

發明專利說明書

(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：P5116064

※申請日期：95.5.5

※IPC 分類：H04R 3/04

一、發明名稱：(中文/英文)

微型揚聲器之參數鑑別及參數最佳化之方法

二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

國立交通大學

代表人：(中文/英文) 張俊彥

住居所或營業所地址：(中文/英文)

新竹市大學路 1001 號

國籍：(中文/英文) 中華民國 TW

三、發明人：(共 1 人)

姓名：(中文/英文) 1. 白明憲

2. 陳榮亮

國籍：(中文/英文) 1. 中華民國 TW

2. 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：

本發明係提供一種微型揚聲器之參數鑑別及參數最佳化之方法，其係針對微型揚聲器所設計，經由機電常數的量測程序，並撰寫 GUI 軟體介面以求出微型揚聲器的電聲系統參數，並在計算出微型揚聲器之參數值後，以參數設計最佳化之方法，使微型揚聲器可發揮最佳聲學效果及最小諧波失真。

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：

無

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】

本發明係關於一種揚聲器之參數鑑別及參數最佳化之方法，特別是關於一種適用於微型揚聲器之參數鑑別及參數最佳化之方法。

【先前技術】

近年來，微型揚聲器係廣泛應用於電子產品上，成為行動電話、數位相機、個人數位助理(PDA)及動態圖像專家組規範(MPEG 3)播放器的重要內建元件，而為了使揚聲器發揮最佳效果及最小諧波失真，就必須充分了解及掌握揚聲器的各種主要參數。

揚聲器之參數係指經由揚聲器測試系統所測試出來的各種性能參數值，例如共振頻率、頻率響應、機械系統品質因子、電系統品質因子等等，可代表揚聲器在機械及聲學方面的特性及表現。然而習知的揚聲器電聲系統參數鑑別工具均僅針對於大型揚聲器設計，如 R. H. Small 於 1972 年 *Journal of the Audio Engineering Society* 所提出之 “Closed-Box Loudspeaker Systems Part 1: Analysis”，若是將習知之參數鑑別工具使用於微型揚聲器，則常因微型揚聲器體積太小無法準確量測而出現不正確的結果，目前關於微型揚聲器之技術多半著重於其本體組裝設計與阻抗量測結構之領域，尚未發展出適用於微型揚聲器之分析與評估之軟體與設備。

有鑑於此，本發明係提出一種微型揚聲器電聲系統參數之鑑別及最佳化的方法，可應用於較小體積之揚聲器產品。

【發明內容】

本發明之主要目的係在提供一種微型揚聲器參數鑑別之方法，經由機電常數的量測程序，計算出微型揚聲器之參數值。

本發明之另一目的係在提供一種微型揚聲器參數設計最佳化之方法，應用最佳化演算法在限制條件下找出微型揚聲器之最佳參數設計，使微型揚聲器可發揮最佳聲學效果及最小諧波失真。

本發明之再一目的係在提供一種使用外加之電子電路量測微型揚聲器之阻抗頻率響應的方法，其係以一訊號分析裝置、微型揚聲器與負載所組成之簡單電路，取代阻抗分析儀達成阻抗頻率響應量測之功能。

為了達到上述目的，本發明所提出之微型揚聲器參數鑑別方法，係先量測微型揚聲器之阻抗頻率響應及微型揚聲器置於一測試箱中之阻抗頻率響應，再以第一組電路元件模擬微型揚聲器之阻抗頻率響應的曲線峰值，第二組電路元件模擬微型揚聲器置於測試箱中之阻抗頻率響應的曲線峰值，藉由計算第一組電路元件及第二組電路元件之轉移函數，即得到微型揚聲器之參數。

其中為了量得阻抗頻率響應，首先將一電壓輸入由微型揚聲器及一已知阻抗大小之負載組成之電路，再將電壓及擷取之負載壓降連接至一訊號分析裝置，以該訊號分析裝置計算微型揚聲器之阻抗頻率響應。

而微型揚聲器之參數最佳化係先對至少一微型揚聲器進行參數鑑別，再於參數中選擇一目標參數及至少一作為限制條件之限制參數，以最佳化演算法在限制條件下對目標參數進行最佳化。

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】

本發明係利用電子電路的設計加上前端裝置量測微型揚聲器之阻抗頻率響應，以及運用測試箱法(test-box method)量測微型揚聲器之阻抗曲線，並計算出微型揚聲器的機電參數，在得出機電參數後進一步對微型揚聲器之性能進行評估，包括：聲壓靈敏度、效率、總諧波失真以及互調失真等。最後，將微型揚聲器的機電參數進行最佳化的分析與設計，以期能使微型揚聲器達到最佳的輸出性能。

第一圖係本發明之微型揚聲器阻抗頻率響應量測裝置一實施例之示意圖，其中訊號產生器 10、微型揚聲器 12 及一已知阻抗大小之負載 14 組成一量測電路，此實施例中係採用一電阻作為負載。訊號產生器 10 輸出一交流電壓 e_s ，其正極經由三通一端連接到一訊號分析裝置 16，例如頻譜分析儀的第一通道 ch1，另一端經由電阻 14 連接到微型揚聲器 12，負極連接至微型揚聲器 12，當電流流經電阻 14，產生一壓降 e ，此時微型揚聲器 12 上之電壓為 $e_s - e$ ，因此只要擷取電阻 14 兩端之壓降，將其電壓輸入訊號分析裝置 16 的第二通道 ch2，訊號分析裝置 16 就可以依照 $Z = R \frac{e_s - e}{e} = R \left(\frac{1}{H(f)} - 1 \right)$ 之公式計算出微型揚聲器 12 之阻抗頻率響應 Z ，其中 $H(f)$ 為電阻 14 之阻抗頻率響應， R 為電阻 14 之阻抗大小。

而計算出微型揚聲器之阻抗頻率響應後，我們可對微型揚聲器之參數進行量測，由於微型揚聲器體型之限制，本發明之參數鑑別係採用測試箱法，如第二圖所示，測試箱必須為一密閉空間，不可有氣體外洩。在進行

參數鑑別時，首先如第三圖之步驟 S10 將微型揚聲器分別置於測試箱內及測試箱外，並以第一圖所示之量測裝置分別量測微型揚聲器置於測試箱中之阻抗頻率響應及未加測試箱之阻抗頻率響應，其結果係如第四圖所示，其中紅線係代表未加測試箱之微型揚聲器阻抗頻率響應曲線，藍線係代表置於測試箱內之微型揚聲器阻抗頻率響應曲線。

接著如步驟 S12 所示，以一組包括電阻、電感及電容之電路元件模擬未加測試箱之微型揚聲器的阻抗頻率響應曲線峰值，並以另一組同樣包括電阻、電感及電容之電路元件模擬微型揚聲器置於測試箱中之阻抗頻率響應的曲線峰值，模擬的目的在於利用曲線嵌合法(curve fitting method)以求得微型揚聲器的機械系統品質因子(electrical system quality factor, Q_{ES})及測試箱電系統品質因子(closed-box system electrical quality factor, Q_{EC})，其模擬之步驟係選擇適當之電感值 M、電阻值 R、電容值 C，使由該電感、電阻及電容所組成之電路具有與微型揚聲器之阻抗頻率響應曲線峰值一致之頻率響應曲線峰值。再藉由比較該電感、電阻及

電容之二階轉移函數 $\frac{1}{j\omega M + R + \frac{1}{j\omega C}}$ 與 $\frac{1}{s^2 + 2\zeta\omega_s s + \omega_s^2}$ 的係數，即可利用式(1)

至式(3)求得微型揚聲器之共振頻率(resonance frequency, ω_s)與機械系統品質因子(mechanical system quality factor, Q_{MS})參數，如步驟 S14 所示。

$$\omega_s = 2\pi f_s \quad (1)$$

$$Q_{MS} = \frac{1}{2\zeta} \quad (2)$$

$$Q_{ES} = Q_{MS} \left(\frac{R_E}{R_{ES}} \right) \quad (3)$$

同樣地，比較用以模擬置於測試箱中之微型揚聲器阻抗頻率響應曲線峰值之另一組電阻、電容及電感的二階轉移函數後，即可求得微型揚聲器置於測試箱的共振頻率(resonance frequency, f_c)與測試箱電系統品質因子(closed-box system electrical quality factor, Q_{EC})參數。在求出測試箱電系統品質因子 Q_{EC} 及機械系統品質因子 Q_{ES} 後，微型揚聲器之等效容積 $V_{AS} = V_T \left(\frac{f_c Q_{EC}}{f_s Q_{ES}} - 1 \right)$ ，其中 V_T 為測試箱的容積；振膜之機械質量 M_{MD} 、振膜與空氣負載之機械系統質量 M_{MS} 與振膜懸吊的機械順性 C_{MS} 可利用式(4)至式(6)求出：

$$C_{MS} = \frac{V_{AS}}{\rho_0 c^2 S_D^2} \quad (4)$$

$$M_{MS} = \frac{1}{\omega_s^2 C_{MS}} \quad (5)$$

$$M_{MD} = M_{MS} - 2M_1 \quad (6)$$

其中 ρ_0 為空氣密度、 c 為聲速、 S_D 為振膜之有效面積、 M_1 為低頻空氣負載阻抗。另一方面，振膜懸吊之機械電阻 R_{MS} 與馬達常數 Bl 可由式(7)及式(8)求出：

$$R_{MS} = \frac{\omega_s M_{MS}}{Q_{MS}} \quad (7)$$

$$Bl = \sqrt{\frac{\omega_s R_E M_{MS}}{Q_{ES}}} \quad (8)$$

其他幾項重要如參數振膜懸吊的聲學順性 C_{AS} 、振膜與空氣負載之聲學質量

M_{AS} 、懸吊損失之聲學電阻 R_{AS} 、驅動總移動質量之電容 C_{MES} 、驅動機械順性之電感 L_{CES} 、懸吊損失與電損失之聲學電阻 R_{AT} 、懸吊損失與電損失之總機械電阻 R_{MT} 與振膜之機械質量 M_{MD} 表示如下：

$$C_{AS} = S_D^2 C_{MS} \quad (9)$$

$$M_{AS} = \frac{M_{MS}}{S_D^2} \quad (10)$$

$$R_{AS} = \frac{R_{MS}}{S_D^2} \quad (11)$$

$$C_{MES} = \frac{M_{MS}}{Bl^2} \quad (12)$$

$$L_{CES} = Bl^2 C_{MS} \quad (13)$$

$$R_{AT} = R_{AE} + R_{AS} \quad (14)$$

$$R_{MT} = R_{AT} + S_D^2 \quad (15)$$

$$M_{MD} = M_{MS} - 2S_D^2 M_A \quad (16)$$

其中， R_{AE} 為電損失之聲學電阻、 M_A 為聲學質量。另外揚聲器的線圈等效電阻與電感，可由下列公式求出：

$$\begin{aligned} Z_E(j\omega) &\approx (j\omega)^n L_e \\ \Rightarrow R'_E &= \left[\frac{L_e}{\cos(n\pi/2)} \right] \omega^n, L_E = \left[\frac{L_e}{\sin(n\pi/2)} \right] \omega^{n-1} \end{aligned} \quad (17)$$

而 n 及 L_e 之值可由量測的 Z_{vc} 求出：

$$\begin{aligned} Z_E &= Z_{vc} - R_E \\ n &= \frac{1}{90} \tan^{-1} \left[\frac{\text{Im}(Z_E)}{\text{Re}(Z_E)} \right] = \frac{\ln|Z_2| - \ln|Z_1|}{\ln\omega_2 - \ln\omega_1}, L_e = \frac{|Z_E|}{\omega^n} \end{aligned} \quad (18)$$

由於上述之參數計算步驟可以 Matlab GUI 介面等具運算功能之軟體實現，輸入微型揚聲器之阻抗頻率響應、微型揚聲器置於測試箱中之阻抗頻

率響應及測試箱大小後，由 Matlab 自動計算出上述之參數值，因此本發明之參數鑑別方法可以電腦程式之形式呈現。

接著本發明更提出一種對微型揚聲器參數進行最佳化之方法，由於微型揚聲器在外形上，有體積大小與厚度之限制，且微型揚聲器中各個元件係分別生產再進行組裝，無法確保各元件之間是否匹配，使得微型揚聲器之音量與音質無法發揮至最佳效果，因此必須應用最佳化設計方法才能達到微型揚聲器之最佳設計結果。本發明之最佳化方法係於參數中選擇出一目標函數以及至少一作為限制條件之限制參數，在限制條件下以最佳化演算法找出最大或是最小的目標函數，進行最佳化，如步驟 S16 所示。例如當目標函數為軸向聲壓靈敏度(sensitivity) p_{sens}^W 時，其係軸向距離 $r = 1$ 米處，輸入電壓 $e_g = 1 V_{rms}$ 時之聲壓靈敏度大小，限制條件可為振膜位移量、磁通量密度、聲學順性以及共振頻率等，而最佳化的目標就是要得到最大的聲壓靈敏度。

第五圖為微型揚聲器使用最佳化調整軸向聲壓靈敏度後之軸向聲壓頻率響應函數與未使用最佳化時之軸向聲壓頻率響應函數比較結果，其中紅線為使用最佳化調整後之模擬結果，藍線及黑線為未使用最佳化之模擬及量測結果。在進行最佳化時，係使用序列二次規劃法(Sequential quadratic programming)對軸向聲壓靈敏度進行最佳化，並由以下公式求得微型揚聲器的阻抗、振膜體速度以及軸向聲壓的頻率響應函數。

$$Z_{VC}(s) = R_E + L_E s \square R_E + R_{ES} \frac{(1/Q_{MS})(s/\omega_s)}{(s/\omega_s)^2 + (1/Q_{MS})(s/\omega_s) + 1} \quad (19)$$

$$U_D = \frac{S_D e_g R_{AE}}{Bl R_{AT}} \frac{(1/Q_{TS})(s/\omega_s)}{(s/\omega_s)^2 + (1/Q_{TS})(s/\omega_s) + 1} \quad (20)$$

$$p(r=1m) = \frac{\rho_0 B l e_g}{2\pi S_D R_E M_{AS}} \frac{(s/\omega_s)^2}{(s/\omega_s)^2 + (1/Q_{TS})(s/\omega_s) + 1} \quad (21)$$

其中 $R_{AT} = R_{AE} + R_{AS}$ 。由圖中可以看出，經過最佳化後之頻率響應曲線較平，代表微型揚聲器之音質平衡較好，具有較佳之軸向聲壓靈敏度。

綜上所述，本發明係提供一種使用外加之電子電路量測微型揚聲器之阻抗頻率響應的方法，由一簡單電路取代習知的阻抗分析儀，達成阻抗頻率響應量測之功能。另外經由機電常數的量測程序，本發明提出一種適用於微型揚聲器之參數鑑別方法，計算出微型揚聲器之參數值，並在計算出微型揚聲器之參數值後，以參數設計最佳化之方法，使微型揚聲器可發揮最佳聲學效果及最小諧波失真。

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】

第一圖為本發明之微型揚聲器阻抗頻率響應量測裝置一實施例之示意圖。

第二圖為本發明之測試箱裝置示意圖。

第三圖為本發明之參數鑑別及最佳化流程圖。

第四圖為量測微型揚聲器置於測試箱中之阻抗頻率響應及未加測試箱之阻抗頻率響應結果。

第五圖為微型揚聲器使用最佳化調整軸向聲壓靈敏度後之軸向聲壓頻率響應函數與未使用最佳化時之軸向聲壓頻率響應函數比較結果。

【主要元件符號說明】

- 10 訊號產生器
- 12 微型揚聲器
- 14 電阻
- 16 訊號分析裝置

十、申請專利範圍：

1. 一種微型揚聲器參數鑑別之方法，包括下列步驟：

量測微型揚聲器之阻抗頻率響應；

量測微型揚聲器置於一測試箱中之阻抗頻率響應；

以第一組電路元件模擬該微型揚聲器之阻抗頻率響應的曲線峰值，並以第二組該電路元件模擬該微型揚聲器置於該測試箱中之阻抗頻率響應的曲線峰值；以及

藉由計算該第一組電路元件及該第二組電路元件之轉移函數，得到該微型揚聲器之參數。

2. 如申請專利範圍第 1 項所述之微型揚聲器參數鑑別之方法，其中該阻抗頻率響應之量測包括下列步驟：

將一電壓輸入由該微型揚聲器及一已知阻抗大小之負載組成之電路；

將該電壓連接至一訊號分析裝置；

擷取該負載之壓降，將其輸入該訊號分析裝置；以及

以該訊號分析裝置計算該微型揚聲器之阻抗頻率響應。

3. 如申請專利範圍第 2 項所述之微型揚聲器參數鑑別之方法，其中該輸入電壓之一極係連接至該微型揚聲器，該輸入電壓之另一極係經由該負載連接至該微型揚聲器。

4. 如申請專利範圍第 2 項所述之微型揚聲器參數鑑別之方法，其中該電壓係一訊號產生器輸出之交流訊號。

5. 如申請專利範圍第 2 項所述之微型揚聲器參數鑑別之方法，其中該負載

為一電阻。

6. 如申請專利範圍第 2 項所述之微型揚聲器參數鑑別之方法，其中該阻抗頻率響應之計算係利用

$Z = R \frac{e_s - e}{e} = R \left(\frac{1}{H(f)} - 1 \right)$ 之公式，其中該 Z 為該阻抗頻率響應，該 $H(f)$ 係該

負載之阻抗頻率響應，該 R 為該負載之阻抗大小，該 e_s 為該電壓，該 e 為該負載之壓降。

7. 如申請專利範圍第 2 項所述之微型揚聲器參數鑑別之方法，其中該訊號分析裝置係一頻譜分析儀。

8. 如申請專利範圍第 7 項所述之微型揚聲器參數鑑別之方法，其中該電壓係連接至該頻譜分析儀之第一通道，該負載之壓降係連接至該頻譜分析儀之第二通道。

9. 如申請專利範圍第 1 項所述之微型揚聲器參數鑑別之方法，其中該測試箱係一密閉空間。

10. 如申請專利範圍第 1 項所述之微型揚聲器參數鑑別之方法，其中該電路元件包括電阻、電感及電容。

11. 如申請專利範圍第 1 項所述之微型揚聲器參數鑑別之方法，其中該模擬步驟係選擇適當之該電路元件值，使該電路元件之頻率響應曲線峰值與該阻抗頻率響應之曲線峰值一致。

12. 如申請專利範圍第 1 項所述之微型揚聲器參數鑑別之方法，其中該轉移函數係二階轉移函數。

13. 如申請專利範圍第 1 項所述之微型揚聲器參數鑑別之方法，其中該參數

包括共振頻率、機械系統品質因子、電系統品質因子、該微型揚聲器置於該測試箱之共振頻率、該微型揚聲器置於該測試箱之機械系統品質因子、該微型揚聲器置於該測試箱之電系統品質因子、機械系統質量、順性、機械電阻、馬達常數、聲學電阻、聲學質量、線圈等效電阻與電感。

14. 如申請專利範圍第 13 項所述之微型揚聲器參數鑑別之方法，其中該共振頻率及該機械系統品質因子係由該轉移函數之係數求得。

15. 如申請專利範圍第 13 項所述之微型揚聲器參數鑑別之方法，其中該電系統品質因子係由該機械系統品質因子求得。

16. 如申請專利範圍第 13 項所述之微型揚聲器參數鑑別之方法，其中該機械系統質量、該順性、該機械電阻、該馬達常數、該聲學電阻、該聲學質量、該線圈等效電阻與電感係由該電系統品質因子及該微型揚聲器置於該測試箱之電系統品質因子求得。

17. 如申請專利範圍第 1 項所述之微型揚聲器參數鑑別之方法，更包括一參數最佳化之步驟，以最佳化演算法對目標參數進行最佳化。

18. 如申請專利範圍第 17 項所述之微型揚聲器參數鑑別之方法，其中該最佳化演算法係使用序列二次規劃法(sequential quadratic programming)。

19. 如申請專利範圍第 17 項所述之微型揚聲器參數鑑別之方法，其中該目標參數可為軸向聲壓靈敏度，其為軸向距離 1 米處，輸入電壓為 $1V_{rms}$ 時之聲壓靈敏度大小。

20. 一種微型揚聲器參數最佳化之方法，包括下列步驟：

對至少一微型揚聲器進行參數鑑別；

於該參數中選擇一目標參數及至少一作為限制條件之限制參數；以及
以最佳化演算法在該限制條件下對該目標參數進行最佳化。

21. 如申請專利範圍第 20 項所述之微型揚聲器參數最佳化之方法，其中該最佳化演算法係使用序列二次規劃法。

22. 如申請專利範圍第 20 項所述之微型揚聲器參數最佳化之方法，其中該目標參數可為軸向聲壓靈敏度，其為軸向距離 1 米處，輸入電壓為 $1V_{rms}$ 時之聲壓靈敏度大小。

23. 如申請專利範圍第 20 項所述之微型揚聲器參數最佳化之方法，其中該限制參數可為振膜位移量、磁通量密度、聲學順性或共振頻率。

24. 如申請專利範圍第 20 項所述之微型揚聲器參數最佳化之方法，其中該參數鑑別係包括下列步驟：

量測微型揚聲器之阻抗頻率響應；

量測微型揚聲器置於一測試箱中之阻抗頻率響應；

以第一組電路元件模擬該微型揚聲器之阻抗頻率響應的曲線峰值，並以第二組該電路元件模擬該微型揚聲器置於該測試箱中之阻抗頻率響應的曲線峰值；以及

藉由計算該第一組電路元件及該第二組電路元件之轉移函數，得到該微型揚聲器之參數。

25. 如申請專利範圍第 24 項所述之微型揚聲器參數最佳化之方法，其中該阻抗頻率響應之量測包括下列步驟：

將一電壓輸入由該微型揚聲器及一已知阻抗大小之負載組成之電路；

將該輸入電壓連接至一訊號分析裝置；

擷取該負載之壓降，將其輸入該訊號分析裝置；以及

以該訊號分析裝置計算該微型揚聲器之阻抗頻率響應。

26. 如申請專利範圍第 25 項所述之微型揚聲器參數最佳化之方法，其中該輸入電壓之一極係連接至該微型揚聲器，該輸入電壓之另一極係經由該負載連接至該微型揚聲器。

27. 如申請專利範圍第 25 項所述之微型揚聲器參數最佳化之方法，其中該輸入電壓係一訊號產生器輸出之交流訊號。

28. 如申請專利範圍第 25 項所述之微型揚聲器參數最佳化之方法，其中該負載為一電阻。

29. 如申請專利範圍第 25 項所述之微型揚聲器參數最佳化之方法，其中該阻抗頻率響應之計算係利用

$Z = R \frac{e_s - e}{e} = R \left(\frac{1}{H(f)} - 1 \right)$ 之公式，其中該 Z 為該阻抗頻率響應，該 $H(f)$ 係該

負載之阻抗頻率響應，該 R 為該負載之阻抗大小，該 e_s 為該電壓，該 e 為該負載之壓降。

30. 如申請專利範圍第 25 項所述之微型揚聲器參數最佳化之方法，其中該訊號分析裝置係一頻譜分析儀。

31. 如申請專利範圍第 30 項所述之微型揚聲器參數最佳化之方法，其中該電壓係連接至該頻譜分析儀之第一通道，該負載之壓降係連接至該頻譜分析儀之第二通道。

32. 如申請專利範圍第 24 項所述之微型揚聲器參數最佳化之方法，其中該

測試箱係一密閉空間。

33. 如申請專利範圍第 24 項所述之微型揚聲器參數最佳化之方法，其中該電路元件包括電阻、電感及電容。

34. 如申請專利範圍第 24 項所述之微型揚聲器參數最佳化之方法，其中該模擬步驟係選擇適當之該電路元件值，使該電路元件之頻率響應曲線峰值與該阻抗頻率響應之曲線峰值一致。

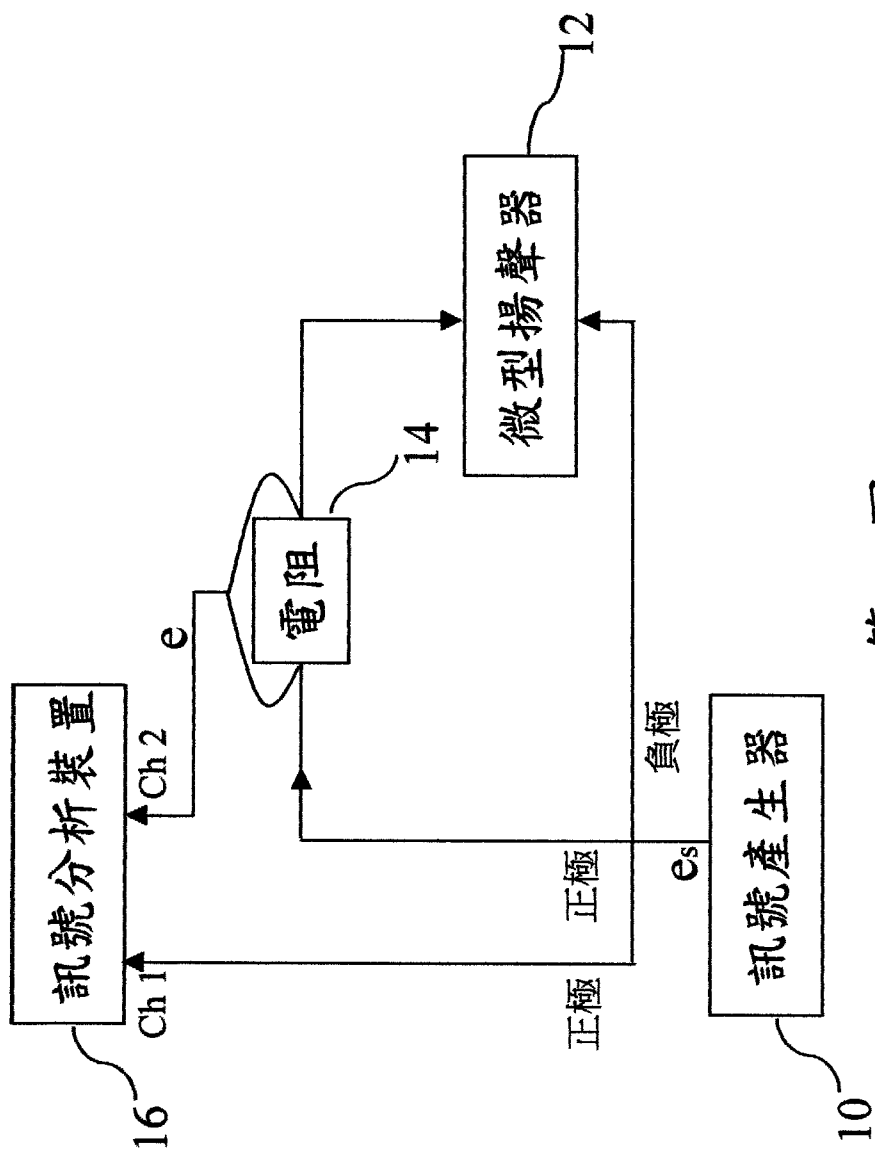
35. 如申請專利範圍第 24 項所述之微型揚聲器參數最佳化之方法，其中該轉移函數係二階轉移函數。

36. 如申請專利範圍第 24 項所述之微型揚聲器參數最佳化之方法，其中該參數包括共振頻率、機械系統品質因子、電系統品質因子、該微型揚聲器置於該測試箱之共振頻率、該微型揚聲器置於該測試箱之機械系統品質因子、該微型揚聲器置於該測試箱之電系統品質因子、機械系統質量、順性、機械電阻、馬達常數、聲學電阻、聲學質量、線圈等效電阻與電感。

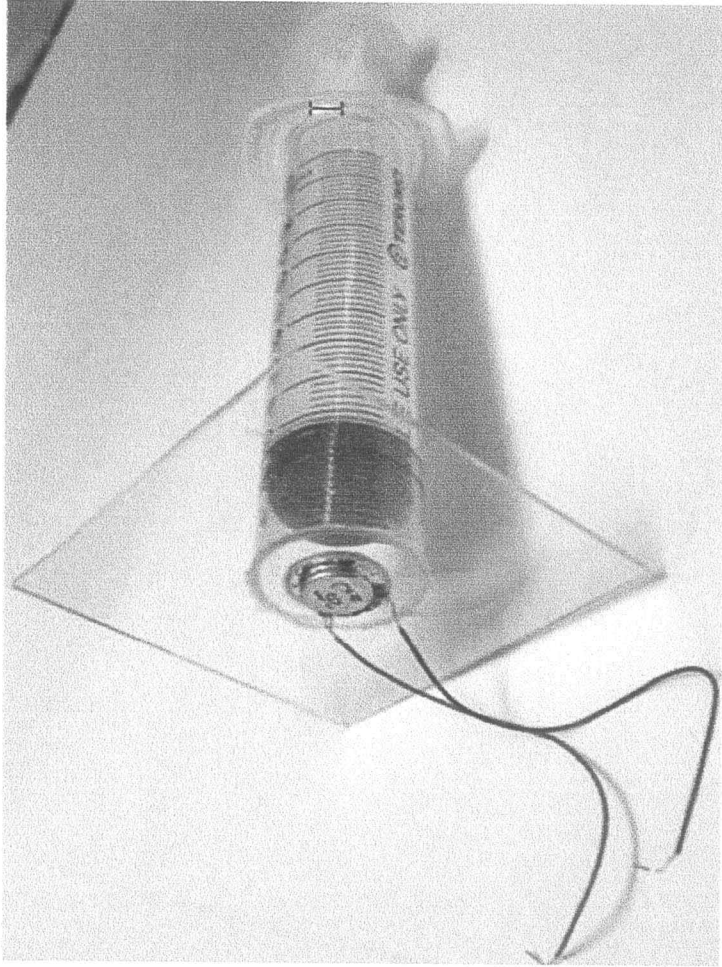
37. 如申請專利範圍第 36 項所述之微型揚聲器參數最佳化之方法，其中該共振頻率及該機械系統品質因子係由該轉移函數之係數求得。

38. 如申請專利範圍第 36 項所述之微型揚聲器參數最佳化之方法，其中該電系統品質因子係由該機械系統品質因子求得。

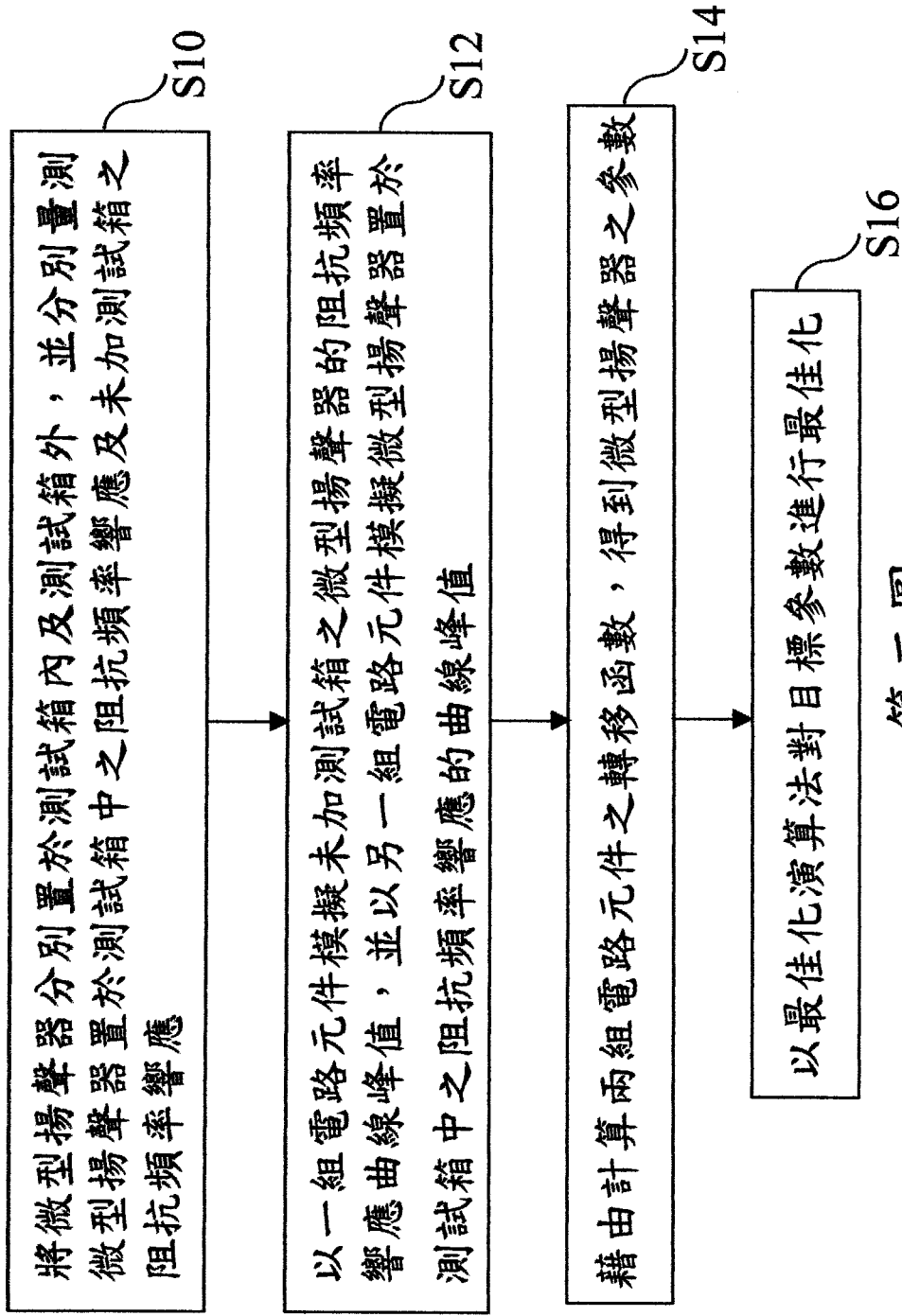
39. 如申請專利範圍第 36 項所述之微型揚聲器參數最佳化之方法，其中該機械系統質量、該順性、該機械電阻、該馬達常數、該聲學電阻、該聲學質量、該線圈等效電阻與電感係由該電系統品質因子及該微型揚聲器置於該測試箱之電系統品質因子求得。



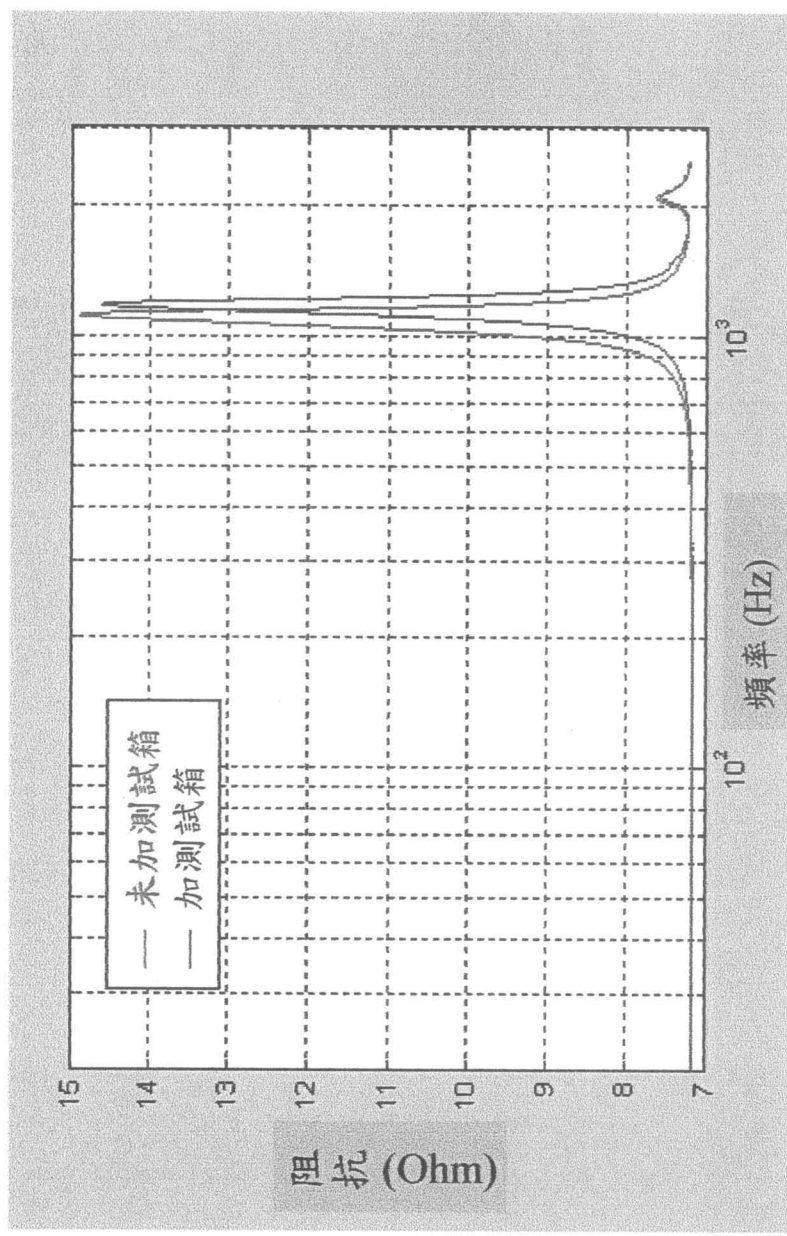
第一圖



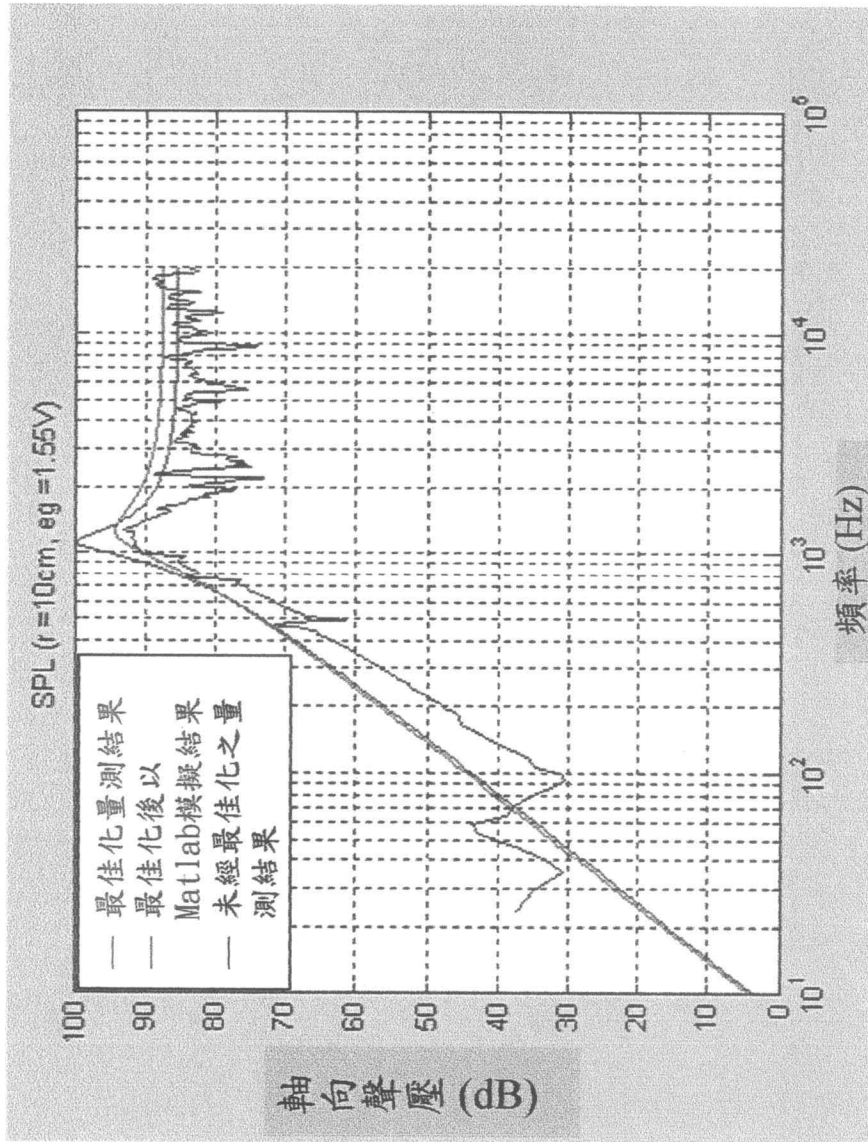
第二圖



第三圖



第四圖



第五圖