頻區域的-3dB 截止頻率點， $G_1$  與  $G_2$  均為愈大愈好， $G_{TG}$  為主目標函數，主目標函數越小越好， $w$  為  $G_2$  倒數的權重。整個退火的過程是從初始溫度  $T_i$  至終止溫度  $T_f$  結束，降溫過程由降溫因子  $\alpha$  來決定，若在公式(17)範圍內隨機選擇的間距  $d$  所計算出之主目標函數  $G_{TG}$  超出約束範圍，則將其丟棄，並再次選擇一個隨機的間距  $d$  重新計算，直到溫度小於終止溫度  $T_f$  時結束。在演算過程中可能會出現壞解，但此壞解並非不可被接受，因為在其附近可能有較佳解，因此演算法是否接受較壞的解由下式(18)來決定。

$$P = \exp\left(-\frac{\Delta G}{T}\right) > \gamma \quad \dots\dots\dots (18)$$

$P$  為是否接受壞解的機率函數， $\Delta G$  為目前與前一個目標函數的差值， $T$  為目前溫度， $\gamma$  為區間(0,1)之內的任意值，此外限制條件如式(17)所示，最佳化過程時，振膜最大位移量不能超過間距  $d$ 。

單一設計變數最佳化結果如第 7 圖所示，最佳化後的間距為 0.86 公釐 (mm)，因為聲壓提昇與高頻響應的延伸為互相矛盾之設計函數，因此最佳化結果可有效提昇，但些許的頻寬被犧牲。

多變數最佳化之設計變數有振膜與電極板之間距  $d$ 、機械與聲學系統耦合後之等效阻尼  $R_M$ 、等效質量  $M_M$  以及等效順性  $C_M'$ ，目標函數為提昇聲

壓響應、高頻以及低頻-3dB 截止頻率點的延伸，因此多加的一個子目標函數及主目標函數如下式所示：

$$G_3 = f_{lc} \dots\dots\dots (19)$$

$$G_{TM} = w_1 \times \frac{1}{G_1} + w_2 \times \frac{1}{G_2} + G_3 \dots\dots\dots (20)$$

其中  $f_{lc}$  為低頻區域的-3dB 截止頻率點， $G_{TM}$  為主目標函數，主目標函數越小越好， $w_1$  為  $G_1$  倒數的權重， $w_2$  為  $G_2$  倒數的權重。此最佳化的限制條件

如下式(21)：

$$\begin{cases} 0.698 \left(\frac{N \cdot s}{m}\right) \leq R_M \leq 69.8 \left(\frac{N \cdot s}{m}\right) \\ 1.4 \times 10^{-3} \text{ (kg)} \leq M_M \leq 1.43 \times 10^{-1} \text{ (kg)} \\ 1.95 \times 10^{-6} \left(\frac{m}{N}\right) \leq C_M' \leq 1.95 \times 10^{-4} \left(\frac{m}{N}\right) \\ 0.12 \text{ (mm)} \leq d \leq 12 \text{ (mm)} \\ |\delta|_{\max} < d \end{cases} \dots\dots\dots (21)$$

最佳化的結果參數示於下表一，聲壓響應如第 8 圖所示，可以發現最佳化的結果因為間距減小，所以振膜受力大，可以產生較大的聲壓，但也犧牲了高頻響應的延伸的需求；而順性的增大，使得基本共振頻率往低頻延伸，達到低頻響應延伸的要求。

	$R_M(N \cdot s/m)$	$C_M'(m/N)$	$M_M(\text{公斤})$	間距 (公釐)
原始 (1)	3.465	$1.95 \times 10^{-5}$	$1.16 \times 10^{-2}$	1.2
最佳化(2)	4.0	$1.03 \times 10^{-4}$	$1.1 \times 10^{-2}$	0.55
(2)/(1) %	115.44	528.21	94.83	45.83

表一

綜上所述，本發明所提供之應用於駐極體揚聲器模擬平台之參數鑑別方法係將駐極體揚聲器之機電聲類比電路中之電系統及聲學系統映射到機

械系統中，再利用雷射速度量測儀在有、無測試箱時分別對駐極體揚聲器做振膜速度響應量測，可有效鑑別出駐極體揚聲器之各項參數，將參數代入機電聲類比電路可有效模擬出駐極體揚聲器之聲壓響應。此外，利用模擬退火法可對單一設計變數及多設計變數之問題進行最佳化，有效找出整體區域之最佳解以對駐極體揚聲器之結構做最佳化設計，且駐極體揚聲器經過最佳化後可提昇聲壓響應並達到低頻響應延伸的設計需求。

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 圖為駐極體揚聲器之結構示意圖。

第 2 圖為駐極體揚聲器之電系統、機械系統及聲學系統之類比電路示意圖。

第 3 圖為先前技術中將機械系統與聲學系統映射至電系統之類比電路示意圖。

第 4 圖為本發明中將電系統與聲學系統映射至機械系統之類比電路示意圖，且機械系統與聲學系統耦合。

第 5 圖為第 4 圖之簡化電路示意圖。

第 6 圖為聲壓實驗量測與模擬比較之曲線圖。

第 7 圖為單一變數最佳化中改變間距之結果與初始設計比較之曲線圖。

第 8 圖為多變數最佳化之結果與初始設計比較之曲線圖。

### 【主要元件符號說明】

10 電極板

12 駐極體振膜

14 電系統

16 機械系統

18 聲學系統

## 七、申請專利範圍：

1. 一種應用於駐極體揚聲器模擬平台之參數鑑別方法，包括下列步驟：
  - (a) 形成一駐極體揚聲器之模擬平台，該駐極體揚聲器包含一電系統、一聲學系統及一機械系統，並可用一機電聲類比電路加以分析模擬；
  - (b) 將該電系統及該聲學系統映射至該機械系統中，並將該機械系統與該聲學系統耦合成一二階之機-聲系統；
  - (c) 由於該機電聲類比電路之一電-力轉換因子 (voltage-force conversion factor) 極小，因此該機電聲類比電路可簡化而得到一簡化機電聲類比電路；以及
  - (d) 將該駐極體揚聲器置入一氣密之測試箱中進行量測，求出該電-力轉換因子之數值與該機-聲系統之至少一參數代入該機電聲類比電路中，建立該機電聲類比電路，以用於該駐極體揚聲器之聲壓響應之模擬。
2. 如申請專利範圍第 1 項所述之應用於駐極體揚聲器模擬平台之參數鑑別方法，其中該步驟(b)中係先求出該電系統之一靜電容值、一內電阻值及一內電感值，再於步驟(d)將該靜電容值、該內電阻值及該內電感值代入該機電聲類比電路中。
3. 如申請專利範圍第 1 項所述之應用於駐極體揚聲器模擬平台之參數鑑別方法，其中該步驟(d)更利用一雷射速度量測儀分別測量有該測試箱及無該測試箱時之一振膜速度響應。
4. 如申請專利範圍第 1 項所述之應用於駐極體揚聲器模擬平台之參數鑑別方法，其中該電-力轉換因子可利用該二階系統之等效阻尼、該駐極體揚

聲器在基本共振頻率時之速度大小及輸入電壓值來求得。

5. 如申請專利範圍第 1 項所述之應用於駐極體揚聲器模擬平台之參數鑑別方法，更包括步驟：
  - (e) 針對該駐極體揚聲器之結構設計進行最佳化。
6. 如申請專利範圍第 5 項所述之應用於駐極體揚聲器模擬平台之參數鑑別方法，其中該步驟(e)中最佳化係採用模擬退火法 (Simulated Annealing, SA)。
7. 如申請專利範圍第 5 項所述之應用於駐極體揚聲器模擬平台之參數鑑別方法，其中該結構設計之最佳化包含至少一設計變數及至少一目標函數。
8. 如申請專利範圍第 7 項所述之應用於駐極體揚聲器模擬平台之參數鑑別方法，其中該設計變數為該駐極體揚聲器之一振膜與二電極板之一間距，而該目標函數則關於提升該聲壓響應以及高頻區域的截止頻率點之延伸。
9. 如申請專利範圍第 8 項所述之應用於駐極體揚聲器模擬平台之參數鑑別方法，其中該目標函數  $G_{TG}$  計算公式為  $G_{TG} = 1/G_1 + w \cdot 1/G_2$ ，其中  $G_1$  為計算頻率 800~5000 赫茲聲壓之均方根值， $G_2$  為高頻區域的截止頻率點， $w$  為  $G_2$  的權重。
10. 如申請專利範圍第 7 項所述之應用於駐極體揚聲器模擬平台之參數鑑別方法，其中該設計變數包括該駐極體揚聲器之一振膜與二電極板之一間距、該機械系統與該聲學系統耦合後之等效阻尼、等效質量及等效順性。
11. 如申請專利範圍第 10 項所述之應用於駐極體揚聲器模擬平台之參數鑑別方法，其中該目標函數  $G_{TM}$  計算公式為  $G_{TM} = w_1/G_1 + w_2/G_2 + G_3$ ，其

中  $G_1$  為計算頻率 800~5000 赫茲聲壓之均方根值， $G_2$  為高頻區域的截止頻率點， $w_1$  及  $w_2$  分別為  $G_1$  及  $G_2$  的權重， $G_3$  為低頻區域之截止頻率點。

12. 一種應用於駐極體揚聲器模擬平台之最佳化方法，包括下列步驟：

於一駐極體揚聲器之結構中預設至少一設計變數及至少一目標函數；以及

以模擬退火法 (Simulated Annealing, SA) 針對該駐極體揚聲器之結構設計進行最佳化。

13. 如申請專利範圍第 12 項所述之應用於駐極體揚聲器模擬平台之最佳化方法，其中該設計變數為該駐極體揚聲器之一振膜與二電極板之一間距，而該目標函數則關於提升該聲壓響應以及高頻區域的截止頻率點之延伸。

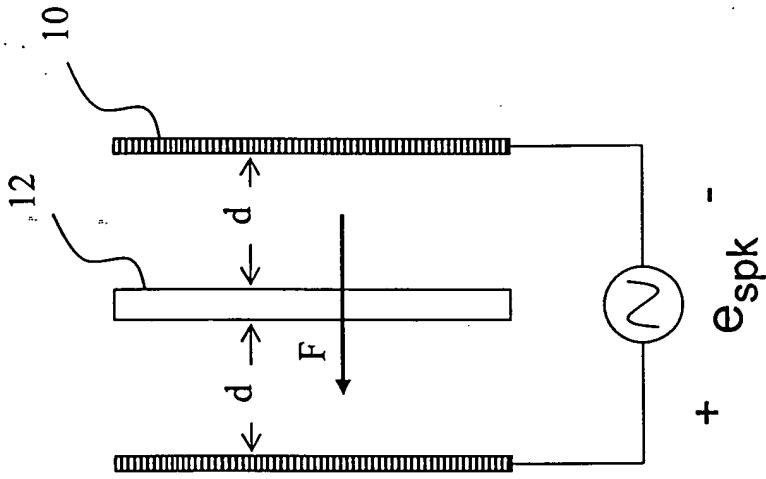
14. 如申請專利範圍第 13 項所述之應用於駐極體揚聲器模擬平台之最佳化方法，其中該目標函數  $G_{TG}$  計算公式為  $G_{TG} = 1/G_1 + w * 1/G_2$ ，其中  $G_1$  為計算頻率 800~5000 赫茲聲壓之均方根值， $G_2$  為高頻區域的截止頻率點， $w$  為  $G_2$  的權重。

15. 如申請專利範圍第 12 項所述之應用於駐極體揚聲器模擬平台之最佳化方法，其中該設計變數包括該駐極體揚聲器之一振膜與二電極板之一間距、該機械系統與該聲學系統耦合後之等效阻尼、等效質量及等效順性。

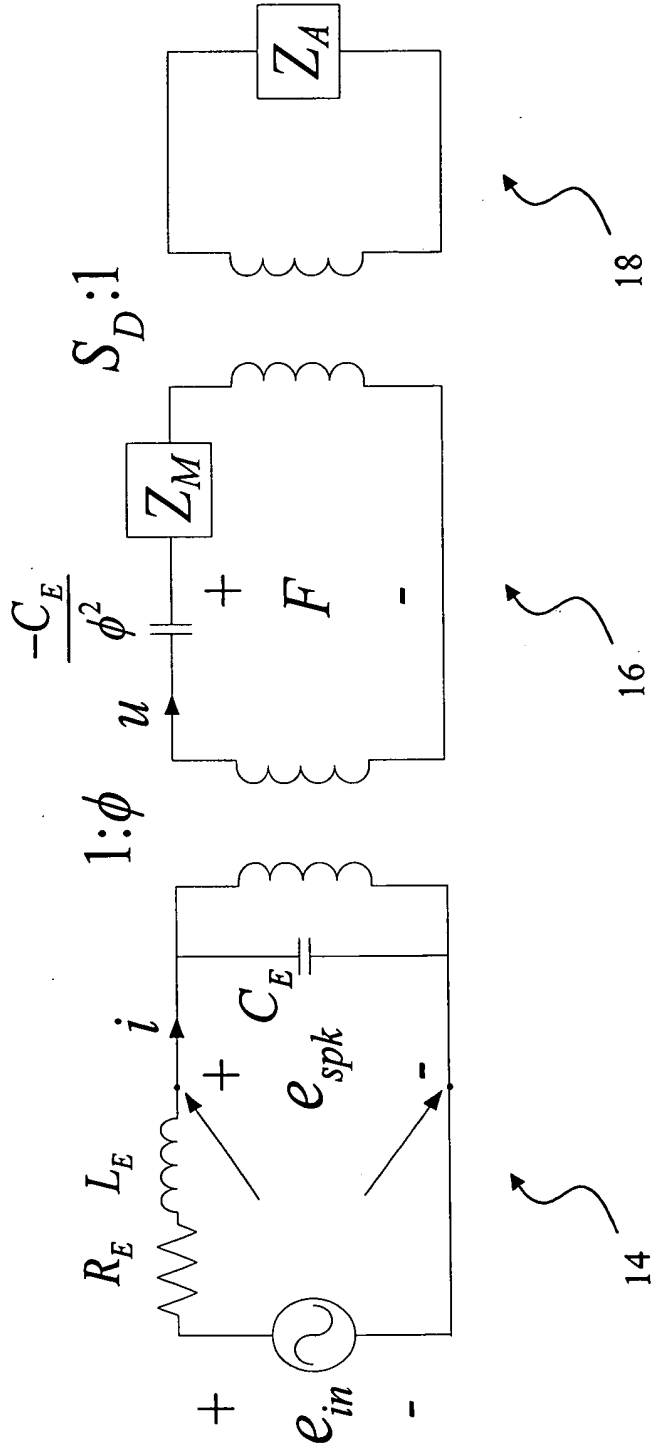
16. 如申請專利範圍第 15 項所述之應用於駐極體揚聲器模擬平台之最佳化方法，其中該目標函數  $G_{TM}$  計算公式為  $G_{TM} = w_1/G_1 + w_2/G_2 + G_3$ ，其中  $G_1$  為計算頻率 800~5000 赫茲聲壓之均方根值， $G_2$  為高頻區域的截止頻率點， $w_1$  及  $w_2$  分別為  $G_1$  及  $G_2$  的權重， $G_3$  為低頻區域之截止頻率點。



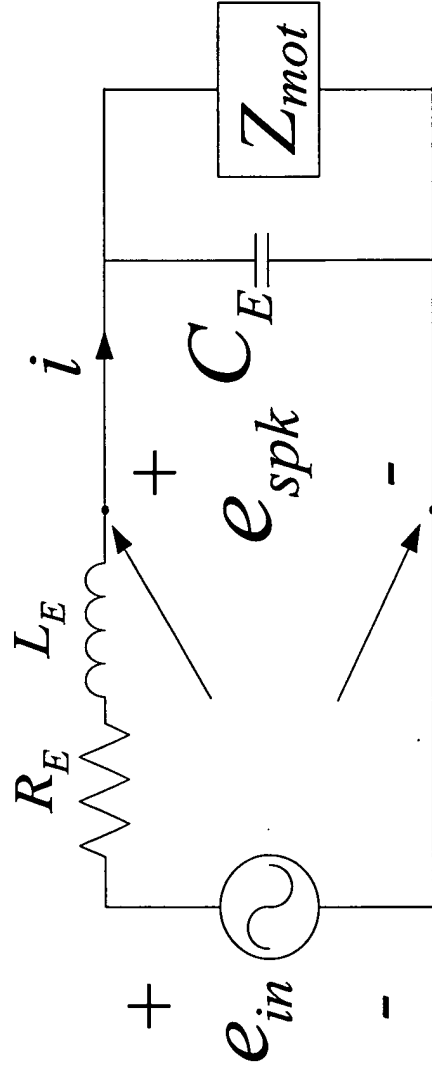
八、圖式：



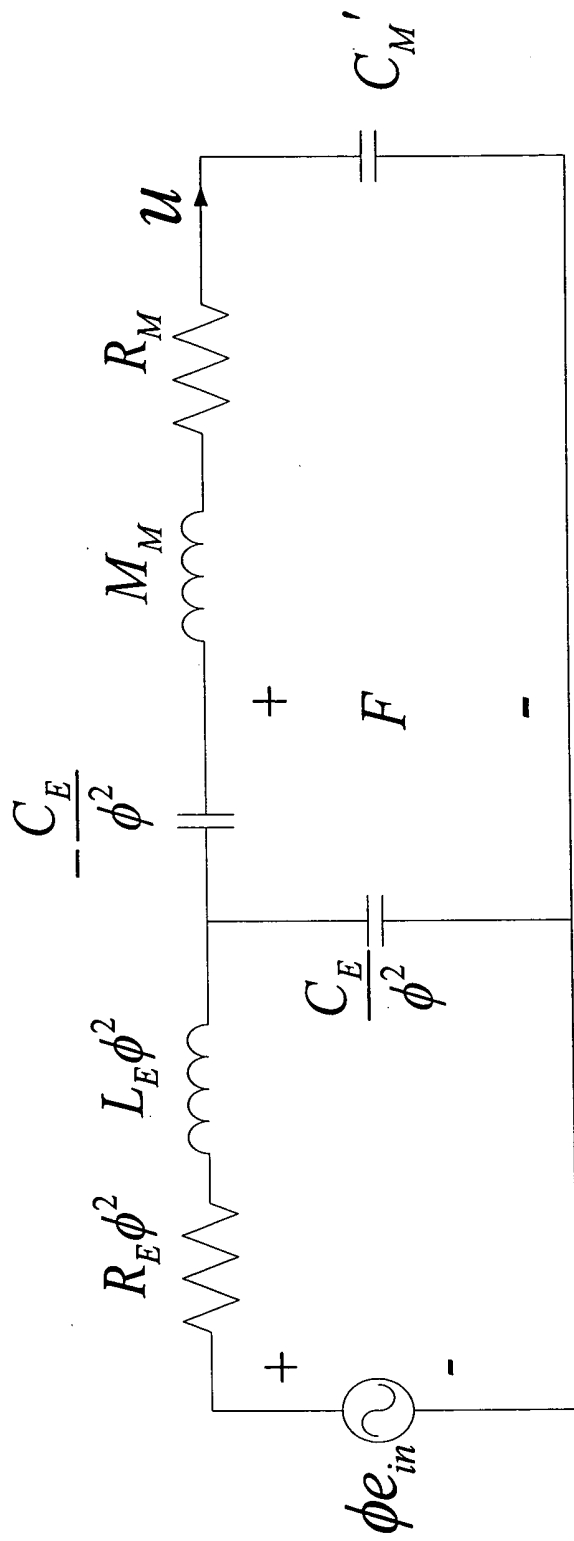
第 1 圖  
( 先前技術 )



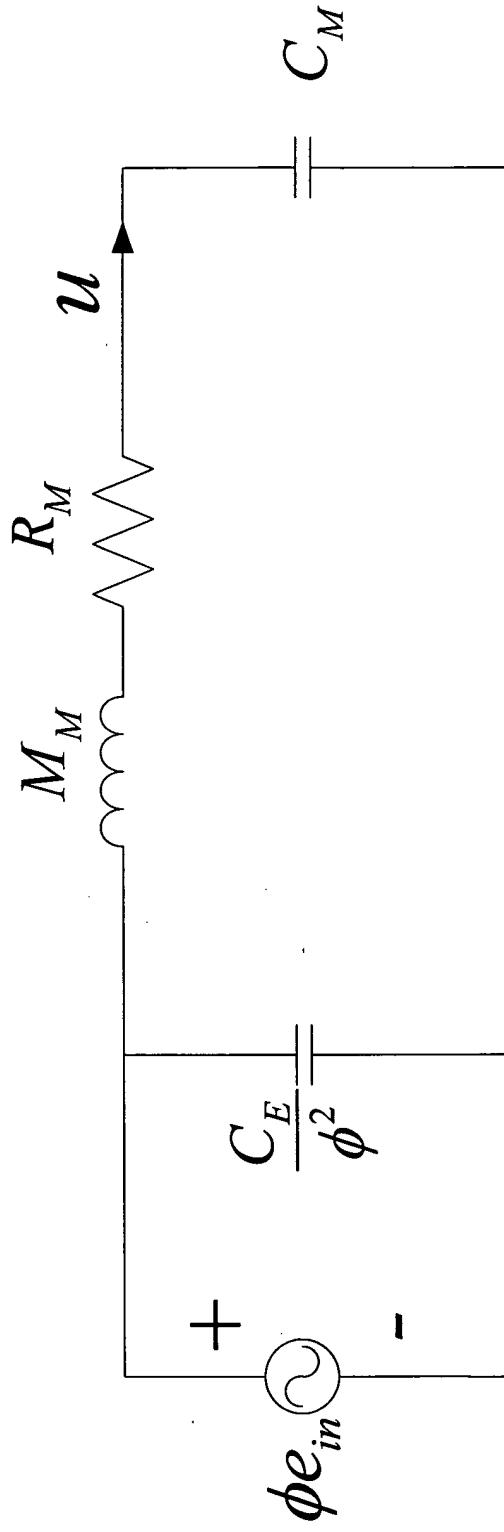
第 2 圖  
( 先 前 技 術 )



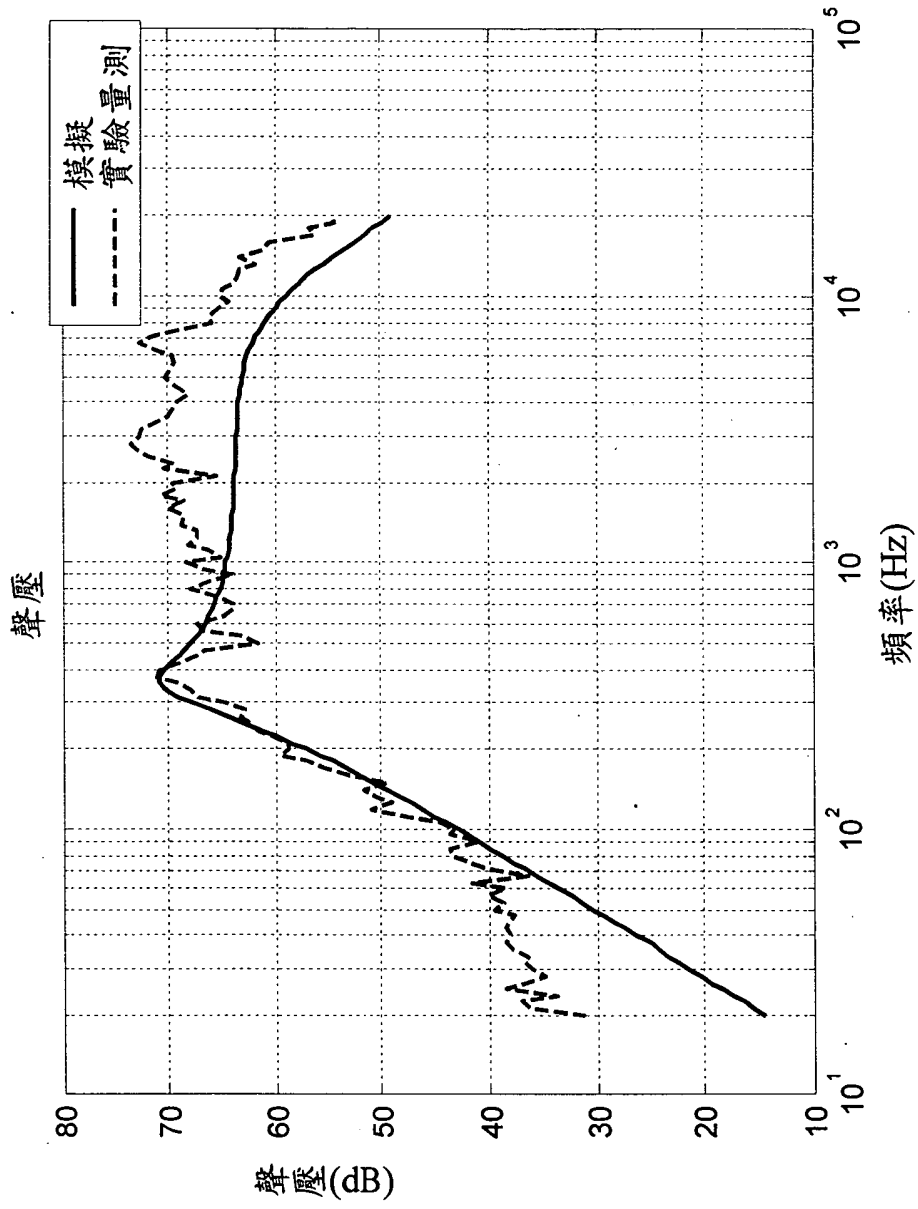
第 3 圖  
( 先前技術 )



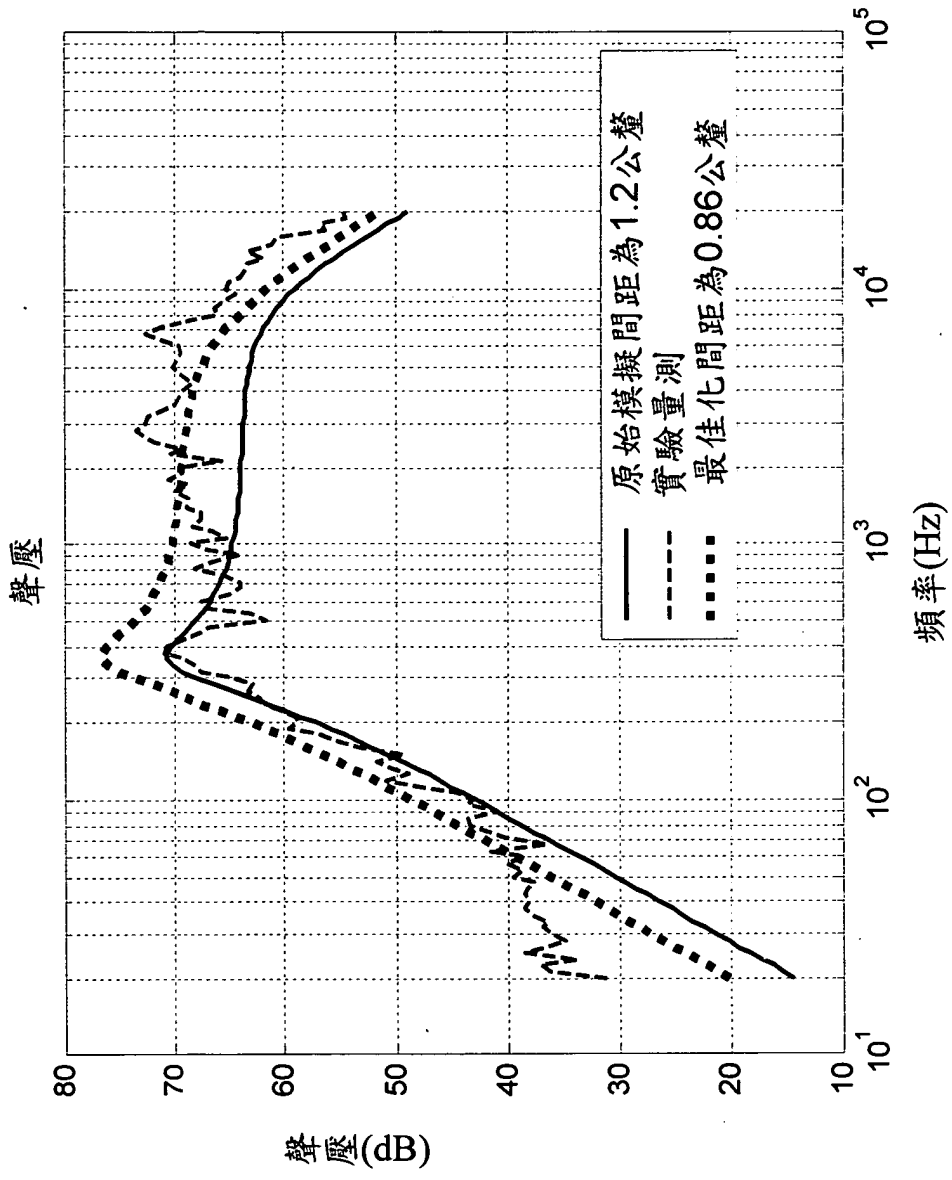
第 4 圖



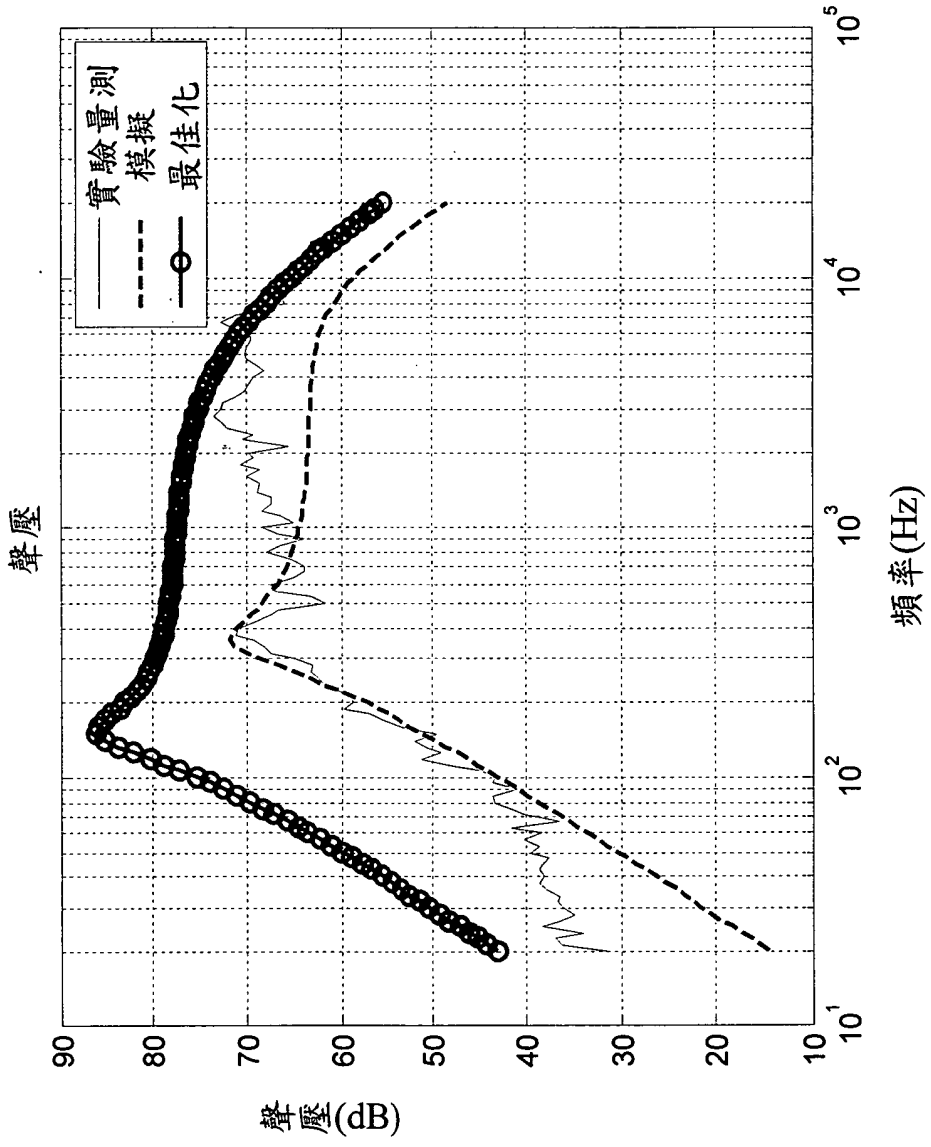
第 5 圖



第6圖



第7圖



第 8 圖