

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6616831号
(P6616831)

(45) 発行日 令和1年12月4日(2019.12.4)

(24) 登録日 令和1年11月15日(2019.11.15)

(51) Int.Cl. F I
HO4R 1/30 (2006.01) HO4R 1/30 A

請求項の数 9 (全 19 頁)

| | |
|---|---|
| <p>(21) 出願番号 特願2017-521068 (P2017-521068) (86) (22) 出願日 平成27年6月22日 (2015.6.22) (65) 公表番号 特表2017-521029 (P2017-521029A) (43) 公表日 平成29年7月27日 (2017.7.27) (86) 国際出願番号 PCT/US2015/036885 (87) 国際公開番号 W02015/200167 (87) 国際公開日 平成27年12月30日 (2015.12.30) 審査請求日 平成29年2月21日 (2017.2.21) (31) 優先権主張番号 14/316,221 (32) 優先日 平成26年6月26日 (2014.6.26) (33) 優先権主張国・地域又は機関 米国 (US)</p> <p>前置審査</p> | <p>(73) 特許権者 516385930 ビセット、アンソニー・アレン アメリカ合衆国、カリフォルニア州 94 607、オークランド、ナンバー422、 サード・ストリート 248 (73) 特許権者 516385941 ニュエン、クワン・ビエット アメリカ合衆国、バージニア州 2010 5、アルディ、ジブサム・ウェイ 247 90 (74) 代理人 110001737 特許業務法人スズエ国際特許事務所</p> |
|---|---|

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 小型広帯域低中音ホーン搭載スピーカーシステム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

スピーカードライバーと連通するフロントホーンと、前方音響室と、後方音響室と、ループ状音響ダクトと、フィードバックダクトとを具備し、

前記前方音響室がフロントホーンと連通し、前記後方音響室が前記ループ状音響ダクトと連通し、前記ループ状音響ダクトが前記フィードバックダクトによって前記フロントホーンと連通し、

環状共振器を介して前記フロントホーンと前記後方音響室との間に圧力損失が生じるように前記フィードバックダクトのアスペクト比が選択される、音響再生装置。

【請求項2】

前記フィードバックダクトは、前記音響再生装置における位相判別フィードバックの制御に用いられる請求項1の音響再生装置。

【請求項3】

スピーカードライバーと連通するフロントホーンと、前方音響室と、後方音響室と、ループ状音響ダクトと、フィードバックダクトとを具備し、

前記前方音響室がフロントホーンと連通し、前記後方音響室が前記ループ状音響ダクトと連通し、前記ループ状音響ダクトが前記フィードバックダクトによって前記フロントホーンと連通し、

前記ループ状音響ダクトと連通する入口とその間の前記フロントホーンパスと連通する出口とをフィードバックダクトが備えており、前記入口か前記出口のどちらかあるいは双

方の前記特性が変化可能な、音響再生装置。

【請求項 4】

スピーカードライバーと連通するフロントホーンと、前方音響室と、後方音響室と、ループ状音響ダクトと、フィードバックダクトとを具備し、

前記前方音響室がフロントホーンと連通し、前記後方音響室が前記ループ状音響ダクトと連通し、前記ループ状音響ダクトが前記フィードバックダクトによって前記フロントホーンと連通し、

前記ループ状音響ダクトが環状共振器である、音響再生装置。

【請求項 5】

スピーカードライバーと連通するフロントホーンと、前方音響室と、後方音響室と、ループ状音響ダクトと、フィードバックダクトとを具備し、

前記前方音響室がフロントホーンと連通し、前記後方音響室が前記ループ状音響ダクトと連通し、前記ループ状音響ダクトが前記フィードバックダクトによって前記フロントホーンと連通し、

前記フィードバックダクトが前記ループ状音響ダクトと前記フロントホーンとを接続して前記フロントホーン共振器と環状共振器又は前記後方音響室との間の圧力損失を制御または調整する、音響再生装置。

【請求項 6】

スピーカードライバーと連通するフロントホーンと、前方音響室と、後方音響室と、ループ状音響ダクトと、フィードバックダクトとを具備し、

前記前方音響室がフロントホーンと連通し、前記後方音響室が前記ループ状音響ダクトと連通し、前記ループ状音響ダクトが前記フィードバックダクトによって前記フロントホーンと連通し、

180度ねじられてメビウスの帯を形成する形状を含む分離壁を前記フロントホーンおよび前記ループ状音響ダクトが備える、音響再生装置。

【請求項 7】

スピーカードライバーと連通するフロントホーンと、前方音響室と、後方音響室と、ループ状音響ダクトと、フィードバックダクトとを具備し、

前記前方音響室がフロントホーンと連通し、前記後方音響室が前記ループ状音響ダクトと連通し、前記ループ状音響ダクトが前記フィードバックダクトによって前記フロントホーンと連通し、

長さの異なるまたは可変長の複数のループ状音響ダクトを具備する、音響再生装置。

【請求項 8】

音響緩衝装置に繋がっているフロントホーンと、前方音響室と、減衰受動膜と抵抗器により電氣的に短絡される又は機械的に制動される動的ドライバーとのどちらかにより分離されている後方音響室と、ループ状音響ダクトと、フィードバックダクトとを具備し、前方音響室がフロントホーンと連通しており、前記後方音響室が前記ループ状音響ダクトと連通し、前記ループ状音響ダクトが前記フィードバックダクトによって前記フロントホーンと連通する音響トラップまたは音響吸収装置。

【請求項 9】

スピーカードライバーと連通するフロントホーンと、前方音響室と、後方音響室と、ループ状音響ダクトと、フィードバックダクトとを具備し、

前記前方音響室がフロントホーンと連通し、前記後方音響室が前記ループ状音響ダクトと連通し、前記ループ状音響ダクトが前記フィードバックダクトによって前記フロントホーンと連通し、

前記フィードバックダクトの形状は、リアルタイムで又は規則にそって即座に再構成するフィードバックダクトモジュールを用いて、のいずれかにより調節して異なる意図されたオペレーションのモデルに効果的に最適化する、音響再生装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 1 】

本発明は、音波を生成し伝播するための装置および方法、特に、小型で能率が良く帯域幅が広くて低域が拡張されているスピーカーシステムに関する。

【 背景技術 】

【 0 0 0 2 】

本発明では、高能率で歪みが少なく帯域幅が広くて低域が拡張されていることを特徴とする小型ハイファイ音響再生システムを提供する。音響再生システムまたはスピーカーは、超低音用サブウーファー、中音用ウーファー、中低音ウーファー、中音用スピーカーなどとして用いることができ、さらに、これらの音域のカテゴリの1つまたは組み合わせを達成するように使用されることができる。ある実施形態では、1台または複数台のダイナミックドライバを用いて、少なくとも1オクターブにわたるレンジに関して、さらに7オクターブ以上、例えば20Hzから1.5kHz、に関して効果的に使用することができ、優れた音響効率（例えば、本実施形態では1メートル及び2.83ボルトで98dB(C)（C特性周波数重み付けデシベル）を達成する）であり、ハイファイ性能（50Hzで<0.4%の総合高調波歪み（THD）、1メートルで100dB(C)の音圧レベル（SPL））である。本発明のスピーカーは、広大なまたは屋外の領域をカバーする公の告知型設置における使用に対して特に有効である。また、それにも拘らず本発明の音響再生システムは比較的小さくて（例えば、容積が2立方フィート、重さが30ポンド未満であり、20ポンドの場合さえもあるので、持ち運びが容易である）効率的にエネルギーを消費し、商業用や居住用を含む公私両施設に適しているので音響愛好家も利用することができる。ここに示す新しいスピーカー技術は（ピークが少なくとも五つある独特の電気インピーダンスプロットから明らかのように）従来のスピーカーとは全く異なる完全に新しい構成のスピーカーを提供する。

【 0 0 0 3 】

アリーナやスタジアムのような広大な空間に音を届けたり遠方にまで音を届けたりする上演装置や拡声装置を実現するために様々な手段を用いたスピーカーが音響再生システムとしてこれまでに提供されてきた。しかし、所望する再生範囲、音響効率、ハイファイ性能、装置のサイズのすべてを満足させる音響再生システムは依然として提供されていない。本発明はこれらおよび他の目的を扱う。それは、例えば、公共の演説講演；オーケストラ、ダンス及びシアターパフォーマンス；ロック、ジャズ又はポピュラー音楽のコンサート；映画、サラウンドサウンド又はアミューズメントパーク型の体験；礼拝所での礼拝；スポーツ又はスケートなどのアリーナでのイベント；学校の行事；ハイファイホームオーディオ及びホームシアターの体験などが、音響を再生したり増幅したりすることが必要な様々なメディアイベントに用いることができる。

【 0 0 0 4 】

これまでに与えられたこれらの目的を達成するために試みられてきたいくつかの手段は、（1）音の進む方向である前方を向いているホーンにドライバーコーンの前が連結しており、ドライバーコーンの制限によってSPLを最大化するためにコーンの動きを制御するために用いられる密閉後部空間にドライバーコーンの後が連結している低音ホーン；（2）ドライバーの振動板の前面と後面とが共通のホーン通路と連通し、ホーンサイズの小型化に寄与しながらも能率を高めるタップドホーン；（3）チューニングされているダクトを介して後部室を外部に繋げることによりシステムの共振周波数を低下させているパスレフスピーカー；（4）遠端が開いている長いダクトにドライバーの前または後を連通してドライバーコーンからの後進波に利得を供給するトランスミッションライン型スピーカー；（5）狭窄ダクトを外に繋げてトランスミッションラインの共振周波数を低下させる質量負荷トランスミッションライン；（6）広がるホーンにドライバーコーンの裏面を連通することによってより低い低音周波数に利得を供給するバックロードホーン；（7）ドライバーがダクトと連結される幾つかの室内に包囲され、ドライバーの前面を包囲する共振室やドライバーの後部を包囲する共振室を含む多数の共振室をチューニングすることによってより低い低音周波数に利得を供給するバンドパスエンクロージャー；又は（8）音

10

20

30

40

50

の出口に配置された湾曲した開口部が寸法が連続的に変化する開口要素を供し共振ホーンにより生じるピークを減少させるいわゆるカールソン型バンドパスエンクロージャー；および(9)ファイバークラス、発泡樹脂製品、その他の繊維材料のような吸音材で満たされて背面音波放射を吸収する密封容器によりバックコーンのボリュームが包囲されている密封容器型エンクロージャー、を含む。

【0005】

先行の技術に基づくどのシステムも、作動帯域幅が厳しく制約されていて、典型的には約2オクターブ(例えば、20Hz~80Hzまたは40Hz~160Hz)を超えない。希望する最も低い音の基本周波数の1/4波長が必要であることと音の速さにより40Hzに届く低音拡張を達成するために低音ホーンは物理的に大きくなってしまふ。例えば、20Hzの場合、低音ホーンの長さは通常4.2メートルを超える。この長さは、(折り曲げた通路を持つとしても)望ましい典型的な拡張率1:10と相まって、ドライバーサイズが12インチ規格の低音ウーファードライバー用のエンクロージャーが巨大になる一要因をなしている。さらに、先行の技術の他の重大な欠点は、コーンの大きな動きが高い高調波歪み(THDの10%~30%と同様)をたびたび発生することである。歪みが生じると低音が「濁って」不明瞭になってしまう。また、バスレフ型のエンクロージャーには周波数の関数に伴う音の到達時間に著しい遅れが生じるという欠点がある。これは、スピーカーにより生み出されるタイミング(または位相歪み)を示すインパルス応答のプロットに曲線やピークとして現れる。

【発明の概要】

【0006】

本発明により得られるホーン型拡声器は小型であり、好ましくは20Hz~450Hzの範囲、より好ましくは20Hz~1.5kHzの範囲の低音をハイファイ音で(システムが使用可能な帯域幅全体に亘って+/-5dBの周波数応答)、能率良く(2.83ボルトおよび1メートルで>98dB(C)として定義される)、高調波歪みが少なく(100dB(C)のSPLおよび1メートルで<0.34%のTHD)、周波数の関数である群遅延(GD)が比較的平坦または線状になるように再生する。群遅延は、スピーカーから放射された異なる周波数の音の間の時間的な遅れであり、低音の領域では概して大きい。群遅延の小さいスピーカーシステムでは低音が中高音と同期して知覚されるので「鮮やか」な音に聴こえる。ハイファイであるためには次の条件を一つ以上満たさなければならない:スピーカーの周波数応答が作動周波数全体に亘って殆ど平らか直線状であること:高調波歪みが小さいこと(例えば、5%未満であること、好ましくは2%未満であること、より好ましくは1%THD未満であること:作動周波数の全範囲に亘ってオーバーシュートや変動が最小で迅速な立ち上がり時間と迅速な立ち下がり時間とをインパルス応答が示すこと。

【0007】

本発明のさらに別の目的は、ハイファイオーディオシステムやホームシアターシステムやプロフェッショナルオーディオシステム用に周波数応答が平坦または直線状であり高調波歪みが小さい(元々のオーディオ入力信号にはない周波数成分をスピーカーが生成した時に高調波歪みの存在が明らかになる。高調波歪みは5%未満であることが望ましいが、2%未満であることがより望ましく、1%未満であることがさらに望ましい)低域および超低域の音を(好ましくは1個のスピーカーで)生成するにも拘らず他のホーン搭載スピーカーに比べてスピーカーのエンクロージャーまたはキャビネットが小さい(所与の低周波において容積が>35%減少している)音響再生システムを提供することである。

【0008】

本発明のさらなる目的は、高能率を達成してシステムホーンの音圧レベルを(2.83ボルトおよび1メートルで)95dB(C)~100dB(C)にすることにより振動板の動きを小さくして高調波歪みを最小にすること、そして、コンサートホール、学校、大学、講堂、野外の円形劇場、イベントの開催地、駐車場、スポーツ施設、舞踏会場、劇場、会議場のような大きな空間に音を届けたり遠方にまで音を届けたりしなければならない

10

20

30

40

50

ために高い音圧レベル（1メートルで > 112 dB（C））が必要なプロフェッショナルオーディオ拡声装置や上演システムにこの高能率システムホーンを用いることができるようにすることである。

【0009】

本発明は、低域（ 20 Hz ~ 200 Hz）用のウーファーかサブウーファーに主眼を置いているが、単に小型化すれば低域から中域の上部にまで及ぶより高い周波数（例えば、 150 Hz ~ 1 kHz、より好ましくは 100 Hz ~ 3 kHz）でも本発明を適切に実施することができる。

【0010】

フィードバックダクトの断面積（CSA）を変更することによってスピーカーの低域周波数応答を機械的にチューニングすることができるようにすることも本発明の目的である。

10

【0011】

低域遮断周波数より低いスピーカーコーンの動きを抑制してタップドホーンスピーカーやその他の構成のスピーカーで生じるかもしれないドライバーの振動板すなわちコーンの過剰な動きを防止することも本発明の目的である。

【0012】

スピーカーを小型にして何処に置いても目立たないようにすることも本発明の目的である。さらに、従来の低音用スピーカーは大きいだけでなく重かったために持ち上げるのが大変だったのに対して小型軽量で運搬の容易な低音用スピーカーを提供することによりコンサート会場の様々な個所にスピーカーを配置することを可能にすることも本発明の目的である。また、オーディオ電力増幅器の必要条件が適度であり、しかもスピーカーコーンの動きが最小に抑えられていて高調波歪みが低く維持されていながらも巨大な空間を音響で満たすことができるように能率の良いスピーカーを提供することも本発明の目的である。

20

【0013】

1/8波長性能を提供することも本発明の目的である。

【0014】

本発明には以下の用途がある。

【0015】

1) プロ用オーディオ（ラインアレイ、クラスター、ステージ前面の設置） - 講堂、教会、競走場、公衆会場、競技場、貸し出し用音響設備；2) ポータブルオーディオ（屋外や小会場用の小型拡声装置）；3) 媒体製造スタジオ（編集/ミキシング/原盤制作/レコーディング/ポストプロダクション）；4) 商用劇場（iMax、ドルビー方式のDTSなど）；5) 500 W前後の電力または入力電力を使用したり複数台のドライバーを有していたりするホームシアターやハイファイ機器

30

本発明は、前方の室（すなわち、振動板の前面の前方に位置するエンクロージャー）がフロントホーン（またはホーンの口に連なるホーンの喉部から間をおいた部分）に連通し、そしてフィードバックダクト（すなわち、環状共振器よりも例えば15容積%未満小さいチャンネル）に連通しているフロントロードホーン（すなわち、未広がりのパスを有していてドライバーの前面に繋がっているホーン）として記述することができる。フィードバックダクトは、ループまたは環状の空洞を形成する音チャンネルに連通している。この空洞をここでは「環状共振器」と言う。環状共振器は後方の部屋（ドライバーの振動板の後面の後方に位置するエンクロージャー）に連通している。後方の部屋も進行波伝送路あるいは「無限共振器」と考えることができる。環状共振器は（入口と出口がどちらも後方の部屋に均等に繋がっていて）後方の部屋と共に開回路を形成している。したがって環状共振器は、これを入口と出口が後方の部屋に均等に繋がっている一本のパスと解釈することができる（もっとも、この対称性に修正を加えることにより何らかの利点を得られる）。ここで用いている「連通する」と言う表現は、一つの場所から別の場所へと圧力波によりエネルギーが自由に伝わることを意味する。オーディオの分野で典型的に使用されているよ

40

50

うにホーンは一方の端にある狭い開口がスピーカードライバー（電気エネルギーを音波に変換する電気音響変換器）に連結されていて中央の喉部が他端にある音の出口である広い開口に向かって金管楽器のベル端のように広がっているダクトであり、ダクトの内部と出口の周囲とにおいて、振動板の振動と高ベロシティーで低圧、比較的lowベロシティー高圧の音波の音響インピーダンスを整合させてスピーカードライバーと空気との連結効率を改善する作用をする。環状共振器には次の二つの目的がある。（１）様々な音波により形成される多くの高調波成分を定在波共振器ではなくて進行波共振器の中に維持する能力を有する音響的に長い（原理的に無限長の）共振器または音響伝播ループまたは経路を提供すること；（２）多くの進行波をフロントホーンの中で所定周波数の補強または増幅に用いてフロントホーンに維持し、多くの場合に1/4波長の挙動に従う音波の滑らかな周波数スペクトルを得ること。環状共振器とフロントホーンとを連通させるフィードバックダクトは、フロントホーンと環状共振器または後方の部屋との間のエネルギー移動の割合や位相の調整、調節、監視の役をする。さらにフィードバックダクトは、ループ状の音響ダクトとホーンの口とを統合する統合ダクトであり、ループ状の音響ダクトからフロントホーンへのエネルギー伝送を可能にする手段であって、スピーカードライバーの最初の押しが偏っている場合に環状共振器とフロントホーンとのエネルギー伝送率を制御することに用いることができる。したがって本発明は、後端が環状共振器（または折り曲げられた環状共振器）に繋がっていると共に喉部がフィードバックダクトを介して同じ環状共振器に繋がっているホーンを備えた音波生成伝播装置であると言うことができる。フィードバックダクトは、太さ、長さ、容積を調整することができる。表面特性や材料特性を変更することもできる。フィードバックダクトに制振材料を追加すれば音響特性を変えることができるので音響特性を調整して特定の効果を達成することもできる。フィードバックダクトの形状を変えると低域を変更することができる。フィードバックダクトを太くしたり短くしたりすると低域をより低い音域にまでに伸ばすことができるが音圧レベルが減少してしまう。逆に、フィードバックダクトを細くしたり長くしたりすると低域の音の減衰は緩やかになる。テクノヒップホップサウンドを好む人達は低音の急激な減衰は問題にしないが低域がより低い音域にまで深く伸びていることを好む傾向にある。この場合には、フィードバックダクトのアスペクト比を大きくする。フィードバックダクトのアスペクト比は太さ（フィードバックダクトの直径）を長さで割った割合であり、用途に応じて次のように0.01～0.1の範囲に収まる。アスペクト比は、スタジオでのマスタリングやミキシングやモニタリングでは0.01～0.03であり、ハイファイやホームシアター用では0.03～0.05、プロ用オーディオや場内放送用では0.05～0.1である。フロントホーンへの圧力波のフィードバックがフィードバックダクトの長さの影響を受ける場合スピーカードライバーの前と後とを例えば90°未満の最適な位相で結合させる位相判別フィードバックをフィードバックダクトは可能にしている。最後にこのシステムは、位相の再結合が最適になるように環状共振器とフロントホーンとの間のインターフェースを提供する。

【0016】

本発明は、広帯域幅低音トラップ吸収システムとしての驚くべき用途も有している。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】図1は、本発明の第1実施形態の断面の概要を示す側面図である。

【図2】図2は、本発明の第1の実施形態の断面の概要を示す側面図である。

【図3a】図3(a)は、本発明の予測周波数応答およびインピーダンスである。

【図3b】図3(b)は、本発明の予測周波数応答およびインピーダンスである。

【図4】図4は、先行技術の低音ホーンスピーカークの概略を示す図である。

【図5a】図5(a)は、先行技術の低音ホーンスピーカークの予測周波数応答およびインピーダンスである。

【図5b】図5(b)は、先行技術の低音ホーンスピーカークの予測周波数応答およびインピーダンスである。

10

20

30

40

50

【図6】図6は、先行技術のタップドホーンスピーカーの形状を概略的に示す断面図である。

【図7a】図7(a)は、先行技術のタップドホーンスピーカーの予測周波数応答およびインピーダンスである。

【図7b】図7(b)は、先行技術のタップドホーンスピーカーの予測周波数応答およびインピーダンスである。

【図8a】図8(a)は、環状共振器およびフィードバックダクトを備え中央に口のある低音ホーンを具備した本発明の第2実施形態の形状を概略的に示す断面図である。

【図8b】図8(b)は、環状共振器およびフィードバックダクトを備えた環状低音ホーンを具備する本発明の第3実施形態の形状を概略的に示す断面図である。

【図8c】図8(c)は、環状共振器およびフィードバックダクトを備えパスが切り替え可能なフロントホーンを具備した本発明の第4実施形態の形状を概略的に示す断面図である。

【図8d】図8(d)は、環状共振器およびフィードバックダクトを備えた細長い低音ホーンを具備する本発明の第5実施形態の形状を概略的に示す断面図である。

【図8e】図8(e)は、環状共振器およびフィードバックダクトを備えた共同軸のホーンを具備した本発明の第6実施形態の形状を概略的に示す断面図である。

【図8f】図8(f)は、メビウスの2分の1ねじれを利用している環状共振器およびフィードバックダクトを備えたホーンを具備する本発明の第7実施形態の形状を概略的に示す断面図である。

【図9】図9は、周波数の関数としてのSPLのモデルと実測値との比較を示すグラフである。

【図10】図10は、本発明の電気インピーダンスの実測値と位相性能を示すプロットである。

【図11a】図11(a)は、本発明の例であるインフラソニックサブウーファースの予測周波数応答のプロットである。

【図11b】図11(b)は、本発明の例であるインフラソニックサブウーファースの予測インピーダンスのプロットである。

【図12a】図12(a)は、本発明の例である広帯域幅サブウーファースの予測周波数応答のプロットである。

【図12b】図12(b)は、本発明の例である広帯域幅サブウーファースの予測インピーダンスのプロットである。

【図13】図13は、1メートルで測定した周波数応答および歪みのプロットである。

【図14】図14は、50Hzの正弦波信号が入力されて得られる出力レベルが100dB(C)のSPL(1メートル)であるときに測定された高調波歪みおよび高調波のプロットである。

【図15】図15は、図1に示されるような本発明の好ましい実施形態に対するフィードバックダクトの予測周波数応答とアスペクト比とのプロットである。ここで、フィードバックダクトのアスペクト比は0.015、0.029、0.044、0.058である。

【発明を実施するための形態】

【0018】

本発明の技術に基づくシステムが図1に示されている。このシステムは、ドライバー50が設置された折曲型低域用のフロントホーンを有している。これらドライバーはシステムに圧力を与え、そして前方の圧縮室20(スピーカードライバーの前すなわちスピーカードライバーの大きな口から外に向かって放出される音波の前に位置する室)と後方の圧縮室21(ドライバーの大きな口から外に向かって放出される音波が滞る室)とを分けている。ただし、環状共振ダクト30が追加され、その二つの開口または通路31および32を介して、またフロントホーンと長さがほぼ同じであるが(プラスマイナス10%、好ましくは5%)、断面積はフロントホーン10よりも小さくて一定であり、後方の圧縮室21に直接または音波的に繋がっている長尺フィードバックダクト30、そして環状共振

10

20

30

40

50

部 30 の一端付近のその開口 42 と開口 12 付近のフロントホーン 41 との間に設けられたフィードバックダクト 40 により、折曲型フロントホーンは改変されている。ここで用いられている様々な室やダクトや空洞の繋がり、それぞれの領域でそれぞれが開け放たれていることにより空間の連なりが形成されて音が伝達されることを意味するか、隔膜や障壁の存在により音が様々な空間内を伝わるうちに減衰したり消えたりすることを意味する。この実施形態では、環状共振器 30 およびフィードバックダクト 40 はどちらも折れ曲がっていて占有体積を小さくしながらも長さを稼いでいる。この構成によりスピーカシステムは小さくて済む。図に示されているように、ここで用いている用語「折れ曲がる」や「折り曲げる」は環状共振器 30 を形成する室や空間や空洞が 45° 以上の角度、好ましくは 90° から 180° の角度で折れ曲がって迷路のように蛇行しているパスを形成していることを意味する。

10

【0019】

図 2 は、本発明の好ましい実施形態のシステムの縦断面図であり、このシステムの構成とこのシステムを構成する主要な要素とを概略的に示している。ドライバー 50 は圧力で音響振動板 51 を振動させる。音響振動板 51 はしなやかであり、ドライバーから加えられる圧力に応じて振動して音波を発生する。このシステムは、ドライバー 50 を境にして前方の圧縮室 20 と後方の圧縮室 21 とに分けることができる。後方の圧縮室 21 は環状共振ダクト 30 に繋がっている。すなわち、環状共振ダクト 30 はフィードバックダクト 40 を介して開口 41 と 42 においてフロントホーン 10 に繋がっている。すなわち、開口 41 と 42 はそれぞれ開口部付近のフロントホーン 10 と開口 31 の一つ近くにある環状共振ダクト 30 に位置している。以上に概要を説明したどちらの実施形態のスピーカも音響特性を向上させたりデザインの審美性を向上させたりするために筐体に収容される。

20

【0020】

ここでは「ホーン」には拡大する形状が含まれると解釈することにする。すなわち、スピーカの振動板と大気との間の音響インピーダンスを音声周波数の全帯域に亘って整合させることができるように拡大する形状をホーンは有している。ところで、図 1 に示されているように平板状の部品を用いて本発明を実施することができるので、大工仕事のような従来の木工技術で容易に本発明を実施することができる。

30

【0021】

図 2 に示すように、作動において、アンプ（図示せず）からの電気信号によりボイスコイルが励起されて振動板 51 が振動する。すると、前方の圧縮室 20 に音波が発生する。発生した音波は開口 11 を通ってフロントホーン 10 に伝播され開口 12 から外部空間に放出される。この時、振動板 51 の裏面 52 により後方の圧縮室 21（振動板 51 の裏側にある空隙）にも圧力波が生じる。この圧力波は開口 31 および 32 を通って環状共振ダクト 30 の中を進む。後方の圧縮室 21 と環状共振ダクト 30 は一続きの環状路を形成しているので、音波は両方向に進行するが、環状路は環状共振部 30 の入り口 31 に向かって位置するフィードバックダクト開口 42 により非対称となっており、条件によっては一方方向にのみ進む。この非対称性は、図 1 にあるように、音がどちらの入り口を通して進行するかに関わらず、段部 33 を形成して開口 31 の後方の圧縮室 21 の壁からの距離を埋め合わせることも達成することができる。図 1 に示した実施形態では、開口 32 は後方の圧縮室 21 の壁と段差なく形成されている。以下では、ある特定の作動原理と作動様式に起因して本発明の優れた性能が得られるものと仮定して説明をしているが、ここに示す作動原理や作動様式の間違いであることが後々に判明するかも知れない。仮にそのようなことが起こったとしても、ここに示したスピーカの構成や形状が独特であり新規であることに変わりはなく、本発明が依然として有効であることを断っておく。環状共振ダクト 30 と後方の圧縮室 21 とにより形成される音響環状回路の中を進む進行波は振動板 51 の裏面 52 により引き起こされる圧力波から生じる音響出力を有している。この進行波の音響出力は、フィードバックダクト 40 を介して環状共振ダクト 30 から取り出される。ここで、環状共振ダクト 30 からのエネルギー減損率を制御するために圧力損失が抑

40

50

制される。フィードバックダクト40の中を流れる圧力が圧力損失の抑制し、長さが有限であるということが重要である。何故なら、フロントホーン10と環状共振ダクト30と後方の圧縮室21とがフィードバックダクト40により相互に連結されてそれらの間を伝わるエネルギーの力と位相とがフィードバックダクト40の中を流れる圧力により制御されて有効帯域幅が低域高域の両方向に広がるだけでなく、フロントホーン10の口12から後方の圧縮室21に向かって反射される音波に起因するインピーダンスの不整合による強めあう干渉が原因で従来の設計では存在していたピークや変動が滑らかになるからである。フィードバックダクト40の太さ、すなわち、フィードバックダクト40の幅または断面積により環状共振器30とフロントホーン10との間のエネルギーの結合率を制御することができ、フィードバックダクト40の長さにより環状共振器30とフロントホーン10との間のエネルギーの位相関係を制御することができる。結合力と位相とを適切に制御することにより最初に位相が180°ずれていた後方の圧縮室21の中の音響エネルギーで音響出力を効率よく適切に増幅することができるだけでなくフロントホーン10の帯域幅を低域高域の両方向に広げることができ、しかも従来の設計では通常存在していたリップルやピークを滑らかにすることができる。

【0022】

本発明の好ましい実施形態が図1に示されているが、別の態様でも同じ流れを生み出すことができれば同様の効果が得られる。別の実施形態の構成を以下に幾つか示すが、以下に示す構成がすべてではなく、ホーンスピーカーの設計に携わっている当業者であれば容易に達成することのできる簡単な修正が施されている設計を含めてここには示されていない多くの設計も本発明の趣旨に沿っていたり、本発明の範囲に含まれていたりする限り、本発明に属することを断っておく。図8(a)~図8(e)に幾つかの別の実施形態を示す。図8(a)に示す実施形態では、ドライバー50が前方の圧縮室20と後方の圧縮室21とを、前方の圧縮室20はホーン口12に続くフロントホーン10に繋がっている。一方、環状共振ダクト30がフィードバックダクト40のフロントホーン41側と環状共振ダクト42側に位置する二つの開口部の間に、フィードバックダクト40で連結されている。図8(b)に示す実施形態では、ドライバー50がフロントホーン10の前方の圧縮室20と連通している。前方圧縮室20は環状共振ダクト30の外周に外接し、環状共振ダクト30とフィードバックダクト40は円形をしているホーンの内側を占めている。また、フィードバックダクト40はダクト開口41と42を形成し、ホーン口12の付近に接合されている。図8(c)に示す実施形態は、回転すると、本願システムが環状共振器ダクトのフィードバックから低域ホーンのフィードバック(あるいはタップドホーンの減衰したフィードバック)を切り替える新規な蝶型弁80を有している。図8(d)に示す実施形態では、アスペクト比の高いエンクロージャーが好まれる用途に適している細長いスピーカーキャビネット用にパスが主に一方向に並走している。図8(e)に示す実施形態では、フロントホーン10が短い導波管のように振動板51および裏面52、及びホーン10は図面から逸脱する方向に位置する環状共振器30と同軸に配置されている。また、ホーン10は数か所で環状共振器30とフロントホーン10を繋ぐ複数のフィードバックダクト40を有する。図8(f)に示す実施形態は、図8(b)に示す実施形態と同じように円形であるが、フロントホーン10と環状共振ダクト30とがねじれ部60でメビウスの帯のように(パスの軸に沿って180度の角度で)互いに交差しているので、環状共振ダクト30は分割壁70の外周と内面に形成することができる。

【0023】

本発明のさらに別の観点の下ではスピーカードライバーを吸収性音響緩衝装置に置き換えて広帯域音響トラップ(一般に「低域トラップ」と言われている)を作り出すことができる。ヘルムホルツ共鳴器および低域トラップは一般に巨大であるが、本発明を適用すれば小型にすることができるだけでなく、スピーカードライバーの端子に抵抗器を取り付けるだけで低域トラップを実現することができ、スピーカーの代わりに重いゴムを取り付けるだけで広帯域音響減衰エンクロージャーを実現することができる。

【0024】

10

20

30

40

50

根拠となる理論

環状共振ダクト、フィードバックダクト、後方の圧縮室、フロントホーンのそれぞれの配置や寸法や容積を最適化するために物理学に基づく複雑なコンピューターモデルを開発して利用した。数式化した集中素子次元音響モデルを用いて市販のパッケージソフトによりこのモデルを実現した。ソフトウェアによるシミュレーションを利用してコンピューター上で設計を行い、最終的なシステムを計算機援用設計(CAD)で作成してプロトタイプを製作した。図3 aは、全長1.8メートルのホーンを有する25インチクラスのウーファードライバーを用いた好ましい実施形態の周波数応答を音圧レベル(dB)対周波数(Hz)で示すグラフである。図3 bは、同じスピーカーシステムの対応する予測電気インピーダンスを示すグラフである。図3 bも、これに続く本発明の電気インピーダンスを示すどの図もインピーダンスのピークを少なくとも五つ有している。これに対して従来の技術に基づく構成では、フロントホーン、タップドホーン、バスレフの何れであってもインピーダンスのピークは五つ未満である。したがって、電気インピーダンスのピークが少なくとも5つあることは本発明に基づく技術的構成であることを示す特徴である。

【0025】

次に示すスピーカーシステムの構成は、図3 aおよび図3 bに示されているデータを生み出した本発明のモデルを僅かに修正して得られる従来技術に基づく構成である。すなわち、ドライバーが設けられている室の容積やホーンの長さやホーンの口の面積を変えずに開口やダクトを閉じたり開口やダクトの位置を変えたりして図2に示されているパスを変更したものである。このような修正を施して得られる構成は図4および図6に示す。本発明に基づくスピーカーシステムの構成と従来技術に基づくスピーカーシステムの構成との違いを明らかにするために次のシミュレーションを行った。図4に示す典型的な従来技術の構成は、フロントホーン10、ドライバー50、このドライバー50が有している振動板の前面51および裏面52、ドライバー50により分割されている前方のドライバー室20および後方のドライバー室21から成っている。前方のドライバー室20は開口(くびれ)11を介してフロントホーン10に繋がっている。後方のドライバー室21は(振動板により)音響的にフロントホーン10から隔離されている。図4に示されている典型的なフロントホーンは、適切な音響インピーダンスを負荷としてドライバーの振動板の動きに与えて小さな動きで大きな音圧レベルがホーンの口12で生じるように設計上最適化されている。ドライバーの性能パラメーター(いわゆるシール=スモールパラメーター)としての室の容積、室の長さ、室の断面積、ホーンの全長に亘る容積の変化率(すなわち、ホーンの拡大率)を含めてパスの形状を最適化することにより図5に示す音圧レベル対周波数のプロットが得られる。図5では、基本共振周波数が四分の一波長に設定されているので低域ホーンの低域周波数の延長は主にホーンの長さにより決まる。図5に示されている低域ホーンの挙動は能率が優れていることを示しているが、周波数の高い領域ではホーンの共振と変調ピークの影響をしばしば受けていることを示している。すなわち、前方に進む波と反射してドライバーに戻ってくる波とが結合して一続きのピークの後に大きな下落が生じている。低域ホーンの帯域幅は最大で4~6オクターブ(40~500Hz)と広いが、低域ホーンの共振特性による大きな変動(振動?)が障害となっている。これに対して本発明は、低域から始まって数オクターブに至るまでリップルもなくホーンによる効果を実現している。

【0026】

図6に示されているのは、先行技術によるいわゆるタップドホーンの典型的な構成である。ドライバー50は、振動板の前面51と後面52とを有していて、このシステムを前方の室20と後方の室とに分割している。但し、ここではフロントホーン10の口12の辺りが本質的に後方の室になる。この構成では、振動板の前面51により生成される音圧と振動板の後面52により生成される音圧とがフロントホーン10の口12の近くで直接に結合する。タップドホーンでは(ドライバーの懸架剛性により圧力差が調整されて)ドライバーのシール=スモールパラメーターが自動的に変化して前方の音波と後方の音波との間で音響インピーダンスや位相が整合するので従来の低域ホーンよりも短いホーンでも

10

20

30

40

50

高能率で低域のより深い拡張が実現される。図7にタップドホーンの典型的な周波数応答を音圧レベル対周波数のプロットを示す。タップドホーンの典型的な挙動は、同じ長さの低域ホーンよりも音響効率に優れていて低域をより低い方向に拡張していることを示しているが、シール=スモールパラメーターにより決まるドライバーの懸架電磁特性内で前方の波と後方の波とが建設的に干渉し合う周波数範囲に亘ってタップドホーンの音響利得帯域幅が生じると言う必要条件により周波数帯域幅が減少してしまっていることを示している。これは、「帯域通過(バンドパス)」整合効果としても知られていて、ドライバーのコーンの動きにより生じる圧力がドライバーのコーンにフィードバックされる構成のスピーカーシステムでは必ず起きる事象である。帯域通過効果の別の例として四次反射や六次反射のリフレックスウーファーエンクロージャーを挙げることができる。タップドホーンの典型的な帯域幅は、大きなピークからそれに続いて生じる急激な沈降までの4オクターブ(例えば、40Hz~200Hz)であり、この急激な沈降は前に進む波と後ろに進む波とが互いに打ち消し合う点を示している。

【0027】

図9に4台の5インチクラスのウーファードライバーと、1.8メートル長の普通のフロントホーンと、1.8メートル長の環状共振器と、0.43メートル長、厚さが12ミリメートル、幅が0.36メートルのフィードバックダクトとを有する図1に概略を示した実施形態の予測周波数応答と実測周波数応答を示す。予測音圧レベルと実測音圧レベルとを比べると周波数応答の山と谷の位置が非常に類似している。これは、このモデルが忠実であることを表している。したがって、これから行われるシミュレーションでも本発明には拡張能力があることが示されるものと予期される。図10は、図1に示した実施形態の電気インピーダンスと位相の実測値と図9に示した応答の実測値である。インピーダンスの山が五つあることとそれぞれの山の高さが図3bに示されているモデルのインピーダンスの山の高さと位置に非常によく整合している。インピーダンスの山の高さは音響整合の「目印」として用いることができる。

【0028】

図11aは、本発明の形状を用いたインフラソニックサブウーファーの一例の予測周波数応答を示す。-3dBポイントで低音拡張はおおよそ約14Hzである(人間の可聴範囲をかなり下回っていて、音を耳で聞くのではなく、むしろ音を振動として体で感じるいわゆる超低音の領域であり、ホームシアターの用途に有益である)。注目すべきは高い能率(おおよそ94dB)と谷のない応答とが14Hz~150Hzまで続いていることである。60Hzから120Hzに掛けて現れる山々は殆どのホームシアター用レシーバーが備えているデジタル信号処理(DSP)を用い均等化することにより滑らかにすることができる。谷を増幅するのではなくて山を減少させるので歪みを導入することもない。図11bは、インピーダンスが多く一般的な電力増幅器の正常範囲にあることを示す上記インフラソニックサブウーファーの対応する予測電気インピーダンスを示す。

【0029】

図12aは、15インチのドライバーと3メートルのメインフロントホーンとを用いた超広帯域幅サブウーファーに適用した本発明の予測周波数応答を示すグラフである。図12aのデータはこのスピーカーを最大入力電力で駆動した場合に算出される(コーンの動きは制限されている)。帯域幅は23Hz~1500Hzに亘っており、7+オクターブに及ぶ非常に広い範囲の帯域幅を達成している。125dBより高いピークはDSPの等化処理により歪みを生じさせることもなくこれを減少させて平らな応答にすることができる。これにより、近インフラソニックサブウーファーと中域用サブウーファーの両者としてこのスピーカーを利用することができる。したがって、1500Hzより上で作動するツイーターを加えれば全音域をカバーすることができる。

【0030】

図13にホームシアターやハイファイオーディオに用いられることを想定して本発明のスピーカーを屋内の隅に設置して、ほぼ100dB(C)の音圧レベルを生み出すように設定したアンプを用いて1メートルで測定した周波数応答と歪みとのプロットを示す。測

10

20

30

40

50

定された高調波歪みは、200 Hzでは約-55 dBであり、50 Hzでは多少上昇して約-50 dBである。100 dB近くではサブウーファーとして性能的に優れた数値を示している。図14は、50 Hzの正弦波信号を入力して1メートルで得られる音圧レベルが100 dB (C)である音圧レベルを基準として測定した高調波歪みの実時間解析結果のプロットである。このプロットは、総合高調波歪みが50 Hzで僅かに0.356%であるに過ぎないことを示している。第2第3高調波の最大高調波歪み成分は約55 dBだけ基本周波数より低い。一連のデータは、高調波歪みを非常に低く抑える能力を本発明が有していることを示している。すなわち、歪みの少ないハイファイ出力が可能になるので本発明は多くの用途に適していることが一連のデータから明らかである。

【0031】

図15は、図1に示すスピーカーの好ましい実施形態のフィードバックダクトのAspect比の予測周波数応答に対する影響をグラフ化して示す図である。Aspect比は、長さ437 mmのフィードバックダクトの内径を6.37 mmから25.4 mmまで変えて変更される。この結果、マスタリングやミキシングのためにスタジオで用いられるモニタの用途やプロ用オーディオの用途に対応して0.015~0.058のAspect比が得られた。図15から、Aspect比が大きいと低域がより深くまで拡張されるが、応答の平坦さが犠牲になり、低音が急激に減衰することが分かる。バスレフの場合は(長さを一定に維持した状態で)Aspect比を大きくすると低域が広がらなくなってしまう筈であるにも拘らず本発明を適用すれば低域のさらなる拡張が可能になる。フィードバックダクトをモジュール化して径と長さが異なる様々なフィードバックダクトを予め準備しておけば意図している用途に適したスピーカーシステムを素早く構成することができるようになる。あるいは、径や長さを自在に調節できるようなフィードバックダクトにすれば最適なスピーカーシステムを設置場所で直ちに構成することができる。所望のAspect比にするための調節機構はねじやカムや傾斜や歯車などを用いて機械的に構成することができる。このようなシステムであれば、設置現場で設置中にAspect比を調節することができるので、意図した用途や周囲の環境、その他に応じてスピーカーシステムを適切に調整することが可能になる。

10

20

【図 1】

図 1

実施した本発明の構成図

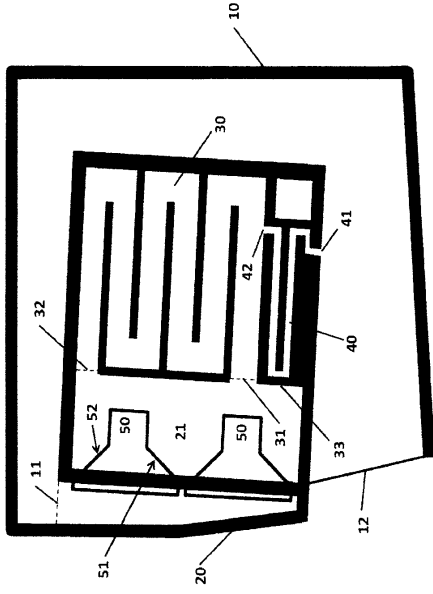


Figure 1

【図 2】

図 2

本発明の形状の構成図

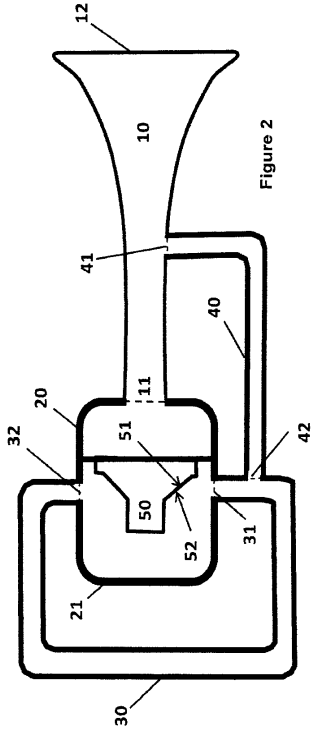


Figure 2

【図 3 a】

図 3a

本発明の予測周波数特性とインピーダンス

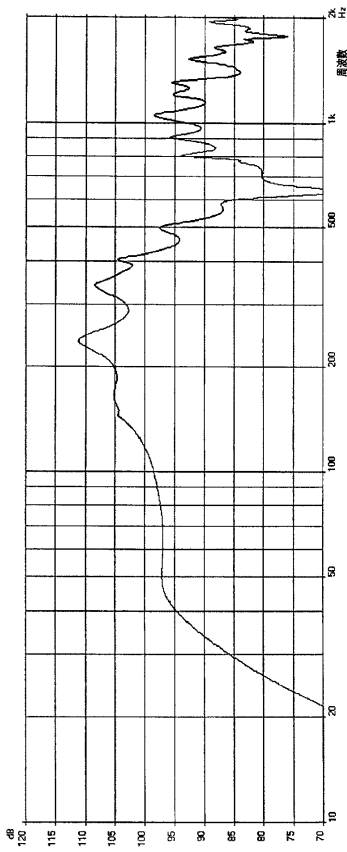


Figure 3a

【図 3 b】

図 3b

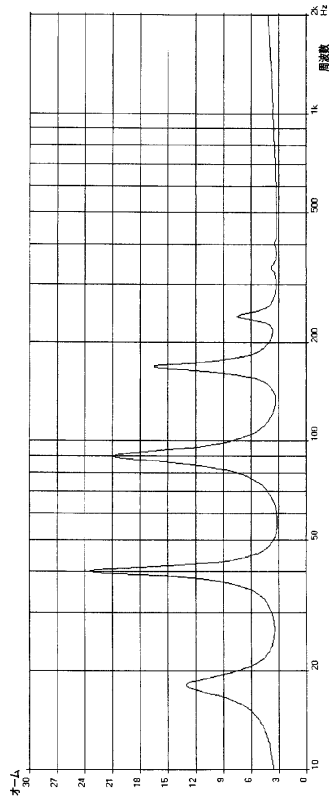


Figure 3b

【 図 4 】

図 4

先行技術の低音ホーンの形状の概略図

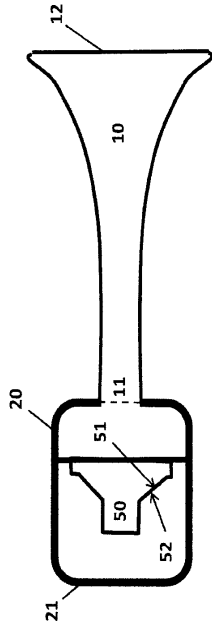


Figure 4

【 図 5 a 】

図 5a

低音ホーンの手測周波数特性ヒューダンス

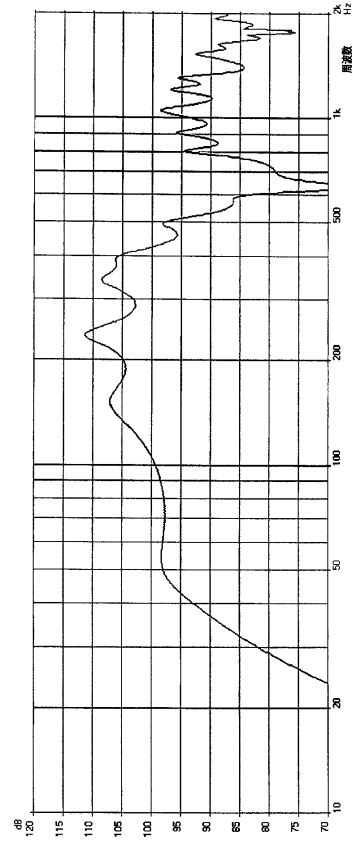


Figure 5a

【 図 5 b 】

図 5b

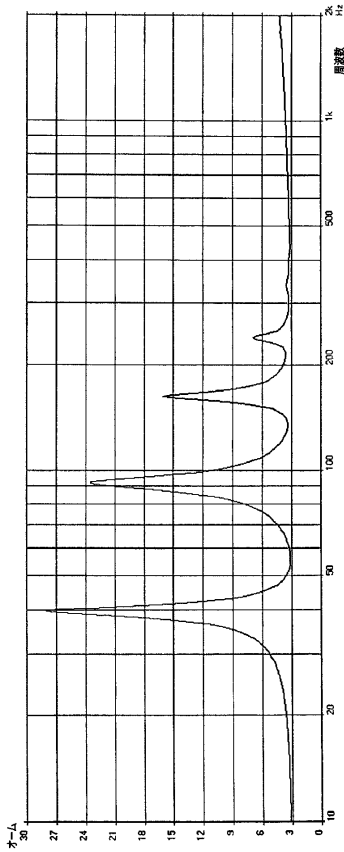


Figure 5b

【 図 6 】

図 6

先行技術のタップドホーンの形状の概略図

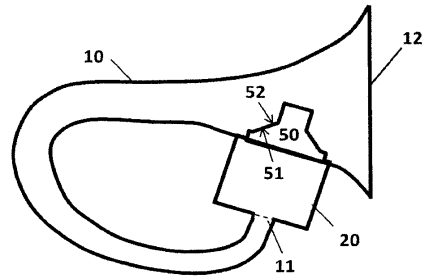


Figure 6

【図7a】

図7a

タップドホーンの予測周波数特性とインピーダンス

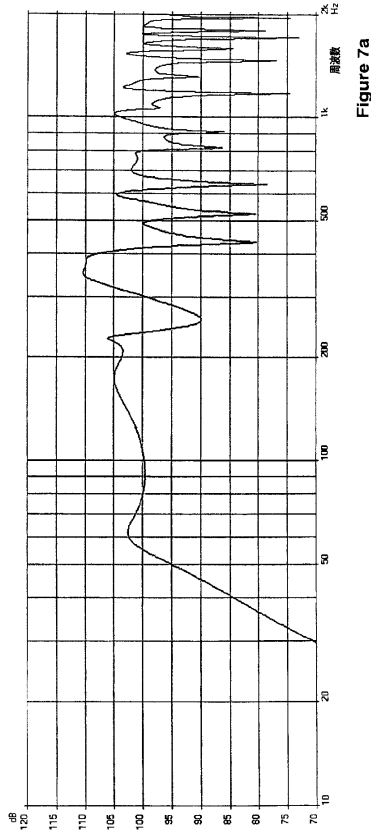


Figure 7a

【図7b】

図7b

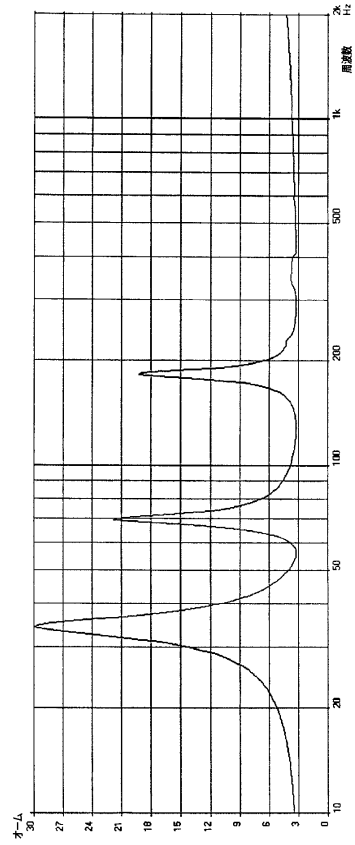


Figure 7b

【図8a】

図8a

環状共振器とフィードバックダクトとを有して中央に口のある低音ホーンの概略図

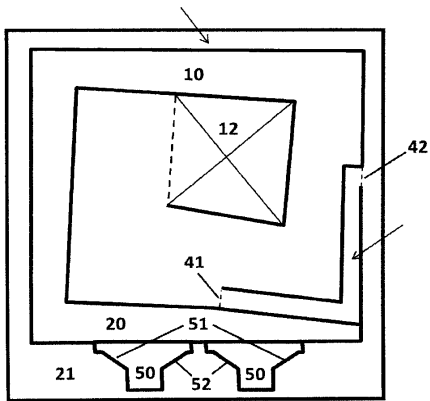


Figure 8 (a)

【図8b】

図8b

環状共振器とフィードバックダクトとを有している環状低音ホーンの概略図

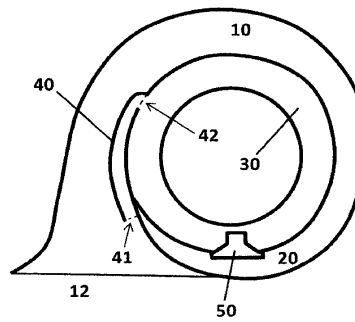


Figure 8 (b)

【 図 8 c 】

図 8c

環状共振器とフィードバックダクトとを有して
バスが切り替え可能な低音ホーンの概略図

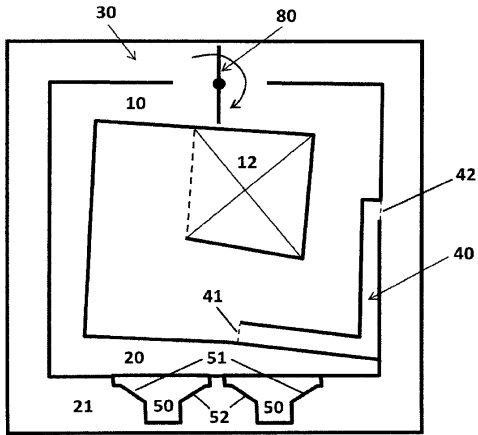


Figure 8 (c)

【 図 8 d 】

図 8d

環状共振器とフィードバックダクトとを有している細長い低音ホーンの概略図

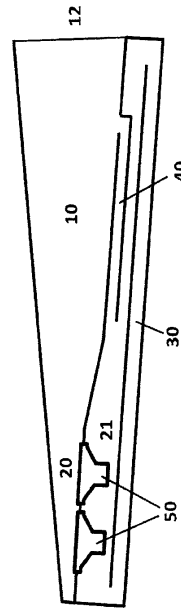


Figure 8 (d)

【 図 8 e 】

図 8e

環状共振器とフィードバックダクトとを有している同軸ホーンの概略図

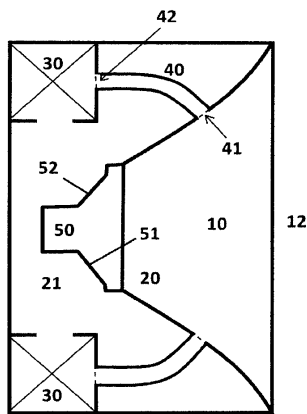


Figure 8 (e)

【 図 8 f 】

図 8f

環状共振器とフィードバックダクトとを有しているメビウス低音ホーンの概略図

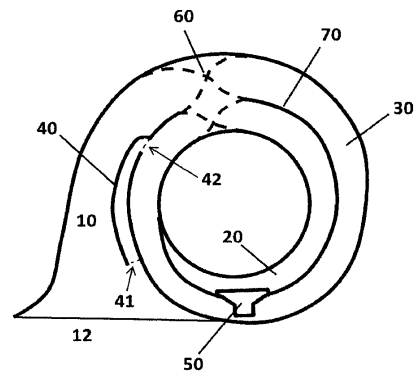


Figure 8 (f)

【 図 9 】

図 9

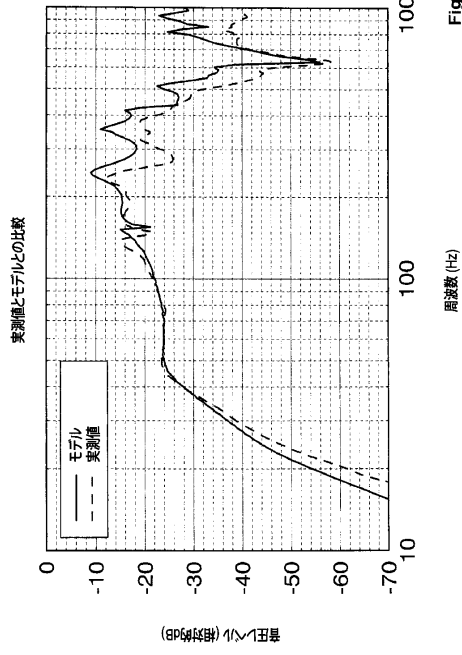


Figure 9

【 図 10 】

図 10

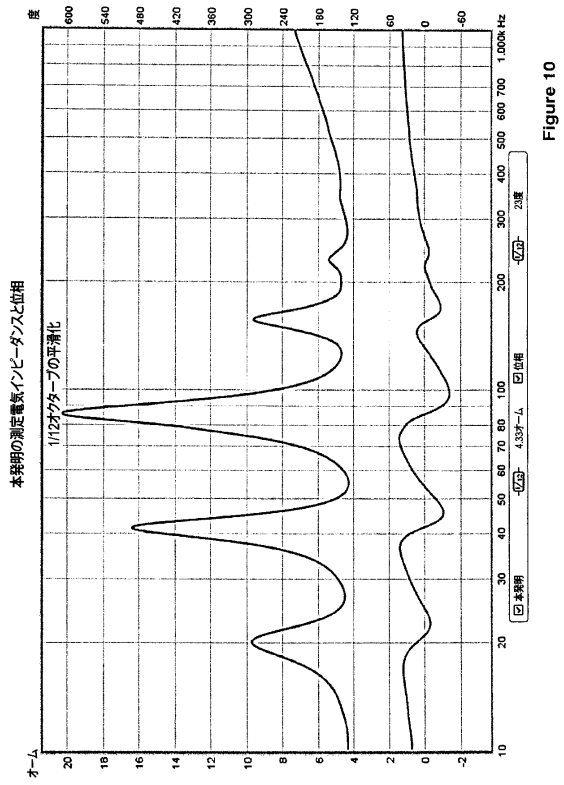


Figure 10

【 図 11 a 】

図 11a

インフレーションカプラーの例における予測周波数応答とインピーダンス

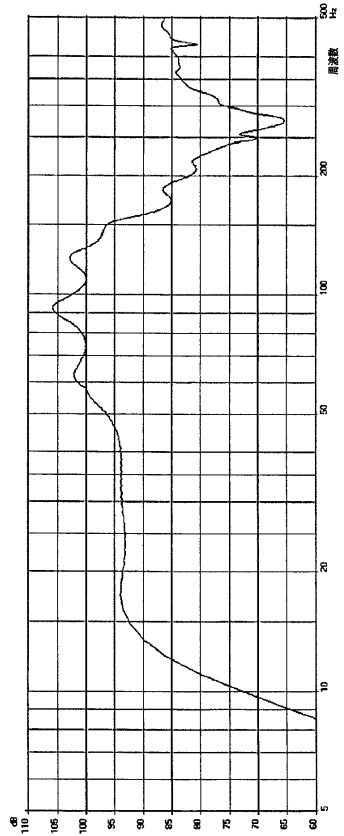


Figure 11a

【 図 11 b 】

図 11b

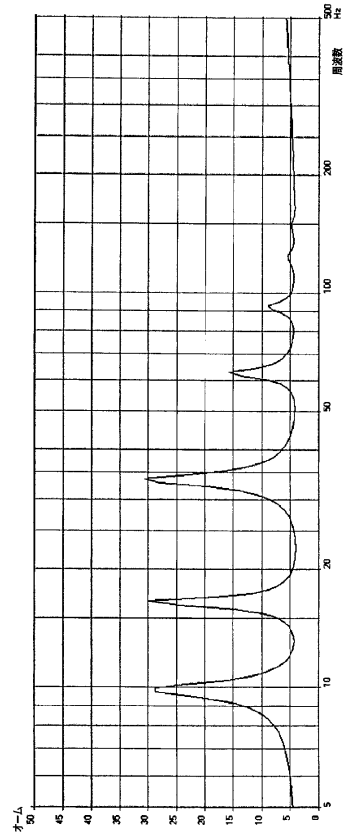


Figure 11b

【 12 a 】

図 12a

広帯域雑音サブウェーブの例における予測周波数応答

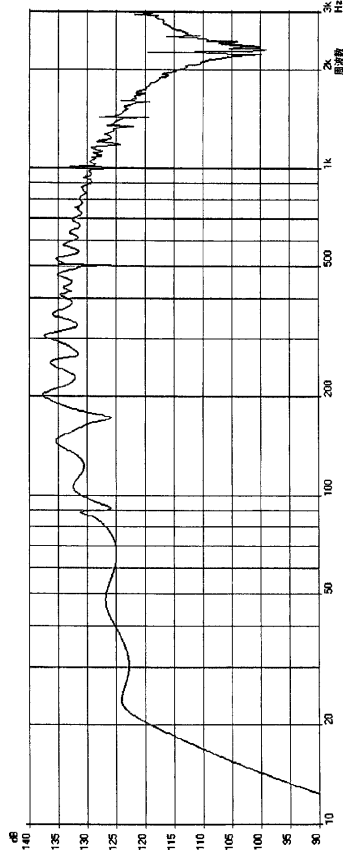


Figure 12a

【 12 b 】

図 12b

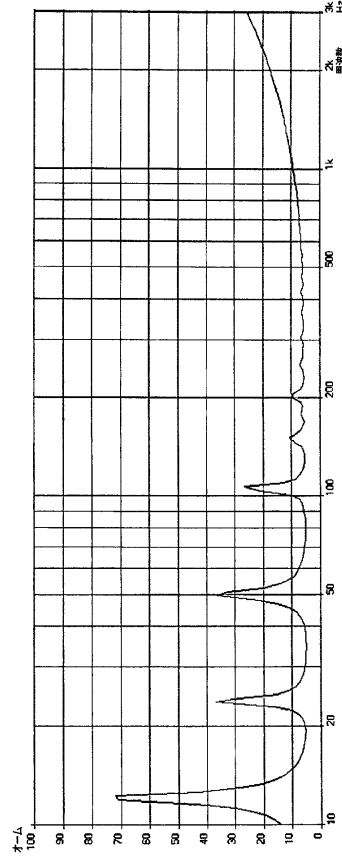


Figure 12b

【 13 】

図 13

1メートルでの測定周波数応答と歪み

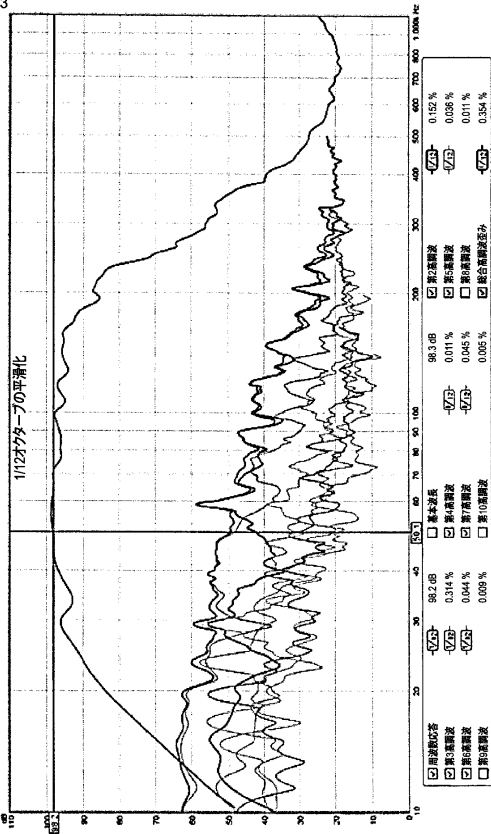


Figure 13

【 14 】

図 14

50Hzの正弦波信号で100dBの音圧レベル(1メートル)における測定周波数歪み

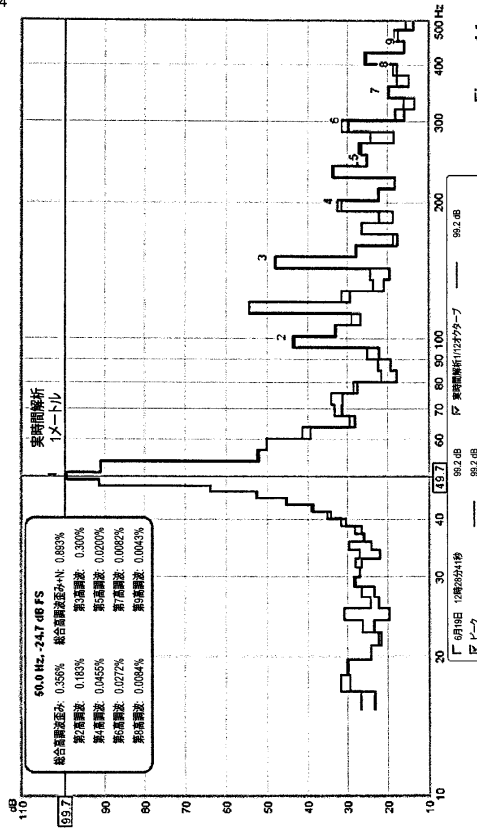


Figure 14

フロントページの続き

- (72)発明者 ビセット、アンソニー・アレン
アメリカ合衆国、カリフォルニア州 94608、オークランド、ナンバー6、リンデン・ストリート 4009
- (72)発明者 ニュエン、クワン・ビエット
アメリカ合衆国、バージニア州 20105、アルディ、ジブサム・ウェイ 24790

審査官 須藤 竜也

- (56)参考文献 米国特許出願公開第2009/0087008(US, A1)
特開平11-220789(JP, A)
特開平02-220599(JP, A)
特開平04-235500(JP, A)
実開平04-112588(JP, U)
米国特許第03047090(US, A)
特許第135927(JP, C2)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H04R 1/02
H04R 1/30