

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7103765号

(P7103765)

(45)発行日 令和4年7月20日(2022.7.20)

(24)登録日 令和4年7月11日(2022.7.11)

(51)国際特許分類

F I

H 0 4 R 1/10 (2006.01)

H 0 4 R

1/10

1 0 4 Z

H 0 4 R 9/06 (2006.01)

H 0 4 R

9/06

A

H 0 4 R 1/24 (2006.01)

H 0 4 R

1/24

Z

H 0 4 R 17/00 (2006.01)

H 0 4 R

17/00

請求項の数 3 (全16頁)

(21)出願番号 特願2017-145207(P2017-145207)

(22)出願日 平成29年7月27日(2017.7.27)

(65)公開番号 特開2019-29745(P2019-29745A)

(43)公開日 平成31年2月21日(2019.2.21)

審査請求日 令和2年7月7日(2020.7.7)

(73)特許権者 000204284

太陽誘電株式会社

東京都中央区京橋二丁目7番19号

(74)代理人 110003339

特許業務法人南青山国際特許事務所

(74)代理人 100104215

弁理士 大森 純一

(74)代理人 100196575

弁理士 高橋 満

(72)発明者 石井 茂雄

東京都中央区京橋二丁目7番19号 太

陽誘電株式会社内

(72)発明者 浜田 浩

東京都中央区京橋二丁目7番19号 太

陽誘電株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 電気音響変換装置及び電気音響変換装置の製造方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1の音響を発生させる電磁式発音体と、

第2の音響を発生させる圧電式発音体と

を具備し、

前記第1の音響の音圧と前記第2の音響の音圧との交差周波数帯域が8kHz～10kHzであり、前記交差周波数帯域における前記第1及び第2の音響の音圧の和は、前記交差周波数帯域における前記第1の音響の音圧の1.5倍以上2.0倍以下である周波数帯域を含む

電気音響変換装置。

【請求項2】

請求項1に記載の電気音響変換装置であって、

前記圧電式発音体は、円形の振動板を有し、

前記振動板の直径は10mm以下である

電気音響変換装置。

【請求項3】

第1の音響を発生させる電磁式発音体と、振動板を有し、第2の音響を発生させる圧電式発音体とを具備する電気音響変換装置の製造方法であって、

前記第1の音響の音圧と前記第2の音響の音圧との交差周波数帯域が8kHz～10kHzであり、前記交差周波数帯域における前記第1及び第2の音響の音圧の和が、前記交差

周波数帯域における前記第 1 の音響の音圧の 1 . 5 倍以上 2 . 0 倍以下である周波数帯域を含むように前記振動板の振動特性を決定する

電気音響変換装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【 0 0 0 1 】

本発明は、電磁式発音体と圧電式発音体とを備えた電気音響変換装置に関する。

【背景技術】

【 0 0 0 2 】

圧電発音素子は、簡易な電気音響変換手段として広く利用されており、例えば、イヤホンあるいはヘッドホンのような音響機器、さらには携帯情報端末のスピーカなどとして多用されている。圧電発音素子は、典型的には、振動板の片面あるいは両面に圧電素子を貼り合わせた構成を有する（例えば特許文献 1 参照）。

【 0 0 0 3 】

一方、特許文献 2 には、ダイナミック型ドライバと圧電型ドライバとを備え、これら 2 つのドライバを並列駆動させることで帯域幅の広い再生を可能としたヘッドホンが記載されている。上記圧電型ドライバは、ダイナミック型ドライバの前面を閉塞し振動板として機能するフロントカバーの内面中央部に設けられており、この圧電型ドライバを高音域用ドライバとして機能させるように構成されている。

【 0 0 0 4 】

特許文献 3 には、電磁式発音体と圧電式発音体を備え、電磁式発音体を低音域用に、圧電式発音体を高音域用に用いる電気音響変換装置が記載されている。この電気音響変換装置は、圧電式発音体又はその周囲に通路部を有し、通路部の大きさや個数を最適化することにより圧電式発音体から出力される音波を所望の周波数特性に調整することが可能に構成される。

【先行技術文献】

【特許文献】

【 0 0 0 5 】

【文献】特開 2 0 1 3 - 1 5 0 3 0 5 号公報

実開昭 6 2 - 6 8 4 0 0 号公報

特許第 5 7 5 9 6 4 1 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 6 】

近年、イヤホンやヘッドホン等の音響機器においては、音質の更なる向上が求められている。電磁式発音体と圧電式発音体とを備えた電気音響変換装置においては、電磁式発音体からの再生音の音圧レベルと圧電式発音体からの再生音の音圧レベルとが相互に交差する周波数（以下、クロスオーバー周波数ともいう）付近で、2 つの再生音の合成音圧レベルが急激に低下する現象（ディップ）が生じる場合がある。

【 0 0 0 7 】

以上のような事情に鑑み、本発明の目的は、クロスオーバー付近での音響特性の改善を図ることができる電気音響変換装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 8 】

上記目的を達成するため、本発明の一形態に係る電気音響変換装置は、第 1 の音響を発生させる電磁式発音体と、第 2 の音響を発生させる圧電式発音体とを具備する。

上記第 1 の音響の音圧と上記第 2 の音響の音圧との交差周波数帯域における上記第 1 及び第 2 の音響の音圧の和は、上記交差周波数帯域における上記第 1 の音響の音圧の 0 . 5 倍以上である。

【 0 0 0 9 】

10

20

30

40

50

上記電気音響変換装置によれば、交差周波数帯域における第 1 及び第 2 の音響の音圧の和は、交差周波数帯域における上記第 1 の音響の音圧の 0.5 倍以上であるため、交差周波数帯域における第 1 及び第 2 の音響の合成音圧レベルの低下（ディップ）を効果的に抑えることができる。

【0010】

上記交差周波数帯域における上記第 1 及び第 2 の音響の音圧の和は、上記交差周波数帯域における上記第 1 の音響の音圧の 1 倍以上であってもよい。

【0011】

上記圧電式発音体は、円形の振動板を有してもよい。この場合、上記振動板の直径は 10 mm 以下である。

【発明の効果】

【0012】

本発明によれば、クロスオーバー付近での音響特性の改善を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図 1】本発明の一実施形態に係る電気音響変換装置の構成を示す概略側断面図である。

【図 2】上記電気音響変換装置における電磁式発音体の一構成例を示す要部の断面図である。

【図 3】上記電気音響変換装置における圧電式発音体の概略平面図である。

【図 4】上記圧電式発音体における圧電素子の内部構造を示す概略断面図である。

【図 5】上記電気音響変換装置における支持部材の概略平面図である。

【図 6】上記支持部材を含む発音ユニットの分解側断面図である。

【図 7 A】比較例に係る電気音響変換装置における電磁式発音体及び圧電式発音体の音圧特性の一例を示す図である。

【図 7 B】図 7 A の電気音響変換装置の音圧特性の一例を示す図である。

【図 8】圧力波の複素表現を説明する図である。

【図 9 A】適用例 1 の説明図であって、指標 α が異なる 2 つの電気音響変換装置の音響特性を比較して示す一実験結果である。

【図 9 B】適用例 1 の説明図であって、比較例および実施形態における指標 α の周波数特性を示す図である。

【図 10 A】適用例 2 の説明図であって、比較例に係る電気音響変換装置の音響特性を示す一実験結果である。

【図 10 B】図 10 A の比較例における指標 α の周波数特性を示す図である。

【図 11 A】適用例 2 の説明図であって、実施形態に係る電気音響変換装置の音響特性を示す一実験結果である。

【図 11 B】図 11 A の実施形態における指標 α の周波数特性を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0014】

以下、図面を参照しながら、本発明の実施形態を説明する。

【0015】

[基本構成]

まず、本実施形態における電気音響変換装置の基本構成について説明する。

【0016】

図 1 は、本発明の一実施形態に係る電気音響変換装置としてのイヤホン 100 の構成を示す概略側断面図である。

図において、X 軸、Y 軸及び Z 軸は相互に直交する 3 軸方向を示している。

【0017】

イヤホン 100 は、イヤホン本体 10 と、イヤピース 20 とを有する。イヤピース 20 は、イヤホン本体 10 の導音路 41 に取り付けられるとともに、ユーザの耳に装着可能に構成される。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 8 】

イヤホン本体 1 0 は、発音ユニット 3 0 と、発音ユニット 3 0 を収容する筐体 4 0 とを有する。発音ユニット 3 0 は、電磁式発音体 3 1 と、圧電式発音体 3 2 とを有する。

【 0 0 1 9 】

(筐体)

筐体 4 0 は、発音ユニット 3 0 を収容する内部空間を有し、Z 軸方向に分離可能な 2 分割構造で構成される。筐体 4 0 の一端面 (図において上端面) 4 1 0 には、発音ユニット 3 0 により生成される音波を外部へ導く導音路 4 1 が設けられている。

【 0 0 2 0 】

筐体 4 0 は、第 1 の筐体部 4 0 1 と第 2 の筐体部 4 0 2 との結合体で構成される。第 1 の筐体部 4 0 1 は、発音ユニット 3 0 を内部に収容する収容空間を有する。第 2 の筐体部 4 0 2 は導音路 4 1 を有し、第 1 の筐体部 4 0 1 と Z 軸方向に組み合わせられ、圧電式発音体 3 2 を被覆する。

10

【 0 0 2 1 】

筐体 4 0 の内部空間は、圧電式発音体 3 2 によって第 1 の空間部 S 1 と第 2 の空間部 S 2 とに区画される。第 1 の空間部 S 1 には電磁式発音体 3 1 が配置される。第 2 の空間部 S 2 は、導音路 4 1 に連通する空間部であり、圧電式発音体 3 2 と第 2 の筐体部 4 0 2 の底部 4 1 0 との間に形成される。第 1 の空間部 S 1 と第 2 の空間部 S 2 とは、圧電式発音体 3 2 の通路部 3 3 0 を介して相互に連通している。

【 0 0 2 2 】

(電磁式発音体)

電磁式発音体 3 1 は、低音域を再生するウーハ (Woofer) として機能するダイナミック型スピーカユニットで構成される。本実施形態では、例えば 7 ~ 9 k H z 以下の音波を主として生成するダイナミックスピーカで構成され、ボイスコイルモータ (電磁コイル) 等の振動体を含む機構部 3 1 1 と、機構部 3 1 1 を振動可能に支持する台座部 3 1 2 とを有する。

20

【 0 0 2 3 】

電磁式発音体 3 1 の機構部 3 1 1 の構成は特に限定されない。図 2 は、機構部 3 1 1 の一構成例を示す要部の断面図である。機構部 3 1 1 は、台座部 3 1 2 に振動可能に支持された振動板 E 1 (第 2 の振動板) と、永久磁石 E 2 と、ボイスコイル E 3 と、永久磁石 E 2 を支持するヨーク E 4 とを有する。振動板 E 1 は、その周縁部が台座部 3 1 2 の底部とこれに一体的に組み付けられる環状固定具 3 1 0 との間に挟持されることで、台座部 3 1 2 に支持される。

30

【 0 0 2 4 】

ボイスコイル E 3 は、巻き芯となるボビンに導線を巻きつけて形成され、振動板 E 1 の中央部に接合されている。また、ボイスコイル E 3 は、永久磁石 E 2 の磁束の方向に対して垂直に配置される。ボイスコイル E 3 に交流電流 (音声信号) を流すとボイスコイル E 3 に電磁力が作用するため、ボイスコイル E 3 は信号波形に合わせて図中 Z 軸方向に振動する。この振動がボイスコイル E 3 に連結された振動板 E 1 に伝達され、第 1 及び第 2 の空間部 S 1、S 2 (図 1) 内の空気を振動させることにより上記低音域の音波 (第 1 の音響) を発生させる。

40

【 0 0 2 5 】

電磁式発音体 3 1 は、筐体 4 0 の内部に適宜の方法で固定される。電磁式発音体 3 1 の上部には、発音ユニット 3 0 の電気回路を構成する回路基板 3 3 が固定されている。回路基板 3 3 は、筐体 4 0 のリード部 4 2 を介して導入されたケーブル 4 3 と電氣的に接続され、図示しない配線部材を介して電磁式発音体 3 1 及び圧電式発音体 3 2 へそれぞれ電気信号を出力する。

【 0 0 2 6 】

(圧電式発音体)

圧電式発音体 3 2 は、高音域を再生するツイータ (Tweeter) として機能するスピーカコ

50

ニットを構成する。本実施形態では、例えば7～9kHz以上の音波を主として生成するようにその共振周波数が設定される。圧電式発音体32は、振動板321（第1の振動板）と、圧電素子322とを有する。

【0027】

振動板321は、金属（例えば42アロイ）等の導電材料または樹脂（例えば液晶ポリマー）等の絶縁材料で構成され、その平面形状は略円形に形成される。「略円形」とは、円形だけでなく、後述するように実質的に円形のものも意味する。振動板321の外径や厚みは特に限定されず、筐体40の大きさ、再生音波の周波数帯域などに応じて適宜設定される。本実施形態では、直径約8～12mm、厚み約0.2mmの振動板が用いられる。

【0028】

振動板321は、必要に応じ、その外周から内周側に向けてくぼむ凹状やスリット状などに形成された切欠き部を有していてもよい。なお、振動板321の平面形状は、概形が円形であれば、上記切欠き部が形成されることなどにより厳密には円形でない場合にも、実質的に円形として扱うものとする。

【0029】

振動板321は、導音路41に臨む第1の主面32aと、電磁式発音体31に臨む第2の主面32bとを有する。本実施形態において圧電式発音体32は、振動板321の第1の主面32aにのみ圧電素子322が接合されたユニモルフ構造を有する。

なおこれに限られず、圧電素子322は、振動板321の第2の主面32bに接合されてもよい。また、圧電式発音体32は、振動板321の両主面32a、32bに圧電素子がそれぞれ接合されたバイモルフ構造で構成されてもよい。

【0030】

図3は、圧電式発音体32の平面図である。

【0031】

図3に示すように、圧電素子322の平面形状は矩形状であり、圧電素子322の中心軸は、典型的には、振動板321の中心軸C1と同軸上に配置されている。これに限られず、圧電素子322の中心軸は、振動板321の中心軸C1よりも例えばX軸方向に所定量だけ変位してもよい。つまり、圧電素子322は、振動板321に対して偏心した位置に配置されてもよい。これにより、振動板321の振動中心が中心軸C1とは異なる位置にずれるため、圧電式発音体32の振動モードが振動板321の中心軸C1に関して非対称となる。したがって、例えば振動板321の振動中心を導音路41に接近させることにより、高音域の音圧特性の更なる向上を図ることができる。

【0032】

振動板321は、その面内に複数の通路部330を有する。これら通路部330は、振動板321を厚み方向に貫通する通路部を構成し、第1の開口部331と、第2の開口部332とを含む。通路部330は、筐体40の内部において、第1の空間部S1と第2の空間部S2とを相互に連通させる。

【0033】

第1の開口部331は、振動板321の周縁部321cと圧電素子322との間の領域に設けられた複数の円形の孔で構成される。これら第1の開口部331は、中心線CL（振動板321の中心を通るY軸方向に平行な線）上の、中心軸C1に関して対称な位置にそれぞれ設けられる。第1の開口部331はそれぞれ同一径（例えば直径約1mm）の丸孔で形成されるが、勿論これに限られない。

【0034】

第2の開口部332は、周縁部321cと圧電素子322との間にそれぞれ設けられ、Y軸方向に長辺を有する矩形状に形成される。第2の開口部332は、圧電素子322の周縁部に沿って形成され、それらの一部は、圧電素子322の周縁部に部分的に被覆される。第2の開口部332は、振動板321の表裏を貫通する通路としての機能のほか、後述するように、圧電素子322の有する2つの外部電極間の短絡防止の機能をも有する。

【0035】

10

20

30

40

50

図 4 は、圧電素子 3 2 2 の内部構造を示す概略断面図である。

【 0 0 3 6 】

圧電素子 3 2 2 は、素体 3 2 8 と、X Y 軸方向に相互に対向する第 1 の外部電極 3 2 6 a 及び第 2 の外部電極 3 2 6 b とを有する。また、圧電素子 3 2 2 は、相互に対向する Z 軸に垂直な第 1 の主面 3 2 2 a 及び第 2 の主面 3 2 2 b を有する。圧電素子 3 2 2 の第 2 の主面 3 2 2 b は、振動板 3 2 1 の第 1 の主面 3 2 a に対向する実装面として構成される。

【 0 0 3 7 】

素体 3 2 8 は、セラミックシート 3 2 3 と、内部電極層 3 2 4 a , 3 2 4 b とが Z 軸方向に積層された構造を有する。つまり、内部電極層 3 2 4 a , 3 2 4 b は、セラミックシート 3 2 3 を挟んで交互に積層されている。セラミックシート 3 2 3 は、例えば、チタン酸ジルコン酸鉛 (P Z T) 、アルカリ金属含有ニオブ酸化物等の圧電材料によって形成されている。内部電極層 3 2 4 a , 3 2 4 b は各種金属材料などの導電性材料によって形成されている。

【 0 0 3 8 】

素体 3 2 8 の第 1 の内部電極層 3 2 4 a は、第 1 の外部電極 3 2 6 a に接続されるとともに、セラミックシート 3 2 3 のマージン部によって第 2 の外部電極 3 2 6 b から絶縁されている。また、素体 3 2 8 の第 2 の内部電極層 3 2 4 b は、第 2 の外部電極 3 2 6 b に接続されるとともに、セラミックシート 3 2 3 のマージン部によって第 1 の外部電極 3 2 6 a から絶縁されている。

【 0 0 3 9 】

図 4 において、第 1 の内部電極層 3 2 4 a の最上層は、素体 3 2 8 の表面 (図 4 において上面) を部分的に被覆する第 1 の引出電極層 3 2 5 a を構成し、第 2 の内部電極層 3 2 4 b の最下層は、素体 3 2 8 の裏面 (図 4 において下面) を部分的に被覆する第 2 の引出電極層 3 2 5 b を構成する。第 1 の引出電極層 3 2 5 a は、回路基板 3 3 (図 1) と電氣的に接続される一方の極の端子部 3 2 7 a を有し、第 2 の引出し電極層 3 2 5 b は、適宜の接合材を介して振動板 3 2 1 の第 1 の主面 3 2 a に電氣的かつ機械的に接続される。振動板 3 2 1 が導電性材料で構成される場合、接合材には、導電性接着剤、はんだ等の導電性接合材が用いられてもよく、この場合には他方の極の端子部を振動板 3 2 1 に設けることができる。

【 0 0 4 0 】

第 1 及び第 2 の外部電極 3 2 6 a , 3 2 6 b は、素体 3 2 8 の X 軸方向の両端面の略中央部に各種金属材料などの導電性材料によって形成されている。第 1 の外部電極 3 2 6 a は、第 1 の内部電極層 3 2 4 a 及び第 1 の引出電極層 3 2 5 a と電氣的に接続され、第 2 の外部電極 3 2 6 b は、第 2 の内部電極層 3 2 4 b 及び第 2 の引出電極層 3 2 5 b と電氣的に接続される。

【 0 0 4 1 】

このような構成により、外部電極 3 2 6 a , 3 2 6 b 間に交流電圧が印加されると、各内部電極層 3 2 4 a , 3 2 4 b 間にある各セラミックシート 3 2 3 が所定周波数で伸縮する。これにより、圧電素子 3 2 2 は振動板 3 2 1 に付与する振動を発生させることができる。この振動が、第 2 の空間部 S 2 (図 1) 内の空気を振動させることにより上記高音域の音波 (第 2 の音響) を発生させる。

【 0 0 4 2 】

ここで、第 1 及び第 2 の外部電極 3 2 6 a , 3 2 6 b は、図 4 に示すように、それぞれ素体 3 2 8 の上記両端面の各々から突出する。このとき、第 1 及び第 2 の外部電極 3 2 6 a , 3 2 6 b は、振動板 3 2 1 の第 1 の主面 3 2 a に向かって突出する隆起部 3 2 9 a , 3 2 9 b が形成される場合がある。そこで、上述の開口部 3 3 3 は、隆起部 3 2 9 a , 3 2 9 b を収容できる大きさに形成される。これにより、隆起部 3 2 9 a , 3 2 9 b と振動板 3 2 1 との接触による外部電極 3 2 6 a , 3 2 6 b 間の電氣的短絡が阻止される。

【 0 0 4 3 】

(支持部材)

10

20

30

40

50

イヤホン 100 は、筐体 40 の内部において圧電式発音体 32 を振動可能に支持する支持部材 50（支持部）を有する。図 5 は支持部材 50 の概略平面図、図 6 は支持部材 50 を含む発音ユニット 30 の分解側断面図である。

【0044】

支持部材 50 は、図 5 に示すようにリング状（円環状）のブロック体で構成される。支持部材 50 は、圧電式発音体 32 の振動板 321 の周縁部 321c を支持する支持面 51 と、筐体 40 の内壁面に対向する外周面 52 と、第 1 の空間部 S1 に臨む内周面 53 と、筐体 40（第 2 の筐体部 402）に接合される先端面 54 と、電磁式発音体 31 の周縁部に接合される底面 55 とを有する。

【0045】

支持面 51 は、円環状の粘着材層 61（第 1 の粘着材層）を介して振動板 321 の周縁部 321c に接合される。これにより、振動板 321 は支持部材 50 に対して弾性的に支持されるため、振動板 321 の共振のぶれが抑制され、振動板 321 の安定した共振動作が確保される。

【0046】

また、先端面 54 は、円環状の粘着材層 62（第 2 の粘着材層）を介して第 2 の筐体部 402 の周縁内周部に接合される。底面 55 は、円環状の粘着材層 63（第 3 の粘着材層）を介して電磁式発音体 31 に接合される。これにより、第 1 の筐体部 401 と第 2 の筐体部 402 との間で支持部材 50 を弾性的に挟持することができるため、支持部材 50 により圧電式発音体 32 を安定に支持することができる。

【0047】

粘着材層 61～63 は、適度な弾性を有する材料で構成され、典型的には、各々所定の径でカッティングされた両面粘着テープで構成される。これ以外にも、粘着材層 61～63 は、粘弾性樹脂の硬化物や加圧接着性の粘弾性フィルム等で構成されてもよい。また、粘着材層 61～63 が環状体で構成されることにより、電磁式発音体 31 と支持部材 50 との間の気密性、支持部材 50 と振動板 321 との間の気密性、そして、支持部材 50 と筐体 40 との間の気密性がそれぞれ高められ、第 1 及び第 2 の空間部 S1，S2 で発生した音波を効率よく導音路 41 へ導くことができる。

【0048】

支持部材 50 は、例えば、3 GPa 以上のヤング率（縦弾性係数）を有する材料で構成される。このような材料で構成された支持部材 50 は、比較的高い剛性を確保することができるため、7 kHz 以上の比較的高い周波数帯域で振動する圧電式発音体 32（振動板 321）を安定に支持することができる。

【0049】

支持部材 50 を構成する材料のヤング率の上限は特に限定されないが、例えば 5 GPa 以上の材料単体では、金属やセラミックス等の無機材料にほぼ限定されるため、重量や生産コスト等との兼ね合いで上限は適宜設定可能であり、例えば 500 GPa 以下とすることができる。一方、支持部材 50 を合成樹脂材料製とすることにより、軽量化、生産性の点で有利である。

【0050】

ヤング率が 3 GPa 以上の材料としては、例えば、金属材料、セラミックス、合成樹脂材料、合成樹脂材料を主体とする複合材料が挙げられる。金属材料としては、圧延鋼、ステンレス鋼、鋳鉄等の鉄系材料のほか、アルミニウムや黄銅等の非鉄系材料など、特に制限なく採用可能である。セラミックスとしては、SiC や Al₂O₃ 等の適宜の材料が適用可能である。

【0051】

合成樹脂材料としては、ポリフェニレンサルファイド（PPS）、ポリメチルメタアクリレート（PMMA）、ポリアセタール（POM）、硬質塩化ビニル、メチルメタクリレート・スチレン共重合体（MS）等が挙げられる。また、ポリカーボネート（PC）やスチレン・ブタジエン・アクリロニトリル共重合体（ABS）等のような単体で 3 GPa 以上

10

20

30

40

50

のヤング率を有しない樹脂材料であっても、これにガラス繊維等の繊維質や無機粒子等の微粒子からなるフィラー（充填材）が添加された、ヤング率（縦弾性係数）3 G P a 以上の複合材料（強化型プラスチック）が採用可能である。

【 0 0 5 2 】

支持部材 5 0 は、単純な板材ではなく領域によって厚みが異なる 3 次元形状に形成されてもよい。これにより断面二次モーメントが大きくなることができ、同一のヤング率を有する材料であっても剛性（曲げ剛性）をさらに高めることができる。

【 0 0 5 3 】

例えば本実施形態における支持部材 5 0 には、支持面 5 1 の外周縁部に沿って上方へ突出し、振動板 3 2 1 の周縁部 3 2 1 c を囲繞する環状片部 5 6（第 1 の環状片部）が設けられており（図 6 参照）、その頂部に上述した先端面 5 4 が形成されている。これにより支持部材 5 0 の外周側が内周側よりも厚肉となるため、捻りや曲げに対する剛性が高められる。

10

【 0 0 5 4 】

[イヤホンの動作]

続いて、以上のように構成される本実施形態のイヤホン 1 0 0 の典型的な動作について説明する。

【 0 0 5 5 】

本実施形態のイヤホン 1 0 0 において、発音ユニット 3 0 の回路基板 3 3 には、ケーブル 5 0 を介して再生信号が入力される。再生信号は、回路基板 3 3 を介して、電磁式発音体 3 1 及び圧電式発音体 3 2 にそれぞれ入力される。これにより、電磁式発音体 3 1 が駆動されて、主として 7 k H z 以下の低音域の音波が生成される。一方、圧電式発音体 3 2 においては、圧電素子 3 2 2 の伸縮動作により振動板 3 2 1 が振動し、主として 7 k H z 以上の高音域の音波が生成される。生成された各帯域の音波は、導音路 4 1 を介してユーザの耳に伝達される。このようにイヤホン 1 0 0 は、低音域用の発音体と高音域用の発音体とを有するハイブリッドスピーカとして機能する。

20

【 0 0 5 6 】

一方、電磁式発音体 3 1 によって発生した音波は、圧電式発音体 3 2 の通路部 3 3 0 を介して第 2 の空間部 S 2 へ伝播する音波成分と、通路部 3 3 0 を介して第 2 の空間部 S 2 へ伝播する音波成分との合成波で形成される。したがって、通路部 3 3 0 の大きさ、個数等を最適化することにより、電磁式発音体 3 1 から出力される低音域の音波を、例えば所定の低音帯域に音圧ピークが得られるような周波数特性に調整あるいはチューニングすることが可能となる。

30

【 0 0 5 7 】

[ディップについて]

図 7 A は、電磁式発音体 3 1 及び圧電式発音体 3 2 の音圧特性の一例を示す図である。図 7 B は、イヤホンの音圧特性の一例を示す図である。

【 0 0 5 8 】

図 7 A , B に示すように、イヤホンの再生音は、電磁式発音体 3 1 の再生音 S (DSP)（第 1 の音響）と圧電式発音体 3 2 の再生音 S (TW)（第 2 の音響）との合成音である。図 7 A に示すように、イヤホンの再生音は、9 k H z 以下の周波数帯域では電磁式発音体 3 1 の再生音 S (DSP) が支配的であり、9 k H z 以上の周波数帯域では圧電式発音体 3 2 の再生音 S (TW) が支配的である。

40

【 0 0 5 9 】

しかしながら、電磁式発音体 3 1 および圧電式発音体 3 2 の周波数特性によっては、図 7 B において符号 A で示すように、電磁式発音体 3 1 の再生音 S (DSP) の音圧 P (DSP)（第 1 の音圧）と圧電式発音体 3 2 の再生音 S (TW) の音圧 P (DSP)（第 1 の音圧）とが相互に交差するクロスオーバー周波数（約 9 k H z）付近において、これら再生音 S (DSP)、S (TW) の合成音圧レベルの急激な低下（ディップ）が生じる場合がある。これは、各再生音 S (DSP)、S (TW) の音響特性によっては、クロスオーバー周波数付近における各再生音 S (DS

50

P)、S(TW)の位相が相互に打ち消し合ってしまうためであると考えられる。

【0060】

本発明者らは、クロスオーバー周波数付近におけるディップ発生の問題は、2つの再生音S(DSP)、S(TW)の位相を適切に調整することにより解消できることを見出した。

【0061】

一般に、圧力波Pの音圧レベルは、 $SPL = 20 \log(p/p_0)$ と記述される。

圧力波Pの複素表現は、 $P = |P| \cos \theta + i |P| \sin \theta$ である。図8に示すように、

$$|P_{\text{Real}}| = |P| \cos \theta、$$

$$|P_{\text{Image}}| = |P| \sin \theta$$

したがって、再生音S(DSP)の音圧の実軸成分 $|P(\text{DSP})_{\text{Real}}|$ および虚軸成分 $|P(\text{DSP})_{\text{Image}}|$ 、ならびに、再生音S(TW)の音圧の実軸成分 $|P(\text{TW})_{\text{Real}}|$ および虚軸成分 $|P(\text{TW})_{\text{Image}}|$ は、それぞれ以下のように記述される。

$$|P(\text{DSP})_{\text{Real}}| = |P(\text{DSP})| \cos \theta_1、$$

$$|P(\text{TW})_{\text{Real}}| = |P(\text{TW})| \cos \theta_2、$$

$$|P(\text{DSP})_{\text{Image}}| = |P(\text{DSP})| \sin \theta_1、$$

$$|P(\text{TW})_{\text{Image}}| = |P(\text{TW})| \sin \theta_2$$

ここで、 θ_1 は、再生音S(DSP)の位相、 θ_2 は、再生音S(TW)の位相である。

交差周波数帯域(クロスオーバー周波数付近)においては、 $|P(\text{DSP})|$ 、 $|P(\text{TW})|$ と見なせるため、交差周波数帯域における音圧は、以下のように記述することができる。

$$|P(\text{DSP}+\text{TW})| = |P(\text{DSP})| \{ (\cos \theta_1 \cos \theta_2)^2 + (\sin \theta_1 + \sin \theta_2)^2 \}^{1/2} \quad 20$$

【0062】

ここで、再生音S(DSP)、S(TW)の繋がり、それぞれの位相の影響を受け、上式右辺の平方根の項の値は、繋がり、の程度を示す指標と考えることができる。そこで、この項を α と定義すると、

$$\alpha = \{ (\cos \theta_1 + \cos \theta_2)^2 + (\sin \theta_1 + \sin \theta_2)^2 \}^{1/2}$$

α は、 $\theta_1 = \theta_2$ 、すなわち、電磁式発音体31の再生音S(DSP)と圧電式発音体32の再生音S(TW)の位相差が0のときに、最大値 $\alpha = 2$ を取り、 $\theta_1 = \theta_2 + \pi$ のときに、2つの再生音S(DSP)、S(TW)が打ち消し合い、 $\alpha = 0$ となる。

つまり、 α は、0から2までの連続値をとる。

【0063】

[本実施形態の電気音響変換装置]

本実施形態のイヤホン100は、指標 α が0.5以上となるように構成されている。すなわち本実施形態では、電磁式発音体31の再生音S(DSP)の音圧 $P(\text{DSP})$ と圧電式発音体32の再生音S(TW)の音圧 $P(\text{TW})$ との交差周波数帯域における音圧の和 $P(\text{DSP}+\text{TW})$ が、当該交差周波数帯域における電磁式発音体31の音圧 $P(\text{DSP})$ の0.5倍以上となるように構成される。これにより、クロスオーバー付近でのディップの発生を抑制して音響特性の改善を図ることができる。

【0064】

音圧 $P(\text{DSP})$ と音圧 $P(\text{TW})$ との交差周波数帯域は、クロスオーバー周波数(約9kHz)を含む所定の周波数帯域をいい、例えば、8~10kHzの帯域を意味する。この帯域での合成音圧($P(\text{DSP}+\text{TW})$)を音圧 $P(\text{DSP})$ の0.5倍以上、より好ましくは、1倍以上とすることで、クロスオーバー付近におけるディップの発生を効率よく防止することができる。

【0065】

特に、圧電式発音体32の振動板321が小径化するほど(例えば直径が10mm以下の場合)、クロスオーバー周波数付近でのディップの発生がより顕著になる傾向にあるが、上述のように指標 α を適切に設定することで、クロスオーバー周波数付近において電磁式発音体31の再生音S(DSP)と圧電式発音体32の再生音S(TW)とが良好に繋がり、したがってディップを生じさせることなく良好な音響特性を確保することができる。

【0066】

指標 α の設定方法は特に限定されず、電磁式発音体31および圧電式発音体32のうち少

10

20

30

40

50

なくとも一方の音響特性の調整することで、指標 α を所望の値に設定することができる。例えば、振動板321の厚みを薄くしたり、剛性を低下させたりして、圧電式発音体32の共振周波数を下げるようにすれば、指標 α の設定が容易になる。

【0067】

これ以外にも、振動板321の周縁部を支持する粘着材層61(図1)の厚みや粘弾性を調整し、あるいは圧電素子322の中心を振動板321の中心軸C1に対してオフセットさせて振動板321の振動特性を調整することも、指標 α の設定に有利である。更には、支持部材50の材質(ヤング率)、剛性等が調整されてもよい。

【0068】

(適用例1)

図9Aは、指標 α が異なる2つのイヤホンの音響特性を比較して示す一実験結果である。図9Bは、比較例および本実施形態における指標 α の周波数特性を示している。図9A、Bにおいて「Dipあり」は、図7Aに示した比較例に係るイヤホンの音響特性に相当し、「Dipなし」は本実施形態に係るイヤホン100の音響特性に相当する。圧電式発音体32の振動板321の直径はいずれも12mmであるのに対し、共振周波数は、比較例(Dipあり)では9.9kHz、本実施形態(Dipなし)では9.2kHzである。

【0069】

図9A、Bに示すように、比較例のイヤホンは、電磁式発音体31の再生音S(DSP)と圧電式発音体32の再生音S(TW)との交差周波数帯域(8~10kHz)における指標 α が1以下であり、特に、クロスオーバー周波数(約9.5kHz)付近における指標 α は0.5以下である。これに対して本実施形態によれば、上記交差周波数帯域における指標 α は0.5以上であり、特に、クロスオーバー周波数付近における指標 α は1以上(2以下)である。このため本実施形態によれば、クロスオーバー周波数付近における音圧の急激な落ち込み、すなわちディップの発生が効果的に抑制され、特に本例では、クロスオーバー周波数付近の音圧の向上が認められた。

【0070】

(適用例2)

図10Aは、図10Bに示すような指標 α の周波数特性を有する比較例に係るイヤホンの音響特性を示す一実験結果である。

一方、図11Aは、図11Bに示すような指標 α の周波数特性を有する本実施形態に係るイヤホンの音響特性を示す一実験結果である。

本例では、圧電式発音体32の振動板321の直径はいずれも8mmであるのに対し、共振周波数は、比較例(図10A、B)では9.8kHz、本実施形態(図11A、B)では9.3kHzである。

【0071】

比較例に係るイヤホンにおいては、図10Bに示すように、3kHz~10kHzの広い範囲で指標 α の低下が著しく、クロスオーバー周波数(約9.5kHz)付近における指標 α の値が0.25と極めて低い。このため、クロスオーバー周波数を含む交差周波数帯域において電磁式発音体と圧電式発音体との合成音圧レベルの急激な低下(ディップ)が認められた(図10A参照)。

【0072】

これに対して本実施形態に係るイヤホン100においては、図11Bに示すように、指標 α の低下領域は認められるものの、指標 α が低下する周波数帯域はクロスオーバー周波数付近よりも低周波数帯域(3kHz~8kHz)側にシフトしている。しかも、クロスオーバー周波数付近での指標 α の値は最大値($\alpha=2$)に達しているため、ディップは認められないばかりか、音圧レベルの大幅な上昇をもたらすことが確認された(図11A参照)。

【0073】

以上のように本実施形態においては、2つの再生音S(DSP)、(TW)の交差周波数帯域における各再生音の繋がり程度の示す指標 α を導入するとともに、この指標 α の値が0.5以上、好ましくは1以上となるように圧電式発音体32の振動特性を調整するようにして

10

20

30

40

50

いる。これにより、クロスオーバー周波数付近におけるイヤホン 1 0 0 の音圧レベルの急激な低下（ディップ）の発生を抑えて、音響特性の改善を図ることができる。

【 0 0 7 4 】

しかも本実施形態によれば、圧電式発音体 3 2 の共振の鋭さ（Q）を低下させることなく共振周波数を最適化するようにしているため、クロスオーバー周波数付近の音圧レベルの低下をもたらすことなく、ディップの発生を抑えることができる。

【 0 0 7 5 】

以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明は上述の実施形態にのみ限定されるものではなく種々変更を加え得ることは勿論である。

【 0 0 7 6 】

例えば以上の実施形態では、圧電式発音体 3 2 の振動板 3 2 1 の直径が 1 2 m m および 8 m m である適用例について説明したが、直径が 1 0 m m あるいは 8 m m 以下の振動板を有する圧電式発音体にも同様に適用可能である。

【 0 0 7 7 】

また以上の実施形態では、電気音響変換装置としてイヤホンを例に挙げて説明したが、これに限られず、ヘッドホン、据え置き型スピーカ、携帯情報端末に内蔵されるスピーカ等にも本発明は適用可能である。

【 符号の説明 】

【 0 0 7 8 】

3 1 ... 電磁式発音体

3 2 ... 圧電式発音体

4 0 ... 筐体

5 0 ... 支持部材

1 0 0 ... イヤホン

3 2 1 ... 振動板

3 2 2 ... 圧電素子

10

20

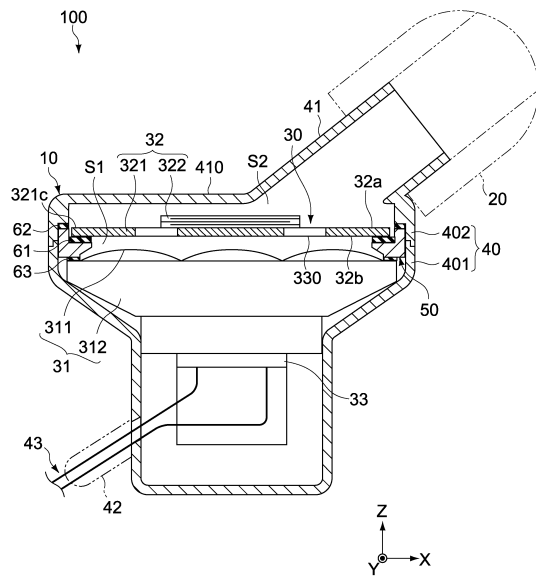
30

40

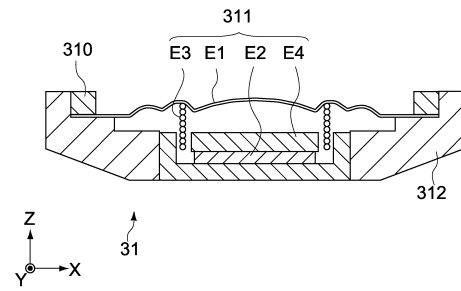
50

【図面】

【 図 1 】



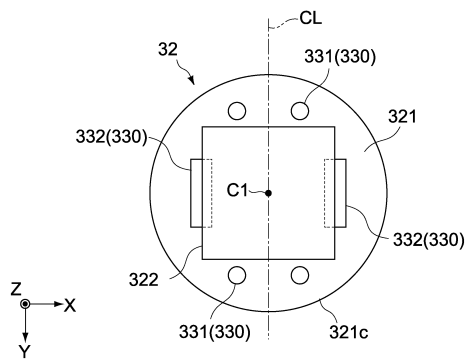
【圖 2】



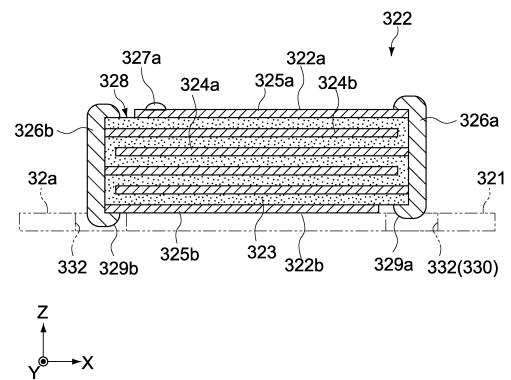
10

20

【 図 3 】



【 図 4 】

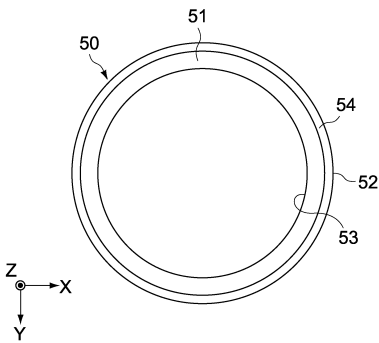


30

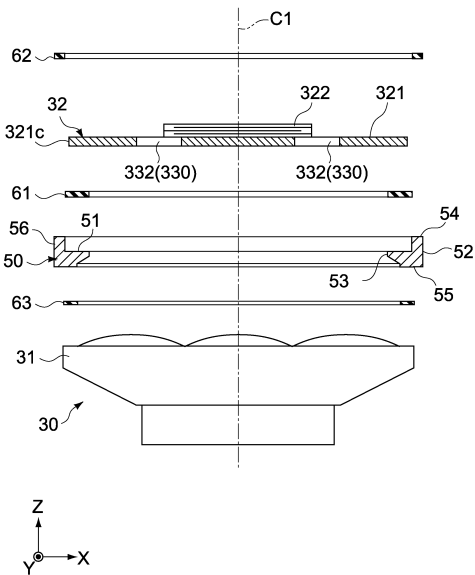
40

50

【 図 5 】



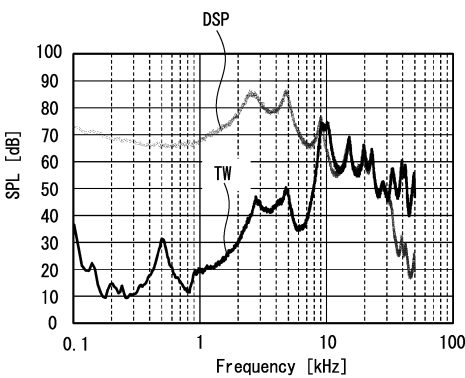
【 図 6 】



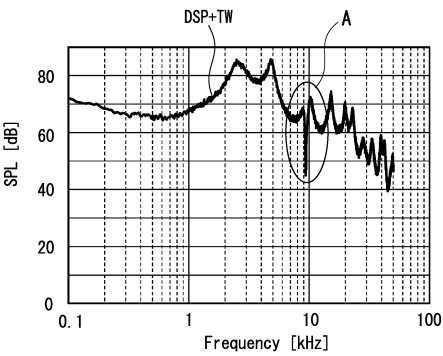
10

20

【 図 7 A 】



【 図 7 B 】

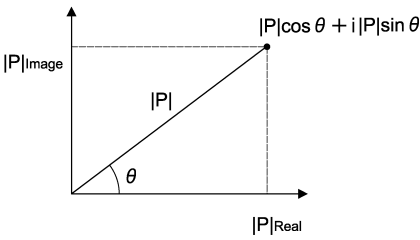


30

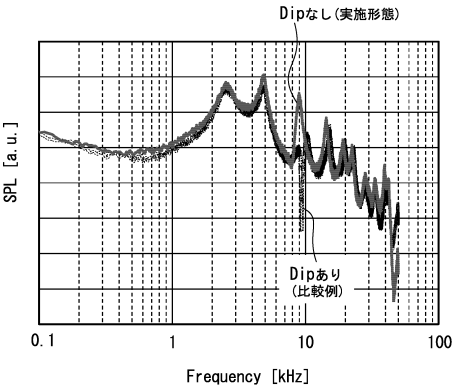
40

50

【図 8】

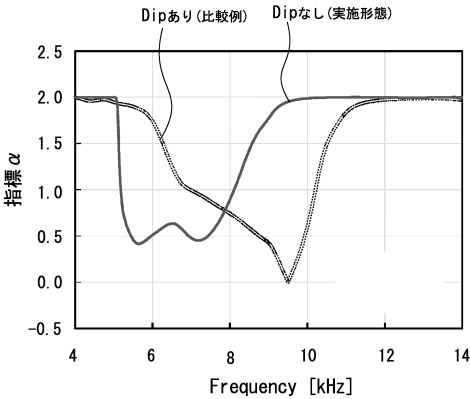


【図 9 A】

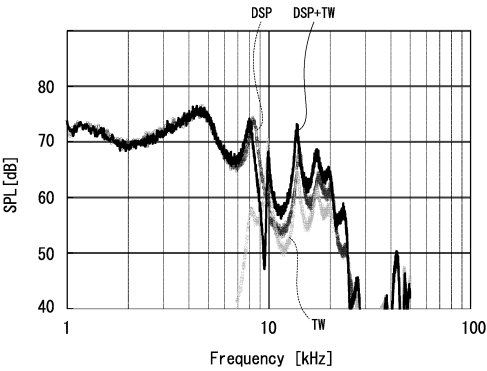


10

【図 9 B】



【図 10 A】



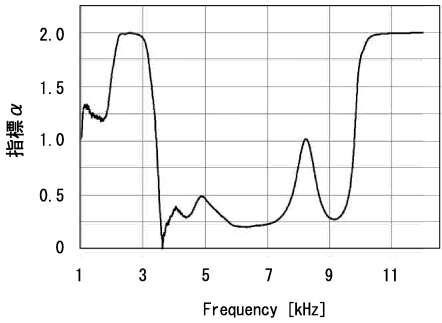
20

30

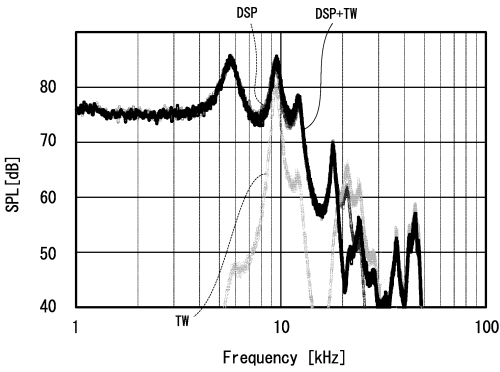
40

50

【図 1 0 B】

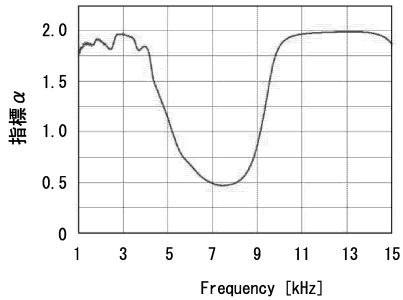


【図 1 1 A】



10

【図 1 1 B】



20

30

40

50

フロントページの続き

- (72)発明者 土信田 豊
東京都中央区京橋二丁目 7 番 1 9 号 太陽誘電株式会社内
- (72)発明者 富田 隆
東京都中央区京橋二丁目 7 番 1 9 号 太陽誘電株式会社内
- 審査官 辻 勇貴
- (56)参考文献 特開 2 0 1 6 - 2 2 5 8 5 7 (J P , A)
特開 2 0 1 6 - 0 8 6 3 9 8 (J P , A)
特開昭 5 9 - 0 1 2 7 0 0 (J P , A)
登録実用新案第 3 1 9 3 2 8 1 (J P , U)
中国実用新案第 2 0 3 8 9 6 5 0 2 (C N , U)
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
- | | |
|---------|-----------|
| H 0 4 R | 1 / 1 0 |
| H 0 4 R | 9 / 0 6 |
| H 0 4 R | 1 / 2 4 |
| H 0 4 R | 1 7 / 0 0 |