

(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
2020年8月20日(20.08.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/165621 A1

- (51) 国際特許分類:
G10K 11/16 (2006.01) *G10K 11/172* (2006.01)
G10K 11/168 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/IB2019/000198
- (22) 国際出願日: 2019年2月13日(13.02.2019)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 日産自動車株式会社(NISSAN MOTOR CO., LTD.) [JP/JP]; 〒221-0023 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 Kanagawa (JP). ルノー エス. ア. エス.(RENAULT S.A.S.) [FR/FR]; 〒92100 ブローニュ・ビヤンクール ケルガロ13-15 Boulogne-Billancourt (FR).
- (72) 発明者: 堀部 哲史 (HORIBE, Norifumi); 〒243-0123 神奈川県厚木市森の里青山1-1 日産自動車株式会社 知的財産部内 Kanagawa (JP). 三浦進(MIURA, Susumu); 〒243-0123 神奈川県厚木市森の里青山1-1 日産自動車株式会社 知的財産部内 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 八田国際特許業務法人, 外(HATTA & ASSOCIATES et al.); 〒102-0084 東京都千代田区二番町11番地9 ダイアパレス二番町 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, DJ, DK, DM, DO,

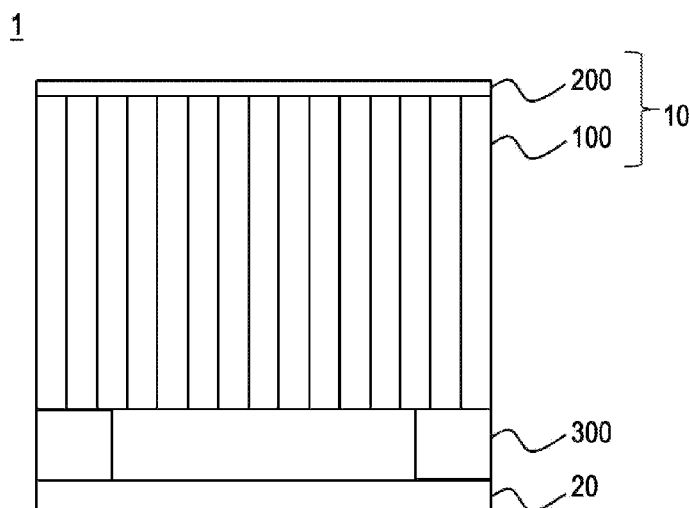
(54) Title: SOUNDPROOFING STRUCTURE

(54) 発明の名称: 防音構造体

[数式1]

$$\frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} > 900 \text{ [Hz]}$$

[図1]



(57) Abstract: [Problem] To provide a means that can suppress decreases in the soundproofing performance of a soundproofing material that exhibits high soundproofing performance across a broad range of frequency bands of 2000Hz and below. [Solution] A soundproofing material comprising an elastic sheet and a support part that holds the sheet and divides the sheet into compartments, wherein the sheet rigidity (k) and the sheet surface density (m) of the compartments satisfies the relationship in formula 1. A soundproofing structure is formed by arranging said soundproofing material on a

[続葉有]

DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, 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.

- (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))

substrate, and, when doing so, further arranging a vibration isolation layer between the soundproofing material and the substrate. [formula 1]

(57) 要約: 【課題】 2000Hz以下の周波数域の広い範囲にわたって高い防音性能を発揮しうる防音材の防音性能の低下を抑制しうる手段を提供する。 【解決手段】 弾性を有するシートと、前記シートを保持するとともに前記シートを区画部に区画する支持部とを備える防音材において、前記区画部における前記シートの剛性 (k)および前記シートの面密度 (m)が、下記数式1の関係を満足するように構成する。そして、前記防音材を基板上に配置し、この際、前記防音材と前記基板との間に振動分離層をさらに配置して防音構造体を構成する。

明 細 書

発明の名称： 防音構造体

技術分野

[0001] 本発明は、防音構造体に関する。

背景技術

[0002] 自動車内には多くの音源がある。車内および車外における騒音からの静粛性が要求されることから、自動車には様々な防音対策が施されている。特に、エンジンやトランスミッション、駆動系のような大きな音を発生する部分（固有音源）については、発生源に近い位置で防音対策が必要である。このため、これらの音源に対しては吸遮音性能に優れる専用の防音カバーが使用されている。ここで、相次ぐ法改正による車外騒音レベル規制の強化や、車内騒音の静粛化が車の価値（高級感）に直結する点も相俟って、自動車における低騒音化部品の要求は非常に高い。特に、2013年度に欧州連合（EU）において導入された車外騒音規制は、最終的に従来規制値に対して－3 dB（音圧エネルギーとして1／2に低減が必要）と厳しいものとなっている。これにはエンジンルーム内の主騒音発生源としてのエンジン本体およびトランスミッション等固有音源への騒音低減対策が不可欠である。これまで、エンジン上面側のエンジントップカバー等の様々な防音部品が使用されているが、さらなる性能の向上が求められている。また、低燃費化の観点から、防音対策は軽量化の要請にも応えられるものであることが好ましい。

[0003] 防音を狙った防音構造体の構成は種々知られているが、なかでも「音響メタマテリアル」と称される材料がある。「音響メタマテリアル」とは、自然界に存在する物質が通常示さないような音響的性質を示すように設計された人工媒質である。従来、所望の防音効果を示す音響メタマテリアルの開発が鋭意行われており、各種の提案がなされている。

[0004] ここで、均質な材料からなる一重壁にある周波数の音波が垂直に入射したときの当該一重壁による透過損失（TL；Transmission Loss）の値は、上記

周波数（ f ）および上記一重壁の面密度（ m ）を用いて、 $TL \div 20 \log_{10} (m \cdot f) - 43$ [dB] と算出されることが知られている（質量則）。すなわち一般に、防音材料が軽量であるほど、また、音波の周波数が小さいほど、透過損失（ TL ）は小さくなり、防音性能が低下することとなる。例えば 500 Hz の音波の場合、 20 dB の STL を達成するには、コンクリート壁では 12 cm 、ウレタンフォーム遮音材では 35 cm 超ものサイズが必要となる。

[0005] このような状況に鑑み、例えば Ni Sui et al., Applied Physics Letters 106, 171905 (2015) では、連続的に形成された複数の筒状セルを有するアラミド繊維シート製ハニカムによってラテックスゴム製の膜が気密に支持されてなる格子状構造体からなる音響メタ材料が提案されている。ここで、Ni Sui et al., Applied Physics Letters 106, 171905 (2015) に開示されている格子状構造体においては、ラテックスゴム製の膜が複数の筒状セルによって正六角形（一辺の長さが 3.65 mm ）の形状を有する区画部に区画されている。

[0006] Ni Sui et al., Applied Physics Letters 106, 171905 (2015) によれば、このような音響メタ材料を用いることで、軽量でも特に低周波数の音波に対する防音性能に優れた材料を提供できるとされており、実験によって 500 Hz 未満の周波数の音波については 25 dB を超える STL を達成可能であることも開示されている。

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] しかしながら、Ni Sui et al., Applied Physics Letters 106, 171905 (2015) に記載されているような上記音響メタ材料を防音材として用いた場合には、 2000 Hz 以下の周波数域の広い範囲にわたって十分な防音性能を発揮することができるわけではないことが本発明者らの検討により判明した。

[0008] そこで本発明者らは、 2000 Hz 以下の周波数域の広い範囲にわたって

高い防音性能を発揮することを可能とする手段を提供することを目的として検討を行った。その結果、Ni Sui et al., Applied Physics Letters 106, 171905 (2015)に開示されているような、弾性を有するシートと、当該シートを支持するとともに当該シートを区画部に区画する支持部とを有する防音材（音響メタマテリアル）において、当該区画部を構成するシートの面剛性および面密度が所定の関係を満足するように制御することによって2000 Hz以下（特に400～1000 Hz）の周波数域の広い範囲にわたって高い防音性能が発揮されうることを見出し、その発明について特許出願を行っている（PCT/JP2018/028326）。

[0009] ここで、上述したような防音材（音響メタマテリアル）を車両等に適用する際には、当該防音材を配置するための基板と積層することが一般的である。しかしながら、本発明者らがさらに検討したところによれば、防音材の使用時における適用形態によっては、上記防音材が有する防音性能が十分に発揮されない場合があることが判明した。

[0010] そこで本発明は、2000 Hz以下の周波数域の広い範囲にわたって高い防音性能を発揮しうる防音材の防音性能の低下を抑制しうる手段を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0011] 本発明者らは、上記課題に鑑み鋭意検討を行った。その結果、上述したような防音材（音響メタマテリアル）において、区画部を構成するシートの面剛性および面密度が所定の関係を満足するように制御するとともに、当該防音材と基板との間に振動分離層をさらに配置することで、防音性能の低下を抑制することが可能であることを見出し、本発明を完成させるに至った。

[0012] すなわち、本発明の一形態によれば、基板と、前記基板上に配置された防音材と、前記防音材と前記基板との間に配置された振動分離層とを有する防音構造体が提供される。ここで、前記防音材は、弾性を有するシートと、前記シートを支持するとともに前記シートを区画部に区画する支持部とを備える。そして、当該防音材は、上記区画部におけるシートの面剛性（ k ）およ

び面密度（ m ）が下記数式 1 の関係を満足する点に特徴を有している。

[0013] [数1]

[数式 1]

$$\frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} > 900 \text{ [Hz]}$$

図面の簡単な説明

[0014] [図1]本発明の一実施形態に係る防音構造体の外観を示す側面図である。

[図2]本発明の一実施形態に係る防音材の外観を示す斜視図である。

[図3]本発明の一実施形態に係る防音材の上面図である。

[図4]本発明の一実施形態に係る防音材を構成する筒状セルの断面形状およびそのサイズを説明するための拡大断面図である。

[図5]本発明に係る防音材の防音性能（透過損失@500Hz）を、従来公知の防音材における性能トレンドと対比して説明するためのグラフである。

[図6]防音材の面密度を大きくした場合における質量則に従った防音性能（透過損失）の変化を説明するためのグラフである。

[図7]本発明に係る防音材の防音性能（透過損失）を、ハニカム構造を有する格子状構造体（支持部）のみからなる防音材、一重壁のみからなる防音材、および鉄板からなる防音材と対比して説明するためのグラフである。

[図8]剛性則に従う防音性能について説明するための図である。

[図9]本発明に係る防音材の防音性能に質量則（図5）および剛性則（図7）の双方が関与していると仮定した場合のモデル式を、透過損失の実測値と対比して示すグラフである。

[図10]本発明の他の実施形態に係る防音構造体の外観を示す側面図である。

[図11]後述する実施例の欄において防音性能を評価するのに用いた測定系（遮音ボックスおよびマイク）の配置を説明するための写真である。

[図12]後述する実施例の欄において作製した防音材について挿入損失を測定した結果を示すグラフである。図12は、比較例1-1～1-5および実施例1-1～1-2についての結果を示すグラフである。

[図13]後述する実施例の欄において作製した防音材について挿入損失を測定した結果を示すグラフである。図13は、比較例2-1～2-5および実施例2-1～2-2についての結果を示すグラフである。

[図14]後述する実施例の欄において作製した防音材について挿入損失を測定した結果を示すグラフである。図14は、比較例3-1～3-5および実施例3-1～3-2についての結果を示すグラフである。

[図15]後述する実施例の欄において作製した防音材について挿入損失を測定した結果を示すグラフである。図15は、比較例4-1～4-2および実施例4-1～4-4についての結果を示すグラフである。

[図16]後述する実施例の欄において作製した防音材について挿入損失を測定した結果を示すグラフである。図16は、比較例5-1～5-2および実施例5-1～5-4についての結果を示すグラフである。

[図17]後述する実施例の欄において作製した防音材について挿入損失を測定した結果を示すグラフである。図17は、比較例6-1～6-2および実施例6-1～6-3についての結果を示すグラフである。

[図18]後述する実施例の欄において作製した防音材について挿入損失を測定した結果を示すグラフである。図18は、比較例7-1～7-2および実施例7-1についての結果を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0015] 本発明の一形態は、基板と、前記基板上に配置された防音材とを有し、前記防音材が、弾性を有するシートと、前記シートを支持するとともに前記シートを区画部に区画する支持部とを備え、前記区画部における前記シートの面剛性（ k ）および前記シートの面密度（ m ）が、下記数式1の関係を満足し、かつ、前記防音材と前記基板との間に振動分離層をさらに有する、防音構造体である。

[0016]

[数2]

[数式1]

$$\frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} > 900 \text{ [Hz]}$$

[0017] 数式1における面剛性（k）および面密度（m）の算出方法については、後述する。

[0018] 以下、図面を参照しながら、本発明の実施形態を説明するが、本発明の技術的範囲は特許請求の範囲の記載に基づいて定められるべきであり、以下の形態のみに制限されない。なお、図面の寸法比率は、説明の都合上誇張されており、実際の比率とは異なる場合がある。本明細書において、範囲を示す「X～Y」は「X以上Y以下」を意味する。また、特記しない限り、操作および物性等の測定は室温（20～25℃）／相対湿度40～50％の条件で行う。

[0019] 図1は、本発明の一実施形態に係る防音構造体の外観を示す側面図である。図2は、本発明の一実施形態に係る防音構造体を構成する防音材の外観を示す斜視図である。図3は、本発明の一実施形態に係る防音構造体を構成する防音材の上面図である。図4は、本発明の一実施形態に係る防音構造体を構成する防音材の支持部の断面形状およびそのサイズを説明するための拡大断面図である。

[0020] 図1に示すように、本発明の一実施形態に係る防音構造体1は、防音材10と、基板20とを有する。図1および図2に示すように、本発明の一実施形態に係る防音材10は、連続的（規則的）に配列された筒状セルから構成される格子状構造体100（支持部）と、弾性を有するラテックスゴムから構成されるラテックスゴムシート200とを備えている。このラテックスゴムシート200は、格子状構造体100の両側の開口部のうち一方の側を塞ぐように当該格子状構造体100に気密に接合されており、シート状基材として機能する。なお、本実施形態におけるラテックスゴムシート200の厚さは0.25mm（250μm）である。一方、本実施形態において、格子

状構造体 100 は、ポリ塩化ビニル樹脂から構成されている。そして、格子状構造体 100 は、連続的（規則的）に形成された多数の筒状セル 110 を有している。

[0021] また、図 1 に示すように、本実施形態に係る防音構造体 1 においては、防音材 10 を構成する格子状構造体 100（支持部）の開口断面（ラテックスゴムシート 200 が配置されている側とは反対側の面）が基板に対向するように、防音材 10 が基板 20 上に配置されている。そして、防音材 10 と基板 20 との間には、アクリル板 300 が配置されている。このアクリル板は、矩形状の防音材および基板の積層方向から見て正方形形状を有し、防音材と基板との間の領域の四隅に配置されており、振動分離層として機能するものである。ここで、本明細書において、「振動分離層」とは、防音材と基板との間に配置されて防音材の振動と基板の振動とを分離し、これらの振動が互いに干渉することを抑制する層を意味する。このような機能を有する振動分離層が防音材と基板との間に配置されていることで、これらの振動が互いに干渉しにくくなる。その結果、防音材（特に、これを構成する弾性を有するシート）が十分に振動することができ、防音効果を十分に発揮することが可能となる。

[0022] なお、図 2 および図 3 に示すように、本実施形態に係る防音材 10 において、格子状構造体 100 の延在方向に垂直な断面（図 3 の紙面）における筒状セル 110 の断面形状は正六角形である。すなわち、格子状構造体 100 はいわゆるハニカム構造を有している。これにより、本実施形態に係る格子状構造体 100 は、シート状基材としてのラテックスゴムシート 200 を支持するとともに、ラテックスゴムシート 200 を複数の（図 2 および図 3 では多数の）区画部に区画している。そして、当該複数の区画部は、同一の外郭形状を有する当該複数の区画部が規則的に配列されてなる規則配列構造を構成している。

[0023] また、ハニカム構造を構成する 1 つの筒状セル（図 4 に示す 110 a）のセルサイズ（断面形状の正六角形における対向する平行な辺の距離；図 4 に

示す距離 w)は4 mmである。このような構成とすることにより、非常に簡単な構成で優れた遮音性能を実現することができる。さらに、図4に示すように、格子状構造体100は、周囲に壁を有する多数の筒状セル110が連結されることにより構成されているとみなすことができる。本実施形態において、この筒状セルの壁の厚さ(図4に示す距離 t)は0.07 mm(70 μ m)である。なお、格子状構造体(筒状セル)の延在方向の高さ(図2に示す距離 h)は25 mmであり、高さが均一な単一の構造体から構成されている。

[0024] 上述したように、図2および図3に示すような構成を有する防音材は、非常に簡単な構成で優れた防音性能を実現することができる。特に、軽量かつ簡便な構成であるにもかかわらず2000 Hz以下の周波数域の広い範囲にわたって高い防音性能を発揮することができるという従来の技術では達成し得なかった特性を発現することができる。

[0025] 本発明者らは、上述した実施形態のような防音材がこのように優れた防音性能を示すメカニズムについて精力的に検討を進めた。その結果、車両等に従来適用されていた防音材とは異なるメカニズムが関与していることを突き止め、本発明を完成させるに至った。そして、最終的に見出されたメカニズムは、車両等に適用される防音材に関する従来の常識を覆すものであった。以下、本実施形態に係る防音材が優れた防音性能を発揮するメカニズムと、本発明者らによって解明された当該メカニズムに基づき完成された本願発明の構成について、順を追って説明する。

[0026] まず、本発明に係る防音材の防音性能(@500 Hz)を、従来公知の防音材における性能トレンドと対比する形で図5に示す。図5に示すように、従来公知の防音材では、構成材料の密度が大きくなるにつれて防音性能(透過損失)が向上するという性能トレンドが存在していた。このような従来公知の防音材における性能トレンドは「質量則」として知られているものである。この質量則に従う防音材における透過損失の理論値(TL)は、対象とする音波の周波数(f)および防音材の面密度(m ; 単位面積当たりの質量

）を用いて、下記数式 2 に従って算出される。

[0027] [数3]

[数式 2]

$$TL [dB] \approx 20 \log_{10}(m \cdot f) - 43$$

[0028] このため、防音材の面密度を大きくすれば防音性能（透過損失（TL））を向上できるが、その一方で、防音性能を向上させるには防音材の面密度を大きくせざるを得ない、というのが質量則に基づく従来技術における常識であった（図 6）。言い換えれば、2000 Hz 以下の周波数域の広い範囲にわたって高い防音性能を発揮する防音材を軽量の材料から構成することは不可能であると信じられていたのである。これに対し、本発明に係る防音材は、この性能トレンドから大きく外れるようにして優れた防音性能を示す（すなわち、低密度（軽量）でも相対的に高い防音性能を示す）ものである（図 7）。

[0029] より詳細に説明すると、図 7 に示すように、ハニカム構造を有する格子状構造体（支持部）のみでは防音性能はまったく発揮されない。また、一重壁からなる防音材の場合、弾性を有するシート（ゴム膜）のみでは質量則に従った防音性能（高周波数域では透過損失が増大するものの低周波数域では透過損失が低減する）が発揮されるに留まる。したがって、低周波数域（特に 2000 Hz 以下の領域）での防音性能を発揮させるためには、例えば鉄板のように面密度が非常に大きい（つまり、重い）材料を用いる必要があった。これに対し、上述したような構成を有する本発明に係る防音材は、高周波数域においては質量則に沿った防音性能を発揮し、周波数の減少に伴って透過損失の値も減少する。一方、本発明に係る防音材は軽量であるにもかかわらず、ある周波数（共振周波数）を境に低周波数域（特に 2000 Hz 以下の領域）側においても優れた防音性能を発揮することができる。

[0030] このような低周波数域における防音性能の著しい向上は、質量則によっては説明することができない。そこで、本発明者らは、従来の技術からは説明のつかないこのような現象を説明するためのモデルとして、種々のパターン

について鋭意検討を行った。その過程で、本発明者らは、驚くべきことに、低周波数域における防音性能が、質量則とは異なる遮音原理である「剛性則」に従って発揮されていることを発見した。以下、この点について説明する。

[0031] 剛性則に従う防音材における透過損失の理論値（TL）は、対象とする音波の周波数（ f ）、防音材の面密度（ m ；単位面積当たりの質量）および防音材の面剛性（ K ）を用いて、下記数式3に従って算出される。なお、面剛性（ K ）は、支持部（格子状構造体）によって区画されたシートの区画部の1つを、質量 m のマスをも有し、音波の入射に対して振動するマスバネモデルに近似したときのバネ定数であり、 K が大きいほど入力に対する変形しにくさが大きいことに相当する。

[0032] [数4]

[数式3]

$$TL [dB] \cong 20 \log_{10} \left(4\pi^2 \cdot m \cdot f - \frac{K}{f} \right) - 43$$

[0033] そして、この式をTLが極小値をとる条件で周波数（ f ）について解くと、共振周波数（ f_0 ）の値は、下記数式4のように表される（図8）。

[0034] [数5]

[数式4]

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{m}}$$

[0035] このことに基づき、本発明者らは、質量則（図6）および剛性則（図8）の双方が防音性能の発現に関与していると仮定した場合のモデル式の作成を試みた。そして、このモデル式が実際に測定された透過損失（TL）の結果と整合することを確認し、本形態に係る防音材による防音性能の発揮メカニズムには質量則および剛性則の双方が関与していることを検証するに至ったのである（図9）。

[0036] 本形態に係る防音材による防音性能の発揮メカニズムにおいて、質量則のみならず剛性則も関与している理由については完全には明らかとはなってい

ないが、弾性を有するシートの区画部はそれぞれ、支持部（筒状セルを有する格子状構造体）によって区画されていることによりシートの剛性が向上している（すなわち、振動しにくくなっている）と考えられる。したがって、本発明者らは、上述したマスバネモデルによる近似によって、メカニズムがうまく説明されうるのではないかと推測している。

[0037] 以上のようなメカニズムを前提として、本発明者らは、防音材の防音特性の設計に必要な要素についてさらに検討を進めた。その過程で、本発明者らは、弾性を有するシートの区画部のそれぞれを面積が等しくなる半径 a の円板で近似し、荷重 p が入力されたときの当該区画部の面剛性（ k ；本明細書では、本近似に従う場合の面剛性の値を小文字の k で表すものとする）を、当該円板が周辺固定・等分布荷重モードで振動するときの平均たわみ（ w_{ave} ）を用いて下記数式 5 のように算出した。本明細書では、この k の値が数式 1 において用いられるのである。

[0038] [数6]

[数式 5]

$$k = \frac{p}{w_{ave}} = \frac{16}{(1 - \nu^2)} \frac{E \cdot h^3}{a^4}$$

[0039] なお、数式 5 において、 ν は区画部におけるシートのポアソン比であり、 E は区画部におけるシートのヤング率 [$P a$] であり、 h は区画部におけるシートの膜厚 [m] である。また、区画部を円板に近似した際の半径 a は、区画部の面積等価円半径 [m] である。一例として、区画部が 1 辺の長さが l （エル）の六角形である場合、当該区画部（六角形）の面積 S_{hex} は、下記数式 6 のように算出される。

[0040] [数7]

[数式 6]

$$S_{hex} = \frac{3\sqrt{3}}{2} l^2$$

[0041] そうすると、この区画部（六角形）の等価円半径 a_{eq} （区画部（六角形）の面積と等しい面積を有する円の半径）は、下記数式 7 のように算出される

。

[0042] [数8]

[数式7]

$$a_{eq} = \sqrt{\frac{3\sqrt{3}}{2\pi}} l \approx 0.909l$$

[0043] そして、このようにして算出された面剛性（ k ）の値を、上述した数式4における面剛性（ K ）の値として採用すると、共振周波数（ f_0 ）の値は、下記数式8のように表すことができる。

[0044] [数9]

[数式8]

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{m(1-v^2)} \frac{16}{a^4} \frac{E \cdot h^3}{a^4}}$$

[0045] なお、区画部におけるシートの面密度（ m ）は、下記数式9のように表すことができる。

[0046] [数10]

[数式9]

$$m = \rho \cdot h$$

[0047] 数式3において、 ρ は前記区画部におけるシートの密度 [kg/m^3] であり、 h は前記区画部におけるシートの膜厚 [m] である。

[0048] このため、数式8と数式9とから、共振周波数（ f_0 ）の値は、区画部におけるシートの密度（ ρ ；単位体積当たりの質量； kg/m^3 ）の値と、上述した区画部におけるシートの膜厚 [m] の値を用いて、下記数式10のように表すことができる。このことは、区画部のサイズや形状、区画部におけるシートの材質および膜厚を種々変更することにより、防音材が示す共振周波数（ f_0 ）の値を制御可能であることを意味する。

[0049] [数11]

[数式10]

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{m(1-v^2)} \frac{16}{a^4} \frac{E \cdot h^3}{a^4}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{16}{(1-v^2) \cdot \rho} \frac{E \cdot h^2}{a^4}}$$

[0050] 上述したように、本発明が解決しようとする課題は、2000Hz以下の周波数域の広い範囲にわたって高い防音性能を発揮しうる防音材を提供するというものである。そして、図8および図9に示すように、共振周波数（ f_0 ）を境にして、周波数が小さくなるほど剛性則に従う防音性能（透過損失の値）は優れたものとなる。したがって、本発明者らは、共振周波数（ f_0 ）をある程度以上の値に設定することで、2000Hz以下の周波数域の音に対する防音性能を向上させることができるのではないかと考えた。そして、この考えのもと、上述した数式10に従い、弾性を有するシートと、前記シートを支持するとともに前記シートを区画部に区画する支持部とを備える防音材において、区画部のサイズや形状、区画部におけるシートの材質および膜厚を種々変更することにより、異なる共振周波数（ f_0 ）を有する防音材を多数作製し、そのそれぞれについて（特に2000Hz以下の周波数域における）防音性能を評価した。その結果、上記区画部におけるシートの面剛性（ k ；上記数式5により算出される）およびシートの面密度（ m ；上記数式9により算出される）が下記数式1の関係を満足することで、特に2000Hz以下の周波数域においても優れた防音性能を発揮しうることを確認した。下記数式1は、上述した近似に基づき算出される共振周波数（ f_0 ）が900[Hz]よりも大きいことを意味している。

[0051] [数12]

[数式1]

$$\frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} > 900 [\text{Hz}]$$

[0052] ここで、数式1における左辺の値の形態は特に制限されず、防音材に対して防音性能を発揮させたい周波数領域に応じて適宜設定することができる。一般に、数式1における左辺の値を大きくするほど共振周波数は高周波数側にシフトすることから、このことを考慮して適宜設定すればよい。一例として、数式1における左辺の値は、好ましくは2000Hz以上であり、より好ましくは3000Hz以上であり、さらに好ましくは4000Hz以上で

あり、特に好ましくは5000Hz以上である。数式1における左辺の値は、例えば10000Hz以上であり、例えば50000Hz以上であり、例えば100000Hz以上である。なお、本発明に係る技術的思想の範囲内で防音性能を発揮する防音材において、数式1における左辺の値の上限値としては、好ましくは1000000Hz以下であり、より好ましくは800000Hz以下であり、さらに好ましくは600000Hz以下である。

[0053] ところで、非特許文献1に開示された技術においては、セルサイズが大きすぎる結果、弾性を有するシートの面剛性が小さくなり、 $(k/m)^{1/2}/2\pi$ の値が900Hz以上とはならないため、特に2000Hz以下の周波数域において優れた防音性能を発揮することができないと考えられる。

[0054] また、従来、複数のセルが並設されてなるコア層と、当該コア層の両面に配置されたスキン層とからなる樹脂構造体が種々の用途で提案されており、当該樹脂構造体に吸音性や遮音性を持たせることも試みられている。しかしながら、このような樹脂構造体に吸音性や遮音性を持たせることを意図している従来の技術は、コア層を構成するセルの内外を連通させる連通孔をスキン層に設けることを前提としている。そして、このようにスキン層に連通孔が設けられている場合もまた、やはり弾性を有するシートの面剛性を十分に確保することができない。その結果、 $(k/m)^{1/2}/2\pi$ の値が900Hz以上とはならないため、特に2000Hz以下の周波数域において優れた防音性能を発揮することはできない。一方、上記と同様の構造を有する樹脂構造体において、上述したような連通孔をスキン層に設けることを前提としない技術も従来提案されているが、これらの技術は吸音や遮音、防音などに関するものではない。これらの技術の中には、例えば、曲げ剛性や曲げ強度といった機械的強度を向上させることを目的として、容器、棚、パレット、パネル等の剛性が求められる用途への適用を意図したものがある。さらに、同様の樹脂構造体を用いる別の提案では、スキン層に当該スキン層の弾性率を低下させるための耐衝撃性改良材を必須に含有させることとされていることから、当該スキン層は本願発明における「弾性を有するシート」には該

当しない可能性が高い。また、同様の樹脂構造体を用いるさらに別の提案では、厚みが0.05～数mm程度の金属部材をスキン層として配置することとしており、やはり剛性が高い材料がスキン層に用いられている。このため、スキン層に連通孔を設けない樹脂構造体に関する従来技術においては、本願発明における面剛性の値が大きくなりすぎる結果、 $(k/m)^{1/2}/2\pi$ の値が測定できない程度に大きい（高周波数側の）値になるものと考えられる。

[0055] 以下、防音材10の構成要素について、より詳細に説明する。

[0056] （弾性を有するシート）

弾性を有するシート（図1および図2に示すラテックスゴムシート200に相当）の構成材料について特に制限はなく、弾性を有する材料であれば種々の材料が用いられうる。本明細書において、ある材料が「弾性を有する」とは、ヤング率の値が0.001～70[GPa]の範囲内の値である材料から構成されていることを意味する。なお、ヤング率の値は、樹脂についてはJIS K7161-1（2014年）により測定されうる。また、金属のヤング率についてはJIS Z2241（2011年）により測定されうる。そして、ゴムのヤング率についてはJIS Z6251（2010年）により測定されうる。弾性を有するシートの構成材料としては、上述した実施形態において用いられているラテックスゴムのほか、クロロプレンゴム（CR）、スチレン・ブタジエンゴム（SBR）、エチレン・プロピレン・ジエンゴム（EPDM）、アクリロニトリル・ブタジエンゴム（NBR）などのゴム材料が同様に用いられうる。また、樹脂材料や金属材料、紙材料などが弾性を有するシートとして用いられてもよい。さらに、エアークッションなどの緩衝機能を有する材料もまた、用いられうる。これらの材料はいずれも、ゴム材料も含め、本形態に係る防音材の効果を発現できる程度に高い弾性を有するものである。樹脂材料としては、ポリエチレン（例えば、低密度ポリエチレン、高密度ポリエチレンなど）、ポリプロピレン等のポリオレフィン樹脂、ポリ塩化ビニル樹脂、アクリル樹脂、メタクリル樹脂、アクリロ

ニトリルーブタジエンスチレン樹脂、酢酸ビニル樹脂、エチレンー酢酸ビニル樹脂、スチレンーブタジエン樹脂等が例示される。また、熱硬化性樹脂としては、シリコーン樹脂、ウレタン樹脂、メラミン樹脂、熱硬化型アクリル樹脂、尿素樹脂、フェノール樹脂、レゾルシン樹脂、アルキルレゾルシン樹脂、エポキシ樹脂、熱硬化型ポリエステル等が用いられうる。なお、これらの樹脂を生成するウレタン樹脂プレポリマー、尿素樹脂プレポリマー（初期縮合体）、フェノール樹脂プレポリマー（初期縮合体）、ジアリルフタレートプレポリマー、アクリルオリゴマー、多価イソシアナート、メタクリルエステルモノマー、ジアリルフタレートモノマー等のプレポリマー、オリゴマー、モノマー等の樹脂前駆体が用いられてもよい。金属材料としては、銅、アルミニウムなどが挙げられる。弾性を有するシートの構成材料は上記のものに限定されず、その他の材料が用いられてももちろんよい。なお、弾性を有するシートの構成材料としてはゴム材料が好ましく、なかでもラテックスゴムまたはEPDMゴムがより好ましい。これらのゴム材料を弾性を有するシートの構成材料として用いることで、本発明に係る防音体による防音効果が好適に発現しうる。また、これらのゴム材料は軽量であるという点で、特に車両用途への適用を考慮すると、低燃費化への寄与も大きいため、特に好ましい材料であると言える。さらに、低コスト化の観点からは、ポリプロピレン等のポリオレフィン樹脂もまた、弾性を有するシートの構成材料として好ましいものである。

[0057] 弾性を有するシートの膜厚は、防音材の防音効果の観点から、好ましくは10～1000 μm であり、より好ましくは100～500 μm である。

[0058] （支持部（格子状構造体））

支持部は、上述した弾性を有するシートを支持するとともに当該シートを（気密的に区画された）区画部に区画するものである。このような機能を発現可能な構成を有するものであれば、支持部の具体的な構成について特に制限はない。図1～図3は多数の区画部が存在するように記載されているが、区画部は1つのみであっても本発明の範囲内のものである。

[0059] 支持部の構成材料について特に制限はなく、上述した実施形態において用いられているポリ塩化ビニル樹脂のほか、従来公知の熱可塑性樹脂または熱硬化性樹脂が用いられうる。また、金属材料やその他の材料が支持部の構成材料として用いられてもよい。これらの材料はいずれも、弾性を有するシートを保持してこれを区画部に区画するのに適した物性を有している。

[0060] 熱可塑性樹脂としては、ポリ塩化ビニル樹脂のほか、ポリエチレン（例えば、低密度ポリエチレン、高密度ポリエチレンなど）、ポリプロピレン等のポリオレフィン樹脂、アクリル樹脂、メタクリル樹脂、アクリロニトリルーブタジエンスチレン樹脂、酢酸ビニル樹脂、エチレンー酢酸ビニル樹脂、スチレンーブタジエン樹脂等が例示される。また、熱硬化性樹脂としては、ウレタン樹脂、メラミン樹脂、熱硬化型アクリル樹脂、尿素樹脂、フェノール樹脂、レゾルシン樹脂、アルキルレゾルシン樹脂、エポキシ樹脂、熱硬化型ポリエステル等が用いられうる。なお、これらの樹脂を生成するウレタン樹脂プレポリマー、尿素樹脂プレポリマー（初期縮合体）、フェノール樹脂プレポリマー（初期縮合体）、ジアリルフタレートプレポリマー、アクリルオリゴマー、多価イソシアナート、メタクリルエステルモノマー、ジアリルフタレートモノマー等のプレポリマー、オリゴマー、モノマー等の樹脂前駆体が用いられてもよい。なかでも、成形が容易であるという観点からは、熱可塑性樹脂が好ましく用いられ、特に塩化ビニル樹脂やポリオレフィン樹脂は軽量であって、かつ耐久性に優れ、安価であるという利点から、好ましい。

[0061] 上述したように、支持部は、連続的に形成された多数の筒状セルを有する格子状構造体であることが好ましい。この場合、支持部は、弾性を有するシートを複数の区画部に区画することとなる。そしてさらに、当該複数の区画部の少なくとも一部は、同一の外郭形状を有する複数の区画部が規則的に配列されてなる規則配列構造を構成するものであることがより好ましい。このような構成とすることにより、製造が容易で、かつ同一形状の多数の区画部の存在によって所望の周波数域の音波に対する防音性能を特異的に発現させ

ることができる。この際、防音性能をよりいっそう発揮させるという観点から、弾性を有するシートの面積に占める上記規則配列構造の面積の割合は、好ましくは80～100%であり、より好ましくは90～100%であり、さらに好ましくは95～100%であり、いっそう好ましくは98～100%であり、特に好ましくは99～100%であり、最も好ましくは100%である。なお、1つの上記シートに対して少なくとも1つの格子状構造体（支持部）が、複数の部材に分割されていてもよい。このような構成とすることにより、本形態に係る防音材は、全体として可撓性を有するものであることが好ましい。ただし、支持部が複数の部材に分割されていない形態であっても、防音材が全体として可撓性を有することは好ましい実施形態である。このように防音材が可撓性を有することで、種々の形状の音源に追従させた形で防音材を配置することが可能となるため、好ましい。

[0062] 上述した規則配列構造における区画部の外郭形状（格子状構造体の延在方向に垂直な断面における筒状セルの断面形状）は、図2～図4に示すような正六角形に限定されず、その他の形状であってもよい。同一の断面形状を有する正多角形を連続的に形成することによって多数の筒状セルを配置するのであれば、断面形状としては正六角形のほか、正四角形（正方形）、正三角形が採用されうる。これらの形状を採用することで、製造が容易でかつ優れた強度を示す支持体が提供されうる。なお、格子状構造体の断面を複数の正多角形が規則的に配置されたパターンとするのであれば、例えば、アルキメデスの平面充填法により、（正三角形4個、正六角形1個）、（正三角形3個、正四角形（正方形）2個）×2通り、（正三角形1個、正四角形（正方形）2個、正六角形1個）、（正三角形2個、正六角形2個）、（正三角形1個、正十二角形2個）、（正四角形（正方形）1個、正六角形1個、正十二角形1個）、（正四角形（正方形）1個、正八角形2個）のいずれかの組み合わせにより格子状構造体の断面が上記パターンを有するように構成することができる。なかでも、単位質量あたりの圧潰強度が最大となるという観点からは、図2～図4に示すように、筒状セルの断面形状は正六角形である

（すなわち、格子状構造体がハニカム構造を有する）ことが最も好ましい。

[0063] 格子状構造体を構成する筒状セルのサイズについては、上述した数式1を満足するものであれば具体的な値について特に制限はない。格子状構造体がハニカム構造を有する場合における好ましい実施形態においては、図2および図3に示すように、筒状セルのサイズ（断面形状の正六角形における対向する平行な辺の距離）は6.0 mm以下であることが好ましい。このようなサイズを有することで、優れた防音性能が発揮されうる。また、筒状セルのサイズ（断面形状の正六角形における対向する平行な辺の距離）は、5.9 mm以下、5.8 mm以下、5.7 mm以下、5.6 mm以下、5.5 mm以下、5.4 mm以下、5.3 mm以下、5.2 mm以下、5.1 mm以下、5.0 mm以下、4.9 mm以下、4.8 mm以下、4.7 mm以下、4.6 mm以下、4.5 mm以下、4.4 mm以下、4.3 mm以下、4.2 mm以下、4.1 mm以下、4.0 mm以下などであってもよく、これらの数値範囲は狭いものほどより好ましい。なお、筒状セルのサイズの下限值について特に制限はないが、筒状セルのサイズが小さすぎると格子状構造体（ひいては防音材）の質量が増加することから、2.0 mm以上であることが好ましい。

[0064] また、筒状セルの壁の厚さ（図4に示す距離 t ）は、好ましくは10～150 μm であり、より好ましくは30～100 μm である。

[0065] 図1～図4に示す実施形態において、格子状構造体（支持部）は弾性を有するシートの片面のみに設けられている。ただし、少なくとも1つの弾性を有するシートの両面に、格子状構造体（支持部）が設けられた形態であっても、やはり同様にして優れた防音性能を発揮することが可能である。この場合、弾性を有するシートの両面にそれぞれ設けられる格子状構造体（支持部）の形態は互いに同一であってもよいし、異なってもよい。なかでも、弾性を有するシートの両面にそれぞれ設けられる格子状構造体（支持部）の形態は互いに異なるものであることが好ましい。また、この際、格子状構造体（支持部）の筒状セルの形状が弾性を有するシートの両面でちょうど重な

り合うようにそれぞれの格子状構造体を配置することがより好ましい。このような構成とすることで、特に優れた防音性能が発揮されうるという利点がある。

- [0066] 本形態においては、格子状構造体（支持部）の延在方向の高さが大きいほど、2000 Hz以下の低周波数域の広い範囲にわたって特に優れた防音性能が発揮されうるとの傾向にある。このような観点から、格子状構造体（支持部）は高さが均一な単一の構造体であることが好ましい。また、この場合において、格子状構造体の延在方向の高さ（図2に示す距離h）は、好ましくは5 mm以上であり、より好ましくは6 mm以上であり、さらに好ましくは13 mm以上であり、いっそう好ましくは19 mm以上であり、特に好ましくは22 mm以上であり、最も好ましくは25 mm以上である。
- [0067] 本形態に係る防音材は、上述したように、軽量であることが好ましい。この観点から、本形態に係る防音材の全体としての面密度は、好ましくは3.24 kg/m²未満であり、より好ましくは2.0 kg/m²以下であり、さらに好ましくは1.5 kg/m²以下であり、特に好ましくは1.0 kg/m²以下である。
- [0068] 本形態に係る防音材は、基板上に配置されて防音構造体を構成することで、種々の音源由来の騒音を遮蔽する用途に好適に用いられうる。
- [0069] 防音構造体を構成する基板としては、基本的に通気性のない金属板（鉄板、アルミニウム板など）や樹脂板などが用いられうる。基板の厚さは、金属板の場合には0.5～2.0 mmの範囲が好ましく、樹脂板の場合には0.5～20 mmの範囲が好ましい。
- [0070] また、振動分離層については、上述したように、防音材と基板との間に配置されて防音材の振動と基板の振動とを分離し、これらの振動が互いに干渉することを抑制するという機能を有する層であれば任意の構成材料や形状、配置形態が採用されうる。
- [0071] 例えば、振動分離層は、図1に示すように、防音材と基板との間の一部の領域に配置されうる。このような構成とすることで、防音材と基板との間に

空気層を設けることができ、空気層と接する防音材が十分に振動して優れた防音効果を発揮することができる。この際、防音材と基板との間の領域のどの程度の割合を占めるように振動分離層を配置するかは、振動分離層の構成材料や物性（特に、弾性（ヤング率））などを考慮して適宜決定すればよい。なかでも、振動分離層の構成材料は弾性を有する材料であることが好ましい。これにより、基材の振動と防音材の振動とを確実に独立させることができ、防音性能の向上に寄与しうる。ここで、個々の振動分離層の断面形状は特に制限されず、図1に示すような正方形形状のほか、正三角形、正六角形、円形、楕円形などが挙げられる。また、個々の振動分離層の厚さについても特に制限はなく、一例を挙げると0.5～20mmである。

[0072] 図1に示すように防音材と基板との間の一部の領域に振動分離層を配置する場合には、振動分離層を規則的に配置することが好ましい。このような構成とすることで、防音材の振動がより均一なものとなり、防音効果の低下が抑制されうる。なお、規則的な配置形態について特に制限はなく、図1や後述する実施例に示すような基盤目配列などが挙げられる。

[0073] 防音材と基板との間の一部の領域に振動分離層を配置する場合において、振動分離層の構成材料のヤング率は、防音材を構成する支持部の構成材料のヤング率以上であってもよいし、支持部の構成材料のヤング率よりも小さくてもよい。これらの形態のなかから振動分離層の構成材料を適宜選択することにより、防音効果を発揮させる対象の周波数を精密に制御することが可能となる。

[0074] 一方、図10に示すように、振動分離層は、防音材と基板との間の略全体の領域に配置されていてもよい。図10に示す実施形態において、振動分離層はウレタンフォーム400から構成されており、このウレタンフォーム400が防音材と基板との間の全体の領域に配置されている。

[0075] 振動分離層が防音材と基板との間の略全体の領域に配置される場合、振動分離層の構成材料のヤング率は、支持部の構成材料のヤング率よりも小さいことが好ましい。このような構成とすることで、振動分離層は基板の振動が

防音材の振動に干渉するのを効果的に防止することができる。

[0076] なお、振動分離層の構成材料として、ヤング率が比較的大きい材料としては、防音材を構成する弾性を有するシートの構成材料として上述した各種の樹脂材料、ゴム材料、金属材料、紙材料などが挙げられる。一方、ヤング率が比較的小さい材料としては、シンサレート（Thinsulate™）等の中綿素材、ウレタンフォーム、スポンジなどの発泡材料、フェルトなどの不織布材料などが挙げられる。ただし、これら以外の材料が用いられてもよいことはもちろんである。

[0077] 本形態に係る防音材は非常に軽量に構成することが可能である。本形態に係る防音材は、このように軽量化が可能であることから、車両に搭載されて用いられることが好ましい。特に、エンジンやトランスミッション、駆動系のような大きな音を発生する部分（固有音源）から発生する騒音に対する防音用途に適用されることが最も好ましい。適用部位の一例として、エンジンコンパートメントにおいては、エンジンヘッドカバー、エンジンボディカバー、フードインシュレーター、ダッシュ前インシュレーター、エアボックスの隔壁、エアインテークのエアクリーナー、ダストサイドダクト、アンダーカバーなどに適用可能である。また、キャビンにおいては、ダッシュインシュレーター、ダッシュパネル、フロアのカーペット、スペーサー、ドアのドアトリム、ドアトリム内の防音材、コンパートメント内の防音材、インストパネル、インストセンターボックス、インストアッパーボックス、エアコンの筐体、ルーフのトリム、ルーフトリム内の防音材、サンバイザー、後席向けエアコンダクト、電池搭載車両における電池冷却システムの冷却ダクト、冷却ファン、センターコンソールのトリム、コンソール内の防音材、パーセルトリム、パーセルパネル、シートのヘッドレスト、フロントシートのシートバック、リアシートのシートバックなどに適用可能である。さらに、トランクにおいては、トランクフロアのトリム、トランクボード、トランクサイドのトリム、トリム内の防音材、ドラフターカバーなどに適用可能である。また、車両の骨格内やパネル間にも適用することができ、例えば、ピラーの

トリム、フェンダーに適用可能である。さらには、車外の各部材、例えば、フロア下のアンダーカバー、フェンダープロテクター、バックドア、ホイールカバー、サスペンションの空力カバーなどにも適用可能である。したがって、防音構造体を構成する基板としては、上述した各種の適用部位の構成材料としての金属板や樹脂板等をそのまま用いることができる。

[0078] なお、本形態に係る防音構造体を音源に対して配置する際の配置形態について特に制限はない。本形態に係る防音構造体を音源に対して配置する際には、格子状構造体（支持部）を構成する筒状セルの延在方向に音源が位置するように配置することが好ましい。また、このように配置する際には、防音材を構成する弾性を有するシートが音源側に位置するように配置してもよいし、防音材を構成する筒状セルの開口部が音源側に位置するように配置してもよいが、より防音性能に優れるという観点からは、前者の配置形態がより好ましい。

実施例

[0079] 以下、実施例により本発明をさらに詳細に説明する。ただし、本発明の技術的範囲が以下の実施例のみに制限されるわけではない。

[0080] 《防音構造体の防音性能の評価》

後述する実施例および比較例で作製した防音構造体について、各周波数の音波に対する防音性能を測定した。具体的には、図11に示すような鉄壺からなる遮音ボックスの内部にスピーカー（音源）を配置し、遮音ボックスの開口部にサンプル（防音構造体）を配置した。また、遮音ボックスの開口部におけるサンプル（防音構造体）の周囲からの音漏れを防止するために、サンプル（防音構造体）の周囲にゴムシートを配置した。そして、遮音ボックスの内部に設置したスピーカー（音源）から音を発生させて、サンプル（防音構造体）を配置しない場合（コントロール）に対する挿入損失〔単位：dB〕を測定することにより、防音性能を評価した。ある周波数における挿入損失の値が大きいほど、当該周波数の音波に対する防音性能に優れることを意味する。なお、以下の実施例および比較例の欄において特記しない限り、

基板（鉄板）がマイクとは反対の側に位置するように防音構造体を配置して評価を行った。また、音源の発生条件は以下のとおりとした：

スペクトルレベル：ホワイトノイズ（100～8192Hz）

F_{max} ：8192Hz

平均値：300回の加算平均（1回の測定において時間を少しずつずらしながら300回の測定を行い、その加算平均を測定値とした）

オーバーラップ：75%。

[0081] 《防音材の作製》

[製造例1]

弾性を有するシート（ラテックスゴムからなるシート；膜厚0.25mm）と、ポリ塩化ビニル（PVC）からなるハニカム構造体（多数の正六角形断面を有するハニカム支持体）（支持体厚さ6mm）とを準備した。ここで、ハニカム構造体を構成する筒状セルのサイズ（ハニカム構造体の断面形状の正六角形における対向する平行な辺の距離；図4に示す距離W）を4mmとした。次いで、上記シート的一方の面に、上記ハニカム構造体の開口断面を気密的に接着して、図2に示す構造を有する防音材を作製した。

[0082] [製造例2]

ハニカム構造体（支持体）の厚さを12.5mmとしたこと以外は、上述した製造例1と同様にして、本製造例の防音材を作製した。

[0083] [製造例3]

ハニカム構造体（支持体）の厚さを25mmとしたこと以外は、上述した製造例1と同様にして、本製造例の防音材を作製した。

[0084] [表1]

	防音材	構造	全体厚さ [mm]	全体面密度 [kg/m ²]	支持体 材質	支持体 厚さ [mm]	支持体 面密度 [kg/m ²]	セルサイズ [mm]	シート 材質	シート 厚さ [mm]	シート 面密度 [kg/m ²]	シート透音係数 k [N/mm]	$k(fz)$ [Hz]
製造例1	ラテックスシート+PVCハニカム支持体 支持体厚さ5mm	シートハニカム支持体と密着	8.25	0.62	PVC	6	0.38	4	ラテックス	0.25	0.24	82474	2935
製造例2	ラテックスシート+PVCハニカム支持体 支持体厚さ12.5mm	シートハニカム支持体と密着	12.75	1.07	PVC	12.5	0.83	4	ラテックス	0.25	0.24	82474	2935
製造例3	ラテックスシート+PVCハニカム支持体 支持体厚さ25mm	シートハニカム支持体と密着	25.25	1.98	PVC	25	1.64	4	ラテックス	0.25	0.24	82474	2935

[0085] 《防音構造体の作製》

[比較例1-1]

鉄板（厚さ 1 mm）を、そのまま本比較例の防音構造体とした。

[0086] [比較例 1－2]

従来公知の防音材であるシンサレート（Thinsulate™；3M社製）を、鉄板（厚さ 1 mm）と積層して、本比較例の防音構造体を作製した。

[0087] [比較例 1－3]

従来公知の防音材であるウレタンフォームを、鉄板（厚さ 1 mm）と積層して、本比較例の防音構造体を作製した。

[0088] [比較例 1－4]

従来公知の防音材である雑フェルトを、鉄板（厚さ 1 mm）と積層して、本比較例の防音構造体を作製した。

[0089] [比較例 1－5]

上記製造例 1 で作製した防音材を、鉄板（厚さ 1 mm）と積層して、本比較例の防音構造体を作製した。この際、防音材を構成するシートが鉄板とは反対側に位置するように（すなわち、防音材を構成する支持部の開口断面が鉄板に隣接するように）防音材および鉄板を配置した。

[0090] [実施例 1－1]

防音材を構成する支持部の開口断面の四隅（鉄板との間）に、20 mm × 20 mm のサイズのアクリル板（厚さ 3 mm）を振動分離層として配置したこと以外は、上述した比較例 1－5 と同様にして、本実施例の防音構造体を作製した。

[0091] [実施例 1－2]

防音材を構成する支持部の開口断面の中央部にも同様のアクリル板（厚さ 3 mm）を振動分離層として配置したこと以外は、上述した実施例 1－1 と同様にして、本実施例の防音構造体を作製した。

[0092] 上記実施例および比較例について、防音性能を評価して得られた挿入損失の結果を図 12 に示す。これらの結果からわかるように、本発明に係る防音構造体は、基板（鉄板）のみからなる防音構造体や、鉄板と従来公知の防音

材との積層体からなる防音構造体と比較して優れた防音性能を示す。また、本発明に係る防音構造体は、本発明と同様の構成を有する防音材を用いていても当該防音材と基板との間に振動分離層が配置されていない防音構造体と比較しても、さらに優れた防音性能を示すこともわかる。

[0093] [比較例 2－1]

比較例 1－1 の防音構造体を、本比較例の防音構造体とした。

[0094] [比較例 2－2]

比較例 1－2 の防音構造体を、本比較例の防音構造体とした。

[0095] [比較例 2－3]

比較例 1－3 の防音構造体を、本比較例の防音構造体とした。

[0096] [比較例 2－4]

比較例 1－4 の防音構造体を、本比較例の防音構造体とした。

[0097] [比較例 2－5]

上記製造例 2 で作製した防音材を、鉄板（厚さ 1 mm）と積層して、本比較例の防音構造体を作製した。この際、防音材を構成するシートが鉄板とは反対側に位置するように（すなわち、防音材を構成する支持部の開口断面が鉄板に隣接するように）防音材および鉄板を配置した。

[0098] [実施例 2－1]

防音材を構成する支持部の開口断面の四隅（鉄板との間）に、20 mm×20 mmのサイズのアクリル板（厚さ 3 mm）を振動分離層として配置したこと以外は、上述した比較例 2－5 と同様にして、本実施例の防音構造体を作製した。

[0099] [実施例 2－2]

防音材を構成する支持部の開口断面の中央部にも同様のアクリル板（厚さ 3 mm）を振動分離層として配置したこと以外は、上述した実施例 2－1 と同様にして、本実施例の防音構造体を作製した。

[0100] 上記実施例および比較例について、防音性能を評価して得られた挿入損失の結果を図 13 に示す。これらの結果からわかるように、本発明に係る防音

構造体は、基板（鉄板）のみからなる防音構造体や、鉄板と従来公知の防音材との積層体からなる防音構造体と比較して優れた防音性能を示す。また、本発明に係る防音構造体は、本発明と同様の構成を有する防音材を用いていても当該防音材と基板との間に振動分離層が配置されていない防音構造体と比較しても、さらに優れた防音性能を示すこともわかる。

[0101] [比較例 3－1]

比較例 1－1 の防音構造体を、本比較例の防音構造体とした。

[0102] [比較例 3－2]

比較例 1－2 の防音構造体を、本比較例の防音構造体とした。

[0103] [比較例 3－3]

比較例 1－3 の防音構造体を、本比較例の防音構造体とした。

[0104] [比較例 3－4]

比較例 1－4 の防音構造体を、本比較例の防音構造体とした。

[0105] [比較例 3－5]

上記製造例 3 で作製した防音材を、鉄板（厚さ 1 mm）と積層して、本比較例の防音構造体を作製した。この際、防音材を構成するシートが鉄板とは反対側に位置するように（すなわち、防音材を構成する支持部の開口断面が鉄板に隣接するように）防音材および鉄板を配置した。

[0106] [実施例 3－1]

防音材を構成する支持部の開口断面の四隅（鉄板との間）に、20 mm×20 mmのサイズのアクリル板（厚さ 3 mm）を振動分離層として配置したこと以外は、上述した比較例 3－5 と同様にして、本実施例の防音構造体を作製した。

[0107] [実施例 3－2]

防音材を構成する支持部の開口断面の中央部にも同様のアクリル板（厚さ 3 mm）を振動分離層として配置したこと以外は、上述した実施例 3－1 と同様にして、本実施例の防音構造体を作製した。

[0108] 上記実施例および比較例について、防音性能を評価して得られた挿入損失

の結果を図 1 4 に示す。これらの結果からわかるように、本発明に係る防音構造体は、基板（鉄板）のみからなる防音構造体や、鉄板と従来公知の防音材との積層体からなる防音構造体と比較して優れた防音性能を示す。また、本発明に係る防音構造体は、本発明と同様の構成を有する防音材を用いていても当該防音材と基板との間に振動分離層が配置されていない防音構造体と比較しても、さらに優れた防音性能を示すこともわかる。

[0109] [比較例 4 － 1]

比較例 1 － 1 の防音構造体を、本比較例の防音構造体とした。

[0110] [比較例 4 － 2]

比較例 3 － 5 の防音構造体を、本比較例の防音構造体とした。

[0111] [実施例 4 － 1]

実施例 3 － 1 の防音構造体を、本実施例の防音構造体とした。

[0112] [実施例 4 － 2]

振動分離層の構成材料を、アクリル板からシンサレート（ThinsulateTM；3M社製）に変更したこと以外は、上述した実施例 4 － 1 と同様にして、本実施例の防音構造体を作製した。

[0113] [実施例 4 － 3]

振動分離層の構成材料を、アクリル板からウレタンフォームに変更したこと以外は、上述した実施例 4 － 1 と同様にして、本実施例の防音構造体を作製した。

[0114] [実施例 4 － 4]

振動分離層の構成材料を、アクリル板から雑フェルトに変更したこと以外は、上述した実施例 4 － 1 と同様にして、本実施例の防音構造体を作製した。

[0115] 上記実施例および比較例について、防音性能を評価して得られた挿入損失の結果を図 1 5 に示す。これらの結果からわかるように、振動分離層の構成材料を変化させた場合であっても、基板（鉄板）のみからなる防音構造体や、振動分離層が配置されていない防音構造体と比較して、いずれも同様に優

れた防音性能を示す。

[0116] [比較例 5－1]

比較例 1－1 の防音構造体を、本比較例の防音構造体とした。

[0117] [比較例 5－2]

比較例 3－5 の防音構造体を、本比較例の防音構造体とした。

[0118] [実施例 5－1]

実施例 3－2 の防音構造体を、本実施例の防音構造体とした。

[0119] [実施例 5－2]

振動分離層の構成材料を、アクリル板からシンサレート（ThinsulateTM；3M社製）に変更したこと以外は、上述した実施例 5－1 と同様に、本実施例の防音構造体を作製した。

[0120] [実施例 5－3]

振動分離層の構成材料を、アクリル板からウレタンフォームに変更したこと以外は、上述した実施例 5－1 と同様に、本実施例の防音構造体を作製した。

[0121] [実施例 5－4]

振動分離層の構成材料を、アクリル板から雑フェルトに変更したこと以外は、上述した実施例 5－1 と同様に、本実施例の防音構造体を作製した。

[0122] 上記実施例および比較例について、防音性能を評価して得られた挿入損失の結果を図 16 に示す。これらの結果からわかるように、振動分離層の構成材料を変化させた場合であっても、基板（鉄板）のみからなる防音構造体や、振動分離層が配置されていない防音構造体と比較して、いずれも同様に優れた防音性能を示す。

[0123] [比較例 6－1]

比較例 1－1 の防音構造体を、本比較例の防音構造体とした。

[0124] [比較例 6－2]

比較例 3－5 の防音構造体を、本比較例の防音構造体とした。

[0125] [実施例 6－1]

防音材を構成する支持部の開口断面の全体の領域（鉄板との間）に、シンサレート（Thinsulate™；3M社製）を振動分離層として配置したこと以外は、上述した比較例 1－5 と同様にして、本実施例の防音構造体を作製した。

[0126] [実施例 6－2]

振動分離層の構成材料を、シンサレートからウレタンフォームに変更したこと以外は、上述した実施例 6－1 と同様にして、本実施例の防音構造体を作製した。

[0127] [実施例 6－3]

振動分離層の構成材料を、シンサレートから雑フェルトに変更したこと以外は、上述した実施例 6－1 と同様にして、本実施例の防音構造体を作製した。

[0128] 上記実施例および比較例について、防音性能を評価して得られた挿入損失の結果を図 17 に示す。これらの結果からわかるように、振動分離層を基板と防音構造体との間の全体の領域に配置した場合であっても、基板（鉄板）のみからなる防音構造体や、振動分離層が配置されていない防音構造体と比較して、いずれも同様に優れた防音性能を示す。

[0129] [比較例 7－1]

比較例 1－1 の防音構造体を、本比較例の防音構造体とした。

[0130] [比較例 7－2]

防音材を構成するシートが鉄板に隣接するように（すなわち、防音材を構成する支持部の開口断面が鉄板とは反対側に位置するように）防音材および鉄板を配置したこと以外は、上述した比較例 3－5 と同様にして、本比較例の防音構造体を作製した。

[0131] [実施例 7－1]

防音材を構成するシートの四隅（鉄板との間）に、20mm×20mmのサイズのアクリル板（厚さ 3mm）を振動分離層として配置したこと以外は

、上述した比較例 7-2 と同様にして、本実施例の防音構造体を作製した。

[0132] 上記実施例および比較例について、防音性能を評価して得られた挿入損失の結果を図 18 に示す。これらの結果からわかるように、上述した実施例 3-1 のように防音材を構成する支持部の開口断面が鉄板側に位置する場合だけでなく、防音材を構成するシートが鉄板側に位置する場合であっても、振動分離層を配置することによって、基板（鉄板）のみからなる防音構造体や、振動分離層が配置されていない防音構造体と比較して、優れた防音性能を示す。

符号の説明

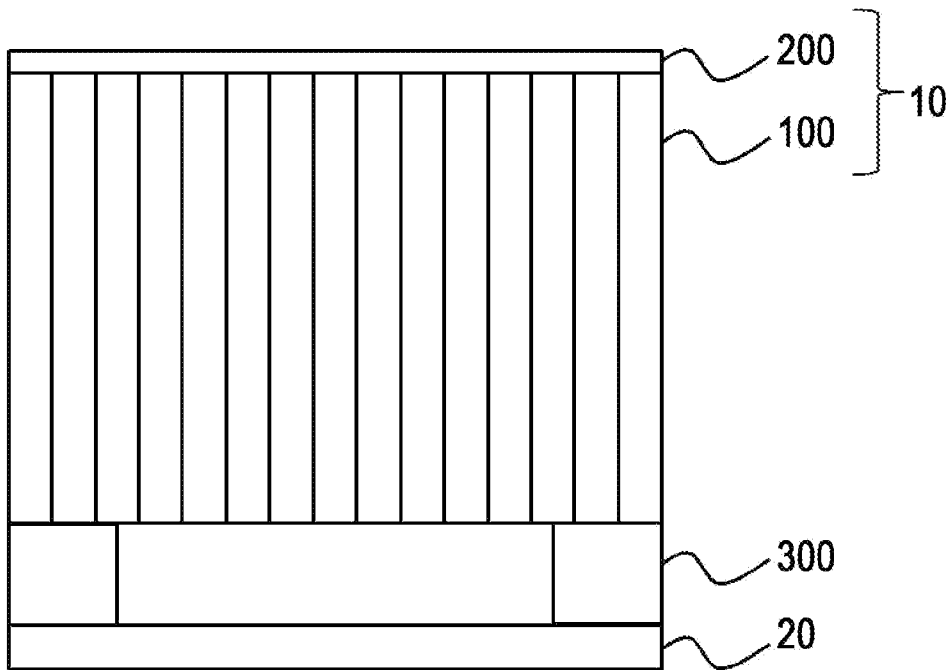
- [0133] 1 防音構造体、
- 10 防音材、
- 20 基板、
- 100 格子状構造体（支持部）、
- 110、110a 筒状セル、
- 200 ラテックスゴムシート（弾性を有するシート）、
- 300 アクリル板、
- 400 ウレタンフォーム、
- h 支持体（筒状セル）の延在方向の高さ、
- w 筒状セルのサイズ（断面形状の正六角形における対向する平行な辺の距離）、
- a 筒状セルの断面形状である正六角形の一辺の長さ、
- t 筒状セルの内壁（格子壁）の厚さ。

請求の範囲

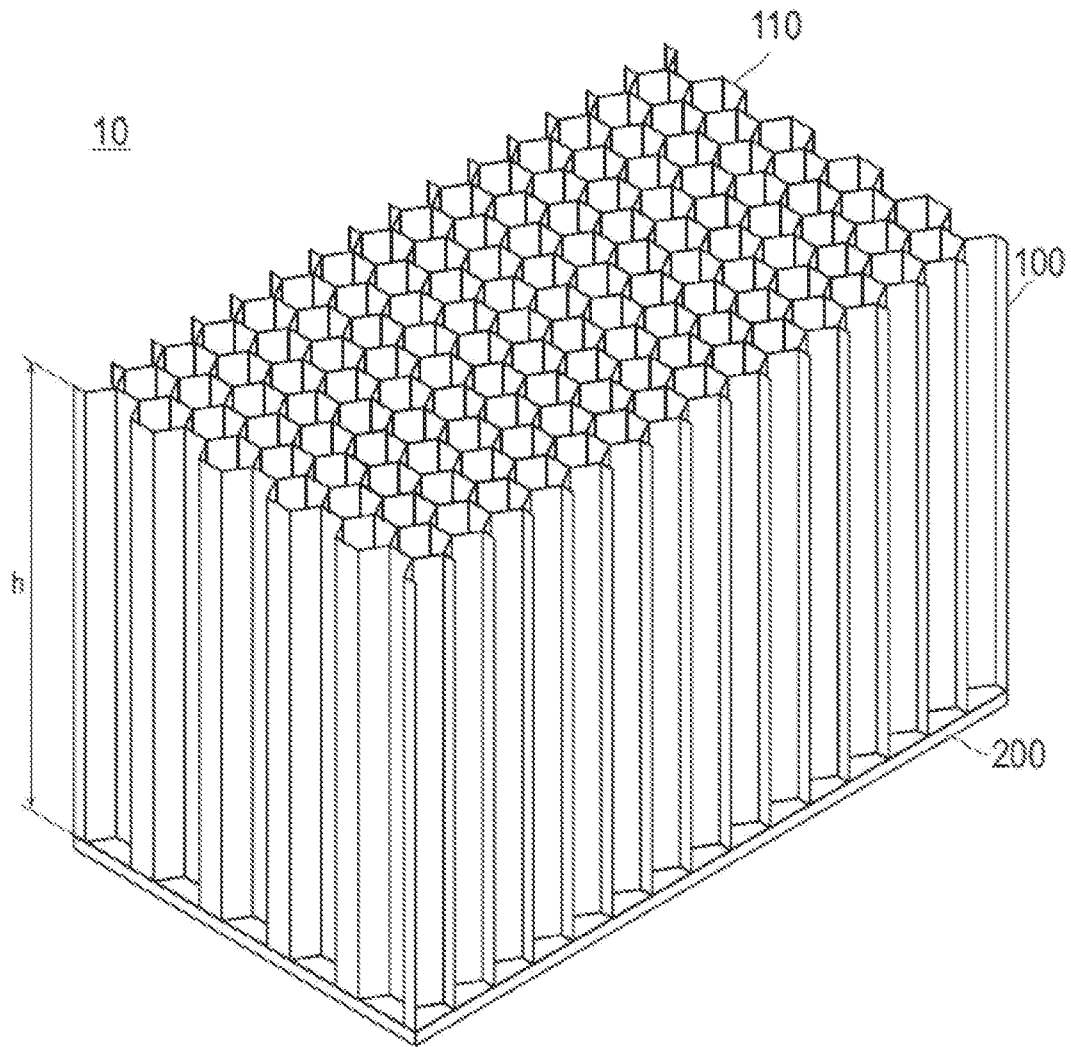
- [請求項1] 基板と、
 前記基板上に配置された防音材と、
 を有し、
 前記防音材が、弾性を有するシートと、前記シートを支持するとともに前記シートを区画部に区画する支持部と、を備え、
 前記区画部における前記シートの面剛性（ k ）および前記シートの面密度（ m ）が、下記数式 1 の関係を満足し、かつ、
 前記防音材と前記基板との間に振動分離層をさらに有する、防音構造体：
 [数1]
 [数式 1]
- $$\frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} > 900 \text{ [Hz]}$$
- [請求項2] 前記支持部は前記シートを複数の区画部に区画しており、前記複数の区画部の少なくとも一部は、同一の外郭形状を有する前記複数の区画部が規則的に配列されてなる規則配列構造を構成している、請求項 1 に記載の防音構造体。
- [請求項3] 前記支持部は、高さが均一な単一の構造体である、請求項 2 に記載の防音構造体。
- [請求項4] 前記振動分離層の構成材料が弾性を有する材料である、請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項に記載の防音構造体。
- [請求項5] 前記振動分離層が、前記防音材と前記基板との間の一部の領域に配置されている、請求項 1 ～ 4 のいずれか 1 項に記載の防音構造体。
- [請求項6] 前記振動分離層が、前記防音材と前記基板との間の一部の領域に規則的に配置されている、請求項 5 に記載の防音構造体。
- [請求項7] 前記振動分離層の構成材料のヤング率が、前記支持部の構成材料のヤング率以上である、請求項 5 または 6 に記載の防音構造体。

- [請求項8] 前記振動分離層の構成材料のヤング率が、前記支持部の構成材料のヤング率よりも小さい、請求項 5 または 6 に記載の防音構造体。
- [請求項9] 前記振動分離層が、前記防音材と前記基板との間の略全体の領域に配置されている、請求項 1 ～ 4 のいずれか 1 項に記載の防音構造体。
- [請求項10] 前記振動分離層の構成材料のヤング率が、前記支持部の構成材料のヤング率よりも小さい、請求項 9 に記載の防音構造体。

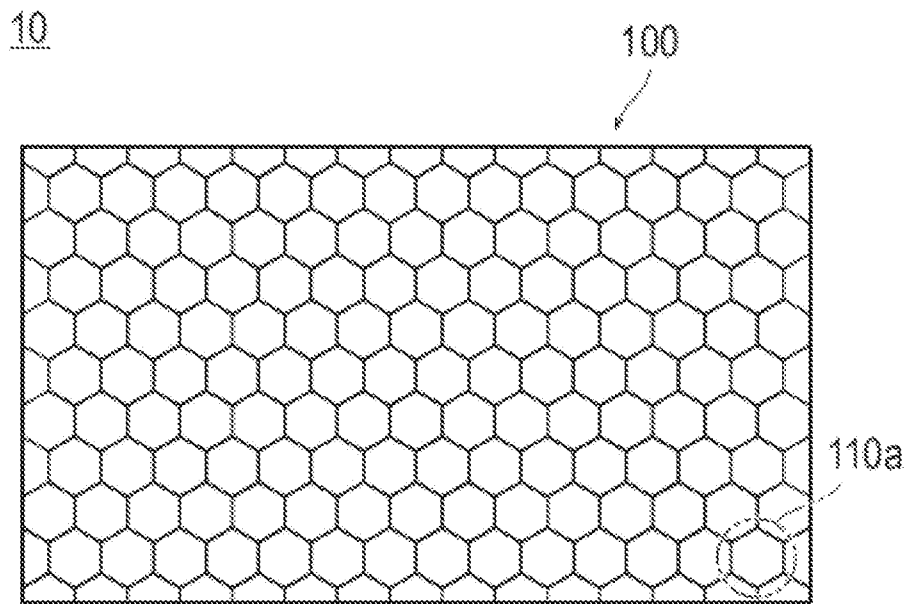
[図1]

1

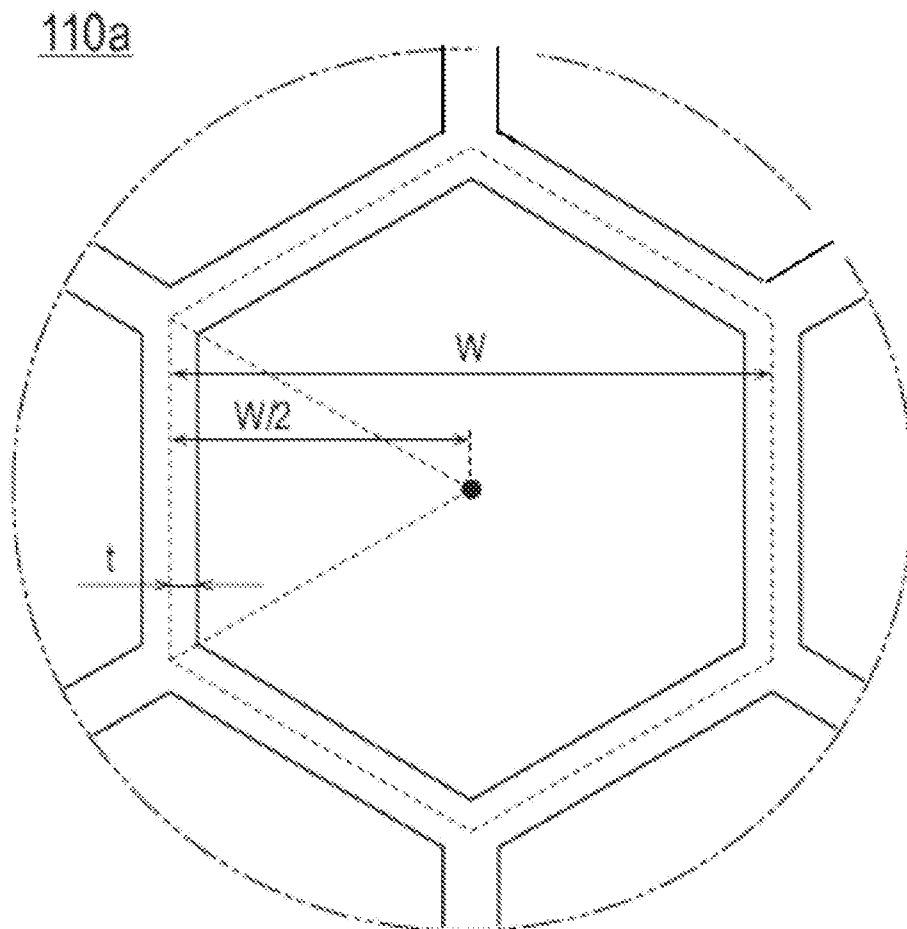
[図2]



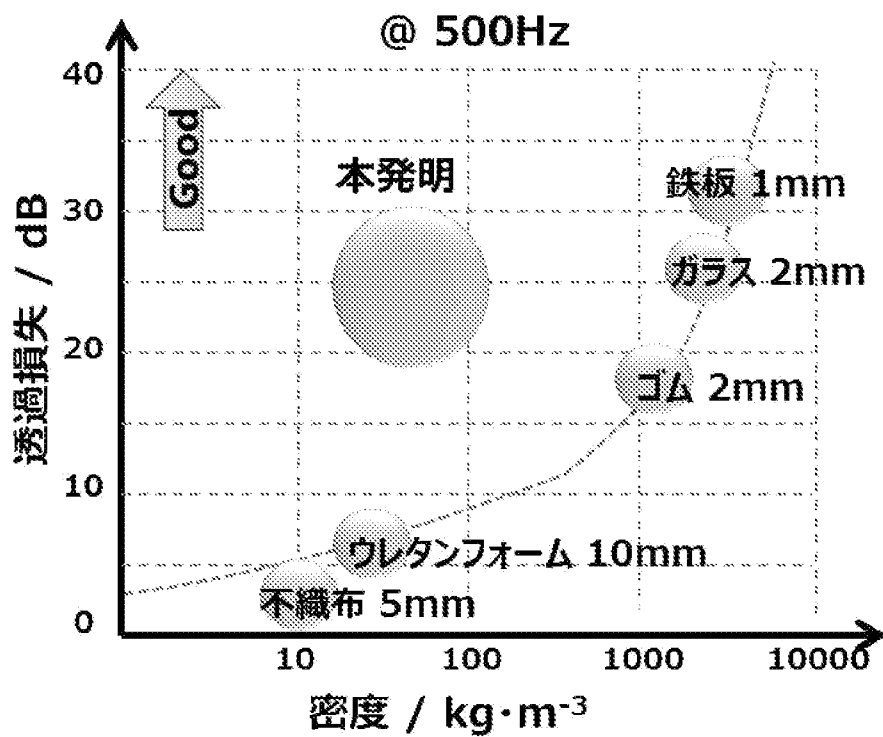
[図3]



[図4]

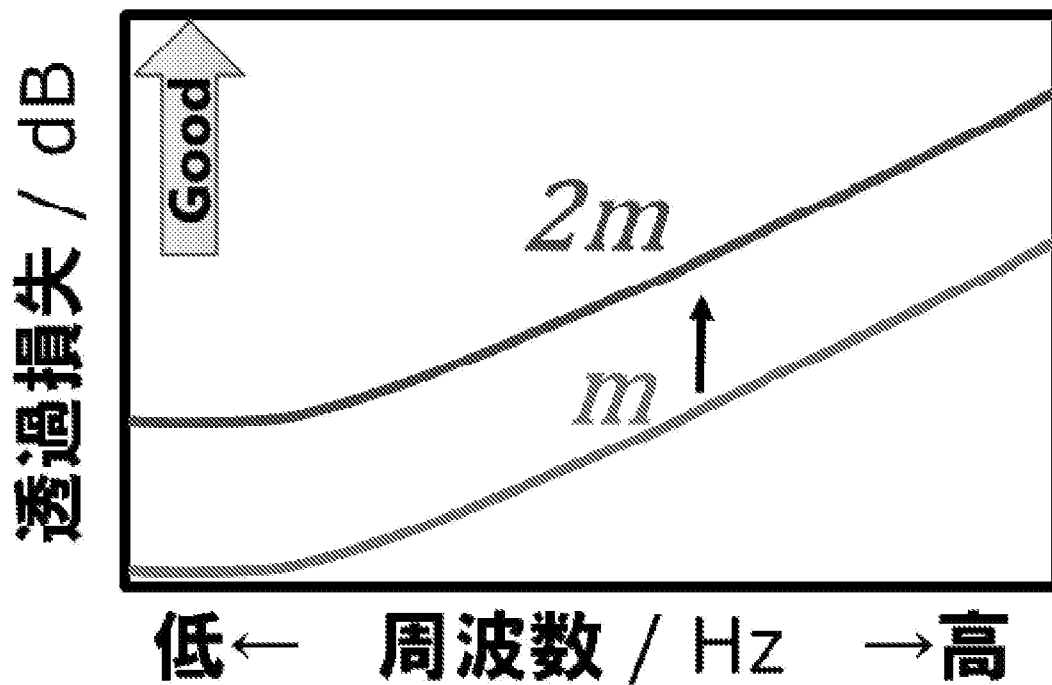


[図5]

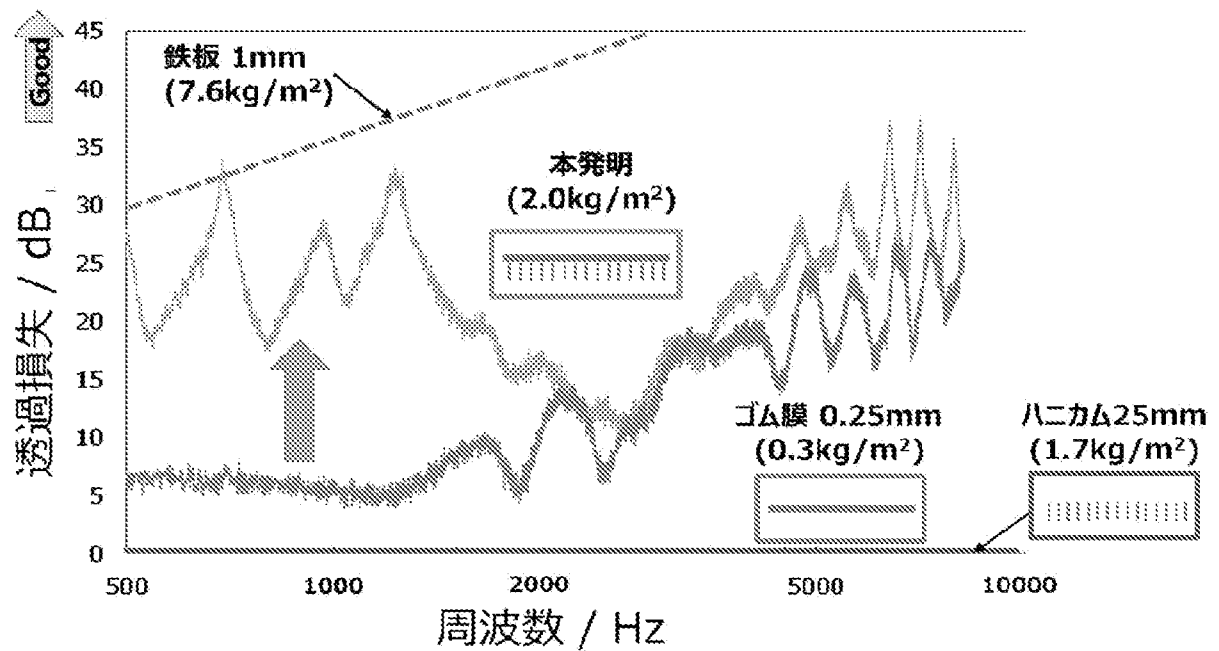


[図6]

$$TL = 20 \log_{10}(m \cdot f) - 43$$

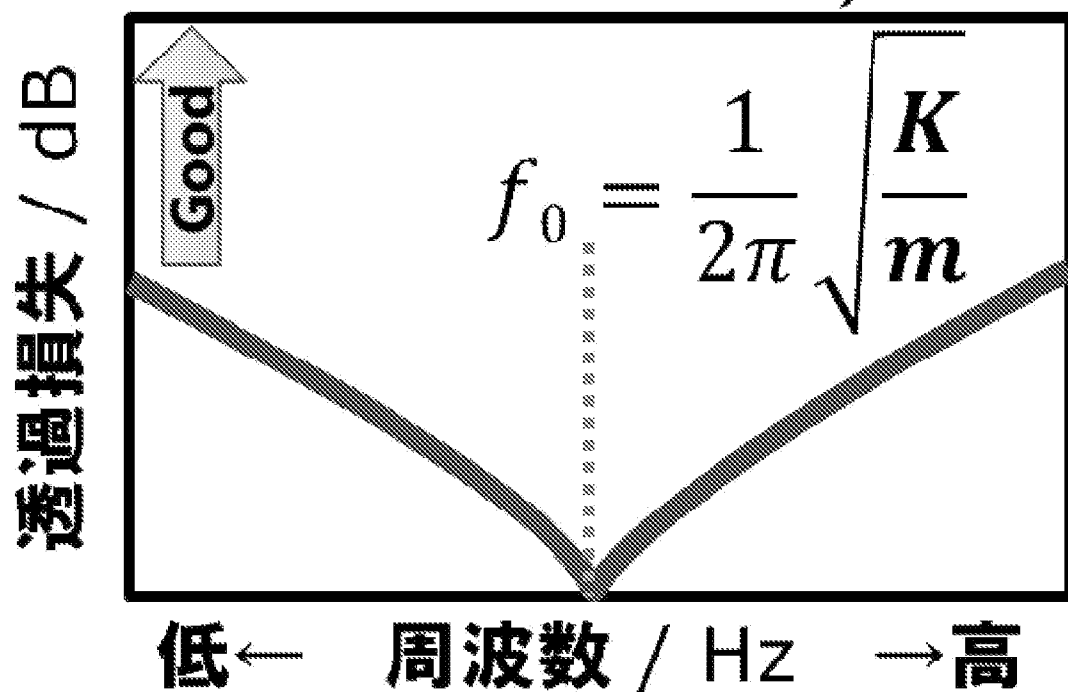


[図7]

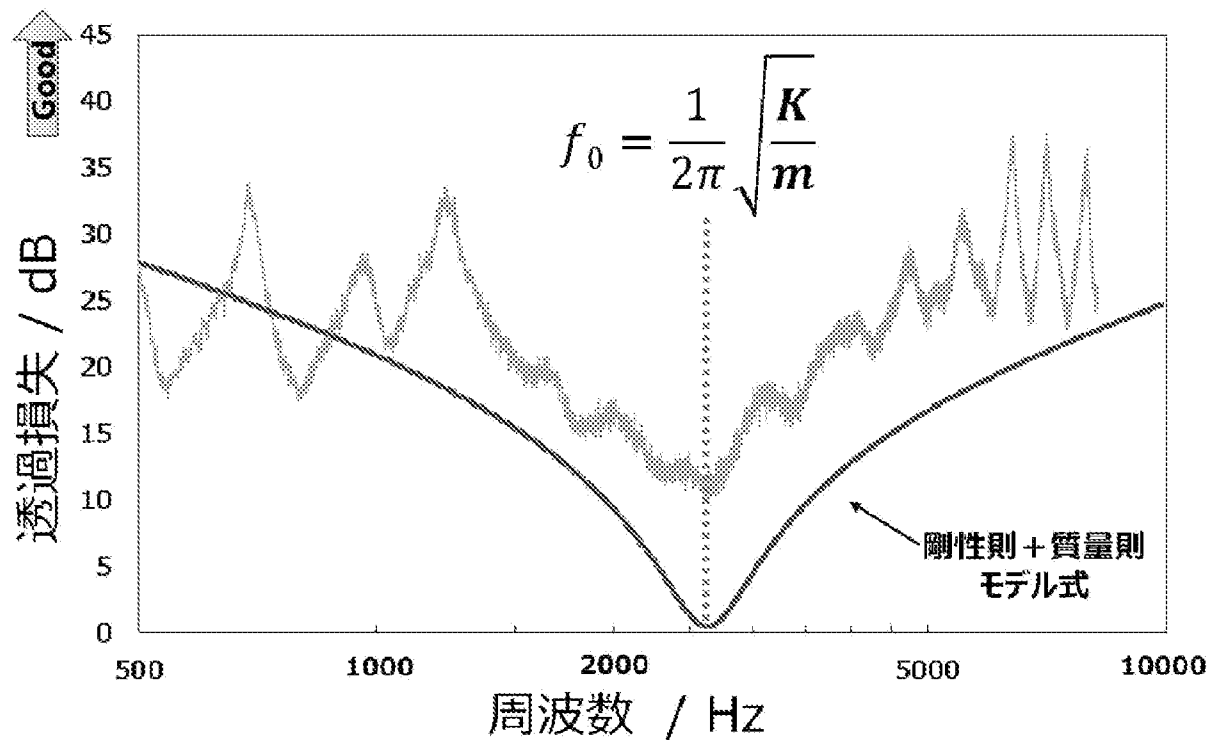


[図8]

$$TL = 20 \log_{10} \left(4\pi^2 m \cdot f - \frac{K}{f} \right) - 43$$

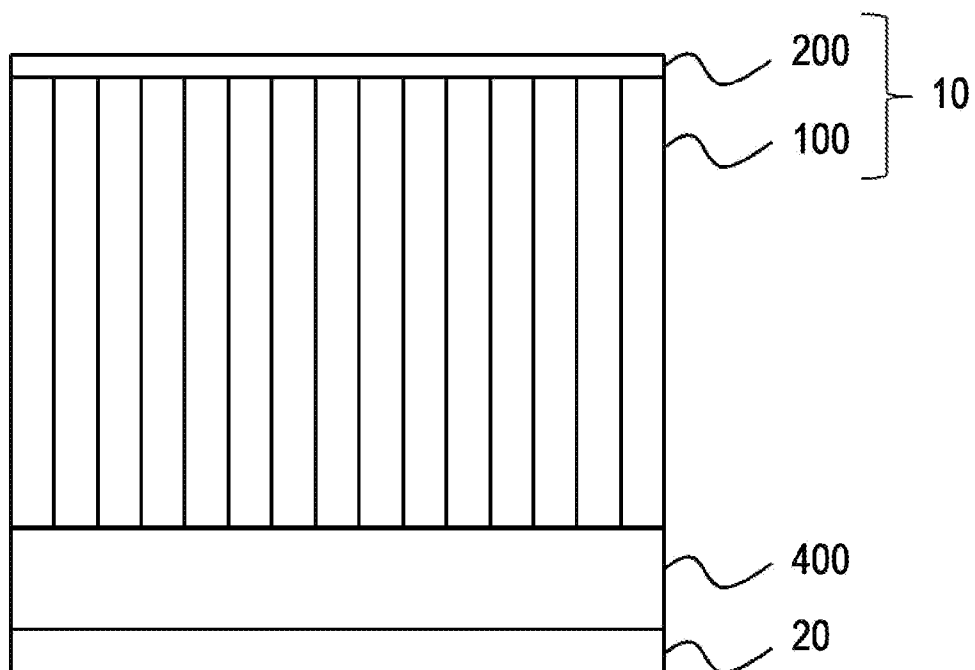


[図9]

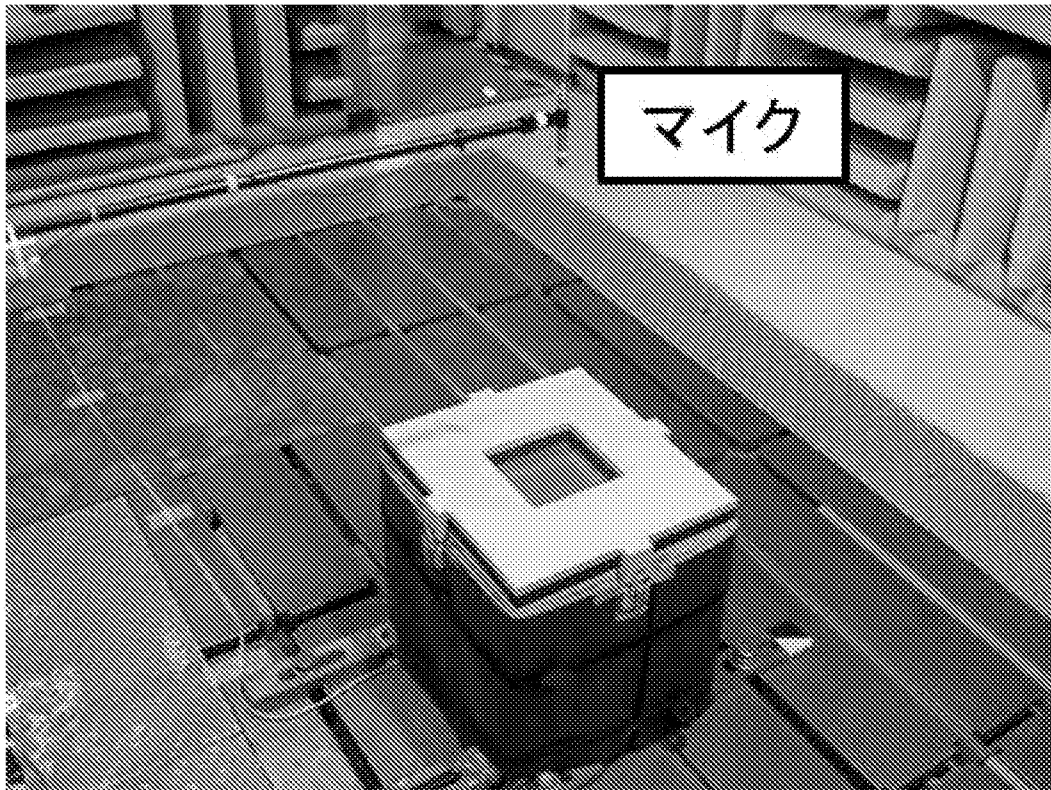


[図10]

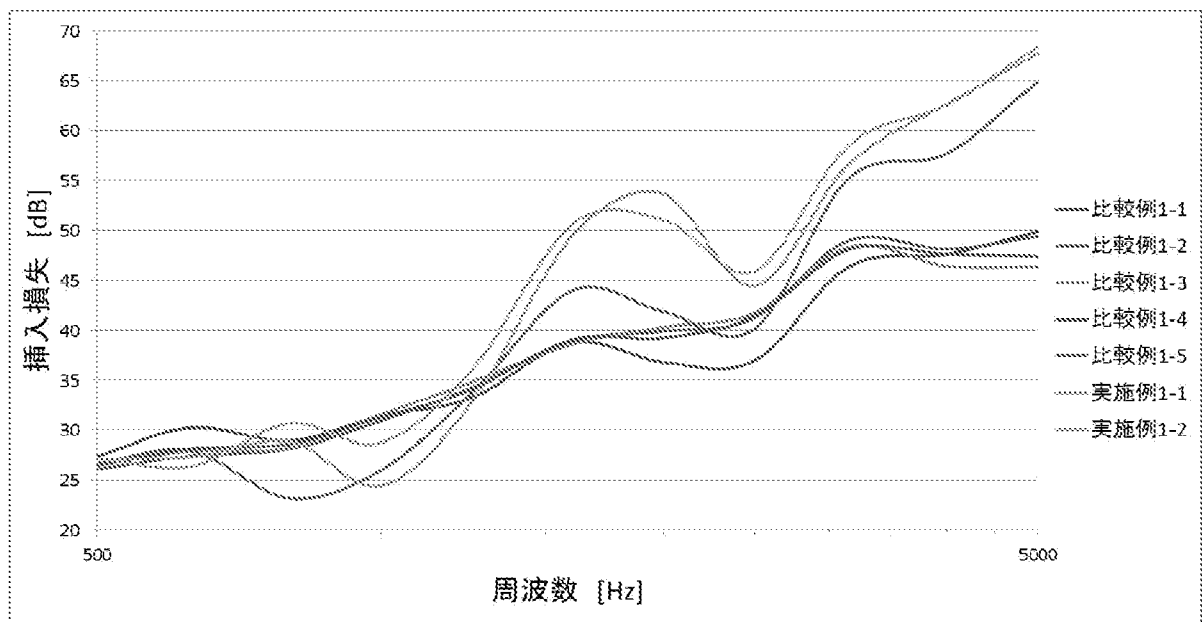
1



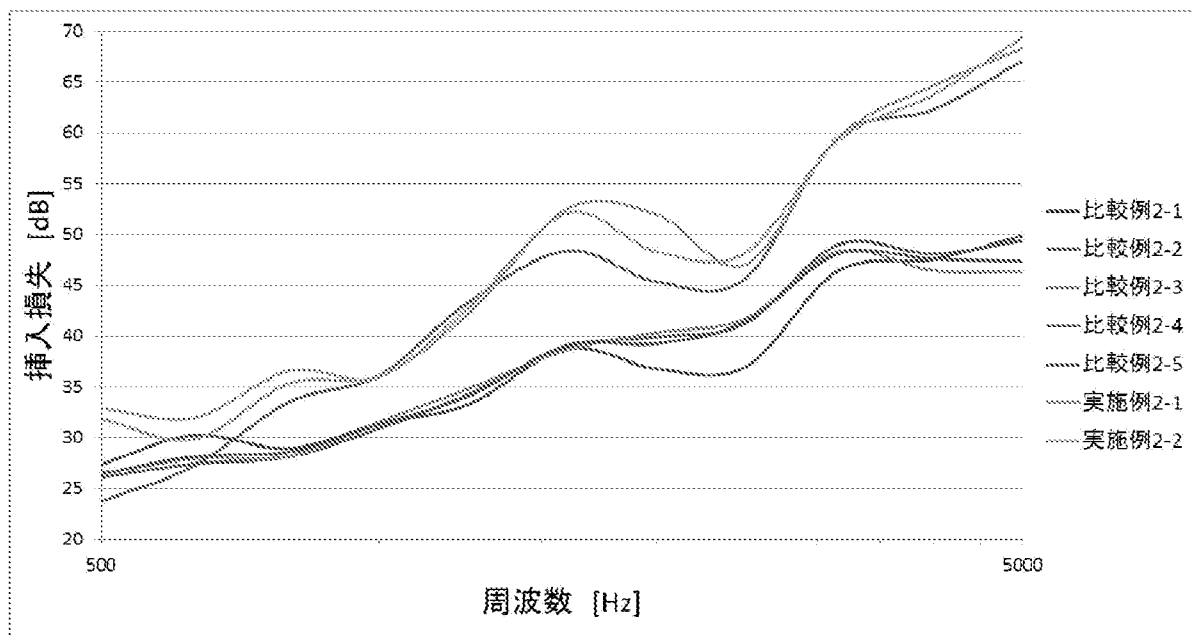
[図11]



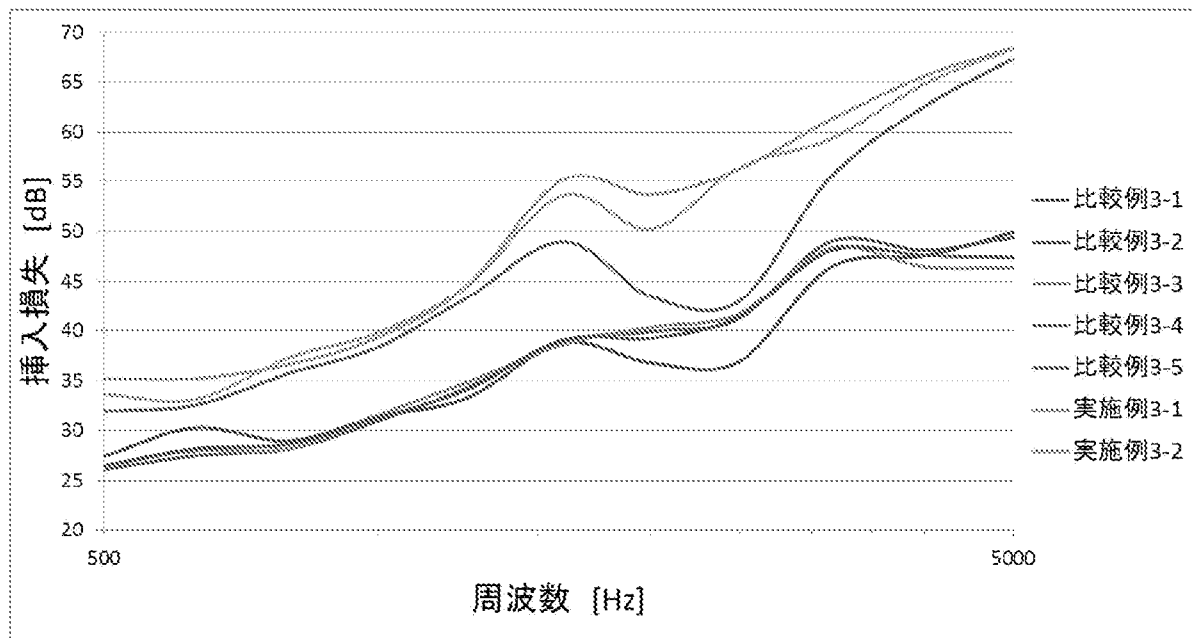
[図12]



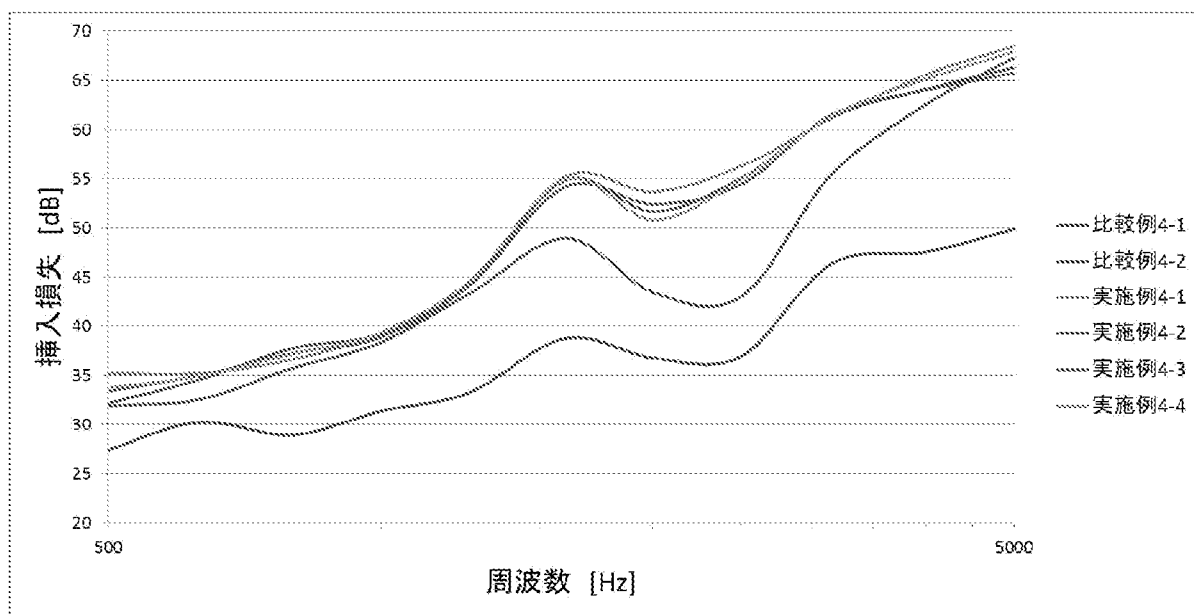
[圖13]



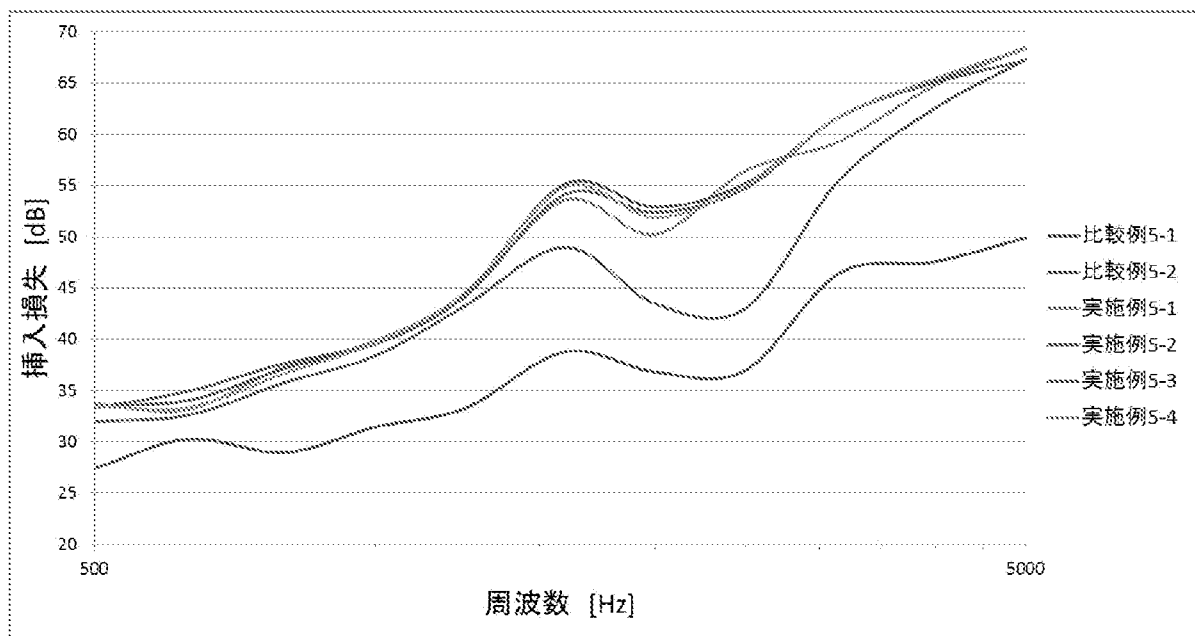
[圖14]



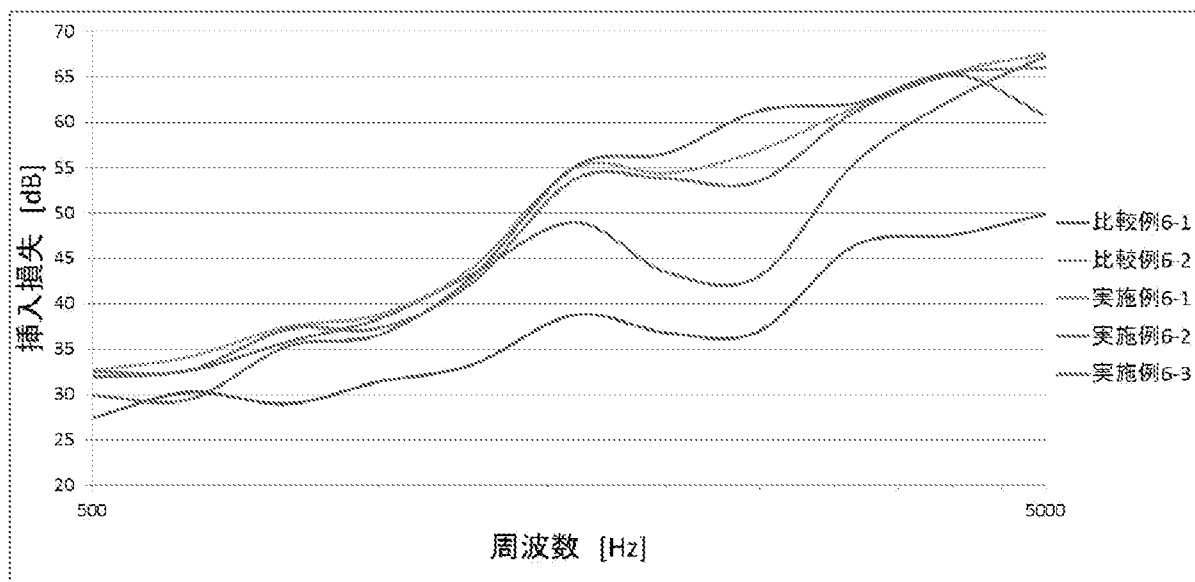
[图15]



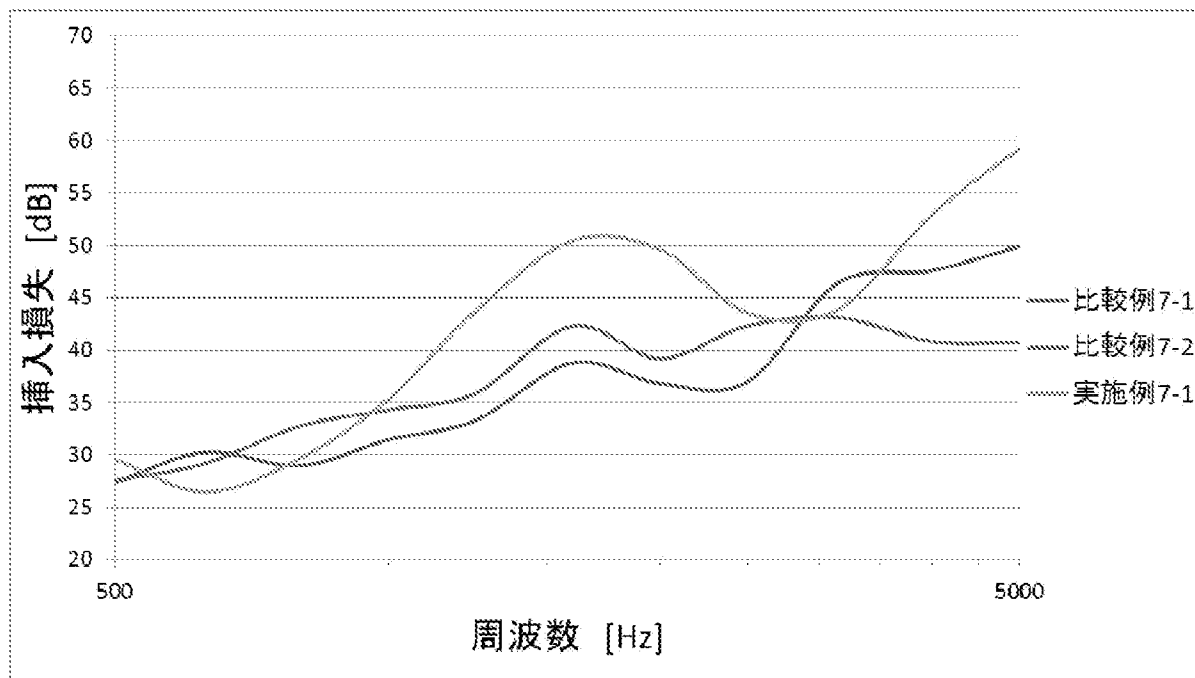
[图16]



[圖17]



[圖18]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/IB2019/000198

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. G10K11/16(2006.01) i, G10K11/168(2006.01) i, G10K11/172(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)

Int. Cl. G10K11/16, G10K11/168, G10K11/172

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2019

Registered utility model specifications of Japan 1996-2019

Published registered utility model applications of Japan 1994-2019

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.
Y	WO 2019/022245 A1 (NISSAN MOTOR CO., LTD.) 31 January 2019, paragraphs [0012]-[0018], fig. 1-3 (Family: none)	1-10
Y	JP 2012-73472 A (YAMAHA CORPORATION) 12 April 2012, paragraphs [0006], [0007], [0012]-[0017], [0025], fig. 1-3, 6 (Family: none)	1-10

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"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)

"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

"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

"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

"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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
26.04.2019

Date of mailing of the international search report
14.05.2019

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, G10K11/168(2006.01)i, G10K11/172(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, G10K11/168, G10K11/172

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

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019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
Y	WO 2019/022245 A1（日産自動車株式会社）2019.01.31, 段落 [0012]-[0018], 図 1-3（ファミリーなし）	1-10
Y	JP 2012-73472 A（ヤマハ株式会社）2012.04.12, 段落 [0006], [0007], [0012]-[0017], [0025], 図 1-3, 6（ファミリーなし）	1-10

C 欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 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

26.04.2019

国際調査報告の発送日

14.05.2019

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/JP）

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

5Z

4546

電話番号 03-3581-1101 内線 3591