

(21)申請案號：098127363

(22)申請日：中華民國 98 (2009) 年 08 月 14 日

(51)Int. Cl.：

G06G7/48 (2006.01)

H04R3/00 (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)；郭育志(TW)

(74)代理人：林火泉

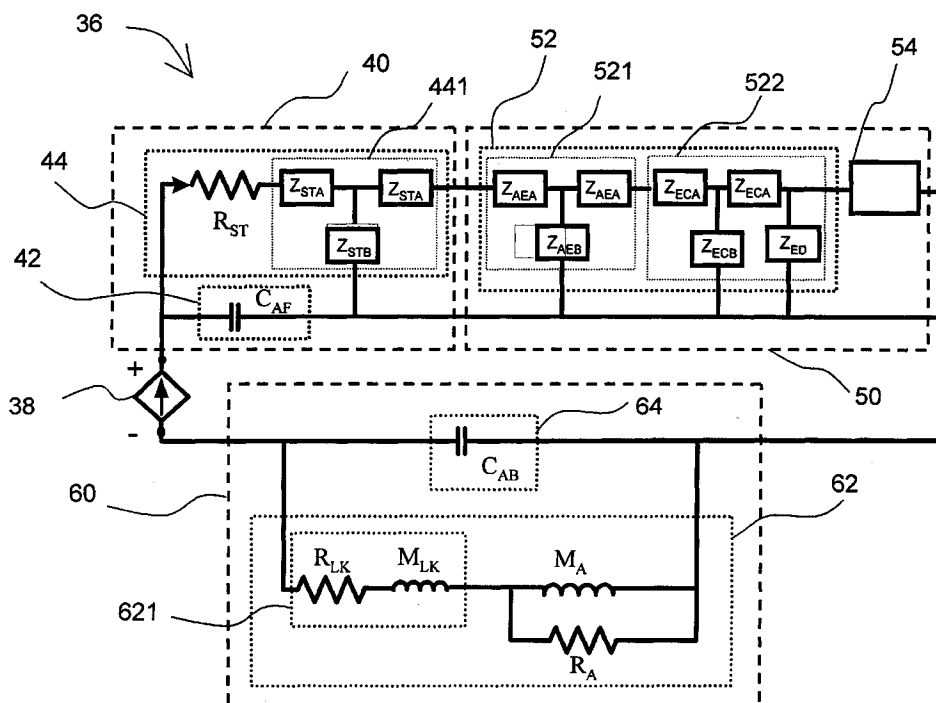
申請實體審查：有 申請專利範圍項數：27 項 圖式數：6 共 25 頁

(54)名稱

耳機聲學模擬系統及最佳化模擬方法

(57)摘要

本發明係揭示一種耳機聲學模擬系統及其最佳化模擬方法，其中耳機聲學模擬系統具有耳機前端模擬電路與後端模擬電路，二者係分別模擬耳機前腔體與後音腔等的聲學環境，並且由人工耳模擬電路分別連接耳機前端模擬電路與後端模擬電路，因此即可從人工耳模擬電路之阻抗變化來瞭解耳機腔體內頻率響應的情況。此外，本發明之耳機聲學系統之最佳化模擬方法係以模擬退火法演算法來取得腔體最佳化之參數解，並以耳機聲學模擬系統預測耳機腔體最佳化後之聲壓曲線結果。



36：聲學系統

40：耳機前端模擬電路

42：前音腔模擬電路

44：前音腔模擬電路

50：人工耳模擬電路

52：耳道模擬電路

54：仿真耳模擬器

60：耳機後端模擬電路

62：洩漏孔模擬電路

64：後音腔模擬電路

441：出音管 T 型電路

521：外耳道模擬電路

522：內耳道模擬電路

621：空氣聲學輻射電路

C_{AB}：第二電容

C_{AF}：第一電容

M_A ：第二電感

M_{LK} ：第一電感

R_A ：第三電阻

R_{LK} ：第二電阻

R_{ST} ：第一電阻

Z_{AEA} ：A 型耳道阻抗

Z_{AEB} ：B 型耳道阻抗

Z_{ECA} ：A 型內耳道阻
抗

Z_{ECB} ：B 型內耳道阻
抗

Z_{ED} ：鼓膜阻抗

Z_{STA} ：A 型出音管阻
抗

Z_{STB} ：B 型出音管阻
抗

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： 98127363

※ 申請日： 98.8.14

※IPC 分類：G06G 7/48 (2006.01)
H04R 3/00 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

耳機聲學模擬系統及最佳化模擬方法

二、中文發明摘要：

本發明係揭示一種耳機聲學模擬系統及其最佳化模擬方法，其中耳機聲學模擬系統具有耳機前端模擬電路與後端模擬電路，二者係分別模擬耳機前腔體與後音腔等的聲學環境，並且由人工耳模擬電路分別連接耳機前端模擬電路與後端模擬電路，因此即可從人工耳模擬電路之阻抗變化來瞭解耳機腔體內頻率響應的情況。此外，本發明之耳機聲學系統之最佳化模擬方法係以模擬退火法演算法來取得腔體最佳化之參數解，並以耳機聲學模擬系統預測耳機腔體最佳化後之聲壓曲線結果。

三、英文發明摘要：

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 (3) 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

36	聲學系統		
40	耳機前端模擬電路	42	前音腔模擬電路
44	前音腔模擬電路	441	出音管 T 型電路
50	人工耳模擬電路	52	耳道模擬電路
521	外耳道模擬電路	522	內耳道模擬電路
54	仿真耳模擬器		
60	耳機後端模擬電路	62	洩漏孔模擬電路
621	空氣聲學輻射電路	64	後音腔模擬電路
C_{AF}	第一電容	R_{ST}	第一電阻
Z_{STA}	A 型出音管阻抗	Z_{STB}	B 型出音管阻抗
Z_{AEA}	A 型耳道阻抗	Z_{AEB}	B 型耳道阻抗
Z_{ECA}	A 型內耳道阻抗	Z_{ECB}	B 型內耳道阻抗
Z_{ED}	鼓膜阻抗		
R_{LK}	第二電阻	M_{LK}	第一電感
M_A	第二電感	R_A	第三電阻
C_{AB}	第二電容		

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】

本發明係有關一種聲學模擬系統，尤其是有關耳機的聲學空間之模擬平台。

【先前技術】

在擴音技術發展之同時，耳機亦是一種將聲音傳送且播放給耳朵收聽的裝置，如今隨著科技進步，耳機傳統的播音功能麥克風技術結合，再配合藍芽傳輸功能，使溝通工具新增了免持話筒之功能，導致市場對耳機需求量又再度提高。

而好的耳機的條件無非是利用電流訊號傳送，並無失真轉換回聲波給人耳收聽，因此耳機本身的敏感度、失真度、頻寬以及體積最小化等特徵條件，皆會使得聲音訊號在播出時效果不同。再者，已見有習知技術以電機聲(Electro-Mechanical-Acoustical, EMA)模擬電路來建立揚聲器或喇叭等之開放空間的聲學模擬系統，並以演算法計算最佳的結構設計參數，以助音箱設計所使用。然而，卻遲遲未見有專門為耳機所設計的模擬平台，由於耳機不同於一般在開放性空間的揚聲器之聲學環境，耳機模擬的阻抗條件係不同於一般的自由場，所以有必要再建立一套耳機聲學模擬平台。

因此，本發明針對上述習知技術之不足處，提出一種耳機聲學模擬系統及耳機聲學最佳化之模擬方法。

【發明內容】

本發明之主要目的提供一種耳機聲學模擬系統及其最佳化模擬方法，建立耳機與耳道的頻率響應模擬平台，提供真實數值的模擬效果，以供耳機設計業者應用。

本發明之另一目的提供一種耳機聲學模擬系統及耳機聲學最佳化模擬方法，係建立一套耳機模擬電路，並運用模擬退火法計算取得耳機腔體最佳化參數，並預測耳機結構的最佳化設計結果，以輔助業者設計耳機構造。

為達到上述之目的本發明建立一種耳機聲學模擬系統，其係由聲音輸出源、耳機前端模擬電路、人工耳模擬電路以及耳機後端模擬電路連接形成迴路，由聲音輸出源發出聲音訊號，由耳機前端模擬電路傳遞電壓訊號給人工耳模擬電路，再由耳機後端模擬電路接收該電壓訊號，並回傳該電壓訊號給聲音輸出源，其中耳機前端模擬電路係具有一第一電阻與出音管 T 型電路，人工耳模擬電路係包含一耳道模擬電路與一仿真耳模擬器，耳機後端模擬電路係為一後音腔模擬電路並聯一洩漏孔模擬電路。而由該耳道模擬電路連續輸出其阻抗電壓而取得一聲壓曲線，在與實驗結果比對下，本發明所獲得的聲壓曲線與實驗的聲壓曲線相近，因此藉由本發明模擬系統所獲得之聲壓曲線可預測實體耳機腔體內的頻率響應情況。

再者，本發明揭示耳機聲學系統之最佳化模擬方法，其為先建立一耳機電機聲類比電路，其係包括一耳機聲學模擬系統，該系統為一聲音輸出源傳輸聲音訊號至耳機前端模擬電路，由耳機前端模擬電路輸出電壓訊號經由人工耳模擬電路以及耳機後端模擬電路，最後電壓訊號傳送回給聲音輸出源；接續，設定複數個耳機腔體參數之範圍，且從該耳道 T 型電路輸出阻抗電壓，進而取得一聲壓曲線；最後，根據該聲壓曲線與頻率響應遮罩之參考曲線之間之目標函數，並利用模擬退火法進行最佳化計算，而獲得最佳化耳機腔體參數值。

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】

請參考第 1 圖，係為人工耳連接耳機之結構剖視圖。由於一般耳機 10 係內建一微型揚聲器 12，微型揚聲器 12 發出聲波至耳機前音腔 14 與後音腔 16，使二音腔產生震動，且耳機後端更設有一洩漏孔 18，聲波會從洩漏孔 18 洩出，而人工耳 20 係從前音腔 14 至出音管 15 接收聲波。另外，人工耳 20 內部係為一外耳道 22 通往一內耳道 24，在內耳道 24 兩側設有仿真耳模擬器 26。因此，耳機與一般處在自由音場的播音器的聲學環境不同，而針對耳機結構，本發明建立一套有關耳機腔體的聲學模擬平台。

而在揭示本發明主要內容之前，先說明本發明係以電機聲類比電路 30 (EMA analogy circuit) 模擬整個耳機運作的情形，該類比電路 30 請參考第 2 圖所示，其中電機聲類比電路包含三個部分，分別為耳機電學系統 32、機械系統 34 以及聲學系統 36 三者耦合形成，藉以模擬耳機播音時內部作動的狀況。其中，聲學系統之模擬電路係與耳機結構有關，而本發明主要目的係揭露該電機聲類比電路之聲學模擬系統 36，以預測耳機結構所造成的頻率響應結果。

請同時參考第 1 圖與第 3 圖，其係本發明之耳機聲學模擬系統之電路示意圖，耳機聲學模擬系統 36 係透過一聲音輸出源 38 輸出聲音訊號，其中該聲音輸出源 38 係具有正輸出端與負輸出端。在聲音訊號被接受後進而進入一耳機前端模擬電路 40，耳機前端模擬電路 40 係由前音腔模擬電路 42 並聯出音管模擬電路 44 組成，其中，該前音腔模擬電路 42 係為第一電容 C_{AF} ，以模擬耳機前音腔 14；該出音管模擬電路 44 係由第一電阻 R_{ST} 與

出音管 T 型電路 441 串接，以模擬出音管為雙開口的管路，而出音管 T 型電路 441 係由兩個 A 型出音管阻抗 Z_{STA} 與一個 B 型出音管阻抗 Z_{STB} 所連接形成的 T 型電路。接受聲音訊號的耳機前端模擬電路 40 輸出電壓訊號給人工耳模擬電路 50，而人工耳模擬電路 50 係由耳道模擬電路 52 連接仿真耳模擬器 54，其中，該耳道模擬電路 52 係包含外耳道模擬電路 521、內耳道模擬電路 522 並聯而成，而外耳道模擬電路 521 或內耳道模擬電路 522 係為 T 型電路的結構，外耳道 T 型電路 521 係由兩個 A 型外耳道阻抗 Z_{AEA} 連接一個 B 型外耳道阻抗 Z_{AEB} 形成的 T 型電路，內耳道模擬電路 522 係同樣由兩個 A 型內耳道阻抗 Z_{AEC} 連接一個 B 型內耳道阻抗 Z_{AEC} 形成的 T 型電路，且內耳道模擬電路中包含另一種阻抗 Z_{ED} ，與內耳道 T 型電路並聯，來模擬人工耳的鼓膜，而鼓膜阻抗 Z_{ED} 設定為無限大值，以模擬該耳道一端呈現封閉狀態；再者，仿真耳模擬器 54 係使用 IEC711 模擬器，其內部電路如第 4 圖所示。而電壓訊號經過人工耳模擬電路 50 後，傳輸至耳機後端模擬電路 60，其係為一洩漏孔模擬電路 62 並聯一後音腔模擬電路 64，其中該洩漏孔模擬電路 62 係為第二電阻 R_{LK} 串接第一電感 M_{LK} ，以模擬聲音傳遞至洩漏孔 18 之聲學環境；並且再串聯一模擬空氣聲學輻射電路 621，其係為第二電感 M_A 並聯第三電阻 R_A ，以模擬洩漏孔 18 中空氣所產生之輻射；而該後音腔模擬電路 64 係為第二電容 C_{AB} ，以模擬後音腔 16 腔體。因此，電壓訊號經過耳機後端模擬電路 60，傳送聲音輸入源 38 之負輸出端，使耳機聲學模擬電路 36 形成有效迴路。

其中，上述所提的第一電容 C_{AF} 係等於 $\frac{V_A}{\rho_0 c^2}$ ，第二電容 C_{AB} 係等於

$\frac{V_B}{\rho_0 c^2}$ ，第一電感 M_{LK} 係為 $\frac{\rho_0}{S_{LK}} L_{LK}$ ，以及第一電阻 R_{ST} 係為

$\frac{\rho_0}{\pi a_{ST}} \sqrt{2\omega\mu} \left(\frac{L_{ST}}{a_{ST}} + 2 \right)$ ，其中 ρ_0 係為空氣密度、 c 為聲速、 V_A 為該前音腔體積，

S_{LK} 係為該洩漏孔面積， L_{LK} 為耳機後端之導音管之長度， L_{ST} 為前端之出音管長度、 a_{ST} 為出音管之截面半徑， μ 為動態黏滯係數。

另外，出音管 T 型電路由兩個串接 A 型出音管阻抗 Z_{STA} ，其結點連接一個 B 型出音管阻抗 Z_{STB} ，形成一模擬耳機出音管之 T 型電路，其中上述阻抗公式分別如下所示：

$$Z_{STA} = jZ_0 \tan\left(\frac{kL_{ST}}{2}\right) \quad (1)$$

$$Z_{STB} = \frac{Z_0}{j \sin(kL_{ST})} \quad (2)$$

$$Z_0 = \frac{\rho_0 c}{a_{ST}^2 \pi} \quad (3)$$

公式(1)、(2)以及(3)中， L_{ST} 係為該出音管長度， a_{ST} 係為該出音管之截面半徑， ρ_0 係為空氣密度， c 為聲速。並且，外耳道 T 型電路係為兩個串接的 A 型外耳道阻抗 Z_{AEA} 之間結點連接一 B 型外耳道阻抗 Z_{AEB} ，其中該外耳道 T 型電路中 A 型外耳道阻抗 Z_{AEA} 、B 型外耳道阻抗 Z_{AEB} 之公式如下所示：

$$Z_{AEA} = jZ_0 \tan\left(\frac{kL_{AE}}{2}\right) \quad (4)$$

$$Z_{AEB} = jZ_0 \tan\left(\frac{kL_{AE}}{2}\right) \quad (5)$$

$$\text{又} \quad Z_0 = \frac{\rho_0 c}{a_{AE}^2 \pi} \quad (6)$$

公式(4)、(5)以及(6)中， a_{AE} 係為該外耳道之截面半徑， ρ_0 係為空氣密度， c 為聲速。同理，內耳道 T 型電路中兩個 A 型內耳道阻抗 Z_{ECA} 之間結點連接

一 B 型內耳道阻抗 Z_{ECB} ，其中該內耳道 T 型電路中 A 型內耳道阻抗 Z_{ECA} 、B 型內耳道阻抗 Z_{ECB} 之公式如下所示：

$$Z_{ECA} = jZ_0 \tan\left(\frac{kL_{EC}}{2}\right) \quad (7)$$

$$Z_{ECB} = jZ_0 \tan\left(\frac{kL_{EC}}{2}\right) \quad (8)$$

$$\text{又} \quad Z_0 = \frac{\rho_0 C}{a_{EC}^2 \pi} \quad (9)$$

公式(7)、(8)以及(9)中， a_{EC} 係為該內耳道之截面半徑， ρ_0 係為空氣密度， c 為聲速。

在利用電機聲類比電路模擬耳機整體運作情況之前，需先設定電機聲類比電路中模擬耳機微型揚聲器的 T-S 參數，其係透過電子阻抗量測實驗獲得。而本發明之耳機聲學模擬系統係作為電機聲類比電路之聲學系統，因此若欲模擬耳機內部腔體構造改變，則調整本發明之耳機聲學模擬電路之腔體構造所對應的電阻、電容或阻抗值，並且從耳道模擬電路可取得耳機頻率響應結果，其即為 B 型內耳道阻抗 Z_{ECB} 輸出的電壓值，所形成的聲壓曲線。

承上所述，利用本發明提供出數值化的耳機腔體模擬系統，配合系統中耳道模擬電路所輸出的聲壓曲線，計算取得最佳化的耳機腔體參數。本發明耳機聲學模擬系統之最佳化模擬方法，如第 5 圖所示，首先，透過本發明之耳機聲學模擬系統，取得聲壓曲線，如步驟 S10 所示；且設定複數個耳機腔體參數之範圍，如步驟 S20 所示，在本步驟係將耳機腔體結構的特徵化參數設定在固定的變數範圍內，舉例來說，將出音管截面半徑 a_{SP} 、出音管長 L_{SP} 、前音腔體積 V_{AF} 以及後音腔體積 V_{AB} 作為耳機腔體結構的特

徵化參數，並將上述等參數設定在合理的變數範圍內，該變數範圍係為：

$$2 \times 10^{-4} \leq a_{sp} \leq 3 \times 10^{-3}$$

$$10^{-3} \leq L_{sp} \leq 10^{-2}$$

$$2 \times 10^{-9} \leq V_{AF} \leq 9 \times 10^{-8}$$

$$2 \times 10^{-9} \leq V_{AB} \leq 9 \times 10^{-8}$$

在此變數範圍下進行下一步驟；接續，根據聲壓曲線與遮罩頻率響應之參考曲線之間之目標函數並利用模擬退火法進行運算，以產生最佳耳機腔體參數值，如步驟 S30 所示。其中，該目標函數如公式(10)所示：

$$Q = \sum_{n=1}^N [SPL_{new}(n) - L_{ref}(n)]^2 \quad (10)$$

而目標函數中 $SPL_{new}(n)$ 係為該聲壓曲線， $L_{ref}(n)$ 係為該頻率響應遮罩之該參考曲線， n 係為頻率參數之取點， N 係為自然數，該頻率之範圍係為 20-4500 赫茲。並且，在使用模擬退火法時，需預先設定退火的初始溫度與最終溫度，以及設定退火的降溫率。再者，模擬退火法係使用變動成功機率函數 P 來判斷新的較佳解是否取代舊的較佳解，或是保留舊的較佳解，該變動成功機率函數 P 如公式(11) 所示：

$$P = \exp\left(\frac{\Delta Q}{T}\right) > \gamma(0,1) \quad (11)$$

公式(8)中， ΔQ 係為目標函數的增加量， T 係為該目標函數無關的系統溫度， $\gamma(0,1)$ 係為界在 0 與 1 之間的亂數。因此透過上述四個步驟，取得耳機參數最佳解的聲壓曲線，其係符合移動終端電子聲學推薦最低性能規範 3GPP2 C.S0056-0 中的定義，並且獲得一組最佳耳機腔體參數解。

請參考第 6 圖，其係為實驗結果與模擬結果之聲壓曲線示意圖，其中包括參數未最佳化之模擬結果、參數未最佳化之實驗結果、參數最佳化之

模擬結果以及參數最佳化之實驗結果四種聲壓曲線，從圖中可見，在遮罩頻率範圍內，本發明之耳機聲學模擬系統所模擬獲得之聲壓曲線與實驗結果所獲得之聲壓曲線相似，且以模擬退火法最佳化後，最佳化的聲壓曲線符合移動終端電子聲學推薦最低性能規範 3GPP2 C.S0056-0 之定義，因此，該聲壓曲線所對應的耳機腔體參數十分適用於藍芽耳機設計。

因此，本發明係利用電機聲類比電路模擬耳機電學系統、機械系統以及聲學系統三者，以模擬電路建立出耳機所產生之頻率響應，並利用模擬退火法，對本發明之耳機聲學模擬系統進行耳機腔體尺寸最佳化參數計算。由於模擬退火法是一種隨機求解的最佳化演算法，可針對具有多重設計變數的複雜問題進行求解運算，且運用成功機率函數避免所求得之解僅為特定區域範圍內之最佳解，因而藉由本發明之模擬方法可獲得最佳化耳機腔體參數，以及從人工耳模擬電路之耳道模擬電路取得最佳化耳機腔體參數的聲壓曲線。

承上所述，本發明所揭示的耳機聲學模擬系統，可模擬耳機腔體內部的聲學環境，而藉著改變聲學模擬電路中內部阻抗或電容、電阻值，以模擬耳機腔體結構變化。並且，本發明以模擬退火法配合耳機聲學模擬系統計算出耳機腔體最佳化參數。藉此設計者透過本發明設計耳機構造時，即可預測耳機可能達到的頻率響應結果。

以上所述之實施例僅係為說明本發明之技術思想及特點，其目的在使熟習此項技藝之人士能夠瞭解本發明之內容並據以實施，當不能以之限定本發明之專利範圍，即大凡依本發明所揭示之精神所作之均等變化或修飾，仍應涵蓋在本發明之專利範圍內。

【圖式簡單說明】

第 1 圖係為人工耳連接耳機之結構剖視圖。

第 2 圖係為耳機電機聲類比電路之電路示意圖。

第 3 圖係為本發明之耳機聲學模擬系統之電路示意圖。

第 4 圖係為本發明之人工耳模擬電路之電路示意圖。

第 5 圖係為本發明之耳機聲學最佳化之模擬方法之流程圖。

第 6 圖係為實驗結果與模擬結果之聲壓曲線示意圖。

【主要元件符號說明】

10	耳機	12	微型揚聲器
14	前音腔	15	出音管
16	後音腔	18	洩漏孔
20	人工耳	22	外耳道
24	內耳道	26	仿真耳模擬器
30	電機聲類比電路	32	電學系統
34	機械系統	36	聲學系統
40	耳機前端模擬電路	42	前音腔模擬電路
44	前音腔模擬電路	441	出音管 T 型電路
50	人工耳模擬電路	52	耳道模擬電路
521	外耳道 T 型電路	522	內耳道模擬電路
54	仿真耳模擬器		
60	耳機後端模擬電路	62	洩漏孔模擬電路
621	空氣聲學輻射電路	64	後音腔模擬電路

C_{AF} 第一電容 Z_{STA} A 型出音管阻抗 Z_{AEA} A 型外耳道阻抗 Z_{ECA} A 型內耳道阻抗 Z_{ED} 鼓膜阻抗 R_{LK} 第二電阻 M_A 第二電感 C_{AB} 第二電容 R_{ST} 第一電阻 Z_{STB} B 型出音管阻抗 Z_{AEB} B 型外耳道阻抗 Z_{ECB} B 型內耳道阻抗 M_{LK} 第一電感 R_A 第三電阻

七、申請專利範圍：

1、一種耳機聲學模擬系統，包括：

一聲音輸出源，係輸出聲音訊號，該聲音輸出源包括一正輸出端與一負輸出端；

一耳機前端模擬電路，係為一前音腔模擬電路並聯一出音管模擬電路，該耳機前端模擬電路連接該正輸入端且接收該聲音訊號並輸出電壓訊號；

一人工耳模擬電路，係為一耳道模擬電路連接一仿真耳模擬器，該人工耳模擬電路係連接該前端模擬電路，且接收該電壓訊號，而該耳道模擬電路輸出阻抗電壓；以及

一耳機後端模擬電路，係為一後音腔模擬電路並聯一洩漏孔模擬電路，該耳機後端模擬電路係連接該負輸入端與該人工耳模擬電路，並將電壓訊號傳回給該聲音輸出源。

2、如申請專利範圍第 1 項所述之耳機聲學模擬系統，其中該出音管模擬電路係為一第一電阻連接一出音管 T 型電路，以模擬一耳機之出音管。

3、如申請專利範圍第 2 項所述之耳機腔體模擬系統，其中該第一電阻(R_{ST})

係為 $\frac{\rho_0}{\pi a_{ST}} \sqrt{2\omega\mu} \left(\frac{L_{ST}}{a_{ST}} + 2 \right)$ ， L_{ST} 為出音管長度、 a_{ST} 為出音管之截面半徑， μ 為動態黏滯係數。

4、如申請專利範圍第 2 項所述之耳機聲學模擬系統，其中該出音管 T 型電路係包括二 A 型出音管阻抗連接一 B 型出音管阻抗。

5、如申請專利範圍第 4 項所述之耳機聲學模擬系統，其中該 A 型出音管阻

抗(Z_{STA})係等於 $jZ_0 \tan(\frac{kL_{ST}}{2})$ ，該 B 型出音管阻抗(Z_{STB})係等於 $\frac{Z_0}{j \sin(kL_{ST})}$ ，

其中該 L_{ST} 係為該出音管長度， Z_0 係為 $\frac{\rho_0 c}{a_{ST}^2 \pi}$ ， a_{ST} 係為該出音管之截面

半徑， ρ_0 係為空氣密度， c 為聲速。

6、如申請專利範圍第 1 項所述之耳機聲學模擬系統，其中該前音腔模擬電路係為一第一電容，以模擬一耳機之前音腔。

7、如申請專利範圍第 6 項所述之耳機聲學模擬系統，其中該第一電容(C_{AF})係為 $\frac{V_A}{\rho_0 c^2}$ ， ρ_0 係為空氣密度、 c 為聲速、 V_A 為該前音腔體積。

8、如申請專利範圍第 1 項所述之耳機聲學模擬系統，其中該耳道模擬電路係包含外耳道模擬電路與內耳道模擬電路。

9、如申請專利範圍第 8 項所述之耳機聲學模擬系統，其中該外耳道模擬電路係為一外耳道 T 型電路，其為二 A 型外耳道阻抗耦接一 B 型外耳道阻抗，該外耳道 T 型電路係模擬該人工耳之外耳道。

10、如申請專利範圍第 9 項所述之耳機聲學模擬系統，其中該 A 型外耳道阻抗(Z_{AEA})係等於 $jZ_0 \tan(\frac{kL_{AE}}{2})$ ，B 型外耳道阻抗(Z_{AEB})係等於 $\frac{Z_0}{j \sin(kL_{AE})}$ ，其中該 L_{AE} 係為該外耳道長度， Z_0 係為 $\frac{\rho_0 c}{a_{AE}^2 \pi}$ ， a_{AE} 係為該外耳道之截面半徑， ρ_0 係為空氣密度， c 為聲速。

11、如申請專利範圍第 8 項所述之耳機聲學模擬系統，其中內耳道模擬電路係為一內耳道 T 型電路，其為二 A 型內耳道阻抗耦接一 B 型內耳道阻抗，該內耳道 T 型電路係模擬該人工耳之內耳道。

12、如申請專利範圍第 11 項所述之耳機聲學模擬系統，其中該等阻抗電壓

係指該 B 型內耳道阻抗之電壓值。

13、如申請專利範圍第 11 項所述之耳機聲學模擬系統，其中該內耳道模擬電路係更包括一鼓膜阻抗，其阻抗值係為無限大，以模擬該人工耳為封閉環境。

14、如申請專利範圍第 11 項所述之耳機聲學模擬系統，其中該 A 型內耳道阻抗 (Z_{AEC}) 係等於 $jZ_0 \tan(\frac{kL_{EC}}{2})$ ，B 型內耳道阻抗 (Z_{AEC}) 係等於 $\frac{Z_0}{j \sin(kL_{EC})}$ ，其中該 L_{EC} 係為該內耳道長度， Z_0 係為 $\frac{\rho_0 c}{a_{EC}^2 \pi}$ ， a_{EC} 係為該內耳道之截面半徑， ρ_0 係為空氣密度， c 為聲速。

15、如申請專利範圍第 1 項所述之耳機聲學模擬系統，其中該洩漏孔模擬電路係為一第二電阻連接第一電感，以模擬一耳機之洩漏孔。

16、如申請專利範圍第 15 項所述之耳機聲學模擬系統，其中該第一電感 (M_{LK}) 係為 $\frac{\rho_0}{S_{LK}} L_{LK}$ ， S_{LK} 係為該洩漏孔面積， L_{LK} 為該耳機之一導音管之長度。

17、如申請專利範圍第 15 項所述之耳機聲學模擬系統，其中該洩漏孔模擬電路更包括一第二電感與一第三電阻並聯，以模擬該耳機之該洩漏孔的聲學輻射。

18、如申請專利範圍第 1 項所述之耳機聲學模擬系統，其中該仿真耳模擬器係為 IEC711 模擬器。

19、如申請專利範圍第 2 項、第 6 項或第 15 項所述之耳機聲學模擬系統，其中該耳機係為藍芽耳機。

20、如申請專利範圍第 1 項所述之耳機聲學模擬系統，其中該後音腔模擬

電路係為一第二電容，以模擬一耳機之後音腔。

21、如申請專利範圍第 20 項所述之耳機聲學模擬系統，其中該第一電容(C_{AB})

係為 $\frac{V_B}{\rho_0 c^2}$ ， ρ_0 係為空氣密度、 c 為聲速、 V_B 為該後音腔體積。

22、一種耳機聲學模擬系統之最佳化模擬方法，其步驟係包括：

建立一耳機電機聲類比電路，其包括一耳機聲學模擬系統，其係為一聲音輸出源輸出聲音訊號傳輸至一耳機前端模擬電路，該耳機前端模擬電路輸出電壓訊號給一人工耳模擬電路，接續該電壓訊號由該人工耳模擬電路輸出流經一耳機後端模擬電路而回傳給該聲音輸出源；

設定複數個耳機腔體參數之範圍，且該人工耳模擬電路輸出阻抗電壓，並獲得一聲壓曲線；以及

根據該聲壓曲線與頻率響應遮罩之參考曲線之間之目標函數，利用模擬退火法進行運算，產生最佳化耳機腔體參數值。

23、如申請專利範圍第 22 項所述之耳機聲學模擬系統之最佳化模擬方法，

其中該等耳機腔體參數係包含出音管截面半徑、出音管長、前音腔體積以及後音腔體積。

24、如專利申請範圍第 22 項所述之耳機聲學模擬系統之最佳化模擬方法，

其中該耳機腔體參數之該範圍係為該出音管截面半徑係大於等於 2×10^{-4} 且小於等於 3×10^{-3} ，該出音管長係大於等於 10^{-3} 且小於等於 10^{-2} ，該前音腔體積係大於等於 2×10^{-9} 且小於等於 9×10^{-9} ，該後音腔體積係大於等於 2×10^{-9} 且小於等於 9×10^{-8} 。

25、如申請專利範圍第 22 項所述之耳機聲學模擬系統之最佳化模擬方法，

其中該目標函數係為 $Q = \sum_{n=1}^N [SPL_{new}(n) - L_{ref}(n)]^2$ ，該 $SPL_{new}(n)$ 係為該聲壓曲線， $L_{ref}(n)$ 係為該頻率響應遮罩之該參考曲線， n 係為頻率參數之取點， N 係為自然數，該頻率之範圍係為 20-4500 赫茲。

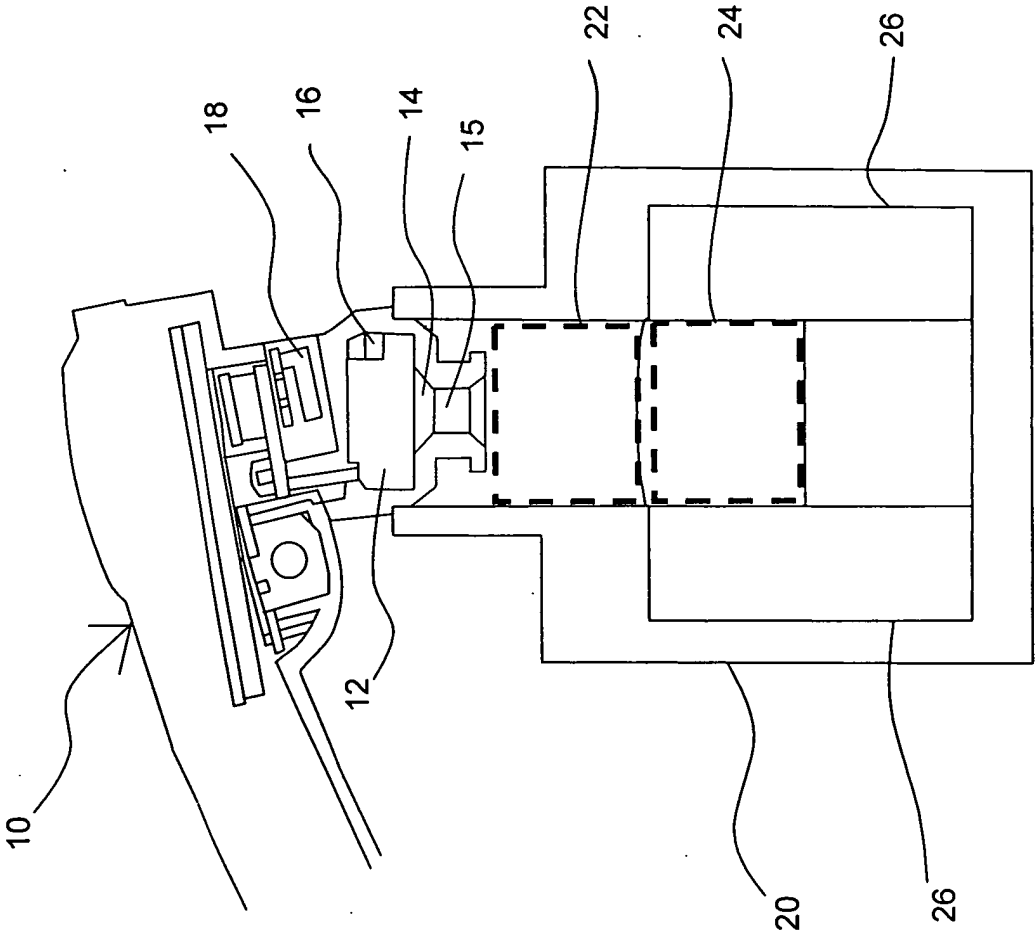
26、如申請專利範圍第 22 項所述之耳機聲學模擬系統之最佳化模擬方法，

其中在根據該聲壓曲線與該頻率響應遮罩之該參考曲線之間之該目標函數，利用模擬退火法進行運算，產生該最佳耳機腔體參數值之步驟，係包括利用一變動成功機率公式，其係為 $P = \exp\left(\frac{\Delta Q}{T}\right) > \gamma(0,1)$ ，判斷新的解是否取代舊的解， ΔQ 係為目標函數的增加量， T 係為該目標函數無關的系統溫度， $\gamma(0,1)$ 係為界在 0 與 1 之間的亂數。

27、如申請專利範圍第 22 項所述之耳機聲學模擬系統之最佳化模擬方法，

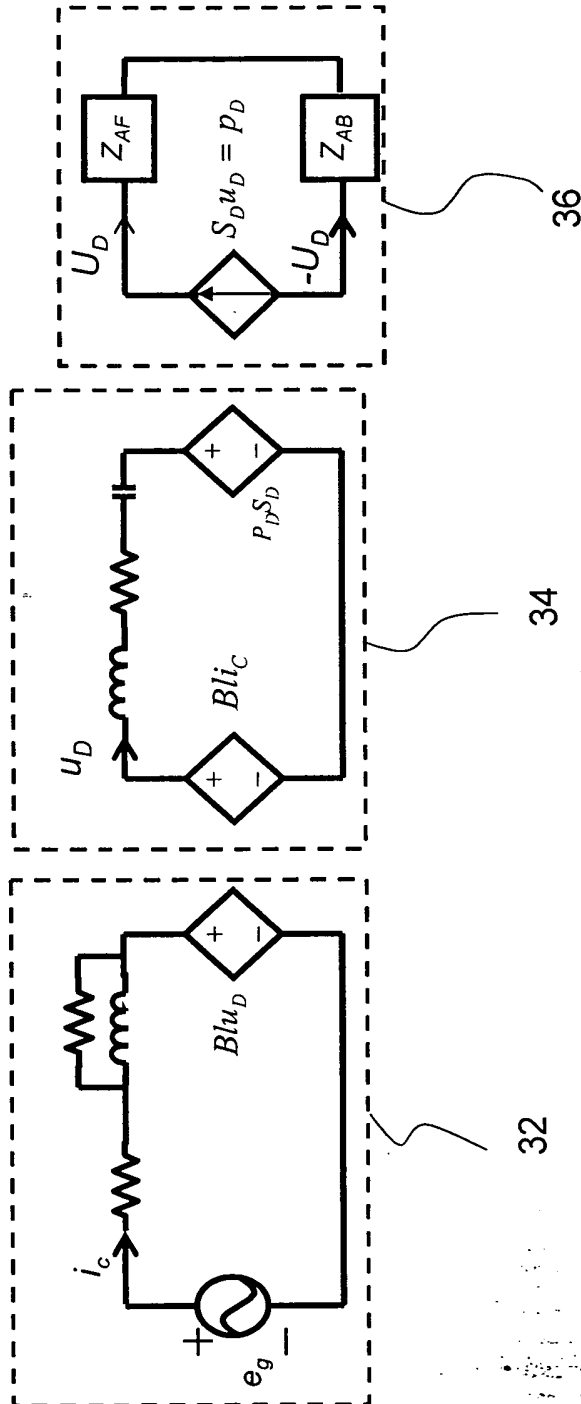
其中在根據該聲壓曲線與該頻率響應遮罩之該參考曲線之間之該目標函數，利用模擬退火法進行運算，產生該最佳耳機腔體參數值之步驟，更包含設定該模擬退火法之退火初始溫度、退火最終溫度以及降溫率。

八、圖式：

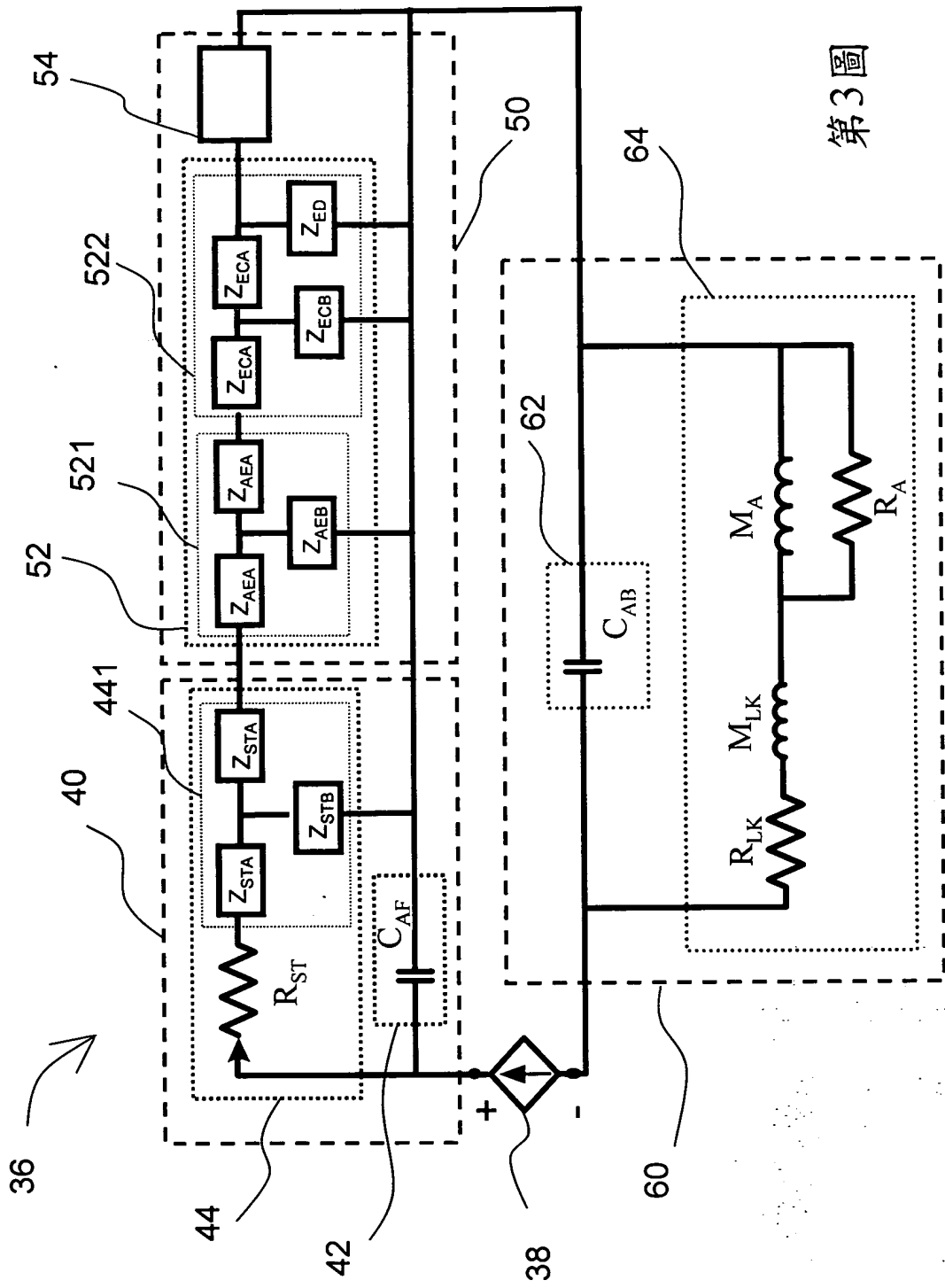


第1圖

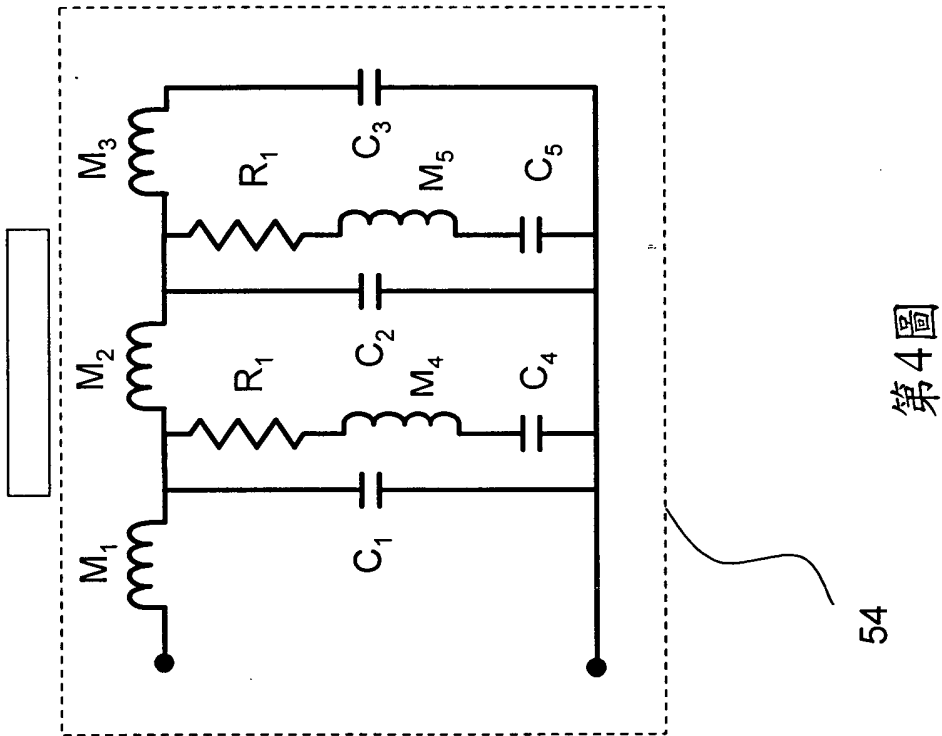
30



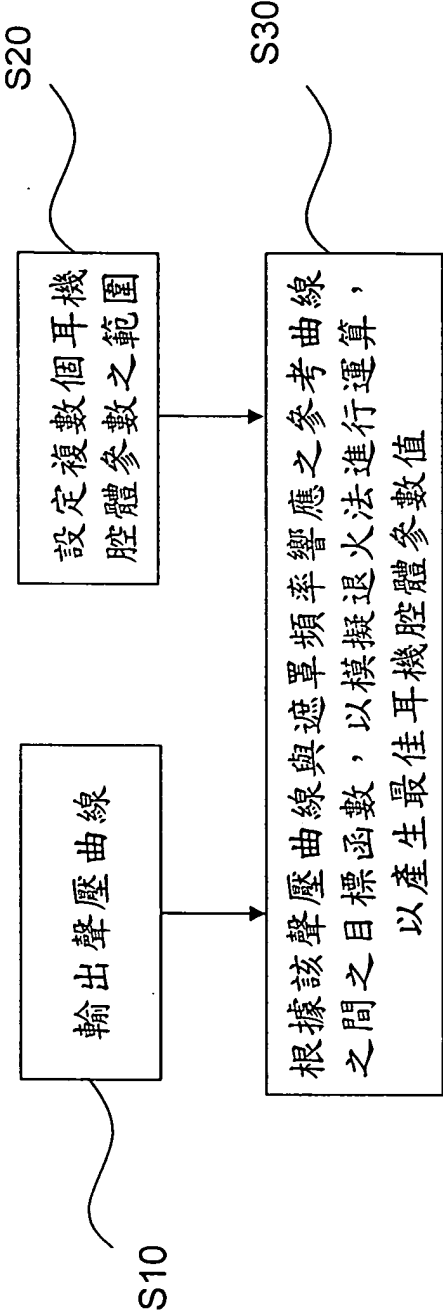
第2圖



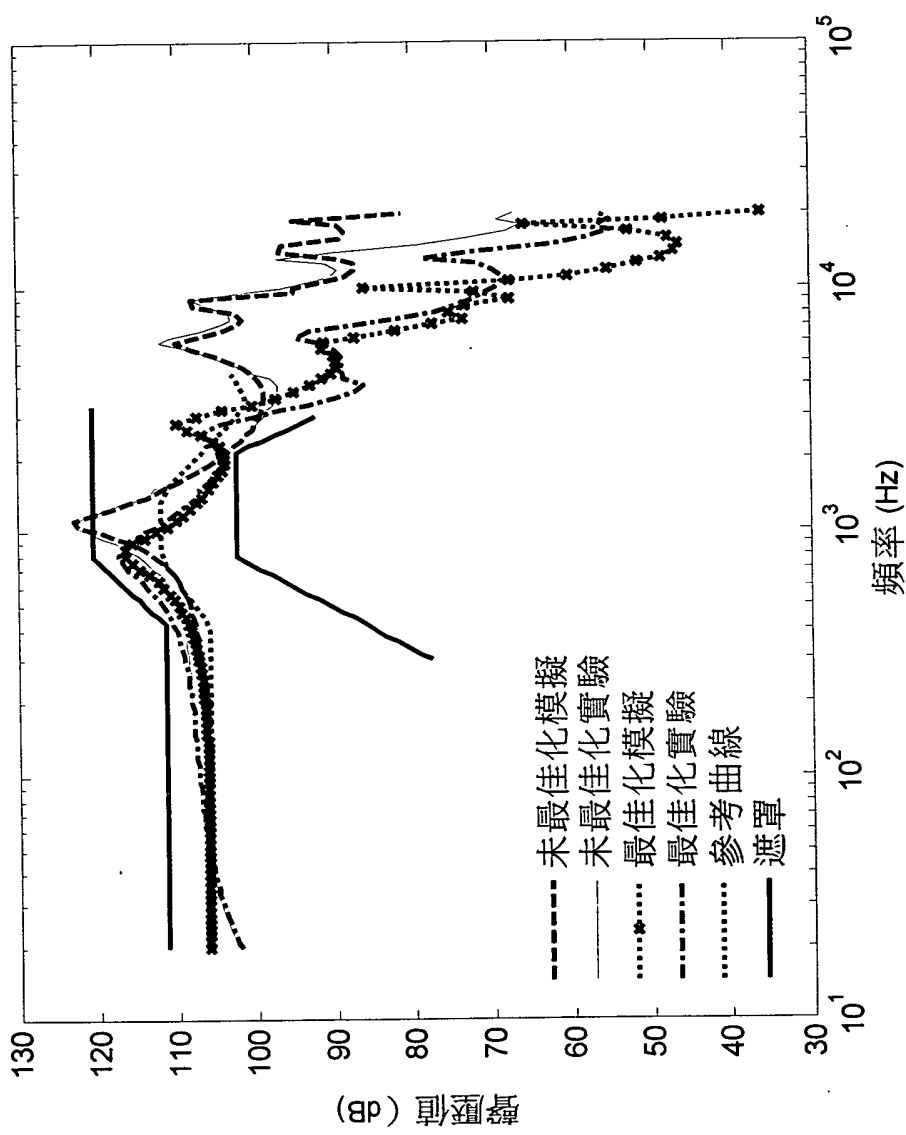
第3圖



第4圖



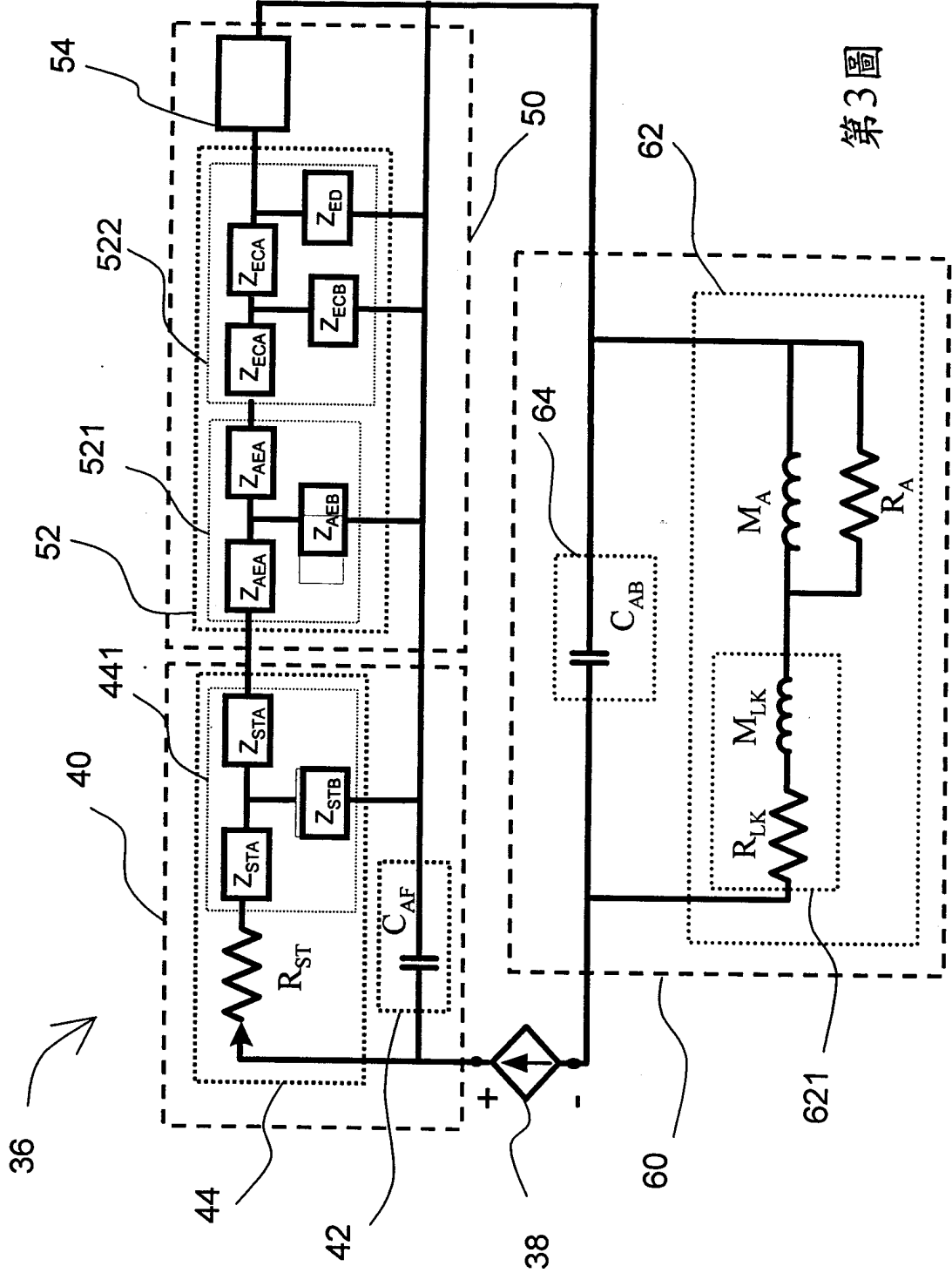
第5圖



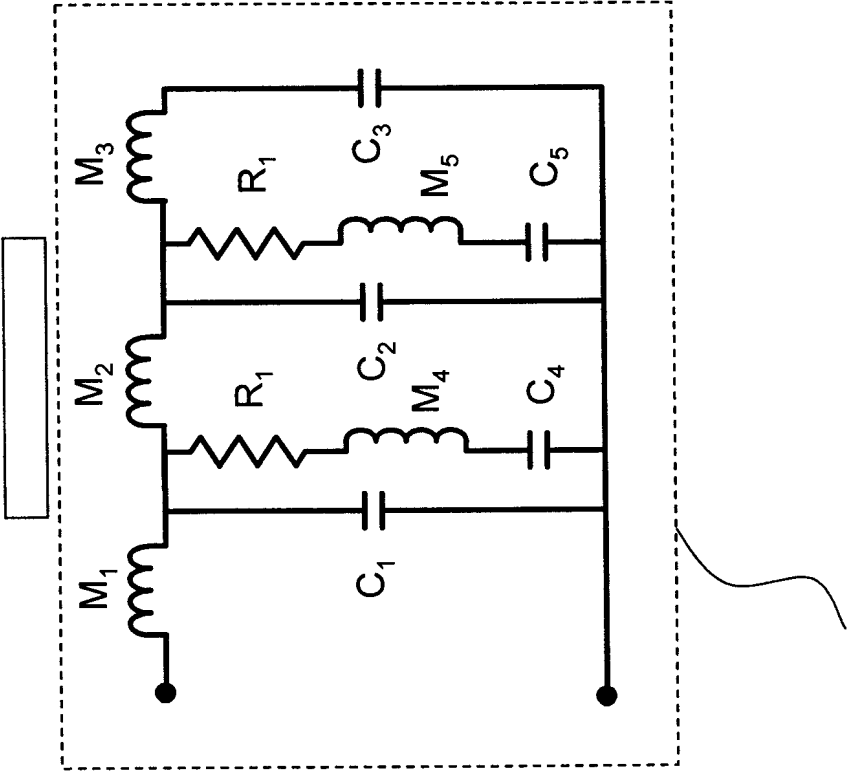
第6圖

98927363

修正
年月日
98 9 18



第3圖



第4圖