

99年10月修正  
 補充  
**公告本**

申請日期	89.04.25
案 號	8811P7A3
類 別	H04R3/04

A4  
C4

說明書修正頁(90年10月) 503668

(以上各欄由本局填註)

發 明 專 利 說 明 書		
新 型		
一、發明名稱	中 文	用以產生用來等化揚聲器之數位濾波器的方法和裝置
	英 文	METHOD AND DEVICE FOR GENERATING DIGITAL FILTERS FOR EQUALIZING A LOUDSPEAKER
二、發明人	姓 名	1.魯斯丁 W. 阿瑞德 2.羅博特 S. 陽二世 3.麥克 J. 提希克拉斯
	國 籍	1.-3.均美國
	住、居所	1.美國德州普拉諾市丹特禮路3712號 2.美國德州奧斯丁市克瑞克愛及圓環9303號 3.美國德州卡倫頓市亢部瑞吉雪路2833號
三、申請人	姓 名 (名稱)	美商德州儀器公司
	國 籍	美國
	住、居所 (事務所)	美國德州達拉斯市梅爾史特遜邱吉爾路7839號
	代 表 人 名 姓	威廉 B. 坎普樂

裝 訂 線

(由本局填寫)

承辦人代碼：
大類：
IPC分類：

A6  
B6

本案已向：

國(地區) 申請專利，申請日期： 案號： ，有 無主張優先權

美國 1998年11月13日 09/191,944 有 無主張優先權

有關微生物已寄存於： ，寄存日期： ，寄存號碼：

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁各欄)

裝 訂 線

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

## 五、發明說明(1)

### 發明技術範圍

本發明相關於聲音系統，更特別關於揚聲器的等化作用。

### 發明背景

產生一高音質的揚聲器，天生具有隨頻率變動的聲音振幅或聲音水平，該聲音為揚聲器重新產生聲音，給定信號的大小來驅動揚聲器必須正規化。這種程序是為揚聲器等化作用。傳統上等化器的設計必須由有經驗的技師來執行，他使用精密的儀器來測量揚聲器的特性，並且如所需求調整濾波器來等化揚聲器等化。使用這種方法補償了揚聲器頻譜上的表現，以致於對給定的聲音信號的功率水平而言，在揚聲器所有聲音的表現範圍內結果的聲音振幅大約相同。這種程序是手操作的，耗時且需要重要的專門技術，但未必對擴大資源有最佳等化作用的可能性。

最近自動等化方式已經提出來了。例如，其中一種提出的方式為自動圖形等化器。這種等化器有多個具有固定中心頻率和固定 $Q_s$ (中心頻率對頻道頻寬的比)的頻道，可以用濾波器涵蓋全部的聲音頻寬。我們提出這種等化器的自動程序，藉由使用儀器記錄在環境中揚聲器的頻譜表現，然後在自動的環境中應用到不同等級的濾波器，使得可以補償揚聲器的表現，因此揚聲器頻譜表現的結果更接近目標曲線。這種方法受限於最佳化的容量，並且等化器是複雜的，這方法在廣泛的使用上，例如低成本的消費性聲音產品是不太實際的。也沒有可以自動精簡最佳化的準備。

## 五、發明說明(2)

另外提出的方法藉由自動導出一反濾波器來等化音場，其具體形式在於快速傅立葉轉換(FFT)和有限脈衝響應(FIR)濾波器的組合。實施反濾波器是相當複雜，然而需要相當的資源，因此這方法在廣泛的使用上，例如低成本的消費性聲音產品也是不太實際的。除此之外，也沒有可以自動精簡最佳化的準備。

因此，想要有一種揚聲器自動等化作用的方法和/或裝置，在實施上不會有高的複雜度。也想要有一種揚聲器自動等化作用的方法和/或裝置，可以自動使等化作用再最佳化。本發明提供這種方法和裝置。

### 發明概述

本發明提供一種方法用來產生等化揚聲器之數位濾波器。提供的第一數位資料用作揚聲器之聲音水平對頻率的目標響應曲線之容許範圍。提供的第二數位資料為揚聲器之聲音水平對頻率的實際響應曲線。第一數位資料與第二數位資料相比較，可決定實際響應曲線是否在容許範圍內。如果實際響應曲線沒有在範圍內，數位聲音濾波器會一再產生，由所產生的數位聲音濾波器修正關於揚聲器的響應資料。數位聲音濾波器的頻率、振幅與頻寬自動最佳化直到補償響應曲線位於容許範圍內或者達到數位聲音濾波器數目預定的限制為止，視何者先發生。

這些和本發明的其他特徵可從下面本發明詳細說明和附圖與那些技術明顯的區分。

### 圖式描述

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝  
訂  
線

90.10.10

補充

## 五、發明說明 ( 3 )

圖1為聲音系統典型先前技術的高階方塊圖。

圖2為類比聲音系統典型先前技術的方塊圖。

圖3為數位聲音系統典型先前技術的方塊圖。

圖4結合類比與數位聲音系統。

圖5顯示典型揚聲器響應的圖形。

圖6為揚聲器測量系統的典型先前技術。

圖7為隔音室測量系統的典型先前技術。

圖8顯示具有附加自動揚聲器等化器的聲音系統之方塊圖。

圖9顯示一迴路聲音響應測量系統的方塊圖。

圖10顯示自動揚聲器等化器的演算法之流程圖。

圖11以離散形式顯示五個係數的雙四次離散時間濾波器的方塊圖。

圖12顯示典型的揚聲器響應和想要的揚聲器響應重疊在一起，並置於響應容許曲線上的圖形。

圖13顯示單一濾波器最佳化的流程圖。

圖14顯示聯合濾波器最佳化的流程圖。

圖15顯示等化濾波器表現的圖形。

圖16顯示典型揚聲器的響應和修正的揚聲器響應重疊在一起的圖形。

#### 元件符號說明

100	先前技術的聲音系統	130	揚聲器
110	聲音源	200	類比聲音系統
120	聲音處理功能	220	類比聲音處理功能

90年10月10日

第8819783號專利申請案  
說明書修正頁(90年10月)A7  
B7

補充

## 五、發明說明 ( 3a )

- |                     |                         |
|---------------------|-------------------------|
| 230 揚聲器系統           | 820 類比-數位轉換器            |
| 300 概念性數位系統         | 830 數位聲音源               |
| 310 數位聲音源           | 840 數位聲音處理和等化<br>單元     |
| 320 數位聲音處理功能        |                         |
| 330 數位-類比轉換器        | 850 數位-類比轉換器            |
| 340 揚聲器系統           | 870 數位電腦(或等化器)          |
| 400 類比/數位聲音系統       | 875 連接線                 |
| 410 類比聲音源           | 880 連接線                 |
| 430 數位聲音源           | 890 音場測量裝置              |
| 440 數位聲音處理和等化<br>單元 | 900 閉路聲音響應測量系<br>統      |
| 450 數位-類比轉換器        | 993 麥克風                 |
| 510 揚聲器響應曲線         | 994 音場測量裝置              |
| 600 揚聲器響應測量系統       | 995 濾波裝置                |
| 652 麥克風             | 996 自動揚聲器等化器            |
| 655 音場測量設備          | 997 揚聲器                 |
| 657 揚聲器             | 1010 揚聲器                |
| 660 隔音室             | 1210 想要的響應曲線            |
| 760 環境              | 1220 1210 的最低誤差         |
| 771-774 揚聲器         | 1230 1210 的最高誤差         |
| 776 麥克風             | 1510 為 510 產生的等化濾<br>波器 |
| 778 測量設備            |                         |
| 800 聲音系統            | 1610 修正後的響應             |
| 810 類比聲音源           |                         |

補充  
五、發明說明 ( 3b )較佳具體實施例之詳細說明

典型先前術的聲音系統100，如圖1所示。系統100包含聲音源110，聲音處理功能120及至少一個揚聲器130。假設揚聲器130內提供必要的放大。

## 五、發明說明(4)

之前這種系統完全是類比的，如圖2顯示的類比聲音系統200。圖2中類比聲音源210，例如麥克風、收音機或錄放音機提供電子信號給包含任何等化功能的類比聲音處理功能220。然後來自類比聲音處理功能220的信號輸出通過揚聲器系統230播放出來。

目前聲音系統變成增加了數位部份。觀念的數位系統300如圖3所示。因為揚聲器系統340必需是類比的，數位聲音系統300實際上包含類比和數位裝置。然而，這要參考數位系統，因在重建和播放之前聲音系統皆為數位。數位聲音系統300包含聲音源310，例如CD、MD、DVD或合成的聲音源。來自數位聲音源的信號輸出310提供給其中有數位處理的數位聲音處理功能320。這種數位處理可以包括等化作用。一旦完成數位處理，信號藉由數位/類比轉換器330轉換回到類比。結果的類比信號通過揚聲器系統340播放出來。

目前許多聲音系統除了數位/類比轉換器和揚聲器外，就像包含類比部份一樣包含數位部份。圖4顯示類比/數位聲音系統400。系統400中包含例如麥克風或錄放音機的類比聲音源410，以及例如CD、MD、DVD或合成聲音源的數位聲音源430。現在對這不同來源來適當地將信號結合，不論是數位信號需要轉換成類比或是類比信號需要轉換成數位。圖4的聲音系統400為後者聲音系統的具體實施例：類比信號藉由類比/數位轉換器420轉換成數位信號，並且在數位階段於數位聲音處理和等化作用單元440中完成所

## 五、發明說明(5)

有聲音處理。在聲音處理程序後，信號藉由數位/類比轉換器450轉換回到類比，通過揚聲器統460播放出來。

上述所討論的不同聲音系統的結構，圖4的聲音系統提供最彈性的聲音處理。這是因為數位信號處理的容易。然而類比信號處理受限於缺乏執行許多數學功能的類比裝置，數位信號處理幾乎可讓任何數學功能應用到數位信號上，但是速度和成本限制這複雜度到某一程度。

因為這彈性，目前在聲音處理的趨勢是朝向數位功能。本發明的較佳實施例顯示等化器新的方法，包含計算濾波器等化係數的自動方法並且在數位階段應用它們。

在比上述更廣的感覺中，揚聲器等化作用是在揚聲器播放前修正聲音信號的程序，為了產生某個想要的揚聲器響應，應藉由等化作用程序在聲音信號的影響使揚聲器本質的響應有效地成為想要的響應。通常想要的響應是平坦響應，因為它使通過揚聲器的聲音頻譜不會覺得減少。然而本發明的方法也可等化成其他非平坦的響應。例如，聲音頻譜可以用某種方式成形，因為揚聲器本身的缺陷產生特殊的聲音效果、加強信號的解析度或者補償聽的環境或是聽者特別的收聽特性與/或較喜歡或想要之聽的方式。

如上述討論，揚聲器等化作用可以在類比或數位階段執行。然而目前聲音處理趨勢的重點在於不貴、高度彈性、隨時調整、數位階段等化能力。

圖5的圖形橫軸表示頻率單位是Hz，縱軸表示聲音水平單位是dB，顯示典型揚聲器響應曲線510。曲線510顯示

## 五、發明說明(6)

揚聲器的聲壓水平為頻率的函數。具有如圖5所示之特性的揚聲器在頻率低於200Hz有非常低響應，所以可以公平地說低頻響應被大大地抑止。另外，超過200Hz的輸入頻率在頻譜上顯示一廣泛的變化。這種揚聲器響應會使聲音頻譜失真；且聽者會察覺到這失真。本發明提供一方法改正這問題，已可以實施於相當低成本的系統上，該系統包括多用途數位信號處理器或其他電路。

圖5所示的揚聲器響應曲線510由圖6所示的揚聲器響應測量系統600所計算出來。要產生這曲線時，音場測量儀器655可以是最大長度序列分析系統或任何其他合適的系統，它會傳送一聲音電子信號給揚聲器657。揚聲器的聲音輸出來自經麥克風652收到的聲音信號，麥克風652位於揚聲器657前，藉由麥克風652所產生的結果聲音信號傳送到音場測量儀器655。在那兒會處理計算全部聲音頻譜的聲音水平，並產生相對聲音水平的曲線，例如圖5的曲線510所示。系統600通常分佈在合適的隔音室660內，隔音室可使反射聲音最小，所以測量記錄只是揚聲器的表現而沒有受到回音或其他環境的影響。

在另一方面，某些情況下想要測量聽的環境之響應。隔音室測量系統700用來完成這工作，如圖7所示。在此情況下，揚聲器分佈在要測量的環境760週圍，它可以是任何聽的環境，例如房間、體育館或汽車。來自測量儀器778的聲音通過任意想要數量的揚聲器播放出來，如圖7所示，四個揚聲器771、772、773、774。來自揚聲器的聲音

## 五、發明說明(7)

包括來自環境760的效應，由麥克風776接收，結果的聲音信號送到測量儀器778處理。此程序可以在環境中不同的位置重覆地做來畫出音場。

圖8顯示具有附加自動揚聲器等化器的聲音系統800。系統800相似於圖4所示的系統400。因此，系統800包含例如麥克風或錄放音機的類比聲音源810，以及例如CD、MD、DVD或合成聲音源的數位聲音源830。類比信號藉由類比/數位換器820轉成數位，並且所有聲音的處理皆在數位階段於數位聲音處理和等化作用單元840中完成。在聲音處理後，信號藉由數位/類比轉換器850轉換回類比，並且通過揚聲器系統860播放出來。

然而，也包括連到數位電腦870的連接線875，該電腦再由連接線880連到音場測量裝置890。數位電腦870不需要永久連接到聲音系統800，雖然它的情況可以是個人電腦上的聲音系統。在連接線875上提供更新數位聲音處理與等化作用單元840之新的等化作用濾波器係數。因此系統800可以修改以適合於不同的揚聲器、不同的條件和環境與不同的聽覺參考。

音場測量裝置890同樣地不需要經常連結自動揚聲器等化器所在的電腦870。然而揚聲器或音場特性資訊皆為電腦870中自動揚聲器等化器所需，是為要計算係數的修正，詳細的內容如下所述。保留電腦和音場測量裝置永久連結可用這方法做即時的音場修正比先前的技術來得簡單得多。

## 五、發明說明(8)

圖9顯示迴路的聲音響應測量系統900。此配置的目的地在測量路徑上應用計算的等化作用證明修正的效果並且微微地調整系統。這是我們想要的，因為揚聲器不是真的線性裝置，未必如預期一般反應原始的修正。在系統900中，音場測量裝置994通過濾波器裝置995傳送數位聲音信號到揚聲器997。濾波裝置995應用數位濾波器到來自音場測量裝置994的數位聲音信號上。濾波裝置995也包含數位/類比轉換器轉換濾波過結果的數位聲音信號到類比聲音信號，以適合揚聲器997。揚聲器輸出的聲音為麥克風993所感應。麥克風傳回類比聲音信號到測量裝置994，在其中將類比信號藉由類比/數位轉換器轉換為數位聲音信號，提供給濾波裝置995等等。

第一次通過這一串程序濾波裝置995有它的濾波係數，設定為全通濾波器，即濾波器不會影響揚聲器的聲音水平特性。一旦做成初始測量，自動揚聲器等化器996相似於圖8的等化器870決定一組濾波係數來等化待測的揚聲器。決定係數的方法會在以下討論。

將因此而決定的係數傳到濾波裝置995，在那兒用來改變應用到數位聲音信號上的濾波器之特性。再次用新的係數執行測量週期。新的測量顯示如此計算之濾波器的改善程度。如果新的測量顯示需要進一步的修正，自動等化器996計算另外的係數，週期再次重覆。

圖8和9系統的等化係數可以是在數位電腦系統中產生，使用新的自動揚聲器等化器演算法。此演算法的流程圖如

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

## 五、發明說明( 9 )

圖10所示。

二階無限脈衝響應(Infinite Impulse Response ; IIR)等化濾波器演算法用來當作數位濾波器演算法，如圖10所示的演算法。另一方面，用來決定此二階IIR等化濾波器係數的特殊方法對本發明而不是非常重要的。任何數位濾波器演算法產生的濾波器具有可控制的振幅A，中心頻率Fc，以及頻寬BW，藉由決定特殊濾波器的方程式係數都可以用在此方法上。除此之外，估計A、Fc和BW不是重要的，因為單一濾波器最佳化最後會調整這些係數，這會在下面描述。另外，我們應該明白，如果我們想要的話也可應用FIR濾波器或其他技術。

在較佳實施例中，Fc的初始值設為與想要曲線發生的最大誤差之頻率，例如在步驟1020中所發現的，A初始設為負的最大誤差。藉著決定最大誤差的3dB向下轉折點估計BW，並使用它。

例如Orfanidis S J發現決定係數的合適方法於1996年11月8日至11日在加州洛杉磯的第101屆聲音工程大會4631(I-6)「具固定Nyquist頻率增益的數位參數等化器設計」，以及於1994年11月AES第97屆大會上3966(K-6)Bristow-Johnson R的「等效變通方法計算聲音參數等化器的雙四次係數」，兩者皆可應用。也可應用Zolzer和Boltze(1995年10月6日至9日第99屆AES大會)(之後參考為Zolzer和Boltze文章)的方法，可能更易於明白。它提供一種方法產生五個係數雙四次離散時間濾波器的係數。在

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

## 五、發明說明 ( 10 )

Zolzer和Boltze文章中發表方法的重點摘要如下，來當作範

例：

令：

$F_s$  = 取樣頻率，

$F_c$  = 中心頻率，

$BW$  = 濾波器頻寬，以及

$V_0$  = 濾波器增益因子 =  $\frac{A}{10^{20}}$ .

然後：

$\omega_b T/2 = \pi \cdot BW/F_s$ ，以及

$\Omega_c = 2 \cdot \pi \cdot F_c/F_s$

現在如果我們要設計濾波器有正的dB增益，即具有大於一的線性增益(像已知的增強濾波器)，依照Zolzer和Boltze文章方程式(54)計算 $a_B$ ，可以替代上述的方程式寫為：

$$a_B = \frac{\tan(\pi \cdot BW/F_s) - 1}{\tan(\pi \cdot BW/F_s) + 1}$$

如果我們使用濾波器有負的dB或分數的線性增益(像已知的截止濾波器)，依照Zolzer和Boltze文章方程式(55)計算 $a_C$ 值，可以替代上述的方程式寫為：

$$a_C = \frac{\tan(\pi \cdot BW/F_s) - V_0}{\tan(\pi \cdot BW/F_s) + V_0}$$

Zolzer和Boltze文章方程式(56)可寫成：

$$d = -\cos(2 \pi F_c/F_s)$$

(請先閱讀背面之注意事項填寫本頁)

裝 · · · · · 訂 · · · · · 線

## 五、發明說明 ( 11 )

依照 Zolzer 和 Boltze 文章方程式 (58) 計算  $H_0$

$$H_0 = V_0 - 1$$

參考圖 11，顯示離散型式的五個係數雙四次離散時間濾波器，最終的傳遞函數如 Zolzer 和 Boltze 文章方程式 (59)：

$$H(z) = \frac{1 + (1 + a_{BC}) \frac{H_0}{2} + d(1 - a_{BC})z^{-1} + (-a_{BC} - (1 + a_{BC}) \frac{H_0}{2})z^{-2}}{1 + d(1 - a_{BC})z^{-1} - a_{BC}z^{-2}}$$

其中  $a_{BC}$  在增強情況下是  $a_B$ ，在截止的情況下是  $a_C$ 。這方面的技術已明白這個方程式是一複數函數，因此瞭解具有相位與振幅的。雖然只有考慮揚聲器的振幅響應，但是濾波器本身是以複數函數來處理，所以在導出補償濾波器的方法處理相位和振幅的交互作用。那些技術也知道濾波器係數具有下面的形式：

$$\begin{aligned} b_0 &= 1 + (1 + a_{BC}) \frac{H_0}{2} \\ b_1 &= a_1 = d(1 - a_{BC}) \\ b_2 &= (-a_{BC} - (1 + a_{BC}) \frac{H_0}{2}) \\ a_2 &= -a_{BC} \end{aligned}$$

下面是包括 Matlab 函數用此方法計算係數表示：

```
function [B,A]=apcoef(A,BW,Fc,Fs)
if A<1
    a=(tan(pi*BW/Fs)-A)/(tan(pi*BW/Fs)+A);
else
    a=(tan(pi*BW/Fs)-1)/(tan(pi*BW/Fs)+1);
end
```

## 五、發明說明 ( 12 )

$$H=A-1;$$

$$d=-\cos(2*\pi*Fc/Fs);$$

$$b0=1+(1+a)*H/2;$$

$$b1=d*(1-a);$$

$$a1=b1;$$

$$b2=(-a-(1+a)*H/2);$$

$$a2=-a;$$

$$B=[b0 \ b1 \ b2];$$

$$A=[1 \ a1 \ a2];$$

例子中，令  $A=2$ ， $Fc=1000$ ， $BW=500$ ，與  $Fs=44100$ ：

$$B=[b_0 \ b_1 \ b_2]=$$

$$[1.03440794155482 \ -1.91161634125903 \ 0.89677617533555]$$

$$A=[1 \ a_1 \ a_2]=$$

$$[1.00000000000000 \ -1.91161634125903 \ 0.93118411689037]$$

圖 10 的自動揚聲器等化器演算法如下操作，並具備最佳化詳細內容如下：

步驟 1010：

輸入記錄揚聲器特性曲線 510，如圖 12 所示（這是如圖 5 所示相同曲線 510），橫軸代表頻率單位是 Hz，縱軸代表聲音水平單位是 dB。曲線當作是來自音場的測量儀器 994（圖 9）的數位資料來輸入。也輸入想要的響應曲線 1210 如圖 12 所示。通常想要在儘可能在愈多的頻率範

## 五、發明說明 ( 13 )

圍具有平坦響應，但要記得想要的響應曲線1210應該被選為在揚聲器的物理限度內來考慮。例如，圖12所示想要的響應曲線1210代表自100Hz起的平坦響應目標。最後輸入較低的容許範圍和較高的容許範圍，如圖12所示，分別以點線1220和1230來表示。演算法能使平坦響應到相當高的地步。然而通常響應愈平坦，系統中用來計算的修正資源愈貴。但是，通常在聲音水平小於2到3dB的誤差不會有異議，所以僅有小量的修正，因此僅需要少量的系統資源。結果容許範圍以決定的點線曲線1220和1230來代表，提供一個可接受的補償量給揚聲器，使用可接受的系統資源量來完成補償。

### 步驟 1020：

測試看看(目前)濾波器的響應曲線是否有任何地方超過容許範圍水平，即峰值。

### 步驟 1030：

如果步驟1020的結果是否定的，停止。

### 步驟 1040：

如果步驟1020的結果是肯定的，使用任何前面提到的方法來發現最大的峰值，估計所需修正濾波器的振幅(「A」)、中心頻率(「Fc」)和頻寬(「BW」)。

### 步驟 1050：

提供來自步驟1040的資訊給單一濾波器最佳化子程序操作，會在下面與圖13一同描述，該程序發現最佳地來修正曲線這區域的單一濾波器。

(請先閱讀背面之注意事項以填寫本頁)

裝

訂

線

## 五、發明說明 ( 14 )

## 步驟 1060 :

檢查看看濾波器的數目是否大於一。如果不是，回到 1020。

## 步驟 1070 :

如果濾波器的數目大於一，提供來自步驟 1040 的資訊給聯合濾波器最佳化子程序，這與圖 14 在下面一同描述，聯合地最佳化所有目前的濾波器。

## 步驟 1080 :

已經到達濾波器的最大數目，FilterMax 或者目前的揚聲器響應完全在容許範圍內？如果不是，回到步驟 1020。如果兩個條件中有一個吻合，到步驟 1030，即停止。單一濾波器最佳化操作參考圖 10 的步驟 1050，流程圖顯示在 13 中。用以下的方法操作。

## 步驟 1310 :

使用上述的 Orfanidis 方法或任何其他合適的方法由  $F_c$ 、 $BW$  和  $A$  的初始值產生一二階濾波器。應用這濾波器到濾波器特性並且計算記錄揚聲器特性曲線 510 與想要的響應曲線 1210 的誤差之全對數積計量。全對數積計量考慮人類耳朵聽覺是八階度量而非線性度量這個事實，和位於如由應用設計濾波器修正的記錄揚聲器曲線 510 與想要響應曲線 1210 間的區域相關，其中縱軸單位是 dB，橫軸單位是頻率的對數。由下面的公式決定：

$$M = \sum_{i=1}^{N-1} \log_{10} \left( \frac{f_{i+1}}{f_i} \right) \left[ \frac{|S(f_i)_{dB} - D(f_i)_{dB}| + |S(f_{i+1})_{dB} - D(f_{i+1})_{dB}|}{2} \right]$$

## 五、發明說明 ( 15 )

其中：

M 是全對數度積計量，

f 是頻率，

D 是想要的響應特性，

S 是補償傳遞函數的振幅，包含由設計濾波器修正的揚聲器特性，以及

N 是特性的點數。

步驟 1314 和 1318：

在正(步驟 1314)負(步驟 1318)方向上稍微干擾 BW。對每個濾波器產生新的係數，依序應用每個濾波器，並且對每種情況重新計算全對數積計量。交替地使用新測量結果取代應用濾波器的計算結果。

步驟 1322：

在原始和兩干擾的 BW 中，選擇產生最低全對數積計量。

步驟 1326 和 1330：

在正(步驟 1326)負(步驟 1330)方向上稍微干擾 A。對每個濾波器產生新的係數依序應用每個濾波器，並且對每種情況重新計算全對數積計量。

步驟 1334：

選擇產生最低全對數積計量的 A 值。

步驟 1338 和 1342：

在正(步驟 1338)負(步驟 1342)方向上稍微干擾 Fc。對每個濾波器產生新的係數依序應用每個濾波器，並且對每

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

## 五、發明說明 ( 16 )

種情況重新計算全對數積計量。

步驟 1346 :

選擇產生最小全對數積計量的  $F_c$  值。

步驟 1350 :

計量的改變大於改變的臨限值嗎？如果是的話，回到步驟 1310 做更多的最佳化。

步驟 1354 :

計量的改變沒有大於改變的臨限值，即停止。單一濾波器最佳化完成。

聯合濾波器最佳化操作參考圖 10 的步驟 1070，流程圖顯示在圖 14 中。

步驟 1410 :

設定  $i=0$  開始。

步驟 1420 :

增加  $i$ 。如果  $I$  大於濾波器的數目  $n$ ，使  $i=1$ 。

步驟 1430 :

計算補償傳遞函數包含未補償揚聲器響應和除了第  $i$  個濾波器的所有響應。交替地使用新測量的結果取代計算的補償傳遞函數。

步驟 1460 :

產生一新的第  $i$  個濾波器如下：

步驟 1440 :

發現補償響應中最大的峰值，估計需要修正它的濾波器之振幅  $A$ ，中心頻率  $F_c$ ，頻寬  $BW$ 。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝 · 訂 · 線

## 五、發明說明 ( 17 )

### 步驟 1450 :

產生係數並且使用如上述與圖 13 關連的單一濾波器最佳化操作使新的濾波器最佳化。

### 步驟 1470 :

檢查看看是否全部濾波器計量皆隨應用新設計的濾波器而有重大的改變。如果是的話，回到步驟 1420，做進一步的最佳化。

### 步驟 1480 :

如果不是，停止。最佳化完成。

圖 15 是一圖形，其中橫軸是代表頻率，單位是 Hz，縱軸代表聲音水平，單位是 dB，顯示等化作用濾波器的圖形 1510，藉由應用上述方法連同圖 10~14 為圖 12 所示揚聲器響應 510 所產生的。因此，這些圖形 1510 由圖 10 的自動揚聲器等化器演算法所產生的，對圖 12 顯示想要的響應 1210 使用典型的揚聲器響應 510 如圖 12 所示。應用這些濾波器產生如圖 16 的實線所示修正響應 1610。圖 16 也顯示了來自圖 12 初始揚聲器響應 510 當作參考。技術上承認修正響應 1610 代表響應比起初始揚聲器 510 有相當的改進。

雖然本發明和它的優點已經詳細描述過，應該明白在此不同的變化、取代和改變都無法脫離本發明的精神和範疇，如附加的申請專利範圍所定義。例如，當在上述討論過聯合的濾波器最佳化子程序 1070 最好配合圖 10 到 14，然而本發明的原則可以不用應用聯合濾波器最佳化程序。在這種情況下，只有單一濾波器最佳化也可以執行。當揚

## 五、發明說明 ( 18 )

聲器最終的補償結果小於如圖 10、13 和 14 所示藉由使用單一或聯合濾波器的最佳化可達到的結果，設計者可以考量省略聯合濾波器最佳化作用降低資源的需求。除此之外，在導出僅以初始測量資料為基礎的補償濾波器初始設定後，我們會應用初始濾波器做一個新的測量，然後再更進一步將那些濾波器和 / 或額外設計的濾波器最佳化。我們知道一旦本發明原理提出後，其他變化將在此範疇內產生。所有這些變化皆可視為在本發明的領域，只受到在此申請專利範圍的限制。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

四、中文發明摘要(發明之名稱:用以產生用來等化揚聲器之數位濾波器的方法和裝置)

一種方法，用來產生等化揚聲器之數位濾波器。提供的第一數位資料用作揚聲器之聲音水平對頻率的目標響應曲線之容許範圍。產生的第二數位資料作為揚聲器之聲音水平對頻率的實際響應曲線(1010)。第一數位資料與第二數位資料相比較，可決定實際響應曲線是否在容許範圍內(1020)。如果實際響應曲線沒有在範圍內，數位聲音濾波器會一再產生，應用該數位聲音濾波器到第二數位資料產生補償響應曲線(1050、1060、1070)的第三數位資料。數位聲音濾波器的頻率、振幅與頻寬自動最佳化直到補償響應曲線位於容許範圍內或者達到數位聲音濾波器數目的預定限制為止，視何者先發生(1080)。

英文發明摘要(發明之名稱:METHOD AND DEVICE FOR GENERATING DIGITAL FILTERS FOR EQUALIZING A LOUDSPEAKER)

A method for generating digital filters for equalizing a loudspeaker. First digital data is provided, for a tolerance range for a target response curve of sound level versus frequency for the loudspeaker. Second digital data is generated, for an actual response curve of sound level versus frequency for the loudspeaker (1010). The first digital data is compared with the second digital data and it is determined whether the actual response curve is within the tolerance range (1020). If the actual response curve is not within the tolerance range, digital audio filters are iteratively generated, and the digital audio filters are applied to the second digital data to generate third digital data for a compensated response curve (1050, 1060, 1070). The frequency, amplitude and bandwidth of the digital audio filters are automatically optimized until the compensated response curve is within the tolerance range or a predetermined limit on the number of digital audio filters has been reached, whichever occurs first (1080).

91.5.28日

修正  
補文申請19783號專利申請案  
請專利範圍修正本(91年5月)A8  
B8  
C8  
D8

## 六、申請專利範圍

1. 一種用以產生用來等化揚聲器之數位濾波器的方法，包括下列步驟：

提供第一數位資料代表該揚聲器聲音位準對頻率的目標響應曲線之容許範圍；

提供第二數位資料代表該揚聲器聲音位準對頻率的實際響應曲線；

比較第一數位資料和第二數位資料並且決定實際響應曲線是否會在容許範圍內；以及

如果實際響應曲線不在容許範圍內，

反覆地產生數位聲音濾波器，

產生相關於由該等數位聲音濾波器修正之揚聲器的響應之修正資料，以及

自動最佳化該數位聲音濾波器的頻率、振幅和頻寬，直到該修正的資料在容許範圍內或到達數位濾波器數目的預定限制為止，視何者先發生。

2. 如申請專利範圍第1項的方法，其中

該產生修正資料的步驟是由應用數位聲音濾波器到該第二數位資料以產生一補償響應曲線的第三數位資料而執行；以及

該自動最佳化頻率、振幅和頻寬的步驟是執行數位聲音濾波器的頻率、振幅和頻寬的自動最佳化，直到補償響應曲線位於容許範圍內或到達數位濾波器數目的預定限制為止，視何者先發生而定。

3. 如申請專利範圍第1項的方法，其中該產生修正資料的

## 六、申請專利範圍

步驟是由應用數位聲音濾波器，並且測量該揚聲器聲音位準對頻率的結果響應曲線而執行。

4. 如申請專利範圍第1項的方法，其中該迭代產生數位聲音濾波器的步驟由迭代地產生一個二階濾波器來執行。
5. 一種產生一組二階數位濾波器用來一等化揚聲器的方法，包括下列步驟：

提供第一數位資料，代表該揚聲器聲音位準對頻率的目標響應曲線之容許範圍；

提供第二數位資料，代表該揚聲器聲音位準對頻率的實際響應曲線；

比較第一數位資料和第二數位資料並且決定該實際響應曲線是否會在該容許範圍內；以及

如果該實際響應曲線不在該容許範圍內，藉由反覆地執行下面最佳化的步驟產生一組濾波器來等化該揚聲器，

數位地處理該第二數位資料來決定該實際響應曲線中第 $n$ 個峰值的一第 $n$ 組初始參數，其中實際響應曲線不在該容許範圍內，初始參數包括峰值的頻率、振幅和頻寬，其中 $n$ 是該等最佳化步驟的迭代次數，

由該第 $n$ 組初始參數數位地產生一第 $n$ 個補償濾波器，

應用該第 $n$ 個濾波器到該第二數位資料並且修正該

## 六、申請專利範圍

第  $n$  組初始參數來決定該第  $n$  個補償濾波器的一第  $n$  組最佳化參數，產生一第  $n$  個暫時的聲音位準對頻率補償之響應曲線的第三數位資料，

處理該第三數位資料來決定該第  $n$  個暫時的補償響應曲線是否在該容許範圍內，

如果該第  $n$  個暫時的補償響應曲線沒有在該容許範圍內，執行另一次迭代該等最佳化步驟，直到該暫時的補償響應曲線位於該容許範圍內，或是達到濾波器數目的預定限制為止，視何者先發生而定。

6. 如申請專利範圍第 5 項的方法，其中該數位地產生第  $n$  個補償濾波器的步驟由數位地產生一二階濾波器來執行。

7. 一種產生用來等化一揚聲器之多個濾波器的方法，包括下列步驟：

提供第一數位資料，代表該揚聲器聲音位準對頻率的目標響應曲線之容許範圍；

提供第二數位資料，代表該揚聲器聲音位準對頻率的實際響應曲線；

比較第一數位資料和第二數位資料並且決定該實際響應曲線是否會在該容許範圍內；以及

如果該實際響應曲線不在該容許範圍內，藉由迭代地執行下列單一濾波器最佳化的步驟而產生一組補償濾波器，

## 六、申請專利範圍

數位地處理該第二數位資料來決定該實際響應曲線中一第 $n$ 個峰值的一第 $n$ 組初始參數，其中該實際響應曲線不在該容許範圍內，初始參數包括峰值的頻率、振幅和頻寬，其中 $n$ 是最佳化步驟的迭代次數，

由該第 $n$ 組初始參數數位地產生一第 $n$ 個補償濾波器，

應用該第 $n$ 個濾波器到該第二數位資料並且修正該第 $n$ 組初始參數來決定該第 $n$ 個濾波器的一第 $n$ 組最佳的參數，產生一第 $n$ 個暫時的聲音位準對頻率補償響應曲線的第三數位資料；

如果 $n > 1$ ，迭代地與週期地執行下列聯合濾波器最佳化步驟，

產生暫時的已計算響應曲線的第四數位資料，其中對每個聯合濾波器最佳化迭代而言， $n$ 個濾波器的其中一個並不存在，然後使用該第四數位資料執行單一濾波器最佳化的步驟來產生一更新的暫時的響應曲線之第五數位資料，

數位地處理該第五數位資料來決定最近一次聯合濾波器最佳化迭代是否已經造成該更新迭代響應曲線的改變大於預定的改變量，如果是的話，持續執行聯合濾波器最佳化步驟；

處理該第五數位資料來決定該第 $n$ 次暫時的補償響應曲線是否在該容許範圍內，如果沒有，

## 六、申請專利範圍

執行先前步驟的另一個迭代，直到該暫時的響應曲線位於該容許範圍內或是達到濾波器數目的預定限制為止，視何者先發生而定，

如果這樣，停止執行更多的迭代。

8. 如申請專利範圍第7項的方法，其中數位地產生第n個補償濾波器的步驟由數位地產生一個二階濾波器來執行。

9. 一種產生用來等化一揚聲器之濾波器的方法，包括下列步驟：

提供一第一聲音數位資料源；

提供一數位聲音處理單元，用以處理該第一聲音數位資料，並且提供已處理的聲音數位資料，包括應用數位聲音濾波器等化揚聲器其特色由演算法係數而定，應用第一聲音數位資料影響數位聲音濾波器；

提供一數位類比轉換器，用以轉換該處理過的聲音數位資料成一類比聲音信號而供給該揚聲器；

提供一音場測量裝置在揚聲器的鄰近位置來產生代表由揚聲器產生的聲音之第二聲音數位資料；

提供一數位電腦，連接以接收該第二聲音數位資料並且程式化以決定等化一揚聲器的數位濾波器之係數，以及提供該等係數給該數位聲音處理單元。

10. 如申請專利範圍第9項的方法，其中該數位電腦程式化以決定係數，係藉由

提供第三數位資料，作為該揚聲器的聲音位準對頻

## 六、申請專利範圍

率之目標響應曲線的容許範圍；

提供該第二數位資料，其中該第二數位資料代表該揚聲器的聲音位準對頻率之一實際響應；

比較該第三數位資料和該第二數位資料並且決定該實際響應曲線是否會在該容許範圍內；以及

如果該實際響應曲線不在該容許範圍內，

迭代地產生數位聲音濾波器的係數，

應用由該等係數決定的數位聲音濾波器到該第二數位聲音資料，以產生一補償響應曲線的第四數位聲音資料，以及

藉由最佳化該等數位聲音濾波器的頻率、振幅和頻寬而自動地最佳化該等係數，直到該補償響應曲線位於該容許範圍內，或是達到濾波器數目的預定限制為止，視何者先發生而定。

11. 一種產生用來一等化揚聲器之濾波器的裝置，包含：

一第一聲音數位資料源；

一數位聲音處理單元，用以處理該第一聲音數位資料，並且提供處理過的聲音數位資料，包括應用數位聲音濾波器，用以等化其特徵由應用至該第一聲音數位資料的演算法中的係數而定之揚聲器，以執行該等數位聲音濾波器；

一數位類比轉換器，用以轉換該處理過的聲音數位資料成一類比聲音信號而供給該揚聲器；

一音場測量裝置，位在該揚聲器的鄰近位置，以產

## 六、申請專利範圍

生第二數位聲音資料，代表由該揚聲器產生的聲音；

一數位電腦，連接以接收該第二聲音數位資料並且程式化以決定用以等化一揚聲器的數位濾波器之係數，和提供該等係數給數位聲音處理單元。

12. 如請專利範圍第11項的裝置，其中該數位電腦用被程式化以決定係數，係藉由

提供第三數位資料，作為該揚聲器的聲音位準對頻率之目標響應曲線的容許範圍；

提供該第二數位資料，其中該第二數位資料代表該揚聲器的聲音位準對頻率之一實際響應；

比較該第三數位資料和該第二數位資料並且決定該實際響應曲線是否會在該容許範圍內；以及

如果該實際響應曲線不在該容許範圍內，

迭代地產生數位聲音濾波器的係數，

應用由該等係數決定的數位聲音濾波器到該第二數位聲音資料，以產生一補償響應曲線的第四數位聲音資料，以及

藉由最佳化該等數位聲音濾波器的頻率、振幅和頻寬而自動最佳化該等係數，直到該補償響應曲線位於該容許範圍內，或是達到濾波器數目的預定限制為止，視何者先發生而定。

13. 一種產生用來等化一揚聲器之數位濾波器的方法，包括下列步驟：

提供第一數位資料，作為該揚聲器聲音位準對頻率

## 六、申請專利範圍

的目標響應曲線之容許範圍；

提供第二數位資料，作為該揚聲器聲音位準對頻率的  
第一實際響應曲線；

比較該第一數位資料和該第二數位資料並且決定該  
第一實際響應曲線是否會在該容許範圍內；以及

如果該第一實際響應曲線不在該容許範圍內，  
迭代地產生數位聲音濾波器以補償該實際響應曲  
線，

應用該等數位聲音濾波器到該第一數位資料，以  
產生第三數位資料，轉換該第三數位資料成一類  
比信號並且提供該類比信號給該揚聲器，

從該揚聲器的類比聲音位準對頻率產生聲音位準  
第二實際響應曲線的第四數位資料；

比較該第一數位資料和該第四數位資料並且決定  
第二實際響應曲線是否在容許範圍內；以及

自動最佳化該等數位聲音濾波器的頻率、振幅和  
頻寬，直到該第二實際響應曲線在該容許範圍內  
或到達數位濾波器數目的預定限制為止，視何者  
先發生而定。

14. 如申請專利範圍第13項的方法，其中該迭代地產生數  
位聲音濾波器的步驟由迭代地產生一個二階濾波器來  
執行。
15. 一種產生全對數-積計量的數位資料用來特徵化一揚聲  
器的知覺表現之方法，包含下列步驟：

## 六、申請專利範圍

提供第一數位資料，代表該揚聲器聲音位準對頻率的目標響應曲線的N個取樣；

提供第二數位資料，代表該揚聲器聲音位準對頻率的實際響應曲線的N個取樣；以及

依照下面公式產生全對數積計量資料：

$$M = \sum_{i=1}^{N-1} \log_{10} \left( \frac{f_{i+1}}{f_i} \right) \left[ \frac{|S(f_i)_{dB} - D(f_i)_{dB}| + |S(f_{i+1})_{dB} - D(f_{i+1})_{dB}|}{2} \right]$$

其中

M 是全對數積計量，

f 是頻率，

D 是第一數位資料，

S 是第二數位資料，以及

N 是第一數位資料和第二數位資料取樣的數目。

16. 一種產生用來等化多個揚聲器的濾波器之方法，包括下列步驟：

提供第一數位資料，代表該等揚聲器聲音位準對頻率響應的目標響應曲線之容許範圍；

提供第二數位資料，代表該等揚聲器聲音位準對頻率響應的實際響應曲線；

比較該第一數位資料和該第二數位資料並且決定該實際響應曲線是否會在該容許範圍內；以及

如果該實際響應曲線不在該容許範圍內，

迭代地產生數位聲音濾波器，

應用該等數位聲音濾波器到該第二數位資料，以

## 六、申請專利範圍

產生一補償響應曲線的第三聲音資料，以及  
自動最佳化該等數位聲音濾波器的頻率、振幅和  
頻寬，直到該補償響應曲線位於該容許範圍內，  
或是達到濾波器數目的預定限制為止，視何者先  
發生而定。

裝

訂

線

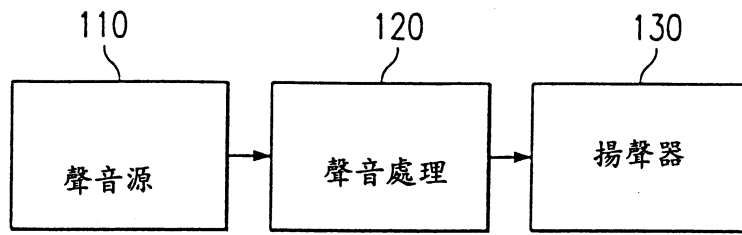


圖 1  
(先前技藝) 100

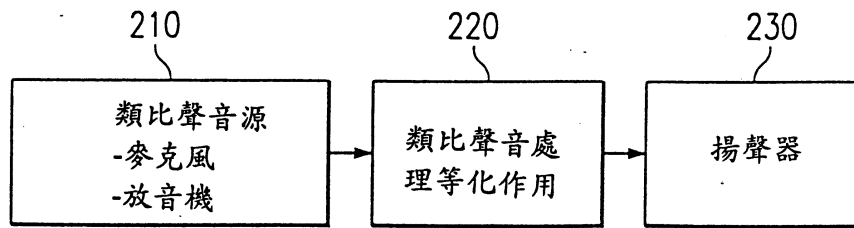


圖 2  
(先前技藝) 200

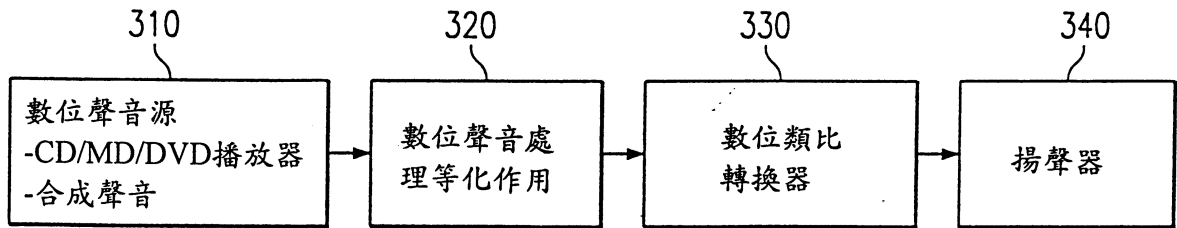


圖 3  
(先前技藝) 300

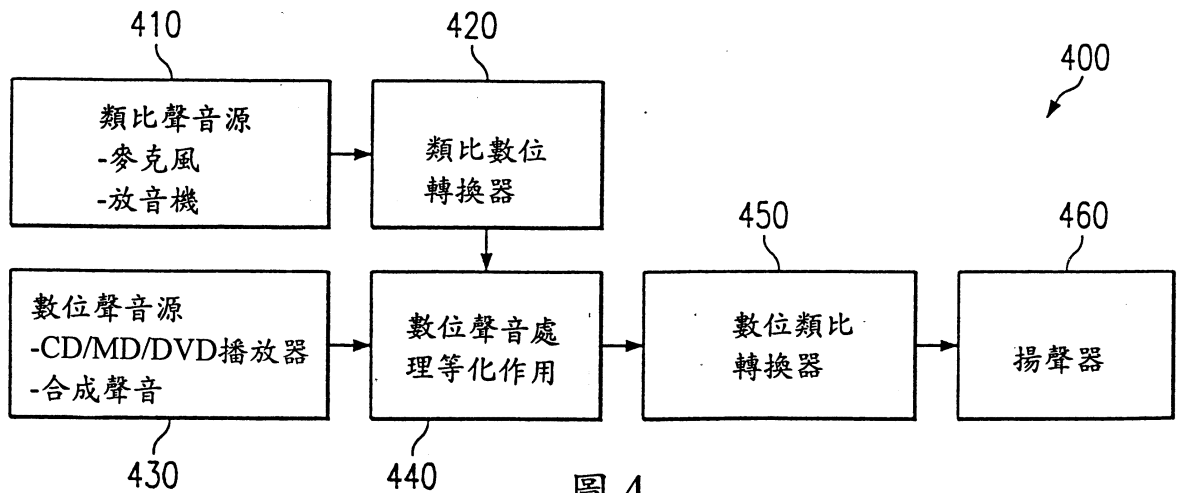


圖 4

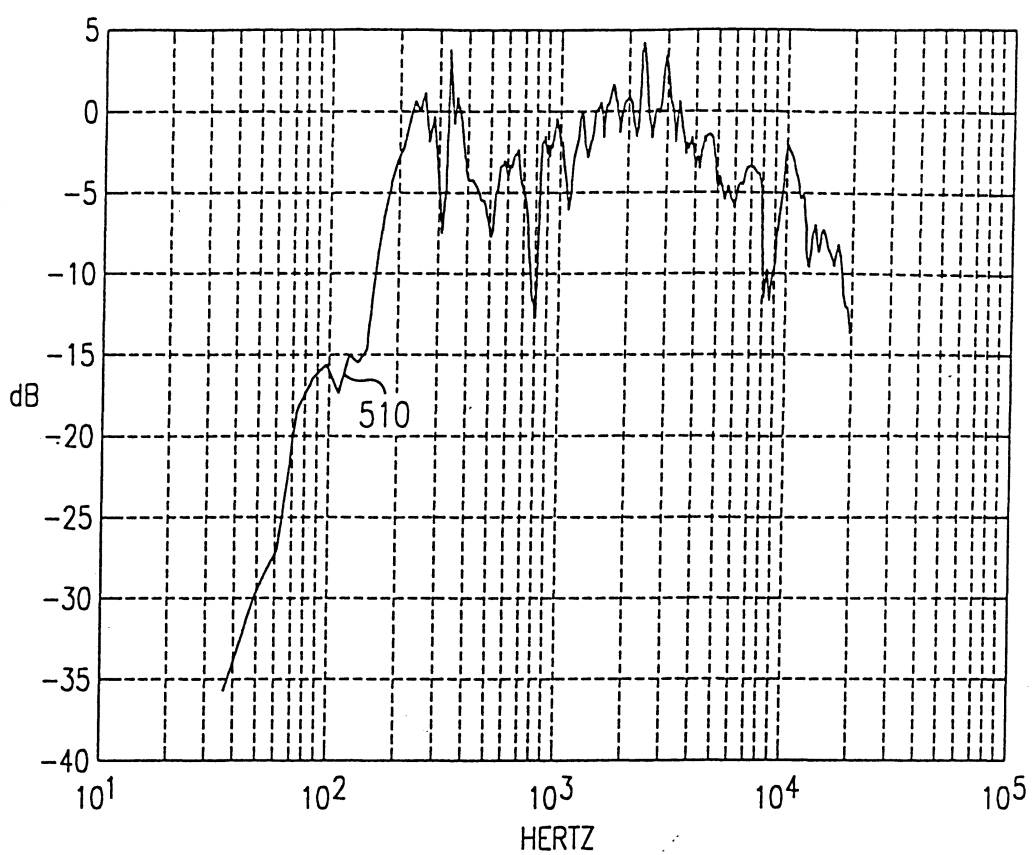


圖 5

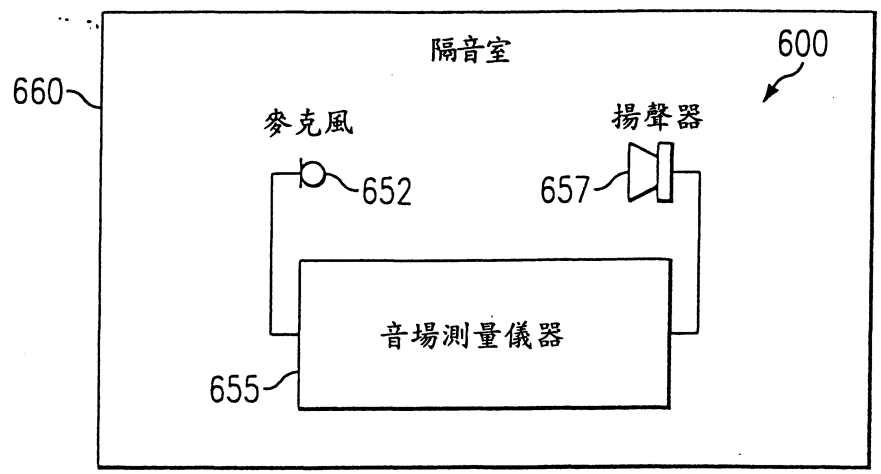


圖 6

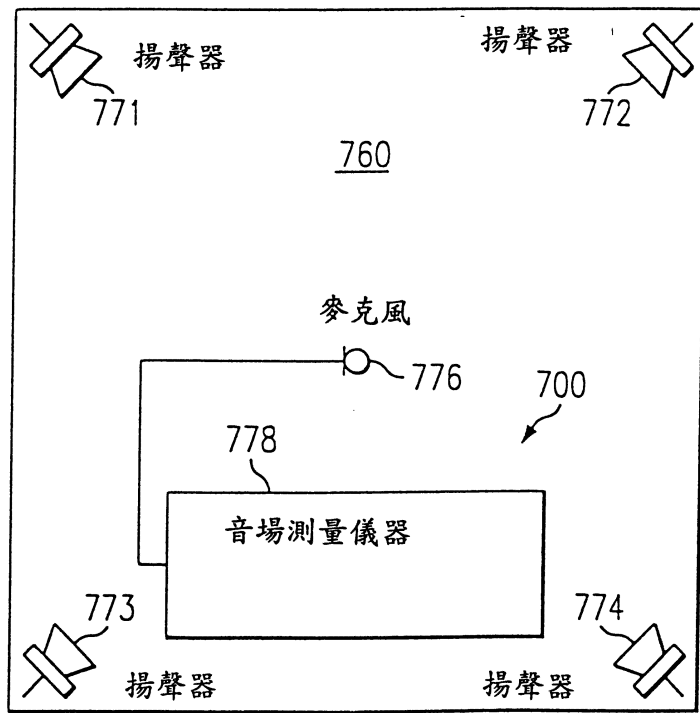


圖 7

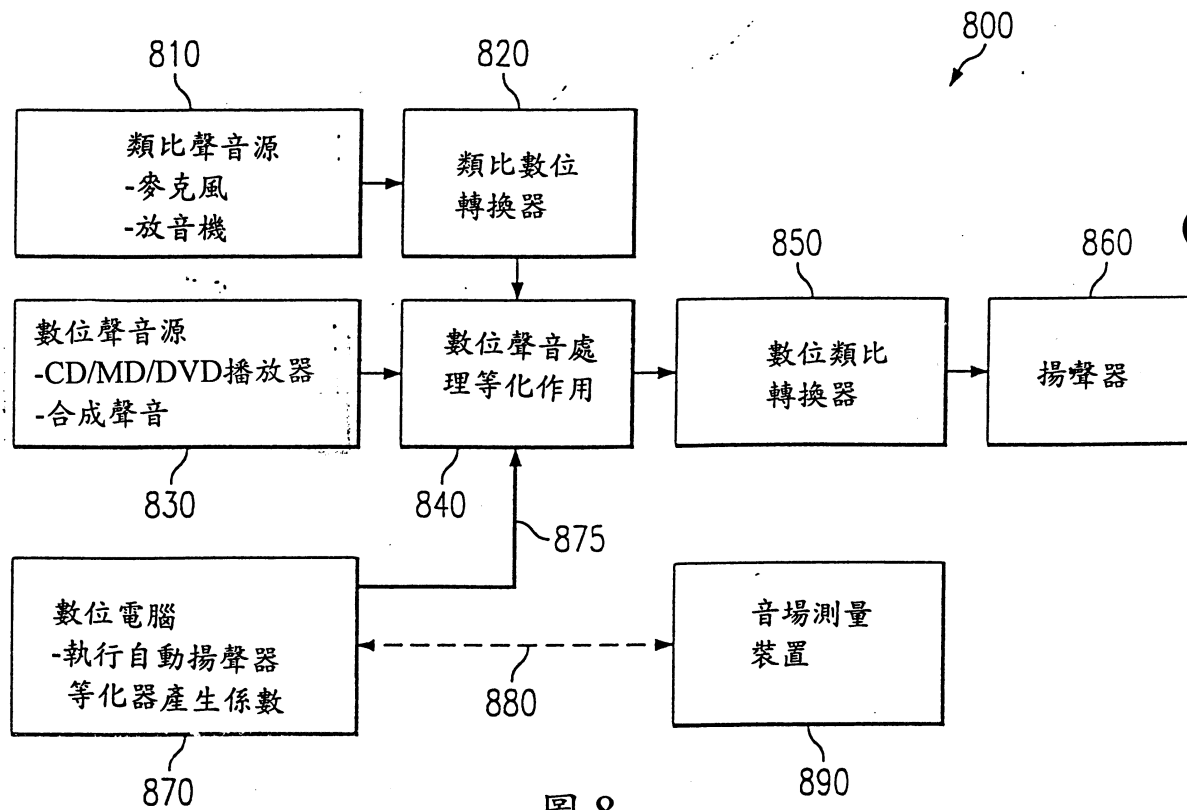


圖 8

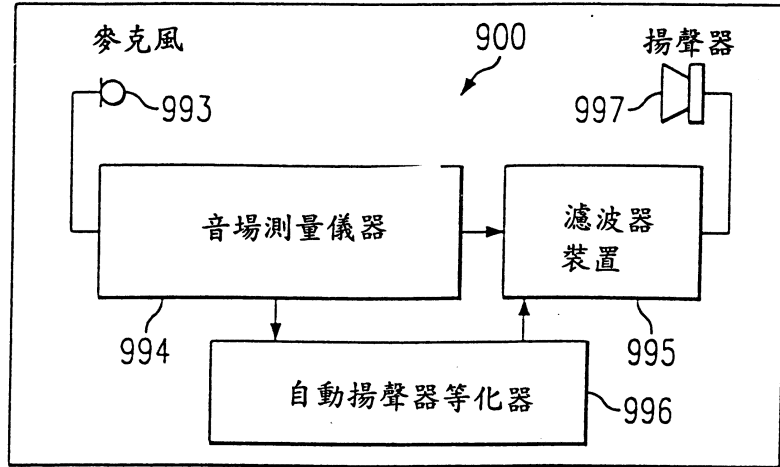
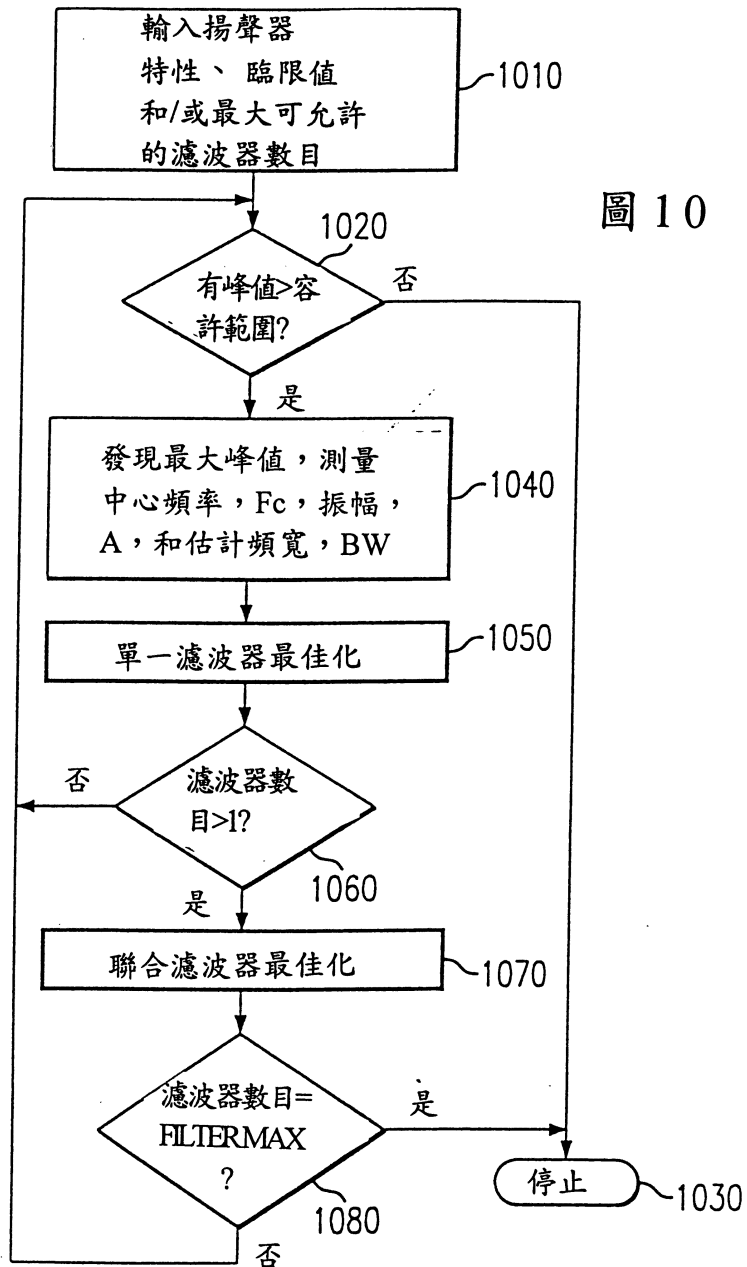


圖 9



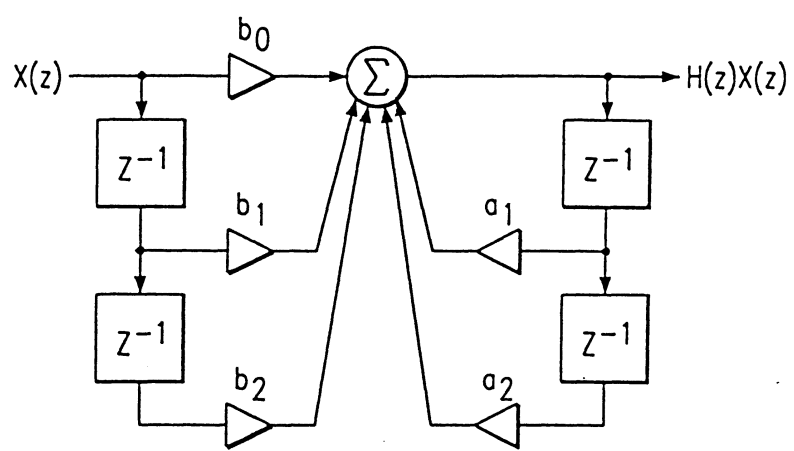


圖 11

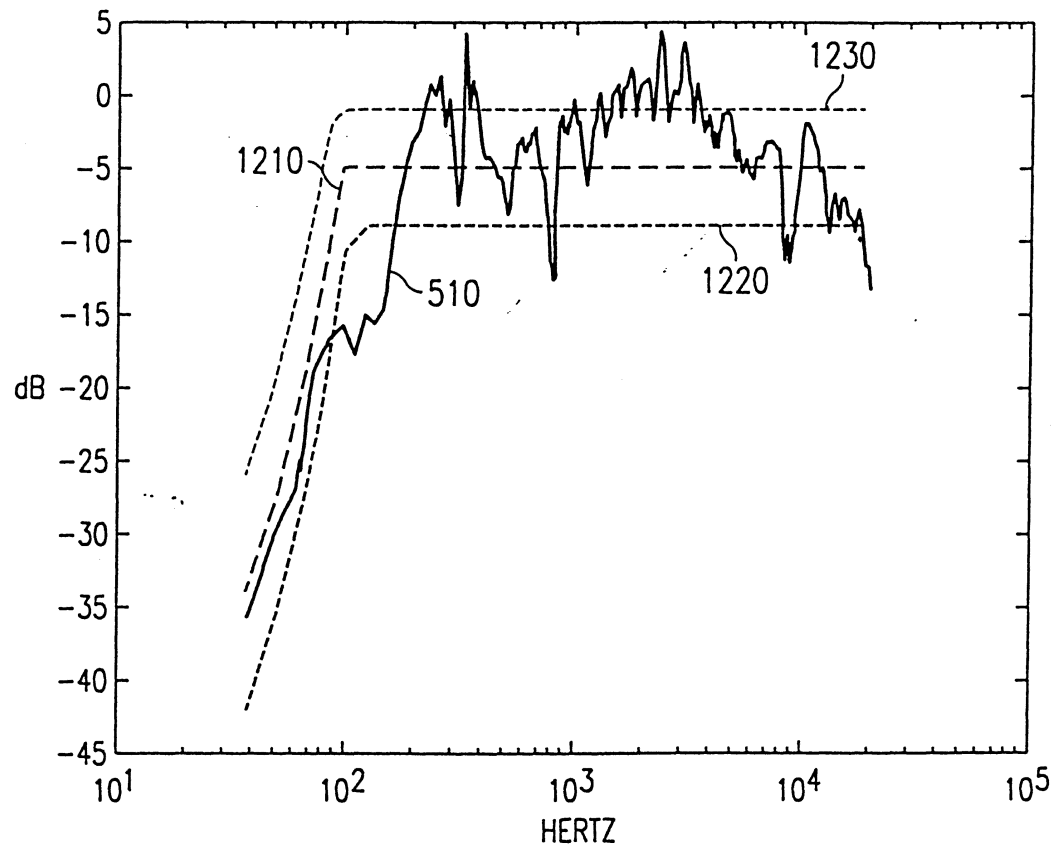


圖 12

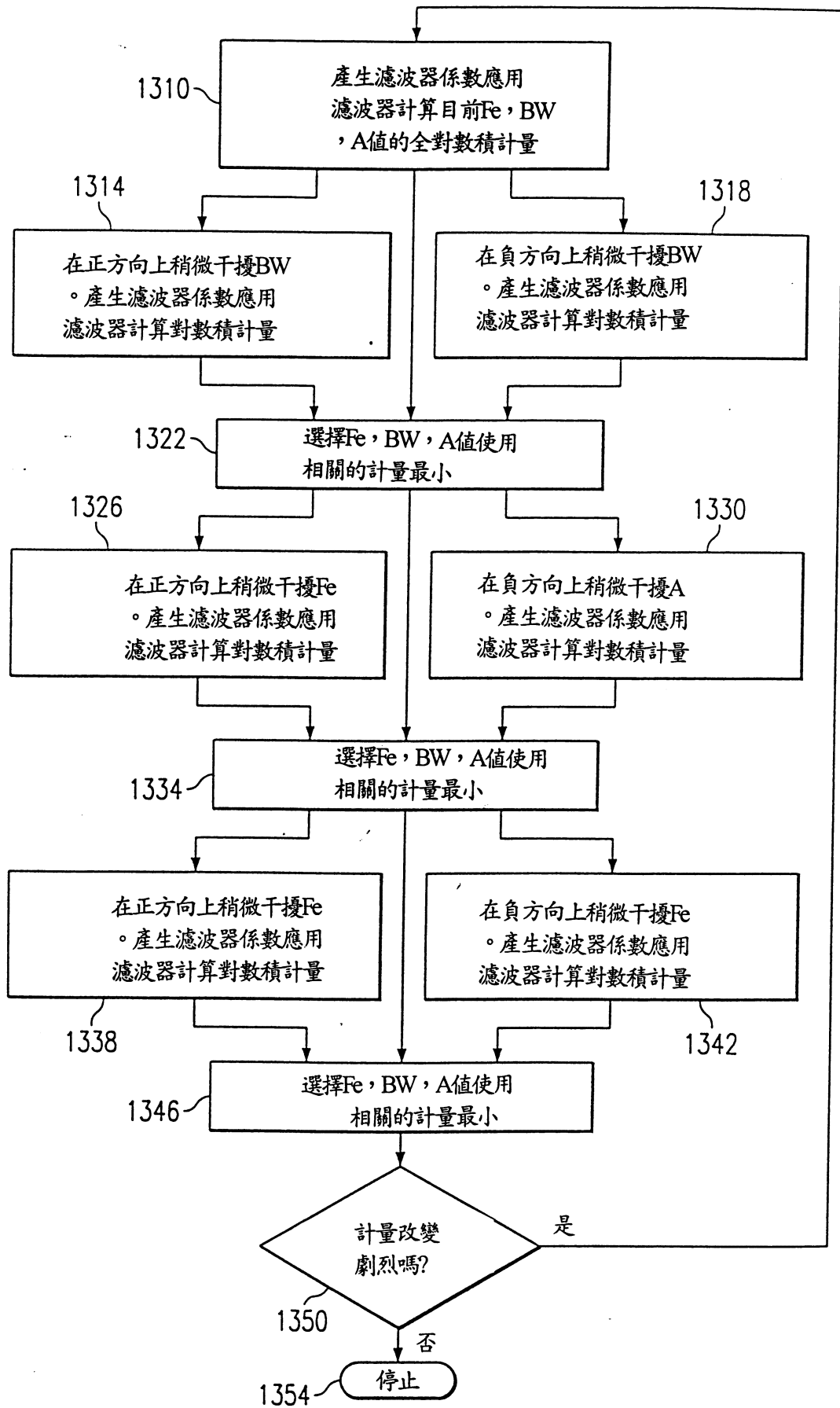


圖 13

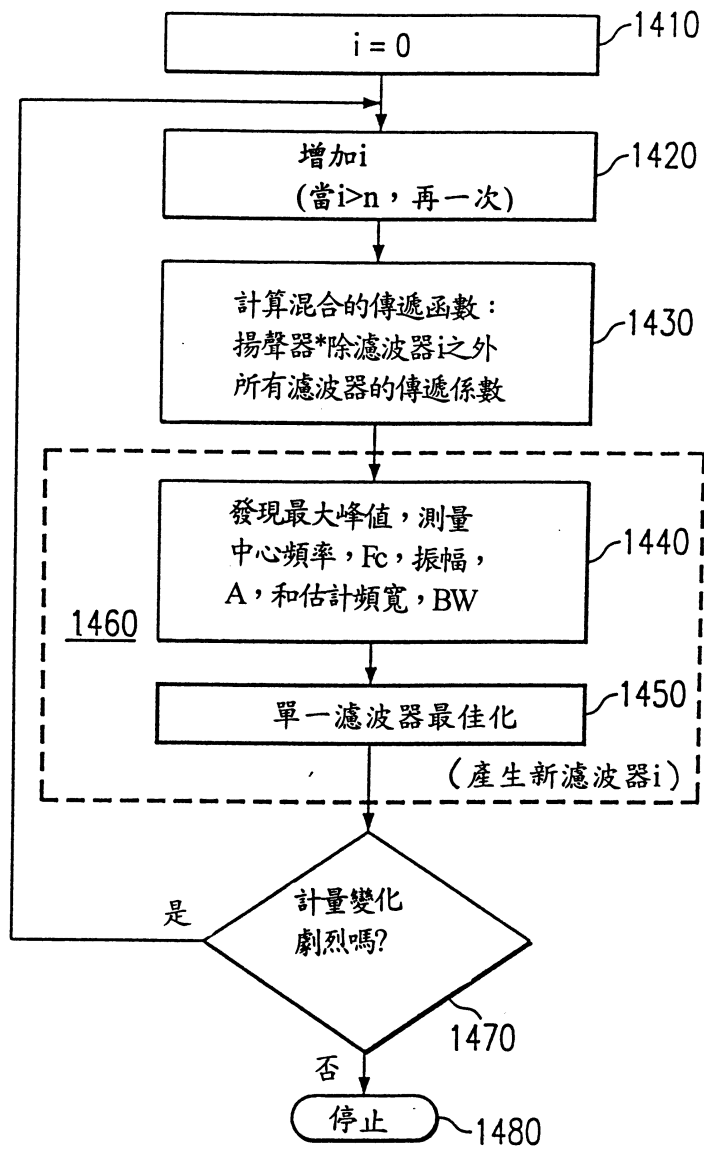


圖 14

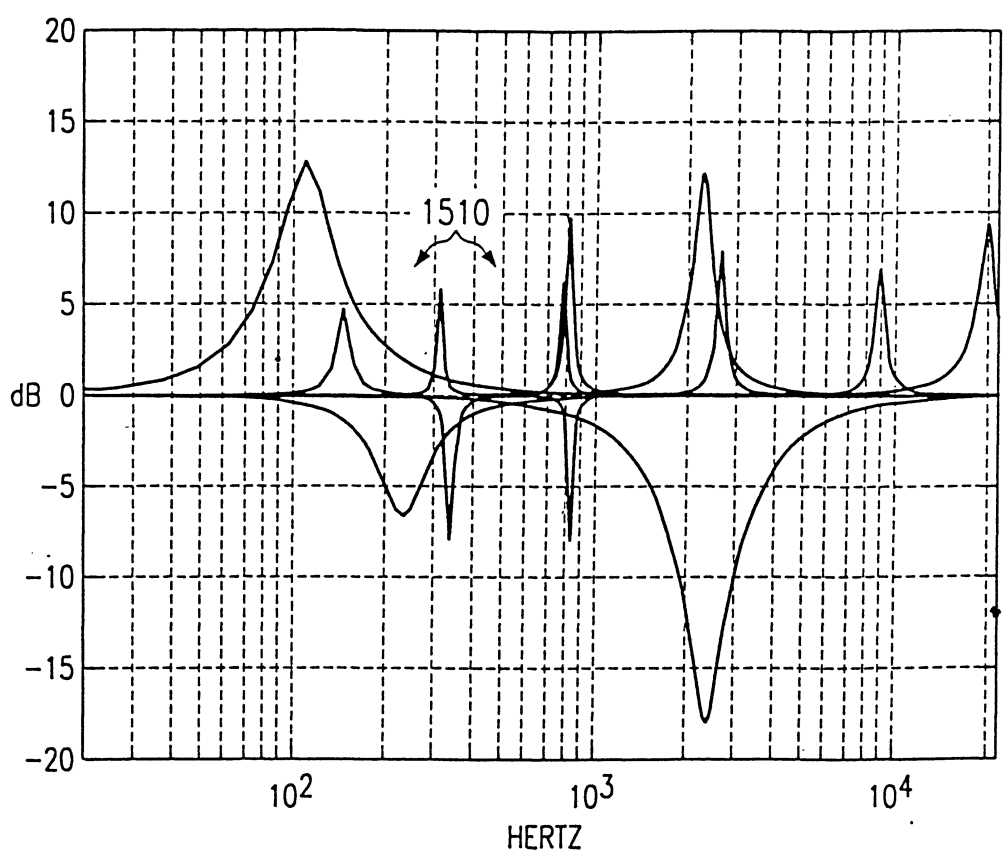


圖 15

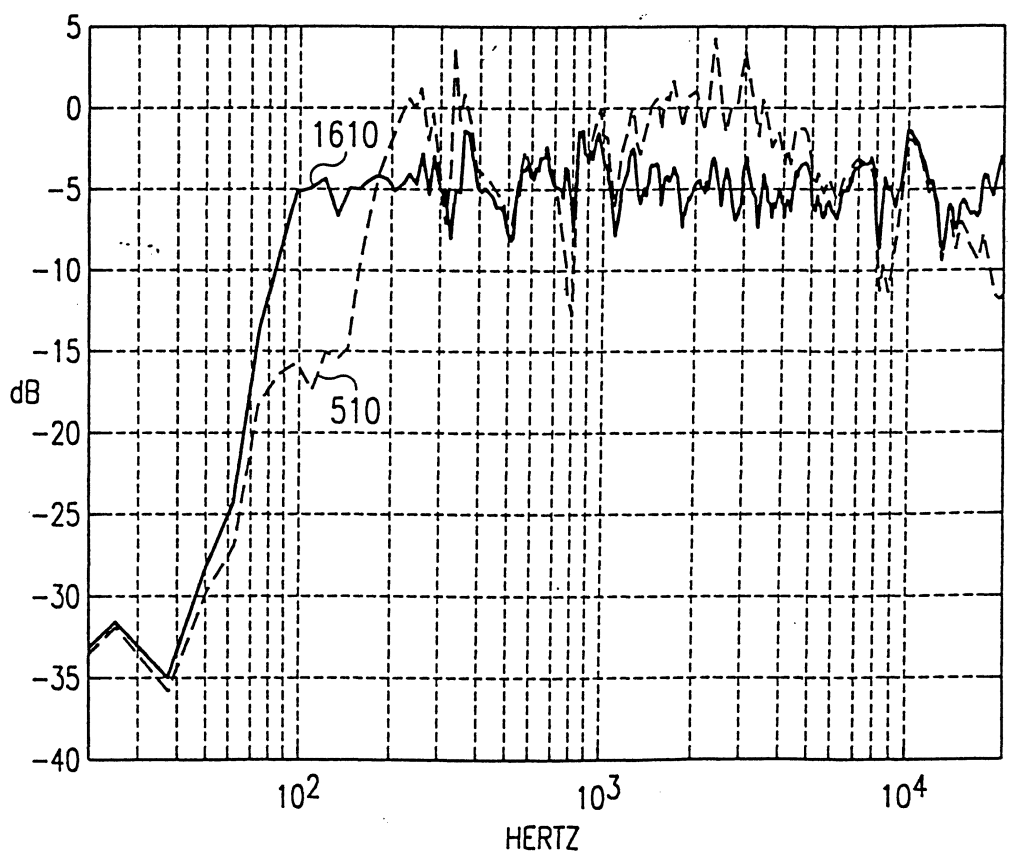


圖 16