

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第6044164号
(P6044164)

(45) 発行日 平成28年12月14日 (2016. 12. 14)

(24) 登録日 平成28年11月25日 (2016. 11. 25)

(51) Int. Cl.

F 1

HO 4 R 1/28 (2006. 01) HO 4 R 1/28 3 1 O D

HO 4 R 1/02 (2006. 01) HO 4 R 1/02 1 O 1 Z

請求項の数 7 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2012-176086 (P2012-176086)	(73) 特許権者	000004075
(22) 出願日	平成24年8月8日 (2012. 8. 8)		ヤマハ株式会社
(65) 公開番号	特開2013-70362 (P2013-70362A)		静岡県浜松市中区中沢町 1 〇 番 1 号
(43) 公開日	平成25年4月18日 (2013. 4. 18)	(74) 代理人	100111763
審査請求日	平成27年6月22日 (2015. 6. 22)		弁理士 松本 隆
(31) 優先権主張番号	特願2011-196855 (P2011-196855)	(72) 発明者	塩澤 安生
(32) 優先日	平成23年9月9日 (2011. 9. 9)		静岡県浜松市中区中沢町 1 〇 番 1 号 ヤマ
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		ハ株式会社内
		(72) 発明者	鬼束 博文
			静岡県浜松市中区中沢町 1 〇 番 1 号 ヤマ
			ハ株式会社内
		(72) 発明者	三木 晃
			静岡県浜松市中区中沢町 1 〇 番 1 号 ヤマ
			ハ株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 音響装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

少なくとも一对の対向面に囲まれた空間を内包する筐体と、
前記空間内に位置する第 1 および第 2 の開口端を有する開管であって、前記空間に発生する定在波の略半波長の整数倍の管長を有し、前記第 1 の開口端が前記空間に発生する定在波の略腹の位置に配置された開管と
を具備することを特徴とする音響装置。

【請求項 2】

前記第 2 の開口端が前記空間において発生する定在波の略節の位置に配置されたことを特徴とする請求項 1 に記載の音響装置。

【請求項 3】

前記一对の対向面の対向方向に前記定在波の略 4 分の 1 波長の奇数倍の長さだけ離れた各位置に前記第 1 および第 2 の開口端が位置することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の音響装置。

【請求項 4】

前記第 2 の開口端が前記空間において発生する定在波の略腹の位置に配置されたことを特徴とする請求項 1 に記載の音響装置。

【請求項 5】

前記開管が前記空間に発生する定在波の略半波長の奇数倍の管長を有し、前記第 2 の開口端が前記定在波の前記略腹の位置または前記略腹と同相の略腹の位置に配置されたこと

を特徴とする請求項 4 に記載の音響装置。

【請求項 6】

前記開管が前記空間に発生する定在波の略半波長の偶数倍の管長を有し、前記第 2 の開口端が前記定在波の前記略腹と逆相の略腹の位置に配置されたことを特徴とする請求項 4 に記載の音響装置。

【請求項 7】

前記第 1 および第 2 の開口端の一方の開口端または両方の開口端の全部または一部が通気性吸音素材により覆われていることを特徴とする請求項 1 ～ 6 のいずれか 1 の請求項に記載の音響装置。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本発明は、管共鳴を利用して定在波を抑制する技術に関する。

【背景技術】

【0002】

音響機器などにおける壁に囲まれた空間では、空間内に固有周波数の音波が放射された場合に、空間の壁面間の音波の往復により定在波が発生してその音響特性に悪影響を及ぼすことが知られている。特許文献 1 ～ 3 には、音響機器の 1 つであるスピーカ内における定在波を抑制する技術の開示がある。特許文献 1 に開示されたスピーカ装置は、スピーカユニットと、これを内蔵したキャビネットと、キャビネットの内部に設けられたヘルムホルツ型共鳴器とを有する。このスピーカ装置では、キャビネット内において発生する定在波と同じ周波数でヘルムホルツ型共鳴器が共鳴するようにそのネック長 L 及びキャビティ容積 V が設計されている。このスピーカ装置によると、キャビネット内において定在波が発生した場合に、ヘルムホルツ型共鳴器が共鳴現象を発現し、この共鳴現象によって定在波が減衰する。特許文献 2 に開示されたスピーカ装置は、スピーカユニットと、これを内蔵するキャビネットと、開口端と閉塞端とを有する音響管（閉管）とを有する。このスピーカ装置の音響管は、キャビネット内において発生する定在波の最低共振モードの $1/4$ 倍の管長 L を有している。この音響管は、その開口端の位置がキャビネット内における定在波の音圧の腹（粒子速度の節）の位置に近くなるような姿勢でキャビネット内に収められている。このスピーカ装置では、キャビネット内において定在波（管長 L の 4 倍の波長を持った定在波）が発生した場合に、音響管内において共鳴波が発生する。この共鳴波は、音響管の開口端に音圧の節（粒子速度の腹）を有し、閉塞端に音圧の腹（粒子速度の節）を有するものとなる。よって、このスピーカ装置によると、キャビネット内における音圧分布の偏りが緩和され、キャビネット内の定在波が減衰する。特許文献 3 にも、特許文献 2 と同様の技術の開示がある。

20

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特許第 2 6 0 6 4 4 7 号公報

【特許文献 2】特許第 3 7 6 3 6 8 2 号公報

40

【特許文献 3】特開 2 0 0 8 - 1 3 1 1 9 9 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

特許文献 2 や 3 の技術は、空間における定在波の腹の位置と音響管における共鳴波の節の位置を合わせ、この位置において空間内における音圧分布を緩和することにより、定在波を低減するものである。従って、空間の中に収める音響管が閉管ではなく開管（両側が開いた管）であったとしても、空間内における定在波の腹の位置と開管における共鳴波の節の位置とが合うように開管を配置することさえできれば、特許文献 2 や 3 の技術と同様の効果が得られるはずであるが、このような技術は未だ実用化に至っていない。

50

【0005】

本発明は、このような課題に鑑みてなされたものであり、空間内において発生する定在波を開管の管共鳴を利用して抑制する技術的手段を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

この発明は、少なくとも一对の対向面に囲まれた空間を内包する筐体と、前記空間内に位置する第1および第2の開口端を有する開管であって、前記空間に発生する定在波の略半波長の整数倍の管長を有し、前記第1の開口端が前記空間に発生する定在波の略腹の位置に配置された開管とを具備することを特徴とする音響装置を提供する。

【0007】

10

この発明によれば、空間に定在波が発生すると、この定在波と共存し得ない定在波が開管内に発生するため、空間において発生する定在波が低減される。

【0008】

好ましい態様では、前記第2の開口端が前記空間において発生する定在波の略節の位置に配置されている。

【0009】

他の好ましい態様では、前記一对の対向面の対向方向に前記定在波の略4分の1波長の奇数倍の長さだけ離れた各位置に前記第1および第2の開口端が位置する。

【0010】

他の好ましい態様では、前記第2の開口端が前記空間において発生する定在波の略腹の位置に配置されている。

20

【0011】

他の好ましい態様では、前記第1および第2の開口端の一方の開口端または両方の開口端の全部または一部が通気性吸音素材により覆われている。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】本発明の第1実施形態の一例であるスピーカの正面図である。

【図2】本発明の第1実施形態の一例であるスピーカの正面図である。

【図3】同スピーカの効果の第1の検証結果である周波数応答を示す図である。

【図4】同スピーカ内における定在波と開管の開口端との位置関係を示す図である。

30

【図5】同スピーカの開管内における共鳴波の波形を示す図である。

【図6】同スピーカの効果の第2の検証の検証結果である周波数応答を示す図である。

【図7】同スピーカの効果の第3の検証のために作成したバスレフ型スピーカの斜視図である。

【図8】同スピーカの効果の第3の検証の検証結果である周波数応答を示す図である。

【図9】同スピーカの効果の第3の検証の検証結果である周波数応答を示す図である。

【図10】同スピーカの効果の第3の検証の検証結果である周波数応答を示す図である。

【図11】本発明の第2実施形態の一例であるスピーカの正面図である。

【図12】同スピーカの効果の検証結果である周波数応答を示す図である。

【図13】同スピーカ内における定在波と開管の開口端との位置関係を示す図である。

40

【図14】同スピーカの開管内における共鳴波の波形を示す図である。

【図15】本発明の第3実施形態であるスピーカの正面図である。

【図16】同スピーカの検証結果である周波数応答を示す図である。

【図17】本発明の第4実施形態であるスピーカの正面図である。

【図18】同スピーカの検証結果である周波数応答を示す図である。

【図19】同スピーカの検証結果である周波数応答を示す図である。

【図20】同スピーカの検証結果である周波数応答を示す図である。

【図21】本発明の他の実施形態であるスピーカの正面図である。

【図22】この発明による音響装置において筐体内の空間に発生する定在波と開管との関係を模式的にかつ網羅的に示す図である。

50

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、図面を参照し、この発明の実施の形態を説明する。

<第1実施形態>

図1(A)は、本発明の第1実施形態の音響装置であるスピーカ9の正面図である。このスピーカ9は、キャビネット1と、キャビネット1の外側に固定されたスピーカユニット2と、キャビネット1内の空間Sに収められた開管10とを有する。キャビネット1は、スピーカ9の筐体としての役割を果たす部材である。キャビネット1は、上下方向に対向する壁面4U及び4Dと、前後方向に対向する壁面4F及び4Bと、左右方向に対向する壁面4L及び4Rとに囲まれた中空な直方体状をなしている。キャビネット1内の空間Sにおける上下幅H（壁面4U及び4D間の距離：例えば、 $H = 1050\text{ mm}$ とする）は、奥行き幅L（壁面4F及び4B間の距離：例えば、 $L = 200\text{ mm}$ とする）や左右幅W（壁面4L及び4R間の距離：例えば、 $W = 300\text{ mm}$ とする）よりも充分に大きくなっている。

10

【0014】

スピーカユニット2は、スピーカ9における音の発生源としての役割を果たす装置である。スピーカユニット2は、放音面を外側に向けてキャビネット1の壁面4Uの略中央に埋め込まれている。スピーカユニット2にはオーディオ装置（不図示）から電気信号が入力される。スピーカユニット2は、この電気信号を音波として放射する。ここで、スピーカユニット2から空間Sにその固有周波数と同じ周波数の音波が伝わった場合、音波が空間Sの壁面4U及び4D間を往復し、壁面4U及び4D間を往復する複数の音波が合わさって壁面4U及び4D間の距離の $2/k$ （ $k = 1, 2 \dots$ ）倍の波長 λ_k （ $k = 1, 2 \dots$ ）を持った定在波 SW_k （ $k = 1, 2 \dots$ ）が発生する。

20

【0015】

開管10は、この定在波 SW_k を低減させる役割を果たす部材である。この開管10は、抑圧対象の定在波 SW_k のうち最も低次のもの（図1(A)の例では、1次の定在波 SW_1 ）の略半波長分の管長を有している。この開管10は、一方の開口端11から他方の開口端12に至る途中の2点において90度ずつ屈曲したJ字状をなしている。この開管10は、以下に示す2つの条件a1及びb1を満たすような姿勢で空間S内に収められている。

30

- a1. 空間S内における抑圧対象の定在波 SW_k のうち最も低次のものの音圧の略腹LPの位置と略節NDの位置に一方の開口端11と他方の開口端12が各々配置されること
- b1. 空間S内における壁面4U及び4Dの2つの対向面の対向方向に定在波 SW_k の略4分の1波長分だけ離れた各位置に一方の開口端11と他方の開口端12が各々配置されること

【0016】

以上が、本実施形態であるスピーカ9の構成の詳細である。ここで、図1(A)の例では、1次の定在波 SW_1 の2つの腹 LP_{1-1} 及び LP_{1-2} のうち壁面4Uの側の腹 LP_{1-1} の位置に開口端11が配置され、2つの腹 LP_{1-1} 及び LP_{1-2} の間の節 ND_{1-1} の位置に開口端12が配置されている。しかし、図1(B)の例に示すように、壁面4Dの側の腹 LP_{1-2} の位置に開口端11が配置され、節 ND_{1-1} の位置に開口端12が配置されるような姿勢にしてもよい。図1(A)及び図1(B)に示すような姿勢で開管10を空間Sの中に収めることにより、空間S内における1次以上の定在波 SW_k を低減させることができる。また、周知のように、スピーカ9のキャビネット1をなす壁面4U、4D、4L、4R、4F、4Bにおける1次の定在波 SW_1 の節 ND_{1-1} の位置に音の発生源がある場合、空間S内における奇数次の定在波 SW_1 、 SW_3 、 $SW_5 \dots$ がこの音の発生源の振動によって抑圧される（詳しくは、特許文献3を参照）。よって、図2の例のスピーカ9Aのように、1次の定在波 SW_1 の節 ND_{1-1} の位置にスピーカユニット2があるものについては、2次の定在波 SW_2 の略半波長分の管長を有する開管20を上記した条件a1及びb1を満たすような姿勢で空間S内に収めるようにしてもよい。こ

40

50

のような姿勢で開管 20 を空間 S の中に収めることによって、空間 S 内における 1 次以上の定在波 SW_k を低減させることができる。

【0017】

ここで、発明者らは、本実施形態の効果を確認するための 3 つの検証を行った。まず、第 1 の検証の内容について説明する。第 1 の検証では、発明者らは、図 1 (A) の例のスピーカ 9 について、スピーカユニット 2 にテスト音信号 ST (例えば、ホワイトノイズ) を入力し、スピーカユニット 2 から放射される音波を空間 S 内の測定点 P (より具体的には、壁面 4D, 4B, 及び 4R が交差する位置の内側近傍の測定点 P (図 1 (A) 参照)) で測定した場合における入力信号 ST と測定信号 SM のスペクトルの差である周波数応答 $R-9$ をシミュレーションにより計算した。また、スピーカ 9 から開管 10 を取り除いたスピーカ 9' についても同様に、スピーカユニット 2 にテスト音信号 ST を入力し、スピーカユニット 2 から放射される音波を測定点 P で測定した場合における入力信号 ST と測定信号 SM のスペクトルの差である周波数応答 $R-9'$ をシミュレーションにより計算した。図 3 は、周波数応答 $R-9$ 及び $R-9'$ を周波数軸を揃えて示したものである。

【0018】

図 3 を参照すると、周波数応答 $R-9$ 及び $R-9'$ のいずれにおいても、160 Hz、320 Hz、480 Hz、650 Hz、820 Hz、960 Hz 付近にピークが現れている。そして、周波数応答 $R-9$ では、650 Hz 付近のピークの振幅が周波数応答 $R-9'$ のものとはほぼ同じであるものの、160 Hz、320 Hz、480 Hz、820 Hz、970 Hz 付近のピークの振幅が周波数応答 $R-9'$ のものよりも小さくなっている。また、周波数応答 $R-9$ では、160 Hz、320 Hz、480 Hz、820 Hz、970 Hz 付近のピークが割れている。このことから、スピーカ 9 により空間 S 内における 1 次の定在波 SW_1 (160 Hz)、2 次の定在波 SW_2 (320 Hz)、3 次の定在波 SW_3 (480 Hz)、5 次の定在波 SW_5 (820 Hz)、6 次の定在波 SW_6 (970 Hz) を抑制できることが確認された。

【0019】

発明者らは、この第 1 の検証の検証結果を踏まえ、図 1 (A) の例のスピーカ 9 によって 4 次を除く定在波 SW_1 、 SW_2 、 SW_3 、 SW_5 、 SW_6 が抑制される理由を次のように推測した。図 4 に示すように、スピーカ 9 では、空間 S 内における開管 10 の開口端 11 は定在波 SW_1 の腹 LP_{1-1} の位置に配置されている。この定在波 SW_1 の腹 LP_{1-1} の位置は、2 次以降の定在波 SW_2 、 SW_3 、 SW_4 、 SW_5 …の腹 LP_{2-1} 、 LP_{3-1} 、 LP_{4-1} 、 LP_{5-1} …にあたる。また、空間 S 内における開管 10 の開口端 12 は定在波 SW_1 の節 ND_{1-1} の位置に配置されている。この定在波 SW_1 の節 ND_{1-1} の位置は、2 次以降の偶数次の定在波 SW_2 、 SW_4 の腹 LP_{2-2} 、 LP_{4-3} 、及び 3 次以降の奇数次の定在波 SW_3 、 SW_5 の節 ND_{3-2} 、 ND_{5-3} にあたる。よって、空間 S 内において定在波 SW_k ($k=1, 2, \dots$) が発生した場合、開管 10 の開口端 11 の近傍の媒質 (空気) は奇数次と偶数次の定在波 SW_k の腹 LP の位置の音圧変化によって加振され、開口端 12 の近傍の媒質 (空気) は偶数次の定在波 SW_k の腹 LP の位置の音圧変化によって加振される。

【0020】

ここで、空間 S 内の 1 次の定在波 SW_1 と開管 10 内の媒質 (空気) の挙動との関係に着目すると、開管 10 内では、開口端 11 の近傍の媒質 (空気) が定在波 SW_1 の腹 LP_{1-1} の音圧変化により加振され、開口端 11 から開口端 12 に向かう進行波 TW_1 が発生する。この進行波 TW_1 は、開管 10 内を伝わって開口端 12 に到達する。空間 S における開管 10 の開口端 12 が配置されている位置は定在波 SW_1 の節 ND_{1-1} の位置であるから、進行波 TW_1 が開口端 12 に到達しても開口端 12 の近傍の媒質 (空気) は殆ど振動しない。このため、進行波 TW_1 が開口端 12 に到達すると、開口端 12 において反射波 RW_1 が発生する。そして、開管 10 内においてこの反射波 RW_1 と進行波 TW_1 が合成されると、定在波 SW_1 と同じ波長 λ_1 を持った共鳴波 XW_1 が発生する。この共鳴波 XW_1 は、進行波 TW_1 とこの進行波 TW_1 を開口端 12 で反射させた反射波 RW_1

とを合成してできたものであるから、図5 (A) に示すように、この共鳴波 XW_1 における開口端 1 1 の側と開口端 1 2 の側は各々節NDになる。このため、開口端 1 1 の位置において定在波 SW_1 の音圧分布が緩和される。発明者らは、定在波 SW_1 が減衰されるのは以上のような理由によると推測した。また、開口端 1 2 の位置に節NDがあることは奇数次の全ての定在波 SW_k についても同様である。よって、発明者らは、3 次以上の奇数次の定在波 SW_3 、 SW_5 、 SW_7 …も定在波 SW_1 と同じ理由によって減衰されると推測した。

【0021】

次に、空間S内の2次の定在波 SW_2 と開管10内の媒質（空気）の挙動との関係に着目すると、開管10内では、開口端 1 1 及び 1 2 の近傍の媒質（空気）が定在波 SW_2 の腹 LP_{2-1} 及び LP_{2-2} の音圧変化により加振され、互いの進行方向が逆で互いの間に π の位相差を持った進行波 TW_2 及び TW_2' が発生する。進行波 TW_2 及び TW_2' が π の位相差を持ったものとなるのは、定在波 SW_k における隣り合う2つの腹LPの音圧は π の位相差を持って変化しているからである。そして、開管10内において進行波 TW_2 及び TW_2' が合成されると、定在波 SW_2 と同じ波長 λ_2 を持った共鳴波 XW_2 が発生する。この共鳴波 XW_2 は π の位相差を持った進行波 TW_2 及び TW_2' を合成してできるものであるから、図5 (B) に示すように、この共鳴波 XW_2 における開口端 1 1 及び 1 2 間の真中は節NDになる。また、開管10の管長（1次の定在波 SW_1 の半波長分の管長）は定在波 SW_2 の波長 λ_2 ($\lambda_2 = \lambda_1 / 2$) と同じであるから、開口端 1 1 及び 1 2 間の真中が節NDになれば開口端 1 1 及び 1 2 の側もまた節NDになる。このため、開口端 1 1 及び 1 2 の位置において定在波 SW_2 の音圧分布が緩和される。発明者らは、定在波 SW_2 が減衰されるのは以上のような理由によると推測した。また、開口端 1 1 の位置の音圧と開口端 1 2 の位置の音圧が π の位相差を持って変化することは6次の定在波 SW_6 や10次の定在波 SW_{10} についても同様である。よって、発明者らは、6 次の定在波 SW_6 や10次の定在波 SW_{10} も2次の定在波 SW_2 と同様の理由によって減衰されると推測した。

【0022】

次に、空間S内の4次の定在波 SW_4 と開管10内の媒質（空気）の挙動との関係に着目すると、開管10内では、開口端 1 1 及び 1 2 の近傍の媒質（空気）が定在波 SW_4 の腹 LP_{4-1} 及び LP_{4-2} の音圧変化により加振され、互いの進行方向が逆で同じ位相を持った進行波 TW_4 及び TW_4' が発生する。進行波 TW_4 及び TW_4' が同位相となるのは、定在波 SW_k における1つの腹LPを間に挟んで隔てられた2つ腹LPの音圧は、同位相で変化しているからである。そして、開管10内において進行波 TW_4 及び TW_4' が合成されると、定在波 SW_4 と同じ波長 λ_4 を持った共鳴波 XW_4 が発生する。この共鳴波 XW_4 は、同位相の進行波 TW_4 及び TW_4' を合成してできるものであるから、図5 (C) に示すように、この共鳴波 XW_4 における開口端 1 1 及び 1 2 間の真中は腹LPになる。また、開管10の管長（1次の定在波 SW_1 の半波長分の管長）は定在波 SW_4 の波長 λ_4 ($\lambda_4 = \lambda_1 / 4$) の2倍であるから、開口端 1 1 及び 1 2 間の真中が腹LPになれば開口端 1 1 及び 1 2 の側もまた腹LPになる。このため、開口端 1 1 及び 1 2 の位置では定在波 SW_4 の音圧分布が緩和されない。発明者らは、4 次の定在波 SW_4 だけ減衰が起こらなかったのは以上の理由によると推測した。また、開口端 1 1 の位置の音圧と開口端 1 2 の位置の音圧が同位相で変化することは8次の定在波 SW_8 についても同様である。よって、発明者らは、8 次の定在波 SW_8 も4次の定在波 SW_4 と同様の理由によって減衰が起こらないと推測した。

【0023】

次に、第2の検証の内容について説明する。第2の検証では、発明者らは、図2に示したスピーカ9Aについて、スピーカユニット2にテスト音信号STを入力し、スピーカユニット2から放射される音波を空間S内の測定点P（より具体的には、壁面4D、4B、及び4Rが交差する位置の内側近傍の測定点P（図2参照））で測定した場合における入力信号STと測定信号SMのスペクトルの差である周波数応答R-9Aをシミュレーショ

10

20

30

40

50

ンにより計算した。また、スピーカ 9 A から開管 10 を取り除いたスピーカ 9 A' についても同様に、スピーカユニット 2 にテスト音信号 S T を入力し、スピーカユニット 2 から放射される音波を測定点 P で測定した場合における入力信号 S T と測定信号 S M のスペクトルの差である周波数応答 $R-9 A'$ をシミュレーションにより計算した。図 6 は、周波数応答 $R-9 A$ 及び $R-9 A'$ を周波数軸を揃えて示したものである。

【0024】

図 6 を参照すると、周波数応答 $R-9 A$ 及び $R-9 A'$ のいずれにおいても、160 Hz、320 Hz、480 Hz、650 Hz、820 Hz、970 Hz 付近にピークが現れているものの、周波数応答 $R-9 A$ では、160 Hz、320 Hz、480 Hz、650 Hz、820 Hz、970 Hz 付近のピークの振幅が周波数応答 $R-9 A'$ のものよりも小さくなっている。また、周波数応答 $R-9 A$ では、320 Hz、480 Hz、650 Hz、820 Hz、970 Hz 付近のピークが割れている。このことから、スピーカ 9 A により空間 S 内における 1 次～6 次までの定在波 $SW_1 \sim SW_6$ を抑制できることが確認された。

【0025】

次に、第 3 の検証の内容について説明する。第 3 の検証では、発明者らは、バスレフ型スピーカの中に 2 次の定在波 SW_2 の略半波長分の管長を持った開管を収めてその周波数応答を実測した。より具体的に説明すると、図 7 に示すように、バスレフ型スピーカ SP_{BS} の内部の空間 S (縦幅 H (H=1050 mm)、横幅 W (W=200 mm)、奥行き L (L=300 mm) の寸法の空間 S) の中に 2 次の定在波 SW_2 の略半波長分の管長の開管 O P を上記条件 a 1 及び b 1 を満たすような姿勢で収容したものをスピーカ 9 A_{BS} とした。また、スピーカ 9 A_{BS} から開管 O P を除去したものをスピーカ 9 A_{BS}' とした。

【0026】

その上で、スピーカ 9 A_{BS} 及び 9 A_{BS}' における中央のスピーカユニット SU_{CNT} の正面近傍の位置を第 1 の測定点 P-1 とし、スピーカ 9 A_{BS} 及び 9 A_{BS}' におけるバスレフポート B P の正面近傍の位置を第 2 の測定点 P-2 とし、スピーカユニット SU_{CNT} のある側と反対の壁面の略中央の内側の位置を第 3 の測定点 P-3 とした。そして、スピーカ 9 A 及び 9 A' のスピーカユニット SU_{CNT} に音信号を入力し、この音信号に応じてスピーカユニット SU_{CNT} から放射される音波を測定点 P-1、P-2、P-3 で測定した。

【0027】

そして、スピーカ 9 A_{BS} について、スピーカユニット SU_{CNT} の入力信号 S T と測定点 P-1、P-2、P-3 における測定信号 S M のスペクトルの差である周波数応答 $R_1-9 A_{BS}$ 、 $R_2-9 A_{BS}$ 、 $R_3-9 A_{BS}$ を算出した。スピーカ 9 A_{BS}' についても同様に、スピーカユニット SU_{CNT} の入力信号 S T と測定点 P-1、P-2、P-3 における測定信号 S M のスペクトルの差である周波数応答 $R_1-9 A_{BS}'$ 、 $R_2-9 A_{BS}'$ 、 $R_3-9 A_{BS}'$ を算出した。図 8 は、周波数応答 $R_1-9 A_{BS}$ 及び $R_1-9 A_{BS}'$ を周波数軸を揃えて示したものである。図 9 は、周波数応答 $R_2-9 A_{BS}$ 及び $R_2-9 A_{BS}'$ を周波数軸を揃えて示したものである。図 10 は、周波数応答 $R_3-9 A_{BS}$ 及び $R_3-9 A_{BS}'$ を周波数軸を揃えて示したものである。

【0028】

図 8、図 9、図 10 における周波数応答 $R_1-9 A_{BS}'$ 、 $R_2-9 A_{BS}'$ 、 $R_3-9 A_{BS}'$ では、300 Hz 付近にピークが発生している。これは、バスレフ型スピーカ SP_{BS} におけるバスレフポート B P の共鳴によつては 2 次の定在波 SW_2 を効果的に抑制できていないことを示すものである。これに対し、周波数応答 $R_1-9 A_{BS}$ 、 $R_2-9 A_{BS}$ 、 $R_3-9 A_{BS}$ では、300 Hz 付近にピークが 2 つに割れており、各々の振幅が周波数応答 $R_1-9 A_{BS}'$ 、 $R_2-9 A_{BS}'$ 、 $R_3-9 A_{BS}'$ のそれより小さくなっている。このことから、スピーカ 9 A_{BS} により抑圧対象である 2 次の定在波 SW_2 を抑制できることが確認された。

【0029】

ここで、上述した第2の検証の検証結果（図6）では、1次～6次までの定在波 $SW_1 \sim SW_6$ を抑制できることが確認されたのに対し、第3の検証の検証結果（図8，図9，図10）では、3次～6次の高次の定在波 $SW_3 \sim SW_6$ を抑制できることを確認できなかった。発明者らはこの理由を次のように推測した。仮に、スピーカ9 A_{BS} 内が完全な密閉空間であったならば、2次以降の定在波 $SW_2, SW_3, SW_4 \dots$ の波長 $\lambda_2, \lambda_3, \lambda_4 \dots$ は1次の定在波 SW_1 の波長 λ_1 の整数倍と一致する。しかし、スピーカ9 A_{BS} のバスレフポートBPのような付加要素がある場合、2次以降の定在波 $SW_2, SW_3, SW_4 \dots$ の $\lambda_2, \lambda_3, \lambda_4$ は1次の定在波 SW_1 の整数倍と一致しない場合がある。これに対し、スピーカ9 A_{BS} の開管OP内における2次以降の共鳴波 $XW_2, XW_3, XW_4 \dots$ の波長は常に1次の共鳴波 XW_1 の整数倍と一致する。このため、スピーカ9 A_{BS} では、高次の定在波 SW と共鳴波 XW との間に周波数の不一致が発生する場合がある。発明者らは、以上の理由から、スピーカ9 A_{BS} では3次～6次の定在波 $SW_3 \sim SW_6$ が抑制されなかったと推測した。

10

【0030】

<第2実施形態>

図11（A）は、本発明の第2実施形態の音響装置であるスピーカ9Bの正面図である。このスピーカ9Bは、スピーカ9（第1実施形態）におけるキャビネット1の空間S（壁面4U及び4D、壁面4F及び4B、並びに壁面4L及び4Rの3対の対向面に囲まれた中空な空間S）の中の開管10を開管30に置き換えたものである。この開管30は、1次の定在波 SW_1 の略半波長分の管長を有している。この開管30はU字状をなしている。そして、この開管30は、以下に示す条件c1を満たすような姿勢で空間S内に収められている。

20

c1．空間S内における抑圧対象の定在波 SW_k のうち最も低次のものの同じ腹LPの位置またはその近傍に開管30の両方の開口端31及び32が配置されること

【0031】

以上が、本実施形態であるスピーカ9Bの構成の詳細である。ここで、図11（A）の例では、1次の定在波 SW_1 の2つの腹 LP_{1-1} 及び LP_{1-2} のうち壁面4Uの側の腹 LP_{1-1} の位置に開口端31及び32が配置されている。しかし、図11（B）の例に示すように、壁面4Dの側の腹 LP_{1-2} の位置に開口端31及び32が配置されるような姿勢にしてもよい。図11（A）または図11（B）に示すような姿勢で開管30を空間Sの中に収めることにより、空間S内における1次以上の定在波 SW_k を低減させることができる。

30

【0032】

発明者らは、本実施形態の効果を確認するため、以下の検証を行った。発明者らは、図11（A）の例のスピーカ9Bについて、スピーカユニット2にテスト音信号STを入力し、スピーカユニット2から放射される音波を空間S内の測定点P（より具体的には、壁面4D、4B、及び4Rが交差する位置の内側近傍の測定点P（図11（A）参照））で測定した場合における入力信号STと測定信号SMのスペクトルの差である周波数応答 $R-9B$ をシミュレーションにより計算した。また、スピーカ9Bから開管30を取り除いたスピーカ9B'についても同様に、スピーカユニット2にテスト音信号STを入力し、スピーカユニット2から放射される音波を測定点Pで測定した場合における入力信号STと測定信号SMのスペクトルの差である周波数応答 $R-9B'$ をシミュレーションにより計算した。図12は、周波数応答 $R-9B$ 及び $R-9B'$ を周波数軸を揃えて示したものである。

40

【0033】

図12を参照すると、周波数応答 $R-9B$ 及び $R-9B'$ のいずれにおいても、160Hz、320Hz、480Hz、650Hz、820Hz、970Hz付近にピークが現れている。そして、周波数応答 $R-9B$ では、320Hz、650Hz、970Hz付近のピークの振幅は周波数応答 $R-9B'$ のものとはほぼ同じであるものの、160Hz、4

50

80Hz、820Hz付近のピークの振幅は周波数応答R-9B'のものよりも小さくなっている。また、周波数応答R-9Bでは、160Hz、480Hz、820Hz付近のピークが割れている。このことから、スピーカ9Bによると空間S内における1次の定在波 SW_1 (160Hz)、3次の定在波 SW_3 (480Hz)、5次の定在波 SW_5 (820Hz)を抑制できることが確認された。

【0034】

発明者らは、この検証結果を踏まえ、スピーカ9Bの空間S内において定在波 SW_1 、 SW_3 、 SW_5 が抑制される理由を次のように推測した。図13に示すように、スピーカ9Bでは、空間S内における開管30の2つの開口端31及び32の両方が定在波 SW_1 の腹 LP_{1-1} の位置に配置されている。この定在波 SW_1 の腹 LP_{1-1} の位置は、2次以降の定在波 SW_2 、 SW_3 、 SW_4 、 SW_5 、 SW_6 …の腹 LP_{2-1} 、 LP_{3-1} 、 LP_{4-1} 、 LP_{5-1} …にあたる。よって、空間S内において定在波 SW_k ($k=1, 2, \dots$)が発生した場合、開管30の開口端31及び32の近傍の媒質(空気)は各定在波 SW_k の腹LPの位置の音圧変化によって加振される。

【0035】

ここで、空間S内の1次の定在波 SW_1 と開管30内の媒質(空気)の挙動との関係に着目すると、開管30内では、開口端31及び32の近傍の媒質(空気)が定在波 SW_1 の腹 LP_{1-1} の音圧変化により加振され、互いの進行方向が逆で同じ位相を持った進行波 TW_1 及び TW_1' が発生する。進行波 TW_1 及び TW_1' が同位相となるのは、進行波 TW_1 及び TW_1' の発生源が同じだからである。そして、開管30内において進行波 TW_1 及び TW_1' が合成されると、定在波 SW_1 と同じ波長 λ_1 を持った共鳴波 XW_1 が発生する。この共鳴波 XW_1 は、同位相の進行波 TW_1 及び TW_1' を合成してできるものであるから、図14(A)に示すように、この共鳴波 XW_1 における開口端31及び32間の真中は腹LPになる。開管30の管長は定在波 XW_1 の半波長分の長さ $\lambda_1/2$ と同じであるから、開口端31及び32間の真中が腹LPになると開口端31及び32の側は節NDになる。このため、開口端31及び32の位置において定在波 SW_1 の音圧分布が緩和される。発明者らは、定在波 SW_1 が減衰されるのは以上の理由によると推測した。また、開管30の開口端31及び32の近傍の媒質(空気)が定在波 SW_3 、 SW_5 、 SW_7 …により加振されてできる共鳴波 XW_3 、 XW_5 、 XW_7 …も、開口端31及び32の側は節NDになる。よって、発明者らは、3次以降の奇数次の定在波 SW_3 、 SW_5 、 SW_7 …も定在波 SW_1 と同じ理由によって減衰されると推測した。

【0036】

次に、空間S内の2次の定在波 SW_2 と開管30内の媒質(空気)の挙動との関係に着目すると、開管30内では、開口端31及び32の近傍の媒質(空気)が定在波 SW_2 の腹 LP_{2-1} の音圧変化により加振され、互いの進行方向が逆で同じ位相を持った進行波 TW_2 及び TW_2' が発生する。そして、開管30内において進行波 TW_2 及び TW_2' が合成されると、定在波 SW_2 と同じ波長 λ_2 を持った共鳴波 XW_2 が発生する。図14(B)に示すように、この共鳴波 XW_2 における開口端31及び32間の真中は腹LPになる。開管30の管長は定在波 XW_2 の波長 λ_2 と同じであるから、開口端31及び32間の真中が腹LPになれば開口端31及び32の側もまた腹LPになる。このため、開口端31及び32の位置において定在波 SW_2 の音圧分布は緩和されない。発明者らは、定在波 SW_2 の減衰が起こらないのは以上の理由によると推測した。また、開管30の開口端31及び32の近傍の媒質(空気)が定在波 SW_4 、 SW_6 、 SW_8 …により加振されてできる共鳴波 XW_4 、 XW_6 、 XW_8 …も、開口端31及び32の側は腹LPになる。よって、発明者らは、4次以降の偶数次の定在波 SW_4 、 SW_6 、 SW_8 …も定在波 SW_2 と同じ理由によって減衰が起こらないと推測した。

【0037】

<第3実施形態>

図15は、本発明の第3実施形態であるスピーカ9Dの正面図である。このスピーカ9Dは、キャビネット1'と、キャビネット1'の外側に固定されたスピーカユニット2'

と、キャビネット1'内の空間S'に収められた開管40'とを有する。キャビネット1'は、上下方向に対向する壁面4U'及び4D'と、前後方向に対向する壁面4F'及び4B'と、左右方向に対向する壁面4L'及び4R'とに囲まれた中空な直方体状をなしている。キャビネット1'内の空間S'における左右幅W'（壁面4L'及び4R'間の距離：例えば、 $W' = 430\text{ mm}$ とする）は、奥行き幅L'（壁面4F'及び4B'間の距離：例えば、 $L' = 200\text{ mm}$ とする）よりも大きくなっている。また、空間S'における上下幅H'（壁面4U'及び4D'間の距離：例えば、 $H' = 1050\text{ mm}$ とする）は左右幅W'よりも大きくなっている。

【0038】

このスピーカ9Dのスピーカユニット2'は、キャビネット1'の壁面4F'の略中央（空間S'において発生する1次の定在波 SW_1 の節 ND_{1-1} の位置）に固定されている。スピーカ9Dの開管40'は、空間S'において発生する2次の定在波 SW_2 の略半波長分の管長を持った直線状をなしている。この開管40'は、壁面4U'及び4D'の2つの対向面の対向方向に対して傾いた姿勢で空間S'内における壁面4F'上に固定されている。この開管40'の開口端41'は定在波 SW_2 の略節 ND_{2-1} の位置に配置されており、開口端42'は定在波 SW_2 の略腹 LP_{2-2} の位置に配置されている。このスピーカ9Dによると、壁面4U'及び4D'の対向方向に発生している定在波 SW_k を抑制することができる。また、このスピーカ9Dでは、開管40'が一直線状をなしているため、開管40'の加工をスピーカ9～9Cの場合よりも簡単に行うことができる。

【0039】

ここで、発明者らは、本実施形態の効果を確認するため、次のような検証を行った。発明者らは、図15に示したスピーカ9Dについて、スピーカユニット2'にテスト音信号STを入力し、スピーカユニット2'から放射される音波を空間S'内の測定点P（より具体的には、壁面4D'、4B'、及び4R'が交差する位置の内側近傍の測定点P（図15参照））で測定した場合における入力信号STと測定信号SMのスペクトルの差である周波数応答R-9Dをシミュレーションにより計算した。また、スピーカ9Dから開管40'を取り除いたスピーカ9D'についても同様に、スピーカユニット2'にテスト音信号STを入力し、スピーカユニット2'から放射される音波を測定点Pで測定した場合における入力信号STと測定信号SMのスペクトルの差である周波数応答R-9D'をシミュレーションにより計算した。図16は、周波数応答R-9D及びR-9D'を周波数

【0040】

図16を参照すると、周波数応答R-9D及びR-9D'のいずれにおいても、300Hz付近にピークが現れている。しかし、周波数応答R-9D'では、300Hz付近のピークの振幅が周波数応答R-9Dのものよりも小さくなっている。また、周波数応答R-9Dでは、300Hz付近のピークが割れている。このことから、スピーカ9D'により空間S'内における2次の定在波 SW_2 を抑制できることが確認された。

【0041】

<第4実施形態>

図17は、本発明の第4実施形態であるスピーカ9Eの正面図である。このスピーカ9Eは、図2に示したスピーカ9Aにおける開管20の両方の開口端を通気性吸音素材（例えば、不織布とする）により覆ったものである。なお、図17の例では、開管20の両方の開口端の全部が通気性吸音素材により覆われているが、開口端の一部だけを通気性吸音素材により覆ってもよい。周知のように、通気性吸音素材は、それにより外部と隔てられた空間の周波数応答におけるピークやディップを訛らせる性質を有している。よって、本実施形態によると、2次の定在波 SW_2 の抑制量を第1実施形態よりも大きくすることができる。

【0042】

ここで、発明者らは、本実施形態の効果を確認するため、以下の検証を行った。発明者らは、第1実施形態の検証で用いたスピーカ9A_{Bs}における開管OPの両方の開口端を

通気性吸音素材により覆ったものをスピーカ 9 E_{B S}とした。その上で、このスピーカ 9 E_{B S}について、スピーカユニット S U_{C N T}の入力信号 S Tと測定点 P-1、P-2、P-3における測定信号 S Mのスペクトルの差である周波数応答 R₁-9 E_{B S}、R₂-9 E_{B S}、R₃-9 E_{B S}を算出した。図18は、周波数応答 R₁-9 E_{B S}と第1実施形態の検証で用いた周波数応答 R₁-9 A_{B S}' (図8)を周波数軸を揃えて示したものである。図19は、周波数応答 R₂-9 E_{B S}と第1実施形態の検証で用いた周波数応答 R₂-9 A_{B S}' (図9)を周波数軸を揃えて示したものである。図20は、周波数応答 R₃-9 E_{B S}と第1実施形態の検証で用いた周波数応答 R₃-9 A_{B S}' (図10)を周波数軸を揃えて示したものである。

【0043】

10

図18、図19、図20を参照すると、周波数応答 R₁-9 A_{B S}'、R₂-9 A_{B S}'、R₃-9 A_{B S}'では、300Hz付近に急峻なピークが発生しているのに対し、周波数応答 R₁-9 E_{B S}、R₂-9 E_{B S}、R₃-9 E_{B S}では、300Hz付近の振幅が略平坦になっている。このことから、スピーカ 9 E_{B S}では、図7に示したバスレフ型スピーカ 9 A_{B S}に比べて2次の定在波 S W₂を抑制量が大きくなることが確認された。

【0044】

以上、この発明の実施形態を説明したが、この発明には、他にも各種の実施形態が考えられる。例えば、以下の通りである。

【0045】

(1) 上記第1実施形態におけるスピーカ 9及び9 Aの空間 Sの中の開管 10及び20を、J字と異なる形状をなすものに置き換えもよい。例えば、図21に示すスピーカ 9 Fのように、図2の例のスピーカ 9 Aの開管 20を螺旋形状をなす開管 20"に置き換えた構成としてもよい。この場合において、空間 Sにおける定在波 S W₂の略腹 L Pの位置に開管 20"の開口端 21"を配置し、定在波 S W₂の略節 N Dの位置に開口端 22"を配置するとよい。この構成によっても、第1実施形態と同じ効果を奏することができる。また、開管 10や開管 20をジグザグ状(例えば、W字状、N字状、Z字状、S字状など)にしてもよい。また、スピーカ 9、9 A、9 B、9 C、9 Eをそのキャビネット 1内の開管 10、20、30、40の屈曲部分の一部がキャビネット 1の外側に食い出すような形状とし、開管 10、20、30、40におけるキャビネット 1の外側に食い出した部分をスピーカ 9、9 A、9 B、9 C、9 Eを把持するための取っ手として利用できるようにして

20

30

【0046】

(2) 上記第1乃至第4実施形態は、スピーカ 9、9 A、9 B、9 C、9 Eのキャビネット内の空間の定在波 S W_kの抑制に本発明を適用したものであった。しかし、少なくとも一対の対向面に囲まれた空間を内包する筐体(音響室)を持った別の種類の音響機器や、輸送機、住宅などの定在波の抑制に本発明を適用してもよい。例えば、アコースティックピアノ、電子ピアノ、ギターの筐体の中の空間における定在波の抑制に本発明を適用してもよい。また、車、電車、飛行機、バイク、水上バイク、船舶、ロケットの筐体の中の空間における定在波の抑制に本発明を適用してもよい。また、防音室、教室、公演室などの壁に囲まれた空間の中における定在波の抑制に本発明を適用してもよい。

40

【0047】

(3) 上記第3実施形態では、開管 40'は壁面 4 U'及び4 D'間の対向方向に対して傾いた姿勢で空間 S'内における壁面 4 F'上に固定されていた。しかし、開管 40'を壁面 4 U'及び4 D'間の対向方向に対して傾いた姿勢で空間 S'内における壁面 4 B'上に固定してもよい。また、開管 40'は壁面 4 U'及び4 D'間の対向方向に対して傾いた姿勢で空間 S'内に収められていればよく、壁面 4 F'や壁面 4 B'に固定する必要はない。例えば、開管 40'の開口端 41'を壁面 4 F'及び4 L'の交差位置の近傍に配置し、その開口端 42'を壁面 4 B'及び4 R'の交差位置の近傍に配置してもよい。また、これとは逆に、開管 40'の開口端 42'を壁面 4 F'及び4 L'の交差位置の近傍に配置し、その開口端 41'を壁面 4 B'及び4 R'の交差位置の近傍に配置してもよ

50

い。

【0048】

(4) 上記第3実施形態では、開管40'は直線状をなしていた。しかし、この開管40'をJ字状やU字状、あるいはその他の形状に屈曲させてもよい。

【0049】

(5) 上記第4実施形態は、スピーカ9Aにおける開管20の両方の開口端を通気性吸音素材により覆ったものであった。しかし、開管20の一方の開口端を通気性吸音素材により覆ってもよい。また、図1(A)及び図1(B)に示したスピーカ9の開管10の一方または両方の開口端を通気性吸音素材により覆ってもよい。また、図11(A)及び図11(B)に示したスピーカ9Bの開管30の一方または両方の開口端を通気性吸音素材により覆ってもよい。また、図15に示したスピーカ9Dの開管40'の一方または両方の開口端を通気性吸音素材により覆ってもよい。

10

【0050】

(6) 上記第4実施形態では、通気性吸音素材の1つである不織布により開管20の両方の開口端を覆った。しかし、ウレタンフォームや発泡樹脂のような連続気泡の多孔質材や、グラスウール、アルミ発泡金属、金属繊維板、木片やその碎片、木質繊維、パルプ繊維、MPP(Microperforated Panel)、牛毛フェルト、反毛フェルト、羊毛、綿、不織布、布、合成繊維、木粉成形材、紙成形材のように多孔質材とみなせる構造をもった部材などを不織布の代わりに用いてもよい。

20

【0051】

(7) 上記第1実施形態乃至第4実施形態における開管10及び30は1次の定在波 SW_1 の略半波長の管長を有していた。しかし、1次の定在波 SW_1 の抑圧の必要がない場合は、開管10及び30の管長を2次以降の定在波 SW_k の略半波長の長さにしてもよい。同様に、開管20及び40'の管長を3次以降の定在波 SW_k の略半波長の長さにしてもよい。

20

【0052】

(8) 上記第1、第2、及び第4実施形態において、異なる管長を持った複数種類の開管10、20、及び30をキャビネット1内の空間Sに収めてもよい。また、第3実施形態において、異なる管長を持った複数種類の開管40'をキャビネット1'内の空間S'に収めてもよい。また、第3実施形態において、壁面4U'及び4D'の対向方向、壁面4F'及び4B'の対向方向、壁面4L'及び4R'の対向方向に発生する定在波 SW_k のうちの複数種類の定在波 SW_k を抑制するため、傾きの方向を異にする複数種類の開管40'をキャビネット1'内の空間S'に収めてもよい。

30

【0053】

(9) 上記第1、第2、及び第4実施形態は、キャビネット1内の空間Sにおける壁面4U及び4D方向の定在波 SW_k を抑圧対象とするものであった。しかし、壁面4F及び4B方向の定在波や壁面4L及び4R方向の定在波を抑圧対象とし、これらの定在波を抑制する役割を果たす開管を、開管10、20、30に替えて、または、開管10、20、30と併せて空間S内に収めてもよい。

【0054】

(10) この発明の特徴は、筐体の1対の対向面に囲まれた空間に発生する定在波を低減するための手段として、同定在波と共存し得ない定在波を発生する開管を筐体に設けた点にある。図22(a)～(f)は、この発明による音響装置において筐体内の空間に発生する定在波と開管との関係を模式的にかつ網羅的に示す図である。これらの図には、音響装置の筐体に設ける開管L2と、この開管L2の第1の開口端N1と第2の開口端N2と、筐体内の1対の対向面の対向方向における第1の開口端N1から第2の開口端N2までの長さL1とが示されている。

40

【0055】

図22(a)に示す例は、上記第1実施形態(図1)において開示した態様である。図22(b)に示す例は、上記第3実施形態(図11)において開示した態様である。図2

50

2 (b) に示す態様の変形例として、図 2 2 (c) に示す態様、図 2 2 (d) に示す態様が考えられる。これらの態様においても、壁面 4 U および 4 D 間に発生する定在波と共存し得ない定在波を開管が発生するため、壁面 4 U および 4 D 間に発生する定在波が低減される。

【 0 0 5 6 】

この場合、開管の形状は如何なるものであってもよく、図 2 2 (e) に示すようにキャビネット 1 の外に出ていてもよい。また、図 2 2 (f) に示すように、開管はキャビネット 1 の外に出ており、かつ、弦巻状になっていてもよい。

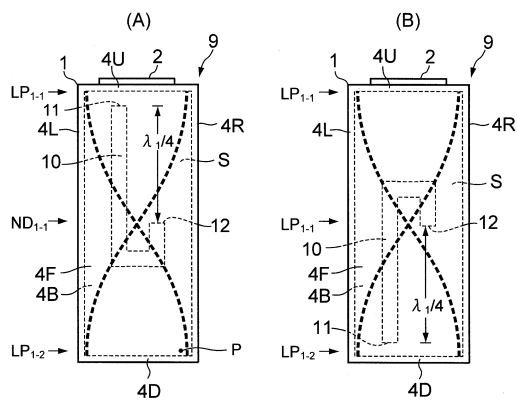
【符号の説明】

【 0 0 5 7 】

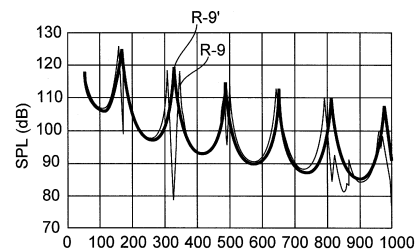
1…キャビネット、2…スピーカユニット、4 U, 4 D, 4 F, 4 B, 4 L, 4 R…壁面、9, 9 A, 9 B, 9 C, 9 D, 9 E…スピーカ、10, 20, 30, 40…開管、11, 12, 31, 32, 41, 42…開口端。

10

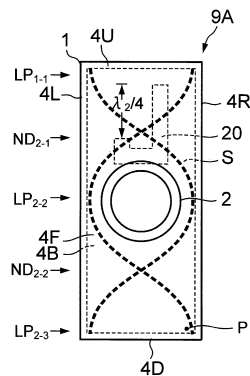
【図 1】



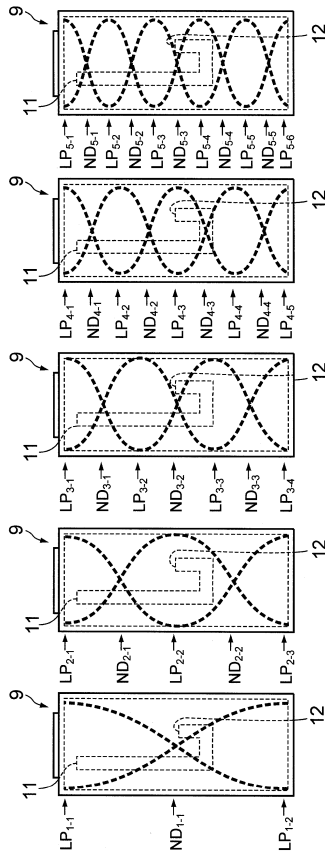
【図 3】



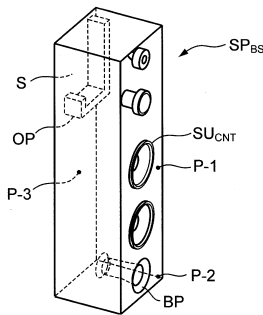
【図 2】



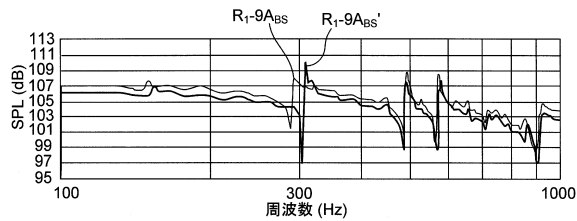
【図 4】



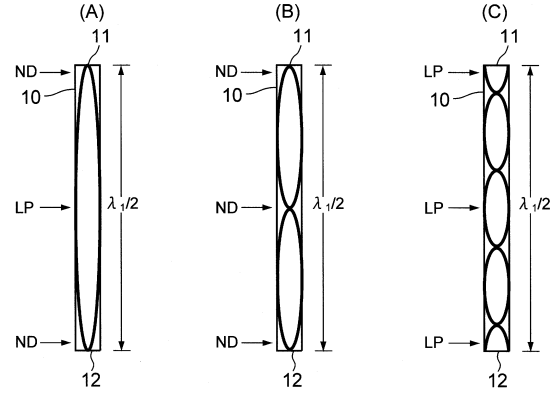
【図 7】



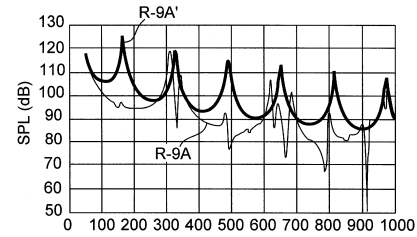
【図 8】



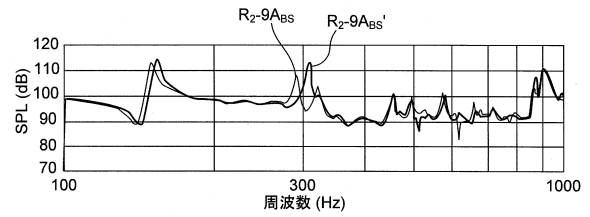
【図 5】



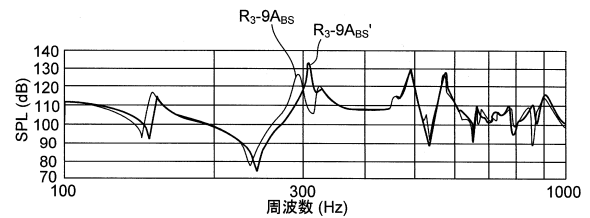
【図 6】



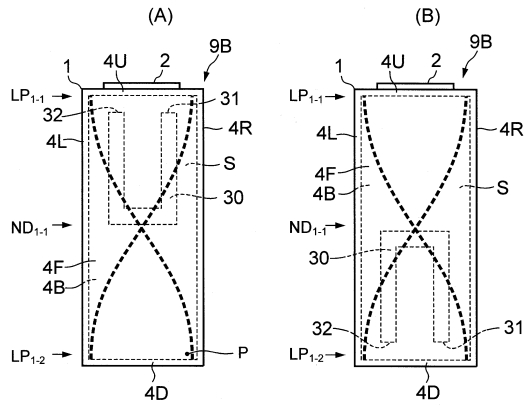
【図 9】



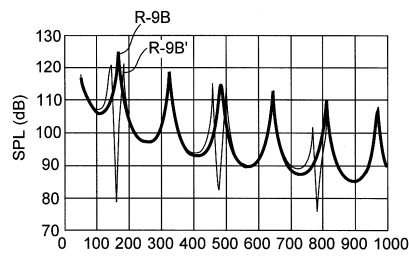
【図 10】



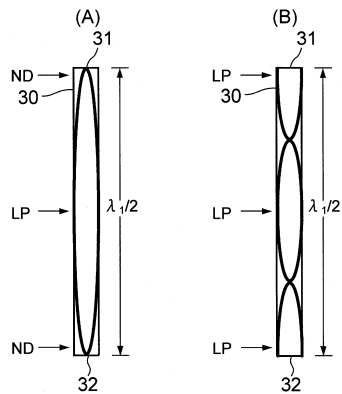
【図 1 1】



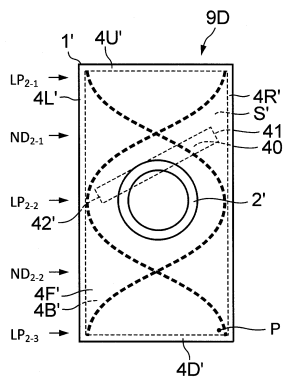
【図 1 2】



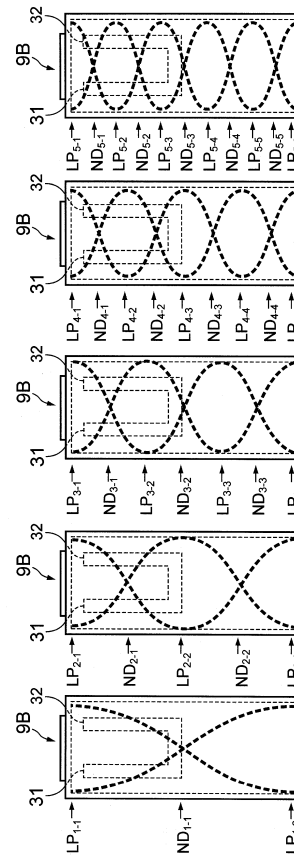
【図 1 4】



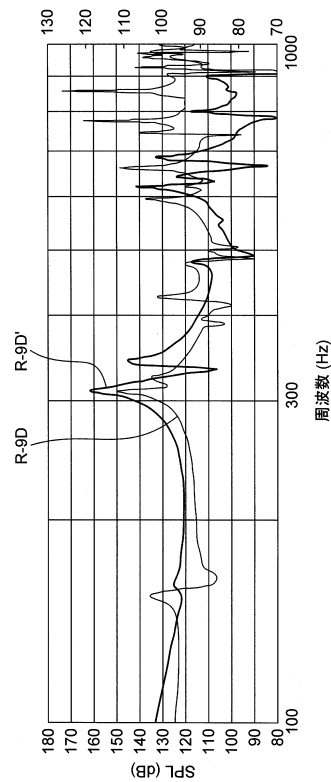
【図 1 5】



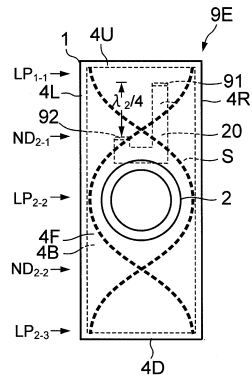
【図 1 3】



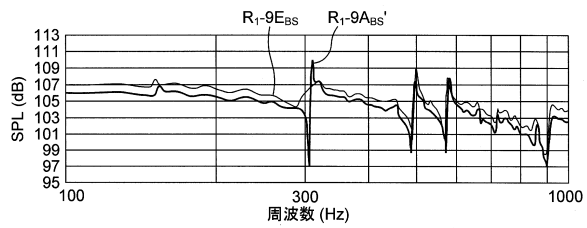
【図 1 6】



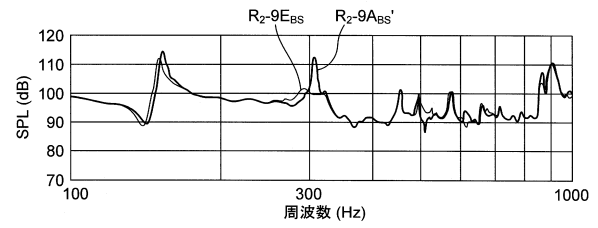
【図 17】



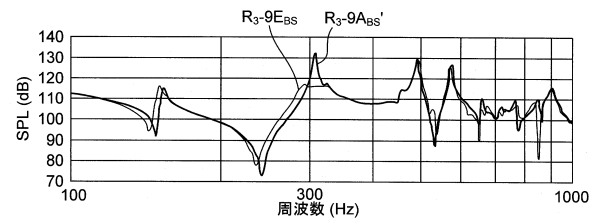
【図 18】



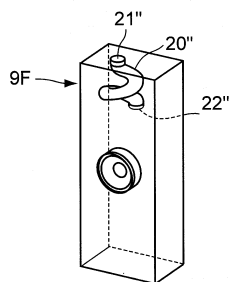
【図 19】



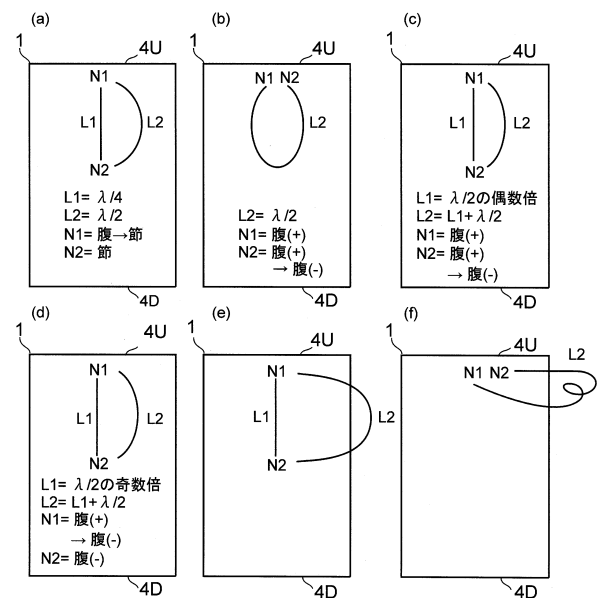
【図 20】



【図 21】



【図 22】



フロントページの続き

審査官 武田 裕司

- (56)参考文献 特開2011-059208 (JP, A)
特開2000-125387 (JP, A)
特開2010-288220 (JP, A)
特開2008-131199 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H04R 1/28
H04R 1/02