

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5326472号
(P5326472)

(45) 発行日 平成25年10月30日(2013.10.30)

(24) 登録日 平成25年8月2日(2013.8.2)

(51) Int. Cl.		F I			
G 1 O K	11/16	(2006.01)	G 1 O K	11/16	C
B 6 O R	13/02	(2006.01)	B 6 O R	13/02	B
B 6 O R	13/08	(2006.01)	B 6 O R	13/08	
E O 4 B	1/82	(2006.01)	E O 4 B	1/82	M

請求項の数 3 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2008-255155 (P2008-255155)	(73) 特許権者	000004075
(22) 出願日	平成20年9月30日(2008.9.30)		ヤマハ株式会社
(65) 公開番号	特開2009-109991 (P2009-109991A)		静岡県浜松市中区中沢町10番1号
(43) 公開日	平成21年5月21日(2009.5.21)	(74) 代理人	110000752
審査請求日	平成23年8月10日(2011.8.10)		特許業務法人朝日特許事務所
(31) 優先権主張番号	特願2007-265554 (P2007-265554)	(72) 発明者	棚瀬 廉人
(32) 優先日	平成19年10月11日(2007.10.11)		静岡県浜松市中区中沢町10番1号 ヤマハ株式会社内
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		
		審査官	渡邊 正宏

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 吸音構造

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

開口部を有する筐体と、前記開口部に設けられ、前記筐体内に空気層を画成する板状または膜状の振動部と、を備えた吸音体を有し、

前記筐体と前記振動部により前記吸音体の内部に閉じた空気層が画成され、

音場の室境界に対して前記振動部が対向するように前記吸音体が配置され、前記振動部と前記室境界との間に形成された空間が前記音場とつながっており、

前記振動部の弾性振動による屈曲系の基本振動周波数を f_a 、前記振動部の質量成分と前記空気層のバネ成分とによるバネマス系の共振周波数を f_b としたとき、次式の条件を満たすことを特徴とする吸音構造。

【数1】

$$0.05 \leq \frac{fa}{fb} \leq 0.65$$

【請求項2】

前記室境界と前記吸音体とに取り付けられた固定部材により、前記吸音体が前記室境界から距離をおいて支持されている

ことを特徴とする請求項1に記載の吸音構造。

【請求項3】

前記固定部材は伸縮自在であることを特徴とする請求項2に記載の吸音構造。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、音を吸音する技術に関する。

【背景技術】

【0002】

部屋の壁と吸音体との間に空気層を有する吸音構造として、例えば特許文献1に開示された吸音構造がある。特許文献1に開示されている吸音構造においては、セラミックからなる方形状の吸音体を凹凸状に配列した吸音パネルが、側壁との間に空気層が生じるように配置されている。この吸音構造によれば、部屋内部から壁方向に向かった音は、吸音体により吸音され、さらに吸音体を透過した音は、吸音体の背後の空気層によりエネルギーが減衰されるため、効率良く音が吸音される。

10

【0003】

【特許文献1】特開平5-231177号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、特許文献1に開示されているように吸音体としてセラミックのように多孔質の吸音体を使用する場合、低音を吸音するためには、壁と吸音パネルとの間の空気層を厚くする必要がある。しかし、空気層を厚くとると、部屋の内部において、吸音以外に使用できる空間が狭くなってしまいうため、空気層を十分に確保するのが難しいという問題がある。

20

【0005】

本発明は、上述した背景の下になされたものであり、空気層の厚さを抑えつつ、低音を効率良く吸音できる技術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】

上述した課題を解決するために本発明は、開口部を有する筐体と、前記開口部に設けられ、前記筐体内に空気層を画成する板状または膜状の振動部と、を備えた吸音体を有し、前記筐体と前記振動部により前記吸音体の内部に閉じた空気層が画成され、音場の室境界に対して前記振動部が対向するように前記吸音体が配置され、前記振動部と前記室境界との間に形成された空間が前記音場とつながっており、前記振動部の弾性振動による屈曲系の基本振動周波数を f_a 、前記振動部の質量成分と前記空気層のパネ成分とによるパネマス系の共振周波数を f_b としたとき、次式の条件を満たすことを特徴とする吸音構造を提供する。

30

【0008】

また、本発明においては、前記室境界と前記吸音体とに取り付けられた固定部材により、前記吸音体が前記室境界から距離をおいて支持されていてもよい。

また、本発明においては、前記固定部材は伸縮自在であってもよい。

【発明の効果】

40

【0009】

本発明によれば、空気層の厚さを抑えつつ、低音を効率良く吸音することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0010】

図1は、本発明の一実施形態に係る吸音体2の模式図であり、図2は、図1中の矢視II-IIから見た断面図である。吸音体2は、大別すると筐体20と振動部25とにより形成されている。筐体20は、筐体20の底面(吸音体2の底面)となる木製で矩形の底面部材21と、筐体20の側壁となる木製の側壁部材22で形成されており、振動部25の振動を発現するように内部空間を形成している。側壁部材22は、角管の形状をしており、開口部側の一方の端面が底面部材21に固着されている。なお、筐体20を形成する部材

50

の素材は、木材に限定されるものではなく、振動部 2 5 の振動を発現させる程度に、振動部 2 5 より相対的に剛な素材であれば、合成樹脂や金属など他の素材であってもよい。

【 0 0 1 1 】

振動部 2 5 は、弾性を有する素材を板状に形成した矩形の部材である。振動部 2 5 は、底面部材 2 1 側に固着された側壁部材 2 2 の端面とは反対側の端面に接着されており、これにより、前記筐体 2 0 の開口部が前記振動部 2 5 で塞がれて吸音体 2 の内部に閉じた空気層 2 6 が画成される。なお、振動部 2 5 は、板状に形成された部材に限定されるものではなく、弾性を有する素材を膜状に形成したり、高分子化合物を膜状に形成したものであってもよい。

【 0 0 1 2 】

そして、本実施形態においては、吸音体 2 は、振動部 2 5 側が音場である部屋の壁面（あるいは境界面）の側に向けられ、部屋の壁面（境界面）と吸音体 2 との間に空間が形成されるように壁面に固定される。図 3 は、吸音体 2 を部屋の壁面 1 0（室境界）に固定するための固定部材 3 の分解図である。固定部材 3 は、柱状部材 3 1、面ファスナー 3 2 で形成されている。柱状部材 3 1 は、その素材が合成樹脂であり、四角柱の形状に形成されている。また、面ファスナー 3 2 は、鉤状の突起が一面についた布である鉤部 3 2 A と、パイル織りの布であるパイル部 3 2 B とで構成されている。この柱状部材 3 1 において対向する 2 つの面の一方には、鉤部 3 2 A が接着され、もう一方の端面にはパイル部 3 2 B が接着される。

【 0 0 1 3 】

そして、吸音体 2 において振動部 2 5 の 4 隅には、パイル部 3 2 B が接着され、壁面 1 0 において、吸音体 2 を固定する位置には、鉤部 3 2 A が接着される。なお、壁面 1 0 に接着される鉤部 3 2 A の位置は、吸音体 2 を固定する位置に振動部 2 5 を突き合わせた時の振動部 2 5 の 4 隅の位置と同じ位置となっている。

吸音体 2 を壁面 1 0 に固定する際には、まず、固定部材 3 に接着されたパイル部 3 2 B を壁面 1 0 に接着された鉤部 3 2 A に突き合わせる。これにより、鉤部 3 2 A の鉤状の突起が、パイル部 3 2 B に絡み、固定部材 3 が壁面 1 0 に固定される。次に、吸音体 2 の 4 隅に接着されているパイル部 3 2 B の各々を、壁面 1 0 に固定された固定部材 3 に接着されている鉤部 3 2 A に突き合わせる。すると、鉤部 3 2 A の鉤状の突起が、振動部 2 5 に接着されているパイル部 3 2 B に絡み、吸音体 2 が壁面 1 0 に固定され、振動部 2 5 と壁面 1 0 との間に固定部材 3 の高さ分だけ空間 S が形成される。このように、本実施形態による吸音構造の特徴は、吸音体 2 の振動部 2 5 と壁面 1 0 とが空間 S を隔てて配置される点にある。

【 0 0 1 4 】

このように、吸音体 2 の振動部 2 5 側が壁面 1 0 に向けられ、壁面 1 0 と振動部 2 5 との間に空間 S がある状態で部屋に音が発生すると、部屋内で発せられた音波のうち低周波数の音波は、振動部 2 5 と壁面 1 0 との間の空間 S に入り込む。音波が振動部 2 5 と壁面 1 0 との間の空間 S に入り込むと、この空間 S の音圧と、吸音体 2 の空気層 2 6 内の圧力との差により振動部 2 5 が振動し、空間 S に入り込んだ音波のエネルギーは、この振動により消費されて音が吸音される。ここで、振動部 2 5 と壁面 1 0 との間の空間 S は、振動部 2 5 と壁面 1 0 の 2 つの境界面に挟まれ、吸音体 2 が配置されていない場合と比較して、音圧が高くなることから、振動部 2 5 へ入力する音波のエネルギーが大きくなり、吸音効率が向上することとなる。

【 0 0 1 5 】

ここで、吸音体 2 の設定条件について説明する。

一般に、板状または膜状の振動体と空気層により音を吸収する吸音構造について、減衰させる周波数は、振動体の質量成分（マス成分）と空気層のパネ成分とによるパネマス系の共振周波数によって設定される。空気の密度を ρ_0 [k g / m³]、音速を c_0 [m / s]、振動体の密度を ρ [k g / m³]、振動体の厚さを t [m]、空気層の厚さを L [m] とすると、パネマス系の共振周波数は数 1 の式で表される。

10

20

30

40

50

【数 1】

$$f = \frac{1}{2\pi} \left\{ \frac{\rho_0 c_0^2}{\rho t L} \right\}^{1/2}$$

【0016】

また、板・膜振動型吸音構造において振動体が弾性を有して弾性振動をする場合には、弾性振動による屈曲系の性質が加わる。建築音響の分野においては、振動体の形状が長方形で一辺の長さを a [m]、もう一辺の長さを b [m]、振動体のヤング率を E [Pa]、振動体のポアソン比を $[\nu]$ 、 p 、 q を正の整数とすると、以下の数 2 の式で板・膜振動型吸音構造の共振周波数を求め、求めた共振周波数を音響設計に利用することも行われている（周辺支持の場合）。

10

【数 2】

$$f = \frac{1}{2\pi} \left\{ \frac{\rho_0 c_0^2}{\rho t L} + \left[\left(\frac{p}{a} \right)^2 + \left(\frac{q}{b} \right)^2 \right]^2 \left[\frac{\pi^4 E t^3}{12 \rho t (1 - \sigma^2)} \right] \right\}^{1/2}$$

そして、本実施形態においては、上記数式から 160 ~ 315 Hz バンド（1/3 オクターブ中心周波数）を吸音するよう、以下のようにパラメータが設定される。

空気の密度 ρ_0 ; 1.225 [kg/m³]

20

音速 c_0 ; 340 [m/s]

振動体の密度 ; 940 [kg/m³]

振動体の厚さ t ; 0.0017 [m]

空気層の厚さ L ; 0.03 [m]

筐体の長さ a ; 0.1 [m]

筐体の長さ b ; 0.1 [m]

振動体のヤング率 E ; 1.0 [GPa]

ポアソン比 ; 0.4

モード次数 ; $p = q = 1$

【0017】

30

一方、上記数 2 において、バネマス系の項（ $\rho_0 c_0^2 / t L$ ）と屈曲系の項（バネマス系の項の後に直列に加えられている項）とが加算される。このため、上記式で得られる共振周波数は、バネマス系の共振周波数より高いものとなり、吸音のピークとなる周波数を低く設定することが難しい場合がある。

【0018】

このような吸音体においては、バネマス系による共振周波数と、板の弾性による弾性振動による屈曲系の共振周波数との関連性は十分に解明されておらず、低音域で高い吸音力を発揮する板吸音体の構造が確立されていないのが実情である。

そこで、発明者達は鋭意実験を行った結果、屈曲系の基本振動周波数の値を f_a （ $= (1/2) \cdot ((p/a)^2 + (q/b)^2) \cdot (\pi^4 E t^3 / (12 t (1 - \sigma^2)))^{1/2}$ ）、バネマス系の共振周波数の値を f_b （= 数 1 の式）とした場合、以下の数 3 の関係を満足するように、上記パラメータを設定すればよいことがわかった。これにより、屈曲系の基本振動が背後の空気層のバネ成分と連成して、バネマス系の共振周波数と屈曲系の基本周波数との間の帯域に振幅の大きな振動が励振されて（屈曲系共振周波数 $f_a <$ 吸音ピーク周波数 $f <$ バネマス系基本周波数 f_b ）、吸音率が高くなる。

40

【数 3】

$$0.05 \leq f_a / f_b \leq 0.65$$

【0019】

さらに、上記パラメータを以下の数 4 に設定する場合、吸音ピークの周波数がバネマス

50

系の共振周波数より十分に小さくなる。この場合、低次の弾性振動のモードにより屈曲系の基本周波数がバネマス系の共振周波数より十分に小さく、300 [Hz]以下の周波数の音を吸音する吸音構造として適していることも分かった。

【数4】

$$0.05 \leq f_a / f_b \leq 0.40$$

このように、上記した数3, 4の条件を満足するように各種パラメータを設定することにより、吸音のピークとなる周波数を低くした吸音体が構成できる。

【0020】

[一の具体例]

次に、上記吸音構造を部屋に配置した場合の具体例を説明する。

図4と図5は、(1)吸音体2を部屋に配置しなかった場合、(2)吸音体2の底面側を部屋の床に密着するように置いた場合、(3)吸音体2の底面側を部屋の床側に向けて床と底面部材21との間に空間Sを設けた場合、(4)吸音体2の振動部25側を部屋の床側に向けて床と振動部25との間に空間Sを設けた場合、(5)吸音体2の振動部25側を部屋1の床側に向けて床と振動部25との間に空間Sを設け、吸音体2の底面側全面に厚さ10mmのウレタンフォームを貼り付けた場合、の各々の残響時間(図4)と平均吸音率(図5)の測定結果である。また、図6(a)は図4の測定結果を表したグラフ、図6(b)は図5の測定結果を表したグラフである。

【0021】

なお、この測定においては、床はフローリング床であり、床と吸音体2との間に空間Sを設けた時の床と吸音体2との距離は、24mmとなっている。また、部屋の室容積は、72.83 m³、室表面積は113 m²であり、振動部25において床に対向する面の面積と、底面部材21において床に対向する面の面積とは、それぞれ6 m²となっている。また、振動部25は、合成樹脂を厚さ1.5mmのシート状に形成したものである。

【0022】

図4~図6に示したように、(1)~(5)の各条件で残響時間および平均吸音率を比較すると、以下の通りとなる。

吸音体2を部屋に配置しなかった場合(1)に対して、吸音体2の底面側を部屋の床に密着するように置いた場合(2)は、主に低音域(125 Hz ~ 250 Hz)の音が吸音される。

更に、前記(2)の場合に対して、吸音体2の底面側を部屋の床側に向けて床と底面部材21との間に空間Sを設けた場合(3)は、中高音域(500 Hz ~ 4 kHz)の音が吸音される。

【0023】

本発明の実施形態である、吸音体2の振動部25側を部屋の床側に向けて床と振動部25との間に空間Sを設けた場合(4)は、前記(3)場合と同等以上の吸音力を示し、更に低音域(125 Hz)の吸音力も若干増加する。

このように測定結果は、音波が振動部25と壁面との間に入り込むと振動部25が振動し、音波のエネルギーが振動により消費されて音が吸音されていることを裏付けるものとなっており、振動部25と壁面10との間の空間Sは、振動部25と壁面10の2つの境界面に挟まれ、吸音体2が配置されていない場合と比較して、音圧が高くなることから、振動部25へ入力する音波のエネルギーが大きくなり、吸音効率が向上することを示唆している。

【0024】

以上より、振動部25側を部屋1の床側に向けて床との間に空間Sを設けた(4)の場合、吸音体2の底面側を部屋の床側に向けて床との間に空間Sを設けた(3)の場合と比較して、同等以上の吸音特性を示しており、吸音体2の振動部25側を壁面10に対向させ、吸音体2と壁面10との間に空間Sを設けるといふ本発明の吸音構造が、効率良く吸音を行うことが分かる。

10

20

30

40

50

また、本実施形態（（４）の場合）によれば、吸音体２において部屋の内部方向に向けられている面（吸音体２の底面）は吸音面として直接機能しておらず、平面形状となっているため、意匠上、様々な加工を吸音体２の吸音特性に影響を与えることなく施すことが可能となっているおり、ユーザの好みに合わせて室内を最適にデザインすることができる。

【 0 0 2 5 】

[他の具体例]

前記具体例では、本実施形態による吸音構造を部屋に用いた場合を示したが、本発明はこれに限らず、車両に用いてもよい。以下、車両の各部に本発明による吸音構造を採用した場合を示す。

10

【 0 0 2 6 】

図７は、本発明による吸音構造が採用される４ドアセダン形の車両１００を示す斜視図である。この車両１００は車体構造体の基台となるシャーシに対してボンネット１０１、４枚のドア１９０、トランクドア１０３が開閉可能に取り付けられる。

【 0 0 2 7 】

図８は、車両１００の構成を模式的に示す図である。車両１００は、フロア１２０と、このフロア１２０から上側に延びる一対のフロントピラー１３０・センタピラー１４０・リアピラー１５０と、ピラー１３０，１４０，１５０によって支えられるルーフ１６０と、車室１０４とエンジン室１０５とを仕切るエンジン仕切板１７０（ダッシュパネル）と、車室１０４と荷室１０６とに分けるリアパッケージトレイ１８０と、を具備する。

20

【 0 0 2 8 】

そして、この具体例では、前述した吸音構造を、ルーフ１６０、ピラー１３０，１４０，１５０、リアパッケージトレイ１８０、エンジン仕切板１７０に設けられたインストルメントパネル１７１、ドア１９０およびフロア１２０に設けている。

【 0 0 2 9 】

[他の具体例 a]

まず、吸音構造を、ルーフ１６０に設ける場合について説明する。

図９は、図８中の a 部において、車両１００の幅方向から見た断面図であり、図１０は、車室１０４側からルーフ１６０側への吸音体２の配置を模式的に示した図（天井伏図）である。このルーフ１６０は、車両１００の基台となるシャーシの一部をなすルーフアウトパネル１６１と、このルーフアウトパネル１６１にクリップ止め等（図示せず）によって取り付けられ、例えばポリプロピレン樹脂によって形成されるルーフインナパネル１６２と、を具備する。ルーフインナパネル１６２の車室１０４側には音圧を透過する布材によって形成された表面材１６３が設けられる。

30

【 0 0 3 0 】

吸音体２は、振動部２５がルーフアウトパネル１６１（室境界）との間に空間Ｓが形成されるように、筐体２０がルーフインナパネル１６２に取り付けられる。ルーフインナパネル１６２には、パネル１６１，１６２間と車室１０４とを連通させる矩形状の連通孔１６４が複数個穿設される。

このように、吸音構造を備えたルーフ１６０にあっては、車室１０４側で発生する音は、各連通孔１６４を介して、ルーフアウトパネル１６１とルーフインナパネル１６２と間に入り込み、さらに振動部２５とルーフアウトパネル１６１との間の空間Ｓに入り込む。そして、吸音体２は、具体例で述べた如く、空間Ｓの音圧と、吸音体２の空気層２６内の圧力との差により振動部２５が振動し、空間Ｓに入り込んだ音波のエネルギーは、この振動により消費されて音が吸音される。

40

【 0 0 3 1 】

なお、吸音体２は、図１０に示すように、ルーフ１６０の全面に対して配置してもよいし、車室１０４側の音がルーフ１６０に伝わる周囲、或いは中央部に散らばらせて配置してもよい。さらに、音圧が高い部位に選択的に配置してもよい。

【 0 0 3 2 】

50

[他の具体例 b]

次に、吸音構造を、リアピラー 150 に設ける場合について説明する。

図 11 は、図 8 中の b 部において、吸音体 2 を取り付けられた状態を示すリアピラー 150 の断面図である。リアピラー 150 は、シャーシの一部をなすリアピラーアウトパネル 151 と、このリアピラーアウトパネル 151 にピン 152A によって取り付けられるリアピラーインナパネル 152 と、を具備する。リアピラーアウトパネル 151 の一端にはリアガラス 107 が、他端にはドアガラス 108 が、それぞれシール部材（図示せず）を介して固定される。さらに、リアピラーインナパネル 152 の車室 104 側には音圧を透過する布材によって形成された表面材 153 が設けられる。

【 0033 】

吸音体 2 は、振動部 25 がリアピラーアウトパネル 151（室境界）との間に空間 S が形成されるように、筐体 20 がリアピラーインナパネル 152 に取り付けられる。リアピラーインナパネル 152 には、パネル 151、152 間と車室 104 とを連通させる連通孔 154 が複数個穿設される。

【 0034 】

このように、吸音構造を備えたリアピラー 150 にあっては、車室 104 側で発生する音は、各連通孔 154 を介して、リアピラーアウトパネル 151 とリアピラーインナパネル 152 と間に入り込み、さらに振動部 25 とリアピラーアウトパネル 151 との間の空間 S に入り込む。そして、吸音体 2 は、空間 S の音圧と、吸音体 2 の空気層 26 内の圧力との差により振動部 25 が振動し、空間 S に入り込んだ音波のエネルギーは、この振動により消費されて音が吸音される。

【 0035 】

[他の具体例 c]

次に、吸音構造を、リアパッケージトレイ 180 に設ける場合について説明する。

図 12 は、図 8 中の c 部において、吸音体 2 を取り付けられた状態を示すリアパッケージトレイ 180 周囲の断面図である。リアパッケージトレイ 180 は、シャーシの一部をなすトランク仕切板 181 と、このトランク仕切板 181 に取り付けられるリアパケインナーパネル 182 と、を具備する。トランク仕切板 181 の一端にはリアガラス 107 が、他端にはリアシート 109 が、それぞれ固定される。さらに、リアパケインナーパネル 182 の車室 104 側には音圧を透過する布材によって形成された表面材 183 が設けられる。

【 0036 】

吸音体 2 は、振動部 25 がトランク仕切板 181（室境界）との間に空間 S が形成されるように、筐体 20 がリアパケインナーパネル 182 に取り付けられる。リアパケインナーパネル 182 には、トランク仕切板 181、リアパケインナーパネル 182 間と車室 104 とを連通させる連通孔 184 が複数個穿設される。

【 0037 】

このように、吸音構造を備えたリアパッケージトレイ 180 にあっては、車室 104 側で発生する音は、各連通孔 184 を介して、トランク仕切板 181 とリアパケインナーパネル 182 との間に入り込み、さらに振動部 25 とトランク仕切板 181 との間の空間 S に入り込む。そして、吸音体 2 は、空間 S の音圧と、吸音体 2 の空気層 26 内の圧力との差により振動部 25 が振動し、空間 S に入り込んだ音波のエネルギーは、この振動により消費されて音が吸音される。

【 0038 】

[他の具体例 d]

次に、吸音構造を、インストルメントパネル 171 に設ける場合について説明する。

図 13 は、図 8 中の d 部において、吸音体 2 を取り付けられた状態を示すインストルメントパネル 171 周囲の断面図である。インストルメントパネル 171 は、シャーシの一部をなすエンジン仕切板 170 と、このエンジン仕切板 170 に取り付けられるインストルメントパネル 171 と、を具備する。エンジン仕切板 170 にはフロントピラー 130 と共

10

20

30

40

50

にフロントガラス 110 が固定される。また、エンジン仕切板 170 にはインストルメントパネル 171 との間に隙間を形成するための反射板 170A が延在される。

【0039】

吸音体 2 は、振動部 25 がエンジン仕切板 170 (室境界) の反射板 170A との間に空間 S が形成されるように、筐体 20 がインストルメントパネル 171 に取り付けられる。インストルメントパネル 171 には、インストルメントパネル 171, 反射板 170A 間と車室 104 とを連通させる連通孔 172 が複数個穿設される。

【0040】

このように、吸音構造を備えたインストルメントパネル 171 にあっては、車室 104 側で発生する音は、各連通孔 172 を介して、反射板 170A とインストルメントパネル 171 との間に入り込み、さらに振動部 25 と反射板 170A との間の空間 S に入り込む。そして、吸音体 2 は、空間 S の音圧と、吸音体 2 の空気層 26 内の圧力との差により振動部 25 が振動し、空間 S に入り込んだ音波のエネルギーは、この振動により消費されて音が吸音される。

10

【0041】

[他の具体例 e]

次に、吸音構造を、ドア 190 に設ける場合について説明する。

図 14 は、図 8 中の e 部において、吸音体 2 を取り付けられた状態を示すドア 190 周囲の断面図である。ドア 190 は、ドアアウトパネル 191 と、このドアアウトパネル 191 に取り付けられるドアインナパネル 192 と、を具備する。ドアアウトパネル 191 の一端にはドアガラス 193 がドア 190 に対して伸縮可能に設けられる。さらに、ドアインナパネル 192 の車室 104 側には音圧を透過する布材によって形成された表面材 194 が設けられる。また、ドアアウトパネル 191 は、開窓時にドアガラス 193 を収容する収容部を形成するガラス収容壁 191A を有する。

20

【0042】

吸音体 2 は、振動部 25 がドアアウトパネル 191 のガラス収容壁 191A (室境界) との間に空間 S が形成されるように、筐体 20 がドアインナパネル 192 に取り付けられる。ドアインナパネル 192 には、ドアインナパネル 192, ガラス収容壁 191A 間と車室 104 とを連通させる連通孔 195 が複数個穿設される。

【0043】

このように、吸音構造を備えたドア 190 にあっては、車室 104 側で発生する音は、各連通孔 195 を介して、ガラス収容壁 191A とドアインナパネル 192 との間に入り込み、さらに振動部 25 とガラス収容壁 191A との間の空間 S に入り込む。そして、吸音体 2 は、空間 S の音圧と、吸音体 2 の空気層 26 内の圧力との差により振動部 25 が振動し、空間 S に入り込んだ音波のエネルギーは、この振動により消費されて音が吸音される。

30

【0044】

[他の具体例 f]

次に、吸音構造を、フロア 120 に設ける場合について説明する。

図 15 は、図 8 中の f 部において、吸音体 2 を取り付けられた状態を示すフロア 120 の断面図である。フロア 120 は、シャーシの一部をなすフロアアウトパネル 121 と、このフロアアウトパネル 121 との間に隙間を介して設けられたフロアインナパネル 122 と、前記フロアアウトパネル 121 に貼着されたフェルト材 123 と、フロアインナパネル 122 の車室 104 側に貼着され、音圧透過性を有するカーペット 124 とによって構成されている。

40

【0045】

吸音体 2 は、振動部 25 がフロアアウトパネル 121 (室境界) との間に空間 S が形成されるように、筐体 20 がフロアインナパネル 122 に取り付けられる。フロアインナパネル 122 には、フロアアウトパネル 121, フロアインナパネル 122 間と車室 104 とを連通させる連通孔 125 が複数個穿設される。

50

【 0 0 4 6 】

このように、吸音構造を備えたフロア 1 2 0 にあっては、車室 1 0 4 側で発生する音は、各連通孔 1 2 5 を介して、フロアアウトパネル 1 2 1 とフロアインナパネル 1 2 2 との間に入り込み、さらに振動部 2 5 とフロアアウトパネル 1 2 1 との間の空間 S に入り込む。そして、吸音体 2 は、空間 S の音圧と、吸音体 2 の空気層 2 6 内の圧力との差により振動部 2 5 が振動し、空間 S に入り込んだ音波のエネルギーは、この振動により消費されて音が吸音される。

【 0 0 4 7 】

[他の具体例における作用・効果]

以上のように、本実施形態による吸音構造を車両 1 0 0 に採用することにより、比較的低い周波数の音（特定の音響モードの音）を吸音して、エンジンノイズ、ロードノイズ、風切り音等の騒音を低減することができる。

【 0 0 4 8 】

特に、本吸音構造は、吸音体 2 の振動部 2 5 を車室 1 0 4 に対して裏向きに配置しているから、振動部 2 5 に直射日光や空気が直接作用するのを軽減でき、材料選択に対して耐候基準が緩和される。この結果、振動部 2 5 の材料の選択肢が増えるだけでなく、耐候を高めるための添加剤等を付加せずに済むため、コスト低減や環境負荷の低減も図ることができる。

さらに、意匠的な要求がなくなるため、筐体 2 0 の底面部材 2 1 等を使用して意匠的・機械的な追加が可能となる。

さらにまた、吸音体 2 の振動部 2 5 を車室 1 0 4 に対して表向きに配置した場合には、振動部 2 5 に対して乗員から外力が加わって当該振動部 2 5 を破損する可能性があったが、その危険性も回避でき、耐久性も高めることができる。

【 0 0 4 9 】

[他の具体例における変形例]

前記他の具体例では、吸音体 2 を振動部 2 5 が対向する面（室境界）との間に空間 S を形成するように、前記面の反対側に位置する面に筐体 2 0 の底面部材 2 1 が固定されるようにしたが、本発明はこれに限らず、一の具体例に述べたように、固定部材 3 で底面部材 2 1 を固定して振動部 2 5 が対向する面（室境界）との間に空間 S を形成するようにしてもよい。

【 0 0 5 0 】

[変形例]

以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明は上述した実施形態に限定されることなく、他の様々な形態で実施可能である。例えば、上述の実施形態を以下のように変形して本発明を実施してもよい。

【 0 0 5 1 】

[変形例 1]

本発明においては、図 1 6 に示したように、吸音体 2 において振動部 2 5 と反対側の面に、多孔質の素材で形成された多孔質層 2 7 を設けるようにしてもよい。この構成によれば、中高音域の音を多孔質層 2 7 で吸音することができる（上記（ 5 ）の場合に相当する）。

【 0 0 5 2 】

[変形例 2]

また、本発明においては、図 1 7 に示したように、筐体 2 0 の外面（すなわち、振動部 2 5 が対向する音場の室境界側の面とは異なる面であって、音場内の音源から音が直接入射される筐体 2 0 の底面部材 2 1 側の面）となる底面部材 2 1 の形状を、凹凸形状としてもよい。この構成によれば、中高音域の音を凹凸形状により拡散することができる。

また、本発明においては、筐体 2 0 の形状を、図 1 8 に示したように曲面形状としてもよい。また、筐体 2 0 の形状を曲面形状とする際には、この曲面形状に凹凸形状を作り込んでよい。また、図 1 7 , 1 8 の構成、および図 1 8 の曲面形状に凹凸形状を作り込んで

10

20

30

40

50

だ構成においても、その表面に多孔質層 27 を設けるようにしてもよい。

【0053】

[変形例 3]

また、本発明においては、吸音体 2 の形状は直方体となっているが、円柱形状や多角柱の形状など他の形状であってもよい。

【0054】

[変形例 4]

また、本発明においては、図 16 に示した多孔質層 27 に代えてヘルムホルツ共鳴を利用した有孔板や管共鳴を利用した吸音機構を設けてもよい。

【0055】

[変形例 5]

本発明においては、図 19 に示したように、複数の吸音体 2 を、それぞれ所定の間隔を設けて壁、天井、床などに配置してもよい。前記間隔は、吸音の対象とする周波数帯域に応じて設定する。具体的には、吸音の対象とする周波数帯域を低い帯域まで設定する場合には、前記間隔を大きく設定し、吸音の対象とする周波数帯域を高い帯域に設定する場合には、前記間隔を小さく設定して、前記複数の吸音体 2 と部屋の壁面（境界面）との間の空間に回りこむ音の周波数帯域を制御する。これにより、吸音体の背後で吸音される周波数帯域を、壁面 10 と振動部 25 との間の空間 S の厚さとは別に独立して、任意に制御できる。

【0056】

[変形例 6]

また、本発明においては、吸音体 2 を部屋の壁、床（室境界）、天井（室境界）に固定する方法は、上述した面ファスナーによる方法に限定されるものではなく、柱状のスペーサと接着材により、壁面（または天井、床）に固定するようにしてもよい。

【0057】

[変形例 7]

また、上記隙間を設けて配置された複数の吸音体 2 において、部屋の内部方向に向けられている面（つまり、吸音体 2 の底面部材 21 側の面）をまとめて音響透過性と音に対する流通抵抗を有する仕上げ材（例えば、ジャージネット、カーテックロス、不織布、メッシュシートなど）で覆い、配置された複数の吸音体が視覚的に一つの面をなすように構成してもよい。この構成によれば、仕上げ材の流通抵抗により吸音力がさらに向上する。

【0058】

[変形例 8]

また、本発明においては、上述した柱状部材を伸縮自在の形状とし、振動部 25 と壁面との間の距離をユーザが自在に調整できるようにしてもよい。

図 20 は、伸縮自在の柱状部材 33 の一例を示した図（側面図）である。図 20 に示したように、柱状部材 33 は、基部 33A と、調節部 33B とにより構成されている。基部 33A は、円管の一方の開口部を閉じた形状となっており、内周面に雌ねじが切られている。また、調節部 33B の外観は円柱形状をしており、外周面には雄ねじが切られている。調節部 33B に設けられている雄ねじは、基部 33A の雌ねじに噛み合うようになっているため、調節部 33B を回転させると、基部 33A の底面（基部 33A で開口部が設けられていない側）から、調節部 33B において基部 33A の開口部側に入っている側と反対側の端面までの距離を調節することができる。

【0059】

そして、上述した実施形態の柱状部材 31 を、この柱状部材 33 に替えれば、振動部 25 と壁面 10 との間の距離を自在にユーザが変更でき、吸音特性を任意に調整することができる。

前記距離は、吸音の対象とする周波数帯域に応じて設定することが可能となる。具体的には、吸音の対象とする周波数帯域を低い帯域まで設定する場合には、前記距離を大きく設定し、吸音の対象とする周波数帯域を高い帯域に設定する場合には、前記距離を小さく

10

20

30

40

50

設定して、吸音体 2 と部屋の壁面（境界面）との間の空間に回りこむ音の帯域を制御する。これにより、前記吸音体 2 で吸音される周波数帯域を、任意に制御できる。更に、変形例 5 を併用して吸音体 2 を複数とし、吸音体 2 のそれぞれの所定の間隔を前記距離とは別に任意に設けて配置することで、より詳細で最適な吸音特性を実現することができる。

【 0 0 6 0 】

なお、上述した、壁面 1 0 と振動部 2 5 との距離を調整する構成は、一例であり、壁面 1 0 と振動部 2 5 との距離を調整する構成は、上述した構成に限定されるものでない。

また、本発明においては、対向する振動部 2 5 と壁面 1 0 とは平行ではなく、壁面 1 0 に対して振動部 2 5 が傾斜した状態で壁面 1 0 に固定されるようにしてもよい。

10

【 0 0 6 1 】

[変形例 9]

前述した実施形態では、吸音体 2 の構成を、矩形状の筐体 2 0 と、筐体 2 0 の開口部を閉塞する振動部 2 5 と、筐体 2 0 内に画成される空気層 2 6 と、を具備する構成としたが、本発明による筐体の形状は矩形状に限らず、円形状や多角形状であってよい。また、いずれの形状の筐体であっても、振動部 2 5 に対して振動条件を変更するための集中質量を、振動部 2 5 の中央部に設けることが望ましい。

【 0 0 6 2 】

吸音体 2 は、先にも説明した通り、バネマス系と屈曲系で吸音メカニズムが形成されている。ここで、発明者達は、振動部 2 5 の面密度を変えた際の共振周波数における吸音率の実験を行った。

20

図 2 1 は、空気層 2 6 の縦と横の大きさが 1 0 0 m m × 1 0 0 m m で厚さが 1 0 m m の筐体 2 0 に振動部 2 5（大きさが 1 0 0 m m × 1 0 0 m m、厚さ 0 . 8 5 m m）を固着し、中央部（大きさが 2 0 m m × 2 0 m m、厚さ 0 . 8 5 m m）の面密度を変化させた際の吸音体 2 の垂直入射吸音率のシミュレート結果を示した図である。なお、シミュレート手法は、J I S A 1 4 0 5 - 2（音響管による吸音率及びインピーダンスの測定 - 第 2 部：伝達関数法）に従って、上記吸音体 2 を配置した音響室の音場を有限要素法により求め、その伝達関数より吸音特性を算出した。

【 0 0 6 3 】

具体的には、中央部の面密度を、(1) 3 9 9 . 5 [g / m²]、(2) 7 9 9 [g / m²]、(3) 1 1 9 9 [g / m²]、(4) 1 5 9 8 [g / m²]、(5) 2 2 9 7 [g / m²] とし、周縁部材の面密度を 7 9 9 [g / m²] とし、振動部 2 5 の平均密度を、(1) 7 8 3 [g / m²]、(2) 7 9 9 [g / m²]、(3) 8 1 5 [g / m²]、(4) 8 3 1 [g / m²]、(5) 8 6 3 [g / m²] とした場合のシミュレーション結果である。

30

シミュレートの結果を見ると、3 0 0 ~ 5 0 0 [H z] の間と、7 0 0 [H z] 付近において吸音率が高くなっている。

【 0 0 6 4 】

7 0 0 [H z] 付近で吸音率が高くなっているのは、振動部 2 5 のマスと空気層 2 6 のバネ成分によって形成されるバネマス系の共振によるものである。吸音体 2 においては上記バネマス系の共振周波数での吸音率をピークとして音が吸音されており、中央部の面密度大きくしても、振動部 2 5 全体のマスは大きく変わらないので、バネマス系の共振周波数も大きく変わらないことが分かる。

40

【 0 0 6 5 】

また、3 0 0 ~ 5 0 0 [H z] の間で吸音率が高くなっているのは、振動部 2 5 の屈曲振動によって形成される屈曲系の共振によるものである。吸音体 2 においては、屈曲系の共振周波数での吸音率が低音域側のピークとして表れており、中央部の面密度を大きくしてゆくと屈曲系の共振周波数だけが低くなっていることが分かる。

【 0 0 6 6 】

一般に、屈曲系の共振周波数は、振動部 2 5 の弾性振動を支配する運動方程式で決定され、振動部 2 5 の密度（面密度）に反比例する。また、前記共振周波数は、固有振動の腹

50

(振幅が極大値となる場合)の密度により大きく影響される。このため、上記シミュレーションでは、 1×1 の固有モードの腹となる領域を中央部で異なる面密度に形成したので、屈曲系の共振周波数が変化したものである。

【0067】

このように、シミュレーション結果は、中央部の面密度を周縁部の面密度より大きくすると、吸音のピークとなる周波数のうち、低音域側の吸音率のピークがさらに低音域側へ移動することを表している。従って、中央部の面密度を変更することにより吸音のピークとなる周波数の一部をさらに低音域側または高音域側に移動(シフト)させることができることを表している。

【0068】

上述した吸音体2においては、中央部の面密度を変えるだけで、吸音される音のピークの周波数を変える(シフトさせる)ことができるため、振動部25を吸音体2全体と同じ素材で板状に形成し、吸音体2全体の質量を重くして吸音する音を変更する場合と比較して、吸音体2全体の質量を大きく変えることなく吸音させる音を低くできる。

このように、車室内や荷室内の吸音力の変更(人や荷物の数量、形状の変化等)や発生騒音の変更(タイヤの変更、路面状況の変化等)により車室内の騒音特性の変化に対応できる。

さらに、吸音体2の空気層26内には、多孔質吸音材(例えば、発泡樹脂、フェルト、ポリエステルウール等の綿状繊維)を充填することにより、吸音率ピーク値を増加させてもよい。

【0069】

[変形例10]

また、本実施形態における吸音体(吸音構造)は、音響特性を制御する各種の音響室に配置することが可能である。ここで各種音響室とは、防音室、ホール、劇場、音響機器のリスニングルーム、会議室等の居室、各種輸送機器の空間、スピーカや楽器などの筐体などである。

【図面の簡単な説明】

【0070】

【図1】本発明の一実施形態に係る吸音体の模式図である。

【図2】図1のII-II方向から見た縦断面図である。

【図3】固定部材3の分解図である。

【図4】一の実例による吸音体2を部屋に配置した時の残響時間の測定結果である。

【図5】一の実例による吸音体2を部屋に配置した時の平均吸音率の測定結果である。

【図6】一の実例による吸音体2を部屋に配置した時の残響時間と平均吸音率の測定結果を表したグラフである。

【図7】本発明による吸音構造が用いられる他の具体例を示す4ドアセダン形の車両を示す斜視図である。

【図8】他の具体例による車両を模式的に示す図である。

【図9】図8中のa部を示す断面図である。

【図10】図9に示す吸音体2の配置を示す平面図である。

【図11】図8中のb部を示す断面図である。

【図12】図8中のc部を示す断面図である。

【図13】図8中のd部を示す断面図である。

【図14】図8中のe部を示す断面図である。

【図15】図8中のf部を示す断面図である。

【図16】本発明の変形例に係る吸音体の断面図である。

【図17】本発明の変形例に係る吸音体の断面図である。

【図18】本発明の変形例に係る吸音体の断面図である。

【図19】吸音体2の配置例を示した図である。

【図20】本発明の変形例に係る柱状部材を示した図である。

10

20

30

40

50

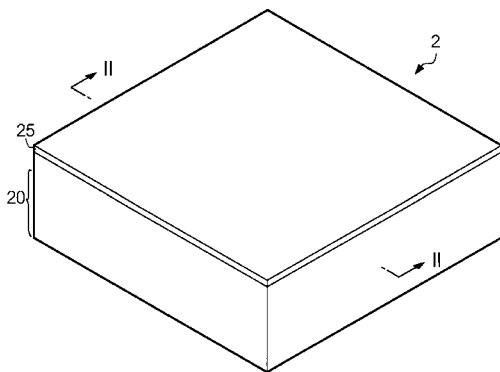
【図 2 1】変形例 9 によるシミュレート結果を示した図である。

【符号の説明】

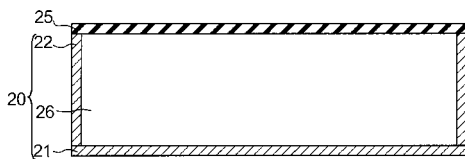
【 0 0 7 1 】

1・・・部屋、2・・・吸音体、3・・・固定部材、10・・・壁面、20・・・筐体、
 21・・・底面部材、22・・・側壁部材、25・・・振動部、26・・・空気層、27
 ・・・・多孔室層、31・・・柱状部材、32・・・面ファスナー、32A・・・鉤部、3
 2B・・・パイル部、S・・・空間。

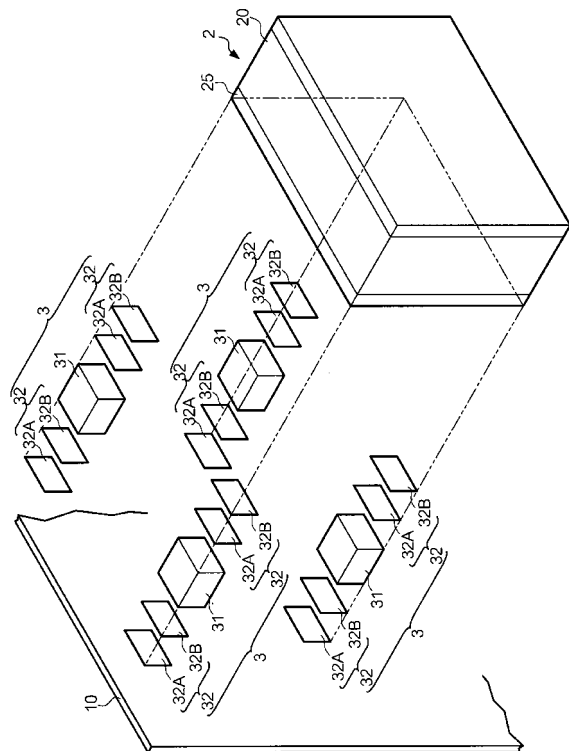
【 図 1 】



【 図 2 】



【 図 3 】



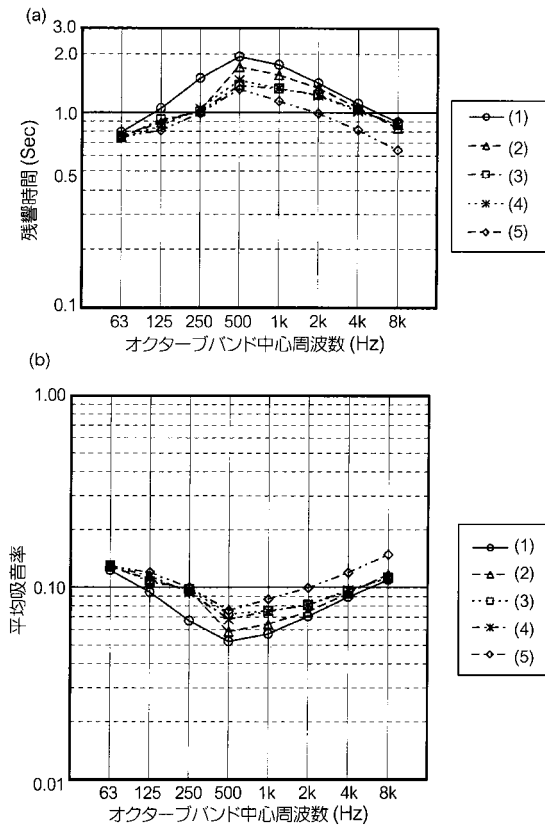
【 図 4 】

条件	周波数(Hz)							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
(1) 吸音体2を部屋1に配置しなかった場合	0.79	1.05	1.05	1.93	1.76	1.41	1.11	0.89
(2) 吸音体2の底面側を部屋1の床に密着するように置いた場合	0.75	0.89	1.03	1.71	1.56	1.34	1.06	0.84
(3) 吸音体2の底面側を部屋1の床側に向けて床と底面部材21との間に空間Sを設けた場合	0.74	0.91	1.01	1.38	1.33	1.23	1.03	0.87
(4) 吸音体2の振動部25側を部屋1の床側に向けて床と振動部25との間に空間Sを設けた場合	0.74	0.85	1.05	1.47	1.33	1.23	1.02	0.87
(5) 吸音体2の振動部25側を部屋1の床側に向けて床と振動部25との間に空間Sを設け、吸音体2の底面側全面に厚さ10mmのフタソノフォームを貼り付けた場合	0.75	0.81	0.99	1.32	1.15	0.99	0.82	0.64

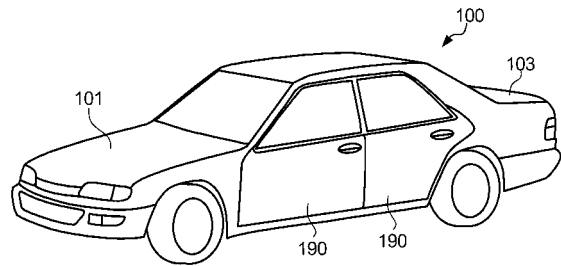
【 図 5 】

条件	周波数(Hz)							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
(1) 吸音体2を部屋1に配置しなかった場合	0.12	0.09	0.07	0.05	0.06	0.07	0.09	0.11
(2) 吸音体2の底面側を部屋1の床に密着するように置いた場合	0.13	0.11	0.10	0.06	0.06	0.07	0.09	0.12
(3) 吸音体2の底面側を部屋1の床側に向けて床と底面部材21との間に空間Sを設けた場合	0.13	0.11	0.10	0.07	0.08	0.08	0.10	0.11
(4) 吸音体2の振動部25側を部屋1の床側に向けて床と振動部25との間に空間Sを設けた場合	0.13	0.12	0.09	0.07	0.07	0.08	0.10	0.11
(5) 吸音体2の振動部25側を部屋1の床側に向けて床と振動部25との間に空間Sを設け、吸音体2の底面側全面に厚さ10mmのフタソノフォームを貼り付けた場合	0.13	0.12	0.10	0.08	0.09	0.10	0.12	0.15

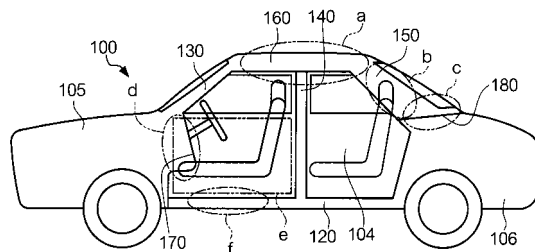
【 図 6 】



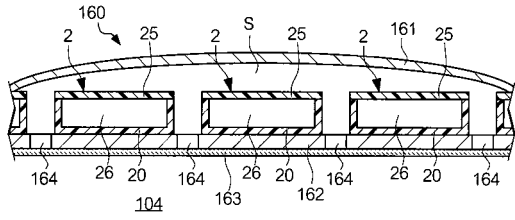
【 図 7 】



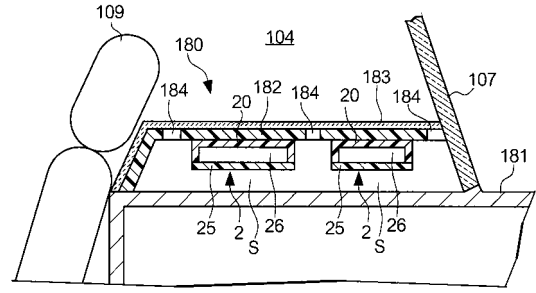
【 図 8 】



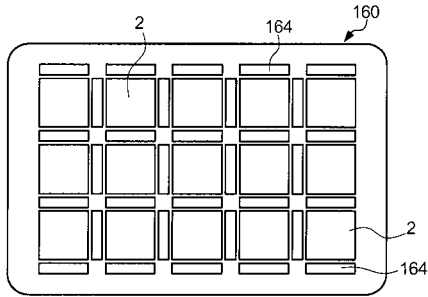
【図 9】



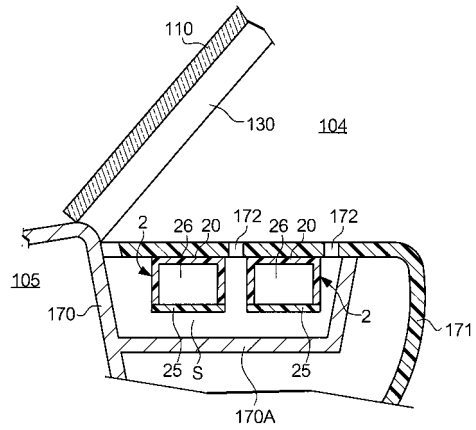
【図 12】



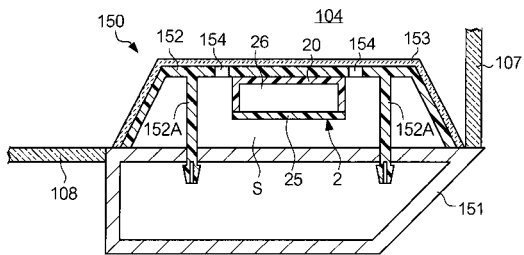
【図 10】



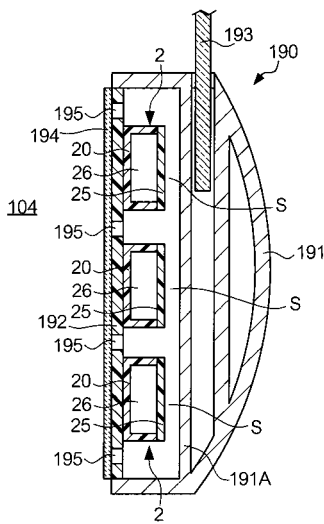
【図 13】



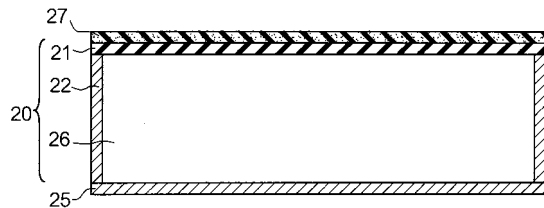
【図 11】



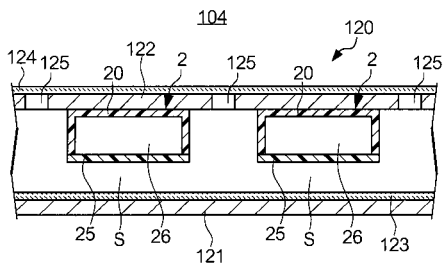
【図 14】



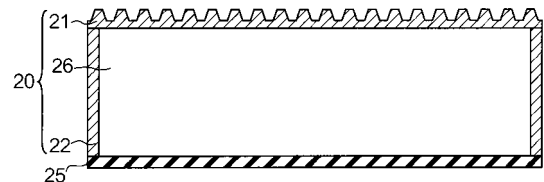
【図 16】



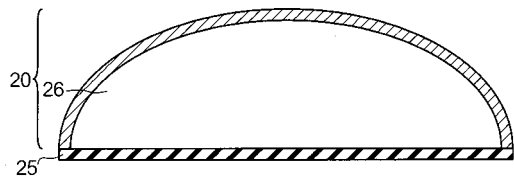
【図 15】



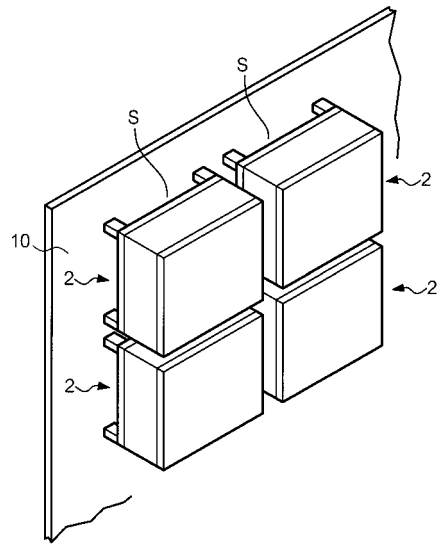
【図 17】



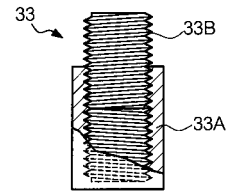
【図18】



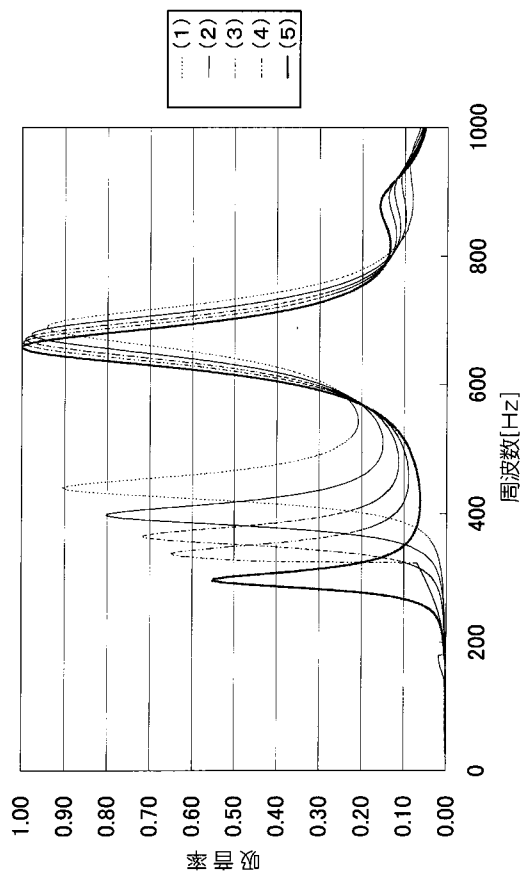
【図19】



【図20】



【図21】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平08-068018(JP,A)
特開昭59-180593(JP,A)
特開平09-143936(JP,A)
特開平01-287341(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B60R 13/01 - 13/04
B60R 13/08
E04B 1/62 - 1/99
G10K 11/00 - 13/00