

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2016年12月29日(29.12.2016)



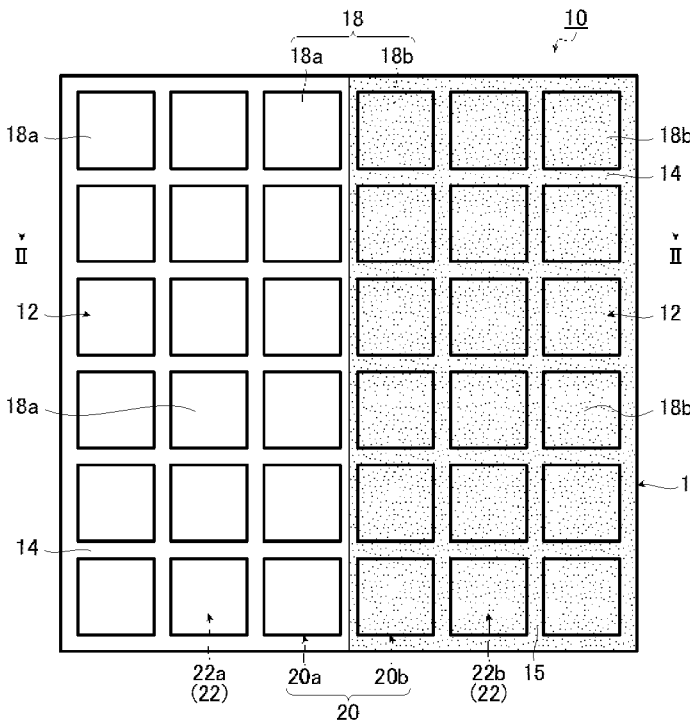
(10) 国際公開番号
WO 2016/208580 A1

- (51) 国際特許分類:
G10K 11/16 (2006.01) G10K 11/162 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/068392
- (22) 国際出願日: 2016年6月21日(21.06.2016)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2015-124639 2015年6月22日(22.06.2015) JP
特願 2016-090881 2016年4月28日(28.04.2016) JP
- (71) 出願人: 富士フイルム株式会社(FUJIFILM CORPORATION) [JP/JP]; 〒1068620 東京都港区西麻布2丁目2番30号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 白田 真也(HAKUTA Shinya); 〒2588577 神奈川県足柄上郡開成町牛島577番地 富士フイルム株式会社内 Kanagawa (JP). 山添 昇吾(YAMAZOE Shogo); 〒2588577 神奈川県足柄上郡開成町牛島577番地 富士フイルム株式会社内 Kanagawa (JP). 笠松 直史(KASAMATSU Tadaashi); 〒2588577 神奈川県足柄上郡開成町牛島577番地 富士フイルム株式会社内 Kanagawa (JP). 納谷 昌之(NAYA Masayuki); 〒2588577 神奈川県足柄上郡開成町牛島577番地 富士フイルム株式会社内 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 渡辺 望稔, 外(WATANABE Mochitoshi et al.); 〒1010032 東京都千代田区岩本町2丁目3番3号 友泉岩本町ビル6階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

[続葉有]

(54) Title: SOUNDPROOF STRUCTURE AND METHOD FOR PRODUCING SOUNDPROOF STRUCTURE

(54) 発明の名称: 防音構造、及び防音構造の製造方法



(57) Abstract: Provided is a soundproof structure equipped with: a frame having a plurality of soundproof cells which are arranged two-dimensionally and which each comprise frame members that form an opening; and a membrane affixed to the frame. Furthermore, two or more types of soundproof cells having different first resonance frequencies are present among the plurality of soundproof cells, and a peak masking frequency exhibiting maximum transmission loss exists within the range extending from the lowest frequency among the first resonance frequencies of the soundproof cells to the highest frequency among the first resonance frequencies of the soundproof cells. Thus, the provided soundproof structure is thin and lightweight, does not rely on the shape thereof for the soundproof properties thereof such as masking frequency, size and the like, is stable and highly robust as a soundproofing material, is appropriate for use in devices and vehicles and for general household use, and is well-suited for production.

(57) 要約: 2次元的に配置された複数の防音セルを有し、その各々は、開口を形成する枠材からなる枠と、枠に固定された膜と、を備え、複数の防音セルの中には、第1共振周波数が異なる2種以上の防音セルが存在し、各防音セルの第1共振周波数の中で最低の周波数以上でかつ各防音セルの第1共振周波数の中で最大の周波数以下の範囲内に透過損失が極大となる遮蔽ピーク

ク周波数を有することにより、軽量で薄く、その形状に遮蔽周波数及び大きさ等の遮音特性が依存することなく、遮音材としてのロバスト性が高く、かつ安定性があり、機器、自動車、及び一般家庭の用途に適し、製造適性に優れた防音構造を提供する。

WO 2016/208580 A1



(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,

SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：防音構造、及び防音構造の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、防音構造に係り、詳しくは、枠と、枠に固定された膜とを有する実効的な堅さの異なる2種以上の防音セルが複数2次元的に配置され、ターゲットとなる周波数の音を選択的に強く遮蔽するための防音構造に関する。

背景技術

[0002] 一般的な遮音材は、質量が重ければ重いほど音を良く遮蔽するために、良好な遮音効果を得るために、遮音材自体が大きく重くなってしまふ。一方、特に、低周波成分の音を遮蔽することは困難である。一般に、この領域は、質量則と呼ばれ周波数が2倍になると遮蔽が6 dB大きくなることが知られている。

このように、従来のほとんどの防音構造は、構造の質量で遮音を行っていたために大きく重くなりまた低周波の遮蔽が困難という欠点があった。

このため、機器、自動車、及び一般家庭など様々な場面に対応する遮音材として軽くて薄い遮音構造が求められている。そこで、近年、薄く軽い膜構造に枠を取り付けて膜の振動を制御する遮音構造が注目されている（特許文献1、2、及び3参照）。

この構造の場合、遮音の原理が上記質量則と異なる剛性則となるため薄い構造でも低周波成分をより遮蔽できる。この領域は、剛性則と呼ばれ、枠部分で膜振動が固定されることによって膜が枠開口と一致する有限サイズのとときと同様の振る舞いとなる。

[0003] 特許文献1においては、貫通孔が形成された枠体と、貫通孔の一方の開口を覆う吸音材を有し、吸音材の第1の貯蔵弾性率 E_1 が 9.7×10^6 以上であり、第2の貯蔵弾性率 E_2 が346以下である吸音体が開示されている（要約、請求項1、段落[0005]～[0007]、[0034]等参照）

。なお、吸音材の貯蔵弾性率は、吸音により吸音材に生じたエネルギーのうち内部に保存する成分を意味する。

特許文献1では、実施例では、配合の材料を樹脂又は樹脂とフィラーの混合物とする吸音材を用いることにより、吸音体の大型化を招くことなく、吸音率のピーク値が0.5～1.0であり、ピーク周波数が290～500Hzであり、500Hz以下の低周波領域において高度な吸音効果を達成することができるとしている。

[0004] また、特許文献2には、複数の個々のセルに分割された、音響的に透過性のある2次元の剛性フレームと、剛性フレームに固定されたフレキシブルな材料のシートと、複数の錘と、を具備する音響減衰パネルであって、複数の個々のセルは、大体2次元セルであり、各錘は、各セルにそれぞれ錘が設けられるようにフレキシブルな材料のシートに固定され、音響減衰パネルの共鳴周波数は、個々の各セルの2次元形状、フレキシブルな材料の柔軟性、及びその上の各錘によって定義される音響減衰パネル、及び音響減衰構造が開示されている（請求項1、12、及び15、図4、第4欄等参照）。

なお、特許文献2には、従来と比較して、この音響減衰パネルは以下の利点があることが開示されている。即ち、（1）音響パネルは非常に薄くできる。（2）音響パネルは非常に軽量（密度が低い）にできる。（3）パネルは広い周波数範囲にわたって質量則に従わないで広い周波数の局部的共振音響材料（LRSM: Locally Resonant Sonic Materials）を形成するために一緒に積層でき、特に、これは500Hzよりも低い周波数で質量則から外れることができる。（4）パネルは容易に、廉価に製造できる。（第5欄第65行～第6欄第5行参照）。

また、特許文献3は、枠となる区画壁で仕切られ、板状部材による後壁（剛壁）で閉じられ、前部が開口部を形成する空洞の開口部を覆う膜材（膜状吸音材）が被せられ、その上から押さえ板が載せられ、膜材の音波による変位が最も生じにくい領域である開口部の周縁部の固定端から膜状吸音材の面の寸法の20%の範囲内の領域（隅部分）にヘルムホルツ共鳴用の共鳴穴が

形成された吸音体を開示している。この吸音体においては、共鳴穴を除いて、空洞は閉塞されている。この吸音体は、膜振動による吸音作用とヘルムホルツ共鳴による吸音作用を併せて奏する。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特許第4832245号公報

特許文献2：米国特許第7395898号公報（対応日本特許公開：特開2005-250474号公報参照）

特許文献3：特開2009-139556号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] ところで、従来のほとんどの防音構造は、構造の質量で遮音を行っていたために、大きく、かつ重くなり、また、低周波の遮蔽が困難という欠点があった。

また、特許文献1に開示の吸音体では、軽量で、吸音率のピーク値が0.5以上と高く、ピーク周波数が500Hz以下の低周波領域において高度な吸音効果を達成することができるが、吸音材の選択の幅が狭く、難しいという問題があった。

更に、膜振動と背後空気層の連成による吸音を原理としているために、条件を満たすためには厚い枠と背後の壁が必要となっていた。このために、設置する場所や大きさに制限が大きかった。

また、このような吸音体の吸音材は、枠体の貫通孔を完全にふさぐものであるため、風、及び熱を通す能力がなく熱がこもりがちとなり、特許文献1に開示の特に機器及び自動車の遮音に向かないという問題があった。

また、特許文献1に開示の吸音体の遮音性に関しては通常の剛性則もしくは質量則にしたがってなだらかに変化してしまうため、モータ音など特定の周波数成分がパルス的に強く発することの多い一般の機器及び／又は自動車

において有効に用いることが困難であった。

[0007] また、特許文献2では、音響減衰パネルは、非常に薄く軽量で低密度にでき、500Hzよりも低い周波数で使用でき、質量密度の法則から外れることができ、容易に廉価に製造できるとしているが、機器、自動車、及び一般家庭などで求められている更に軽く薄い遮音構造としては、以下のような問題点があった。

特許文献2に開示の音響減衰パネルでは、膜に錘が必須であるため、構造が重いものとなり機器、自動車、及び一般家庭などに用いることが難しい。

錘を各セル構造に配置するための容易な手段がなく、製造適性がない。

錘の重さ、及び膜上での位置に遮蔽の周波数・大きさが強く依存するため、遮音材としてのロバスト性が低く安定性がない。

また、特許文献3では、膜振動による吸音作用とヘルツホルム共鳴による吸音作用を合わせて利用する必要があるので、枠となる区画壁の後壁は板状部材によって閉塞されており、特許文献1と同様に、風、及び熱を通す能力がなく熱がこもりがちとなり、機器及び自動車等の遮音に向かないという問題があった。

[0008] 本発明の目的は、上記従来技術の問題点を解消し、軽量で薄く、その形状に遮蔽周波数及び大きさ等の遮音特性が依存することなく、遮音材としてのロバスト性が高く、かつ安定性があり、機器、自動車、及び一般家庭の用途に適し、製造適性に優れた防音構造を提供することにある。

なお、本発明において、「防音」とは、音響特性として、「遮音」と「吸音」の両方の意味を含むが、特に、「遮音」を言い、「遮音」は、「音を遮蔽すること、即ち「音を透過させない」こと、したがって、音を「反射」すること（音響の反射）、及び音を「吸収」すること（音響の吸収）を含めて言う。（三省堂 大辞林（第三版）、及び日本音響材料学会のウェブページの<http://www.onzai.or.jp/question/soundproof.html>、並びにhttp://www.onzai.or.jp/pdf/new/gijutsu201312_3.pdf参照）

以下では、基本的に、「反射」と「吸収」とを区別せずに、両者を含めて

「遮音」及び「遮蔽」と言い、両者を区別する時に、「反射」及び「吸収」と言う。

課題を解決するための手段

[0009] 上記目的を達成するために、本発明の防音構造は、2次元的に配置された複数の防音セルを有する防音構造であって、複数の防音セルの各々は、開口を形成する枠材からなる枠と、枠に固定された膜と、を備え、複数の防音セルの中には、第1共振周波数が異なる2種以上の防音セルが存在し（又は、複数の防音セルは、第1共振周波数が異なる2種以上の防音セルを有し）、各防音セルの第1共振周波数の中で最低の周波数以上でかつ各防音セルの第1共振周波数の中で最大の周波数以下の範囲内に透過損失が極大となる遮蔽ピーク周波数を有することを特徴とする。

[0010] ここで、第1共振周波数は、各防音セルの枠の幾何学的形態と膜の剛性によって定まり、遮蔽ピーク周波数は、1つ以上存在し、各遮蔽ピーク周波数は、それぞれ異なる2つの隣接する第1共振周波数の間の周波数に定まるものであることが好ましい。

また、複数の防音セルの第1共振周波数のうち、2つ以上の異なる第1共振周波数は、10 Hz～100000 Hzの範囲内に含まれることが好ましい。

また、枠の円相当半径をR (m)、膜の厚みをt (m)、膜のヤング率をE (Pa)、膜の密度をd (kg/m³)とする時、第1共振周波数が異なる2種以上の防音セルに関して、それぞれ下記式(1)で表されるパラメータBが、15.47以上2.350×10⁵以下であることが好ましい。

$$B = t / R^2 * \sqrt{E / d} \quad \dots (1)$$

また、複数の防音セルの枠の平均サイズは、遮蔽ピーク周波数に対応する波長サイズ以下であることが好ましい。

[0011] また、第1共振周波数が異なる2種以上の防音セルは、互いに異なる膜厚の2種類以上の膜を有することが好ましい。

また、第1共振周波数が異なる2種以上の防音セルは、互いに異なる枠サ

イズの2種類以上の枠を有することが好ましい。

また、第1共振周波数が異なる2種以上の防音セルは、互いに異なる張力をかけた2種類以上の膜を有することが好ましい。

また、第1共振周波数が異なる2種以上の防音セルは、同種の膜材質の膜で構成されていることが好ましい。

また、第1共振周波数が異なる2種以上の防音セルは、互いに異なる膜材質を用いた2種類以上の膜を有することが好ましい。

[0012] また、第1共振周波数が同一である防音セルが連続して続く領域が、遮蔽ピーク周波数における波長長さ未満であることが好ましい。

また、複数の防音セルの膜は、膜を貫通する1以上の穴を有することが好ましい。

また、1以上の穴は、同一サイズの複数の穴で構成されることが好ましい。

また、複数の防音セルの1以上の穴は、その70%以上が同一サイズの穴で構成されることが好ましい。

また、1以上の穴のサイズは、2 μ m以上であることが好ましい。

[0013] また、膜は、空気に対して不浸透性であることが好ましい。

また、防音セルの1つの穴は、膜の中心に設けられていることが好ましい。

また、膜は、可撓性のある弾性材料製であることが好ましい。

また、複数の防音セルの枠は、複数の防音セルを覆う1つの枠体によって構成されたものであることが好ましい。

また、複数の防音セルの内の第1共振周波数が同一である防音セルの膜は、複数の防音セルを覆う1枚のシート状の膜体によって構成されることが好ましい。

[0014] また、複数の防音セルは、第1共振周波数が異なる第1防音セルと第2防音セルとを有し、第1防音セルの第1共振周波数と、第2防音セルの高次の共振周波数とが一致することが好ましい。

ここで、第1防音セルの第1共振周波数と、第2防音セルの高次の共振周波数とが一致する時、第1防音セルと前記第2防音セルとを備える防音構造は、最大吸収率を示すものであり、第1防音セルの第1共振周波数と、第2防音セルの高次の共振周波数とが一致するとは、第1防音セルの第1共振周波数と、第2防音セルの高次の共振周波数との差が、第2防音セルの高次の共振周波数の $\pm 1/3$ 以内であることを指す。

[0015] また、第1防音セルは、その開口を覆う1層の膜を有し、第2防音セルは、その開口をそれぞれ覆う複数層の膜を有することが好ましい。

第2防音セルは、2層の膜を有し、第2防音セルの高次の共振周波数は、第2防音セルの2層の膜の変位が反対方向に動く共振モードの共振周波数であることが好ましい。

[0016] また、複数の防音セルの前記枠の枠サイズ、または枠厚は、音波の波長の $1/4$ 未満の大きさであることが好ましい。

また、第2防音セルは、その開口をそれぞれ覆う複数層の膜を有し、複数層の膜の隣接する膜間の距離は、音波の波長の $1/4$ 未満の大きさであることが好ましい。

発明の効果

[0017] 本発明によれば、軽量で薄く、その形状に遮蔽の周波数及び大きさ等の遮音特性が依存することなく、遮音材としてのロバスト性が高く、かつ安定性があり、機器、自動車、及び一般家庭の用途に適し、製造適性に優れた防音構造を提供することができる。

特に、本発明によれば、枠と膜とからなる遮蔽構造の堅さ、具体的には、膜の材質（ヤング率、密度等の膜物性）、膜厚み、膜サイズ（枠サイズ）、及び膜の張力等で決定される実効的な堅さの異なる2種以上の防音セルを用いることで任意の狙った周波数成分を極めて強く遮蔽し、即ち反射かつ／又は吸収することができる。

即ち、本発明によれば、「堅さ」の異なる2つの枠及び膜からなる構造体、例えば、同じ枠に厚みが違う2種の膜及び／又は種類（物性）の違う2種

の膜を貼ること、又はサイズの異なる枠に同じ膜を貼ることだけで強い音響遮音が実現できる。

図面の簡単な説明

[0018] [図1]本発明の一実施形態に係る防音構造の一例を模式的に示す平面図である。

[図2]図1に示す防音構造のII-II線で切断した模式的断面図である。

[図3]本発明の他の実施形態に係る防音構造の一例を模式的に示す平面図である。

[図4]本発明の他の実施形態に係る防音構造の一例を模式的に示す平面図である。

[図5]本発明の他の実施形態に係る防音構造の一例を模式的に示す平面図である。

[図6]図1に示す防音構造の厚みの異なる膜の複数の組み合わせについての周波数に対する透過損失で表される遮音特性を示すグラフである。

[図7]図1に示す防音構造の厚みの異なる膜の他の複数の組み合わせについての遮音特性を示すグラフである。

[図8]図1に示す防音構造の物性の異なる膜の複数の組み合わせについての遮音特性を示すグラフである。

[図9]図4に示す防音構造のサイズの異なる枠の複数の組み合わせについての遮音特性を示すグラフである。

[図10]本発明の実施例1の防音構造の遮音特性を示すグラフである。

[図11]本発明の実施例1の防音構造の音の吸収特性を示すグラフである。

[図12]図1に示す枠-膜構造を持つ本発明の実施例1の防音構造の遮音特性の測定結果及びシミュレーション結果を示すグラフである。

[図13]本発明の実施例2の防音構造の遮音特性を示すグラフである。

[図14]本発明の実施例2の防音構造の音の吸収特性を示すグラフである。

[図15]本発明の実施例3の防音構造の遮音特性を示すグラフである。

[図16]本発明の実施例3の防音構造の音の吸収特性を示すグラフである。

[図17]本発明の実施例1、比較例1及び比較例2の防音構造の遮音特性を示すグラフである。

[図18]図1に示す防音構造の張力の異なる膜の組み合わせについての遮音特性を示すグラフである。

[図19]図1に示す防音構造の厚みの異なる膜を3種類組み合わせたときについての周波数に対する透過損失で表される遮音特性を示すグラフである。

[図20]様々な枠形状を有する本発明の防音構造のパラメータBに対する第1共振周波数を示すグラフである。

[図21]四角形枠を有する本発明の防音構造のパラメータBに対する第1共振周波数を示すグラフである。

[図22]本発明の他の実施形態に係る防音構造の一例を模式的に示す断面図である。

[図23]本発明の他の実施形態に係る防音構造の一例を模式的に示す断面図である。

[図24]本発明の実施例5の防音構造の遮音特性を示すグラフである。

[図25]本発明の実施例5の防音構造の音の透過特性、反射特性及び吸収特性を示すグラフである。

[図26]本発明の実施例5の防音構造および防音構造を構成する防音セルの音の吸収特性を示すグラフである。

[図27]本発明の実施例5の防音構造の膜変位とそれを模式的に示す図である。

[図28]図27に示す膜変位における局所速度を示す図である。

[図29]本発明の実施例6の防音構造の音の透過特性、反射特性および吸収特性を示すグラフである。

[図30]本発明の実施例6の防音構造の膜変位を示す図である。

[図31]図30に示す膜変位における局所速度を示す図である。

[図32]図23に示す第1防音セルの異なる枠サイズについての音の吸収特性を示すグラフである。

[図33]図3 2 に示す各枠サイズの第1 防音セルを備える図2 3 に示す防音構造の最大吸収率を示すグラフである。

[図34]第1 防音セルの第1 共振周波数と第2 防音セルの高次の共振周波数との各差における図2 3 に示す防音構造の最大吸収率を示すグラフである。

[図35]本発明の防音構造を持つ防音部材の一例の断面模式図である。

[図36]本発明の防音構造を持つ防音部材の他の一例の断面模式図である。

[図37]本発明の防音構造を持つ防音部材の壁への取付状態の一例を示す断面模式図である。

[図38]図3 7 に示す防音部材の壁からの取外状態の一例の断面模式図である。

[図39]本発明の防音構造を持つ防音部材の他の一例における単位ユニットセルの着脱を示す平面図である。

[図40]本発明の防音構造を持つ防音部材の他の一例における単位ユニットセルの着脱を示す平面図である。

[図41]本発明の防音構造の防音セルの一例の平面図である。

[図42]図4 1 に示す防音セルの側面図である。

[図43]本発明の防音構造の防音セルの一例の平面図である。

[図44]図4 3 に示す防音セルのA - A 線矢視断面模式図である。

[図45]本発明の防音構造を持つ防音部材の他の一例の平面図である。

[図46]図4 5 に示す防音部材のB - B 線矢視断面模式図である。

[図47]図4 5 に示す防音部材のC - C 線矢視断面模式図である。

発明を実施するための形態

[0019] 以下に、本発明に係る防音構造を添付の図面に示す好適実施形態を参照して詳細に説明する。

図1 は、本発明の一実施形態に係る防音構造の一例を模式的に示す平面図であり、図2 は、図1 に示す防音構造のII - II 線で切断した模式的な断面図である。図3 ~ 図5 は、それぞれ本発明の他の実施形態に係る防音構造の一例を模式的に示す平面図である。

[0020] 図1及び図2に示す本発明の防音構造10は、開口12をそれぞれ有し、2次元的に配置された複数、図示例では36個の枠14を形成する枠体16と、それぞれの枠14の開口12を覆うようにそれぞれの枠14に固定される、複数、図示例では36個の膜18を形成するシート状の膜体20とを有する。複数（36個）の膜18は、それぞれ複数、図示例では18個ずつの、互いに厚み及び／又は種類（ヤング率、密度等の物性）が異なる2種類の膜18a及び18bからなり、膜体20は、それぞれ複数（18個）の膜18a及び18bを形成するシート状の膜体20a及び20bからなる。

[0021] 本実施形態の防音構造10において、1つの枠14と、この枠14に固定された膜18とは、1つの防音セル22を構成する。

したがって、防音構造10は、2次元的に配置された複数、図示例では36個の防音セル22を有するものである。これらの防音セル22は、それぞれ、枠14と膜18aからなり、所定の第1共振周波数を持つ複数（18個）の防音セル22aと、枠14と膜18bからなり、防音セル22aと異なる所定の第1共振周波数を持つ複数（18個）の防音セル22bとからなる。これらの18個ずつの防音セル22a及び22bは、それぞれ図中右側及び左側に隣接して6行3列に配置される。図示例では、右端の列の6個の防音セル22aと左端の列の6個の防音セル22bとが隣接するように配置される。なお、第1共振周波数とは、各防音セル22a及び22bの最も低次の共振周波数である。本実施形態の防音構造10においては、互いに厚み及び／又は種類（物性）の異なる膜18a及び18bを用いることによって、それぞれ互いに異なる第1共振周波数を持つ2種類の防音セル22a及び22bを構成している。

本発明の防音構造10は、異なる第1共振周波数を持つ2種類の防音セル22aおよび22bにより、両者の第1共振周波数の間に透過損失が極大となる遮蔽ピーク周波数を有する。なお、2種類の防音セルの第1共振周波数及び遮蔽のピークを表わす遮蔽ピーク周波数については、後述する。

[0022] 図示例の防音構造10は、互いに厚み及び／又は種類（物性）の異なる膜

を持つ2種類の複数の防音セル22（22a、22b）によって構成されるものであるが、本発明はこれに限定されず、1つの防音セル22aと、22bとから構成されるものであっても良い。

なお、図示例の防音構造10においては、複数（18個）の防音セル22aと、複数（18個）の防音セル22bとは、1つの境界線の両側に、図示例では左右に、それぞれ集まって（纏って）配置されているが、本発明はこれに限定されず、図3に示す防音構造10aのように、防音セル22aと防音セル22bとが千鳥状の配置されるものであっても良い。図3に示す防音構造10aでは、厚さ及び／又は種類（物性）が互いに異なる膜18a及び18bが千鳥状にそれぞれ枠14の開口12を覆うように枠14に張り付けられるので、全体としてシート状の膜体20を構成するが、同種の膜18a及び18b同士が連続したシート状の膜体20a及び20bは存在しない。

[0023] なお、図1に示す防音構造10では、複数の防音セル22a及び22bは、それぞれ2つの領域中の異なる1つの領域に連続して配置され、図3に示す防音構造10aでは、防音セル22a同士、及び防音セル22b同士がそれぞれ連続することはなく、防音セル22aの周囲4方（前後左右）には防音セル22bが配置され、防音セル22bの周囲4方（前後左右）には防音セル22aが配置されるが、本発明はこれに限定されず、両者の中間的な状態に配置されていても良い。例えば、部分的に複数の防音セル22a同士が連続した領域、及び複数の防音セル22b同士が連続した領域があり、それらの領域が千鳥配置されていても良いし、この配置と図3に示す防音セル22a及び22bの配置とが混合された中間的な状態に配置されていても良い。

また、本発明の防音構造10及び10aのように、実効的な堅さの異なる防音セル22a及び22bは、同数であるのが好ましいが、本発明はこれに限定されず、後述する遮蔽ピーク周波数が、後述する2つの防音セル22a及び22bのそれぞれの第1共振周波数の間に明確に存在することができれば、両防音セル22a及び22bの数は、異なっても良い。

[0024] 本実施形態の防音構造10において、防音セル22aの膜18aと、防音セル22bの膜18bとは、上述したように、膜18の厚み及び／又は種類（ヤング率、密度等の物性）が互いに異なるため、枠14及び膜18を組み合わせた枠-膜構造の防音セル22の一方の防音セル22aと他方の防音セル22bとは、枠-膜構造としての膜の堅さが互いに異なる2種類の枠-膜構造である。この2種類の枠-膜構造の防音セル22a及び防音セル22bでは、一方の構造が質量則側の振る舞いを示し、他の構造が剛性則側の振る舞いをする周波数において互いの構造を透過する音波が互いに打消し合うので、本実施形態の防音構造10においては、強い遮音を得ることができる。

[0025] 本発明において、「堅さ」とは、膜物性の堅さの指標であるヤング率だけでなく、膜の厚み、及び／又は膜種類（ヤング率や密度等の膜物性）等で決定される枠-膜構造における実効的な堅さのことを言う。なお、本発明においては、実効的な堅さは、膜の厚み、及び／又は膜種類（ヤング率や密度等の膜物性）等のみならず、枠14のサイズ、即ち、枠14の開口12のサイズ、したがって、枠14に貼り付けられる膜18のサイズによって決定されるものであっても良い。

図1に示す例では、実効的な堅さが互いに異なる膜18（18a、18b）を持つ枠-膜構造の防音セル22は、防音セル22a及び22bの2種類であるが、本発明はこれに限定されず、実効的な堅さが互いに異なる膜18を持つ3種類以上の防音セル22からなるものであっても良い。以下では、2種類の防音セルを代表例として説明する。

[0026] 枠14は、厚みのある板状部材である枠材15で環状に囲むように形成された、内部に開口12を有し、少なくとも一方の側において開口12を覆うように膜18（18a、18b：以下では、両者を区別して説明する必要がある場合を除いて、参照符号18で表すものとする）を固定するためのもので、この枠14に固定された膜18の膜振動の節となるものである。したがって、枠14は、膜18に比べて、剛性が高く、具体的には、単位面積当たりの質量及び剛性は、共に高い必要がある。

枠 14 の形状は、膜 18 の全外周を抑えることができるように膜 18 を固定できる閉じた連続した形状であることが好ましいが、本発明は、これに限定されず、枠 14 が、これに固定された膜 18 の膜振動の節となるものであれば、一部が切断され、不連続な形状であっても良い。即ち、枠 14 の役割は、膜 18 を固定して膜振動を制御することにあるため、枠 14 に小さな切れ目が入っていても、極わずかに接着していない部位が存在していても効果を発揮する。

[0027] また、枠 14 によって形成される開口 12 の形状は、平面形状で、図 1 に示す例では正方形であるが、本発明においては、特に制限的ではなく、例えば、長方形、ひし形、又は平行四辺形等の他の四角形、正三角形、2 等辺三角形、又は直角三角形等の三角形、正五角形、又は正六角形等の正多角形を含む多角形、円形、若しくは楕円形等であっても良いし、不定形であっても良い。なお、枠 14 の開口 12 の両側の端部は、共に閉塞されておらず、共にそのまま外部に開放されている。この開放された開口 12 の少なくとも一方の端部に開口 12 を覆うように膜 18 が枠 14 に固定される。

また、枠 14 のサイズは、平面視のサイズであり、その開口 12 のサイズとして定義できるが、図 1 に示す正方形のような正多角形、又は円の場合には、その中心を通る対向する辺間の距離、又は円相当直径と定義することができ、多角形、楕円又は不定形の場合には、円相当直径と定義することができる。本発明において、円相当直径及び半径とは、それぞれ面積の等しい円に換算した時の直径及び半径である。

なお、本発明の防音構造 10 において、枠 14 のサイズは、厚み及び／又は種類（物性）が互いに異なる 2 種類以上の膜 18 を用いる場合には、全ての枠 14 において、一定であっても良いが、異なるサイズ（形状が異なる場合も含む）の枠が含まれていても良く、この場合には、枠 14 のサイズとして、枠 14 の平均サイズを用いればよい。

[0028] 一方、本発明の防音構造 10 において、厚み及び種類（物性）が同一の 1 種類の膜 18 を用いる場合には、図 4 に示す防音構造 10 b のように、枠

14のサイズは、互いに異なる2種以上のサイズを持つものであっても良い。

図4に示す防音構造10bは、長方形の開口12aを形成する枠材15からなる複数、図示例では8個の枠14aと、長方形の開口12aの短辺を1辺とし、開口12aとサイズが異なる正方形の開口12bを形成する枠材15からなる複数、図示例では8個の枠14bとからなる複数(16個)の枠14を有する枠体16と、全ての枠14aの開口12a及び全ての枠14bの開口12bを覆うように全部の枠14に固定される同一材料からなるシート状の膜体20とを有する。防音構造10bでは、シート状の膜体20は、枠14aの開口12aを覆う膜18cと、枠14bの開口12bを覆う膜18dとの複数(16個)の膜18を形成し、枠14a及び膜18cは、防音セル22cを構成し、枠14b及び膜18dは、防音セル22dを構成する。

なお、防音構造10bでは、枠14aと14bとは、したがって、膜18cと膜18dとは、それぞれ1辺が共通な長さを持つ長方形と正方形を成すが、枠14aと14bとのサイズ、したがって開口12を覆う膜18のサイズが異なるものであれば、本発明はこれに限定されず、いかなる形状であっても、いかなるサイズであっても良い。

[0029] このような枠14のサイズは、特に制限的ではなく、本発明の防音構造10、10a、及び10b(以下、防音構造10で代表する)が防音のために適用される防音対象物、例えば、複写機、送風機、空調機器、換気扇、ポンプ類、発電機、ダクト、その他にも塗布機、回転機、搬送機など音を発する様々な種類の製造機器等の産業用機器、自動車、電車、航空機等の輸送用機器、冷蔵庫、洗濯機、乾燥機、テレビジョン、コピー機、電子レンジ、ゲーム機、エアコン、扇風機、PC、掃除機、空気清浄機等の一般家庭用機器などに応じて設定すればよい。

また、この防音構造10自体をパーティションのように用いて、複数の騒音源からの音を遮る用途に用いることもできる。この場合も、枠14のサイ

ズは対象となる騒音の周波数から選択することができる。

[0030] なお、詳細は後述するが、枠14及び膜18からなり、実効的な堅さの異なる枠-膜構造の2種類の防音セル22（22a及び22b、22c及び22d）を有する防音構造10の固有振動モードを高周波側に得るためには、枠14のサイズを小さくすることが好ましい。

また、枠14の平均サイズは、詳細は後述するが、上記2種類の防音セル22（22a及び22b、22c及び22d）による防音構造10の遮蔽ピークにおける回折による音の漏れを防止するために、後述する遮蔽ピーク周波数に対応する波長サイズ以下であることが好ましい。

例えば、枠14のサイズは、異なるサイズを持つ枠14a及び14bであっても、0.5mm～200mmであることが好ましく、1mm～100mmであることがより好ましく、2mm～30mmであることが最も好ましい。

なお、枠14のサイズによって防音セル22の枠-膜構造の実効的な堅さを異ならしめる場合を除いて、枠14のサイズは、各枠14で異なるサイズが含まれる場合などは、平均サイズで表しても良い。

[0031] また、枠14の幅及び厚さも、膜18を確実に抑えるように固定することができ、膜18を確実に支持できれば、特に制限的ではないが、例えば、枠14のサイズに応じて設定することができる。

例えば、枠14の幅は、枠14のサイズが、0.5mm～50mmの場合には、0.5mm～20mmであることが好ましく、0.7mm～10mmであることがより好ましく、1mm～5mmであることが最も好ましい。

枠14の幅が、枠14のサイズに対して比率が大きくなりすぎると、全体に占める枠14の部分の面積率が大きくなり、デバイスとしての防音構造10が重くなる懸念がある。一方、上記比率が小さくなりすぎると、その枠14部分において接着剤などによって膜を強く固定することが難しくなってくる。

[0032] また、枠14の幅は、枠14のサイズが、50mm超、200mm以下の

場合には、1 mm～100 mmであることが好ましく、3 mm～50 mmであることがより好ましく、5 mm～20 mmであることが最も好ましい。

また、枠14の厚さは、0.5 mm～200 mmであることが好ましく、0.7 mm～100 mmであることがより好ましく、1 mm～50 mmであることが最も好ましい。

なお、枠14の幅及び厚さは、各枠14で異なる幅及び厚さが含まれる場合などは、それぞれ平均幅及び平均厚さで表すことが好ましい。

[0033] なお、本発明においては、複数、即ち2以上の枠14は、2次元的に繋がるように配置された枠体16、好ましくは1つの枠体16として構成されることが好ましい。

ここで、本発明の防音構造10の枠14の数、即ち図示例では、枠体16を構成する枠14の数は36個であるが、本発明では、特に制限的ではなく、本発明の防音構造10の上述した防音対象物に応じて設定すればよい。もしくは、上述した枠14のサイズは、上述した防音対象物に応じて設定されているので、枠14の数は、枠14のサイズに応じて設定すればよい。

例えば、枠14の数は、機器内騒音遮蔽の場合には、1個～10000個であることが好ましく、2～5000であることがより好ましく、4～1000であることが最も好ましい。

[0034] これは、一般の機器の大きさに対しては、機器のサイズが決まっているために、1対の防音セル22（22a及び22b、22c及び22d）のサイズを騒音の周波数に適したサイズとするためには、複数の防音セル22を組み合わせた枠体16で遮蔽する、即ち反射かつ／又は吸収する必要があることが多く、また、一方で防音セル22を増やしすぎることによって、枠14の重量分全体重量が大きくなることがあるためである。一方で、大きさに制約のないパーティションのような構造では、必要とされる全体の大きさに合わせて枠14の個数を自由に選ぶことができる。

なお、1つの防音セル22は、1つの枠14を構成単位とするので、本発明の防音構造10の枠14の数は、防音セル22の数である。

[0035] 枠 1 4 の材料、即ち枠体 1 6 の材料は、膜 1 8 を支持でき、上述した防音対象物に適用する際に適した強度を持ち、防音対象物の防音環境に対して耐性があれば、特に制限的ではなく、防音対象物及びその防音環境に応じて選択することができる。例えば、枠 1 4 の材料としては、アルミニウム、チタン、マグネシウム、タングステン、鉄、スチール、クロム、クロムモリブデン、ニクロムモリブデン、これらの合金等の金属材料、アクリル樹脂、ポリメタクリル酸メチル、ポリカーボネート、ポリアミドイド、ポリアリレート、ポリエーテルイミド、ポリアセタール、ポリエーテルエーテルケトン、ポリフェニレンサルファイド、ポリサルフォン、ポリエチレンテレフタラート、ポリブチレンテレフタラート、ポリイミド、トリアセチルセルロース等の樹脂材料、炭素繊維強化プラスチック（CFRP：Carbon Fiber Reinforced Plastics）、カーボンファイバ、ガラス繊維強化プラスチック（GFRP：Glass Fiber Reinforced Plastics）等を挙げることができる。

また、これらの枠 1 4 の材料の複数種を組み合わせ用いてもよい。

[0036] 膜 1 8 は、枠 1 4 の内部の開口 1 2 を覆うように枠 1 4 に抑えられるように固定されるもので、外部からの音波に対応して膜振動することにより音波のエネルギーを吸収、もしくは反射して防音するものである。そのため、膜 1 8 は、空気に対して不浸透性であることが好ましい。

ところで、膜 1 8 は、枠 1 4 を節として膜振動する必要があるので、枠 1 4 に確実に抑えられるように固定され、膜振動の腹となり、音波のエネルギーを吸収、もしくは反射して防音する必要がある。このため、膜 1 8 は、可撓性のある弾性材料製であることが好ましい。

このため、膜 1 8 の形状は、枠 1 4 の開口 1 2 の形状であり、また、膜 1 8 のサイズは、枠 1 4 のサイズ、より詳細には、枠 1 4 の開口 1 2 のサイズであるということが出来る。

[0037] 膜 1 8 は、図 1 ～図 4 に示すように、厚さ及び／又は種類（ヤング率、密度などの物性）が異なる 2 種類の膜 1 8 a 及び 1 8 b、又は枠サイズ、したがって枠 1 4 に貼るサイズが異なる 2 種類の膜 1 8 c 及び 1 8 d からなる。

図1～図4に示す防音構造10、10a及び10bにおいては、図6～図10、図12、及び図13に示すように、2種類の防音セル22（22a及び22b、22c及び22d）の枠14（14a及び14b）に固定された互いに異なる2種類の膜18（18a及び18b、18c及び18d）は、それぞれ最も低次の固有振動モードの周波数（固有振動周波数）として、透過損失が極小、例えば0dBとなる、互いに異なる第1共振周波数を持つ。即ち、本発明では、膜18の第1固有振動周波数においては、音を透過させる。したがって、本発明の防音構造10、10a及び10bは、2種類の膜18がそれぞれ持つ2つの第1共振周波数の間に透過損失が極大、即ち遮蔽のピークとなる遮蔽ピーク周波数を持つものである。

なお、本発明の防音構造においては、サイズ、厚さ及び／又は種類（の物性）が異なる2種類以上の膜を有し、それにより第1共振周波数が異なる2種類以上の防音セルを有することにより、各防音セルの第1共振周波数の中で最低の周波数以上でかつ各防音セルの第1共振周波数の中で最大の周波数以下の範囲内に透過損失が極大となる遮蔽ピーク周波数を有する。

[0038] このような特徴を有する本発明の防音構造の防音の原理は、以下のように考えることができる。

まず、本発明の防音構造の防音セルの枠－膜構造は、上述したように、膜面が共鳴的に振動して音波が大きく透過する周波数である第1共振周波数をもつ。この第1共振周波数は、上述した膜の厚み、膜の種類（ヤング率、密度等の物性）、及び／又は枠のサイズ（開口、膜のサイズ）等の実効的な堅さによって決定され、堅い構造ほど高周波数に共振点を持つ。

このような枠－膜構造の第1共振周波数以下の周波数領域である剛性則領域では、枠での固定部が膜を引っ張るバネ方程式が支配的であり、このとき膜を通過する音波の位相は遅れ、例えば90°遅れ、キャパシタ的な振る舞いをするということが出来る。一方で、第1共振周波数以上の周波数領域である質量則領域では、膜自体の重さによる運動方程式が支配的となり、このとき膜を通過する音波の位相は進み、例えば90°進み、インダクタンス的

な振る舞いをするということが出来る。即ち、この枠-膜構造は、キャパシタ（コンデンサ）とインダクタンス（コイル）とを接続したものと見做すことが出来る。

[0039] ここで、音波も波動現象であるため、干渉による波の振幅の強めあいや打ち消し合いが生じる。剛性則を示す枠-膜構造（防音セル）を透過した位相遅れの波と、質量則を示す別の枠-膜構造（防音セル）を透過した位相進みの波とは、お互いの位相が逆向きとなっているために打ち消し合いの関係となる。よって、異なる2つの枠-膜構造（防音セル）の2つの第1共振周波数で挟まれた周波数領域では打ち消し合いの関係となり、特に、それぞれの枠-膜構造を透過する音波の振幅が等しい周波数では、互いの波の振幅が等しく位相が反転していることとなり、非常に大きな遮蔽が生じる。

即ち、実効的な「堅さ」の異なる2つの構造体である枠-膜構造（防音セル）を用いること、例えば枠は同じで厚みが違う2種の膜及び／又は物性の違う2種の膜を貼ることだけで、強い音響遮音が実現できる。

これが、本発明の防音構造の防音の原理である。

このような本発明の特徴は、2種類以上の堅さの異なる枠-膜構造（防音セル）があればよく、膜の材質や厚みを用途に応じてさまざまに選択できるということである。したがって、本発明の防音構造では、枠に貼る膜として、種々の特性を持つ膜を用いることが出来るので、例えば、容易に、難燃性、光透過性、及び／又は断熱性等の他の物性又は特性との組み合わせた機能を持つ防音構造とすることもできる。

[0040] なお、上述した図6～図9、及び図18～図19は、それぞれ本発明の防音構造の厚みの異なる膜、物性の異なる膜、サイズの異なる枠に貼り付けられたサイズの異なる膜、及び張力の異なる膜の複数の組み合わせについての遮音特性のシミュレーション結果を示すグラフであり、図10、及び図13は、それぞれ本発明の防音構造の実施例1、及び実施例2の防音構造の遮音特性を示すグラフであり、周波数に対する透過損失を表わす。本発明の防音構造の遮音特性のシミュレーションの詳細については、後述する。

ここで、枠14及び膜18からなる構造における、即ち枠14に抑えられるように固定された膜18の第1共振周波数は、共鳴現象により音波が膜振動を最も揺らすところで、音波はその周波数で大きく透過する固有振動モードの共振周波数である。

[0041] 例えば、図6は、図1に示す防音構造10について、厚みの異なる膜18（18a及び18b）の複数の組み合わせについての周波数に対する透過損失で表される遮音特性のシミュレーション結果を示すグラフである。図6は、枠14のサイズを1辺が20mmの正方形とし、膜18a及び18bを同種類（同材質、同物性）のPET（ポリエチレンテレフタレート）フィルムとし、一方の膜18aの厚みを100 μ mとし、他方の膜18bの厚みを125 μ mから250 μ mまで、25 μ m刻みで変化させた時の透過損失を表わしている。図6において、例えば、2点鎖線で示す例では、一方の100 μ m厚さの膜18aを備える防音セル22aの第1共振周波数は、透過損失が0dBとなる可聴域内の約830Hzであり、他方の膜18bを備える防音セル22bの第1共振周波数は、透過損失が0dBとなる可聴域内の約1610Hzであり、この両第1共振周波数の間の約1360Hzにおいて透過損失がピーク値約32dBとなる遮蔽のピークを示すので、可聴域内の遮蔽ピーク周波数である1360Hzを中心とする一定の周波数帯域を選択的に遮音することができる。

また、図6に示す例では、他方の膜18bの厚みが大きくなると、膜18bの厚みに起因する防音セル22bの第1共振周波数は、高周波側にシフトし、それに伴い、遮蔽ピーク周波数も高周波側にシフトし、遮蔽のピークも高くなり、遮音が強くなることが分かる。したがって、異なる2つの膜18a及び18bの厚みの組み合わせを適切に選ぶことにより、希望する特定の周波数帯域を選択的に遮音することができる。

[0042] 次に、図7は、図1に示す防音構造10において、枠14のサイズを1辺が25mmの正方形とし、膜18a及び膜18bを同種類のPETフィルムとし、膜18aの厚みを50 μ mと薄くし、他方の膜18bの厚みを80 μ

mから120 μ mまで、20 μ m刻みで変化させた時の周波数に対する透過損失で表される遮音特性のシミュレーション結果を示すグラフである。図7に示す例においては、図6に示す例に比べて、防音セル22a及び22bの第1共振周波数を共に、より低周波側にシフトさせることができるので、より低周波側の300Hz～600Hzにおいて、遮蔽のピークを示す遮蔽ピーク周波数を取ることができる。このように、図7に示す例では、より低周波側で遮蔽のピークは低くなるが、より低周波側において、遮蔽ピーク周波数を中心とする一定の周波数帯域を選択的に遮音することができる。

なお、上述の説明では、図6及び図7を、図1に示す防音構造10の遮音特性として説明しているが、膜厚の異なる防音セル22a及び22bの構成が同一であれば、両者を千鳥状に配置した図3に示す防音構造10aの遮音特性も、両者を境界線で完全に2つの領域に分割して配置する図1に示す防音構造10の遮音特性と、即ち、図6及び図7と同じであることを、後述する実施例において確認している。

[0043] ここで、膜18の厚さは、厚さの異なる2種類の膜18a及び18bであっても、音波のエネルギーを吸収、もしくは反射して防音するために膜振動することができれば、特に制限的ではないが、固有振動モードを高周波側に得るためには厚くすることが好ましい。例えば、膜18の厚さは、本発明では、枠14のサイズ、即ち膜のサイズに応じて設定することができる。

例えば、膜18の厚さは、枠14のサイズが0.5mm～50mmの場合には、0.005mm(5 μ m)～5mmであることが好ましく、0.007mm(7 μ m)～2mmであることがより好ましく、0.01mm(10 μ m)～1mmであることが最も好ましい。

また、膜18の厚さは、枠14のサイズが、50mm超、200mm以下の場合には、0.01mm(10 μ m)～20mmであることが好ましく、0.02mm(20 μ m)～10mmであることがより好ましく、0.05mm(50 μ m)～5mmであることが最も好ましい。

なお、膜18の厚みは、1つの膜18で厚みが異なる場合、又は各膜18

で異なる厚さが含まれる場合などは、平均厚さで表すことが好ましい。

[0044] 次に、図8は、図1に示す防音構造10について、種類、例えば膜物性であるヤング率が異なる膜18（18a及び18b）の複数の組み合わせについての遮音特性のシミュレーション結果を示すグラフである。図8は、枠14のサイズを1辺が15mmの正方形とし、膜18a及び18bを、厚み100 μ mのPETフィルムとし、一方の膜18bのヤング率が4.50GPaである時、他方の膜18aのヤング率を0.90GPaから4.50GPaまで、0.90GPa刻みで変化させた時の透過損失を表わしている。このとき、ヤング率以外のPETフィルムの物性値（例えば、密度等）は変化させていない。図8において、膜18a及び18bのヤング率が4.50GPaで等しい防音構造では、膜18a及び18bに起因する第1共振周波数は、同じ約1450Hz付近に現れるものの、遮蔽のピークは現れず、本発明の防音構造とならないことが分かる。なお、図8から、これ以外の膜18a及び18bのヤング率が異なる本発明の防音構造においては、膜18aのヤング率が0.90GPaの場合が、膜18aに起因する第1共振周波数は最も低周波側にあり、したがって遮蔽ピーク周波数も、最も低周波側にあり、遮蔽のピークは最も高く、膜18aのヤング率が大きくなるにつれて、膜18aに起因する第1共振周波数及び遮蔽ピーク周波数は、高周波側にシフトし、遮蔽のピークは低くなることが分かる。こうして、防音構造10の防音セル22の膜18のヤング率等の膜物性を異ならしめることにより、可聴域内の遮蔽ピーク周波数を中心とする一定の周波数帯域を選択的に遮音することができる。

[0045] このため、枠14及び異なる膜18（18a及び18b）からなる本発明の防音構造10において、異なる膜18a及び18bに依存する2つの第1共振周波数の間に存在する遮蔽ピーク周波数を可聴域内の任意の周波数とするためには、一方の第1共振周波数に対して他方の第1共振周波数を高周波側に持っていき、両者の差を大きくすることが重要であり、特に、実用的には重要となる。そのために、一方の膜18、例えば膜18aに対して、他方

の膜18、例えば膜18bの膜厚を厚くして、その差を大きくすることが好ましく、膜18bの材質のヤング率を大きなものとして、その差を大きくすることが好ましい。即ち、本発明においては、これらの好ましい条件が重要となる。なお、枠14のサイズ、したがって、膜18のサイズを小さくしても良い。

[0046] 次に、図18は、図1に示す防音構造10について、張力が異なる膜18（18a及び18b）の複数の組み合わせについての周波数に対する透過損失で表される遮音特性のシミュレーション結果を示すグラフである。図18は、枠14のサイズを1辺が20mmの正方形とし、膜18をPETフィルムとし、膜18の厚みを100 μ mとし、膜18a及び18bの一方、例えば、膜18aのみに一定の張力130（N/m）を加えた時の透過損失を表わしている。図18において、例えば張力を加えない他方の膜18bを備える防音セル22aの第1共振周波数は、上述したように、透過損失が0dBとなる可聴域内の約830Hzであるが、一方の張力を加えた膜18aを備える防音セル22aの第1共振周波数は、透過損失が0dBとなる可聴域内の約1100Hzであり、この両第1共振周波数の間の約960Hzにおいて透過損失がピーク値約38dBとなる遮蔽のピークを示すので、可聴域内の遮蔽ピーク周波数である960Hzを中心とする一定の周波数帯域を選択的に遮音することができる。

[0047] そこで、本発明の防音構造10は、一方の枠-膜構造が剛性則に従い、他方の枠-膜構造が質量則に従うものであり、枠14に固定された異なる膜18a及び18bによる2つの第1共振周波数の間の遮蔽ピーク周波数で音波の遮蔽を起こすため、膜18a及び18bによる2つの第1共振周波数は、共に人間の音波の感知域に相当する10Hz～100000Hzになることが好ましく、人間の音波の可聴域である20Hz～20000Hzにあることがより好ましく、40Hz～16000Hzにあることが更により好ましく、100Hz～12000Hzにあることが最も好ましい。

[0048] ここで、本発明の防音構造10において、枠14及び膜18（18a及び

18b) からの構造における膜18a及び18bの両第1共振周波数は、複数の防音セル22の枠14の幾何学的形態、例えば枠14の形状及び寸法（サイズ）と、複数の防音セル22の膜18（18a及び18b）の剛性、例えば膜の厚さ及び可撓性等の物性によって定めることができる。

なお、膜18の第1固有振動モードを特徴づけるパラメータとしては、同種材料の膜18の場合は、膜18の厚み(t)と枠14のサイズ(a)の2乗との比、例えば、正四角形の場合には一辺の大きさとの比 $[a^2/t]$ を用いることができ、この比 $[a^2/t]$ が等しい場合、例えば、(t、a)が、(50 μ m、7.5mm)の場合と(200 μ m、15mm)の場合とは、上記第1固有振動モードが同じ周波数、即ち同じ第1共振周波数となる。即ち、比 $[a^2/t]$ を一定値にすることにより、スケール則が成立し、適切なサイズを選択することができる。

[0049] また、膜18（18a及び18b）のヤング率は、両者で異なっても、膜18が音波のエネルギーを吸収、もしくは反射して防音するために膜振動することができる弾性を有していれば、特に制限的ではないが、固有振動モードを高周波側に得るためには大きくすることが好ましい。例えば、膜18（18a及び18b）のヤング率は、本発明では、枠14のサイズ、即ち膜18のサイズに応じて設定することができる。

例えば、膜18（18a及び18b）のヤング率は、1000Pa~30000Paであることが好ましく、10000Pa~20000Paであることがより好ましく、1MPa~10000Paであることが最も好ましい。

また、膜18（18a及び18b）の密度も、両者で異なっても、音波のエネルギーを吸収、もしくは反射して防音するために膜振動することができるものであれば、特に制限的ではなく、例えば、10kg/m³~30000kg/m³であることが好ましく、100kg/m³~20000kg/m³であることがより好ましく、500kg/m³~10000kg/m³であることが最も好ましい。

[0050] 膜18の材料は、膜状材料、又は箔状材料にした際に、上述した防音対象物に適用する際に適した強度を持ち、防音対象物の防音環境に対して耐性があり、膜18が音波のエネルギーを吸収、もしくは反射して防音するために膜振動することができるものであれば、特に制限的ではなく、防音対象物及びその防音環境などに応じて選択することができる。例えば、膜18の材料としては、ポリエチレンテレフタレート（PET）、ポリイミド、ポリメタクリル酸メチル、ポリカーボネート、アクリル（PMMA）、ポリアミドイド、ポリアリレート、ポリエーテルイミド、ポリアセタール、ポリエーテルエーテルケトン、ポリフェニレンサルファイド、ポリサルフォン、ポリエチレンテレフタラート、ポリブチレンテレフタラート、ポリイミド、トリアセチルセルロース、ポリ塩化ビニリデン、低密度ポリエチレン、高密度ポリエチレン、芳香族ポリアミド、シリコーン樹脂、エチレンエチルアクリレート、酢酸ビニル共重合体、ポリエチレン、塩素化ポリエチレン、ポリ塩化ビニル、ポリメチルペンテン、ポリブテン等の膜状にできる樹脂材料、アルミニウム、クロム、チタン、ステンレス、ニッケル、スズ、ニオブ、タンタル、モリブデン、ジルコニウム、金、銀、白金、パラジウム、鉄、銅、パーマロイ等の箔状にできる金属材料、紙、セルロースなどその他繊維状の膜になる材質、不織布、ナノサイズのファイバーを含むフィルム、薄く加工したウレタンやシンサレートなどのポーラス材料、薄膜構造に加工したカーボン材料など、薄い構造を形成できる材質または構造等を挙げることができる。

[0051] 膜18は、防音構造10の枠体16の複数の枠14のそれぞれに個々に固定されて全体としてシート状の膜体20を構成するものであっても良いし、逆に、全ての枠14を覆うように固定される1枚のシート状の膜体20によって各枠14を覆う各膜18を形成しても良い。即ち、複数の膜18は、複数の枠14を覆う1枚のシート状の膜体20によって構成されるものであっても良い。又は、これらの中間として、複数の枠14の一部を覆うようにシート状の膜体を一部の枠14に固定して各枠14を覆う膜18を形成すると共に、これらのシート状膜体をいくつか用いて複数の枠14の全体（全ての

枠 14) を覆うシート状の膜体 20 を構成しても良い。

[0052] また、膜 18 は、枠 14 の開口 12 の少なくとも一方の側の開口を覆うように枠 14 に固定される。即ち、膜 18 は、枠 14 の開口 12 の一方の側、又は他方の側、もしくは両側の開口を覆うように枠 14 に固定されていても良い。

ここで、防音構造 10 の複数の枠 14 の開口 12 の同じ側に全ての膜 18 が設けられていても良いし、一部の膜 18 が、複数の枠 14 の一部の開口 12 の一方の側に一部の膜 18 が設けられ、複数の枠 14 の残りの一部の開口 12 の他方の側には残りの膜 18 が設けられていても良いし、更に、枠 14 の開口 12 一方の側、他方の側、及び両側に設けられた膜が混在していても良い。

[0053] 枠 14 への膜 18 の固定方法は、特に制限的ではなく、膜 18 を枠 14 に膜振動の節となるように固定できればどのようなものでも良く、例えば、接着剤を用いる方法、又は物理的な固定具を用いる方法などを挙げることができる。

接着剤を用いる方法は、接着剤を枠 14 の開口 12 を囲む表面上に接着剤を塗布し、その上に膜 18 を載置し、膜 18 を接着剤で枠 14 に固定する。接着剤としては、例えば、エポキシ系接着剤（アラルダイト（登録商標）（ニチバン社製）等）、シアノアクリレート系接着剤（アロンアルファ（登録商標）（東亜合成社製）など）、アクリル系接着剤等を挙げることができる。

物理的な固定具を用いる方法としては、枠 14 の開口 12 を覆うように配置された膜 18 を枠 14 と棒等の固定部材との間に挟み、固定部材をネジやビス等の固定具を用いて枠 14 に固定する方法等を挙げることができる。

[0054] 次に、図 9 は、図 4 に示す防音構造 10 b のサイズの異なる枠 14（14 a 及び 14 b）の複数の組み合わせについての遮音特性のシミュレーション結果を示すグラフである。図 9 は、膜 18（18 c 及び 18 d）を、厚み 100 μm の PET フィルムとし、枠 14 a のサイズ、したがって開口 12 a 及び膜 18 c のサイズを 1 辺 20 mm \times 1 辺 15 mm、20 mm、及び 30

mmの四角形の3種に変化させ、枠14bのサイズ、したがって開口12b及び膜18dのサイズを1辺20mmの正方形の1種とした時の透過損失を表わしている。図9において、枠14a及び14bのサイズが1辺20mmの正方形で等しい防音構造では、膜18c及び18dに起因する防音セル22c及び22dの第1共振周波数は、同じ約1200Hz付近に現れるものの、遮蔽のピークは現れず、本発明の防音構造とならないことが分かる。なお、図9から、枠14aのサイズが枠14bのサイズより小さい本発明の防音構造10bでは、防音セル22cは防音セル22dよりも実効的な堅さが大きくなるため、防音セル22cの第1共振周波数は、高周波側にシフトし、逆に、枠14aのサイズが枠14bのサイズより大きい本発明の防音構造10bでは、防音セル22cは防音セル22dよりも実効的な堅さは小さくなるため、防音セル22cの第1共振周波数は、低周波側にシフトする。このように、防音構造10bの防音セル22の枠14（膜18）のサイズを異ならしめることによっても、可聴域内の遮蔽ピーク周波数を中心とする一定の周波数帯域を選択的に遮音することができる。

[0055] 次に、図19は、本発明の防音構造について、堅さの異なる3種膜18の組み合わせについての周波数に対する透過損失で表される遮音特性のシミュレーション結果を示すグラフである。図19は、枠14のサイズを1辺が20mmの正方形とし、膜18をPETフィルムとし、膜18の厚みを100 μ m、150 μ m、及び200 μ mの3種とした時の透過損失を表わしている。図19において、膜18の厚みが100 μ mである防音セル22の第1共振周波数は、上述したように、透過損失が0dBとなる可聴域内の約830Hzであり、膜18の厚みが150 μ mである防音セル22の第1共振周波数は、透過損失が0dBとなる可聴域内の約1150Hzであり、膜18の厚みが200 μ mである防音セル22の第1共振周波数は、透過損失が0dBとなる可聴域内の約1550Hzであり、隣接する2つの第1共振周波数約830Hzと約1150Hzとの間の約1050Hzにおいて透過損失がピーク値約34dBとなる遮蔽のピークと、隣接する2つの第1共振周波

数約1150Hzと約1550Hzとの間の約1450Hzにおいて透過損失がピーク値約34dBとなる遮蔽のピークとの2つの遮蔽のピークを示すので、可聴域内の2つの遮蔽ピーク周波数である約1050Hzと約1450Hzとをそれぞれ中心とする一定の周波数帯域を選択的に遮音することができる。

[0056] なお、詳細は後述するが、図10及び図13に示す本発明の防音構造の実施例1及び2の各例においても、可聴域内の500Hz～800Hz、及び1400Hz～1500Hzに、2種類の異なる防音セル(22a及び22b)による2つの第1共振周波数が現れ、これらの2つの第1共振周波数の間に、可聴域内の1000Hz～1300Hzに、それぞれ透過損失が極大となる遮蔽ピーク周波数が現れるので、各遮蔽ピーク周波数を中心とする一定の周波数帯域を選択的に遮音することができることを示している。

なお、本発明の防音構造においては、図11及び図14に示すように、2種類の異なる防音セル(22a及び22b)に対応する2つの第1共振周波数付近に、それぞれ音の吸収率の極大が存在し、結果として広帯域な吸音が達成されている。

なお、本発明の防音構造の実施例における透過損失(dB)及び吸収率の測定方法については、後述する。

[0057] 上述した図1～図4に示す例では、膜18(18a及び18b、並びに18c及び18dを含む)は、枠14(14a及び14bを含む)の開口12(12a及び12bを含む)を密閉するように、枠14に貼り付けられているが、本発明はこれに限定されず、図5に示す実施形態の防音構造10cのように、サイズ、厚さ及び/又は種類(物性等)が異なる膜18e及び18fからなる膜18に1以上の貫通穴24が穿孔されたものであっても良い。

ここで、本発明においては、図15に示すように、図5に示す異なる防音セル22e及び22fからなる本実施形態の防音構造10cも、図1～図4に示す防音構造10、10a、及び10bと同様に、貫通穴24の有無にかかわらず、防音セル22e及び22fのそれぞれの膜18の厚さ、種類(物

性)及び/又は枠14のサイズ(膜18のサイズ)を異ならしめることにより、防音セル22e及び22fのそれぞれに第1共振周波数が現れ、これらの2つの第1共振周波数の間に遮蔽がピーク(極大)となる透過損失のピークが現れ、この遮蔽(透過損失)がピーク(極大)となる周波数が遮蔽ピーク周波数となる。

[0058] また、本実施形態の防音構造10cでは、図15に示すように、防音セル22e及び22fに貫通穴24を設けたことにより、低周波側の第1共振周波数よりも低周波側に貫通穴24に起因する新たな遮蔽ピークが現れる。こうして、本実施形態の防音構造10cでは、実効的な堅さの異なる2種類の防音セル22による2つの第1共振周波数の間に遮蔽のピークを持つのみならず、その低周波側の第1共振周波数よりも低周波側に貫通穴24に起因する新たな遮蔽のピークを持つので、遮音性を向上させることができる。

なお、本実施形態の防音構造10cにおいては、図16に示すように、2種類の異なる防音セル(22e及び22f)に対応する2つの第1共振周波数付近に、それぞれ音の吸収率の極大が存在し、結果として広帯域な吸音が達成されている。

[0059] ここで、貫通穴24は、図5に示すように、防音セル22(22e及び22f)の開口12を覆う膜18(18e及び18f)内に1個又は2個以上穿孔されていれば良い。また、貫通穴24の穿孔位置は、図5に示すように膜18、即ち防音セル22(以下、防音セル22で代表する)内の真中であっても良いが、本発明はこれに限定されず、図5に示すように、防音セル22の真中である必要はなく、どの位置に穿孔されていても良い。

即ち、単に、貫通穴24の穿孔位置が変わっただけでは、本実施形態の防音構造10cの遮音特性は変化しない。

しかしながら、本発明では、貫通穴24は、開口12の周縁部の固定端から膜18の面の寸法の20%超離れた範囲内の領域に穿孔されていることが好ましく、膜18の中心に設けられていることが最も好ましい。

また、防音セル22内の貫通穴24の数は、図5に示すように、1個の防

音セル 22 に対して、1 個であっても良いが、本発明はこれに限定されず、2 個以上（即ち複数）であっても良い。

ここで、本実施形態の防音構造 10c は、通気性の点からは、図 5 に示すように、各防音セル 22 の貫通穴 24 は、1 つの貫通穴 24 で構成することが好ましい。その理由は、一定の開口率の場合、風としての空気の通り易さは、一つの穴が大きく境界での粘性が大きく働かない場合の方が大きいためである。

[0060] 一方、1 個の防音セル 22 内に複数の貫通穴 24 がある時は、本実施形態の防音構造 10c の遮音特性は、複数の貫通穴 24 の合計面積に対応した遮音特性を示す。したがって、1 個の防音セル 22（又は膜 18）内にある複数の貫通穴 24 の合計面積が、他の防音セル 22（又は膜 18）内に 1 個のみ有する貫通穴 24 の面積に等しいことが好ましいが、本発明はこれに限定されない。

なお、防音セル 22 内の貫通穴 24 の開口率（開口 12 を覆う膜 18 の面積に対する全貫通穴 24 の合計面積率（全ての貫通穴 24 の合計面積の割合））が同一の場合には、単一貫通穴 24 と複数貫通穴 24 で同様の防音構造 10c が得られるため、ある貫通穴 24 のサイズに固定しても様々な防音構造を作製することができる。

[0061] 本実施形態においては、防音セル 22 内の貫通穴（全貫通穴）24 の開口率（面積率）は、特に制限的ではなく、遮音特性に応じて適宜設定すれば良いが、0.000001%~70%であるのが好ましく、0.000005%~50%であるのがより好ましく、0.00001%~30%であるのが好ましい。全貫通穴 24 の開口率を上記範囲に設定することにより、選択的に遮音すべき遮音周波数帯域の中心となる遮音ピーク周波数及び遮音ピークの透過損失を適切に調整できる。

本実施形態の防音構造 10c は、製造適性の点からは、1 つの防音セル 22 内には、同一サイズの貫通穴 24 を複数個有することが好ましい。即ち、各防音セル 22 には、同一サイズの複数の貫通穴 24 を穿孔することが好ま

しい。

更に、本実施形態の防音構造10cは、全ての防音セル22の貫通穴24を同一サイズの穴とすることが好ましい。

[0062] 本発明においては、貫通穴24は、エネルギーを吸収する加工方法、例えばレーザ加工によって穿孔されることが好ましく、又は物理的接触による機械加工方法、例えばパンチング、又は針加工によって穿孔されることが好ましい。

このため、1つの防音セル22内の複数の貫通穴24、又は、全ての防音セル22内の1個又は複数個の貫通穴24を同一サイズとすると、レーザ加工、パンチング、又は針加工で穴をあける場合に、加工装置の設定や加工強度を変えることなく連続して穴をあけることができる。

また、図5に示すように、本実施形態の防音構造10cにおいては、防音セル22（又は膜18）内の貫通穴24のサイズ（大きさ）は、各防音セル22（又は膜18）毎に異なっても良い。このように防音セル22（又は膜18）毎にサイズの異なる貫通穴24がある場合には、それらの貫通穴24の面積を平均した平均面積に対応した遮音特性を示す。

また、本発明の防音構造10の各防音セル22の貫通穴24は、70%以上が同一サイズの穴で構成されることが好ましい。

[0063] 貫通穴24のサイズは、上述した加工方法で適切に穿孔できれば、どのようなサイズでも良く、特に限定されない。

しかしながら、貫通穴24のサイズは、その下限側では、レーザの絞りの精度等のレーザ加工の加工精度、又はパンチング加工もしくは針加工などの加工精度や加工の容易性などの製造適性の点から、2 μ m以上であることが好ましく、5 μ m以上であることがより好ましく、10 μ m以上であることが最も好ましい。

なお、これらの貫通穴24のサイズの上限值は、枠14のサイズより小さい必要があるので、通常、枠14のサイズはmmオーダーであり、貫通穴24のサイズを μ mオーダーに設定しておけば、貫通穴24のサイズの上限值は、

枠 1 4 のサイズを超えることはないが、もし、超えた場合には、貫通穴 2 4 のサイズの上限値を枠 1 4 のサイズ以下に設定すればよい。

[0064] 図 1 ～ 5 に示す例では、膜 1 8 は、枠 1 4 の開口 1 2 の一方の側の開口を覆うように枠 1 4 に固定されているが、本発明はこれに限定されず、図 2 2 に示す実施形態の防音構造 1 0 d のように、枠 1 4 の開口 1 2 の一方の側のみに膜 1 8 g が設けられた防音セル（以下、第 1 防音セルともいう） 2 2 h と、枠 1 4 の開口 1 2 の両側に設けられ、厚さが膜 1 8 g とは異なる膜 1 8 h が設けられた防音セル（以下、第 2 防音セルともいう） 2 2 i からなるものや、図 2 3 に示す実施形態の防音構造 1 0 e のように、枠 1 4 の開口 1 2 の一方の側のみに膜 1 8 i が設けられた防音セル（第 1 防音セル） 2 2 j と、枠 1 4 の開口 1 2 の両側に設けられ、防音セル 2 2 j と枠サイズが異なる、すなわち、膜 1 8 i とは異なるサイズの膜 1 8 j が設けられた防音セル（第 2 防音セル） 2 2 k からなるものであってもよい。

[0065] より具体的に言えば、図 1 ～ 5 に示す例は、互いに厚み、種類（物性）及び／又は膜サイズの異なる膜 1 8（1 8 a 及び 1 8 b、1 8 c 及び 1 8 d、1 8 e 及び 1 8 f）が、それぞれ枠 1 4 の開口 1 2 の一方の側を覆う、互いに第 1 共振周波数の異なる 2 種類の防音セルを組み合わせる 2 次元配置したものであるが、図 2 2 に示す実施形態の防音構造 1 0 d のように、膜 1 8 g が枠 1 4 の開口 1 2 の一方のみを覆う防音セル、即ち 1 層（単層）の膜を備える防音セル 2 2 h と、膜 1 8 h が枠 1 4 の開口 1 2 の両側を覆う防音セル、即ち 2 層（複層）の膜を備える防音セル 2 2 i を組み合わせたものであってもよい。また、図 2 3 に示す実施形態の防音構造 1 0 e に示すように、膜 1 8 i が枠 1 4 の開口 1 2 の一方のみを覆う防音セル、即ち 1 層の膜（単層膜）を備える防音セル 2 2 j と、膜 1 8 j が枠 1 4 の開口 1 2 の両側を覆う防音セル、即ち 2 層の膜（複層膜）を備える防音セル 2 2 k を組み合わせたものであってもよい。なお、図 2 2 及び図 2 3 に示す例では、防音セル 2 2 j 及び 2 2 k は、2 層の膜を有するものであるが、本発明はこれに限定されず、2 層以上の複層の膜を有する防音セルであってもよい。

膜振動の共振には、第1共振周波数以外に高次の共振周波数が存在する。また、枠14の開口12の両側に膜が固定された防音セル22i及び22kのように、膜18が枠14の開口12をそれぞれ覆うように複数層に積層されて固定されている場合は、その複数層の膜の相互作用による共振も生じる。

図22及び図23に示す実施形態は、異なる第1共振周波数を有する、1層の膜18の防音セル22と2層の膜18の防音セル22(22hと22i、22jと22k)を組み合わせて、このような作用を利用したものである。

[0066] また、さらに、図22及び図23に示す実施形態は、防音セル(第1防音セル)22hまたは22jの1層の膜の第1共振周波数と、防音セル(第2防音セル)22jまたは22kの高次の共振周波数を一致させるように、枠サイズや枠厚、2層間(膜間)の距離を調整したものである。

具体的には、防音セル(第1防音セル)22hまたは22jの1層の膜の第1共振周波数と、防音セル(第2防音セル)22jまたは22kの高次モードの共振周波数のうち、2層の膜の変位が反対方向に動く共振モードの共振周波数を一致させるように、膜厚や、枠サイズや、枠厚、2層間(膜間)の距離を調整したものである。

このように、第1防音セルの第1共振周波数と、第2防音セルの高次の共振周波数とが一致することにより、第1防音セルと第2防音セルとを備える、例えば第1防音セルと第2防音セルとが隣接して配置された防音構造は、特定の周波数で音の最大吸収率を示す、即ち最大吸収率を示す特定の周波数を持つ。なお、最大吸収率を示す特定の周波数を最大吸収周波数と呼ぶことができる。この時、最大吸収周波数は、第2防音セルの高次の共振周波数である、又は第2防音セルの高次の共振周波数に略等しいとすることができる。

[0067] なお、本発明において、「第1防音セルの第1共振周波数と、第2防音セルの高次の共振周波数とが一致する」とは、第1防音セルの第1共振周波数

と、第2防音セルの高次の共振周波数との差（ずれ）が、第2防音セルの高次の共振周波数の $\pm 1/3$ 以内であることを指すことが好ましい。

なお、このような第1防音セルの第1共振周波数と、第2防音セルの高次の共振周波数との差は、第2防音セルの高次の共振周波数の $\pm 1/7$ 以内であればより好ましく、 $\pm 1/17$ 以内であればさらに好ましく、 $\pm 1/33$ 以内であれば最も好ましい。例えば、第1防音セルと第2防音セルを備える防音構造が音の最大吸収率を示す最大吸収周波数、即ち第2防音セルの高次、例えば2次の共振周波数が1650Hzである場合、 ± 550 Hz以内であることが好ましく、 ± 250 Hz以内であればより好ましく、 ± 100 Hz以内であればさらに好ましく、 ± 50 Hzであれば最も好ましい。

[0068] このような構成により、図22及び図23に示す実施形態の防音構造10d及び10eは、図1～5に示す実施形態10、10a、10b及び10cと同様に、2種類の防音セル（22hと22i、22jと22k）の第1共振周波数が異なるため、2種類の防音セルの第1共振周波数の間に、透過損失が極大となる遮蔽ピーク周波数を生じさせることができる。

具体的に言えば、図22及び23に示す実施形態の防音構造10d及び10eは、図1～5に示す実施形態の防音構造10、10a、10b及び10cと同様に、防音セル22h及び22iのそれぞれに対応する第1共振周波数が現れ、これらの2つの第1共振周波数の間に遮蔽がピーク（極大）となる透過損失のピークが現れ、この遮蔽（透過損失）がピーク（極大）となる周波数が遮蔽ピーク周波数となる。

[0069] また、図22及び23に示す実施形態の防音構造10d及び10eは、この透過損失のピークを生じさせることに加え、第1共振周波数が異なる2種類の防音セルの一方の防音セル、即ち1層の膜の防音セルの膜振動の第1共振周波数と、他方の防音セル、即ち2層の膜の防音セルの膜振動の高次の共振周波数とを一致させるようにすることにより、両者が一致する周波数、例えば他方の防音セルの高次の共振周波数において、それぞれ単独の防音セルからなる防音構造では達成できない50%を遥かに超える大きな音の吸収率

を得ることができる、即ち、最大吸収率を達成することができる。

即ち、図 2 2 及び 2 3 に示す実施形態の防音構造 1 0 d 及び 1 0 e は、1 層の膜の第 1 共振周波数と、2 層の膜の高次の共振周波数を一致させるように設計されていることで、防音セルの枠の枠サイズまたは枠厚、2 層間（膜間）の距離が音波の波長の 1 / 4 未満の大きさを構成されていても 5 0 % を遙かに超える音の吸収率を達成することができる。

特に、図 2 2 に示す実施形態の防音構造 1 0 d においては、防音セルの枠サイズや枠厚の大きさが、音波の波長の 1 / 1 0 未満のサイズであっても 9 0 % 以上もの音の吸収率を達成することができる。

[0070] 一般的に、音波の波長の大きさよりもサイズが非常に小さい防音構造で 5 0 % 以上の吸収率を実現することは非常に困難である。

これは、下記に示す音波の圧力の連続の式により導かれる吸収率からもわかる。

[0071] 吸収率 A は $A = 1 - T - R$ として決められる。

透過率 T と反射率 R を透過係数 t と反射係数 r で表わし、 $T = |t|^2$ 、 $R = |r|^2$ とする。

1 層の膜の構造体と相互作用をする音波の基本式である、圧力の連続の式は、入射音圧 p_I 、反射音圧 p_R 、透過音圧 p_T (p_I 、 p_R 、 p_T は複素数) としたとき、 $p_I = p_T + p_R$ となる。 $t = p_T / p_I$ 、 $r = p_R / p_I$ であるため、圧力の連続の式は以下のように表わされる。

$$1 = t + r$$

これらより、吸収率 A を求める。 Re は複素数の実部、 Im は複素数の虚部を示す。

$$\begin{aligned} A &= 1 - T - R = 1 - |t|^2 - |r|^2 = 1 - |t|^2 - |1 - t|^2 \\ &= 1 - (\text{Re}(t)^2 + \text{Im}(t)^2) - (\text{Re}(1 - t))^2 + \text{Im}(1 - t)^2 \\ &= 1 - (\text{Re}(t)^2 + \text{Im}(t)^2) - (1 - 2 \text{Re}(t) + \text{Re}(t)^2 + \text{Im}(t)^2) \\ &= -2 \text{Re}(t)^2 + 2 \text{Re}(t) - 2 \text{Im}(t)^2 \\ &= 2 \text{Re}(t) \times (1 - \text{Re}(t)) - 2 \text{Im}(t)^2 < 2 \text{Re}(t) \times (1 - \text{Re}(t)) \end{aligned}$$

上記式は $2x \times (1-x)$ の形の式で、かつ $0 \leq x \leq 1$ の範囲を取る。

この場合、 $x=0.25$ のときに最大値となり、 $2x(1-x) \leq 0.5$ であることが分かる。よって、 $A < \text{Re}(t) \times (1 - \text{Re}(t)) \leq 0.5$ となり、単一の構造での吸収率は最大 0.5 となることを示すことができる。

[0072] このように、通常、1層の膜の構造体における音の吸収率は50%以下にとどまることが分かる。

また、2層の膜の構造体の場合にも、2層間（膜間）の距離が音の波長の大きさよりも非常に小さい場合、具体的には、 $1/4$ 未満である場合、透過波を打ち消し合う位相とすることが困難であるため、音の吸収率は50%程度に留まる。このことは、後述する実施例5の防音構造の吸音特性を示す図25において、2層の膜を有する防音セル22iに対応する第1共振周波数が760Hzに存在するが、その周波数に対応する音の吸収率が50%程度であることからわかる。

このように、本実施形態の防音構造によれば、枠サイズの変更や枠厚の調整のみで、従来の吸収率を遥かに超える音の吸収率を獲得することができる。

[0073] なお、図22の防音構造10dにおいては、防音セル22iの膜18h-1と膜18h-2は、同じ膜厚で構成されているが、これに限定されず、異なる膜厚のものを使用することもできる。

また、図23の防音構造10eにおいては、防音セル22iの膜18i、防音セル22kの膜18j-1及び膜18j-2はいずれも同じ膜厚のものを使用しているが、これに限定されず、2つの防音セルの枠14の開口12の一方の側を共に覆う膜18i及び18j-2の膜厚が同一であれば良く、防音セル18j-1の膜厚は、膜18i及び18j-2の膜厚と異なっても良い。

[0074] ところで、図1～図5に示す本発明の防音構造10、10a、10b、及び10cにおいては、2つ以上の第1共振周波数は、枠14及び膜18からなる枠-膜構造の膜18の厚み、膜18の種類（物性）、及び枠14のサイ

ズ（膜18のサイズ）の少なくとも1つが異なる2種類以上防音セル22によって定まり、透過損失がピークとなる遮蔽ピーク周波数は、2種類以上防音セル22の実効的な堅さに依存して定まる。

ここで、本発明者らは、本発明の防音構造10、10a、10b、及び10cの防音セル22（22a、22b、22c、22d、22e、22f）において、枠14（14a、14b）の円相当半径をR（m）、膜18（18a、18b、18c、18d、18e、18f）の厚みをt（m）、膜18のヤング率をE（Pa）、膜18の密度をd（kg/m³）とする時、下記式（1）で表されるパラメータB（√m）と、防音構造10、10a、10b、及び10cの枠14及び膜18からなる枠-膜構造の各防音セル22の第1共振周波数（Hz）とは、防音セル22の円相当半径R（m）、膜18の厚みt（m）、膜18のヤング率E（Pa）、膜18の密度d（kg/m³）を変化させた時にも略線形な関係にあり、図20及び図21に示すように、下記式（2）で表される式で表されることを知見した。

$$B = t / R^2 * \sqrt{E / d} \quad \dots (1)$$

$$y = 0.7278 x^{0.9566} \quad \dots (2)$$

ここで、yは、第1共振周波数（Hz）であり、xは、パラメータBである。

[0075] なお、図20及び図21は、後述する実施例の実験前の設計段階におけるシミュレーションの結果から得られたものである。

図20は、様々な開口形状及びサイズを有する開口12を持つ枠14と種々の厚み及び密度、ヤング率等の物性の膜18からなる防音セル22について第1共振周波数（Hz）とパラメータBとの関係をプロットしたもので、パラメータBと防音構造の第1共振周波数（Hz）との関係を表わす点は、全ての点が略同一直線上にあり、略一次式と見做せる上記式（2）で表されることを示すものである。

一方、図21は、表1～表3に示す本発明の防音構造の四角形状を有する枠（四角形枠）14と膜18とからなる1つの防音セル22について第1共

振周波数（Hz）とパラメータBとの関係をプロットしたもので、パラメータBと防音構造の第1共振周波数（Hz）との関係を表わす点は、全ての点が略同一直線上にあることを示すものである。なお、表1～表3において、Eは、10を底とする指数表示であることを表わす。例えば、1.00E-04は、 1.00×10^{-4} であることを表わす。

図21から、本発明の防音構造が、四角形状を有する枠（四角形枠）14と膜18とからなる防音セル22を備えるものである場合、パラメータBと防音構造の第1共振周波数（Hz）との関係を表わす点は、図20に示す略一次式と見做せる上記式（2）で表される直線と同一の直線上にあると略言えることが分かる。

[0076] [表1]

膜厚みt(m)	枠の一辺長さL(m)	円相当半径R(m)	ヤング率E(Pa)	膜の密度d(kg/m ³)
1.00E-04	5.00E-03	2.82E-03	4.50E+09	1.40E+03
1.50E-04	5.00E-03	2.82E-03	4.50E+09	1.40E+03
2.00E-04	5.00E-03	2.82E-03	4.50E+09	1.40E+03
2.50E-04	5.00E-03	2.82E-03	4.50E+09	1.40E+03
3.00E-04	5.00E-03	2.82E-03	4.50E+09	1.40E+03
1.00E-04	1.00E-02	5.64E-03	4.50E+09	1.40E+03
1.50E-04	1.00E-02	5.64E-03	4.50E+09	1.40E+03
2.00E-04	1.00E-02	5.64E-03	4.50E+09	1.40E+03
2.50E-04	1.00E-02	5.64E-03	4.50E+09	1.40E+03
3.00E-04	1.00E-02	5.64E-03	4.50E+09	1.40E+03
1.00E-04	1.50E-02	8.46E-03	4.50E+09	1.40E+03
1.50E-04	1.50E-02	8.46E-03	4.50E+09	1.40E+03
2.00E-04	1.50E-02	8.46E-03	4.50E+09	1.40E+03
2.50E-04	1.50E-02	8.46E-03	4.50E+09	1.40E+03
3.00E-04	1.50E-02	8.46E-03	4.50E+09	1.40E+03
1.00E-04	2.00E-02	1.13E-02	4.50E+09	1.40E+03
1.50E-04	2.00E-02	1.13E-02	4.50E+09	1.40E+03
2.00E-04	2.00E-02	1.13E-02	4.50E+09	1.40E+03
2.50E-04	2.00E-02	1.13E-02	4.50E+09	1.40E+03
3.00E-04	2.00E-02	1.13E-02	4.50E+09	1.40E+03

[0077] [表2]

膜厚みt(m)	枠の一辺長さL(m)	円相当半径R(m)	ヤング率E(Pa)	膜の密度d(kg/m ³)
5.00E-05	2.50E-02	1.41E-02	4.50E+09	1.40E+03
1.00E-04	2.50E-02	1.41E-02	4.50E+09	1.40E+03
1.50E-04	2.50E-02	1.41E-02	4.50E+09	1.40E+03
2.00E-04	2.50E-02	1.41E-02	4.50E+09	1.40E+03
2.50E-04	2.50E-02	1.41E-02	4.50E+09	1.40E+03
3.00E-04	2.50E-02	1.41E-02	4.50E+09	1.40E+03
5.00E-05	3.00E-02	1.69E-02	4.50E+09	1.40E+03
1.00E-04	3.00E-02	1.69E-02	4.50E+09	1.40E+03
1.50E-04	3.00E-02	1.69E-02	4.50E+09	1.40E+03
2.00E-04	3.00E-02	1.69E-02	4.50E+09	1.40E+03
2.50E-04	3.00E-02	1.69E-02	4.50E+09	1.40E+03
3.00E-04	3.00E-02	1.69E-02	4.50E+09	1.40E+03

[0078] [表3]

膜厚みt(m)	枠の一辺長さL(m)	円相当半径R(m)	ヤング率E(Pa)	膜の密度d(kg/m ³)
5.00E-05	5.00E-03	2.82E-03	5.00E+08	1.40E+03
1.00E-04	5.00E-03	2.82E-03	5.00E+08	1.40E+03
1.50E-04	5.00E-03	2.82E-03	5.00E+08	1.40E+03
5.00E-05	1.00E-02	5.64E-03	5.00E+08	1.40E+03
1.00E-04	1.00E-02	5.64E-03	5.00E+08	1.40E+03
1.50E-04	1.00E-02	5.64E-03	5.00E+08	1.40E+03
2.50E-05	1.50E-02	8.46E-03	5.00E+08	1.40E+03
5.00E-05	1.50E-02	8.46E-03	5.00E+08	1.40E+03
1.00E-04	1.50E-02	8.46E-03	5.00E+08	1.40E+03
1.50E-04	1.50E-02	8.46E-03	5.00E+08	1.40E+03
2.50E-05	2.00E-02	1.13E-02	5.00E+08	1.40E+03
5.00E-05	2.00E-02	1.13E-02	5.00E+08	1.40E+03
1.00E-04	2.00E-02	1.13E-02	5.00E+08	1.40E+03
1.50E-04	2.00E-02	1.13E-02	5.00E+08	1.40E+03
2.50E-05	2.50E-02	1.41E-02	5.00E+08	1.40E+03
5.00E-05	2.50E-02	1.41E-02	5.00E+08	1.40E+03
1.00E-04	2.50E-02	1.41E-02	5.00E+08	1.40E+03
1.50E-04	2.50E-02	1.41E-02	5.00E+08	1.40E+03

[0079] 以上から、本発明の防音構造10～10cにおいては、防音セル22の円相当半径R (m)、膜18の厚みt (m)、膜18のヤング率E (Pa)、膜18の密度d (kg/m³)をパラメータB (√m)で規格化することにより、2次元(x y)座標上において、パラメータBと防音構造10の第1共振周波数(Hz)との関係を表わす点は、略一次式と見做せる上記式(2)で表され、全ての点が略同一直線上にあること分かる。

第1共振周波数を10Hzから10⁵(100000)Hzまでの間の複数の値に対するパラメータBの値を表1に示す。

[0080] [表4]

周波数(Hz)	Bパラメータ
10	1.547 × 10
20	3.194 × 10
40	6.592 × 10
100	1.718 × 10 ²
12000	2.562 × 10 ⁴
16000	3.460 × 10 ⁴
20000	4.369 × 10 ⁴
100000	2.350 × 10 ⁵

[0081] 表4から明らかなように、パラメータBは、第1共振周波数に対応することから、本発明においては、15.47(1.547 × 10)以上2.35

0×10^5 以下であることが好ましく、 $31.94 (3.194 \times 10) \sim 4.369 \times 10^4$ であることがより好ましく、 $65.92 (6.592 \times 10) \sim 3.460 \times 10^4$ であることが更により好ましく、 $171.8 (1.718 \times 10^2) \sim 2.562 \times 10^4$ であることが最も好ましい。

以上のように規格化されたパラメータBを用いることにより、本発明の防音構造において、遮蔽ピーク周波数の低周波側の下限となる一方の側の防音セルの第1共振周波数と、遮蔽ピーク周波数の高周波側の上限となる他方の側の異なる防音セルの第1共振周波数を決定することができ、選択的に遮音すべき周波数帯域の中心となる遮蔽ピーク周波数を決めることができる。また、逆に、このパラメータBを用いることにより、選択的に遮音すべき周波数帯域の中心となる遮蔽ピーク周波数をその間に持つことができる異なる2種以上の第1共振周波数を有する本発明の防音構造を設定することができる。

[0082] 本発明の防音構造は、以上のように構成されているため、従来の防音構造において困難であった低周波遮蔽を可能にし、さらに、低周波から1000 Hzを超える周波数まで様々な周波数の騒音に合わせて強く遮音する構造を設計できるという特徴も有する。また、本発明の防音構造は、構造の質量（質量則）によらない遮音原理であるため、従来の防音構造と比較して非常に軽量かつ薄い遮音構造を実現できるために、従来の防音構造では十分な遮音が困難であった防音対象にも適用することができる。

[0083] また、本発明の防音構造は、従来のほとんどの遮音材及び遮音構造と比較すると、従来が質量則による遮蔽で遮音構造が重くなる必要があったのに対し、単なる枠-膜構造で良いので、軽くすることができる。

本発明の防音構造は、特許文献2に記載の技術のように、後から粘着剤で取り付ける必要がある錘を用いなくも、強い遮蔽ピークを得ることができ、構成がより簡潔になっている。本発明の防音構造は、特許文献2に記載の技術のように、枠-膜構造において、錘を必要とせず、膜又は枠を異ならしめるだけで製造適性があり遮音材としてロバスト性の高い遮音構造であるとい

う特徴を有する。

また、特許文献2の技術が、単位セル内での膜振動の平均値を0にするという構造力学的原理で遮音しているのに対し、本発明の防音構造は、膜自体が振動し、その透過音波の干渉によって音を消すという音響波動的原理で遮音ピークを生じさせているため原理が全く異なり、任意の特定の周波数の音、特に低周波側の音を選択的に消すことができる。

また、本発明の防音構造は、強い遮音ピークを生じさせて狙いの周波数を消すという特許文献1に記載の技術には無い技術によって遮音をするもので、膜の堅さを複数組み合わせるといった簡単な変更によって強い遮蔽ピークを任意の周波数に狙って出せるという大きな性能改善があると言える。

[0084] また、本発明の防音構造では、複数セルの組合せにより遮音を行うという技術を用いているため、1つの単位セル内の工夫によって遮音効果を生じさせている従来技術に対して、様々な遮音に適応でき、汎用性が高い。

また、本発明の防音構造では、可聴域内の低～中周波数の任意の周波数を強く遮蔽する技術として、錘などの余分な構造物を付け加える必要がなく、最もシンプルな構成として枠と膜のみで構成される枠-膜構造からなるので、製造適性に優れ、コストの観点からも優位性がある。

また、本発明の防音構造では、膜の物性のうちの堅さ、密度、及び／又は膜の厚みによって防音効果が決まり他の物性には依らないため、難燃性、高透過性、生体適合性、断熱性、及び電波透過性など様々な他の優れた物性と組み合わせることができる。例えば、電波透過性に関しては、アクリルなど電気伝導度のない枠材質と誘電体膜の組み合わせでは電波透過性が確保され、一方で、アルミニウムなど電気伝導度の大きな枠材質や金属膜で全面を覆うことにより、電波を遮蔽できる。

[0085] 以下に、本発明の防音構造を持つ防音部材に組合せることができる構造部材の物性、又は特性について説明する。

[難燃性]

建材や機器内防音材として本発明の防音構造を持つ防音部材を使用する場

合、難燃性であることが求められる。

そのため、膜は、難燃性のものが好ましい。膜としては、例えば難燃性のPETフィルムであるルミラー（登録商標）非ハロゲン難燃タイプZVシリーズ（東レ社製）、テイジンテロン（登録商標）UF（帝人社製）、及び／又は難燃性ポリエステル系フィルムであるダイアミー（登録商標）（三菱樹脂社製）等を用いればよい。

また、枠も、難燃性の材質であることが好ましく、アルミニウム等の金属、セミラックなどの無機材料、ガラス材料、難燃性ポリカーボネート（例えば、PCMUPY610（タキロン社製））、及び／又は難燃性アクリル（例えば、アクリライト（登録商標）FR1（三菱レイヨン社製））などの難燃性プラスチックなどが挙げられる。

さらに、膜を枠に固定する方法も、難燃性接着剤（スリーボンド1537シリーズ（スリーボンド社製））、半田による接着方法、又は2つの枠で膜を挟み固定するなどの機械的な固定方法が好ましい。

[0086] [耐熱性]

環境温度変化にともなう、本発明の防音構造の構造部材の膨張伸縮により防音特性が変化してしまう懸念があるため、この構造部材を構成する材質は、耐熱性、特に低熱収縮のものが好ましい。

膜は、例えばテイジンテロン（登録商標）フィルム SLA（帝人デュポン社製）、PENフィルム テオネックス（登録商標）（帝人デュポン社製）、及び／又はルミラー（登録商標）オフアニール低収縮タイプ（東レ社製）などを使用することが好ましい。また、一般にプラスチック材料よりも熱膨張率の小さいアルミニウム等の金属膜を用いることも好ましい。

また、枠は、ポリイミド樹脂（TECASINT4111（エンズィンガー・ジャパン社製））、及び／又はガラス繊維強化樹脂（TECAPEEKGF30（エンズィンガー・ジャパン社製））などの耐熱プラスチックを用いること、及び／又はアルミニウム等の金属、又はセラミック等の無機材料やガラス材料を用いることが好ましい。

さらに、接着剤も、耐熱接着剤（TB3732（スリーボンド社製）、超耐熱1成分収縮型RTVシリコーン接着シール材（モメンティブ・パフォーマンス・マテリアルズ・ジャパン社製）、及び／又は耐熱性無機接着剤アロンセラミック（登録商標）（東亜合成社製）など）を用いることが好ましい。これら接着を膜または枠に塗布する際は、1 μm 以下の厚みにすることで、膨張収縮量を低減できることが好ましい。

[0087] [耐候・耐光性]

屋外や光が差す場所に本発明の防音構造を持つ防音部材が配置された場合、構造部材の耐候性が問題となる。

そのため、膜は、特殊ポリオレフィンフィルム（アートプライ（登録商標）（三菱樹脂社製））、アクリル樹脂フィルム（アクリプレン（三菱レイヨン社製））、及び／又はスコッチカルフィルム（商標）（3M社製）等の耐候性フィルムを用いることが好ましい。

また、枠材は、ポリ塩化ビニル、ポリメチルメタクリル（アクリル）などの耐候性が高いプラスチックやアルミニウム等の金属、セラミック等の無機材料、及び／又はガラス材料を用いることが好ましい。

さらに、接着剤も、エポキシ樹脂系のもの、及び／又はドライフレックス（リペアケアインターナショナル社製）などの耐候性の高い接着剤を用いることが好ましい。

耐湿性についても、高い耐湿性を有する膜、枠、及び接着剤を適宜選択することが好ましい。吸水性、耐薬品性に関しても適切な膜、枠、及び接着剤を適宜選択することが好ましい。

[0088] [ゴミ]

長期間の使用においては、膜表面にゴミが付着し、本発明の防音構造の防音特性に影響を与える可能性がある。そのため、ゴミの付着を防ぐ、または付着したゴミ取り除くことが好ましい。

ゴミを防ぐ方法として、ゴミが付着し難い材質の膜を用いることが好ましい。例えば、導電性フィルム（フレクリア（登録商標）（TDK社製）、及

び／又はNCF（長岡産業社製）などを用いることで、膜が帯電しないことで、帯電によるゴミの付着を防ぐことができる。また、フッ素樹脂フィルム（ダイノックフィルム（商標）（3M社製））、及び／又は親水性フィルム（ミラクリーン（ライフガード社製）、RIVEX（リケンテクノス社製））、及び／又はSH2CLHF（3M社製）を用いることでも、ゴミの付着を抑制できる。さらに、光触媒フィルム（ラクリーン（きもと社製））を用いることでも、膜の汚れを防ぐことができる。これらの導電性、親水性、及び／又は光触媒性を有するスプレー、及び／又はフッ素化合物を含むスプレーを膜に塗布することでも同様の効果を得ることができる。

[0089] 上述したような特殊な膜を使用する以外に、膜上にカバーを設けることでも汚れを防ぐことが可能である。カバーとしては、薄い膜材料(サランラップ（登録商標）など)、ゴミを通さない大きさの網目を有するメッシュ、不織布、ウレタン、エアロゲル、ポーラス状のフィルム等を用いることができる。

また、図5に示すような膜18に通気孔となる貫通穴24を有する防音構造10cの場合には、図35、及び図36にそれぞれ示す防音部材30a、及び30bのように、膜18上に設けられたカバー32にも孔34を空けて、膜18上に直接風やゴミが当たらないように、配置することが好ましい。

付着したゴミを取り除く方法としては、膜の共鳴周波数の音を放射し、膜を強く振動させることで、ゴミを取り除くことができる。また、ブロー、又はふき取りを用いても同様の効果を得ることができる。

[0090] [風圧]

強い風が膜に当たることで、膜が押された状態となり、共鳴周波数が変化する可能性がある。そのため、膜上に、不織布、ウレタン、及び／又はフィルムなどでカバーすることで、風の影響を抑制することができる。図5に示すような膜18に貫通穴24を有する防音構造10cの場合には、上記のゴミの場合と同様に、図35、及び図36にそれぞれ示す防音部材30a、及び30bのように、膜18上に設けられたカバー32にも孔34を空けて、膜18上に直接風が当たらないように、配置することが好ましい。

[0091] [ユニットセルの組み合わせ]

図1～図5に示す本発明の防音構造10、10a、10b、及び10cは、複数の枠14が連続した1つの枠体16によって構成されているが、本発明はこれに限定されず、1つの枠とそれに取り付けられた1枚の膜とを持つ、又はこの1つの枠と1枚の膜と膜に形成された貫通穴を持つ単位ユニットセルとしての防音セルであっても良い。即ち、本発明の防音構造を有する防音部材は、必ずしも1つの連続した枠体によって構成されている必要はなく、単位ユニットセルとして枠構造とそれに取り付けられた膜構造とを持つ、又は1つの枠構造と1つの膜構造と膜構造に形成された穴構造を持つ防音セルであっても良く、このような単位ユニットセルを独立に使用する、もしくは複数の単位ユニットセルを連結させて使用することもできる。

複数の単位ユニットセルの連結の方法としては、後述するが、枠体部にマジックテープ（登録商標。以下、同様）、磁石、ボタン、吸盤、及び／又は凹凸部を取り付けて組み合わせてもよいし、テープなどを用いて複数の単位ユニットセルを連結させることもできる。

[0092] [配置]

本発明の防音構造を有する防音部材を壁等に簡易に取り付け、又は取り外しできるようにするため、防音部材に磁性体、マジックテープ、ボタン、吸盤などからなる脱着機構が取り付けられていることが好ましい。例えば、図37に示すように、防音部材30cの枠体16の外側の枠14の底面に脱着機構36を取付けて置き、防音部材30cに取り付けられた脱着機構36を壁38に取り付けて、防音部材30cを壁38に取り付けるようにしても良いし、図38に示すように、防音部材30cに取り付けられた脱着機構36を壁38から取り外して、防音部材30cを壁38から離脱させるようにしても良い。

[0093] また、共鳴周波数の異なる各防音セル、例えば図39に示すように、防音セル31a、31b、及び31cをそれぞれ組合せて、防音部材30dの防音特性を調整する際に、容易に防音セル31a、31b、及び31cを組み

合わせられるように、各防音セル31a、31b、及び31cに磁性体、マジックテープ、ボタン、吸盤などの脱着機構40が取り付けられていることが好ましい。

また、防音セルに凹凸部を設け、例えば図40に示すように、防音セル31dに凸部42aを設け、かつ防音セル31eに凹部42bを設け、それらの凸部42aと凹部42bとをかみ合わせで防音セル31dと防音セル31eとの脱着を行ってもよい。複数の防音セルを組み合わせることができれば、1つの防音セルに凸部及び凹部の両方を設けても良い。

更に、上述した図39に示す脱着機構40と、図40に示す凹凸部、凸部42a及び凹部42bとを組み合わせで防音セルの着脱を行うようにしても良い。

[0094] [枠機械強度]

本発明の防音構造を有する防音部材のサイズが大きくなるにつれ、枠が振動しやすくなり、膜振動に対し固定端としての機能が低下する。そのため、枠の厚みを増して枠剛性を高めることが好ましい。しかし、枠の厚みを増すと防音部材の質量が増し、軽量である本防音部材の利点が低下していく。

そのため、高い剛性を維持したまま質量の増加を低減するために、枠に孔や溝を形成することが好ましい。例えば、図41に示す防音セル44の枠46に対して、図42に側面図として示すようにトラス構造を用いることで、又は図43に示す防音セル48の枠50dに対して、図44にA-A線矢視図として示すようにラーメン構造を用いることで、高い剛性かつ軽量を両立することができる。

[0095] また、例えば、図45～図47に示すように、面内の枠厚みを変える、又は組合せることで、高剛性を確保し、軽量化を図ることもできる。図45に示す本発明の防音構造を有する防音部材52のように、図45に示す防音部材52をB-B線で切断した断面模式図である図46に示すように、36個の防音セル54の複数の枠56からなる枠体58の両外側、及び中央の枠材58aを、その他の部分の枠材58bより厚みを厚くする、図示例では2倍

以上厚くする。B-B線と直交するC-C線で切断した断面模式図である図47に示すように、直交する方向においても、同様に、枠体58の両外側、及び中央の枠材58aを、その他の部分の枠材58bより厚みを厚くする、図示例では2倍以上厚くする。

こうすることにより、高剛性化と軽量化を両立することができる。

なお、上述した図37～図47に示す各防音セルの膜18には、貫通穴が穿孔されていないが、本発明はこれに限定されず、図5に示す実施例の防音セル22のように、貫通穴24を有していても良いのは勿論である。

[0096] 本発明において、膜に貫通穴を持つ防音セルからなる防音構造では、特許文献2に記載の技術に比較して、上述のように、質量を重くしてしまう要因であった錘が必要ないため、より軽い遮音構造を実現できる等の特徴に加え、以下の特徴を有する。

1. レーザ加工やパンチ穴により、高速かつ容易に膜に穴をあけることができるために、製造適性を有する。

2. 穴の位置や形状に遮音特性がほとんど依存しないため、製造において安定性が高い。

3. 穴が存在することで膜が通気性をもつ、すなわち風や熱を通しながら音を遮蔽する構造を実現できる。

[0097] 図1に示す本発明の防音構造10は、以下のようにして製造される。

まず、複数、例えば225の枠14を有する枠体16と、枠体16の全ての枠14の半分の枠14の開口12を全て覆うシート状の膜体20aと、残りの半分の枠14の開口12を全て覆う、膜体20aと異なる厚さを持つシート状の膜体20bと、を準備する。

次に、枠体16の全ての枠14の半分の枠14にシート状の膜体20aを接着剤によって貼り付けて固定し、この半分の枠14の開口12をそれぞれ覆う膜18aを形成して、枠14と膜18aとからなる構造を持つ複数の防音セル22aを構成する。

枠体16の全ての枠14の残りの半分の枠14にシート状の膜体20bを

接着剤によって貼り付けて固定し、この残りの半分の枠14の開口12をそれぞれ覆う膜18bを形成して、枠14と膜18bとからなる構造を持つ複数の防音セル22bを構成する。

こうして、本発明の防音構造10を製造することができる。

[0098] なお、図3に示す本発明の防音構造10aの場合には、膜18aと膜18bとを千鳥配置となるように枠14に貼る点で、図1に示す本発明の防音構造10の場合と異なる。

また、図4に示す本発明の防音構造10bの場合には、枠サイズの異なる枠14を備える枠体16と、1枚のシート状の膜体20とを準備し、枠体16の枠サイズの異なる全枠14に1枚のシート状の膜体20を貼る点で、図1に示す本発明の防音構造10の場合と異なる。

図5に示す本発明の防音構造10cの場合には、図1に示す本発明の防音構造10の半分の防音セル22aの膜18a及び残りの半分の防音セル22bの膜18bのそれぞれに、レーザ加工などのエネルギーを吸収する加工方法、もしくはパンチング、又は針加工などの物理的接触による機械加工方法によって1個以上の貫通穴24をそれぞれ穿孔して、各防音セル22に貫通穴24を形成する。

こうして、本発明の防音構造を製造することができる。

本発明の防音構造は、基本的に以上のように構成される。

[0099] 本発明の防音構造は、以下のような防音部材として使用することができる。

例えば、本発明の防音構造を持つ防音部材としては、

建材用防音部材：建材用として使用する防音部材、

空気調和設備用防音部材：換気口、空調用ダクトなどに設置し、外部からの騒音を防ぐ防音部材、

外部開口部用防音部材：部屋の窓に設置し、室内又は室外からの騒音を防ぐ防音部材、

天井用防音部材：室内の天井に設置され、室内の音響を制御する防音部材

- 、
- 床用防音部材：床に設置され、室内の音響を制御する防音部材、
 - 内部開口部用防音部材：室内のドア、ふすまの部分に設置され、各部屋からの騒音を防ぐ防音部材、
 - トイレ用防音部材：トイレ内またはドア（室内外）部に設置、トイレからの騒音を防ぐ防音部材、
 - バルコニー用防音部材：バルコニーに設置し、自分のバルコニーまたは隣のバルコニーからの騒音を防ぐ防音部材、
 - 室内調音用部材：部屋の音響を制御するための防音部材、
 - 簡易防音室部材：簡易に組み立て可能で、移動も簡易な防音部材、
 - ペット用防音室部材：ペットの部屋を囲い、騒音を防ぐ防音部材、
 - アミューズメント施設：ゲームセンター、スポーツセンター、コンサートホール、映画館に設置される防音部材、
 - 工事現場用仮囲い用の防音部材：工事現場を多い周囲に騒音の漏れを防ぐ防音部材、
 - トンネル用の防音部材：トンネル内に設置し、トンネル内部および外部に漏れる騒音を防ぐ防音部材、等を挙げることができる。

実施例

[0100] 本発明の防音構造を実施例に基づいて具体的に説明する。

本発明の実施例を製造して音響特性を測定する実験を行う前にシミュレーションによる防音構造の設計について示す。

この防音構造の系は、膜振動と空気中の音波の相互作用系であるため、音響と振動の連成解析を用いて解析を行った。具体的には、有限要素法の解析ソフトウェアであるCOMSOL ver 5.0の音響モジュールを用いて設計を行った。まず、固有振動解析によって第1共振周波数を求めた。次に、周期構造境界中で周波数スイープによる音響構造連成解析を行って、正面から入射する音波に対する各周波数における透過損失を求めた。この設計に基づいて、サンプルの形状や材質を決定した。実験結果における遮蔽ピーク周

波数とシミュレーションからの予測遮蔽ピーク周波数とは、図12に示す実施例1の実験結果及びシミュレーション結果のように、良く一致した。

[0101] また、材料特性や膜厚を自由に变化させることができるシミュレーションの特徴を活かして、第1共振周波数と各物性の対応を求めた。パラメータBとして膜18の厚み t (m)、枠14のサイズ(又は半径) R (m)、膜のヤング率 E (Pa)、膜の密度 d (kg/m³)を変化させて固有振動を求めた。その結果を図20及び図21に示した。本発明者らは、この計算により第1共振周波数 $f_{resonance}$ が $t/R^2 * \sqrt{E/d}$ に略比例することを見出した。したがって、パラメータ $B = t/R^2 * \sqrt{E/d}$ とおくことで固有振動が予測できることが分かった。

[0102] まず、本発明の防音構造についてシミュレーションによる遮音特性の解析を行った。以下に、シミュレーションによる実施例S1～S6を示す。

(実施例S1)

まず、20mm枠14に膜18として厚みの異なるPETフィルムを2種類固定した本発明の防音構造10のシミュレーションに関して、一方の膜18aのPETフィルムが100 μ m、他方の膜18bのPETフィルムが125、150、175、200、225、及び250 μ mの厚みの場合の透過損失を図6に示した。枠14のサイズが20mm正方形であり、一方の膜18aのPETフィルム100 μ mの防音セル22aの第1共振周波数が800Hzにあり、他方の膜18bの厚みの異なるPETフィルムの防音セル22bの第1共振周波数がより高周波側にあり、その中間の周波数において透過損失の極大値が現れた。この極大値を示す周波数が遮蔽ピーク周波数である。

図6から、上述したように、本発明の防音構造10では、他方の膜18bのPETフィルムが厚くなると、高周波側の第1共振周波数がより高周波側にシフトし、遮蔽ピーク周波数もより高周波側にシフトし、遮蔽のピークは高くなることが分かる。

[0103] (実施例S2)

次に、本発明の防音構造10において、低周波を遮蔽する観点から、枠14のサイズが25mm正方形であり、一方の膜18aのPETフィルムの膜厚が50 μ m、枠14のサイズを25mmとして第1共振周波数を低周波になるようにした。25mm正方形の枠14と、他方の膜18bの膜厚80、100、120 μ mのPETフィルムとを組み合わせシミュレーションを行い、透過損失の周波数依存性を求めた。その結果を図7に示した。周波数が300Hzから500Hzの間付近の低周波側においても透過損失の極大値が現れることが分かった。

図7から、上述したように、本発明の防音構造10は、PETフィルムの膜厚を全体的に薄くしても、図6と同様な傾向を示すことが分かる。

[0104] (実施例S3)

次に、膜の種類が異なる場合のシミュレーションとして、15mm正方形の枠14に膜18aの厚み100 μ mのPETフィルムと、膜18bの厚み100 μ mでヤング率を設定するフィルムの組合せの計算を行った。設定したヤング率は0.9、1.8、2.7、3.6、4.5GPaであって、その他のポアソン比や密度のパラメータは、膜18aのPETフィルムと同一とした。ここでPETフィルム自体のヤング率は4.5GPaであった。それらの透過損失を図8に示した。膜18aと膜18bでヤング率に差がある時、例えば、低いヤング率の膜18bの時の第1共振周波数が低周波側となり、その場合に、膜18aのPETフィルムの枠-膜構造の第1共振周波数との間に透過損失の極大値が現れた。膜18aと膜18bでヤング率が4.5GPaで等しい場合には、1つの第1共振周波数しか現れず、遮蔽ピーク周波数は現れなかった。図8から、上述したように、低いヤング率の膜18bのヤング率が低くなると、その第1共振周波数は低周波側にシフトし、遮蔽ピーク周波数も低周波側にシフトし、遮蔽のピークは高くなることが分かる。

[0105] (実施例S4)

次に、枠14の面積が異なる場合のシミュレーションとして、20mm角

正方形の枠14bと一辺20mm×一辺xmm(xはそれぞれ15、20、30mm)の四角形の枠14aの2種類の単位枠を有する構造に膜体20(膜18e、18f)として150 μ m厚みのPETフィルムを固定した場合のシミュレーションを行った。図4は、x=30mmの時の枠-膜構造の防音セル22(22e、22f)の防音構造10cを模式的に示す平面図である。また、シミュレーションによる透過損失の結果を図9に示した。

上述したように、単位枠の面積が大きくなるほどに単位防音セル内の膜の堅さは小さくなるため、第1共振周波数は低周波にシフトする。このことより、x=30mmのとき、第1共振周波数は正方形枠と長方形枠に起因して2周波数に現れ、その中間で透過損失が極大値を持った。これとは、逆にx=15mmのとき、第1共振周波数は高周波側にシフトし、その中間で透過損失が極大値を持った。x=20mmの時、枠14aと枠14bのサイズは同じとなり、防音セル22eと22fとは同じとなり、1つの第1共振周波数しか現れず、遮蔽ピーク周波数は現れなかった。

[0106] (実施例S5)

張力の効果をみるために、一方の防音セル22に張力を付与したモデルの透過損失を上述のCOMSOLで計算した。防音セル22の枠14のサイズは20mm角の正方形、膜18の厚みを100 μ mとし、片側の防音セル22の膜18、例えば18aのみに一定の張力130(N/m)を加えた。膜18の材質は、PETフィルムの物性値を用いた。

計算結果から求めた透過損失を図18に示した。それぞれの防音セル22(22a、22b)のセル構造による固有振動に対応して透過損失の極小値(第1共振周波数)が2つ存在し、その間の周波数において大きな透過損失のピークが現れた。

防音セル22(22a)の膜18(18a)張力を加えることで、張力を加えない防音セル22(22b)の元のセル構造の第1共振周波数からずれて第1共振周波数が高周波シフトする。よって、元々は同一の性質の防音セルであっても張力の異なる防音セル同士では第1共振周波数が異なり、その

間の周波数において強い透過損失が現れることを示した。

[0107] (実施例 S 6)

3種類以上の膜の堅さが異なる場合の影響をみるために、膜厚みを3水準もつ枠—膜構造の防音セル22の透過損失を上述のCOMSOLで計算した。モデルの全ての防音セル22の枠14のサイズは20mm角の正形状、それぞれの膜18の厚みを100 μm 、150 μm 、及び200 μm の3種としてその膜18の周辺を枠14に固定拘束した。膜18の材質は、PETフィルム の物性値を用いた。

計算結果から求めた透過損失を図19に示した。3つの固有振動による透過損失の極小値が存在し、それぞれ低周波側からフィルム厚み100 [μm]、150 [μm]、200 [μm] の膜—枠構造の防音セル22に対応している。それらの複数の第1共振周波数の間に、具体的には隣接する2つの第1共振周波数の間に、それぞれ大きな遮蔽が生じた。この実施例S6の場合、膜18の固有振動の数に対応して、透過損失の遮蔽ピークも2つ存在していた。

このように複数種類の膜の堅さを組み合わせることで遮蔽ピークも複数形成することができることが分かった。

[0108] 次に、本発明の防音構造について実験による遮音特性の解析を行った。以下に、実験による実施例1～4を示す。

(実施例1)

まず、図1に示すように、膜18a及び18bがそれぞれPETフィルム100 μm と188 μm であり、枠14のサイズが20mm各正方形である構造体の防音セル22a及び22bを持つ防音構造10を作製した。以下に、その作成手順を示す。

膜18a及び18bとして、100 μm と188 μm のPETフィルム(東レ株式会社 ルミラー)を用いた。枠14としては、厚み3mm×幅2mmのアルミニウムを用い、枠14の形状を正方形として、その正方形開口12の一辺を20mmとして加工を行ったものを用いた。図1に示すように、

枠構造の貫通する開口12は、6×6個の合計36個を有する。この枠構造に対して、まず、100μm厚みのPETフィルムを3×6個の枠領域に対し接着剤で固定し、次に、188μm厚みのPETフィルムを残りの3×6個の枠領域に対し接着剤で固定することで、枠と2種類の膜からなる枠-膜構造である2種類の防音セルを有する、図1に示す防音構造10を作製した。

[0109] 音響特性は、自作のアルミニウム製音響管に4本のマイクを用いて伝達関数法による測定を行った。この手法は「ASTM E2611-09: Standard Test Method for Measurement of Normal Incidence Sound Transmission of Acoustical Materials Based on the Transfer Matrix Method」に従う。音響管としては例えば日東紡音響エンジニアリング株式会社製のWinZacと同一の測定原理である。この方法で広いスペクトル帯域において音響透過損失を測定することができる。枠-膜構造の防音構造10を音響管の測定部位に配置し、100Hz～2000Hzの範囲で音響透過損失測定を行った。

透過損失の測定結果を図10及び図17に示した。

実施例1の防音構造には、図10及び図17に示すように、2種類の防音セルそれぞれに対応する異なる2つの第1共振周波数がそれぞれ約800Hz及び約1400Hzに存在するが、それらの間の1300Hz付近の遮蔽ピーク周波数で極めて強い遮蔽が生じていることが分かった。遮蔽ピーク周波数である1284Hzにおいて、遮蔽ピーク周波数の透過損失のピーク値は、24dBとなった。

[0110] また、実施例1において測定した透過率、反射率を用いて、実施例1の音の吸収率の周波数依存性を求めた。その結果を図11に示した。実施例1の防音構造には、図10に示すように、2種類の防音セルそれぞれに対応する異なる2つの第1共振周波数が存在するが、図11に示すように、それぞれの防音セルの第1共振周波数において吸収率の極大が存在し、結果として広帯域な吸音が達成されていることが分かる。

なお、実施例1の構成を有する防音構造の音響透過損失を100Hz～2

000 Hz の範囲でシミュレーションによって求めた。そのシミュレーション結果を図 12 に示した。図 12 には、上述の図 10 に示す実験による透過損失の測定結果を重ねて示した。

図 12 に示すように、実験による透過損失の測定結果と、シミュレーションによる透過損失の予測結果とは、良く一致していることが分かる。

以下、全ての実施例、及び比較例において測定方法は同じであるため、サンプルの作製方法を示した。

[0111] (比較例 1)

上記実施例 1 において、2 種類の膜を用いる代わりに、その内の一方の 1 種類の膜である 188 μm 厚みの PET フィルムを 6×6 個の枠領域に対し接着剤で固定した。この単一種類の防音セルを有する防音構造に関して音響透過損失測定を行った。一般的な質量則と剛性則による遮音が得られた。図 17 に比較例 1 の透過損失の測定結果を示した。図 17 は、比較例 1 の遮蔽係数の周波数依存性を示している。

(比較例 2)

上記実施例 1 において、2 種類の膜を用いる代わりに、その内の他方の 1 種類の膜である 100 μm 厚みの PET フィルムを 6×6 個の枠領域に対し接着剤で固定した。この単一種類の防音セルを有する防音構造に関して音響透過損失測定を行った。一般的な質量則と剛性則による遮音が得られた。図 17 に比較例 2 の透過損失の測定結果を示した。図 17 は、比較例 2 の遮蔽係数の周波数依存性も示している。比較例 1 の防音構造に対して、比較例 2 の防音構造の方が、膜厚が薄く、したがって堅さが小さくなる。このため、図 17 に示すように、第 1 共振周波数は、比較例 1 と比較してより低周波側に現れた。

[0112] 図 17 には、実施例 1、比較例 1、及び比較例 2 の全ての遮透過損失の測定結果である遮蔽係数の周波数依存性が示されている。図 17 から、1300 Hz 付近では、比較例 1 の PET 188 μm の防音セルは剛性則、比較例 2 の PET 100 μm の防音セルは質量則の振る舞いを示していることが分

かる。この2つの防音セルからの透過振幅が等しくなる時に、この2つの防音セルからなる実施例1の構造で、大きな遮蔽ピークが現れている。これは、2種類の防音セルからの透過波が互いに打ち消し合いの関係となり大きな遮音効果を得られたことを示していることが分かる。

[0113] (実施例2)

次に、図1に示す膜18a及び18bがそれぞれPETフィルム100 μ mと250 μ mであり、枠14のサイズが25mm各正方形である構造体の防音セル22a及び22bを持つ防音構造10を作製した。

実施例2では、膜18a及び18bのPETフィルムとして、実施例1と同様に、ルミラーを用いた。枠14としては、実施例1と同様にアルミニウム厚み3mm \times 幅2mmを用い、枠14の形状を正方形として、その正方形開口12の一辺を25mmとして加工を行ったものを用いた。枠構造の貫通する開口12は、図1に示す防音構造10と異なり、4 \times 4個の合計16個を有する。この枠構造に対して、まず、100 μ m厚みのPETフィルムを2 \times 4個の枠領域に対して接着剤で固定し、次に、250 μ m厚みのPETフィルムを残りの2 \times 4個の枠領域に対して接着剤で固定することで、枠と2種類の膜からなる枠-膜構造である2種類の防音セルを有する防音構造を作製した。遮音特性の測定は、実施例1と同様に行った。

[0114] 図13に、実施例2の透過損失の測定結果を示した。また、求めた実施例2の音の吸音率を図14に示した。

実施例2の防音構造には、図13に示すように、2種類の防音セルそれぞれに対応する異なる2つの第1共振周波数がそれぞれ約600Hz及び約1300Hzに存在するが、それらの間の1000Hz \sim 1100Hz付近の遮蔽ピーク周波数を中心とする周波数領域で極めて強い遮蔽が生じていることが分かった。遮蔽ピーク周波数である1100Hzにおいて、遮蔽ピーク周波数の透過損失のピーク値は、30dBとなった。

また、図14に示すように、実施例2の防音構造では、2種類の防音セル22aおよび22bの2種類の第1共振周波数に起因する吸収率の極大がこ

の場合も現れた。

[0115] (実施例3)

上記実施例2の防音構造の各防音セル22の膜18に直径1mmの貫通穴24を形成した。貫通穴24は、ポンチを用いて力学的に形成した。貫通穴24の径が1mmで貫通していることは光学顕微鏡を用いて確認した。こうして、図5に模式的に示す実効的な堅さの異なる貫通穴24付防音セル22e及び22fを有する防音構造10cを形成した。

音響測定は、実施例1と同様に行った。図15に透過損失の測定結果を示した。実施例2にみられた、2種類の異なる膜厚みに起因する2つの第1共振周波数の約600Hz及び約1300Hzは残り、また、両第1共振周波数の間の遮蔽ピーク周波数となる1100Hz付近の遮蔽ピークも残り、遮蔽ピーク周波数である1150Hzで、その透過損失のピーク値は、24dBとなった。

[0116] 更に、貫通穴24を設けたことによる新たな遮蔽ピークが低周波側に生じた。この貫通穴24による遮蔽のピークは400Hz付近に現れ、380Hzにおいて、遮蔽のピーク値として25dBの透過損失を示した。穴の存在しない実施例2では、380Hzの透過損失は、12dBであったため、貫通穴24を設けて遮音性が向上したことが分かる。

また、音の吸収率の測定の結果を図16に示した。この場合にも、2種類の防音セルの2つの第1共振周波数に起因する吸収率の極大が現れたとともに、貫通穴を設けたことによる低周波側の遮蔽ピークより更に低周波領域に実施例2には無い吸収も現れた。

[0117] (実施例4)

実施例1と同じ膜厚の組み合わせで、図3に示す防音構造10aのように、膜厚の異なる防音セル22の配置の仕方を1防音セル毎に隣り合う防音セルの膜厚を変化させて、膜厚の異なる防音セル22の配置を市松模様としたサンプルを作製した。実施例4の防音構造10aにおいて、透過損失、及び音の吸収率を実施例1と同様に測定した結果、実施例1と変化がないことが

分かった。

このことは、実施例1においても防音セル22の6×3構造の大きさが今回の周波数測定範囲において波長未満の大きさとなっているため、実施例1の構造においても実施例4の構造においても、大きさの基本単位が波長未満になっているために回折や散乱が生じず、音波からみて構造が粗視化されて機能したために音波に対する機能の変化がなかったと考えられる。

[0118] (実施例5)

図22に示すように、枠14の厚み(枠厚) L_1 が15mmであり、枠14のサイズ(枠サイズ)が20mm各正方形である構造体の防音セル22h及び22iからなる防音構造10dを作製した。この枠構造に対して、枠14の開口12の一方の側を覆うように、PETフィルム膜18gを、接着剤を用いてエッジ固定し、次に、枠14の開口12の両側を覆うように、且つ、2層間(膜間)の距離が15mmとなるように、PETフィルム膜18hを、接着剤を用いてエッジ固定することで、2種類の防音セル22h及び22iを有する防音構造10dを作製した。また、膜18gには、厚み(膜厚)188 μ mのPETフィルムを使用し、膜18hには、厚み(膜厚)100 μ mのPETフィルムを使用した。なお、上述の枠厚、枠サイズ及び膜厚は、防音セル22hの第1共振周波数と、防音セル22iの高次の共振周波数とが一致するように設計されている。

遮音特性の測定は、実施例1と同様に行った。なお、この遮音特性は、図22中、下側から入射する音波に対する各周波数における透過損失を測定したものである。

[0119] 図24に、実施例5の透過損失の測定結果を示した。また、求めた実施例5の音の透過率、反射率及び吸収率を図25に示した。

実施例5の防音構造10dには、図24に示すように、防音セル22hに対応する第1共振周波数が1410Hzに存在し、防音セル22iに対応する第1共振周波数が760Hzに存在し、それらの間の1090Hz付近に遮蔽がピークとなる大きな透過損失が生じていることが分かった。

[0120] また、さらに、実施例5の防音構造は、図24に示すように、1410Hz近傍にも30dB以上の大きな透過損失が生じることがわかった。これは、防音セル22hの第1共振周波数と、防音セル22iの高(2)次の共振周波数が一致する周波数において、遮蔽のピークが現れることによる。図25に示される周波数1410Hz近傍の反射率及び吸収率から、この透過損失は、大きな反射によるものではなく、大きな吸収が生じたことにより生じたものであり、吸収率が最大93%にも達することがわかった。

また、防音セル22h及び22iの枠厚が15mmであり、枠サイズが20mmであることを考慮すると、この最大吸収率が獲得された1410Hzの波長は約240mmであるため、音波の波長の1/10未満の大きさで非常に高い音の吸収率を実現していることがわかった。

[0121] 図26は、実施例5の防音構造10d、防音セル22h、及び22iのそれぞれについて、シミュレーションによる遮音特性の解析を行った結果である。解析は、上述した有限要素法の解析ソフトウェアであるCOMSOL v 5.0の音響モジュールを用いて行った。図26によれば、実施例5の防音構造10dが、防音セル22hの第1共振周波数と、防音セル22iの高次の共振周波数とが一致するように設計されていることがわかる。また、防音セル22h及び防音セル22iそれぞれの吸収率は、いずれも、50%程度に留まるが、これら2つの防音セルを隣合せて配置し防音構造10dとすることで、90%程度の吸収率になることが示された。音響モジュールでは、音響構造相互作用を、音波の伝達と構造の振動を連成させて計算する。よって、構造計算より振動膜の振動の振舞いも計算され、音波計算より各位置での圧力と局所速度の方向を出力することができる。

[0122] 図27は、矢印が示す方向から、すなわち、図22の下側から防音構造10dに、音波を入射した際に生じる膜変位とその模式図を示し、図28は、その局所速度を示す。

図27の膜変位から、1層(単層)の膜を有する防音セル22hにおいては、通常第1共振周波数モードの膜の変位、すなわち、入射音圧により、

膜 18 g の中央部に大きな振動状態が生じ、2層の膜を有する防音セル 22 i においては、入射音圧により、2層の膜 18 h の変位が反対方向に動く共振モードの膜の変位が生じていることが分かる。これは、図 27 の模式図で示すように、防音セル 22 h と 22 i は、入射音圧により、同時に膜 18 g と膜 18 h-1 が押されるものの、音波の出射側、すなわち、音波の入射方向とは逆側において音波の位相が反転し、膜 18 h-1 と膜 18 h-2 の間において、膜 18 h-1 を透過した波と、膜 18 h-2 を透過した波が干渉する関係になることによる。図 28 からも、防音セル 22 h の膜 18 g を透過した音波は、その位相が反転して防音セル 22 i の膜 18 h-2 に入射し、膜 18 h-1 を透過した音波と打ち消し合いを起こして透過波が小さくなることがわかる。

[0123] つまり、第 1 共振周波数に挟まれた領域で透過波同士の打ち消し合いが生じることにより透過損失を大きくすることができるだけでなく、防音セル 22 h の 1 層の膜の第 1 共振周波数と、防音セル 22 i の 2 層の膜の高次の共振周波数を一致させることで、防音セルの枠サイズが、音波の波長の $1/10$ 未満の大きさを構成されているとしても、50%を遥かに超える音の吸収率を獲得することができることがわかる。

[0124] (実施例 6)

図 23 に示すように、一方は枠 14 のサイズ (枠サイズ) が 14 mm 各正方形であり、もう一方は枠 14 のサイズ (枠サイズ) が 20 mm 各正方形であり、枠厚 L_2 はいずれも 10 mm である構造体の防音セルからなる防音構造 10 e を作製した。この枠構造に対して、枠 14 の開口 12 の一方の側を覆うように、PET フィルム膜 18 i を、接着剤を用いてエッジ固定することで防音セル 22 j を作成し、また、枠 14 の開口 12 の両側を覆うように、且つ、2 層間 (膜間) の距離が 10 mm となるように、PET フィルム膜 18 j を、接着剤を用いてエッジ固定することで防音セル 22 k を作製した。また、膜 18 i 及び 18 j はいずれも厚み (膜厚) $100 \mu\text{m}$ の PET フィルムを使用した。よって、枠に接着剤を塗布後、膜 18 i に当たる部分と膜

18j-1に当たる部分は、同じPETフィルムで全体を覆うように取り付けるのみで作成することができる。なお、上述の枠厚、枠サイズ及び膜厚は、防音セル22jの第1共振周波数と、防音セル22kの高次の共振周波数とが一致するように設計されている。

[0125] 図29は、実施例6の防音構造10eについて、シミュレーションによる遮音特性の解析を行った結果である。解析は、上述した有限要素法の解析ソフトウェアであるCOMSOL ver 5.0の音響モジュールを用いて行った。

図29によれば、実施例5の結果と同様に、実施例6の防音構造10eの音の吸収率が50%を遥かに超える82%の吸収率を示すことがわかる。

[0126] 図30は、矢印が示す方向から、すなわち、図23の下側から防音構造10eに、音波を入射した際に生じる際に生じる膜変位を示し、図31は、その局所速度を示す。

図30においても、実施例5の防音構造10dの結果と同様に、1層（単層）の膜を有する防音セル22jにおいては、通常第1共振周波数モードの膜の変位、すなわち、入射音圧により、膜18iの中央部に大きな振動状態が生じ、2層の膜を有する防音セル22kにおいては、入射音圧により、2層の膜18jの変位が反対方向に動く共振モードの膜の変位が生じていることが分かる。また、図31からも、防音セル22jの膜18iを透過した音波は、その位相が反転して防音セル22kの膜18j-2に入射し、膜18j-1を透過した音波と打ち消し合いを起こして透過波が小さくなることわかる。

[0127] 表5は、実施例5及び6の防音構造の構成条件をまとめたものである。表5に示すように、2種類の防音セルの枠厚、層構成、枠サイズ及び膜厚を適切に設定することにより、本発明の防音構造は、50%を遥かに超える音の吸収率を実現することができる。

[0128]

[表5]

	枠厚 (mm)	第1防音セル	第1防音セル 枠サイズ(mm)	第1防音セル 膜厚(μm)	第2防音セル	第2防音セル 枠サイズ(mm)	第2防音セル 膜厚(μm)
実施例5	15	1層(単層)	20	183	2層	20	100
実施例6	10	1層(単層)	14	100	2層	20	100

[0129] (実施例7)

次に、表6に示すように、図23に示す実施例6の防音構造10eの防音セル22jの枠サイズを10~18mmまで1mm刻みで変化させた時の防音セル(第1防音セル)を作製し、各防音セルの第1共振周波数を求めた。また、図23に示すように、作製した各防音セル(第1防音セル)と防音セル(第2防音セル)22kとを隣接して配置した防音構造をそれぞれ作製し、その音の最大吸収率をそれぞれ求めた。その結果は表6に示す。図32は、作製した各防音セル(第1防音セル)の各吸収スペクトルを示す。図33は、表6に基づき、各防音セル(第1防音セル)の枠サイズと、各防音セル(第1防音セル)と防音セル(第2防音セル)22kを隣接して配置した防音構造の音の最大吸収率との関係をそれぞれグラフにしたものである。

図32に示されるように、第1防音セルのみの防音構造では、吸収率は、枠サイズが12~14mmの時に、略50%となり最大となるが、50%を超えて高くなることはないことが分かる。なお、枠サイズが14mmの時に、吸収率は周波数1650Hzにおいて最大の50%となることが分かる。

[0130] [表6]

枠サイズ (mm)	第1防音セルの 第1共振周波数 (Hz)	最大吸収周波数(1650Hz)との 差(ずれ)	第1防音セル+第2防音セルの 最大吸収率
10	3200	1550	51.70%
11	2650	1000	53.10%
12	2200	550	57.50%
13	1900	250	72.00%
14	1650	0	82.00%
15	1400	-250	65.90%
16	1250	-400	57.90%
17	1100	-550	55.50%
18	1000	-650	52.90%

[0131] また、図33及び表6に示されるように、作製された全ての防音構造において、最大吸収率82%が確認されたのは、枠サイズ14mmの防音セル(第1防音セル)と第2防音セル22kとを隣接して配置した防音構造であり

、その第1防音セルの第1共振周波数は、1650Hzであった。すなわち、これは、第2防音セル22kの高(2)次の共振周波数も1650Hzであることを示す。

ここで、作製された各第1防音セルの第1共振周波数と、防音構造が最大吸収率を示す最大吸収周波数、例えば第2防音セルの高次の共振周波数である1650Hzとの差(ずれ)を表6に示す。また、作製された各防音構造の第1防音セルの第1共振周波数と、防音構造が最大吸収率を示す第2防音セルの高次の共振周波数(1650Hz)との差と、各防音構造の最大吸収率との関係を図34に示した。

[0132] 表6から、差(ずれ)が±550Hz以内(±1/3以内)であるときに、55%以上の音の吸収を実現できることが分かった。また、差(ずれ)が大きくなるにつれて、防音構造の音の最大吸収率が小さくなっていることが分かった。

また、図34から、防音構造の音の最大吸収率は、第1防音セルの第1共振周波数と、防音構造の最大吸収率が獲得される第2防音セルの高次の共振周波数との差(ずれ)が「0」の最大吸収率を中心としてほぼ正負に対称となり、差(ずれ)が小さいほど吸収率が大きいことが分かった。

[0133] 図6～図9、図12、及び図18～図19に示すシミュレーション結果、並びに図10～図16及び図17に示す実測結果、また、図24、図26、図33、及び図34に示す結果から明らかなように、シミュレーションによる実施例S1～S6、及び実験による実施例1～7を含め、本発明の防音構造は、比較例1～2と異なり、実効的な堅さの異なる2種類の防音セルによる異なる2つの第1共振周波数を持ち、これらの2つの第1共振周波数の間の遮蔽ピーク周波数において、透過損失がピークとなる遮蔽ピークが存在しているため、遮蔽ピーク周波数を中心とする一定の幅の周波数帯域を選択的に遮音することができる。

また、図24、図26、図33、及び図34に示す実施例5～7の結果から明らかなように、本発明の防音構造は、異なる第1共振周波数を持つ2種

類の防音セルを備える防音構造において一方の防音セルの第1共振周波数と他方の防音セル高次の共振周波数とを一致させるようにすることにより、両者が一致した周波数において、それぞれの防音セルでは達成できない高い吸収率を達成することができる。

このように、本発明の防音構造は、狙った特定の周波数成分を極めて強く遮蔽することができるという優れた遮音特性を持ち、更に、より低周波側の成分の吸収を増大させることができることが分かった。

以上から、本発明の防音構造の効果は、明らかである。

[0134] 以上、本発明の防音構造についての種々の実施形態及び実施例を挙げて詳細に説明したが、本発明は、これらの実施形態及び実施例に限定されず、本発明の主旨を逸脱しない範囲において、種々の改良又は変更をしてもよいのはもちろんである。

符号の説明

- [0135] 10、10a、10b、10c、10d、10e 防音構造
12、12a、12b 貫通する開口
14、14a、14b、46、50、56 枠
15、58a、58b 枠材
16、58 枠体
18、18a、18b、18c、18d、18e、18f、18g、18h、18i、18j 膜
20、20a、20b 膜体
22、22a、22b、22c、22d、22e、22f、22h、22i、22j、22k、31a、31b、31c、31d、31e、44、48、54 防音セル
24 貫通穴
30a、30b、30c、30d、52 防音部材
32 カバー
34 孔

36、40 脱着機構

38 壁

42 a 凸部

42 b 凹部

請求の範囲

- [請求項1] 2次元的に配置された複数の防音セルを有する防音構造であって、前記複数の防音セルの各々は、開口を形成する枠材からなる枠と、前記枠に固定された膜と、を備え、前記複数の防音セルの中には、第1共振周波数が異なる2種以上の防音セルが存在し、各防音セルの第1共振周波数の中で最低の周波数以上でかつ各防音セルの第1共振周波数の中で最大の周波数以下の範囲内に透過損失が極大となる遮蔽ピーク周波数を有することを特徴とする防音構造。
- [請求項2] 前記第1共振周波数は、各防音セルの前記枠の幾何学的形態と前記膜の剛性とによって定まり、前記遮蔽ピーク周波数は、1つ以上存在し、各遮蔽ピーク周波数は、それぞれ異なる2つの隣接する前記第1共振周波数の間の周波数に定まるものである請求項1に記載の防音構造。
- [請求項3] 前記複数の防音セルの前記第1共振周波数のうち、2つ以上の異なる前記第1共振周波数は、10Hz～100000Hzの範囲内に含まれる請求項1～2のいずれか1項に記載の防音構造。
- [請求項4] 前記枠の円相当半径をR (m)、前記膜の厚みをt (m)、前記膜のヤング率をE (Pa)、前記膜の密度をd (kg/m³)とする時、前記第1共振周波数が異なる前記2種以上の防音セルに関して、それぞれ下記式(1)で表されるパラメータBが、15.47以上2.350×10⁵以下である請求項1～3のいずれか1項に記載の防音構造。
- $$B = t / R^2 * \sqrt{E / d} \quad \dots (1)$$
- [請求項5] 前記複数の防音セルの前記枠の平均サイズは、前記遮蔽ピーク周波数に対応する波長サイズ以下である請求項1～4のいずれか1項に記

載の防音構造。

- [請求項6] 前記第1共振周波数が異なる前記2種以上の防音セルは、互いに異なる膜厚の2種類以上の前記膜を有する請求項1～5のいずれか1項に記載の防音構造。
- [請求項7] 前記第1共振周波数が異なる前記2種以上の防音セルは、互いに異なる枠サイズの2種類以上の前記枠を有する請求項1～6のいずれか1項に記載の防音構造。
- [請求項8] 前記第1共振周波数が異なる前記2種以上の防音セルは、互いに異なる張力をかけた2種類以上の前記膜を有する請求項1～7のいずれか1項に記載の防音構造。
- [請求項9] 前記第1共振周波数が異なる前記2種以上の防音セルは、同種の膜材質の前記膜で構成されている請求項6～8のいずれか1項に記載の防音構造。
- [請求項10] 前記第1共振周波数が異なる前記2種以上の防音セルは、互いに異なる膜材質を用いた2種類以上の前記膜を有する請求項1～8のいずれか1項に記載の防音構造。
- [請求項11] 前記第1共振周波数が同一である前記防音セルが連続して続く領域が、前記遮蔽ピーク周波数における波長長さ未満である請求項1～10のいずれか1項に記載の防音構造。
- [請求項12] 前記複数の防音セルの前記膜は、該膜を貫通する1以上の穴を有する請求項1～11のいずれか1項に記載の防音構造。
- [請求項13] 前記複数の防音セルは、前記第1共振周波数が異なる第1防音セルと第2防音セルとを有し、
前記第1防音セルの第1共振周波数と、前記第2防音セルの高次の共振周波数とが一致する請求項1～12のいずれか1項に記載の防音構造。
- [請求項14] 前記第1防音セルの第1共振周波数と、前記第2防音セルの高次の共振周波数とが一致する時、前記第1防音セルと前記第2防音セルと

を備える前記防音構造は、最大吸収率を示すものであり、

前記第1防音セルの第1共振周波数と、前記第2防音セルの高次の共振周波数とが一致するとは、前記第1防音セルの第1共振周波数と、前記第2防音セルの高次の共振周波数との差が、前記第2防音セルの高次の共振周波数の $\pm 1/3$ 以内であることを指す請求項13に記載の防音構造。

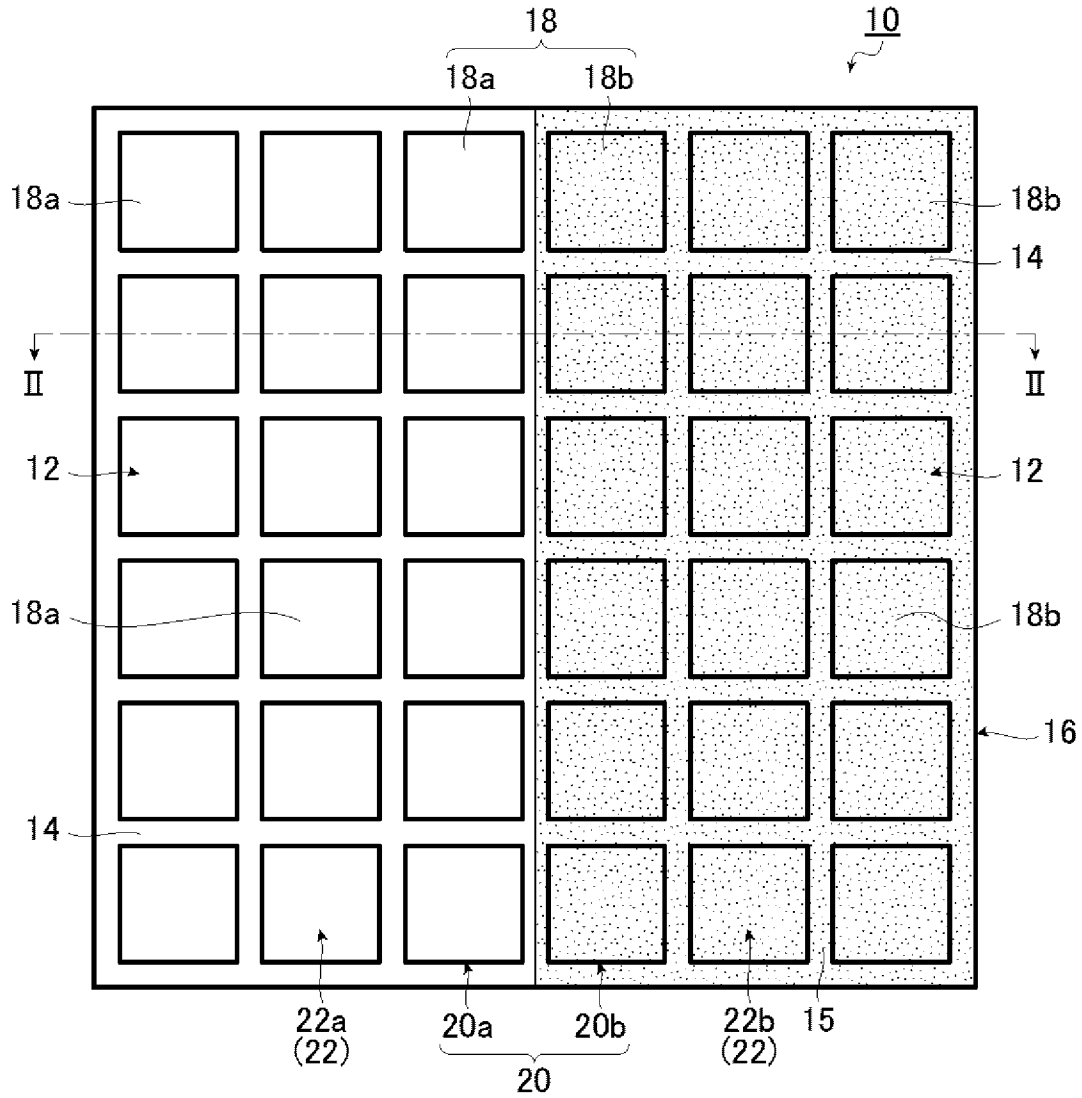
[請求項15] 前記第1防音セルは、その開口を覆う1層の膜を有し、前記第2防音セルは、その開口をそれぞれ覆う複数層の膜を有する請求項13または14に記載の防音構造。

[請求項16] 前記第2防音セルは、2層の膜を有し、
前記第2防音セルの高次の共振周波数は、前記第2防音セルの前記2層の膜の変位が反対方向に動く共振モードの共振周波数である請求項15に記載の防音構造。

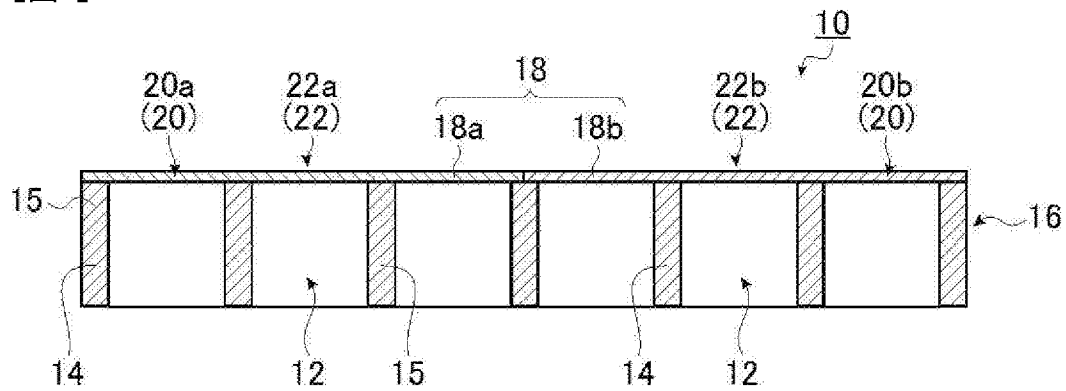
[請求項17] 前記複数の防音セルの前記枠の枠サイズ、または枠厚は、音波の波長の $1/4$ 未満の大きさである請求項13～16のいずれか1項に記載の防音構造。

[請求項18] 前記第2防音セルは、その開口をそれぞれ覆う複数層の膜を有し、
前記複数層の膜の隣接する膜間の距離は、音波の波長の $1/4$ 未満の大きさである請求項13～17のいずれか1項に記載の防音構造。

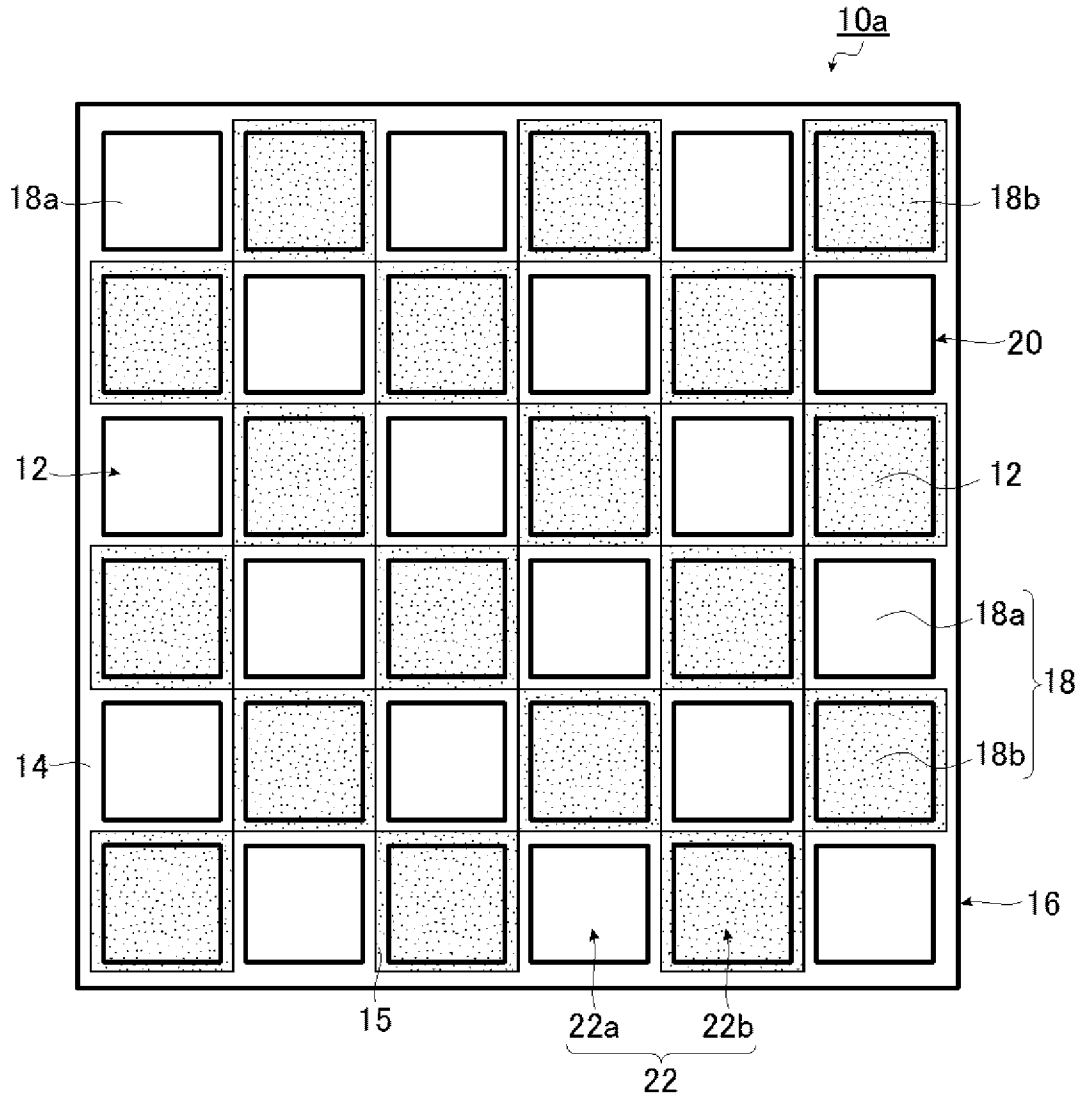
[図1]



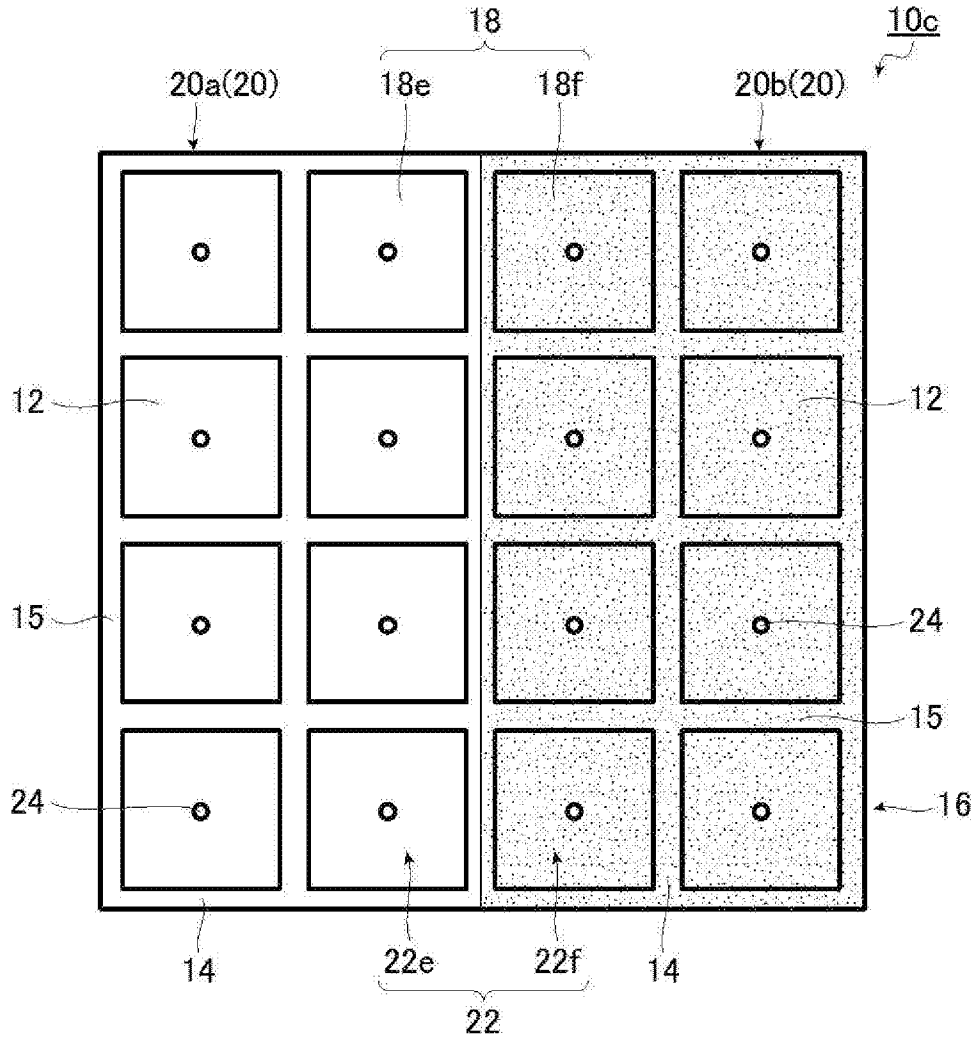
[図2]



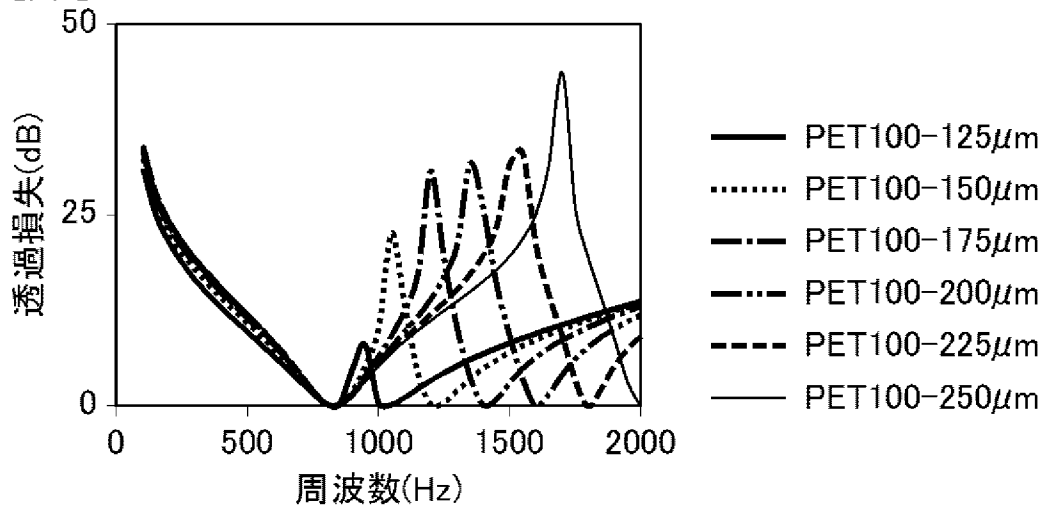
[図3]



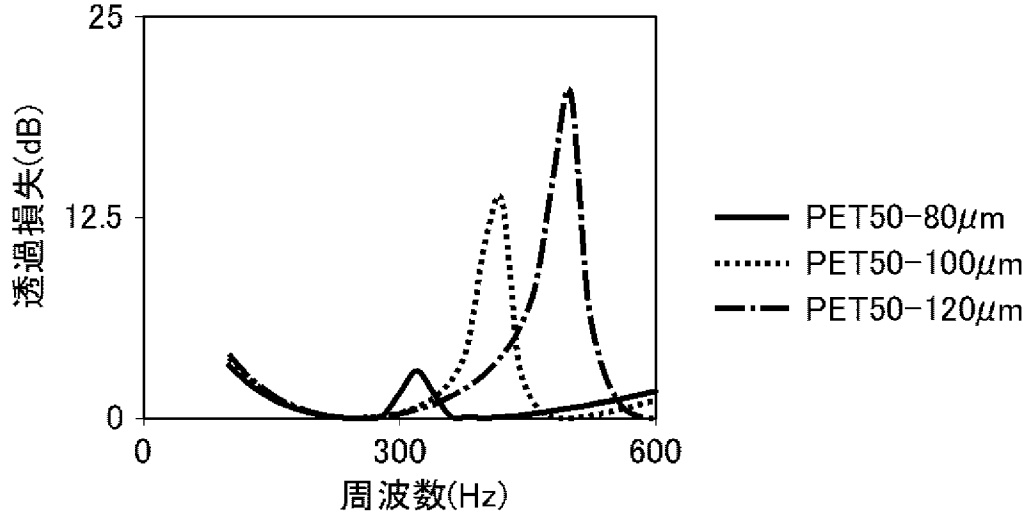
[図5]



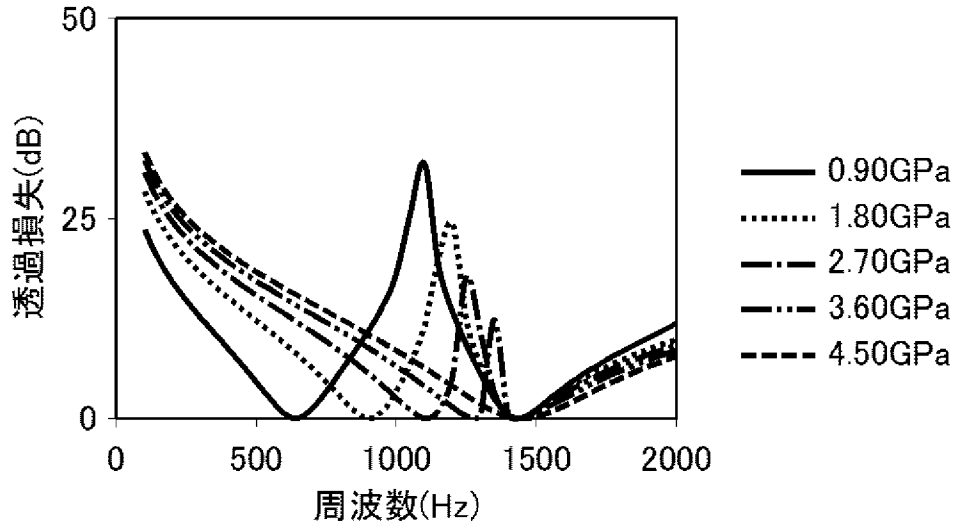
[図6]



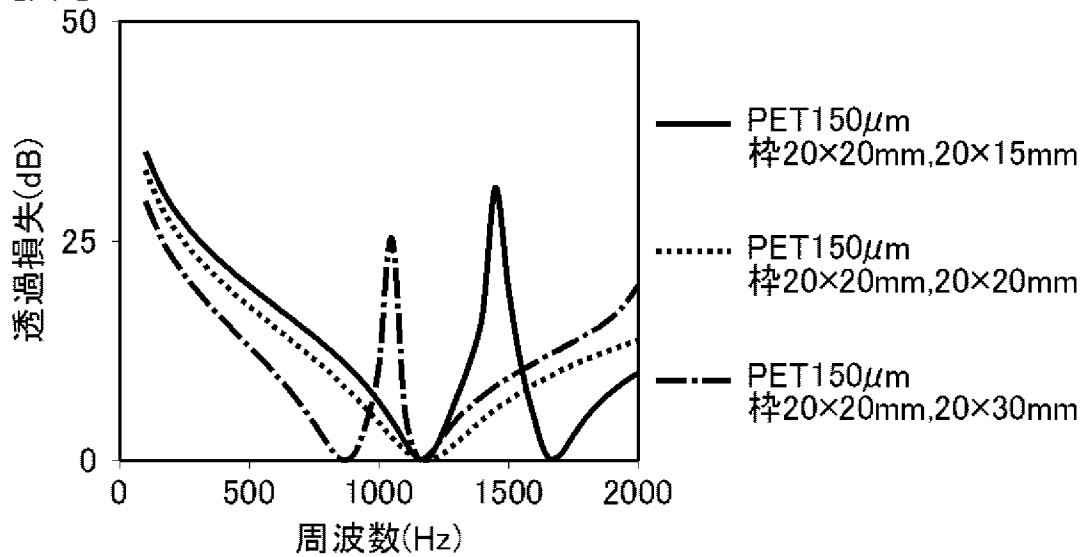
[図7]

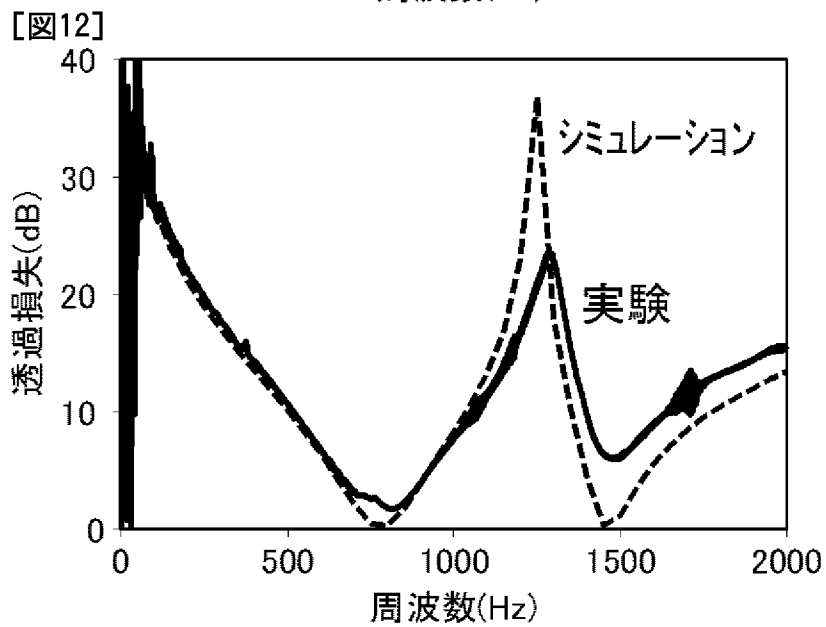
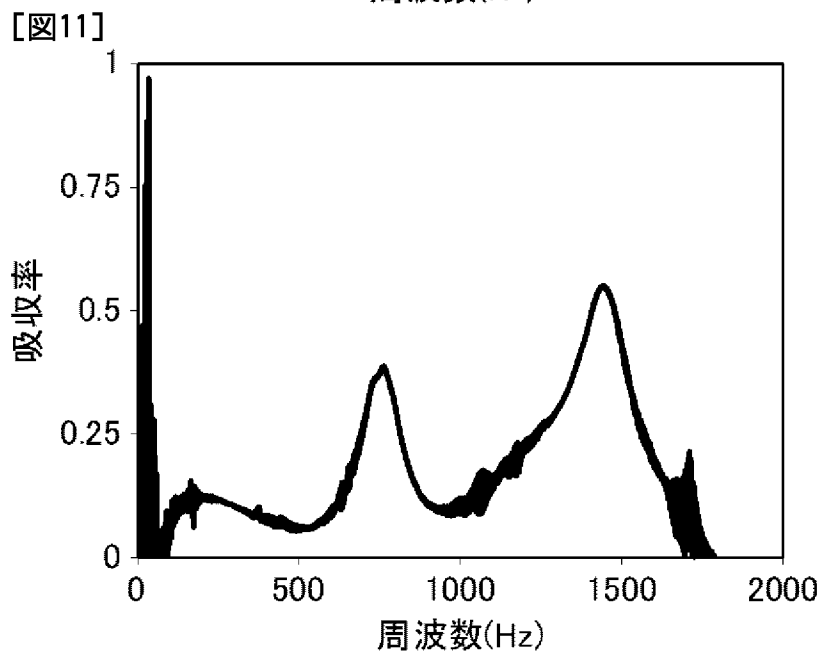
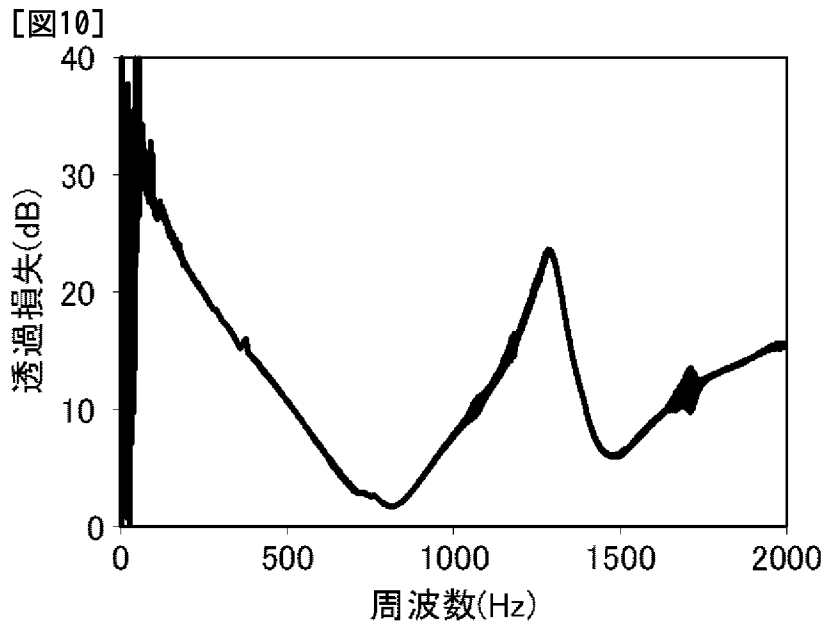


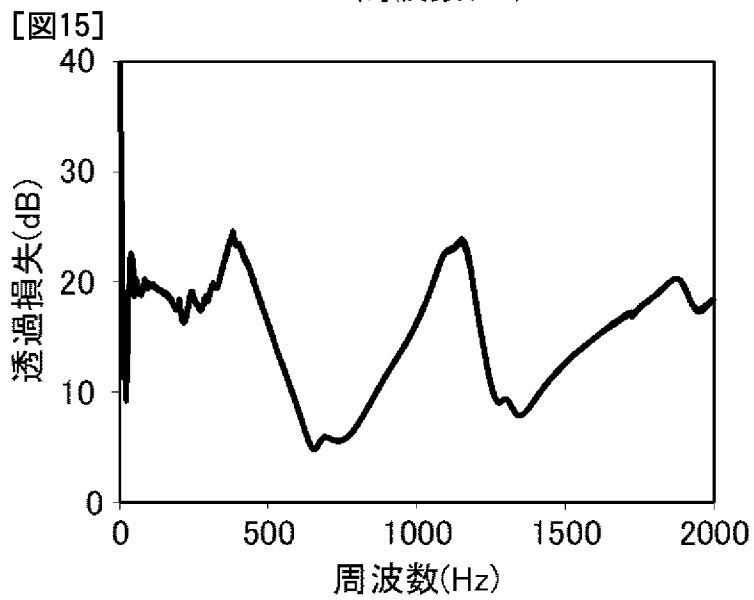
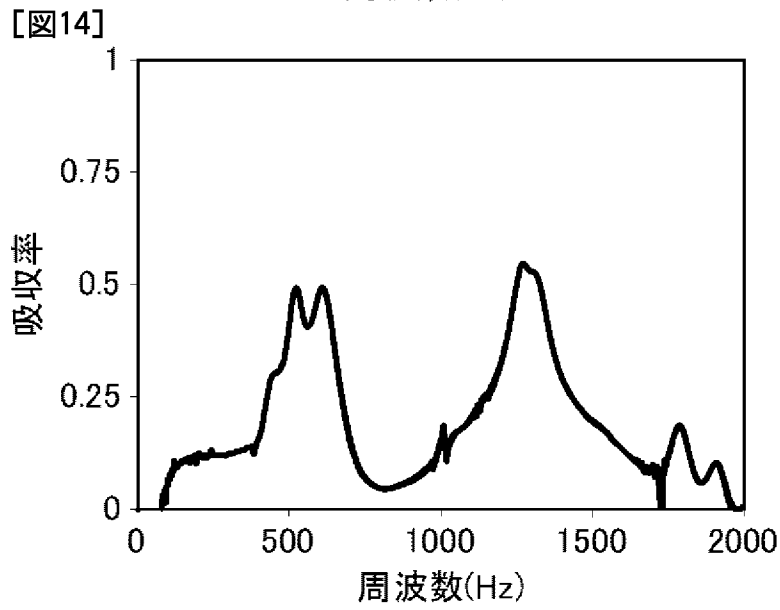
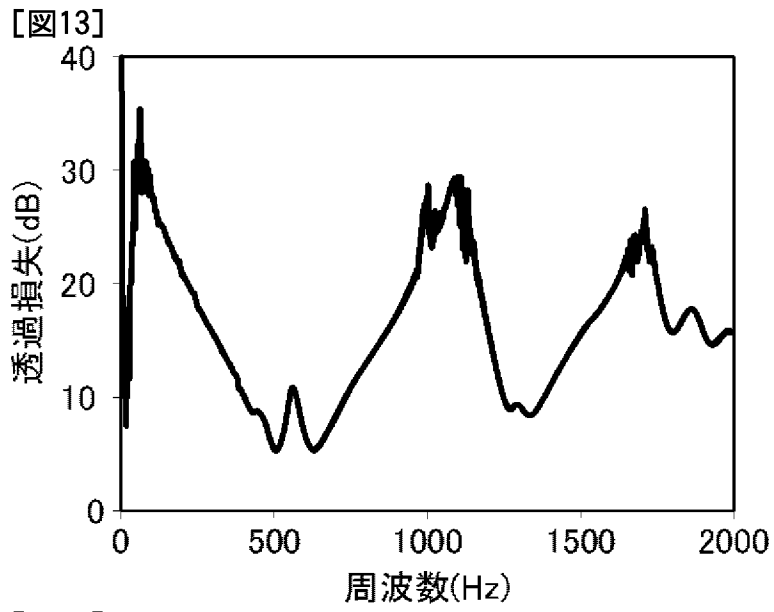
[図8]



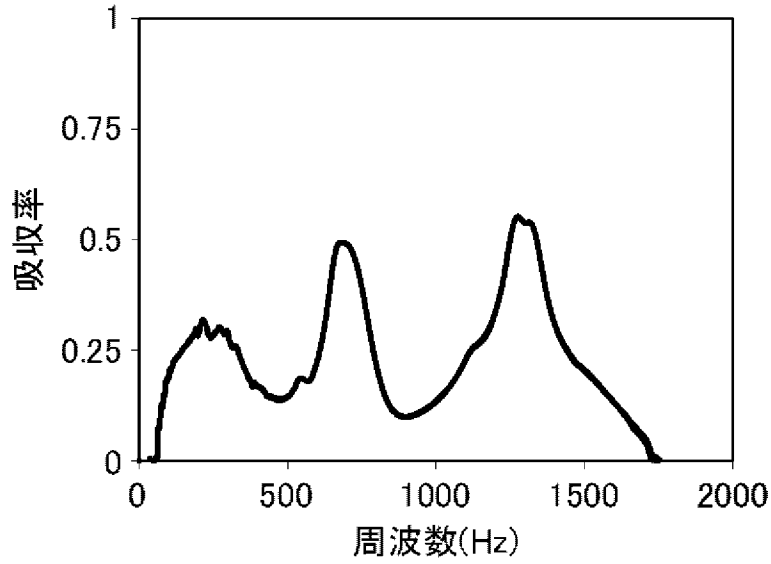
[図9]



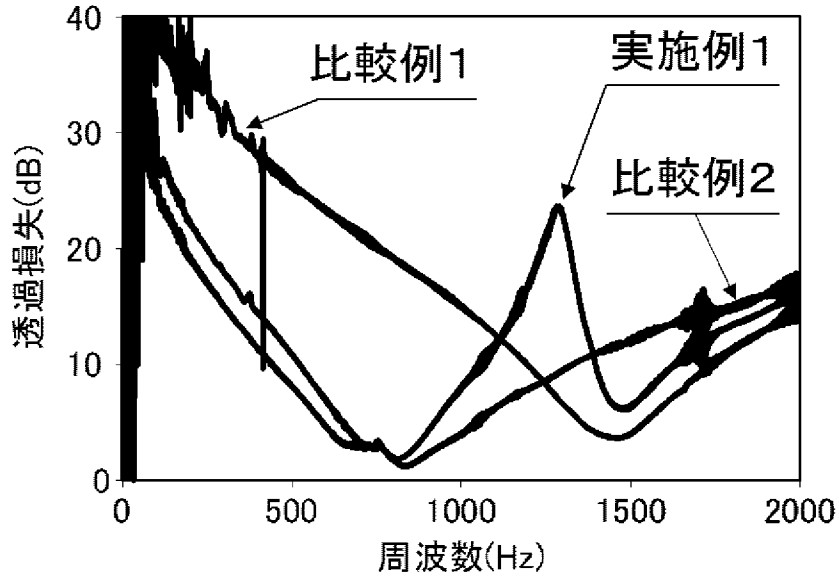




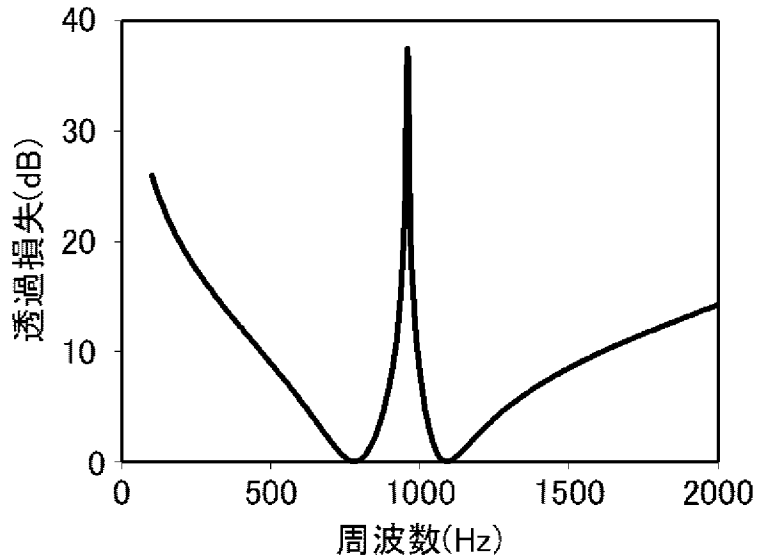
[圖16]

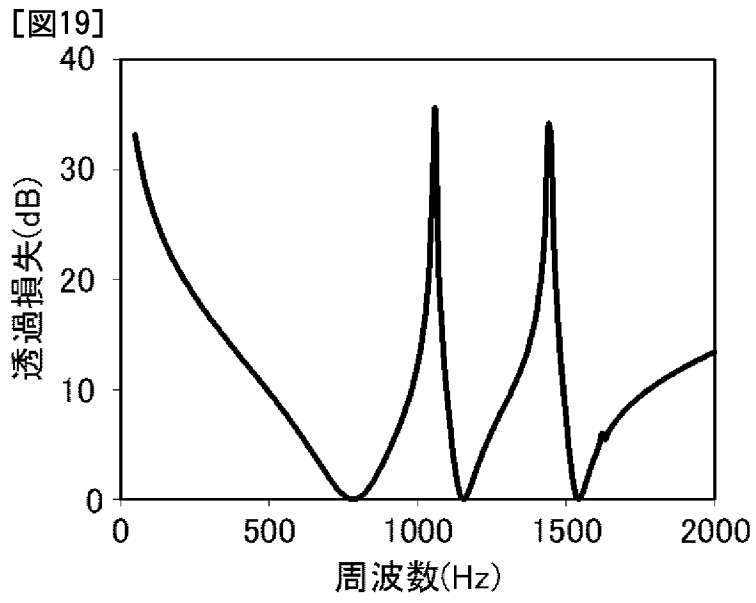


[圖17]

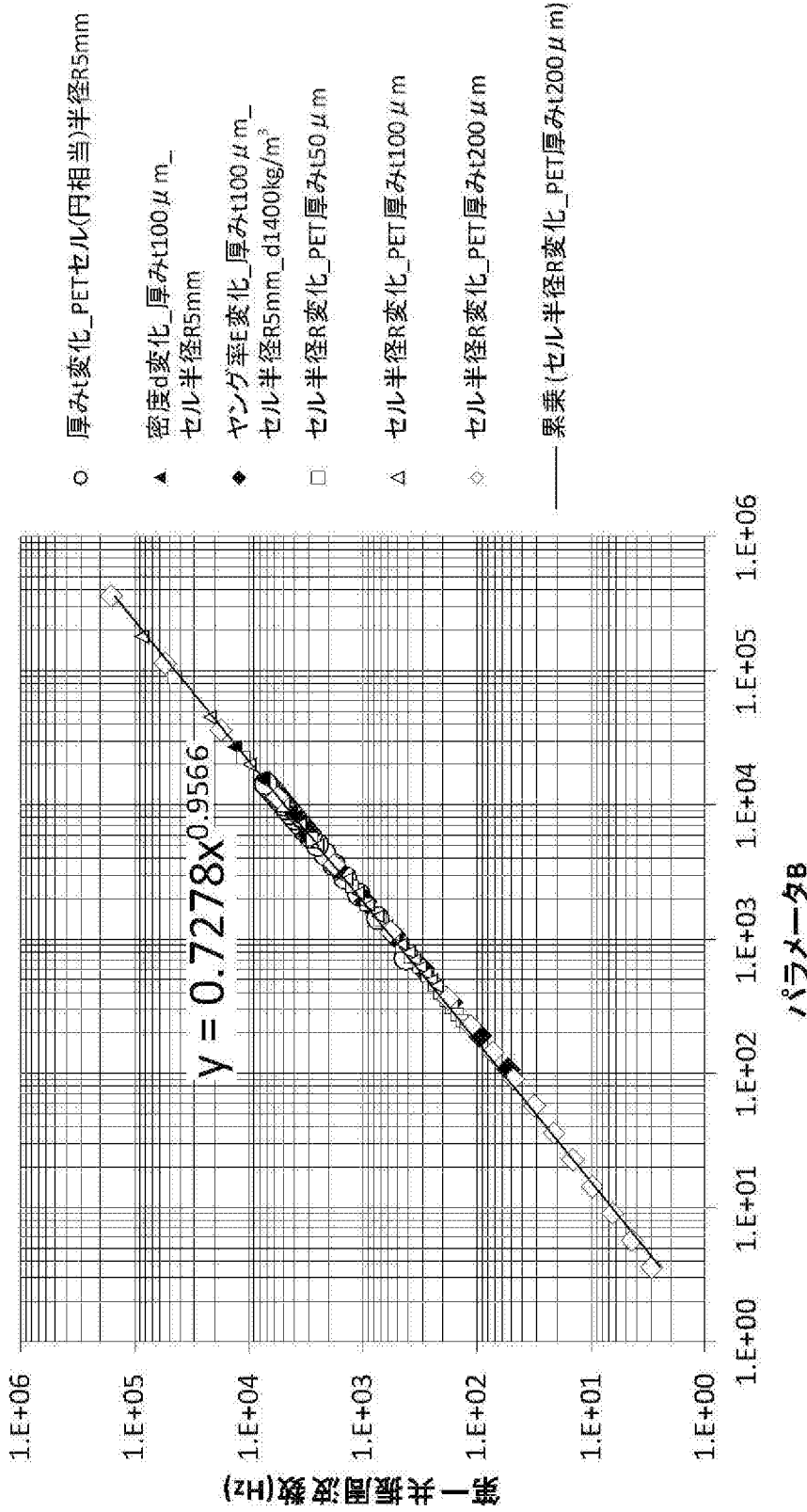


[圖18]

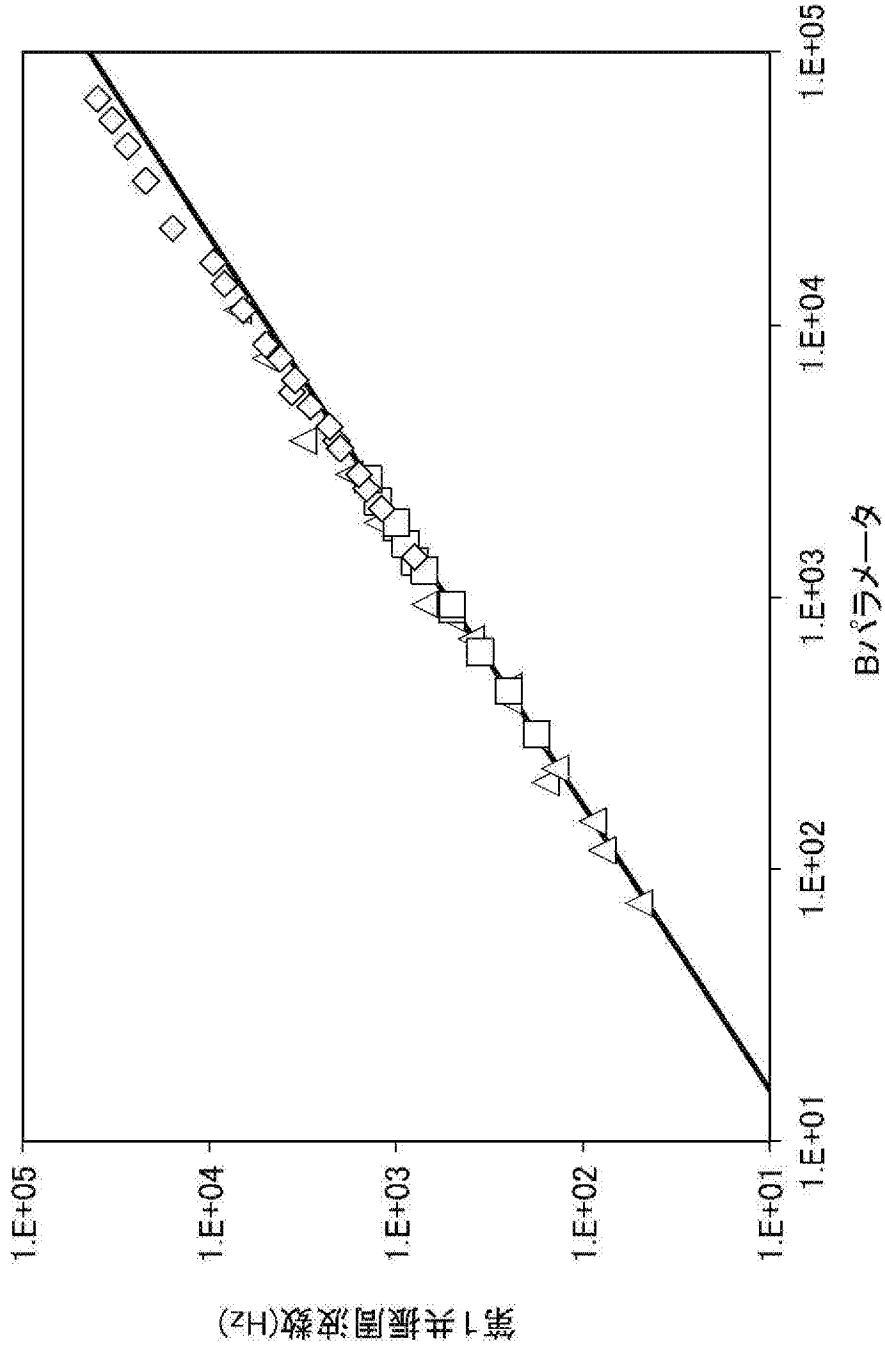




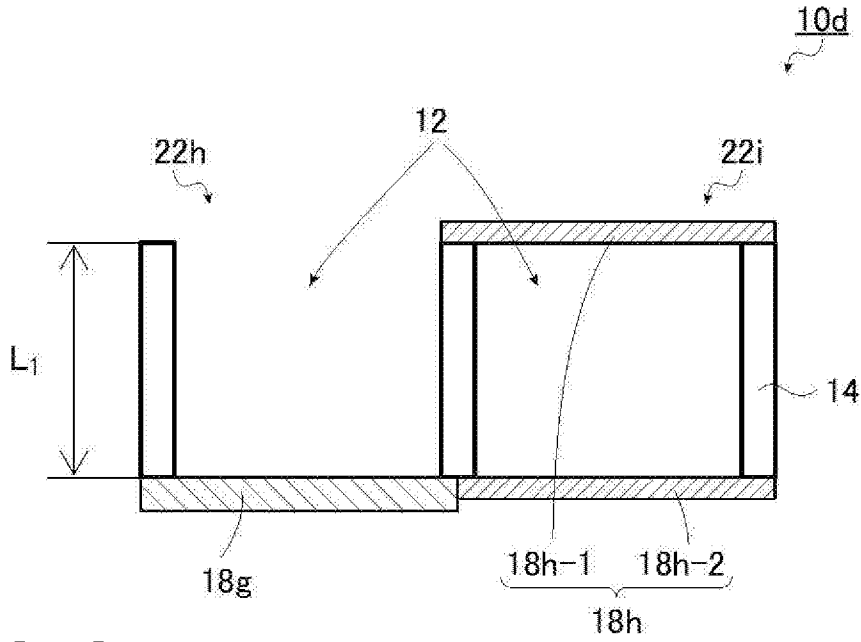
[図20]



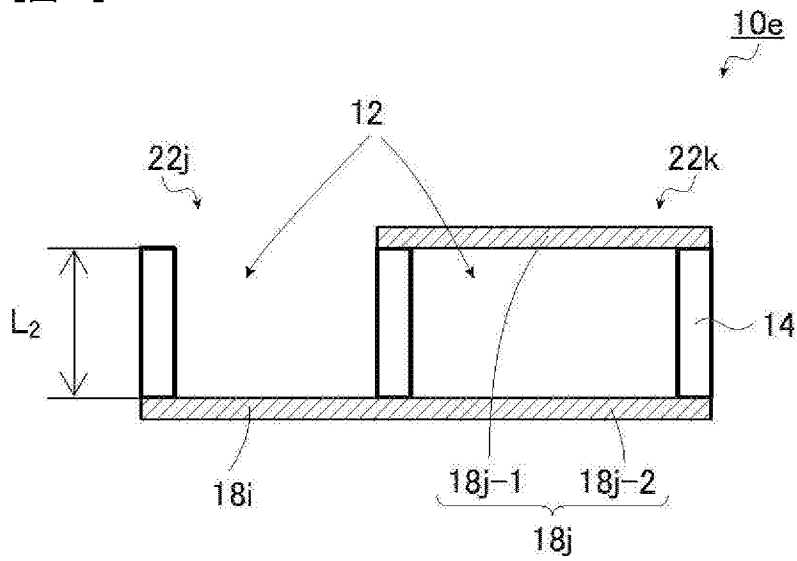
[図21]



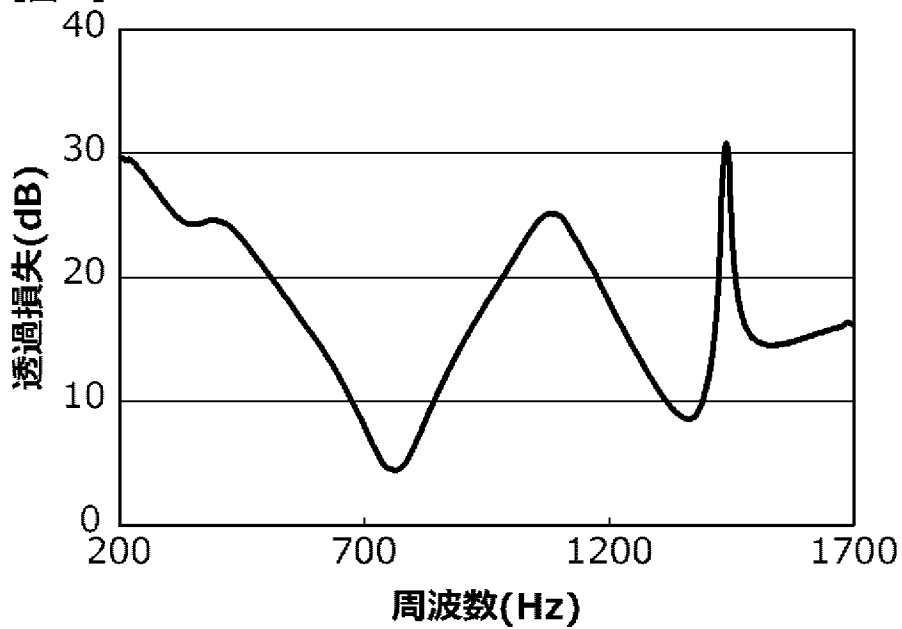
[図22]



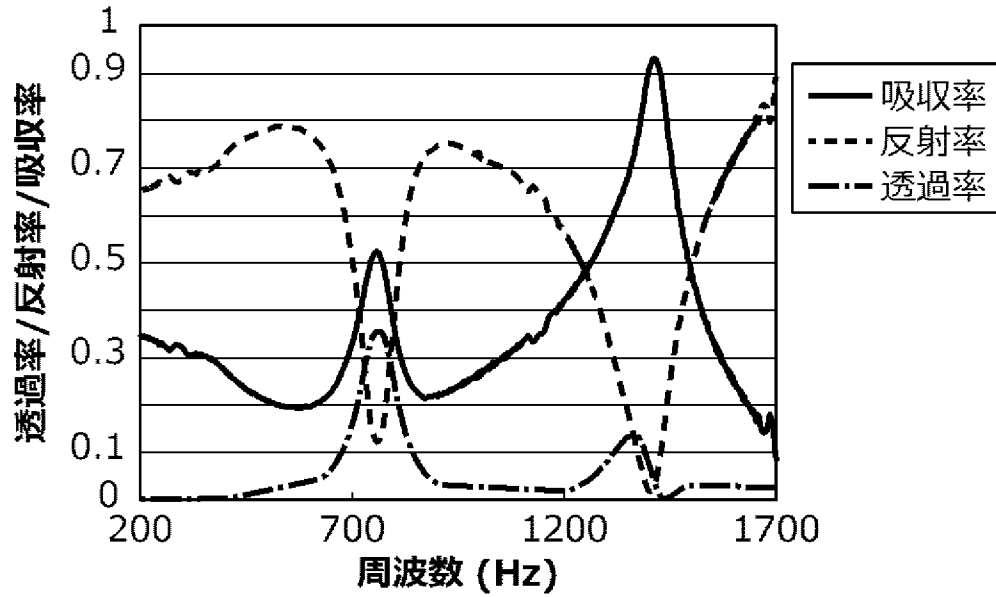
[図23]



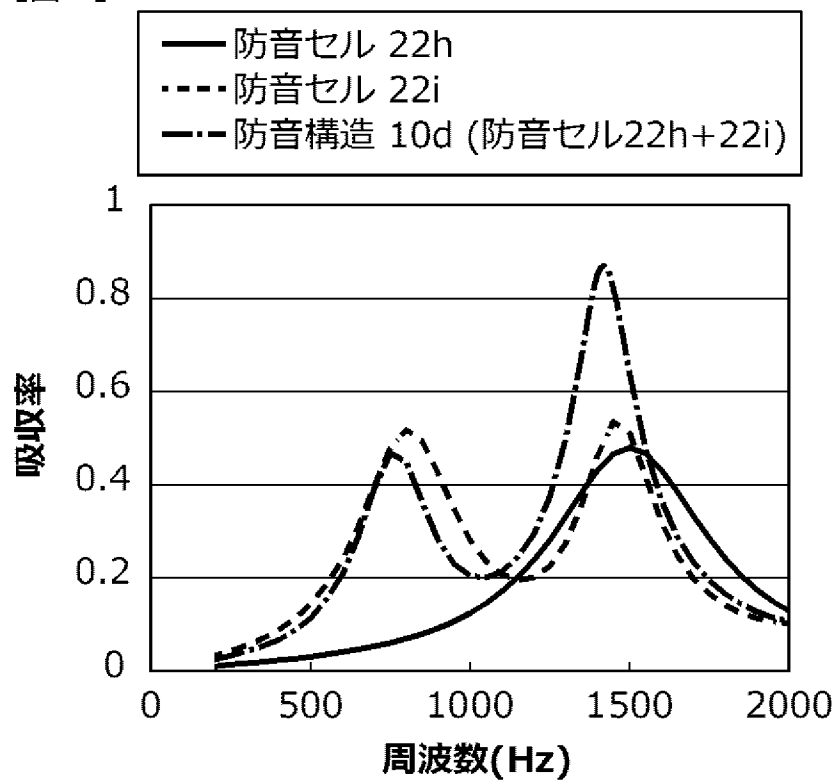
[図24]



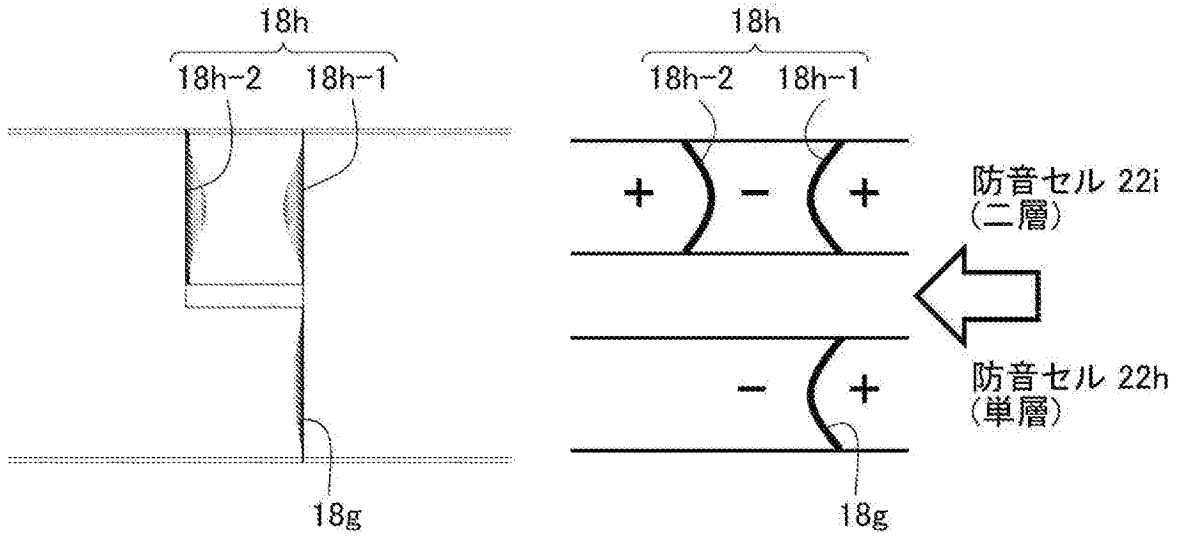
[図25]



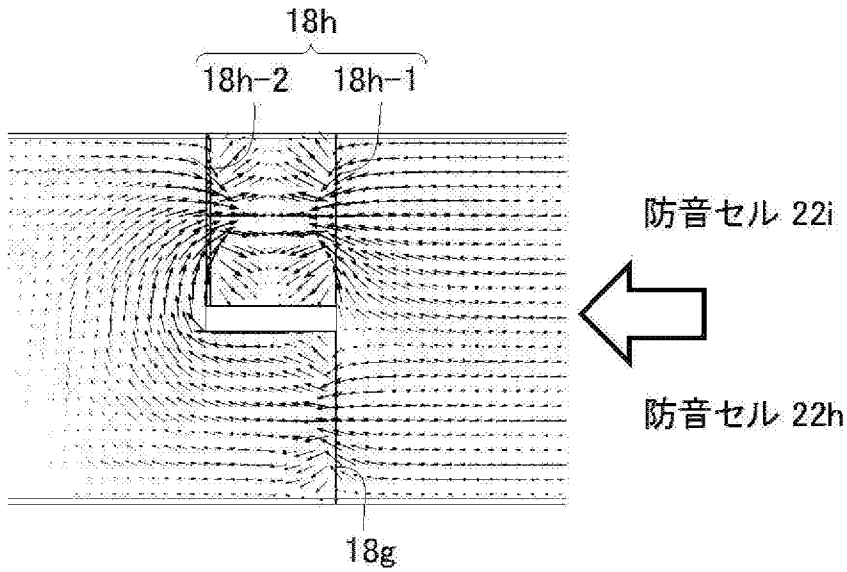
[図26]



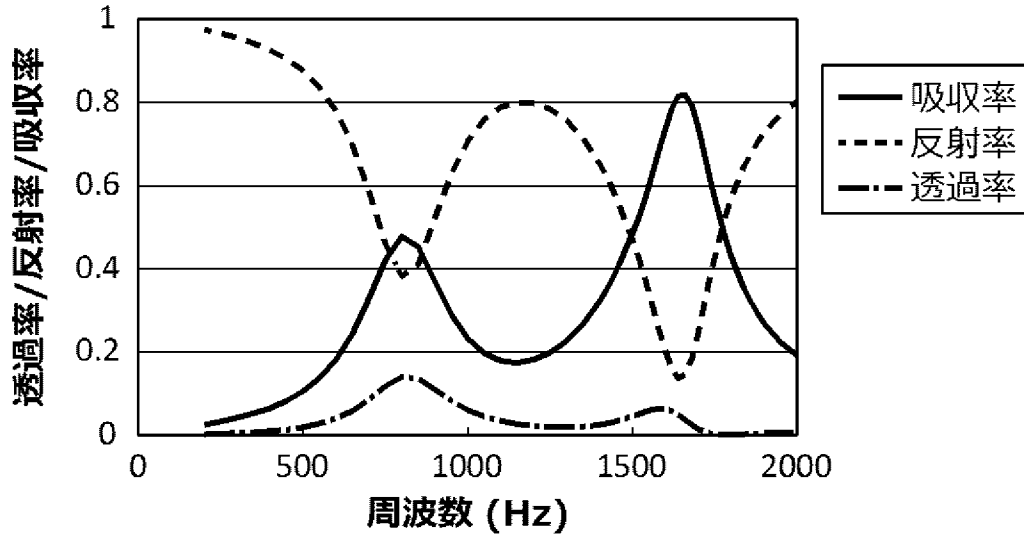
[図27]



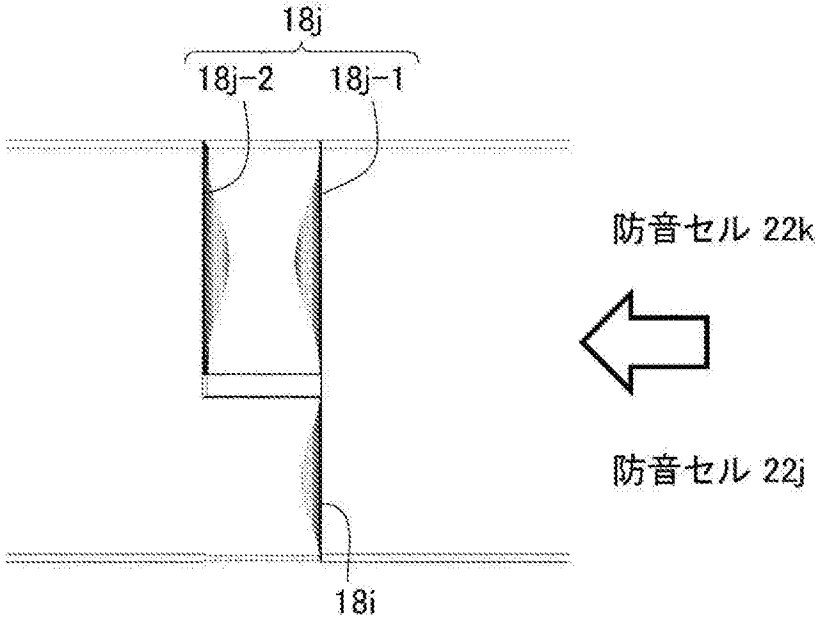
[図28]



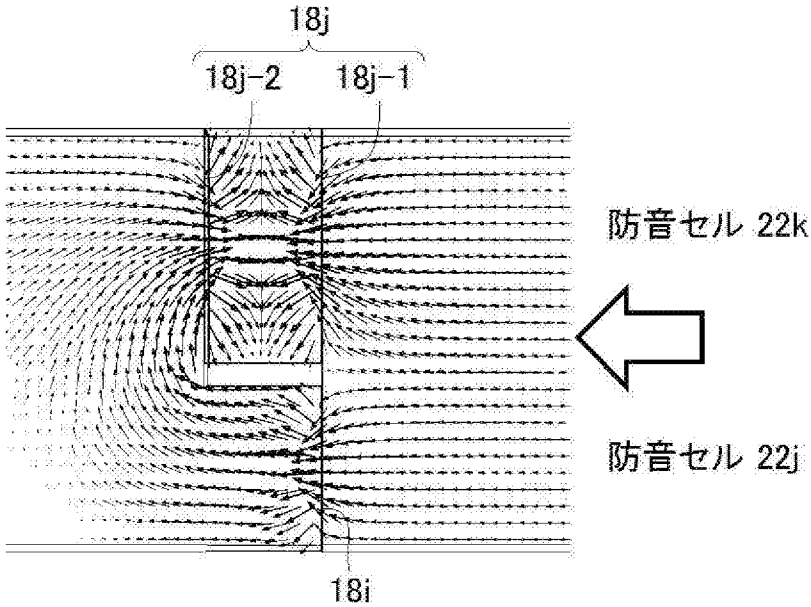
[図29]



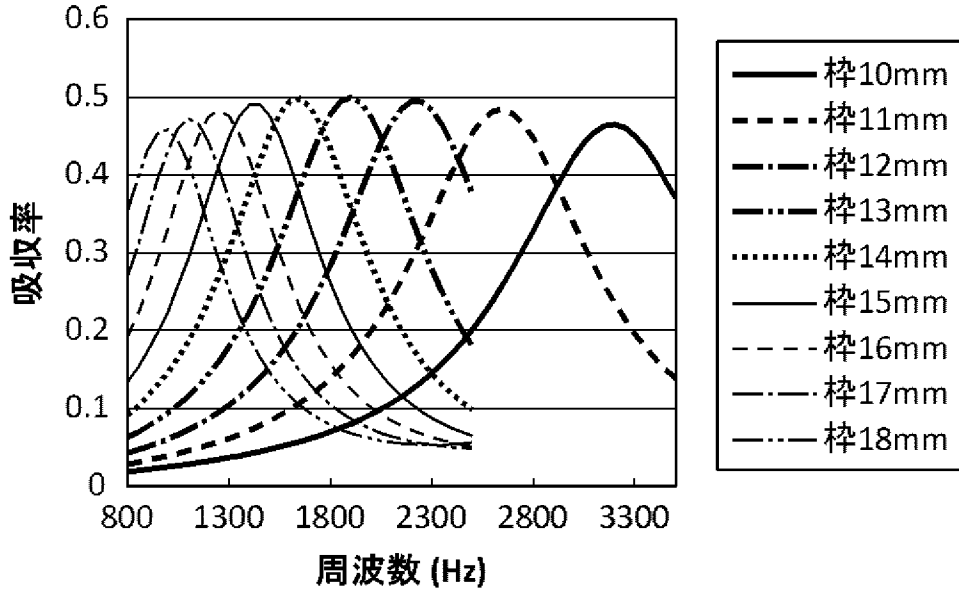
[図30]



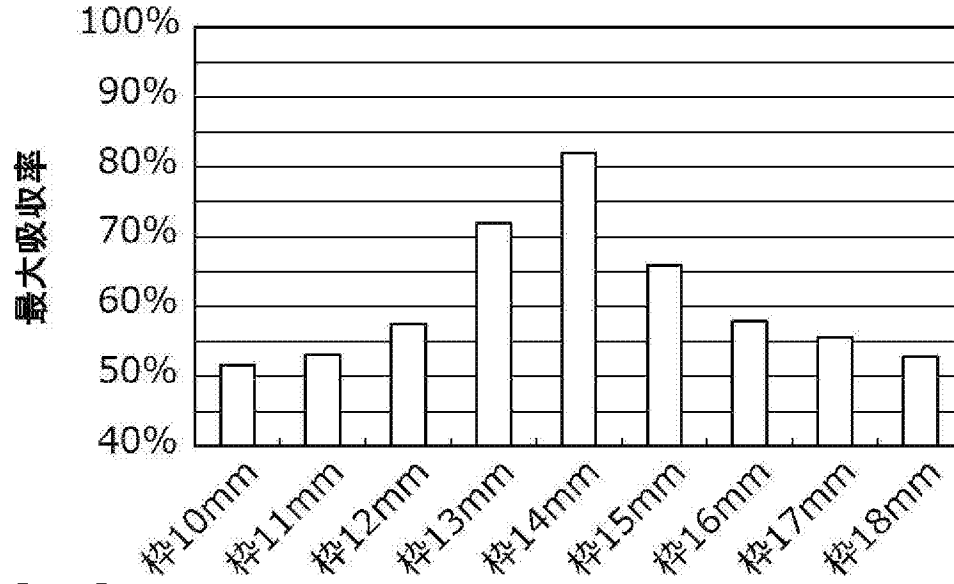
[図31]



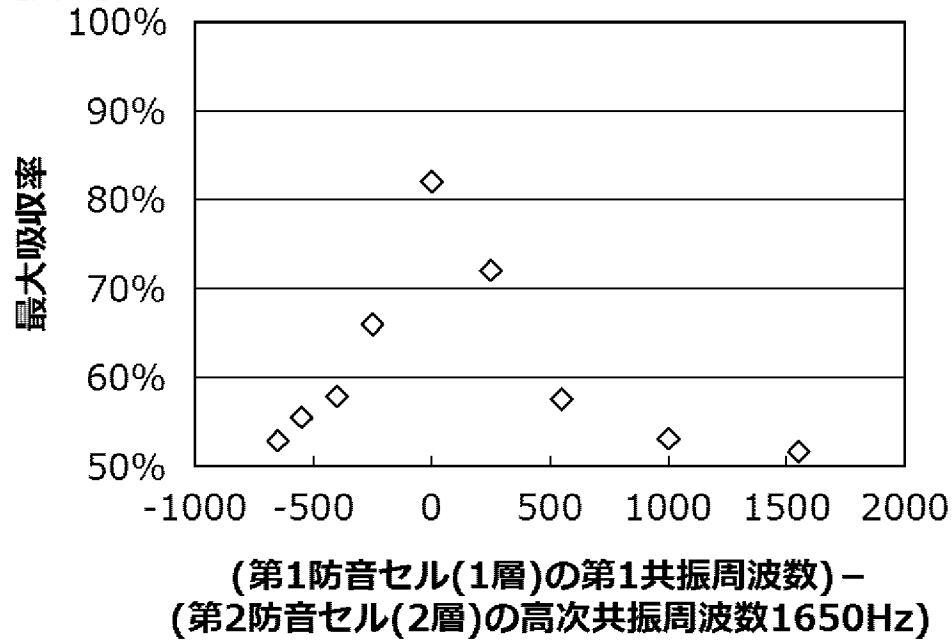
[図32]



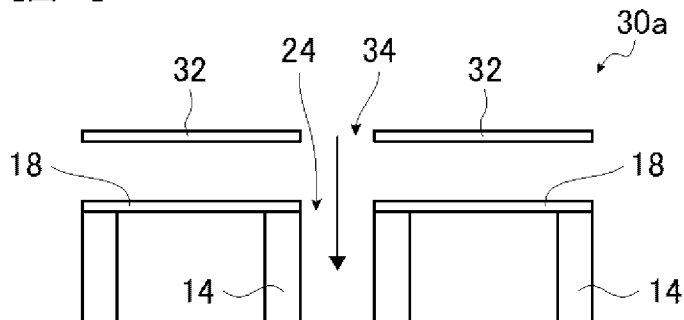
[図33]



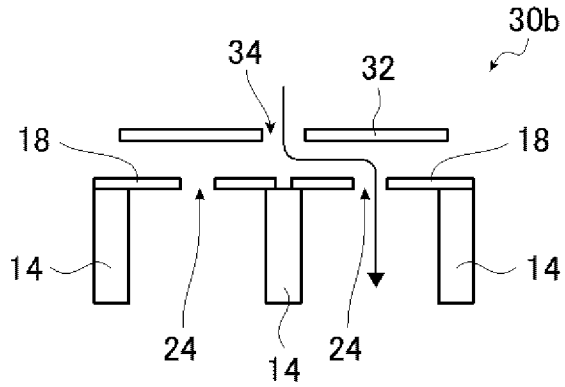
[図34]



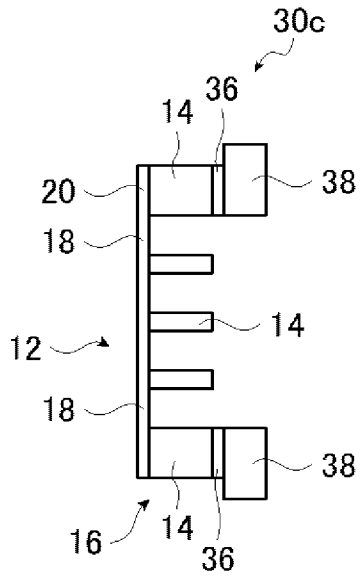
[図35]



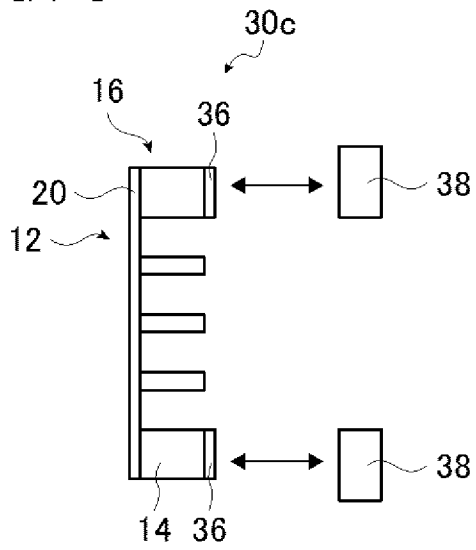
[図36]



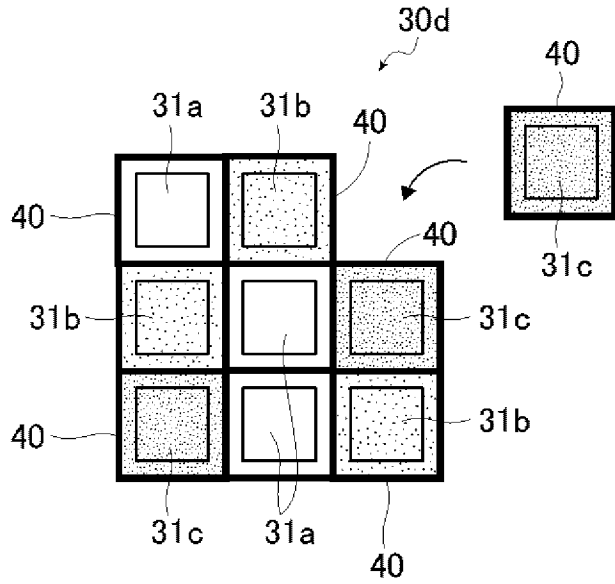
[図37]



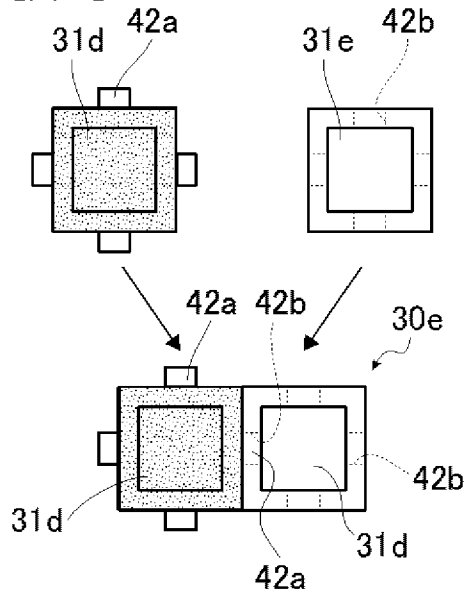
[図38]



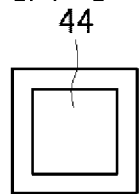
[図39]



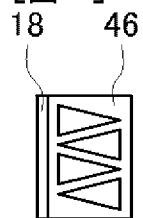
[図40]



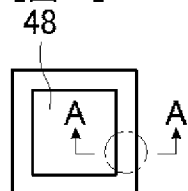
[図41]



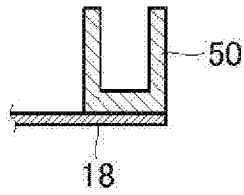
[図42]



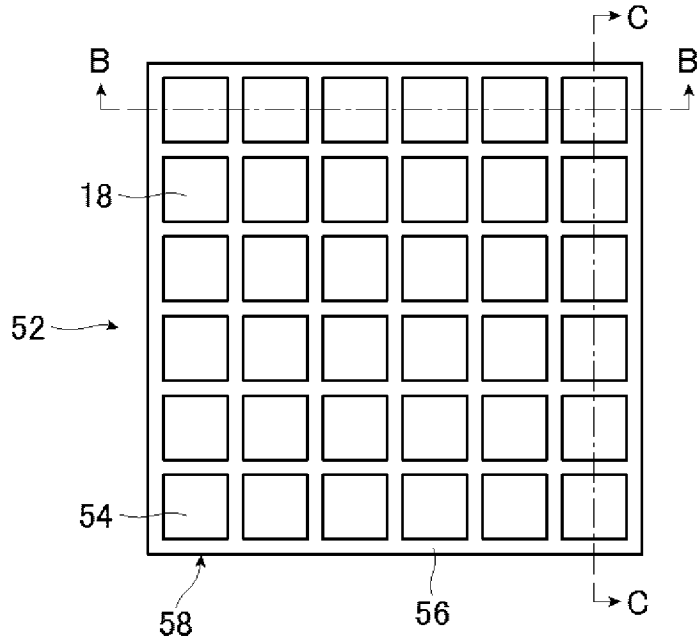
[図43]



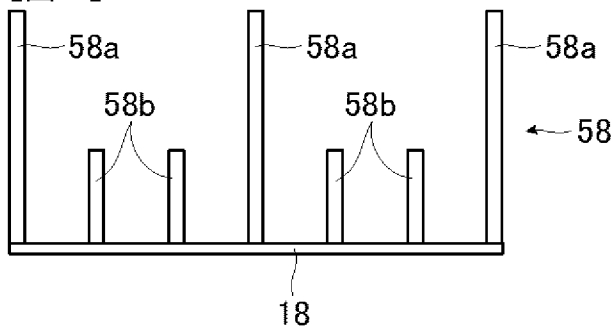
[図44]



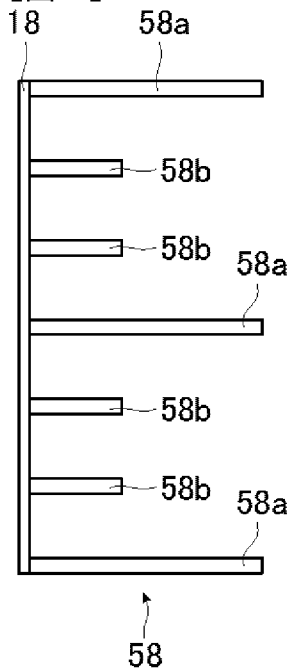
[図45]



[図46]



[図47]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2016/068392

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G10K11/16(2006.01)i, G10K11/162(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G10K11/16, G10K11/162

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 2009-139555 A (Yamaha Corp.), 25 June 2009 (25.06.2009), paragraphs [0016] to [0020]; fig. 1 to 4 (Family: none)	1-3, 5-7, 9, 11 8, 10, 12-14, 17 4, 15, 16, 18
Y	JP 8-50489 A (Nissan Motor Co., Ltd.), 20 February 1996 (20.02.1996), paragraphs [0018], [0026] to [0031], [0037]; fig. 1, 2 (Family: none)	8, 10, 12-14, 17
Y	JP 2009-139556 A (Yamaha Corp.), 25 June 2009 (25.06.2009), paragraphs [0012] to [0023]; fig. 1 to 5 (Family: none)	12-14, 17

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 05 September 2016 (05.09.16)	Date of mailing of the international search report 13 September 2016 (13.09.16)
---	--

Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.
--	---

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. G10K11/16(2006.01)i, G10K11/162(2006.01)i										
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. G10K11/16, G10K11/162										
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの <table style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width:30%;">日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2016年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2016年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2016年</td> </tr> </table>			日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2016年	日本国実用新案登録公報	1996-2016年	日本国登録実用新案公報	1994-2016年
日本国実用新案公報	1922-1996年									
日本国公開実用新案公報	1971-2016年									
日本国実用新案登録公報	1996-2016年									
日本国登録実用新案公報	1994-2016年									
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)										
C. 関連すると認められる文献										
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号								
X Y A Y Y	JP 2009-139555 A (ヤマハ株式会社) 2009.06.25, 段落【0016】 - 【0020】, 第1-4図 (ファミリーなし) JP 8-50489 A (日産自動車株式会社) 1996.02.20, 段落【0018】, 【0026】 - 【0031】, 【0037】, 第1,2図 (ファミリーなし) JP 2009-139556 A (ヤマハ株式会社) 2009.06.25, 段落【0012】 - 【0023】, 第1-5図 (ファミリーなし)	1-3, 5-7, 9, 11 8, 10, 12-14, 17 4, 15, 16, 18 8, 10, 12-14, 17 12-14, 17								
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。										
<table style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width:50%; vertical-align: top;"> * 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願 </td> <td style="width:50%; vertical-align: top;"> の日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献 </td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	の日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献						
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	の日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献									
国際調査を完了した日 05.09.2016	国際調査報告の発送日 13.09.2016									
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 渡邊 正宏 電話番号 03-3581-1101 内線 3591	5Z 4546								