

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6488481号
(P6488481)

(45) 発行日 平成31年3月27日(2019.3.27)

(24) 登録日 平成31年3月8日(2019.3.8)

(51) Int.Cl. F 1
H 0 4 R 1/10 (2006.01)
H 0 4 R 1/10 1 0 4 B
H 0 4 R 1/10 1 0 4 Z

請求項の数 15 (全 34 頁)

(21) 出願番号	特願2015-531744 (P2015-531744)	(73) 特許権者	000002185
(86) (22) 出願日	平成26年7月2日(2014.7.2)		ソニー株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2014/067668		東京都港区港南1丁目7番1号
(87) 国際公開番号	W02015/022817	(74) 代理人	100120499
(87) 国際公開日	平成27年2月19日(2015.2.19)		弁理士 平山 淳
審査請求日	平成29年6月19日(2017.6.19)	(74) 代理人	100095957
(31) 優先権主張番号	特願2013-167754 (P2013-167754)		弁理士 亀谷 美明
(32) 優先日	平成25年8月12日(2013.8.12)	(72) 発明者	大里 祐介
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		神奈川県藤沢市辻堂新町3丁目3番1号
前置審査		(72) 発明者	鈴木 貴大
			東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社社内
		審査官	須藤 電也

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ヘッドホン及び音響特性調整方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

振動板を有するドライバユニットと、

前記ドライバユニットを収容し、前記ドライバユニットの前記振動板が設けられる前面側に、音声出力用の開口部以外が外部と空間的に遮断された密閉型の前面空気室を形成するハウジングと、

前記ドライバユニットのフレームに設けられる第1の通気孔に一端が直結され、前記フレームと前記振動板との間に形成されるドライバユニット背面空気室と前記ドライバユニットの外部とを管を介して空間的に接続する音響管と、

を備え、

ヘッドホンの音響等価回路において、前記ドライバユニット背面空気室の容量成分に対応する音響容量と、前記音響管のインダクタンス成分に対応する音響インダクタンスと、によって、所定の共振周波数において反共振を生じさせる並列共振回路が形成され、

前記共振周波数は、前記音響インダクタンスの値及び前記音響容量の値に少なくとも基づいて決定され、

前記音響インダクタンスの値は、前記音響管の長さ及び内断面積に応じて決定され、

前記音響管の長さ及び内断面積は、前記共振周波数が200(Hz)～400(Hz)の間の値になるように設定され、

前記音響管において、前記長さの前記内断面積に対する比率は、76(1/mm)～1124(1/mm)である、

10

20

ヘッドホン。

【請求項 2】

前記ドライバユニットの前記フレームには、前記第 1 の通気孔とは異なる位置に、前記ドライバユニット背面空気室と前記ドライバユニットの外部とを空間的に接続する第 2 の通気孔が設けられ、

前記第 2 の通気孔には、前記音響等価回路において抵抗として振る舞う通気抵抗体が設けられ、

所定の周波数帯域における前記ヘッドホンの音圧感度は、前記音響等価回路における前記通気抵抗体の抵抗成分に対応する音響抵抗の値に少なくとも基づいて決定される、

請求項 1 に記載のヘッドホン。

10

【請求項 3】

所定の周波数帯域における前記音圧感度は、前記ドライバユニット背面空気室の容量成分に対応する前記音響容量の値と、前記音響等価回路における前記音響管のインダクタンス成分に対応する前記音響インダクタンスの値と、前記音響抵抗の値と、に少なくとも基づいて決定される、

請求項 2 に記載のヘッドホン。

【請求項 4】

前記音響管は、可とう性を有する材料によって形成される管状の部材を含む、

請求項 1 に記載のヘッドホン。

【請求項 5】

20

前記ドライバユニットの前記フレームは円板形状を有し、

前記管状の部材は、前記円板形状の円周方向に沿って配設される、

請求項 4 に記載のヘッドホン。

【請求項 6】

前記音響管は、一面に長手方向に向かって溝が形成された棒状の部材が、当該溝が形成された面が前記ドライバユニットの前記フレームの前記前面側とは逆側の背面側の一面に密着するとともに、当該溝の少なくとも一部位が前記第 1 の通気孔と接するように配設されることによって形成される、

請求項 1 に記載のヘッドホン。

【請求項 7】

30

前記ドライバユニットの前記フレームは円板形状を有し、

前記棒状の部材は、前記円板形状の円周以下の曲率を有するように円弧状に湾曲され、前記円板形状の円周方向に沿って配設される、

請求項 6 に記載のヘッドホン。

【請求項 8】

前記ドライバユニットはダイナミックドライバユニットである、

請求項 1 に記載のヘッドホン。

【請求項 9】

前記ハウジング内には、バランスドアーマチュアドライバユニットが更に収容される、

請求項 8 に記載のヘッドホン。

40

【請求項 10】

前記音響管は、前記ドライバユニット背面空気室と前記ハウジングの外部とを管を介して空間的に接続する、

請求項 1 に記載のヘッドホン。

【請求項 11】

前記ドライバユニットの前記前面側とは逆側の背面側には、前記ハウジングと前記ドライバユニットとによって囲まれる空間である背面空気室が形成され、

前記ハウジングには、前記背面空気室と前記ハウジングの外部とを空間的に接続する開口部が設けられ、

前記音響管の他端は、前記背面空気室内に設けられる、

50

請求項 10 に記載のヘッドホン。

【請求項 12】

前記音響管の他端は、前記ハウジングの外部に設けられる、

請求項 10 に記載のヘッドホン。

【請求項 13】

前記ハウジングの前記前面空気室を構成する領域の一部には、外部に向かって突出する管状の部位である音導管が形成され、

前記音声出力用の開口部は、前記音導管の先端部に設けられ、

前記ヘッドホンは、前記音導管の先端部分がユーザの外耳道に挿入されるカナル型イヤホンである、

10

請求項 1 に記載のヘッドホン。

【請求項 14】

前記ヘッドホンは、前記ドライバユニットを収容する前記ハウジングを 1 対備え、

1 対の前記ハウジングはアーチ状に湾曲された支持部材によって互いに連結され、

前記ヘッドホンは、前記ハウジングの前記音声出力用の開口部がユーザの耳と対向するように、前記支持部材によってユーザの頭部に装着される、オーバーヘッド型ヘッドホンである、

請求項 1 に記載のヘッドホン。

【請求項 15】

振動板を有するドライバユニットをハウジング内に収容し、前記ハウジングと前記ドライバユニットの前記振動板が設けられる前面側との間に、音声出力用の開口部以外が外部と空間的に遮断された密閉型の前面空気室を形成することと、

20

前記ドライバユニットのフレームに設けられる第 1 の通気孔に一端が直結され、前記フレームと前記振動板との間に形成されるドライバユニット背面空気室と前記ドライバユニットの外部とを管を介して空間的に接続する音響管を設けることと、

音響等価回路において、前記ドライバユニット背面空気室の容量成分に対応する音響容量と、前記音響管のインダクタンス成分に対応する音響インダクタンスと、によって、所定の共振周波数において反共振を生じさせる並列共振回路が形成されることと、

前記共振周波数が、前記音響インダクタンスの値及び前記音響容量の値に少なくとも基づいて決定されることと、

30

前記音響インダクタンスの値が、前記音響管の長さ及び内断面積に応じて決定され、前記音響管の長さ及び内断面積は、前記共振周波数が $200\text{ (Hz)} \sim 400\text{ (Hz)}$ の間の値になるように設定され、前記音響管において、前記長さの前記内断面積に対する比率は、 $76\text{ (1/mm)} \sim 1124\text{ (1/mm)}$ とされることと、

を含む、音響特性調整方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、ヘッドホン及び音響特性調整方法に関する。

【背景技術】

40

【0002】

一般的に、ヘッドホンにおいては、ハウジング内に配置されるドライバユニットが音声信号に応じて振動板を駆動することにより、空気を振動させ、音声を発生させる。ここで、ヘッドホンの音響特性はハウジング内の構造に依存することが知られている。具体的には、ハウジング内に設けられる空間の容積やハウジング内に形成される空気の通り道となり得る通気孔の大きさ等に応じて、ヘッドホンの音響特性が変化し得る。従って、ハウジング内の構造に関して多くの技術が提案されている。

【0003】

例えば、特許文献 1 には、ハウジングとドライバユニットの振動板が設けられる側である前面側との間に、音声を外部に向かって出力する開口部以外が外部と空間的に遮断され

50

た空間が形成された、密閉型のカナル型イヤホンが開示されている。また、例えば、特許文献2には、ハウジングの、ドライバユニットの振動板が設けられる側とは逆側である背面側に、ハウジングの内部と外部とを空間的に接続する管状のダクト部を設けることにより、音響特性を向上させる技術が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2007-189468号公報

【特許文献2】特開平4-227396号公報

【発明の概要】

10

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、例えば低音域の音声の出力を強調したい等、音響特性への要求はヘッドホンの用途に応じて異なる。従って、ヘッドホンに対して上記特許文献1、2に記載の技術を適用することにより、必ずしも所望の音響特性が得られるとは限らない。

【0006】

そこで、本開示では、音響特性をより向上させることが可能な、新規かつ改良されたヘッドホン及び音響特性調整方法を提案する。

【課題を解決するための手段】

【0007】

20

本開示によれば、振動板を有するドライバユニットと、前記ドライバユニットを収容し、前記ドライバユニットの前記振動板が設けられる前面側に、音声出力用の開口部以外が外部と空間的に遮断された密閉型の前面空気室を形成するハウジングと、前記ドライバユニットのフレームに設けられる第1の通気孔に一端が直結され、前記フレームと前記振動板との間に形成されるドライバユニット背面空気室と前記ドライバユニットの外部とを管を介して空間的に接続する音響管と、を備える、ヘッドホンが提供される。

【0008】

また、本開示によれば、振動板を有するドライバユニットをハウジング内に収容し、前記ハウジングと前記ドライバユニットの前記振動板が設けられる前面側との間に、音声出力用の開口部以外が外部と空間的に遮断された密閉型の前面空気室を形成することと、前記ドライバユニットのフレームに設けられる第1の通気孔に一端が直結され、前記フレームと前記振動板との間に形成されるドライバユニット背面空気室と前記ドライバユニットの外部とを管を介して空間的に接続する音響管を設けることと、を含む、音響特性調整方法が提供される。

30

【0009】

本開示によれば、ドライバユニット背面空気室とドライバユニットの外部とを管を介して空間的に接続する音響管が設けられることにより、音響等価回路において、ドライバユニット背面空気室の容積に対応する容量と、音響管における空気の流動に対するインダクタンス成分に対応するインダクタンスとによる並列共振回路が形成される。従って、当該並列共振回路における反共振を利用した音圧感度特性の調整が可能となる。音圧感度特性を調整するためのパラメータが増加するため、所望の音圧感度特性がより実現されやすく、音響特性をより向上させることが可能となる。

40

【発明の効果】

【0010】

以上説明したように本開示によれば、音響特性をより向上させることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】本開示の一実施形態に係るヘッドホンの概略構成を示す模式図である。

【図2】図1に示すヘッドホンの音響等価回路を示す図である。

【図3】本実施形態に係るヘッドホンの音圧感度特性を示すグラフ図である。

50

【図４】本開示の一実施形態に係るヘッドホンの構成を示す断面図である。

【図５】図４に示すドライバユニット及び音響管の分解斜視図である。

【図６】反共振の共振周波数 f_h と、音響管の長さ L 、音響管の内断面積 S 及びドライバユニット背面空気室の容積 V との関係を示すグラフ図である。

【図７】反共振の共振周波数 f_h と、音響管の長さ L 、音響管の内断面積 S 及びドライバユニット背面空気室の容積 V との関係を示すグラフ図である。

【図８Ａ】本開示の一実施形態の変形例に係るヘッドホンの構成を示す外観図である。

【図８Ｂ】本開示の一実施形態の変形例に係るヘッドホンの構成を示す外観図である。

【図８Ｃ】本開示の一実施形態の変形例に係るヘッドホンの構成を示す外観図である。

【図８Ｄ】本開示の一実施形態の変形例に係るヘッドホンの構成を示す外観図である。

10

【図９Ａ】図８Ａに示すヘッドホンにおいて、ハウジングの一部を仮想的に透明に図示し、ハウジング内の構成部材の様子を示す図である。

【図９Ｂ】図８Ｂに示すヘッドホンにおいて、ハウジングの一部を仮想的に透明に図示し、ハウジング内の構成部材の様子を示す図である。

【図９Ｃ】図８Ｃに示すヘッドホンにおいて、ハウジングの一部を仮想的に透明に図示し、ハウジング内の構成部材の様子を示す図である。

【図１０Ａ】図８Ａに示すヘッドホンの断面図である。

【図１０Ｂ】図８Ａに示すヘッドホンの断面図である。

【図１１】本変形例に係る音響管の構造について説明するための説明図である。

【図１２Ａ】本変形例に係るヘッドホンがユーザに装着された様子を示す概略図である。

20

【図１２Ｂ】本変形例に係るヘッドホンがユーザに装着された様子を示す概略図である。

【発明を実施するための形態】

【００１２】

以下に添付図面を参照しながら、本開示の好適な実施の形態について詳細に説明する。なお、本明細書及び図面において、実質的に同一の機能構成を有する構成要素については、同一の符号を付することにより重複説明を省略する。

【００１３】

なお、説明は以下の順序で行うものとする。

- １．本開示の一実施形態の概要
- ２．ヘッドホンの構成
- ３．音響特性調整方法
- ４．変形例
- ５．補足

30

【００１４】

< １．本開示の一実施形態の概要 >

図１～図３を参照して、本開示の一実施形態の概要について説明する。まず、図１を参照して、本実施形態に係るヘッドホンの概略構成について説明する。次に、図２を参照して、本実施形態に係るヘッドホンの音響等価回路について説明する。更に、図３を参照して、本実施形態によって実現される音響特性について定性的に説明する。

【００１５】

40

まず、図１を参照して、本開示の一実施形態に係るヘッドホンの概略構成について説明する。図１は、本開示の一実施形態に係るヘッドホンの概略構成を示す模式図である。図１を参照すると、本実施形態に係るヘッドホン１０は、ドライバユニット１１０と、ドライバユニット１１０を内部に収容するハウジング１４０と、を備える。図１は、ヘッドホン１０の、ドライバユニット１１０の略中心を通る断面を示している。また、図１では、簡単のため、ヘッドホン１０の構成部材のうち、本実施形態における主要な構成部材のみを模式的に示している。また、図１では、ヘッドホン１０の構成部材と図２に示す音響等価回路の要素との対応を示すために、一部の構成部材に付した符号に音響等価回路における要素の記号を付記している。

【００１６】

50

ドライバユニット１１０は、フレーム１１１、振動板１１２、マグネット１１３、プレート１１４及びボイスコイル１１５を有する。フレーム１１１は略円板形状を有し、当該円板形状の一面側に、マグネット１１３、プレート１１４、ボイスコイル１１５及び振動板１１２が配設される。フレーム１１１は、その略中央部分に、マグネット１１３、プレート１１４、ボイスコイル１１５及び振動板１１２が設けられる側とは逆側に突出した突出部を有する。マグネット１１３、プレート１１４及びボイスコイル１１５は円筒形状を有し、当該突出部の内部に、フレーム１１１と略同心円状に配設される。マグネット１１３は、フレーム１１１とプレート１１４との間に挟持される。ボイスコイル１１５は、マグネット１１３及びプレート１１４の更に外周側に配設される。振動板１１２は、フレーム１１１の一面を覆うように設けられ、その一部領域がボイスコイル１１５に接続される。ボイスコイル１１５がマグネット１１３によって生じる磁界内で、例えばケーブル（図示せず。）等によって外部から供給される音声信号に応じて駆動されることにより、振動板１１２が厚さ方向に振動する。ここで、音声信号とは、音声の情報が重畳された電気信号である。振動板１１２が音声信号に応じて振動することにより、周囲の空気に疎密が生じ、当該音声信号に対応する音声が発生する。

10

【００１７】

ここで、以下の説明では、ドライバユニット１１０の円板形状における中心軸方向を z 軸方向と呼称する。また、ドライバユニット１１０から見て振動板１１２が設けられる側を前面側と呼称し、 z 軸方向における前面側の方向を z 軸の正方向又は前面方向と呼称する。また、前面側の逆側を背面側と呼称し、 z 軸方向における背面側の方向を z 軸の負方向又は背面方向と呼称する。また、 z 軸方向と直交する平面内における互いに直交する２方向を、 x 軸方向及び y 軸方向と呼称する。

20

【００１８】

本実施形態においては、ボイスコイル１１５は円筒形状を有する。振動板１１２において、ボイスコイル１１５よりも内側に位置する領域はドーム部とも呼称され、ボイスコイル１１５よりも外側に位置する領域はエッジ部とも呼称される。同様に、フレーム１１１において、ボイスコイル１１５よりも内側に位置する領域（突出部に対応する領域）はドーム部とも呼称され、ボイスコイル１１５よりも外側に位置する領域（突出部の外周のフランジ部に対応する領域）はエッジ部とも呼称される。以下の説明では、便宜上、フレーム１１１と振動板１１２との間の空間（以下、ドライバユニット背面空気室１１８と呼称する。）についても、ボイスコイル１１５よりも内側に形成される空間をドーム部と呼称し、ボイスコイル１１５よりも外側に形成される空間をエッジ部と呼称することとする。ドライバユニット１１０のフレーム１１１には、フレーム１１１を z 軸方向に貫通する通気孔１１６ a 、１１６ b 、１１６ c が設けられており、ドライバユニット背面空気室１１８とドライバユニット１１０の背面側の空間（すなわち、ドライバユニット１１０の外部）とは、通気孔１１６ a 、１１６ b 、１１６ c によって空間的に接続される。図１に示す例では、通気孔１１６ b は、フレーム１１１の略中心に形成されており、ドライバユニット背面空気室１１８のドーム部とドライバユニット１１０の外部とを空間的に接続する。また、通気孔１１６ a 、１１６ c は、フレーム１１１の中心から所定の距離だけ径方向にずれた位置に形成されており、ドライバユニット背面空気室１１８のエッジ部とドライバ

30

40

【００１９】

通気孔１１６ b 、１１６ c には、その孔を塞ぐように通気抵抗体１１７ a 、１１７ b が設けられる。通気抵抗体１１７ a 、１１７ b は、例えば圧縮ウレタン、不織布等によって形成され、空気の流動に対して抵抗成分となって作用する。ただし、通気抵抗体１１７ a 、１１７ b の材質はかかる例に限定されず、空気の流動に対して所定の抵抗を付与することができれば、他の材質が用いられてもよい。

【００２０】

通気孔１１６ a には、音響管１５０の一端が接続される。音響管１５０は、ドライバユニット背面空気室１１８とドライバユニット１１０の外部とを管を介して空間的に接続す

50

る管状の部材である。ここで、音響管 150 は、音響管 150 内を通過する空気の流動に対して所定のインダクタンス成分及び所定の抵抗成分となり得る長さ及び内断面積を有するように形成される。ここで、音響管 150 の内断面積とは、音響管 150 の内径によって規定される管内部の断面積である。音響管 150 の詳細な構成及び形状については、下記<2. ヘッドホンの構成>及び下記<3. 音響特性調整方法>で詳しく説明する。

【0021】

なお、図 1 に示す例では、音響管 150 の一端が直結される通気孔 116 a は、ドライバユニット背面空気室 118 のエッジ部に対応する領域に設けられ、通気抵抗体 117 a、117 b が設けられる通気孔 116 b、116 c は、ドライバユニット背面空気室 118 のドーム部及びエッジ部に対応する領域にそれぞれ設けられているが、通気孔 116 a、116 b、116 c が設けられる位置はかかる例に限定されない。本実施形態においては、例えば音響管 150 の一端が通気孔 116 b に直結され、音響管 150 がドライバユニット背面空気室 118 のドーム部とドライバユニット 110 の外部とを管を介して空間的に接続してもよい。フレーム 111 における音響管 150 の一端が接続される通気孔の形成位置は、ハウジング 140 内に音響管 150 及び他の構成部材が効率良く配置されるように適宜設定されてよい。

【0022】

また、本実施形態に係るドライバユニット 110 は、いわゆるダイナミック型ドライバユニットであってよい。また、本実施形態に係るドライバユニット 110 は、音響管 150 が設けられること以外は、既存の一般的なダイナミック型ドライバユニットと同様の構成であってよい。例えば、フレーム 111、振動板 112、マグネット 113、プレート 114 及びボイスコイル 115 の配置位置やドライバユニット 110 の駆動方法には、一般的なダイナミック型ドライバユニットにおけるこれらの部材の配置位置や駆動方法が適用されてよい。ただし、本実施形態に係るドライバユニット 110 は、ダイナミック型ドライバユニットに限定されず、いわゆるバランスドアーマチュア型ドライバユニット（BA 型ドライバユニット）であってもよい。既存の一般的な BA 型ドライバユニットに対して音響管 150 を設けた場合であっても、後述するダイナミック型ドライバユニットの場合と同様の効果を得ることができる。

【0023】

ハウジング 140 は、内部にドライバユニット 110 を収容する。ドライバユニット 110 の前面側には、ドライバユニット 110 とハウジング 140 とによって形成される前面空気室 125 が形成される。また、ドライバユニット 110 の背面側には、ドライバユニット 110 とハウジング 140 とによって形成される背面空気室 132 が形成される。

【0024】

ハウジング 140 は複数の部材によって構成されてよい。図 1 に示す例では、ハウジング 140 は、ドライバユニット 110 の前面側を覆うフロントハウジング 120 と、ドライバユニット 110 の背面側を覆うリアハウジング 130 とを接合することによって形成される。なお、本実施形態はかかる例に限定されず、ハウジング 140 は 3 つ以上の部材によって構成されてもよい。

【0025】

フロントハウジング 120 の隔壁には、ハウジング 140 の内部と外部とを空間的に接続する開口部 121、122 が設けられる。開口部 121 は、音声を外部に出力するための開口部（すなわち、音声出力用の開口部）である。前面空気室 125 内の空気が開口部 121 を介して外部に音声として出力され得る。フロントハウジング 120 の一部領域には外部に向かって突設される管状の部位である音導管 124 が形成され、開口部 121 は音導管 124 の先端部分に設けられる。ユーザが音声を聴くときには、音導管 124 の先端部分がユーザの外耳道に挿入される。このように、本実施形態ではヘッドホン 10 はいわゆるカナル型イヤホンであってよい。なお、音導管 124 の先端部分の外周には、音導管 124 をユーザの外耳道の内壁に密着させるためのイヤピース（図示せず。）が設けられてもよい。また、音導管 124 の内部には、通気抵抗体であるイコライザー（図示せ

10

20

30

40

50

ず。)が設けられてもよい。イコライザーの材質及び形状を適宜設定することにより、例えば特定の周波数帯域の音声の出力を低減させる等、音質の調整を行うことができる。

【0026】

開口部122には、その孔を塞ぐように通気抵抗体123が設けられる。通気抵抗体123は、上述した通気抵抗体117a、117bと同様の機能を有する。ただし、本実施形態においては、通気抵抗体123は、空気をほぼ遮断するようにその材質及び形状が選択される。このように、本実施形態では、前面空気室125は、空気の流動に対して、開口部121以外が外部と空間的に遮断されていてよい。以下の説明では、空気の流動に対して、音声出力用の開口部121以外が外部と空間的に遮断されるように形成される前面空気室125のことを密閉型の前面空気室125とも呼称する。また、密閉型の前面空気室125を有するヘッドホン10のことを、密閉型のヘッドホン10とも呼称する。

10

【0027】

リアハウジング130の隔壁には、ハウジング140の内部と外部とを空間的に接続する開口部131が設けられる。本実施形態では、開口部131は、空気の流動に対してほぼ抵抗となり得ない大きさを有するように形成される。このように、本実施形態では、背面空気室132は、開口部131を介してハウジング140の外部の空間と、空気の流動に対する抵抗がほぼ存在しない状態で接続されている。ここで、図1に示す例では、音響管150の一端はフレーム111に設けられる通気孔116aに直結され、他端は背面空気室132内に設けられている。しかし、上述したように、本実施形態では、背面空気室132は、ハウジング140の外部と、空気の流動に対する抵抗がほぼ存在しない状態で接続されている。従って、本実施形態では、音響特性の観点からは、音響管150は、ドライバユニット背面空気室118とハウジング140の外部とを空間的に接続しているとみなすことができる。よって、本実施形態では、音響管150の他端は、背面空気室132内に設けられてもよいし、ハウジング140の外部に設けられてもよい。いずれの場合にも、同様の音響特性を得ることができる。

20

【0028】

以上、図1を参照して、本実施形態に係るヘッドホン10の概略構成について説明した。次に、図2を参照して、図1に示すヘッドホン10の音響等価回路について説明する。図2は、図1に示すヘッドホン10の音響等価回路を示す図である。

【0029】

ここで、音響等価回路とは、ヘッドホン10の機械系及び音響系の要素を電気回路の要素に置き換えたものである。音響等価回路においては、その電圧が音響系における音圧に対応し、その電流が音響系における空気の粒子速度(すなわち空気の流動)に対応している。従って、ヘッドホン10の音響等価回路における電圧を解析することにより、ヘッドホン10における出力される音声の音圧を解析することができる。ここで、音圧の基準値(例えばヒトの最小可聴音圧値)との比率をデシベル単位で表現したものは、音圧感度(SPL: Sound Pressure Level)と呼称され、音響特性を評価する1つの指標となっている。音圧感度特性を調整することは、すなわち、音響特性を調整することであると言える。ヘッドホン10の音響等価回路から音圧感度を算出することにより、ヘッドホン10の音響特性を評価することができる。

30

40

【0030】

図2を参照すると、音響等価回路40では、信号源Vs、インダクタンスMo、抵抗Ro及び容量Coが直列に配置される。信号源Vs、インダクタンスMo、抵抗Ro及び容量Coは、ドライバユニット110の機械系の要素に対応する要素である。具体的には、信号源Vsは、ドライバユニット110によって振動板112が振動される際の起振力に対応する要素であり、音響等価回路40においては起電力を発生させる電源要素である。また、インダクタンスMo、抵抗Ro及び容量Coは、それぞれ、ドライバユニット110における質量、機械的な抵抗、コンプライアンスに対応する要素である。

【0031】

また、音響等価回路40では、抵抗Rl及び容量Clが並列に配置される。ここで、抵

50

抗R1及び容量C1は、前面空気室125における空気の流動に対応する要素である。具体的には、抵抗R1は、前面空気室125の開口部122に設けられる通気抵抗体123による抵抗成分に対応している。上述したように、本実施形態では、前面空気室125は密閉型であるため、抵抗R1は十分大きい値を有するとみなすことができる。また、容量C1は前面空気室125の容積に対応している。

【0032】

また、音響等価回路40では、抵抗Rb1、容量Cb、インダクタンスMb及び抵抗Rb2が並列に配置される。ここで、抵抗Rb1、容量Cb、インダクタンスMb及び抵抗Rb2は、背面空気室132における空気の流動に対応する要素である。具体的には、抵抗Rb1は、ドライバユニット背面空気室118と背面空気室132とを空間的に接続する通気孔116b、116cに設けられる通気抵抗体117a、117bによる抵抗成分に対応している。図1に示す例では、2つの通気孔116b、116cに2つの通気抵抗体117a、117bがそれぞれ設けられているが、音響等価回路40では、2つの通気抵抗体117a、117bによる抵抗成分を1つの抵抗Rb1で表現している。また、容量Cbはドライバユニット背面空気室118の容積に対応している。また、インダクタンスMb及び抵抗Rb2は、音響管150におけるインダクタンス成分及び抵抗成分にそれぞれ対応している。ここで、図3を参照して後述するように、本実施形態では、抵抗Rb1、容量Cb及びインダクタンスMbの値を変化させることにより、ヘッドホン10の音響特性が調整される。以下では、抵抗Rb1、容量Cb及びインダクタンスMbのことを、それぞれ、音響抵抗、音響容量及び音響インダクタンスとも呼称する。

【0033】

ここで、容積Cb及びインダクタンスMbに注目すると、音響等価回路40においては、容積Cb及びインダクタンスMbによって、所定の共振周波数において反共振を生じさせる並列共振回路が形成されているとみなすことができる。本実施形態においては、容量Cb及びインダクタンスMbによって反共振を生じさせることにより、所定の周波数帯域における音圧感度を調整することができる。

【0034】

図3を参照して、容量Cb及びインダクタンスMbによる反共振を利用した音圧感度の調整について詳しく説明する。図3は、本実施形態に係るヘッドホン10の音圧感度特性を示すグラフ図である。図3では、横軸に周波数を取り、縦軸に音圧感度を取り、図2に示す音響等価回路40の解析結果から得られた、ヘッドホン10における音圧感度特性をプロットしている。

【0035】

まず、図3を参照して、本実施形態における所望の音響特性について説明する。以下の説明では、便宜的に、200Hz以下の周波数帯域を低音域、200Hz～2000Hzの周波数帯域を中音域、2000Hz以上の周波数帯域を高音域と呼称する。このように周波数帯域を分割すると、例えば、ヒトが発する声は中音域に属し、それよりも低いベース音は低音域に属する。

【0036】

ここで、一般的な既存の技術として、低音域における音圧感度を中音域における音圧感度よりも大きくすることにより、音響特性を向上させる技術が提案されている。例えば、密閉型の前面空気室を有するヘッドホン（例えば上記特許文献1に記載のカナル型イヤホン）においては、より低い周波数帯域まで所定の音圧を保った状態で音声を出力することができることが知られている。このように、密閉型の前面空気室を有するヘッドホンを用いることにより、低音域における音圧感度が中音域における音圧感度よりも高い値に維持される音圧感度特性を実現することが可能となる。このような既存のヘッドホンにおける音圧感度特性は、例えば、図3に示す点線の曲線Aで図示され得る。

【0037】

一方、ヒトの声が含まれる中音域の周波数帯域において、その音圧が大きく変化してしまうと、その音声を聞いているユーザにとっては、ヒトの声がこもった音に聞こえてしま

う。従って、中音域においては音圧感度ができるだけフラットとなることが望ましい。このように、理想的な音響特性の1つとして、低音域から中音域に掛けて階段状に音圧感度が低下する音圧感度特性（以下、単に「階段状の音圧感度特性」と呼称する。）を有することが考えられる。しかしながら、曲線Aに示すように、既存のヘッドホンにおける音圧感度特性では、低音域から中音域に掛けて所定の傾きでなだらかに音圧が低下している。従って、既存のヘッドホンにおいては、ヒトの声に対して高い音質を実現できない恐れがあり、中音域の音圧感度について改善の余地があった。

【0038】

ここで、既存のヘッドホンにおいては、所定の周波数帯域の音圧感度は、ドライバユニット背面空気室とドライバユニットの背面側の空間との通気抵抗（すなわち、本実施形態における、図1に示す通気抵抗体117a、117bによる抵抗成分及び図2に示す抵抗Rb1に相当）の値に少なくとも基づいて決定され得る。具体的には、当該通気抵抗に対応する抵抗Rb1の値を変化させることにより、低音域から中音域に掛けての音圧感度の値を調整することができる。従って、抵抗Rb1の値を変化させることにより、中音域の音圧感度を調整し、音響特性を向上できる可能性がある。しかしながら、図3に矢印で示すように、抵抗Rb1の値を変化させても、曲線Aにおける傾きを保ったまま音圧感度の値が上下する。このように、既存のヘッドホンにおいては、階段状の音圧感度特性を得ることは困難であった。

【0039】

一方、本実施形態においては、音響管150を設けることにより、容量Cb及びインダクタンスMbによる反共振を生じさせる並列共振回路が形成される。音響等価回路における反共振は、図3に示す音圧感度曲線においては、音圧感度にディップを形成するように作用する。例えば、図3を参照すると、約200(Hz)～400(Hz)の周波数帯域に音圧感度のディップを有する曲線Bが実線で図示されている。当該ディップが、容量Cb及びインダクタンスMbによって生じる反共振に対応している。ここで、反共振の共振周波数fhは、容量Cb及びインダクタンスMbの値に少なくとも基づいて決定される。このように、本実施形態においては、容量Cb及びインダクタンスMbの値を調整することにより、反共振の共振周波数fhが含まれる周波数帯域、すなわち、音圧感度のディップが形成される周波数帯域を調整することが可能となる。

【0040】

また、上述したように、本実施形態に係るドライバユニット110は、音響管150が設けられること以外は、既存の一般的なダイナミック型ドライバユニットと同様の構成であってよい。従って、本実施形態においても、既存のヘッドホンと同様に、所定の周波数帯域の音圧感度は、抵抗Rb1の値に少なくとも基づいて決定され得る。具体的には、本実施形態においては、抵抗Rb1の値を変化させることにより、低音域から中音域に掛けての音圧感度の値を調整することが可能である。従って、反共振の共振周波数fhが低音域から中音域の間に位置するように容量Cb及びインダクタンスMbの値を調整することにより、低音域から中音域に掛けての音圧感度の値は、抵抗Rb1による値の変化と、反共振によって形成されるディップによる値の変化とが足し合わされたものとなり得る。よって、共振周波数fhが位置する周波数帯域、すなわちディップが形成される周波数帯域に、曲線Aに示す傾きよりも大きい傾きを有する音圧感度の段差が形成され得る。

【0041】

このように、本実施形態においては、所定の周波数帯域におけるヘッドホン10の音圧感度が、容量Cbの値と、インダクタンスMbの値と、抵抗Rb1の値と、に少なくとも基づいて決定され得る。具体的には、容量Cb、インダクタンスMb及び抵抗Rb1によって、低音域から中音域に掛けての音圧感度が調整され得る。また、本実施形態では、前面空気室125が密閉型であるため、低音域における音圧感度が中音域における音圧感度よりも高い値に維持される音圧感度特性が実現され得る。従って、容量Cb、インダクタンスMb及び抵抗Rb1の値を適宜調整することにより、例えば上述した階段状の音圧感度特性を得ることができる。更に、階段状の音圧感度特性においては、容量Cb、インダ

10

20

30

40

50

クタンス M_b 及び抵抗 R_{b1} によって、低音域と中音域との音圧感度差及び音圧感度が階段状に低下する際の段差が位置する周波数帯域が調整され得る。従って、例えば低音域と中音域との感度差が大きいメリハリのある音響特性が実現される。

【0042】

図3では、本実施形態において得られる階段状の音圧感度特性の一例が、破線の曲線Cによって図示されている。曲線Cに示す音圧感度特性においては、例えば反共振の共振周波数 f_h が200(Hz)～400(Hz)の間に位置するように容量 C_b 及びインダクタンス M_b の値が適宜調整され得る。また、共振周波数 f_h が200(Hz)～400(Hz)の間に位置する状態で、低音域から中音域に掛けて階段状に音圧感度が低下するように、かつ中音域において音圧感度がほぼフラットになるように抵抗 R_{b1} の値が適宜調整され得る。

10

【0043】

ここで、上述したように、容量 C_b は、ドライバユニット背面空気室118の容積に対応しており、ドライバユニット110におけるフレーム111及び振動板112の構成によってその値が決定され得る。また、インダクタンス M_b は、音響管150のインダクタンス成分に対応しており、その値は音響管150の形状に依存している。例えば、音響管150の内断面積が小さくなるほど、長さが長くなるほど、インダクタンス M_b の値は大きくなる。また、抵抗 R_{b1} は、ドライバユニット背面空気室118と背面空気室132とを空間的に接続する通気孔116b、116cに設けられる通気抵抗体117a、117bによる抵抗成分に対応しており、その値は通気抵抗体117a、117bの材質及び形状に依存している。例えば、通気抵抗体117a、117bの材質において粒子が密に詰まっているほど、通気抵抗体117a、117bの空気の流動方向(図1に示す例ではz軸方向)における長さが長いほど、通気抵抗体117a、117bの断面積が小さいほど、抵抗 R_{b1} の値は大きくなる。このように、本実施形態では、ドライバユニット110におけるフレーム111及び振動板112の構成、音響管150の形状、並びに、通気抵抗体117a、117bの材質及び形状を変化させることにより、容量 C_b 、インダクタンス M_b 及び抵抗 R_{b1} の値を変化させ、所望の音圧感度特性を実現することができる。

20

【0044】

このように、本実施形態では、音響管150を設け、容量 C_b 、インダクタンス M_b 及び抵抗 R_{b1} の値を適宜設定することにより、所望の音圧感度特性が実現される。従って、音響特性を調整すること及び向上させることが可能となる。

30

【0045】

<2. ヘッドホンの構成>

次に、図4を参照して、本開示の一実施形態に係るヘッドホンの構成についてより詳細に説明する。図4は、本開示の一実施形態に係るヘッドホンの構成を示す断面図である。図4を参照すると、本実施形態に係るヘッドホン20は、ドライバユニット210と、ドライバユニット210を内部に収容するハウジング240と、を備える。図4は、ヘッドホン20の、ドライバユニット210の略中心を通る断面を示している。なお、図4において図示されている構成部材は本実施形態の説明のために簡略化されており、ヘッドホン20は、例えば音声信号をドライバユニット210に供給するためのケーブル等、図示されていない構成部材を更に備えてもよい。図示されていない構成部材は、既存の一般的なヘッドホンにおける構成部材として既に知られたもので有り得るため、詳細な説明は省略する。

40

【0046】

ここで、図4に示すヘッドホン20は、図1を参照して説明したヘッドホン10に対応する。ヘッドホン20の各構成部材についての説明においては、図1に示すヘッドホン10の各構成部材との対応関係について説明する。また、対応する構成部材同士は互いに同様の機能を有するため、ヘッドホン20の構成部材において、図1を参照して既に説明した構成部材に対応するものについては、その詳細な説明を省略する。また、ヘッドホン2

50

0の音響等価回路も、図2に示す音響等価回路40と同様なものになり得る。従って、図1と同様、ヘッドホン20の一部の構成部材に付した符号には、音響等価回路40における要素の記号を付記している。

【0047】

ドライバユニット210は、フレーム211、振動板212、マグネット213、プレート214及びボイスコイル215を有する。ドライバユニット210は、図1に示すドライバユニット110に対応する。また、フレーム211、振動板212、マグネット213、プレート214及びボイスコイル215は、図1に示すフレーム111、振動板112、マグネット113、プレート114及びボイスコイル115に対応する。ドライバユニット210と振動板212との間にはドライバユニット背面空気室218が形成される。振動板212が振動される際の起振力に対応する要素は、音響等価回路40における信号源Vsに対応する。また、ドライバユニット210における質量、機械的な抵抗及びコンプライアンスは、音響等価回路40におけるインダクタンスMo、抵抗Ro及び容量Coにそれぞれ対応する。更に、ドライバユニット背面空気室218の容積は、音響等価回路40における容量Cbに対応する。

10

【0048】

ドライバユニット210のフレーム211には、フレーム211をz軸方向に貫通する通気孔216a、216bが設けられる。通気孔216a、216bは、図1に示す通気孔116a、116bに対応している。通気孔216aは、フレーム211の中心から所定の距離だけ径方向にずれた位置に形成され、ドライバユニット背面空気室218のエッジ部とドライバユニット210の外部とを空間的に接続する。また、通気孔216bは、フレーム211の略中心に形成されており、ドライバユニット背面空気室218のドーム部とドライバユニット210の外部とを空間的に接続する。

20

【0049】

通気孔216bには、その孔を塞ぐように通気抵抗体217aが設けられる。通気抵抗体217aは、図1に示す通気抵抗体117aに対応する。通気抵抗体217aの空気の流動に対する抵抗成分は、音響等価回路40における抵抗Rb1に対応する。

【0050】

ここで、通気抵抗体217aの材質及び形状は、例えば図3に示すような音圧感度特性を考慮して、所望の音圧感度特性が得られるように適宜設定されてよい。より具体的には、図3を参照して説明したように、通気抵抗体217aの材質及び形状は、階段状の音圧感度特性が得られる抵抗Rb1の値が実現されるように適宜設定され得る。

30

【0051】

通気孔216aには、音響管250の一端が接続される。音響管250は、図1に示す音響管150に対応する部材である。音響管250は、ドライバユニット背面空気室218とドライバユニット210の外部とを管を介して空間的に接続する管状の部材である。音響管250における空気の流動に対するインダクタンス成分及び抵抗成分は、音響等価回路40におけるインダクタンスMb及び抵抗Rb2にそれぞれ対応する。

【0052】

ここで、図5を参照して、ヘッドホン20における音響管250の構成についてより詳細に説明する。図5は、図4に示すドライバユニット210及び音響管250の分解斜視図である。図5では、簡単のため、ドライバユニット210の構成部材のうちフレーム211のみを図示し、フレーム211から音響管250が取り外された様子が図示されている。

40

【0053】

図5を参照すると、音響管250は、アタッチメント251とチューブ252と、から構成される。アタッチメント251は、通気孔216aとチューブ252の一端とを接続し、ドライバユニット背面空気室218とチューブ252の内部とを空間的に接続するための接続部材である。アタッチメント251には、通気孔216aに対応する領域及びチューブ252の一端が装着される領域にそれぞれ開口部が設けられ、これらの開口部はア

50

タッチメント 251 内で空間的につながっている。また、これらの開口部は、通気孔 216a 及びチューブ 252 の内部以外には空気を漏出させないように、その形状や形成位置が設計される。このように、アタッチメント 251 を用いることによって、通気孔 216a とチューブ 252 の一端の開口部とが、外部への空気の漏れがほぼない状態で空間的に接続され、ドライバユニット背面空気室 218 内の空気がチューブ 252 内（すなわち音響管 250 内）に確実に流入される。

【0054】

チューブ 252 は、例えば可とう性を有する物質によって形成される管状の部材である。チューブ 252 は、例えば図 5 に示すように、円板形状であるフレーム 211 の円周方向に沿って配設される。チューブ 252 が、フレーム 211 の円周方向に沿って配設されることにより、チューブ 252 をより小さい空間に配置することが可能となり、ハウジング 240 の形状を変形させたり、ハウジング 240 を大型化したりすることなく、音響管 250 を設けることができる。

10

【0055】

ここで、アタッチメント 251 の内部における空気の流動に対するインダクタンス成分及び抵抗成分が無視できる場合には、チューブ 252 の長さ及び内断面積が音響管 250 の長さ及び内断面積に対応する。チューブ 252 の長さ及び内断面積は、例えば図 3 に示すような音圧感度特性を考慮して、所望の音圧感度特性が得られるように適宜設定されてよい。より具体的には、図 3 を参照して説明したように、チューブ 252 の長さ及び内断面積は、反共振が生じる共振周波数が所望の周波数帯域に位置するような容量 C_b 及びインダクタンス M_b の値が実現されるように適宜設定され得る。なお、アタッチメント 251 の内部における空気の流動に対するインダクタンス成分及び抵抗成分が無視できない場合には、アタッチメント 251 とチューブ 252 とが接続された構造における容量 C_b 及びインダクタンス M_b が所望の値になるように、チューブ 252 の長さ及び内断面積が適宜設定され得る。音響管 250 の長さ及び内断面積のより詳細な調整方法については、下記<3. 音響特性調整方法>で詳しく説明する。

20

【0056】

このように、本実施形態においては、アタッチメント 251 及びチューブ 252 という比較的簡易な構成によって音響管 250 が形成される。ここで、図 1 を参照して説明したように、本実施形態に係るドライバユニット 210 は、音響管 250 が設けられること以外は、既存の一般的なダイナミック型ドライバユニットと同様の構成であってよい。従って、本実施形態においては、既存のダイナミック型ドライバユニットのフレームに通気孔 216a を形成し、アタッチメント 251 及びチューブ 252 を取り付けただけで、本実施形態に係る音響管 250 を作成することができる。よって、より低いコストによって音響特性の向上が実現される。なお、図 5 に示す例では、通気孔 216a はフレーム 211 に 1 つだけ設けられているが、本実施形態はかかる例に限定されない。本実施形態においては、通気孔 216a はフレーム 211 に複数設けられてもよく、アタッチメント 251 の開口部が複数の通気孔 216a を覆うように形成されてもよい。アタッチメント 251 の開口部が複数の通気孔 216a を覆うように形成されることにより、ドライバユニット背面空気室 218 と音響管 250 との通気がより確実に行われることとなる。

30

40

【0057】

再び図 4 を参照して、ヘッドホン 20 の構成についての説明を続ける。ハウジング 240 は、内部にドライバユニット 210 を収容する。ハウジング 240 は、図 1 に示すハウジング 140 に対応している。ドライバユニット 210 の前面側には、ドライバユニット 210 とハウジング 240 とによって囲まれる空間である前面空気室 225 が形成される。また、ドライバユニット 210 の背面側には、ドライバユニット 210 とハウジング 240 とによって囲まれる空間である背面空気室 232 が形成される。前面空気室 225 の容積は、音響等価回路 40 における容量 C_1 に対応する。

【0058】

ハウジング 240 は複数の部材によって構成されてよい。図 4 に示す例では、ハウジン

50

グ240は、ドライバユニット210の前面側を覆うフロントハウジング220と、ドライバユニット210の背面側を覆うリアハウジング230とを接合することによって形成される。フロントハウジング220及びリアハウジング230は、図1に示すフロントハウジング120及びリアハウジング130に対応する。

【0059】

フロントハウジング220の隔壁には、ハウジング240の内部と外部とを空間的に接続する開口部221、222が設けられる。開口部221、222は、図1に示す開口部121、122に対応する。開口部221は、音声を外部に出力するための開口部である。フロントハウジング220の一部領域には外部に向かって突設される管状の部位である音導管224が形成され、開口部221は音導管224の先端部分に設けられる。音導管224は、図1に示す音導管124に対応する。音導管224の先端部分の外周には、音導管224をユーザの外耳道の内壁に密着させるためのイヤピース226が設けられる。ユーザが音声を聴くときには、イヤピース226を含む音導管224の先端部分がユーザの外耳道に挿入される。このように、本実施形態ではヘッドホン20はいわゆるカナル型イヤホンであってよい。また、音導管224の内部には、通気抵抗体であるイコライザ227が設けられる。イコライザ227の材質及び形状を適宜設定することにより、例えば出力される音声について特定の周波数帯域の成分を低減させる等、音質の調整を行うことができる。

10

【0060】

開口部222には、その孔を塞ぐように通気抵抗体223が設けられる。通気抵抗体223は、図1に示す通気抵抗体123に対応する。すなわち、ヘッドホン20においても、ヘッドホン10と同様、通気抵抗体223は、空気をほぼ遮断するようにその材質及び形状が選択される。このように、本実施形態では、前面空気室225は、開口部221以外が外部と空間的に遮断された密閉型の空気室であってよい。通気抵抗体223の空気の流動に対する抵抗成分は、音響等価回路40における抵抗R1に対応する。

20

【0061】

リアハウジング230の隔壁には、ハウジング240の内部と外部とを空間的に接続する開口部231が設けられる。開口部231は、図1に示す開口部131に対応する。すなわち、開口部231は、空気の流動に対してほぼ抵抗となり得ない大きさを有するように形成される。このように、本実施形態では、背面空気室232は、開口部231を介してハウジング240の外部の空間と、空気の流動に対する抵抗がほぼ存在しない状態で接続されている。従って、図1に示す音響管150と同様に、本実施形態に係る音響管250の他端も、背面空気室232内に設けられてもよいし、ハウジング240の外部に設けられてもよい。いずれの場合にも、同様の音響特性を得ることができる。

30

【0062】

以上、図4を参照して、本開示の一実施形態に係るヘッドホン20の構成についてより詳細に説明した。

【0063】

<3. 音響特性調整方法（音響管及びドライバユニットの設計方法）>

次に、ヘッドホン20を例に挙げて、本実施形態に係る音響管250及びドライバユニット210の具体的な設計方法について説明する。図3を参照して説明したように、理想的な階段状の音圧感度特性を得るためには、容量Cb及びインダクタンスMbによって生じる反共振の共振周波数fhが、200（Hz）～400（Hz）の周波数帯域に含まれることが好ましい。ここで、インダクタンスMbは音響管250の長さ及び内断面積に依存し、容量Cbはドライバユニット背面空気室218の容積に依存する。以下では、反共振の共振周波数fhが200（Hz）～400（Hz）の周波数帯域に含まれるような、音響管250の長さ及び内断面積、並びに、ドライバユニット背面空気室218の容積の設計方法について説明する。

40

【0064】

インダクタンスMb及び容量Cbによる反共振の共振周波数fh（Hz）は、下記数式

50

(1) で表現される。

【0065】

【数1】

$$fh = \frac{1}{2\pi\sqrt{Mb \times Cb}}$$

・・・(1)

10

【0066】

また、インダクタンスMbは、音響管250の長さをL (m)、内断面積をS (m²) とすると、下記数式(2)で表現される。

【0067】

【数2】

$$Mb = \rho \times \frac{L}{S}$$

・・・(2)

20

【0068】

ここで、ρ (kg/m³) は空気密度である。また、容量Cbは、ドライバユニット背面空気室218の容積をV (m³) とすると、下記数式(3)で表現される。なお、c (m/s) は空気中の音速である。

【0069】

【数3】

$$Cb = \frac{V}{\rho c^2}$$

・・・(3)

30

【0070】

上記数式(1)～(3)を用いることにより、共振周波数fhが200 (Hz)～400 (Hz)の周波数帯域に含まれ得る、音響管250の長さL及び内断面積S、並びに、ドライバユニット背面空気室218の容積Vの条件を求めることができる。その結果を図6及び図7に示す。図6及び図7は、反共振の共振周波数fhと、音響管250の長さL、音響管250の内断面積S及びドライバユニット背面空気室218の容積Vとの関係を示すグラフ図である。

40

【0071】

図6を参照すると、横軸に音響管250の内断面積S (mm²)を取り、縦軸に音響管250の長さL (mm)を取り、共振周波数fh=180、200、300、400、500 (Hz)を取るための長さL (mm)及び内断面積S (mm²)の関係がプロットされている。なお、図6に示すグラフにおいては、V=180 (mm³)としている。V=180 (mm³)は、例えばドライバユニット210のフレーム211の直径が16 (mm)である場合に対応している。

50

【0072】

図6では、共振周波数 f_h が200(Hz)～400(Hz)に含まれる範囲をハッチングで示している。図6に示す結果から、 $V=180(\text{mm}^3)$ の場合には、200(Hz)～400(Hz)の間に共振周波数 f_h が含まれるようにするためには、音響管250の長さ $L(\text{mm})$ 及び内断面積 $S(\text{mm}^2)$ がハッチングされた領域に含まれるように音響管250を設計すればよいことが分かる。逆に言えば、音響管250の長さ $L(\text{mm})$ 及び内断面積 $S(\text{mm}^2)$ がハッチングされた領域に含まれるように音響管250を設計することにより、共振周波数 f_h が200(Hz)～400(Hz)に含まれ、階段状の音圧感度特性が取得され得る。例えば、長さ $L(\text{mm})$ が20(mm)、内断面積 $S(\text{mm}^2)$ が0.20(mm^2)である音響管250を構成することにより、共振周波数 f_h が約350(Hz)である反共振を生じさせることができ、階段状の音圧感度特性が取得され得る。

10

【0073】

また、図7を参照すると、横軸に音響管250における長さ $L(\text{mm})$ の内断面積 $S(\text{mm}^2)$ に対する比率 $L/S(1/\text{mm})$ を取り、縦軸にドライバユニット背面空気室218の容積 $V(\text{mm}^3)$ を取り、共振周波数 $f_h=180, 200, 300, 400, 500(\text{Hz})$ を取るための $L/S(1/\text{mm})$ 及び $V(\text{mm}^3)$ の関係がプロットされている。図7では、図6と同様、共振周波数 f_h が200(Hz)～400(Hz)に含まれる範囲をハッチングで示している。図7に示す結果から、200(Hz)～400(Hz)の間に共振周波数 f_h が含まれるようにするためには、音響管250における長さ $L(\text{mm})$ の内断面積 $S(\text{mm}^2)$ に対する比率 $L/S(1/\text{mm})$ 及びドライバユニット背面空気室218の容積 $V(\text{mm}^3)$ が、ハッチングされた領域に含まれるように音響管250及びドライバユニット210を設計すればよいことが分かる。逆に言えば、音響管250における長さ $L(\text{mm})$ の内断面積 $S(\text{mm}^2)$ に対する比率 $L/S(1/\text{mm})$ 及びドライバユニット背面空気室218の容積 $V(\text{mm}^3)$ がハッチングされた領域に含まれるように、音響管250及びドライバユニット210を設計することにより、共振周波数 f_h が200(Hz)～400(Hz)に含まれ、階段状の音圧感度特性が取得され得る。例えば、容積 $V(\text{mm}^3)$ が180(mm^3)、長さ $L(\text{mm})$ の内断面積 $S(\text{mm}^2)$ に対する比率 $L/S(1/\text{mm})$ が102($1/\text{mm}$)である音響管250を構成することにより、共振周波数 f_h が約350(Hz)である反共振を生じさせることができ、階段状の音圧感度特性が取得され得る。

20

30

【0074】

以上説明したように、本実施形態においては、上記数式(1)～(3)を用いることにより、ヘッドホン20における音響管250及びドライバユニット210の構造を設計することができる。ここで、音響管250及びドライバユニット210の設計について、より具体的に数値を挙げて説明する。

【0075】

ドライバユニット背面空気室218の容積 $V(\text{mm}^3)$ の値は、ドライバユニット210のフレーム211の直径によってほぼ決定される。ここで、ドライバユニット210のサイズ、すなわちフレーム211の直径は、規格によっていくつかの特定の値に限定され得る。例えば、カナル型イヤホンのような比較的小型のヘッドホンにおいては、比較的小型のサイズを有するドライバユニット210が好適に適用される。ここでは、カナル型イヤホンにおいて好適に用いられることが想定されるドライバユニット210の一例として、ドライバユニット210のフレーム211の直径が9(mm)又は16(mm)である場合について考える。

40

【0076】

上記数式(1)～(3)を用いて、これらの規格を有するドライバユニット210に対して、反共振の共振周波数 f_h と、音響管250の長さ L 及び内断面積 S との関係を具体的に計算した。計算結果を下記表に示す。なお、フレーム211の直径が9(mm)の場合には、ドライバユニット背面空気室218の容積 $V(\text{mm}^3)$ は約50(mm^3)とみ

50

なすことができる。また、フレーム 211 の直径が 16 (mm) の場合には、ドライバユニット背面空気室 218 の容積 V (mm^3) は約 180 (mm^3) とみなすことができる。よって、下表を得る計算においては、ドライバユニット背面空気室 218 の容積 V (mm^3) の値として、50 (mm^3) 及び 180 (mm^3) を用いた。

【0077】

【表 1】

共振周波数 f_h (Hz)	L/S ($1/\text{mm}^2$)	
	直径 9 (mm) ($V=50(\text{mm}^3)$)	直径 16 (mm) ($V=180(\text{mm}^3)$)
150	1999	540
180	1389	374
200	1124	303
300	500	135
350	377	101
400	281	76
500	179	48
600	125	35

10

20

【0078】

上記の表を参照すると、共振周波数 f_h が 200 (Hz) ~ 400 (Hz) に含まれるようにするためには、音響管 250 における長さ L (mm) の内断面積 S (mm^2) に対する比率 L/S ($1/\text{mm}$) を、76 ~ 1124 ($1/\text{mm}$) にすればよいことが分かる。また、ドライバユニット背面空気室 218 の容積 V (mm^3) が 50 (mm^3) である場合には、共振周波数 f_h が 200 (Hz) ~ 400 (Hz) に含まれるようにするためには、 L/S ($1/\text{mm}$) を、281 ~ 1124 ($1/\text{mm}$) にすればよいことが分かる。また、ドライバユニット背面空気室 218 の容積 V (mm^3) が 180 (mm^3) である場合には、共振周波数 f_h が 200 (Hz) ~ 400 (Hz) に含まれるようにするためには、 L/S ($1/\text{mm}$) を、76 ~ 303 ($1/\text{mm}$) にすればよいことが分かる。

30

【0079】

以上説明したように、本実施形態においては、上記数式 (1) ~ (3) を用いることにより、共振周波数 f_h が所望の周波数帯域、例えば 200 (Hz) ~ 400 (Hz) に含まれるような、音響管 250 の形状 (長さ及び内断面積) 及びドライバユニット 210 の形状が設計され得る。上記の例では、本実施形態に係る音響管 250 及びドライバユニット 210 の設計方法の一例として、共振周波数 f_h が 200 (Hz) ~ 400 (Hz) に含まれることや、ドライバユニット背面空気室 218 の容積 V (mm^3) が 50 (mm^3) 又は 180 (mm^3) であることを条件として、音響管 250 及びドライバユニット 210 の設計方法を示したが、本実施形態はかかる例に限定されない。共振周波数 f_h が他の周波数帯域に含まれることを条件とする場合や、ドライバユニット背面空気室 218 の容積 V (mm^3) が他の値を有することを条件とする場合においても、上記説明した同様の方法によって、音響管 250 及びドライバユニット 210 を設計することができる。

40

【0080】

なお、音響管 250 の長さ L (mm) 及び内断面積 S (mm^2) の値を設計する際には、音響管 250 を製作する際の加工精度が考慮されてもよい。例えば、長さ L (mm) 及び内断面積 S (mm^2) の最小値は、音響管 250 が所定の寸法公差内で作製できる値に制限されてよい。また、ドライバユニット 210 を設計する際には、ドライバユニット 210 が収容されるハウジング 240 の形状及びドライバユニット 210 が発生する音声の

50

音響特性が考慮され得る。図4に例示するようなカナル型イヤホンであればハウジング240の大きさは比較的小さくなるし、例えばいわゆるオーバーヘッド型ヘッドホンであれば、ハウジング240の大きさはより大きくなる。また、ハウジングの形状は、ユーザによるヘッドホン20の装着性やデザイン性も考慮して設定され得る。また、ドライバユニット210の形状は、ドライバユニット210が発生する音声の音響特性に直接的に影響し得る。従って、ドライバユニット210の形状の設計においては、ハウジング240の形状やドライバユニット210の音響特性等が総合的に考慮されてよい。

【0081】

ここで、例えば特許文献1、2に記載されているような、既存のヘッドホンの音響特性について検討する。例えば上記特許文献1に記載のヘッドホンには、音響管250に対応する構成が設けられない。従って、上記特許文献1に記載のヘッドホンの音響等価回路は、図2に示す音響等価回路40において、インダクタンス M_b 及び抵抗 R_b2 が存在しないものに対応する。よって、容量 C_b 及びインダクタンス M_b による反共振が生じ得ず、音圧感度のディップが形成されない。このように、既存のヘッドホンでは、音響管250に対応する構成が設けられないため、抵抗 R_b1 の値しか音圧感度を調整するためのパラメータが存在せず、階段状の音圧感度特性を得ることが困難である。一方、本実施形態では、音響管250を設けることにより、所定の周波数帯域に、反共振による音圧感度のディップが形成され得る。当該ディップが階段状の音圧感度特性における段差形状を形成し得るため、例えば上述したような階段状の音圧感度特性が実現され得る。このように、本実施形態では、音圧感度特性を調整するためのパラメータが増加するため、所望の音圧感度特性がより実現されやすく、音響特性をより向上させることが可能となる。

【0082】

また、例えば上記特許文献2に記載のヘッドホンには、本実施形態に係る音響管250に類似するダクト構造が設けられる。従って、当該既存のヘッドホンにおいては、ドライバユニット背面空気室における容量 C_b 及び当該ダクト構造におけるインダクタンス M_b による反共振が生じ得る。本発明者らは、上記特許文献2に記載のヘッドホンについての音響等価回路を作成し、上記と同様に、反共振の共振周波数 f_h と、ダクト構造における管の長さ L 、内断面積 S 及びドライバユニット背面空気室の容積 V との関係を算出した。その結果、上記特許文献2に記載のヘッドホンにおいては、管状のダクト構造の L/S ($1/\text{mm}$)は約11 ($1/\text{mm}$)であり、共振周波数 f_h は約500 (Hz)であることが分かった。低音域から中音域に掛けて階段状に音圧感度が低下する音圧感度特性を得るためには、上述したように共振周波数 f_h が200 (Hz)～400 (Hz)に含まれることが好ましいが、上記特許文献2に記載の既存のヘッドホンにおける共振周波数 f_h はこの範囲に含まれていないと言える。

【0083】

ここで、上記特許文献2に記載のヘッドホンにおいては、管状のダクト構造は、ハウジングの一部に形成される。従って、管の長さ L 及び内断面積 S を変化させるためには、ハウジングの形状を変更する必要があるが、共振周波数 f_h の調整を容易に行うことができない。このように、上記特許文献2に記載のヘッドホンにおいては、例えば共振周波数 f_h が200 (Hz)～400 (Hz)に含まれるようにその値を調整することは困難である。一方、本実施形態では、例えば図5又は後述する図11に示すような比較的簡易な構成によって音響管250が構成される。また、例えば図5に示す音響管250であれば、チューブ252の長さ及び内断面積を変更することにより、共振周波数 f_h の調整をより容易に行うことができる。このように、本実施形態では、音圧感度特性の調整をより簡易な方法によって行うことができ、例えば上述したような階段状の音圧感度特性がより容易に実現され得る。

【0084】

また、上記特許文献2に記載のヘッドホンにおいては、本実施形態と同様に、ハウジングが、ドライバユニットの前面側を覆うフロントハウジングと、ドライバユニットの背面側を覆うリアハウジングと、が接合されて形成される。管状のダクト構造は、リアハウジ

ングの一部領域に形成され、背面空気室とハウジングの外部とを空間的に接続している。従って、例えばフロントハウジングとリアハウジングとの接合部位に隙間が生じる等の原因により背面空気室の容積が変化してしまうと、背面空気室の容量成分と管状のダクト構造の抵抗成分及びインダクタンス成分との関係性が変化するため、管状のダクト構造が所望の性能を発揮できなくなる可能性がある。このように、上記特許文献2に記載のヘッドホンにおいては、所望の音響特性を実現するために、背面空気室に高い気密性が要求される。一方、本実施形態では、音響管250の一端がドライバユニット210のフレーム211に直結され、音響管250はドライバユニット背面空気室218とドライバユニット210の外部である背面空気室232とを空間的に接続する。また、背面空気室232は、開口部231を介してハウジング240の外部とほぼ抵抗がない状態で空間的に接続されている。従って、本実施形態では、例えばフロントハウジング220とリアハウジング230との接合部位に隙間が生じ、背面空気室232の気密性が低下した場合であっても、音響管250の性能は変化せず、所望の音圧感度特性が実現され得る。また、ドライバユニット210のフレーム211は板状の部材として一体成型され得るため、ドライバユニット背面空気室218においては、部材の組み立てに起因する気密性の低下は生じ難い。このように、本実施形態においては、より安定的に音響特性の向上が可能となる。

10

【0085】

<4. 変形例>

次に、図8A～図12Bを参照して、本開示の一実施形態に係るヘッドホンの変形例について説明する。本変形例に係るヘッドホンは、ドライバユニットが複数搭載された、いわゆるマルチウェイ方式のヘッドホンである。

20

【0086】

ここで、本変形例に係るヘッドホンは、ハウジングの一部領域に突設される音導管がユーザの外耳道に挿入されるカナル型イヤホンである。また、本変形例に係るヘッドホンは、背面側がユーザの後方側を向き、前面側がユーザの前方側を向くように外耳道に挿入される。以下の本変形例についての説明では、本変形例に係るヘッドホンがユーザの外耳道に挿入された状態における、ユーザから見た左右方向及び上下方向を、それぞれ、x軸方向及びy軸方向と呼称する。

【0087】

図8A～図10Bを参照して、本開示の一実施形態の変形例に係るヘッドホンの構成について説明する。図8A～図8Dは、本開示の一実施形態の変形例に係るヘッドホンの構成を示す外観図である。図8Aは、本変形例に係るヘッドホンを前面側（すなわちz軸の正方向）から見た様子を示す外観図である。図8Bは、本変形例に係るヘッドホンを背面側（すなわちz軸の負方向）から見た様子を示す外観図である。図8Cは、本変形例に係るヘッドホンを、y軸方向から見た様子を示す外観図である。図8Dは、本変形例に係るヘッドホンを、x軸方向から見た様子を示す外観図である。

30

【0088】

また、図9A～図9Cは、図8A～図8Cに示すヘッドホンにおいて、ハウジングの一部を仮想的に透明に図示し、ハウジング内の構成部材の様子を示す図である。図9Aは、図8Aに示すヘッドホンにおいて、z軸の正方向に面するハウジング（後述するフロントハウジング320）を透明に図示している。図9Bは、図8Bに示すヘッドホンにおいて、z軸の負方向に面するハウジング（後述するリアハウジング330）を透明に図示している。図9Cは、図8Cに示すヘッドホンにおいて、z軸の正方向及び負方向に面するハウジング（フロントハウジング320及びリアハウジング330）を透明に図示している。なお、図9A～図9Cにおいては、フロントハウジング320及び／又はリアハウジング330を透過して観察され得るハウジング内部の構成部材を太線で示し、それ以外の構成部材を細線で示している。

40

【0089】

また、図10A及び図10Bは、図8Aに示すヘッドホンの断面図である。図10Aは、図8Aに示すヘッドホンのA-A断面での様子を示す断面図である。図10Bは、図8

50

Aに示すヘッドホンのB-B断面での様子を示す断面図である。

【0090】

図8A～図10Bを参照すると、本変形例に係るヘッドホン30は、ダイナミック型ドライバユニット310と、BA型ドライバユニット370と、ダイナミック型ドライバユニット310及びBA型ドライバユニット370を内部に収容するハウジング340と、を備える。なお、図8A～図10Bにおいて図示されている構成部材は本変形例の説明のために簡略化されており、ヘッドホン30は、図示されていない構成部材を更に備えてもよい。図示されていない機能構成は、既存の一般的なヘッドホンにおける構成として既に知られたもので有り得るため、詳細な説明は省略する。

【0091】

ここで、本変形例に係るヘッドホン30は、図4に示すヘッドホン20に対して、BA型ドライバユニット370が更に搭載されたものに対応する。従って、本変形例に係るヘッドホン30においても、その構成部材の一部は図1を参照して説明したヘッドホン10の構成と対応している。以下のヘッドホン30の各構成部材についての説明においては、図1に示すヘッドホン10の各構成部材との対応関係について説明する。また、対応する構成部材同士は互いに同様の機能を有するため、ヘッドホン30の構成部材において、図1を参照して既に説明した構成部材に対応するものについては、その詳細な説明を省略する。また、ヘッドホン30の音響等価回路は、図2に示す音響等価回路40に対して、本変形例において新たに追加された構成部材に対応する要素が追加されたものになり得る。従って、図1と同様、ヘッドホン30の一部の構成部材に付した符号には、音響等価回路40における要素の記号を付記している。

【0092】

ダイナミック型ドライバユニット310は、フレーム311、振動板312、マグネット313、プレート314及びボイスコイル315を有する。ダイナミック型ドライバユニット310は、図1に示すドライバユニット110に対応する。また、フレーム311、振動板312、マグネット313、プレート314及びボイスコイル315は、図1に示すフレーム111、振動板112、マグネット113、プレート114及びボイスコイル115に対応する。フレーム311と振動板312との間にはドライバユニット背面空気室318が形成される。振動板312が振動される際の起振力に対応する要素は、音響等価回路40における信号源（起電力） V_s に対応する。また、ダイナミック型ドライバユニット310における質量、機械的な抵抗及びコンプライアンスは、音響等価回路40におけるインダクタンス M_o 、抵抗 R_o 及び容量 C_o にそれぞれ対応する。更に、ドライバユニット背面空気室318の容積は、音響等価回路40における容量 C_b に対応する。

【0093】

ダイナミック型ドライバユニット310のフレーム311には、フレーム311をz軸方向に貫通する通気孔316a、316bが設けられる。通気孔316a、316bは、図1に示す通気孔116a、116bに対応している。通気孔316aは、フレーム311の中心から所定の距離だけ径方向にずれた位置に形成され、ドライバユニット背面空気室318のエッジ部とダイナミック型ドライバユニット310の外部とを空間的に接続する。また、通気孔316bは、フレーム311の略中心に形成されており、ドライバユニット背面空気室318のドーム部とダイナミック型ドライバユニット310の外部とを空間的に接続する。

【0094】

通気孔316bには、その孔を塞ぐように通気抵抗体317aが設けられる。通気抵抗体317aは、図1に示す通気抵抗体117bに対応する。通気抵抗体317aの空気の流動に対する抵抗成分は、音響等価回路40における抵抗 R_{b1} に対応する。

【0095】

ここで、通気抵抗体317aの材質及び形状は、例えば図3に示すような音圧感度特性を考慮して、所望の音圧感度特性が得られるように適宜設定されてよい。より具体的には、図3を参照して説明したように、通気抵抗体317aの材質及び形状は、階段状の音圧

感度特性が得られる抵抗 R_b の値が実現されるように適宜設定され得る。

【0096】

通気孔 316a には、音響管 350 の一端が接続される。ここで、図 11 を参照して、ヘッドホン 30 における音響管 350 の構成についてより詳細に説明する。図 11 は、本変形例に係る音響管 350 の構成について説明するための説明図である。図 11 では、簡単のため、ダイナミック型ドライバユニット 310 の構成部材のうちフレーム 311 のみを図示し、フレーム 311 から後述する棒状部材 351 が取り外された様子及びフレーム 311 に棒状部材 351 が装着され音響管 350 が形成された様子が図示されている。

【0097】

図 11 を参照すると、音響管 350 は棒状部材 351 によって構成される。棒状部材 351 の一面には長手方向に溝 352 が形成される。また、溝 352 の少なくとも一端は、棒状部材 351 の端に至るまで形成される。音響管 350 は、棒状部材 351 が、棒状部材 351 の溝 352 が形成された面がフレーム 311 の背面側の一面に密着され、溝 352 の少なくとも一部位が通気孔 316a と接するように配設されることによって形成される。棒状部材 351 がこのように配設されることにより、フレーム 311 の一面と溝 352 とによって管状の構造を有する音響管 350 が実現される。ドライバユニット背面空気室 318 から通気孔 316a を介して溝 352 に流入した空気は、フレーム 311 の一面と溝 352 とによって構成される管状の構造内を通過してダイナミック型ドライバユニット 310 の外部に流出する。

【0098】

ここで、音響管 350 は、図 1 に示す音響管 150 に対応する部材である。音響管 350 は、ドライバユニット背面空気室 318 とダイナミック型ドライバユニット 310 の外部とを管を介して空間的に接続する。図 11 に示すように、本変形例においては、音響管 350 の管状部分は棒状部材 351 の溝 352 によって構成される。従って、音響管 350 における空気の流動に対するインダクタンス成分及び抵抗成分は、棒状部材 351 の溝 352 における空気の流動に対するインダクタンス成分及び抵抗成分に対応していると言える。当該インダクタンス成分及び抵抗成分は、音響等価回路 40 におけるインダクタンス M_b 及び抵抗 R_b にそれぞれ対応する。

【0099】

なお、棒状部材 351 が通気孔 316a と接触する部位は、溝 352 の一端に対応する部位であってよく、溝 352 の一端には通気孔 316a に係合する突出部が設けられてもよい。当該突出部が設けられることにより、棒状部材 351 のフレーム 311 への取り付けが容易になるとともに、棒状部材 351 がフレーム 311 に確実に取り付けられる。ただし、当該突出部の大きさは、通気孔 316a を全て塞がない程度の大きさに設定されており、ドライバユニット背面空気室 318 から溝 352 への空気の流動が妨げられないようにする。また、棒状部材 351 とフレーム 311 との接触面は、例えば各種の接着剤や両面テープ等によって接着されてよい。棒状部材 351 とフレーム 311 との接触面が接着剤等によって接着されることにより、通気孔 316a と溝 352 とが、溝 352 以外の部位からの外部への空気の漏れがほぼない状態で空間的に接続され、ドライバユニット背面空気室 318 内の空気が溝 352 内（すなわち音響管 350 内）に確実に流動される。

【0100】

また、棒状部材 351 は、略円板形状のフレーム 311 の円周と略同一又は当該円周以下の曲率を有するように湾曲されていてよい。棒状部材 351 が、フレーム 311 の円周と略同一又は当該円周以下の曲率を有するように湾曲されることにより、棒状部材 351 がフレーム 311 の円周方向に沿って配設されることとなり、棒状部材 351 をより小さい空間に配置することが可能となり、ハウジング 340 の形状を変形させたり、ハウジング 340 を大型化したりすることなく、音響管 350 を設けることができる。

【0101】

ここで、棒状部材 351 に形成される溝 352 の長さ及び内断面積は、音響管 350 の長さ及び内断面積に対応する。溝 352 の長さ及び内断面積は、例えば図 3 に示すような

音圧感度特性を考慮して、所望の音圧感度特性が得られるように適宜設定されてよい。より具体的には、図3を参照して説明したように、溝352の長さ及び内断面積は、反共振が生じる共振周波数が所望の周波数帯域に位置するような容量C_b及びインダクタンスM_bの値が実現されるように適宜設定され得る。具体的には、溝352の長さ及び内径は、上記<3. 音響管及びドライバユニットの設計方法>で説明した手法によって適宜設定されてよい。

【0102】

このように、本変形例においては、棒状部材351という比較的簡易な構成によって音響管350が形成される。ここで、図1を参照して説明したように、本変形例に係るダイナミック型ドライバユニット310は、音響管350が設けられること以外は、既存の一般的なダイナミック型ドライバユニットと同様の構成であってよい。従って、本変形例においては、既存のダイナミック型ドライバユニットのフレームに通気孔316aを形成し、棒状部材351を取り付けるだけで、本変形例に係る音響管350を作成することができる。よって、より低いコストによって音響特性の向上が実現される。なお、図11に示す例では、通気孔316aはフレーム311に1つだけ設けられているが、本変形例はかかる例に限定されない。本変形例においては、通気孔316aは溝352に沿って複数設けられてもよい。通気孔316aが複数設けられることにより、通気孔316aと溝352とがより確実に接触することとなり、例えば製作時に通気孔316a及び溝352の位置ずれ等が生じたとしても、通気孔316aと溝352とがより確実に接触することとなり、通気が不十分になることが防止され得る。

【0103】

また、本変形例に係る音響管350は棒状部材351によって構成されるが、本変形例はかかる例に限定されない。本変形例においては、音響管350は、図5に示す音響管250と同様に、アタッチメント251及びチューブ252によって構成されてもよい。また、逆に、図4に示すヘッドホン20に対して、図11に示す音響管350と同様な、棒状部材351によって構成される音響管350が適用されてもよい。このように、本変形例においては、音響管は所定の長さ及び内断面積を有する管状の部材であればよく、その具体的な構成は、音響管を構成する部材の調達や当該部材のドライバユニットへの組み付け等のコストを考慮して適宜設定されてよい。また、本変形例に係る音響管は、例えばドライバユニットのフレームと一体的に形成されてもよい。

【0104】

再び図8A～図10Bを参照して、ヘッドホン30の構成についての説明を続ける。ハウジング340は、内部にダイナミック型ドライバユニット310及びBA型ドライバユニット370を内部に収容する。ハウジング340は、図1に示すハウジング140に対応している。

【0105】

ハウジング340は複数の部材によって構成されてよい。図8A～図10Bに示す例では、図1に示すヘッドホン10とは異なり、ハウジング340は、4つの部品から構成される。すなわち、ハウジング340は、ダイナミック型ドライバユニット310の前面側を覆うフロントハウジング320と、ダイナミック型ドライバユニット310の背面側を覆うリアハウジング330と、フロントハウジング320とリアハウジング330との間に位置し両者を接続するミドルハウジング360と、音声信号をダイナミック型ドライバユニット310及びBA型ドライバユニット370に供給するケーブル391を覆うケーブル用ハウジング390と、によって構成される。このように、本変形例においては、フロントハウジング320とリアハウジング330とが直接接続されず、両者の間にミドルハウジング360が設けられる。

【0106】

ミドルハウジング360の外部との隔壁には、ハウジング340の内部と外部とを空間的に接続する開口部361が設けられる。開口部361は、図1に示す開口部121に対応しており、音声を外部に出力するための開口部である。ミドルハウジング360の一部

領域には外部に向かって突設される管状の部位である音導管 364 が形成され、開口部 361 は音導管 364 の先端部分に設けられる。音導管 364 は、図 1 に示す音導管 124 に対応する。音導管 364 の先端部分の外周には、イヤープース（図 12B 以外には図示せず。）が設けられる。ユーザが音声を聴くときには、当該イヤープースを含む音導管 364 の先端部分がユーザの外耳道に挿入される。また、音導管 364 の内部には、通気抵抗体であるイコライザー 367 が設けられる。イコライザー 367 は、図 4 に示すイコライザー 227 と同様の機能を有するものであるため、詳細な説明は省略する。

【0107】

本変形例では、ミドルハウジング 360 と一体的に形成され得る隔壁 362 によって、ハウジング 340 内の空間が、ダイナミック型ドライバユニット 310 が収容される空間であるダイナミック型ドライバユニット収容室 326 と、BA 型ドライバユニット 370 が収容される空間である BA 型ドライバユニット収容室 327 と、に分割される。図 10A 及び図 10B に示すように、ダイナミック型ドライバユニット収容室 326 はリアハウジング 330 と隔壁 362 とによって囲まれる空間であり、BA 型ドライバユニット収容室 327 はフロントハウジング 320 と隔壁 362 とによって囲まれる空間である。なお、本変形例においては、隔壁 362 はミドルハウジング 360 と一体的に形成されなくてもよく、別の部材としてハウジング 340 内に配設されてもよい。

【0108】

ダイナミック型ドライバユニット収容室 326 は、ダイナミック型ドライバユニット 310 のフレーム 311 によって、振動板 312 が設けられる側の空間である前面空気室 325 と、その逆側の空間である背面空気室 332 と、に更に分割される。図 10A 及び図 10B に示すように、前面空気室 325 は隔壁 362 とフレーム 311 とによって囲まれる空間であり、背面空気室 332 はリアハウジング 330 とフレーム 311 とによって囲まれる空間である。前面空気室 325 の容積は、音響等価回路 40 における容量 C1 に対応する。

【0109】

BA 型ドライバユニット収容室 327 には、2つの BA 型ドライバユニット 370 が収容される。図 9A、図 10A 及び図 10B に示す例では、2つの BA 型ドライバユニット 370 が、ドライバユニット用ハウジング 371 内に収容された状態で、BA 型ドライバユニット収容室 327 に配設されている。ドライバユニット用ハウジング 371 は、BA 型ドライバユニット 370 を所定の位置に固定する支持部材であるとともに、BA 型ドライバユニット 370 の周囲の流路を規定し、空気の流動を制御する機能を有する。例えば、ドライバユニット用ハウジング 371 によって BA 型ドライバユニット 370 の周囲の所定の空間が密閉されるとともに、ドライバユニット用ハウジング 371 の内部に適宜設けられる流路によって、BA 型ドライバユニット 370 の前面側の空間と音導管 364 が設けられる空間とが接続されている。このように、ドライバユニット用ハウジング 371 によって、BA 型ドライバユニット 370 から放出される音声は、音導管 364 が設けられる方向に誘導され得る。

【0110】

隔壁 362 には、通気孔 333、368、369 が設けられる。通気孔 333 は、背面空気室 332 と BA 型ドライバユニット収容室 327 とを空間的に接続する位置に設けられる。また、通気孔 333 は、空気の流動に対してほぼ抵抗となり得ない大きさを有するように形成される。このように、本変形例においては、BA 型ドライバユニット収容室 327 は、背面空気室 332 の一部であるとみなすことができる。

【0111】

通気孔 368 は、隔壁 362 において、音導管 364 が設けられる空間と前面空気室 325 とを空間的に接続する位置に形成される。このように、音導管 364 が設けられる空間は、前面空気室 325 の一部であると言える。ダイナミック型ドライバユニット 310 から放出された音声は、通気孔 368 を介して音導管 364 に至り外部に出力される。このように、ヘッドホン 30 では、ダイナミック型ドライバユニット 310 から発生した音

10

20

30

40

50

声と、B A型ドライバユニット370から発生した音声とが音導管364が設けられる空間において合成され、最終的に開口部361から外部に出力される。また、通気孔368の大きさは、ダイナミック型ドライバユニット310から発生した音声の音響特性を考慮して設定され得る。例えば、通気孔368の大きさを調整することにより、ダイナミック型ドライバユニット310における高音域の音響特性を制御することが可能となる。

【0112】

通気孔369は、隔壁362において、前面空気室325とB A型ドライバユニット収容室327とを空間的に接続する位置に形成される。また、通気孔369には、通気孔369を塞ぐように通気抵抗体363が設けられる。通気抵抗体363は、例えば通気抵抗体317aと同様の材質によって形成され、空気の流動に対して抵抗成分となって作用する。通気孔369の大きさ並びに通気抵抗体363の材質及び形状によって、前面空気室325とB A型ドライバユニット収容室327との間の空気の流動に対する抵抗成分が調整され得る。上述したように、B A型ドライバユニット収容室327は、背面空気室332の一部であるとみなすことができる。また、後述するように背面空気室332は開口部331を介してハウジング340の外部と空間的に接続され得る。従って、前面空気室325とB A型ドライバユニット収容室327との間の空気の流動に対する抵抗成分を調整することは、前面空気室325の密閉度を調整することに対応する。当該密閉度を調整することにより、開口部361から出力される音声の音響特性が調整され得る。従って、通気孔369の大きさ並びに通気抵抗体363の材質及び形状は、ダイナミック型ドライバユニット310及びB A型ドライバユニット370から放出される音声の音響特性を考慮して設定され得る。

【0113】

ここで、ダイナミック型ドライバユニット310及びB A型ドライバユニット370は、それぞれ、異なる音圧感度特性を有する音声を入力するように設計され得る。例えば、ダイナミック型ドライバユニット310は、低音域及び高音域の音圧感度が比較的大きくなるように設計され、B A型ドライバユニット370は中音域の音圧感度が比較的大きくなるように設計され得る。また、2つのB A型ドライバユニット370が、互いに異なる音圧感度特性を有するように設計されてもよい。ダイナミック型ドライバユニット310から出力される音声と、2つのB A型ドライバユニット370から出力される音声とが合成された際に、音圧感度を互いに補完し合うようにダイナミック型ドライバユニット310及びB A型ドライバユニット370が設計されることにより、広い周波数帯域に渡って優れた音響特性が実現される。

【0114】

なお、本変形例においては、B A型ドライバユニット370として一般的なB A型ドライバユニットを適用することが可能である。従って、B A型ドライバユニット370の機能及び構成についての詳細な説明は省略する。また、搭載されるB A型ドライバユニット370の数は、図8A～図10Bに示す例に限定されない。搭載されるB A型ドライバユニット370の数や音響特性等は、ダイナミック型ドライバユニット310の音響特性、及び、最終的に出力される音声の音響特性を考慮して適宜設定されてよい。

【0115】

なお、図8A～図10Bに示す例では、通気抵抗体363の抵抗成分が十分に大きい場合には、前面空気室325には、開口部361以外に前面空気室325と外部とを空間的に接続する開口部が設けられないとみなすことができる。このように、本変形例に係るヘッドホン30は密閉型のヘッドホンであると言える。ただし、本変形例はかかる例に限定されず、フロントハウジング320及び／又はミドルハウジング360に、図1の開口部122に対応するような、前面空気室325と外部とを空間的に接続する他の開口部が通気孔369以外に更に設けられてもよい。ただし、このような他の開口部が設けられる場合には、ヘッドホン30を密閉型のヘッドホンとするために、当該開口部には、空気の流動をほぼ遮断する通気抵抗体が配設され得る。

【0116】

リアハウジング 330 の隔壁には、ハウジング 340 の内部と外部とを空間的に接続する開口部 331 が設けられる。開口部 331 は、図 1 に示す開口部 131 に対応する。すなわち、開口部 331 は、空気の流動に対してほぼ抵抗となり得ない大きさを有するように形成される。このように、本変形例では、背面空気室 332 は、開口部 331 を介してハウジング 340 の外部の空間と、空気の流動に対する抵抗がほぼ存在しない状態で接続されている。従って、上述した音響管 150、250 と同様に、本変形例に係る音響管 350 の他端も、背面空気室 332 内に設けられてもよいし、ハウジング 340 の外部に設けられてもよい。いずれの場合にも、同様の音響特性を得ることができる。

【0117】

ケーブル用ハウジング 390 は、内部に音声信号伝達用のケーブル 391 を収容する。ケーブル用ハウジング 390 の形状は、ケーブル 391 の引き出し方向に応じて設定され得る。

10

【0118】

ここで、図 12A 及び図 12B を参照して、本変形例に係るヘッドホン 30 の装着例について説明する。図 12A 及び図 12B は、本変形例に係るヘッドホン 30 がユーザに装着された様子を示す概略図である。図 12B は、図 12A に示す C-C 断面の様子を示している。

【0119】

図 12A 及び図 12B を参照すると、ヘッドホン 30 の音導管 364 がユーザの外耳道に挿入される際に、ケーブル 391 は、ユーザから見て上方に向かってかつ斜め前方に向かって引き出される。そして、ケーブル 391 は、ユーザの耳介を前から後ろに周回するようにして当該耳介の後方から懸垂され、音声信号を出力する音響機器と接続される。ケーブル 391 が図 12A 及び図 12B に示す方向に引き出され、ユーザの耳介を周回するように引き回されることにより、ユーザがヘッドホン 30 を装着する際の装着性が向上する。ただし、ケーブル 391 の引き出し方向はかかる例に限定されず、ヘッドホン 30 のユーザへの装着性を考慮して適宜設定されてよい。

20

【0120】

また、図 12A 及び図 12B に示すように、ヘッドホン 30 は、背面側がユーザの後方側を向き、前面側がユーザの前方側を向くように外耳道に挿入される。図 9A-図 9C、図 10A 及び図 10B に示すように、ヘッドホン 30 においては、背面側にダイナミック型ドライバユニット 310 が配設され、前面側に BA 型ドライバユニット 370 が配設される。このように、ヘッドホン 30 は、ダイナミック型ドライバユニット 310 がユーザの後方側に位置し、BA 型ドライバユニット 370 がユーザの前方側に位置するように装着される。

30

【0121】

ここで、例えば、ダイナミック型ドライバユニット 310 が低音域の音圧感度が比較的大きくなるように設計され、BA 型ドライバユニット 370 がそれよりも高い音域の音圧感度が比較的大きくなるように設計される場合には、BA 型ドライバユニット 370 の出力について所定の音圧感度を確保するために、BA 型ドライバユニット 370 は音導管 364 により近い位置に配置されることが好ましい。従って、BA 型ドライバユニット 370 が背面側（すなわちユーザの後方側）に配設されると、音導管 364 もハウジング 340 のより後方側の領域から突設させる必要がある。音導管 364 が後方側に設けられると、相対的に音導管 364 よりも前方側に設けられる構成が多くなるため、ハウジング 340 が前方側に膨らんだ形状となり得る。ハウジング 340 が前方側に膨らんだ形状を有すると、装着する際にハウジング 340 が耳珠と当接してしまい、快適な装着性の妨げとなり得る。本変形例では、背面側にダイナミック型ドライバユニット 310 が配設され、前面側に BA 型ドライバユニット 370 が配設されることにより、音導管 364 をハウジング 340 の比較的前方側に設けることができるため、BA 型ドライバユニット 370 の出力について所定の音圧感度が確保されるとともに、快適な装着性が実現される。

40

【0122】

50

以上、図 8 A～図 10 Bを参照して、本開示の一実施形態の変形例に係るヘッドホン 30 の構成についてより詳細に説明した。ここで、ヘッドホン 30 においても、上述したヘッドホン 10 及びヘッドホン 20 と同様に、音響等価回路を用いてその音響特性を解析することが可能である。ただし、ヘッドホン 30 においては、ヘッドホン 10 及びヘッドホン 20 に対して、BA 型ドライバユニット 370 が追加されている。また、前面空気室 325 と背面空気室 332 とを空間的に接続する通気孔 369 が設けられる。従って、ヘッドホン 30 の音響特性の解析においては、図 2 に示す音響等価回路 40 に対して、BA 型ドライバユニット 370 が追加されること及び通気孔 369 が設けられることに伴って生じる要素を考慮した音響等価回路が用いられ得る。具体的には、図 2 に示す音響等価回路 40 に対して、BA 型ドライバユニット 370 における起振力、質量、機械的な抵抗、コンプライアンスに対応する要素や、通気孔 369 に設けられる通気抵抗体 323 による抵抗要素等が追加された音響等価回路を用いて、ヘッドホン 30 の音響特性の解析が行われてよい。ヘッドホン 30 の音響等価回路においても、ドライバユニット背面空気室 318 の容量 C_b 及び音響管 350 のインダクタンス M_b による反共振を生じさせる並列共振回路が形成される。従って、ヘッドホン 30 の音響等価回路において、容量 C_b 及びインダクタンス M_b による反共振の共振周波数が所定に周波数帯域に位置するように、音響管 350 の形状を適宜設定することにより、ヘッドホン 30 の音響特性を向上させることができる。

【0123】

< 5. 補足 >

以上、添付図面を参照しながら本開示の好適な実施形態について詳細に説明したが、本開示の技術的範囲はかかる例に限定されない。本開示の技術分野における通常の知識を有する者であれば、特許請求の範囲に記載された技術的思想の範疇内において、各種の変更例または修正例に想到し得ることは明らかであり、これらについても、当然に本開示の技術的範囲に属するものと了解される。

【0124】

例えば、上記では、本実施形態に係るヘッドホンがカナル型イヤホンである場合を例に挙げて説明を行ったが、本技術はかかる例に限定されない。本実施形態に係るヘッドホンは、他の形式のヘッドホンであってもよい。例えば、本実施形態に係るヘッドホンは、密閉型の前面空気室を有する、いわゆるオーバーヘッド型ヘッドホンであってもよい。ここで、オーバーヘッド型ヘッドホンとは、本実施形態に係る音響管が設けられたドライバユニットを収容するハウジングを 1 対備え、当該 1 対のハウジングはアーチ状に湾曲された支持部材によって互いに連結され、ハウジングに設けられる音声を外部に向かって出力する開口部がユーザの耳と対向するように、当該支持部材によってユーザの頭部に装着されるヘッドホンのことである。本実施形態に係るヘッドホンがオーバーヘッド型ヘッドホンである場合には、カナル型イヤホンに比べてハウジング及びドライバユニットは大型化することが想定される。その場合、ハウジング及びドライバユニットの特性の変化に応じて、音響等価回路における各要素の値を適宜変更することにより、以上説明した方法と同様の方法によって音響管の形状を設計でき、音響特性を向上させることができる。

【0125】

また、上記では、本実施形態に係る音響管には、通気抵抗体等の抵抗成分となり得る部材が設けられていないが、本技術はかかる例に限定されない。本実施形態に係る音響管には、管内の空気の流動に対して抵抗成分として作用する通気抵抗体が設けられてもよい。音響管に通気抵抗体を設け、通気抵抗体の材質や形状を適宜設定することにより、図 2 に示す音響等価回路における抵抗 R_b2 の値を調整することが可能となる。このように、本実施形態では、音響管に設けられる通気抵抗体によって音響特性が調整されてもよい。

【0126】

ここで、ハウジングの形状は、例えばユーザによるヘッドホンの装着性やデザイン性等、他の要素も考慮して設定され得る。更に、上記< 4. 変形例 >で説明したように、ヘッドホンの用途に応じて、複数のドライバユニットや他の構成部材がハウジング内に備えら

れ得る。本実施形態では、このようにハウジングの形状やハウジング内に備えられる構成部材が変化した場合であっても、当該変化に応じて音響等価回路における各要素またはその値を適宜変更することにより、以上説明した方法と同様の方法によって音響管の形状を設計することが可能である。

【0127】

なお、以下のような構成も本開示の技術的範囲に属する。

(1) 振動板を有するドライバユニットと、前記ドライバユニットを収容し、前記ドライバユニットの前記振動板が設けられる前面側に、音声出力用の開口部以外が外部と空間的に遮断された密閉型の前面空気室を形成するハウジングと、前記ドライバユニットのフレームに設けられる第1の通気孔に一端が直結され、前記フレームと前記振動板との間に形成されるドライバユニット背面空気室と前記ドライバユニットの外部とを管を介して空間的に接続する音響管と、を備える、ヘッドホン。

10

(2) 前記ヘッドホンの音響等価回路において、前記ドライバユニット背面空気室の容量成分に対応する音響容量と、前記音響管のインダクタンス成分に対応する音響インダクタンスと、によって、所定の共振周波数において反共振を生じさせる並列共振回路が形成される、前記(1)に記載のヘッドホン。

(3) 前記共振周波数は、前記音響インダクタンスの値及び前記音響容量の値に少なくとも基づいて決定される、前記(2)に記載のヘッドホン。

(4) 前記ドライバユニットの前記フレームには、前記第1の通気孔とは異なる位置に、ドライバユニット背面空気室と前記ドライバユニットの外部とを空間的に接続する第2の通気孔が設けられ、前記第2の通気孔には、前記ヘッドホンの音響等価回路において抵抗として振る舞う通気抵抗体が設けられ、所定の周波数帯域における前記ヘッドホンの音圧感度は、前記音響等価回路における前記通気抵抗体の抵抗成分に対応する音響抵抗の値に少なくとも基づいて決定される、前記(1)～(3)のいずれか1項に記載のヘッドホン。

20

(5) 所定の周波数帯域における前記ヘッドホンの音圧感度は、前記ドライバユニット背面空気室の容量成分に対応する音響容量の値と、前記音響等価回路における前記音響管のインダクタンス成分に対応する音響インダクタンスの値と、前記音響抵抗の値と、に少なくとも基づいて決定される、前記(4)に記載のヘッドホン。

(6) 前記音響インダクタンスの値は、前記音響管の長さ及び内断面積に応じて決定され、前記音響管の長さ及び内断面積は、前記共振周波数が200(Hz)～400(Hz)の間の値になるように設定される、前記(3)に記載のヘッドホン。

30

(7) 前記音響管において、前記長さの前記内断面積に対する比率は、 $76(1/\text{mm}) \sim 1124(1/\text{mm})$ である、前記(6)に記載のヘッドホン。

(8) 前記音響管は、可とう性を有する材料によって形成される管状の部材を含む、前記(1)～(7)のいずれか1項に記載のヘッドホン。

(9) 前記ドライバユニットの前記フレームは円板形状を有し、前記管状の部材は、前記円板形状の円周方向に沿って配設される、前記(8)に記載のヘッドホン。

(10) 前記音響管は、一面に長手方向に向かって溝が形成された棒状の部材が、当該溝が形成された面が前記ドライバユニットの前記フレームの前記前面側とは逆側の背面側の一面に密着するとともに、当該溝の少なくとも一部位が前記第1の通気孔と接するように配設されることによって形成される、前記(1)～(7)のいずれか1項に記載のヘッドホン。

40

(11) 前記ドライバユニットの前記フレームは円板形状を有し、前記棒状の部材は、前記円板形状の円周以下の曲率を有するように円弧状に湾曲され、前記円板形状の円周方向に沿って配設される、前記(10)に記載のヘッドホン。

(12) 前記ドライバユニットはダイナミックドライバユニットである、前記(1)～(11)のいずれか1項に記載のヘッドホン。

(13) 前記ハウジング内には、バランスドアーマチュアドライバユニットが更に収容される、前記(12)に記載のヘッドホン。

50

(14) 前記音響管は、前記ドライバユニット背面空気室と前記ハウジングの外部とを管を介して空間的に接続する、前記(1)～(13)のいずれか1項に記載のヘッドホン。

(15) 前記ドライバユニットの前記前面側とは逆側の背面側には、前記ハウジングと前記ドライバユニットとによって囲まれる空間である背面空気室が形成され、前記ハウジングには、前記背面空気室と前記ハウジングの外部とを空間的に接続する開口部が設けられ、前記音響管の他端は、前記背面空気室内に設けられる、前記(14)に記載のヘッドホン。

(16) 前記音響管の他端は、前記ハウジングの外部に設けられる、前記(14)に記載のヘッドホン。

(17) 前記ハウジングの前記前面空気室を構成する領域の一部には、外部に向かって突出する管状の部位である音導管が形成され、前記音声出力用の開口部は、前記音導管の先端部に設けられ、前記ヘッドホンは、前記音導管の先端部分がユーザの外耳道に挿入されるカナル型イヤホンである、前記(1)～(16)のいずれか1項に記載のヘッドホン。

10

(18) 前記ヘッドホンは、前記ドライバユニットを収容する前記ハウジングを1対備え、1対の前記ハウジングはアーチ状に湾曲された支持部材によって互いに連結され、前記ヘッドホンは、前記ハウジングの前記音声出力用の開口部がユーザの耳と対向するように、前記支持部材によってユーザの頭部に装着される、オーバーヘッド型ヘッドホンである、前記(1)～(17)のいずれか1項に記載のヘッドホン。

(19) 振動板を有するドライバユニットをハウジング内に収容し、前記ハウジングと前記ドライバユニットの前記振動板が設けられる前面側との間に、音声出力用の開口部以外が外部と空間的に遮断された密閉型の前面空気室を形成することと、前記ドライバユニットのフレームに設けられる第1の通気孔に一端が直結され、前記フレームと前記振動板との間に形成されるドライバユニット背面空気室と前記ドライバユニットの外部とを管を介して空間的に接続する音響管を設けることと、を含む、音響特性調整方法。

20

【符号の説明】

【0128】

10、20、30 ヘッドホン

40 音響等価回路

110、210 ドライバユニット

111、211、311 フレーム

116a、116b、116c、216a、216b、316a、316b 通気孔

117a、117b、217a、317a 通気抵抗体

118、218、318 ドライバユニット背面空気室

120 フロントハウジング

121、221、361 開口部

125 前面空気室

130 リアハウジング

132 背面空気室

140 ハウジング

310 ダイナミック型ドライバユニット

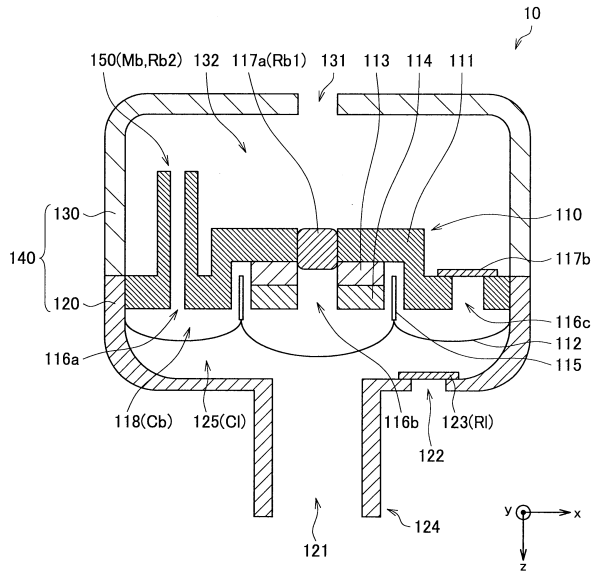
360 ミドルハウジング

370 バランスドアーマチュア型ドライバユニット (BA型ドライバユニット)

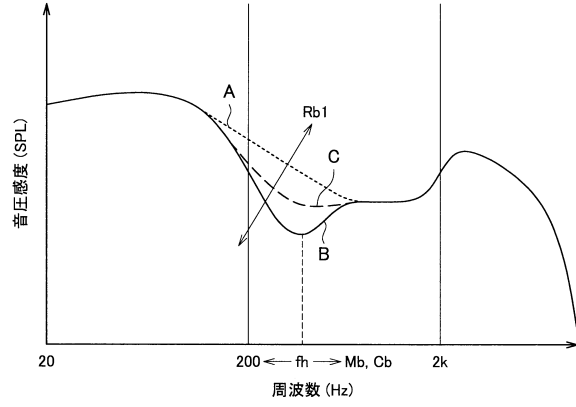
30

40

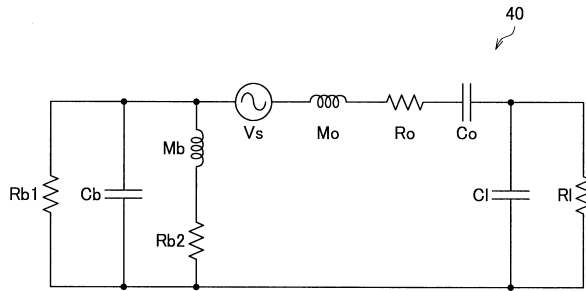
【図 1】



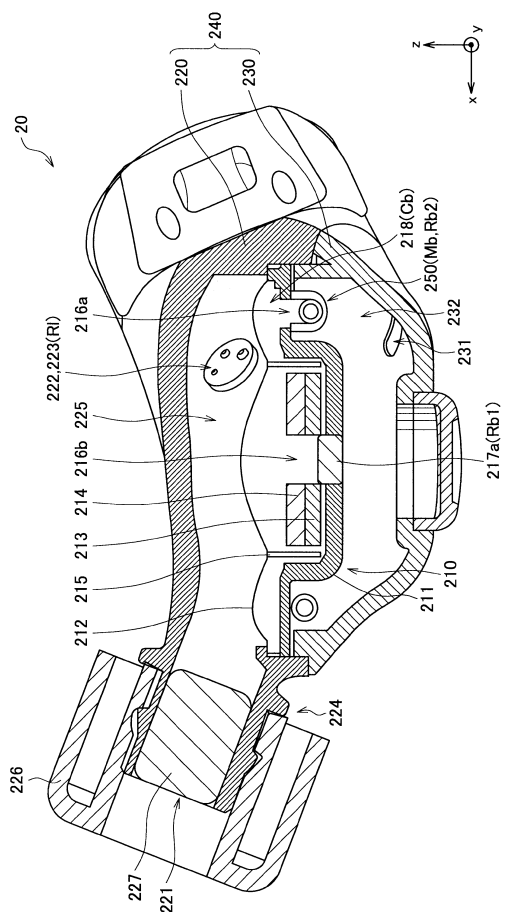
【図 3】



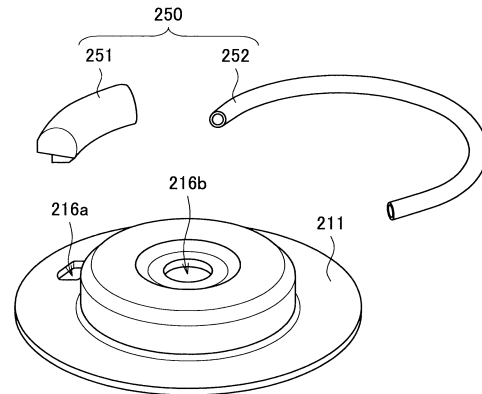
【図 2】



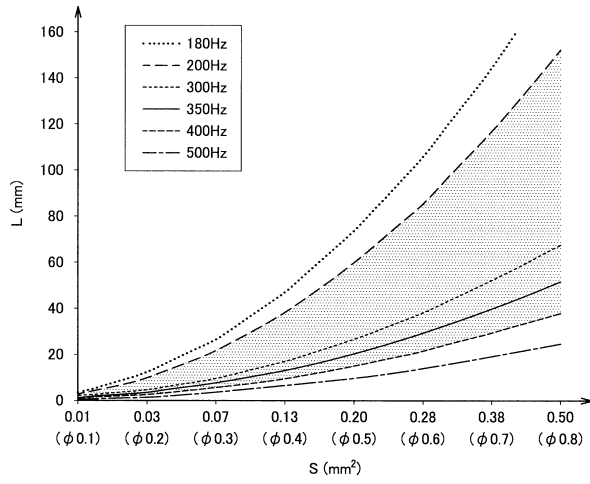
【図 4】



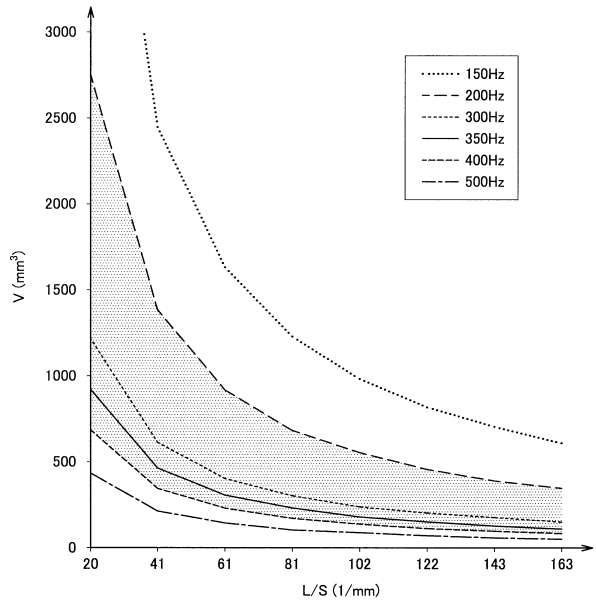
【図 5】



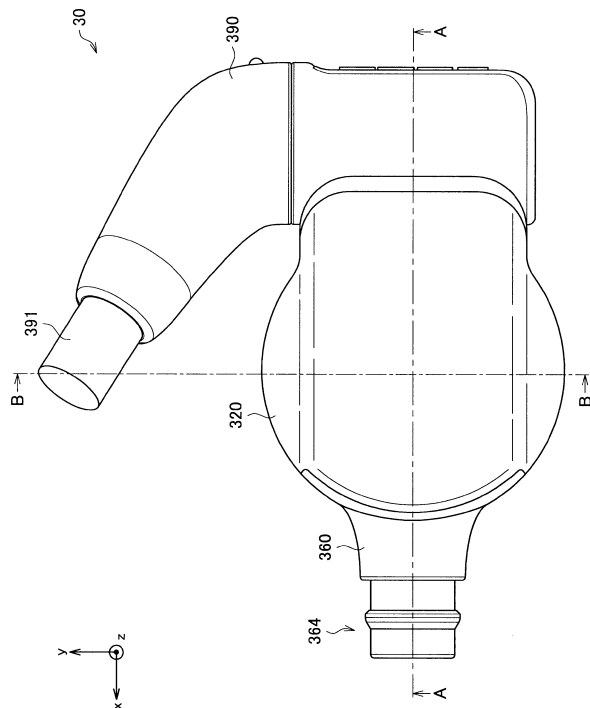
【図 6】



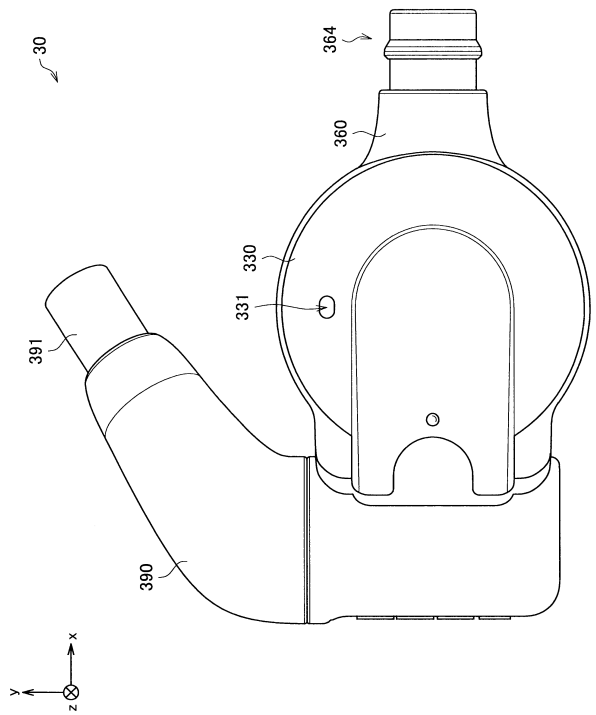
【図 7】



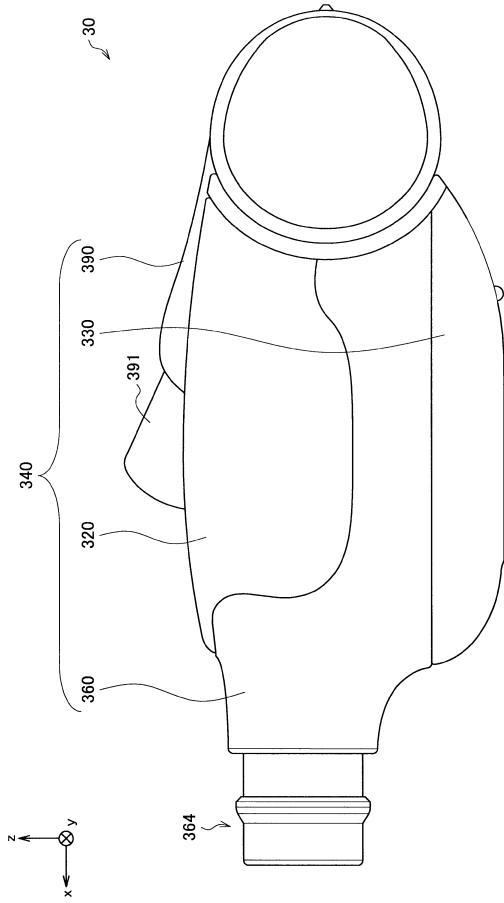
【図 8 A】



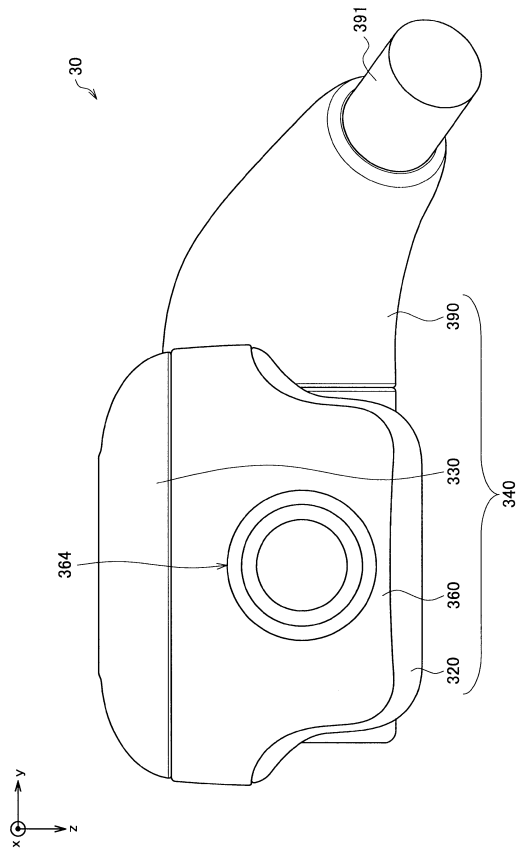
【図 8 B】



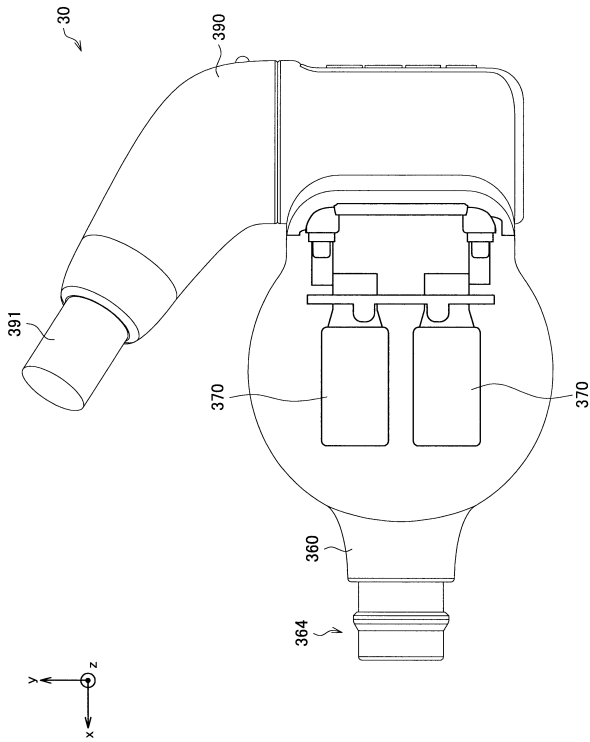
【図 8 C】



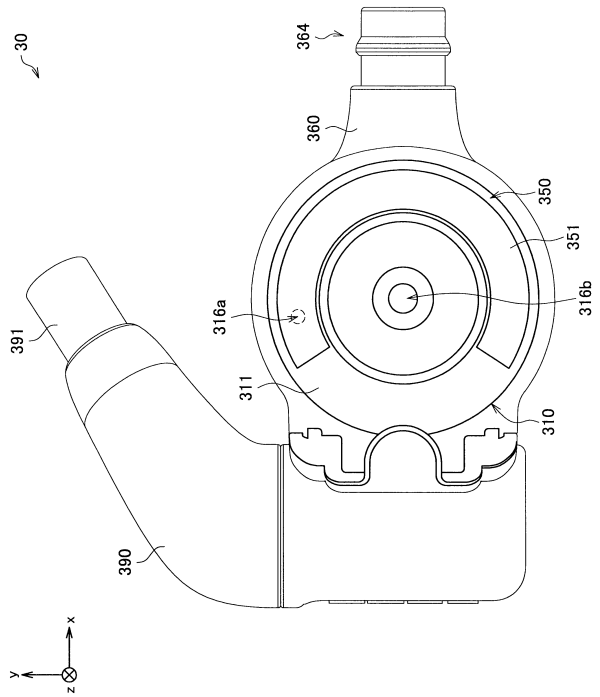
【図 8 D】



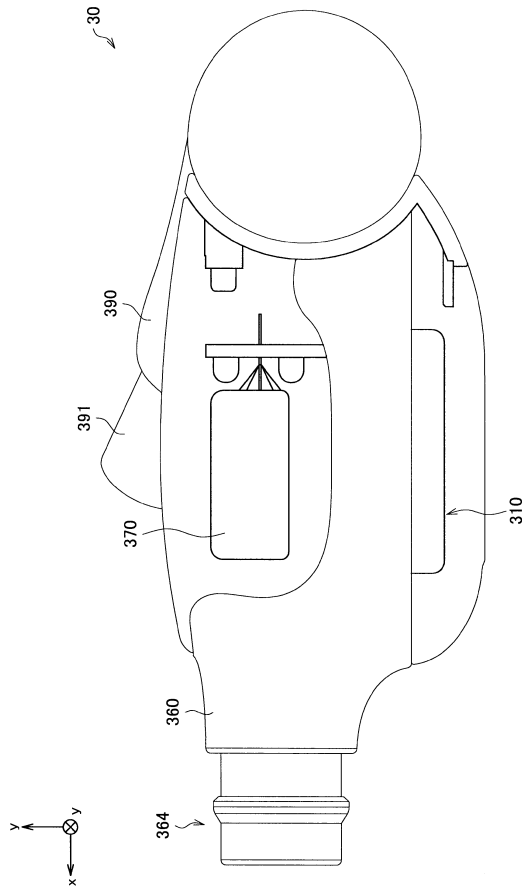
【図 9 A】



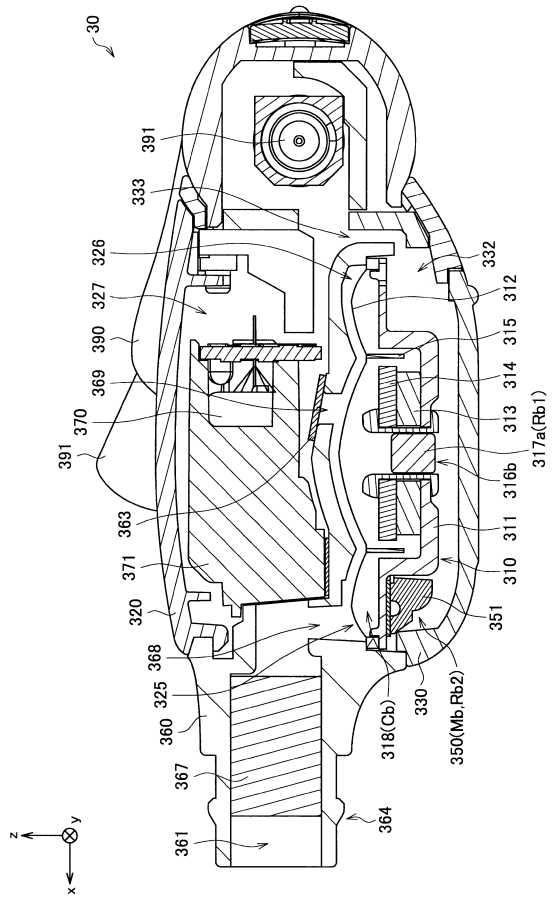
【図 9 B】



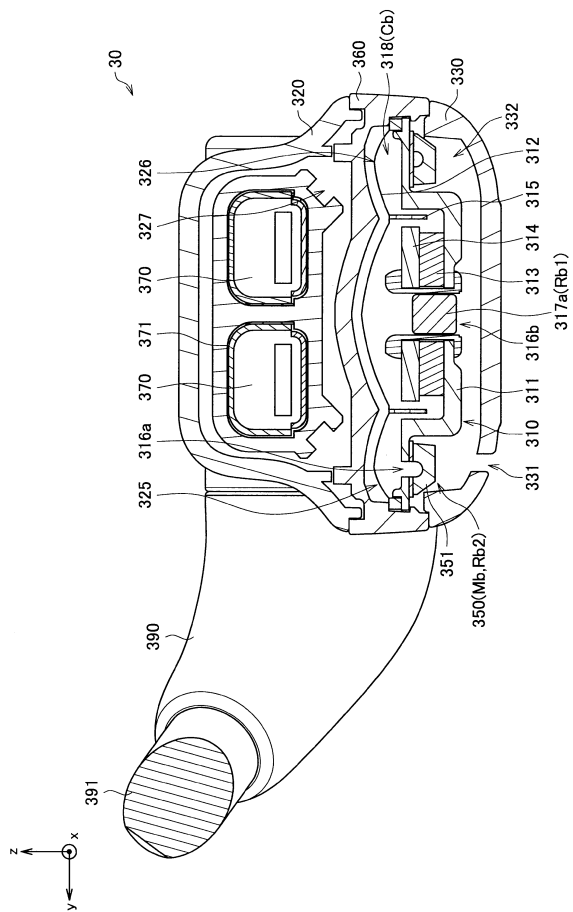
【図 9 C】



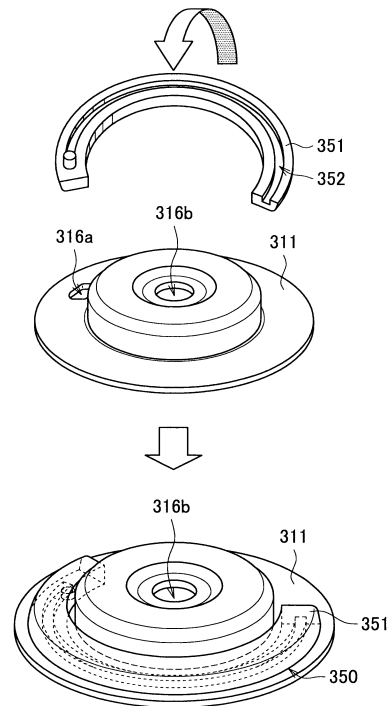
【図 10 A】



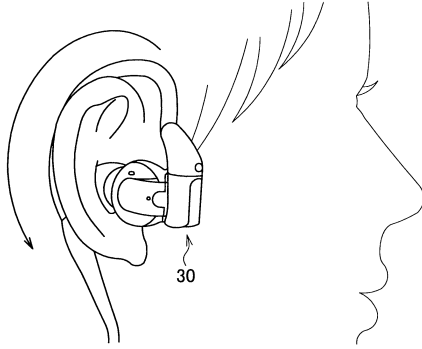
【図 10 B】



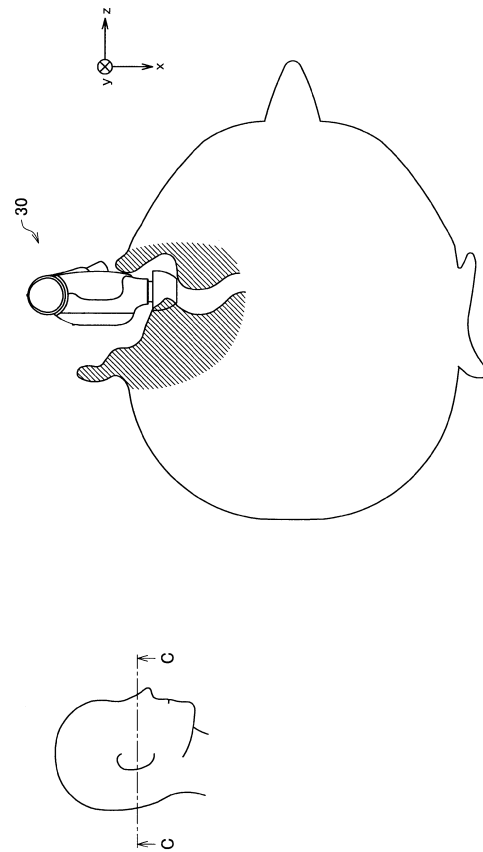
【図 11】



【図 1 2 A】



【図 1 2 B】



フロントページの続き

- (56)参考文献 実開昭55-165568 (JP, U)
特開2011-234102 (JP, A)
実開平02-133090 (JP, U)
実開昭61-078492 (JP, U)
特開2009-219122 (JP, A)
特開2007-028375 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H04R 1/10
H04R 1/22
H04R 11/02