

(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
2019年3月28日(28.03.2019)



(10) 国際公開番号

WO 2019/059046 A1

- (51) 国際特許分類:
G10K 11/16 (2006.01) *E01F 8/00* (2006.01)
B32B 3/24 (2006.01) *E04B 1/86* (2006.01)
B32B 15/01 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2018/033623
- (22) 国際出願日: 2018年9月11日(11.09.2018)
- (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 2017-183355 2017年9月25日(25.09.2017) 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). 大津 暁

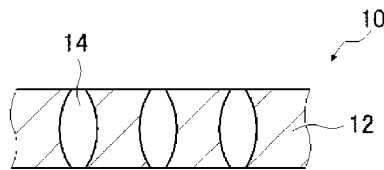
彦(OHTSU Akihiko); 〒2588577 神奈川県足柄上郡開成町牛島577番地 富士フイルム株式会社内 Kanagawa (JP).

(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 ザイマックス岩本町ビル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, DJ, DK, DM, DO, 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.

(54) Title: SOUNDPROOFING STRUCTURE

(54) 発明の名称: 防音構造体



(57) Abstract: The present invention addresses the problem of providing a soundproofing structure with which it is possible to obtain high soundproofing performance and to suitably maintain formation properties. Provided is a soundproofing structure comprising a micro-perforated sheet having a plurality of through-holes that pass through in the thickness direction, wherein: in a main surface of the micro-perforated sheet, the average opening diameter of the through-holes is at least 0.1 μm and less than 100 μm ; at least some of the plurality of through-holes are through-holes A shaped so as to have the greatest pore diameter in the interior thereof; and in the through-holes A, $1 < \varphi_2/\varphi_1 \leq 5$, where φ_1 is the smallest pore diameter and φ_2 is the greatest pore diameter.

(57) 要約: 高い防音性能を得られ、形成材料の特性を好適に維持できる防音構造体を提供することを課題とする。厚み方向に貫通する複数の貫通孔を有する微細穿孔シートを備える防音構造体であって、微細穿孔シートの主面における、貫通孔の平均開口径が0.1 μm 以上100 μm 未満であり、複数の貫通孔の少なくとも一部は、内部で最大孔径となる形状の貫通孔Aであり、貫通孔Aにおいて、最小孔径を φ_1 、最大孔径を φ_2 とすると、 $1 < \varphi_2/\varphi_1 \leq 5$ である。



WO 2019/059046 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 :

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

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] 微細な貫通孔を有する微細穿孔板（微細穿孔シート、M P P : Microperforated Panel）は、薄膜で広帯域にかつ効率的に音を吸音できる構造であり、軽量小型で、多孔質吸音体と比較して耐久性が高い、埃が出にくいなどの利点がある。

[0003] 例えば、特許文献 1 には、板形状または壁形状の閉塞部材との間に空気層が形成されるように配置される、多数の貫通孔を有する多孔板であって、貫通孔は、多孔板の一方の面に形成される最大孔径部と、多孔板の他方の面に形成される最小孔径部と、を有し、多孔板の板厚方向の断面視において、最大孔径部と最小孔径部とを結ぶ直線よりも外側へ膨らんでいる多孔板が記載されている。

[0004] また、特許文献 2 には、厚み方向に貫通する複数の貫通孔を有するアルミニウム板であって、貫通孔の平均開口径が $0.1 \mu\text{m}$ 以上 $100 \mu\text{m}$ 未満であり、内部で最大径 R_a となる形状であり、最大径 R_a と最小径 R_b とが $1 > R_b / R_a \geq 0.1$ を満たす形状の貫通孔 A を有するアルミニウム板が記載されている。このアルミニウム板は、吸音材として利用可能であることが記載されている（段落 [0041]）。

[0005] 微細穿孔シートによる吸音の原理は、音波（空気）が微細な貫通孔を通過する際の摩擦によると考えられる。従って、微細穿孔シートの形成材料は限定されず幅広い材料を用いることができる。そのため、微細穿孔シートの設置位置に応じて要求される様々な特性に合わせて、微細穿孔シートの形成材料を選択することができる。

例えば、微細穿孔シートに金属光沢を付与したい場合、光の反射率を高く

したい場合、金属の手ざわり感を付与したい場合などには、金属材料を用いることで、微細穿孔シートにこれらの特性を付与することができる。あるいは、透明性を付与したい場合、樹脂の手ざわり感を付与したい場合などには、樹脂材料を用いることで、微細穿孔シートにこれらの特性を付与することができる。また、微細穿孔シートの吸音効果は微細な貫通孔内の熱粘性抵抗によるものなので、素材を他にも選ぶことができる。例えば、布の手触り感を重視する場合は、素材として布地あるいはフェルト等を選択して、布地あるいはフェルトに微細な貫通孔をあけて微細穿孔シートとすることができる。

先行技術文献

特許文献

- [0006] 特許文献1：特開2008-218197号公報
特許文献2：国際公開第2016/060037号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0007] 微細穿孔シートの形成材料の持つ見た目やさわり心地等の特性を生かすためには、微細穿孔シートに形成される貫通孔の開口径を小さくする必要がある。例えば、開口径が大きいと、貫通孔が視認されやすくなったり、同じ開口率でも大きな貫通孔の場合には個数が少数となるためムラとして見えやすくなり、見た目が元の材料とは異なってしまふ。

しかしながら、吸音特性の観点からは、貫通孔の開口径が小さい場合には開口率を高くする必要がある。そのため、貫通孔の開口径が小さい場合でも、貫通孔の数が多くなりすぎて、形成材料の見た目やさわり心地等の特性をそのまま維持することは難し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、高い防音性能を得られ、形成材料の特性を好適に維持できる防音構造体を提供することを課題とする。

課題を解決するための手段

[0009] 本発明者らは、上記課題を解決すべく鋭意検討した結果、厚み方向に貫通する複数の貫通孔を有する微細穿孔シートを備える防音構造体であって、微細穿孔シートの主面における、貫通孔の平均開口径が $0.1\ \mu\text{m}$ 以上 $100\ \mu\text{m}$ 未満であり、複数の貫通孔の少なくとも一部は、内部で最大孔径となる形状の貫通孔Aであり、貫通孔Aにおいて、最小孔径を ϕ_1 、最大孔径を ϕ_2 とすると、 $1 < \phi_2 / \phi_1 \leq 5$ であることにより、上記課題を解決できることを見出し、本発明を完成させた。

すなわち、以下の構成により上記課題を解決することができることを見出した。

[0010] [1] 厚み方向に貫通する複数の貫通孔を有する微細穿孔シートを備える防音構造体であって、

微細穿孔シートの主面における、貫通孔の平均開口径が $0.1\ \mu\text{m}$ 以上 $100\ \mu\text{m}$ 未満であり、

複数の貫通孔の少なくとも一部は、内部で最大孔径となる形状の貫通孔Aであり、

貫通孔Aにおいて、最小孔径を ϕ_1 、最大孔径を ϕ_2 とすると、 $1 < \phi_2 / \phi_1 \leq 5$ である防音構造体。

[2] 貫通孔Aの最小孔径 ϕ_1 (μm)と最大孔径 ϕ_2 (μm)とが、 $2 \leq \phi_2 / \phi_1 \leq 5$ の範囲にある場合に、

貫通孔の平均開口率を ρ_c とし、貫通孔が直管形状で孔径が最小孔径 ϕ_1 である場合の最適開口率を ρ_s とし、Cを 0.20 から 0.70 の間の正の定数とすると、

最適開口率 ρ_s は、 $\rho_s = 18.7 \times \phi_1^{-2.04}$ であり、

$$\rho_c / \rho_s = 0.30 \times \ln(\phi_1) - C$$

を満たす[1]に記載の防音構造体。

[3] 貫通孔Aの最小孔径 ϕ_1 (μm)と最大孔径 ϕ_2 (μm)とが、 $1 < \phi_2 / \phi_1 < 2$ の範囲にある場合に、

貫通孔の平均開口率を ρ_c とし、貫通孔が直管形状で孔径が最小孔径 ϕ_1 である場合の最適開口率を ρ_s とし、 C を0.20から0.70の間の正の定数とすると、

最適開口率 ρ_s は、 $\rho_s = 18.7 \times \phi_1^{-2.04}$ であり、

$$\rho_s \times (0.30 \times \ln(\phi_1) - C) < \rho_c < \rho_s$$

を満たす [1] に記載の防音構造体。

[4] 複数の貫通孔Aのうち、微細穿孔シートの両主面で最小孔径 ϕ_1 となる形状の貫通孔が最も多く、

定数 C が、0.20以上0.48以下である [2] または [3] に記載の防音構造体。

[5] 複数の貫通孔Aのうち、微細穿孔シートの一方の主面で最小孔径 ϕ_1 となり、他方の主面での孔径 ϕ_3 が $\phi_1 < \phi_3 < \phi_2$ となる形状の貫通孔が最も多く、

定数 C が、0.46以上0.70以下である [2] または [3] に記載の防音構造体。

[6] 全貫通孔に対する、貫通孔Aの割合が30%以上である [1] ~ [5] のいずれかに記載の防音構造体。

[7] 貫通孔Aは、少なくとも一方の主面で最小孔径となる [1] ~ [6] のいずれかに記載の防音構造体。

[8] 微細穿孔シートは、2枚の微細構造シートを積層した構成であり、

微細構造シートは、一方の面側で最大径となり他方の面側で最小径となるテーパ孔を複数有し、

2枚の微細構造シートは、テーパ孔が最大径となる側の面同士を対面させて積層されてなり、

面方向における2枚の微細構造シートそれぞれのテーパ孔の位置が一致して、貫通孔Aを形成している [1] ~ [7] のいずれかに記載の防音構造体

。

[9] 微細穿孔シートの材料が金属である [1] ~ [8] のいずれかに記載の防音構造体。

[1 0] 複数の貫通孔がランダムに配列されている [1] ~ [9] のいずれかに記載の防音構造体。

[1 1] 微細穿孔シートの一方の主面に接して配置される多孔質吸音体を有する [1] ~ [1 0] のいずれかに記載の防音構造体。

[1 2] 多孔質吸音体の微細穿孔シートとは反対側に壁部材を有し、多孔質吸音体と壁部材が少なくとも一部は接した状態で配置されている [1 1] に記載の防音構造体。

[1 3] 微細穿孔シートと離間して配置される壁部材を有する [1] ~ [1 1] のいずれかに記載の防音構造体。

[1 4] 微細穿孔シートの一方の主面に接して配置される枠体を有する [1] ~ [1 3] のいずれかに記載の防音構造体。

[1 5] 微細穿孔シートを壁の一部、または、隙間塞ぎ部材として用いられる [1] ~ [1 4] のいずれかに記載の防音構造体。

発明の効果

[0011] 本発明によれば、高い防音性能を得られ、形成材料の特性を好適に維持できる防音構造体を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]本発明の防音構造体の一例を概念的に示す平面図である。

[図2]図 1 に示す防音構造体の B - B 線断面図である。

[図3]貫通孔 A の一例を模式的に示す断面図である。

[図4]貫通孔 A の他の一例を模式的に示す断面図である。

[図5]開口径と最適開口率との関係を表すグラフである。

[図6]開口径と最大吸収率との関係を表すグラフである。

[図7]倍率と最適開口率比との関係を表すグラフである。

[図8]最小孔径と最適開口率比との関係を表すグラフである。

[図9]最小孔径と最適開口率比との関係を表すグラフである。

- [図10]倍率と最適開口率比との関係を表すグラフである。
- [図11]距離と目の分解能との関係を表すグラフである。
- [図12]微細穿孔シートの一例を模式的に表す断面図である。
- [図13]微細穿孔シートの他の一例を模式的に表す断面図である。
- [図14]本発明の防音構造体の他の一例を模式的に示す断面図である。
- [図15]本発明の防音構造体の他の一例を模式的に示す断面図である。
- [図16]本発明の防音構造体の他の一例を模式的に示す断面図である。
- [図17]本発明の防音構造体の他の一例を模式的に示す断面図である。
- [図18]本発明の防音構造体の他の一例を模式的に示す断面図である。
- [図19]本発明の防音構造体の他の一例を模式的に示す断面図である。
- [図20]本発明の防音構造体の他の一例を模式的に示す断面図である。
- [図21]本発明の防音構造体の他の一例を模式的に示す断面図である。
- [図22]本発明の防音構造体の他の一例を模式的に示す断面図である。
- [図23]本発明の防音構造体の他の一例を模式的に示す断面図である。
- [図24]本発明の防音構造体の他の一例を模式的に示す断面図である。
- [図25]図24の防音構造体の正面図である。
- [図26]本発明の防音構造体の他の一例を模式的に示す断面図である。
- [図27]周波数と吸収率との関係を表すグラフである。
- [図28]周波数と吸収率との関係を表すグラフである。
- [図29]周波数と吸収率との関係を表すグラフである。
- [図30]周波数と吸収率との関係を表すグラフである。
- [図31]最小孔径と開口率と吸収率との関係を表すグラフである。
- [図32]最大孔径と開口率との関係を表すグラフである。

発明を実施するための形態

[0013] 以下、本発明について詳細に説明する。

以下に記載する構成要件の説明は、本発明の代表的な実施態様に基づいてなされることがあるが、本発明はそのような実施態様に限定されるものではない。

なお、本明細書において、「～」を用いて表される数値範囲は、「～」の前後に記載される数値を下限値および上限値として含む範囲を意味する。

また、本明細書において、「直角」および「平行」とは、本発明が属する技術分野において許容される誤差の範囲を含むものとする。例えば、「直角」および「平行」とは、厳密な直角あるいは平行に対して $\pm 10^\circ$ 未満の範囲内であることなどを意味し、厳密な直角あるいは平行に対しての誤差は、 5° 以下であることが好ましく、 3° 以下であることがより好ましい。

本明細書において、「同一」、「同じ」は、技術分野で一般的に許容される誤差範囲を含むものとする。また、本明細書において、「全部」、「いずれも」または「全面」などというとき、 100% である場合のほか、技術分野で一般的に許容される誤差範囲を含み、例えば 99% 以上、 95% 以上、または 90% 以上である場合を含むものとする。

[0014] [防音構造体]

本発明の防音構造体は、

厚み方向に貫通する複数の貫通孔を有する微細穿孔シートを備える防音構造体であって、

微細穿孔シートの主面における、貫通孔の平均開口径が $0.1\mu\text{m}$ 以上 $100\mu\text{m}$ 未満であり、

複数の貫通孔の少なくとも一部は、内部で最大孔径となる形状の貫通孔Aであり、

貫通孔Aにおいて、最小孔径を ϕ_1 、最大孔径を ϕ_2 とすると、 $1 < \phi_2 / \phi_1 \leq 5$ である防音構造体である。

本発明の防音構造体の構成について、図1および図2を用いて説明する。

[0015] 図1は、本発明の防音構造体の好適な実施態様の一例を示す模式的な正面図であり、図2は、図1のB-B線断面図である。

図1および図2に示すように、防音構造体10は、厚さ方向に貫通する貫通孔14を複数有する微細穿孔シート12を有する。

[0016] 微細穿孔シート12に形成される複数の貫通孔14は、平均開口径が0.

1 μm 以上100 μm 未満であり、内部で最大孔径 ϕ_2 となる形状であり、最大孔径 ϕ_2 と最小孔径 ϕ_1 とが $1 < \phi_2 / \phi_1 \leq 5$ を満たす形状の貫通孔Aを有する。

[0017] 以下、図3および図4を用いて、貫通孔14の形状について説明する。

図3は、図1に示す微細穿孔シート12の貫通孔14の一例を拡大して示す断面図である。

図3に示すように、貫通孔14は、貫通孔14の軸方向に平行な断面において、微細穿孔シート12の一方の主面（図3においては下側の主面）において、最小孔径 ϕ_1 であり、一方の主面から貫通孔14の内部に向かうにしたがって、漸次、孔径が大きくなり、貫通孔14の内部で最大孔径 ϕ_2 となり、他方の主面（図3においては上側の主面）に向かうにしたがって、漸次、孔径が小さくなり、他方の主面で、最小孔径 ϕ_1 より大きく、最大孔径 ϕ_2 より小さい孔径 ϕ_3 となる形状を有する。

なお、微細穿孔シート12の主面とは、仮に貫通孔が形成されていないと見なした際に面積が最大となる面であり、微細穿孔シート12は、2つの主面を有する。

[0018] 図4は、図1に示す微細穿孔シート12の貫通孔14の他の一例を拡大して示す断面図である。

図4に示すように、貫通孔14は、貫通孔14の軸方向に平行な断面において、微細穿孔シート12の一方の主面（図4においては下側の主面）において、最小孔径 ϕ_1 であり、一方の主面から貫通孔14の内部に向かうにしたがって、漸次、孔径が大きくなり、貫通孔14の内部で最大孔径 ϕ_2 となり、他方の主面（図4においては上側の主面）に向かうにしたがって、漸次、孔径が小さくなり、他方の主面で、最小孔径 ϕ_1 となる形状を有する。

[0019] 図3および図4に示す貫通孔14は、本発明における貫通孔Aである。貫通孔Aは、直管形状やテーパ状ではなく、内部で孔径が膨らんでいるつぼ状の形状をしている。なお、以下の説明において、図3に示すように一方の主面で最小孔径 ϕ_1 となる形状の貫通孔Aを異孔径型形状の貫通孔といい、図

4に示すように、両方の主面で最小孔径 ϕ_1 となる形状の貫通孔Aを同孔径型形状の貫通孔という。

貫通孔Aとして、同孔径型形状の貫通孔のみを有していてもよく、異孔径型形状の貫通孔のみを有していてもよく、同孔径型形状、および、異孔径型形状の貫通孔を両方有していてもよい。

本発明において、1つの貫通孔Aにおける最大孔径 ϕ_2 と最小孔径 ϕ_1 との比率 ϕ_2/ϕ_1 は、 $1 < \phi_2/\phi_1 \leq 5$ を満たす。

[0020] 本発明の防音構造体が備える微細穿孔シートは、平均開口径が $0.1 \mu\text{m}$ 以上 $100 \mu\text{m}$ 未満の微細な貫通孔を有することで、微細な貫通孔を音が通る際の、貫通孔の内壁面と空気との摩擦により吸音するものである。

[0021] 前述のとおり、微細穿孔シートの形成材料の持つ見た目やさわり心地等の特性を生かすためには、微細穿孔シートに形成される貫通孔の平均開口径および平均開口率を小さくする必要がある。しかしながら、吸音特性の観点からは、貫通孔の平均開口径が小さい場合には平均開口率を高くする必要があり、また、貫通孔の平均開口率が低い場合には貫通孔の平均開口径を大きくする必要がある。そのため、微細穿孔シートの吸音特性を高くして、かつ、貫通孔の平均開口径および平均開口率を小さくして、形成材料の見た目やさわり心地等の特性をそのまま維持することは難しいという問題があった。

[0022] これに対して、本発明の防音構造体においては、微細穿孔シートに形成される貫通孔Aが、内部で最大孔径 ϕ_2 となる形状であり、最大孔径 ϕ_2 と最小孔径 ϕ_1 とが $1 < \phi_2/\phi_1 \leq 5$ を満たす形状である。

本発明者の検討によれば、貫通孔の形状を内部で最大孔径となる形状とすることで、微細穿孔シートの表面における開口径および開口率を小さくしても、直管形状の貫通孔の場合と比較して高い吸音特性が得られることがわかった。従って、広帯域で高い吸音特性が得られ、かつ、表面における貫通孔の影響を小さくして、見た目やさわり心地などの、形成材料の特性を維持できる構成とすることができる。

[0023] 以下、最大孔径 ϕ_2 と最小孔径 ϕ_1 と吸音特性との関係について、シミュレー

ションを行なった結果を用いて説明する。

貫通孔を有する微細穿孔シートは直管形状の貫通孔の場合は、M a a の式に従ってモデル化することができるが、本発明のような複雑な形状をした微細貫通孔については解析的に取り扱うことができない。M a a の式とは、「Potential of microperforated panel absorber, Dah-You Maa, The Journal of the Acoustical Society of America 104, 2861 (1998)」などDY Maaによって示されている、微細穿孔シートの厚み、開口径、および、開口率より微細穿孔シートの複素音響インピーダンスを求める式である。

そこで、本発明者らは、有限要素法計算ソフトCOMSOL ver5.3 (COMSOL社)の音響モジュールを用いた。孔形状をCADモデル化し、COMSOLに入れて、微細孔形状と透過率、反射率、吸収率の関係を直接計算した。モデルは二次元軸対称モデル上に実装した。貫通孔部分とその周辺は熱粘性音響フィジクスを設定し、膜から遠い部分は音響フィジクスを設定して、連成して計算を行った。熱粘性も含めた計算することにより、貫通孔による摩擦現象とそれに伴う音の吸収も含めた計算を可能にした。また、貫通孔部分の面積と膜部分の面積の比率を変えることで開口率の違いを計算した。

以上により、貫通孔形状が直管形状でないときにおいてもシミュレーションによる吸収計算が可能となった。

吸収率は、平面入射音を微細穿孔シートの正面から入射し、透過率と反射率をそれぞれ評価することで空気粘性によって吸収された割合を評価した。

[0024] まず、貫通孔の形状が直管形状の場合について、いくつかの開口径に対して、開口率を種々変更して吸収率を計算し、吸収率が最大となる開口率を最適開口率として求めた。表1および図5に開口径と最適開口率との関係を示す。また、図6に開口径と、最適開口率のときの吸収率(最大吸収率)との関係を示す。この場合は前述したM a aモデルを用いた計算と一致することも確認した。

なお、微細穿孔シートの厚みは $20\mu\text{m}$ とし、吸音対象の音の周波数は 3000Hz としてシミュレーションを行った。また、開口率は、 0.001

(0.1%)ごとに計算を行なった。

[0025] [表1]

表1

開口径 μm	最適開口率
10	16.63%
15	7.62%
20	4.25%
25	2.70%
30	1.83%
35	1.34%
40	0.99%
45	0.81%
50	0.63%
55	0.55%
60	0.47%
65	0.44%
70	0.39%
75	0.38%

[0026] 表1、図5および図6から、最大吸収率は、開口径が $10\mu\text{m}\sim 30\mu\text{m}$ では約50%でほぼ変化せず、 $30\mu\text{m}$ より大きい径では小さくなることがわかる。また、最適開口率は、開口径が小さくなるほど大きくなることがわかる。また、最適開口率を ρ_s とし、開口径を ϕ_1 とすると、図5から、最適開口率 ρ_s と、開口径 ϕ_1 との関係の近似式を求めると、最適開口率 ρ_s は、 $\rho_s = 18.7 \times \phi_1^{-2.04}$ となる。

[0027] 次に、貫通孔の形状が、図4に示すような同孔径型形状の場合について、最小孔径 ϕ_1 が $10\mu\text{m}$ 、 $20\mu\text{m}$ 、 $30\mu\text{m}$ 、 $40\mu\text{m}$ それぞれの場合に対して、最大孔径 ϕ_2 の値を種々変更して吸収率を計算し、吸収率が最大となる開口率（最適開口率） ρ_{c1} を求めた。最小孔径 ϕ_1 に対する最大孔径 ϕ_2 の比率 ϕ_2/ϕ_1 （倍率 ϕ_2/ϕ_1 ともいう）と、直管形状の場合の最適開口率 ρ_s に対する最適開口率 ρ_{c1} の比 ρ_{c1}/ρ_s との関係を図7に示す。

なお、貫通孔は、微細穿孔シートの厚み方向の中央位置で最大孔径 ϕ_2 となるものとし、表面の最小孔径 ϕ_1 と内部の最大孔径 ϕ_2 とをsin曲線で結んだ形状とした。

[0028] 図7から、倍率 ϕ_2/ϕ_1 が小さい範囲（ $1 < \phi_2/\phi_1 < 2$ の範囲）では、倍率 ϕ_2/ϕ_1 が大きくなるほど、直管形状の場合の最適開口率 ρ_s に対する最適開

開口率 ρ_{c1} の比 ρ_{c1} / ρ_s が小さくなることがわかる。すなわち、倍率 ϕ_2 / ϕ_1 が大きくなるほど、直管形状の場合の最適開口率 ρ_s よりも同孔径型形状の場合の最適開口率 ρ_{c1} が小さくなることがわかる。

また、倍率 ϕ_2 / ϕ_1 が大きい範囲 ($2 \leq \phi_2 / \phi_1 \leq 5$ の範囲) では、各最小孔径 ϕ_1 で、比 ρ_{c1} / ρ_s はほぼ一定になることがわかる。すなわち、倍率 ϕ_2 / ϕ_1 が2倍以上の大きい範囲では、同孔径型形状の場合の最適開口率 ρ_{c1} は一定の値に収束することがわかる。

[0029] 次に、倍率 ϕ_2 / ϕ_1 を5倍として、最小孔径 ϕ_1 を種々変更してシミュレーションを行い、最適開口率の比 ρ_{c1} / ρ_s を求めた。

結果を図8および表2に示す。

[0030] [表2]

表2

最小孔径 ϕ_1 μm	同孔径型 開口率 ρ_{c1}	直管形状 開口率 ρ_s	開口率比 ρ_{c1} / ρ_s
10	6.44%	16.63%	0.39
15	3.72%	7.62%	0.49
20	2.20%	4.25%	0.52
25	1.71%	2.70%	0.63
30	1.28%	1.83%	0.7
35	0.99%	1.34%	0.74
40	0.80%	0.99%	0.81
45	0.65%	0.81%	0.81
50	0.55%	0.63%	0.87
55	0.48%	0.55%	0.86
60	0.44%	0.47%	0.94
65	0.40%	0.44%	0.91
70	0.37%	0.39%	0.96
75	0.36%	0.38%	0.95

[0031] 図8および表2から、最小孔径 ϕ_1 が小さいほど、直管形状の場合の最適開口率 ρ_s に対する同孔径型形状の場合の最適開口率 ρ_{c1} を小さくすることができることがわかる。開口率が大きくなってしまいう小さい孔径の場合に、同孔径型形状にすることによって開口率を下げるができる効果が得られやすい。

図8から、最適開口率の比 ρ_{c1} / ρ_s と、最小孔径 ϕ_1 との関係の近似式を求めると、 $\rho_{c1} / \rho_s = 0.30 \times \ln(\phi_1) - 0.34$ となる。

[0032] 以上から、貫通孔の形状が同孔径型形状の場合には、貫通孔Aの最小孔径

ϕ_1 (μm) と最大孔径 ϕ_2 (μm) とが、 $2 \leq \phi_2 / \phi_1 \leq 5$ の範囲にある場合には、貫通孔の平均開口率を ρ_c とし、最小孔径 ϕ_1 で直管形状の場合の最適開口率を ρ_s とすると、最適開口率 ρ_s は、 $\rho_s = 18.7 \times \phi_1^{-2.04}$ であり、貫通孔の平均開口率 ρ_c は、 $\rho_c / \rho_s = 0.30 \times \ln(\phi_1) - C$ 、 $2.0 \leq C \leq 0.48$ を満たすのが好ましい。

[0033] 次に、貫通孔の形状が、図3に示すような異孔径型形状の場合について、倍率 ϕ_2 / ϕ_1 を5倍とし、いくつかの他方の主面の孔径 ϕ_3 に対して、最小孔径 ϕ_1 を種々変更してシミュレーションを行なった。

他方の主面の孔径 ϕ_3 は、 $\phi_3 = ((\phi_2 / \phi_1 - 1) \times h + 1) \times \phi_1$ で決定し、 $h = 0.1, 0.2, 0.4, 0.8$ の場合についてそれぞれシミュレーションを行ない、最適開口率の比 ρ_{c1} / ρ_s を求めた。

結果を図9に示す。

[0034] また、他方の主面の孔径 ϕ_3 を $h = 0.2$ の場合とし、最小孔径 ϕ_1 が $10 \mu\text{m}$ 、 $20 \mu\text{m}$ 、 $30 \mu\text{m}$ 、 $40 \mu\text{m}$ それぞれの場合に対して、最大孔径 ϕ_2 の値を種々変更して吸収率を計算し、吸収率が最大となる最適開口率 ρ_{c1} を求めた。最小孔径 ϕ_1 に対する最大孔径 ϕ_2 の比率 ϕ_2 / ϕ_1 と、直管形状の場合の最適開口率 ρ_s に対する最適開口率 ρ_{c1} の比 ρ_{c1} / ρ_s との関係を図10に示す。

[0035] 図9から、貫通孔の形状が異孔径型形状の場合は、同孔径型形状の場合と比較して、最適開口率 ρ_{c1} をより小さくすることができることがわかる。これは同孔径型形状と比較してより大きな直管形状の貫通孔に形状が近づくためと考えられる。

また、図9から、最大孔径 ϕ_2 が大きい（倍率5倍）場合には、最適開口率 ρ_{c1} は、孔径 ϕ_3 の値にほとんど影響しないことがわかった。つまり、異孔径型形状一般に対して、孔径 ϕ_3 の値によらず最適開口率 ρ_{c1} を決定できることがわかった。

[0036] 従って、図10から、異孔径型形状の場合も、倍率 ϕ_2 / ϕ_1 が小さい範囲（ $1 < \phi_2 / \phi_1 < 2$ の範囲）では、倍率 ϕ_2 / ϕ_1 が大きくなるほど、直管形状の場合の最適開口率 ρ_s に対する最適開口率 ρ_{c1} の比 ρ_{c1} / ρ_s が小さくなることが

わかる。すなわち、倍率 ϕ_2/ϕ_1 が大きくなるほど、直管形状の場合の最適開口率 ρ_s よりも異孔径型形状の場合の最適開口率 ρ_{c1} が小さくなることがわかる。

また、倍率 ϕ_2/ϕ_1 が大きい範囲 ($2 \leq \phi_2/\phi_1 \leq 5$ の範囲) では、各最小孔径 ϕ_1 で、比 ρ_{c1}/ρ_s はほぼ一定になることがわかる。すなわち、倍率 ϕ_2/ϕ_1 が 2 倍以上の大きい範囲では、異孔径型形状の場合の最適開口率 ρ_{c1} は一定の値に収束することがわかる。

図 9 から、最適開口率の比 ρ_{c1}/ρ_s と、最小孔径 ϕ_1 との関係の近似式を求めると、 $\rho_{c1}/\rho_s = 0.30 \times \ln(\phi_1) - 0.58$ となる。

[0037] 以上から、貫通孔の形状が異孔径型形状の場合には、貫通孔 A の最小孔径 ϕ_1 (μm) と最大孔径 ϕ_2 (μm) とが、 $2 \leq \phi_2/\phi_1 \leq 5$ の範囲にある場合には、貫通孔の開口率を ρ_c とし、最小孔径 ϕ_1 で直管形状の場合の最適開口率を ρ_s とすると、最適開口率 ρ_s は、 $\rho_s = 18.7 \times \phi_1^{-2.04}$ であり、貫通孔の平均開口率 ρ_c は、 $\rho_c/\rho_s = 0.30 \times \ln(\phi_1) - C$ 、 $0.46 \leq C \leq 0.70$ を満たすのが好ましい。

[0038] ここで、貫通孔 A としては、同孔径型形状および異孔径型形状の両方を含んでいてもよい。従って、貫通孔 A の最小孔径 ϕ_1 (μm) と最大孔径 ϕ_2 (μm) とが、 $2 \leq \phi_2/\phi_1 \leq 5$ の範囲にある場合には、貫通孔の平均開口率を ρ_c とし、最小孔径 ϕ_1 で直管形状の場合の最適開口率を ρ_s とすると、最適開口率 ρ_s は、 $\rho_s = 18.7 \times \phi_1^{-2.04}$ であり、貫通孔の平均開口率 ρ_c は、 $\rho_c/\rho_s = 0.30 \times \ln(\phi_1) - C$ 、 $0.20 \leq C \leq 0.70$ を満たすのが好ましい。また、定数 C は、 $0.25 \leq C \leq 0.65$ を満たすのがより好ましく、 $0.30 \leq C \leq 0.60$ を満たすのがさらに好ましい。

また、貫通孔 A として、同孔径型形状が異孔径型形状よりも多い場合には、 $0.20 \leq C \leq 0.48$ を満たすのが好ましく、異孔径型形状が同孔径型形状よりも多い場合には、 $0.46 \leq C \leq 0.70$ を満たすのが好ましい。

[0039] また、図 7 および図 10 から、貫通孔 A が同孔径型形状および異孔径型形状いずれの場合においても、最小孔径 ϕ_1 と最大孔径 ϕ_2 との倍率 ϕ_2/ϕ_1 が、

$1 < \phi_2 / \phi_1 < 2$ の範囲にある場合には、平均開口率 ρ_c は、最小孔径 ϕ_1 で直管形状の場合の最適開口率 ρ_s よりも小さく、 $2 \leq \phi_2 / \phi_1 \leq 5$ の場合の開口率 $\rho_c = \rho_s \times (0.30 \times \ln(\phi_1) - C)$ よりも大きい範囲にあるのが好ましいことがわかる。すなわち、 $\rho_s \times (0.30 \times \ln(\phi_1) - C) < \rho_c < \rho_s$ を満たすのが好ましい。

[0040] 最小孔径 ϕ_1 と最大孔径 ϕ_2 との倍率 ϕ_2 / ϕ_1 は、最適開口率を小さく保ち、表面を元の素材のまま残す観点からは大きいのが好ましいが、微細穿孔シートの内部の強度の観点からは、小さいほうが好ましい。従って、倍率 ϕ_2 / ϕ_1 は、1.1 倍以上 3 倍以下が好ましく、1.3 倍以上 2 倍以下がより好ましい。

[0041] なお、貫通孔の平均開口径は、微細穿孔シートが不透明シート（金属シートを含む）の場合は、微細穿孔シートの一方の面から白色光を投影し、もう片方の面側から光学顕微鏡（浜松ホトニクス製）を用いて観察する。その観察写真において、周囲が環状に連なっている貫通孔を 20 個抽出し、その開口径を読み取って、これらの平均値を平均開口径として算出する。もし、1 枚の写真内に貫通孔が 20 個未満の場合は、周辺の別の位置で写真を撮影し、合計個数が 20 個になるまでカウントする。この手法で計測することで、光が透過する面積が貫通孔の最小孔径部に対応するため、それぞれの貫通孔の最小孔径を測定することができる。本発明においては、開口率や表面の観察における平均開口径は最小孔径を基準としている。

一方、微細穿孔シートが透明シートの場合は、20 個の孔を決めて、上記手法においてそれぞれについて孔の縁の大きさによって最小孔径を計測することができる。それより平均開口径（最小孔径）を求める。

なお、開口径は、貫通孔部分の面積をそれぞれ計測し、同一の面積となる円に置き換えたときの直径（円相当径）を用いて評価する。すなわち、貫通孔の開口部の形状は略円形状に限定はされないので、開口部の形状が非円形状の場合には、同一面積となる円の直径で評価する。従って、例えば、2 以上の貫通孔が一体化したような形状の貫通孔の場合にも、これを 1 つの貫通孔

とみなし、貫通孔の円相当径を開口径とする。

これらの作業は、例えば「Image J」 (<https://imagej.nih.gov/ij/>) を用いて、Analyze Particlesにより円相当直径、開口率などを全て計算することができる。

[0042] また、貫通孔の形状は、上記の開口径を測定する際に最大値として測定した方向の断面で見た際の形状であり、最大孔径 ϕ_2 、最小孔径 ϕ_1 、および、他方の面での孔径 ϕ_3 は、貫通孔をミクロトームで切断して断面を形成し、この断面を高分解能走査型電子顕微鏡 (SEM) を用いて倍率800倍で撮影し、内部で最大孔径となる形状の貫通孔Aを10個抽出して、最大孔径 ϕ_2 、最小孔径 ϕ_1 、および、他方の面での孔径 ϕ_3 を測定すればよい。

[0043] また、平均開口率 ρ_0 は、上記の光学顕微鏡を用いた透過光の観察写真によって、最小孔径部を基準とした開口率を求める。得られた視野(30mm×30mm)(5か所)について、画像解析ソフト等で2値化して貫通孔部分と非貫通孔部分を観察し、貫通孔の開口面積の合計と視野の面積(幾何学的面積)との比率(開口面積/幾何学的面積)から算出し、各視野(5箇所)における平均値を平均開口率 ρ_0 として算出する。

[0044] また、全貫通孔に対する上記形状の貫通孔Aの数の割合には特に限定はないが、吸音特性、見た目、さわり心地等の観点から、30%以上であるのが好ましく、50%以上がより好ましく、70%以上がさらに好ましい。

なお、貫通孔Aの割合は、5mm×5mmの範囲、10箇所における全貫通孔について、上記平均開口径の測定、および、上記貫通孔の形状の測定と同じ測定を行い、貫通孔Aの数の割合を算出する。

[0045] 微細穿孔シートの厚みには限定はないが、厚みが厚いほど音が貫通孔を通過する際に受ける摩擦エネルギーが大きくなるため吸音性能がより向上すると考えられる。また、極端に薄い場合には取り扱いが難しく破けやすいため、保持できる程度に厚い方が望ましい。一方で、小型化、および、通気性は厚みが薄いのが好ましい。また、貫通孔の形成方法にエッチングなどを用いる場合は、厚みが厚いほど作製に時間がかかるため生産性の観点からは薄い

方が望ましい。また、厚すぎると、厚い貫通孔を通過する際に音の局所速度が低下してしまい、吸音体を通過する音の速度が小さくなってしまうため、吸音体による吸音効果が低くなってしまうおそれがある。

吸音性能、小型化、通気性および生産性等の観点から、微細穿孔シートの厚みは、 $5\ \mu\text{m}$ ～ $500\ \mu\text{m}$ が好ましく、 $7\ \mu\text{m}$ ～ $300\ \mu\text{m}$ がより好ましく、 $10\ \mu\text{m}$ ～ $100\ \mu\text{m}$ がさらに好ましく、 $15\ \mu\text{m}$ ～ $50\ \mu\text{m}$ が特に好ましい。

[0046] 微細穿孔シートの材料には限定はなく、アルミニウム、チタン、ニッケル、パーマロイ、42アロイ、コバルト、ニクロム、銅、ベリリウム、リン青銅、黄銅、洋白、錫、亜鉛、鉄、タンタル、ニオブ、モリブデン、ジルコニウム、金、銀、白金、パラジウム、鋼鉄、タングステン、鉛、および、イリジウム等の各種金属；これら金属による合金材料；PET（ポリエチレンテレフタレート）、TAC（トリアセチルセルロース）、ポリ塩化ビニルデン、ポリエチレン、ポリ塩化ビニル、ポリメチルペンテン、COP（シクロオレフィンポリマー）、ポリカーボネート、ゼオノア、PEN（ポリエチレンナフタレート）、ポリプロピレン、ポリイミド、ABS樹脂（アクリロニトリル（Acrylonitrile）、ブタジエン（Butadiene）、スチレン（Styrene）共重合合成樹脂）、および、PLA（ポリ乳酸（polylactic acid））樹脂等の樹脂材料等が利用可能である。さらに、薄膜ガラスなどのガラス材料；CFRP（炭素繊維強化プラスチック：Carbon Fiber Reinforced Plastics）、GFRP（ガラス繊維強化プラスチック：Glass Fiber Reinforced Plastics）のような繊維強化プラスチック材料を用いることもできる。

ヤング率が高く、厚みが薄くても膜振動が起きにくく、微小な貫通孔での摩擦による吸音の効果が得られやすい等の観点から、金属材料を用いるのが好ましい。なかでも、コストおよび入手容易性の観点から、銅、ニッケル、ステンレス、チタンおよびアルミニウムが好ましい。特に、軽量である、エッチング等により微小な貫通孔を形成しやすい、入手性やコスト等の観点か

らアルミニウム及びアルミニウム合金を用いるのが好ましい。

[0047] また、金属材料を用いる場合には、錆びの抑制等の観点から、表面に金属めっきを施してもよい。

さらに、少なくとも貫通孔の内表面に金属めっきを施すことによって、貫通孔の平均開口径をより小さい範囲に調整してもよい。

[0048] また、微細穿孔シート material として、金属材料のように導電性を持ち帯電しない材料を用いることによって、微小な埃およびゴミ等が静電気で膜に引き寄せられることがなく、微細穿孔シートの貫通孔に埃およびゴミ等が詰まって吸音性能が低下することを抑制できる。

また、微細穿孔シート material として金属材料を用いることによって、耐熱性を高くできる。また、耐オゾン性を高くすることができる。

また、微細穿孔シートとして金属材料を用いる場合には、電波を遮蔽することができる。

[0049] また、金属材料は、遠赤外線による輻射熱に対する反射率が大きいため、微細穿孔シート material として金属材料（導電性材料）を用いることで、輻射熱による伝熱を防ぐ断熱材としても機能する。その際、微細穿孔シートには複数の貫通孔が形成されているが、貫通孔の最小孔径が小さいため微細穿孔シートは反射膜として機能する。

金属に複数の微細な貫通孔が開いた構造は、周波数のハイパスフィルターとして機能することが知られている。例えば、電子レンジの金属の網目がついた窓は、高周波である可視光は通しながら、電子レンジに用いられるマイクロ波に対しては遮蔽する性質を持つ。この場合、貫通孔の孔径を Φ 、電磁波の波長を λ としたときに、 $\Phi < \lambda$ の関係の長波長成分は通さず、 $\Phi > \lambda$ である短波長成分は透過するフィルターとして機能する。

ここで、輻射熱に対する応答を考える。輻射熱とは、物体から物体温度に応じて遠赤外線が放射され、それが他の物体に伝えられる伝熱機構である。ウィーンの放射法則 (Wien's radiation law) から、室温程度の環境における輻射熱は $\lambda = 10 \mu\text{m}$ を中心として分布し、長波長側にはその3倍程度の

波長まで（ $30\ \mu\text{m}$ まで）は実効的に熱を輻射で伝えることに寄与していることが知られている。上記ハイパスフィルターの孔径 Φ と波長 λ の関係を考えると、 $\Phi = 20\ \mu\text{m}$ の場合は $\lambda > 20\ \mu\text{m}$ の成分を強く遮蔽する一方で、 $\Phi = 50\ \mu\text{m}$ の場合は $\Phi > \lambda$ の関係となり輻射熱が貫通孔を通して伝搬してしまう。すなわち、孔径 Φ が数 $10\ \mu\text{m}$ であるために孔径 Φ の違いによって輻射熱の伝搬性能が大きく変わり、孔径 Φ 、すなわち、平均開口径が小さいほど輻射熱カットフィルターとして機能することが分かる。従って、輻射熱による伝熱を防ぐ断熱材としての観点からは、微細穿孔シートに形成される貫通孔の平均開口径は $20\ \mu\text{m}$ 以下が好ましい。

[0050] 一方で、微細穿孔シートに透明性が必要な場合は透明にできる樹脂材料やガラス材料を用いることができる。例えば、PETフィルムは樹脂材料の中ではヤング率も比較的高く、入手も容易で透明性も高いため、貫通孔を形成し好適な微細穿孔シートとすることができる。

[0051] また、微細穿孔シートは、その素材に応じて、適宜、表面処理（メッキ処理、酸化皮膜処理、表面コーティング（フッ素、セラミック）など）を行うことで、微細穿孔シートの耐久性を向上することができる。例えば、微細穿孔シートの材料としてアルミニウムを用いる場合には、アルマイト処理（陽極酸化処理）あるいはベーマイト処理を行なって表面に酸化皮膜を形成することができる。表面に酸化皮膜を形成することで、耐腐食性、耐摩耗性および耐擦傷性等を向上することができる。また、処理時間を調整して酸化皮膜の厚みを調整することで光学干渉による色味の調整を行なうことができる。

[0052] また、微細穿孔シートに対して、色付け、加飾、装飾およびデザイン等を施すことができる。これらを施す方法としては、微細穿孔シートの材質や表面処理の状態により適宜方法を選択すればよい。例えば、インクジェット法を用いた印刷などを用いることができる。また、微細穿孔シートの材料としてアルミニウムを用いる場合には、カラーアルマイト処理を行うことで耐久性の高い色付けを行なうことができる。カラーアルマイト処理とは表面にアルマイト処理を行った後に、染料を浸透させ、その後に表面を封孔処理する

処理のことである。これによって、金属光沢の有無や色など、デザイン性の高い微細穿孔シートとすることができる。また、貫通孔を形成したのちにアルマイト処理を行うことで、アルミニウム部分のみに陽極酸化被膜が形成されるために、染料が貫通孔を覆ってしまい吸音特性を低減するということなく加飾を行うことができる。

上記アルマイト処理と合わせることで、さまざまな色みやデザインをつけることができる。

[0053] ここで、本発明の防音構造体において、微細穿孔シートの複数の貫通孔は、規則的に配列されていてもよく、ランダムに配列されていてもよい。微細な貫通孔の生産性や、吸音特性のロバスト性、さらに音の回折を抑制する等の観点から、ランダムに配列されているのが好ましい。音の回折に関しては、貫通孔が周期的に配列されているとその貫通孔の周期に従って音の回折現象が生じ、音が回折により曲がり騒音の進む方向が複数に分かれる懸念がある。ランダムとは完全に配列したような周期性を持たない配置になっている状態であり、各貫通孔による吸収効果が現れる一方で、貫通孔間最小距離による音の回折現象は生じない配置となる。

また、複数の貫通孔を有する微細穿孔シートを作製する際に、大量生産のためには周期的配列を作製するプロセスよりも表面処理など一括でランダムなパターンを形成する方が容易であるため、生産性の観点からもランダムに配列されていることが好ましい。

[0054] また、配列に起因する貫通孔の視認性の観点からも、貫通孔はランダムに配置されているのが好ましい。貫通孔が規則的に配列されていると、その貫通孔の配列の周期に従って光の回折現象が生じ光が虹色に拡がって見えるおそれがある。

特に、貫通孔の平均開口径を $100\ \mu\text{m}$ 未満と小さい開口径とした場合には、吸音性能の観点から平均開口率はある程度高くする必要がある。そのため、隣接する貫通孔間の距離（貫通孔間最小距離）が小さくなるため、規則的な配列による光の回折現象が発生しやすくなる。

これに対して、貫通孔をランダムに配置することで、貫通孔の平均開口径を $100\ \mu\text{m}$ 未満と小さい開口径とし、高い吸音性能を有する構成とした場合でも、貫通孔間最小距離による光の回折現象は生じにくくすることができる。

[0055] なお、本発明において、貫通孔がランダムに配置されるとは、以下のよう
に定義する。

完全に周期構造であるときには強い回折光が現れる。また、周期構造のごく一部だけ位置が異なるなどしても、残りの構造によって回折光が現れる。回折光は、周期構造の基本セルからの散乱光の重ね合わせで形成される波であるため、ごく一部だけ乱されても残りの構造による干渉が回折光を生じるというメカニズムである。

よって、周期構造から乱れた基本セルが多くなればなるほど、回折光を強めよう干渉をする散乱光が減っていくことにより、回折光の強さが小さくなる。

よって、本発明における「ランダム」とは、少なくとも全体の10%の貫通孔が周期構造からずれた状態であることを示す。上記の議論より、回折光を抑制するためには周期構造からずれた基本セルが多いほど望ましいため、全体の50%がずれている構造が好ましく、全体の80%がずれている構造がより好ましく、全体の90%がずれている構造がさらに好ましい。

[0056] ずれの検証としては、貫通孔が5個以上が収まる画像をとり、その分析を行うことでできる。収める貫通孔の数は多い方がより精度の高い分析を行うことができる。画像は光学顕微鏡によっても、SEMによっても、その他、貫通孔複数個の位置を認識できる画像であったら用いることができる。

撮影した画像において、一つの貫通孔に着目し、その周囲の貫通孔との距離を測定する。最近接である距離を a_1 、第二、第三、第四番目に近い距離をそれぞれ a_2 、 a_3 、 a_4 とする。このとき、 a_1 から a_4 の中で二つ以上の距離が一致する場合(例えば、その一致した距離を b_1 とする)、その貫通孔は b_1 の距離について周期構造を持つ孔として判断できる。一方で、 a

1 から a 4 のどの距離も一致しない場合、その貫通孔は周期構造からずれた貫通孔として判断できる。この作業を画像上の全貫通孔に行い判断を行う。

ここで、上記「一致する」は着目した貫通孔の孔径を Φ としたときに Φ のずれまでは一致したとする。つまり、 $a_2 - \Phi < a_1 < a_2 + \Phi$ の関係であるとき、 a_2 と a_1 は一致したとする。これは、回折光が各貫通孔からの散乱光を考えているため、孔径中の範囲では散乱が生じていると考えられるためである。

次に、例えば「 b_1 の距離について周期構造を持つ貫通孔」の個数を数えて、画像上の全貫通孔の個数に対する割合を求める。この割合を c_1 としたとき、割合 c_1 が周期構造を持つ貫通孔の割合であり、 $1 - c_1$ が周期構造からずれた貫通孔の割合となり、 $1 - c_1$ が上記の「ランダム」を決める数値となる。複数の距離、例えば「 b_1 の距離について周期構造を持つ貫通孔」と「 b_2 の距離について周期構造を持つ貫通孔」が存在した場合、 b_1 と b_2 についてはそれぞれ別にカウントする。 b_1 の距離について周期構造の割合が c_1 、 b_2 の距離について周期構造の割合が c_2 であったとすると、 $(1 - c_1)$ と $(1 - c_2)$ がともに 10% 以上である場合にその構造は「ランダム」となる。

一方で、 $(1 - c_1)$ と $(1 - c_2)$ のいずれかが 10% 未満となる場合、その構造は周期構造を持つことになり「ランダム」ではない。このようにして、いずれの割合 c_1 、 c_2 、… に対しても「ランダム」の条件を満たす場合に、その構造を「ランダム」と定義する。

[0057] また、複数の貫通孔は、1 種類の開口径の貫通孔からなるものであってもよく、2 種以上の開口径の貫通孔からなるものであってもよい。生産性の観点、耐久性の観点等から、2 種以上の開口径の貫通孔からなるのが好ましい。

生産性としては、上記のランダム配列と同じく、大量にエッチング処理を行う観点から開口径にばらつきを許容した方が生産性が向上する。また、耐久性の観点としては、環境によってほこりやごみのサイズが異なるため、も

し1種類の開口径の貫通孔とすると主要なゴミのサイズが貫通孔とほぼ合致するときには全ての貫通孔に影響を与えることとなる。複数種類の開口径の貫通孔を設けておくことによって、様々な環境において適用できるデバイスとなる。

[0058] また、音が貫通孔内を通過する際の摩擦をより大きくする観点から、貫通孔の内壁面は、粗面化されているのが好ましい。具体的には、貫通孔の内壁面の表面粗さ R_a は、 $0.1\mu\text{m}$ 以上であるのが好ましく、 $0.1\mu\text{m}\sim 10.0\mu\text{m}$ であるのがより好ましく、 $0.2\mu\text{m}$ 以上 $1.0\mu\text{m}$ 以下であるのがより好ましい。

ここで、表面粗さ R_a は貫通孔内をAFM (Atomic Force Microscope) で計測することによって測定を行うことができる。AFMとしては、例えば、株式会社日立ハイテクサイエンス社製 SPA300を用いることができる。カンチレバーはOMCL-AC200TSを用い、DFM (Dynamic Force Mode) モードで測定することができる。貫通孔の内壁面の表面粗さは、数ミクロン程度であるため、数ミクロンの測定範囲および精度を有する点から、AFMを用いることが好ましい。

[0059] また、貫通孔内のSEM画像から貫通孔内の凹凸の凸部の一つ一つを粒子とみなして、凸部の平均粒径を算出することができる。

具体的には、2000倍の倍率で撮ったSEM画像($1\text{mm}\times 1\text{mm}$ 程度の視野)をImage Jに取り込み、凸部が白となるように白黒に二値化し、その各凸部の面積をAnalyze Particlesにて求める。その各面積と同一面積となる円を想定した円相当径を各凸部について求めて、その平均値を平均粒径として算出する。

この凸部の平均粒径は $0.1\mu\text{m}$ 以上 $10.0\mu\text{m}$ 以下であることが好ましく、 $0.15\mu\text{m}$ 以上 $5.0\mu\text{m}$ 以下であることがより好ましい。

[0060] ここで、シミュレーションにおいて、貫通孔内の速度を計測した。貫通孔内の速度は音圧が 1Pa ($=94\text{dB}$) のときに $5\times 10^{-2}\text{ (m/s)}$ 程度、 60dB のときに $1\times 10^{-3}\text{ (m/s)}$ 程度となる。

周波数2500Hzの音を吸音するとき、局所速度より、音波を媒介する媒質の局所的な移動速度が分かる。それより、もし貫通孔の貫通方向に粒子が振動していると仮定して、移動距離を求めた。音は振動しているため、その距離振幅は半周期内に移動できる距離となる。2500Hzでは、一周期が $1/2500$ 秒であるため、その半分の時間は同じ方向にできる。局所速度から求められる音波半周期での最大移動距離（音響移動距離）は、94dBで $10\mu\text{m}$ 、60dBで $0.2\mu\text{m}$ となる。よって、この音響移動距離程度の表面粗さを持つことによって摩擦が増加するため、上述した表面粗さRaの範囲、および、凸部の平均粒径の範囲が好ましい。

[0061] ここで、貫通孔の大きさに起因する視認性の観点からは、微細穿孔シートに形成される複数の貫通孔の平均開口径は、 $50\mu\text{m}$ 以下が好ましく、 $20\mu\text{m}$ 以下がより好ましい。

本発明の防音構造体に用いられる、微細な貫通孔を有する微細穿孔シートを壁表面や目に見えるところに配置する場合、貫通孔自体が見えてしまうとデザイン性を損ない、見た目として孔があいていることが気になるため、貫通孔が見えにくいことが望ましい。部屋内の防音壁、調音壁、防音パネル、調音パネル、および、機械の外装部分など様々なところで貫通孔が見えてしまうと問題になる。

[0062] まず、一つの貫通孔の視認性について検討する。

以下、人間の目の分解能が視力1の場合において議論する。

視力1の定義は1分角を分解して見えることである。これは30cmの距離で $87\mu\text{m}$ が分解できることを示す。視力1の場合の距離と分解能との関係を図11に示す。

貫通孔が見えるかどうかは、上記視力に強く関係する。視力検査をランドルト環のギャップ部分の認識で行うように、二点及び／又は二線分間の空白が見えるかは分解能に依存する。すなわち、目の分解能未満の開口径の貫通孔は、貫通孔のエッジ間の距離が目で分解ができないため視認が困難となる。一方で目の分解能以上の開口径の貫通孔の形状は認識できる。

視力1の場合、100 μm の貫通孔は35cmの距離から分解できるが、50 μm の貫通孔は18cm、20 μm の貫通孔は7cmの距離まで近づかないと分解することができない。よって、100 μm の貫通孔では視認できて気になる場合でも、20 μm の貫通孔を用いることで1/5の極めて近い距離に近づかない限り認識できない。よって、開口径が小さい方が貫通孔が視認されにくく有利となる。防音構造体を壁や車内に用いたときに観察者からの距離は一般的に数10cmの距離となるが、その場合は開口径100 μm 程度がその境目となる。

[0063] 次に、貫通孔によって生じる光散乱について議論する。可視光の波長は400nm~800nm(0.4 μm ~0.8 μm)程度であるため、本発明で議論している数10 μm の開口径は十分に光学波長より大きい。この場合、可視光において散乱断面積(物体がどれだけ強く散乱するかを示す量、単位は面積)は幾何学的断面積、すなわち今回の場合では貫通孔の断面積にほぼ一致する。すなわち、可視光が散乱される大きさは貫通孔の半径(円相当直径の半分)の二乗に比例することが分かる。よって、貫通孔が大きければ大きいほど、光の散乱の強さが貫通孔の半径の二乗で大きくなっていく。貫通孔単体の見えやすさは光の散乱量に比例するため、平均開口率が同一の場合でも貫通孔一つ一つが大きい場合の方が見えやすい。

[0064] さらに、本発明の防音構造体の微細穿孔シートは微細な貫通孔が複数存在する系であるため、一つ一つの貫通孔の見えやすさに加えて、貫通孔の配置による空間周波数も視認性に強く関連する。配列による見えやすさを示したものが視覚伝達関数(visual transfer function(VTF))、国際公開W02014/141867 A1参照、視覚伝達関数自体は「R.P.Dooley, R.Shaw: Noise Perception in Electrophotography, J.Appl.Photogr.Eng., 5, 4 (1979), pp.190-196.」により提唱されている)である。視覚伝達関数とは、空間周波数(周期構造、ピッチ、および、粒子配列などの並び方)ごとに、どの程度人間の視覚により検知されやすいかを示した関数であり、数値が大きいほど検知されやすいことを示す。

視覚伝達関数によると、人間は数 m^{-1} の空間周波数を最も強く認識できることが分かっている。

[0065] 最後に、貫通孔の配列に関して周期性を有さないランダムな配列と、周期的な配列との差について検討する。周期的な配列では、その周期に応じて光の回折現象が生じる。この場合、透過する白色光、反射する白色光および広いスペクトルの光等が当たった場合に、光が回折して虹のように色がずれて見える、特定角度で強く反射するなど、色みが様々に見えてしまうことでパターンが目立つ。

一方で、ランダムに配列した場合は上記の回折現象が生じない。

[0066] 本発明において、微細穿孔シートの貫通孔は、内部で最大孔径となる形状を有するため、貫通孔の主面における直径より大きなゴミは貫通孔内に侵入せず、一方直径より小さなゴミは内部直径が大きくなっていることよりそのまま貫通孔内を通過できる。

これは、逆の形状で内部がすぼまっている形状を考えると、貫通孔の主面における直径の部分を通ったゴミが内部の直径が小さい部分に引っかかり、ゴミがそのまま残りやすいことと比較すると、内部で最大径となる形状がゴミの詰まり抑制では有利に機能することがわかる。

また、いわゆるテーパ形状のように、膜のどちらか一方の表面が最大径となり、内部直径が略単調減少する形状においては、最大径となる方から「最大径 > ゴミのサイズ > もう一方の表面の直径」の関係を満たすゴミが入った場合に、内部形状がスロープのように機能して途中で詰まる可能性がさらに大きくなる。

[0067] 微細穿孔シートの作製方法としては、微細穿孔シートの形成材料等に応じて、公知の方法で行えばよい。

例えば、微細穿孔シートとしてアルミニウム箔等の金属箔を用いる場合には、表面にレジスト材料を塗布したのちに、レジスト材料にリソグラフィーを行い、その後、エッチング加工を行うことで、貫通孔を形成することができる。あるいは、シリコン等の基板に対してフォトリソグラフィーによるエ

ッチング法を用いて、円柱形状の凸部を複数形成し、次に、ニッケル電鍍法等の電気化学反応を用いて、凸部を形成した基板を原型として金属を基板に電着させて金属箔を形成し、この金属箔を基板から剥離することで、貫通孔を有する微細穿孔シートを形成することができる。また、国際公開WO 2016/060037号に記載の製造方法などによって、貫通孔内部で孔径が膨らんでいる、内部で最大径となる貫通孔を形成することができる。

また、微細穿孔シートとしてPETフィルム等の樹脂フィルムを用いる場合には、レーザー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、針加工などの物理的接触による機械加工方法で貫通孔を形成することができる。例えば、レーザー加工の場合には、集光した高強度レーザーの角度によってレーザー形状を反映して貫通孔をテーパ状に加工することができる。

[0068] ここで、微細穿孔シートは、1枚のシート状の部材に、内部で最大孔径となる形状の貫通孔Aが形成されている構成に限定はされない。図12および図13に示す例のように、微細穿孔シートは、2枚のシート状の部材を貼り合せて構成してもよい。

[0069] 図12に示す微細穿孔シート12は、2枚の微細構造シート13を積層した構成である。なお、図12においては説明のため、2枚の微細構造シート13を離間した状態で図示する。この点は図13も同様である。

微細構造シート13は、一方の面側で最大径となり、他方の面側で最小径となるテーパ孔15を複数有する。

2枚の微細構造シート13は、テーパ孔15が最大径となる側の面同士を対面させて積層されている。面方向における2枚の微細構造シート13それぞれのテーパ孔15の位置が一致することで、内部で最大孔径となる同孔径型形状の貫通孔Aが形成される。すなわち、微細構造シート13に形成されるテーパ孔15の最大径が貫通孔Aの最大孔径 ϕ_2 であり、テーパ孔15の最小径が貫通孔Aの最小孔径 ϕ_1 となる。

[0070] 図12に示す例においては、2枚の微細構造シート13それぞれに形成さ

れるテーパ孔15が同じ形状としたがこれに限定はされない。

図13に示す微細穿孔シート12は、微細構造シート13aと微細構造シート13bとを積層した構成である。

微細構造シート13aおよび微細構造シート13bはそれぞれ、一方の面で最大径となり、他方の面で最小径となるテーパ孔15a、15bを有する。テーパ孔15bの最大径と、テーパ孔15aの最大径とは略同じである。テーパ孔15bの最小径は、テーパ孔15aの最小径よりも小さい。

微細構造シート13aおよび微細構造シート13bは、テーパ孔15aおよびテーパ孔15bがそれぞれ最大径となる側の面同士を対面させて積層されている。面方向におけるテーパ孔15aおよびテーパ孔15bの位置が一致することで、内部で最大孔径となる異孔径型形状の貫通孔Aが形成される。すなわち、微細構造シート13aおよび微細構造シート13bに形成されるテーパ孔15aおよびテーパ孔15bの最大径が貫通孔Aの最大孔径 ϕ_2 であり、テーパ孔15bの最小径が貫通孔Aの最小孔径 ϕ_1 であり、テーパ孔15aの最小径が貫通孔Aの孔径 ϕ_3 である。

[0071] なお、積層する2枚の微細構造シートの厚み、テーパ孔の形状、個数、配列等は同じであっても異なってもよい。

また、2枚の微細構造シートを積層した際に、他方の微細構造シートのテーパ孔と面方向の位置が一致しないテーパ孔を有していてもよい。すなわち、貫通孔Aを構成しないテーパ孔を有していてもよい。

2枚の微細構造シートのテーパ孔の位置合わせが容易になる点から、2枚の微細構造シートのテーパ孔は規則的に形成されているのが好ましい。

[0072] テーパ孔を有する微細構造シートは、上述した微細穿孔シートと同様の方法で作製することができる。

2枚の微細構造シートは、接着剤、熱融着、水分等を用いた表面張力、端部をテープ等で固定する、磁石で抑える等の方法で貼り合わせればよい。また、磁力を帯びた微細構造シートを用いれば、膜同士をつけることもできる。

[0073] ここで、本発明の防音構造体は、微細穿孔シートに加えて、多孔質吸音体を有していてもよい。

図14に本発明の防音構造体の他の一例を模式的に表す断面図を示す。

図14に示す防音構造体10は、微細穿孔シート12と、微細穿孔シートの一方の主面に接して配置される多孔質吸音体20を有する。

なお、図14～図26においては、簡単のため、微細穿孔シートに形成される貫通孔の形状を直管形状で表すが、内部で最大孔径となる貫通孔Aを含む。

[0074] 多孔質吸音体20としては、特に限定はなく、従来公知の多孔質吸音材が適宜利用可能である。例えば、発泡ウレタン、軟質ウレタンフォーム、木材、セラミックス粒子焼結材、フェノールフォーム等の発泡材料および微小な空気を含む材料；グラスウール、ロックウール、マイクロファイバー（3M社製シンサレートなど）、フロアマット、絨毯、メルトブローン不織布、金属不織布、ポリエステル不織布、金属ウール、フェルト、インシュレーションボードおよびガラス不織布等のファイバーおよび不織布類材料；木毛セメント板；シリカナノファイバーなどのナノファイバー系材料；石膏ボード；種々の公知の吸音材が利用可能である。

[0075] 多孔質吸音体20の厚みには限定はない。吸音性能等の観点から、多孔質吸音体20の厚みは3mm～100mmが好ましく、5mm～50mmがより好ましく、10mm～30mmがさらに好ましい。

[0076] 多孔質吸音体による吸音のメカニズムは、多孔質の吸音体中の細孔を音が伝搬する際に、粘性減衰や熱伝導によって音のエネルギーが減衰されるものである。この減衰抵抗は音の粒子速度に比例する。

[0077] ここで、本発明者らの検討によれば、貫通孔を有する微細穿孔シートと多孔質吸音体とを組み合わせると、貫通孔を通過する際に局所速度が極めて大きくなるため、この効果により、多孔質吸音体を通過する音の速度も一部で大きくなる。これにより、微細穿孔シートと組み合わせることで、多孔質吸音体による吸音の効果が向上することがわかった。

[0078] また、多孔質吸音体 20 を微細穿孔シート 12 に接触させて配置することで、貫通孔を有する微細穿孔シートが破損することを防ぐ効果がある。

また、発泡ウレタンやグラスウールなどの多孔質吸音体は、中に空気を多く含む構造上、経時で埃を出しやすいものも多い。図 14 に示す例のように微細穿孔シートを多孔質吸音体上に配置することで、多孔質吸音体からの埃の量を抑制できる効果も有する。

[0079] 微細穿孔シート 12 と多孔質吸音体 20 との配置方法には特に限定はなく、微細穿孔シート 12 を多孔質吸音体 20 上に載置するのみでもよいし、微細穿孔シート 12 を多孔質吸音体 20 に固定してもよい。微細穿孔シート 12 と多孔質吸音体 20 との固定方法としては、接着剤(3M社製スプレーのりなど)で貼り合わせる、一部を両面テープなどの粘着剤でくっつける、ホッチキスのように機械的に止めるなど多数の方法が可能である。

この際に、微細穿孔シートと多孔質吸音体の間で全面がついている必要はなく、一部が接していればよい。また、メッシュ(メタルメッシュやプラスチックメッシュなど)、枠体、通気膜など音を通す部材を介して多孔質吸音体と微細穿孔シートが接していても良い。微細穿孔シートの効果である粒子速度の大きな変化の影響が多孔質吸音体に及ぶ範囲であれば、離れている部分も吸音特性の変化を生じさせることができる。

また、後述する壁部材を有する構成においては、例えば、壁部材に多孔質吸音体を設置し、その多孔質吸音体表面に微細穿孔シートを接するようにたてかける、もしくは載せて置くだけでも良い。

[0080] ここで、防音対象の騒音源に対する、防音構造体 10 の向きには特に限定はなく、微細穿孔シート 12 側を騒音源側としてもよいし、図 15 に示す例のように、多孔質吸音体 20 側を騒音源側としてもよい。図 15 中の矢印は音の入射方向であり、図中上側に騒音源が位置する。

[0081] なお、騒音源の方向に関して、例えばスピーカーや機械騒音など、騒音源が明確な場合はそのものの方向を入射方向として決定できる。また、「音の入射方向」を定量的に決定する手法として、マイクロフォンアレイやビーム

フォーミング、PUプローブを用いて、音圧の位相情報や粒子速度を音圧の振幅情報と同時に測定することによって音源の方向を定めることができる。

小野測器製の3次元インテンシティプローブMI-6420や、Microflown製のPUプローブ(音圧-粒子速度プローブ)、ブリューエルアンドケラー社のマイクロホンアレイシステムなどを用いることによって、音圧の強さだけでなく位置も決定することができる。十分にスペースのある広い自由空間ではマイクロホンアレイシステムを用いて空間全体から周波数ごとの騒音源を決定することが望ましく、ダクト内など広さが限られる場合は小型のインテンシティプローブや、PUプローブで決定することができる。

[0082] ここで、図14に示す例では、1つの微細穿孔シート12と1つの多孔質吸音体20とを有する構成としたが、微細穿孔シート12及び/又は多孔質吸音体20を2つ以上有する構成としてもよい。

例えば、図16に示す例のように、多孔質吸音体20と微細穿孔シート12とが交互に2以上積層される構成としてもよい。また、図17に示す例のように、多孔質吸音体20の両面それぞれに微細穿孔シート12を配置する構成としてもよい。あるいは、微細穿孔シート12の両面それぞれに多孔質吸音体20を配置する構成としてもよい。

微細穿孔シートを吸音体で挟むことで、微細穿孔シートが破れたり傷ついたりすることを避けることができる点で好ましい。

[0083] また、本発明の防音構造体は、多孔質吸音体の、微細穿孔シートとは反対側の面側に壁部材を有していてもよい。

図18に示す例では、防音構造体10は、微細穿孔シート12、多孔質吸音体20および壁部材30をこの順で有する。また、多孔質吸音体20と壁部材30とは接して配置されている。

また、図19に示す例では、防音構造体10は、微細穿孔シート12、多孔質吸音体20および壁部材30をこの順で有する。また、多孔質吸音体20と壁部材30とは所定距離離間して配置されている。

[0084] 壁部材30は、実質的に剛体とみなすことができる板状の部材である。

壁部材 30 としては限定はないが、建物の壁、床、天井、車等の輸送機械の板金あるいは床、机等の一般家具類の板、防音壁、道路、パーティション等の板、家電類の表面、オフィス機器の表面もしくは内部ダクト、工業機械類表面、金属板等を挙げることができる。空気の音響インピーダンスと固体の音響インピーダンスはほとんどの素材で大きく異なるため、金属、プラスチック、木など素材に依らずにその表面反射は極めて大きくなる。従って、これらの材質からなる壁部材は実質的に剛体とみなすことができる。

[0085] このように壁部材 30 を有する構成とすることで、微細穿孔シート 12 および多孔質吸音体 20 を透過した音が、壁部材 30 で全て反射されて、再度、多孔質吸音体 20 および微細穿孔シート 12 に入射するため、吸音性能をより高くすることができる。

なお、吸音性能の点から、多孔質吸音体 20 と壁部材 30 とが接しているのが好ましい。すなわち、微細穿孔シート 12 と壁部材 30 との間の空間には多孔質吸音体 20 が充填されているのが好ましい。また、多孔質吸音体 20 と壁部材 30 とは一部が接する状態であってもよい。

[0086] また、壁部材 30 を有する構成の場合には、微細穿孔シート 12 と壁部材 30 との間の距離は 35 cm 未満とするのが好ましい。

壁部材 30 を有する構成とした場合には、壁部材の位置で音圧が最大となる。そのため、そこから半波長 $\lambda / 2$ 分離れた位置で、粒子速度が最小、音圧が最大となる。前述のとおり、微細穿孔シートは形成された貫通孔を通過する音のエネルギーを摩擦熱に代えて吸音する。そのため、微細穿孔シートが配置された位置で粒子速度が小さくなる周波数の音の吸収は小さくなる。すなわち、微細穿孔シートと壁部材との間隔が $\lambda / 2 + n \times \lambda / 2$ (n は 0 以上の整数) となる周波数の音の吸収が小さくなる。例えば、微細穿孔シートと壁部材との間隔が 34.3 cm だと、500 Hz、1000 Hz、1500 Hz、2000 Hz・・・の周波数の音の波長に対して、 $\lambda / 2 + n \times \lambda / 2$ と一致するため、これらの周波数の音の吸収が小さくなる。従って、微細穿孔シートと壁部材との間隔を 35 cm 未満とすることで、500 Hz

よりも小さい周波数の音の吸収が小さくなることを抑制できる。

可聴域の音の吸収を大きくする観点から、微細穿孔シートと壁部材との間隔は、小さいほど好ましく、17.1 cm (1000 Hz に対応) 以下が好ましく、8.5 cm (2000 Hz に対応) 以下がより好ましく、6.9 cm (2500 Hz に対応) 以下がさらに好ましく、1.7 cm (10000 Hz に対応) 以下が特に好ましく、0.85 cm (20000 Hz に対応) 以下が最も好ましい。

[0087] また、壁部材30を有する構成とした場合には、壁部材30の位置から1/4波長($\lambda/4$)分離れた位置で、粒子速度が最大となる。粒子速度が最大となる位置に微細穿孔シート12あるいは多孔質吸音体20が存在すると、この波長に対応する周波数の音の吸収が大きくなる。この点から、図20に示すように、防音対象とする音の周波数の波長 λ に対して、壁部材30の位置から1/4波長($\lambda/4$)分離れた位置に、微細穿孔シート12および多孔質吸音体20の少なくとも一方が存在することが好ましい。

特に、壁部材30の位置から1/4波長($\lambda/4$)分離れた位置に、微細穿孔シート12が存在することが好ましい。これにより、この波長に対応する周波数の音に対して、微細穿孔シート12の貫通孔による吸収の効果を大きくすることができる。

また、壁部材30が離間して配置される場合にも、壁部材30の位置から1/4波長($\lambda/4$)分離れた位置に、微細穿孔シート12および多孔質吸音体20の少なくとも一方が存在することが好ましい。

[0088] また、壁部材30を有する構成においては、微細穿孔シート12、多孔質吸音体20および壁部材30が一体化したセル構造として形成されていてもよい。

すなわち、壁部材30、多孔質吸音体20および微細穿孔シート12がそれぞれ接している構造ごと移動できる形状とすることで、可搬性のある吸音ボードや吸音セルとして用いることができる。具体的には、プラスチックあるいは金属の板(壁部材)に多孔質吸音体を貼りつけて、その多孔質吸音体

の表面に微細な貫通孔を有する微細穿孔シートが取り付けられている構造で、プラスチックや金属の板を薄くすることで持ち運びもできる重さのセルとすることができる。そのセルを複数個並べて壁等に取り付けることで吸音パネルあるいは調音パネルとして機能する。なお、吸音パネルとは音の吸音を目的とし、例えば、会議室や店などに用いられて声を明瞭化するために雑音を除去することなどに用いられる。また、調音パネルとは音の吸音や拡散を調整することで音を整える目的に用いられる。例えば、コンサートホールの音の響きの調整などに用いられる。

また、より小さい数cmのサイズのプラスチックや金属の板に多孔質吸音体と微細な貫通孔を有する微細穿孔シートを取り付けたセルとすることで、各種機器のダクトあるいは給気部等に配置して防音性能を発揮する防音セルとすることもできる。このように、壁部材も一体化したセル構造とすることで、設置時に多孔質吸音体と壁部材との距離を気にすることなく防音性能を発揮することができる。

[0089] その際、多孔質吸音体の表面のうち、壁部材に接していない表面の中の少なくとも一面は微細穿孔シートと接しているのが好ましい。すなわち、微細穿孔シートが多孔質吸音体と接して、かつ、防音構造体の表面に配置される構成となるのが好ましい。

また、図21に示すように、防音構造体の表面のうち一面が微細穿孔シート12からなり、微細穿孔シート12側の面と対向する面が壁部材30からなる構成とするのが好ましい。

[0090] また、図22に示す例のように、防音構造体の表面の全ての面が、微細穿孔シート12および壁部材30のいずれかからなる構成としてもよい。図22に示す例は、防音構造体の表面の一面が微細穿孔シート12からなり、他の表面が壁部材30からなる構成である。

[0091] また、図23に示すように、微細穿孔シート12、多孔質吸音体20および壁部材30をセル構造とした場合にも、微細穿孔シート12と壁部材との間の距離は、防音対象とする音の周波数の $1/4$ 波長であるのが好ましい。

[0092] また、本発明の防音構造体は、微細穿孔シートに加えて、枠体を有する構成としてもよい。

図24は、本発明の防音構造体の他の一例を模式的に示す断面図であり、図25は、図2の正面図である。

[0093] 図24および図25に示す防音構造体10は、微細穿孔シート12と、微細穿孔シートの一方の主面に接して配置される枠体16とを有する。

枠体16は、複数の孔部17を有し、微細穿孔シート12の一方の面に接して配置されて微細穿孔シート12を支持する部材である。

[0094] 枠体の孔部の開口径は、微細穿孔シートの貫通孔の開口径よりも大きい。また、枠体の孔部の開口率は微細穿孔シートの貫通孔の開口率よりも大きい。

これにより、薄い微細穿孔シートを適正に支持しつつ、微細穿孔シートの微細な貫通孔による吸音効果を阻害することを防止できる。

[0095] また、枠体に接する微細穿孔シートの共鳴振動周波数が可聴域より大きいことが好ましい。

薄い微細穿孔シートは、音波に対して微細穿孔シートが共鳴振動を起こしやすくなる。そのため、共鳴振動周波数周辺の周波数帯域で吸音特性が低下してしまうという問題が生じる。

これに対して、微細穿孔シートに、大きな開口径の孔部を複数有する枠体を接して配置することによって、枠体で微細穿孔シートの剛性を高める。その際、枠体の孔部の開口径を、微細穿孔シートの共鳴振動周波数が可聴域よりも高くなるような開口径とすることによって、微細穿孔シートの共鳴振動周波数を可聴域よりも高くする。これにより、可聴域において、共鳴振動による吸収率低下を抑制することができる。

[0096] 本発明者らの検討によれば、微細穿孔シートと貫通孔が存在するため、音はこの二種のいずれかを通過して透過すると考えられる。微細穿孔シートを透過するパス(経路)は、微細穿孔シートの膜振動に一度変換された固体振動が音波として再放射されるパスであり、貫通孔を透過するパスは、貫通孔の

中を気体伝搬音として直接通過するパスである。そして、貫通孔を通過するパスが、今回の吸収メカニズムとして支配的であると考えられるが、微細穿孔シートの共鳴振動周波数（第一固有振動周波数）付近の周波数帯の音は主に、微細穿孔シートの膜振動により再放射されるパスを通過すると考えられる。

これに対して、微細穿孔シートに枠体を接して配置することによって微細穿孔シートの見かけの剛性を高くして、共鳴振動周波数を可聴域よりも高くすることができる。そのため、可聴域の音は、微細穿孔シートの膜振動により再放射されるパスよりも、貫通孔を通過するパスを主に通過するので、貫通孔を通過する際の摩擦で吸音される。

[0097] なお、枠体に接して配置された微細穿孔シートの第一固有振動周波数は、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周波数である。本発明においては、第一固有振動周波数は、枠体および微細穿孔シートからなる構造によって決まるので、微細穿孔シートに穿孔される貫通孔の有無にかかわらず、略同一の値となることが本発明者らによって見出されている。

また、第一固有振動周波数近傍の周波数では、膜振動が大きくなるため、微細な貫通孔との摩擦による吸音効果は小さくなる。

[0098] また、本発明において可聴域とは、100Hz～20000Hzである。

[0099] ここで、枠体は、微細穿孔シートの一方の面に配置される構成であってもよく、両面それぞれに配置される構成としてもよい。

微細穿孔シートの両面それぞれに枠体を配置することによって、微細穿孔シートの剛性をより高くすることができ、共鳴振動周波数をより高くすることができる。従って、微細穿孔シートの共鳴振動周波数を容易に可聴域よりも高くすることができる。

[0100] また、枠体の一方の面に微細穿孔シートを配置する構成であってもよく、枠体の両面に微細穿孔シートを配置する構成であってもよい。あるいは、枠体の一方の面に微細穿孔シートを配置し、枠体の他方の面に壁部材を配置す

る構成であってもよい。

[0101] なお、枠体の孔部の開口断面の形状は特に制限的ではなく、例えば、長方形、ひし形および平行四辺形等の他の四角形、正三角形、2等辺三角形および直角三角形等の三角形、正五角形および正六角形等の正多角形を含む多角形、円形、ならびに、楕円形等のいずれの形状であっても良いし、不定形であっても良い。中でも、孔部の開口断面の形状は正六角形であるのが好ましく、枠体は、断面形状が正六角形の複数の孔部を最密に並べた、いわゆる、ハニカム構造を有するのが好ましい。枠体がハニカム構造を有する構成とすることによって、微細穿孔シート12の見かけの剛性をより高くすることができ、容易に共鳴振動周波数を可聴域よりも高くすることができる。

[0102] 孔部の開口径は微細穿孔シートの剛性を好適に高める点、微細穿孔シートの貫通孔よりも大きい開口径である点、貫通孔を通過するパスへの影響を小さくする点、取り扱い上、指などが直接、微細穿孔シートに触れないようにする点等の観点から、枠体の孔部の開口径は、22mm以下であるのが好ましく、0.1mmより大きく15mm以下であるのがより好ましく、1mm以上10mm以下であるのが特に好ましい。

なお、孔部の開口径は、孔部部分の面積をそれぞれ計測し、同一の面積となる円に置き換えたときの直径(円相当直径)とした。

[0103] なお、微細穿孔シートの両面それぞれに配置される2つの枠体は、同じ構成であってもよいし、異なるものであってもよい。例えば、2つの枠体は、孔部の開口径、開口率および材質等が、同じであっても、互いに異なってもよい。

[0104] また、微細穿孔シートと枠体とは接して配置されていればよいが、接着固定されるのが好ましい。

微細穿孔シートと枠体とを接着固定することによって、微細穿孔シートの剛性をより高くすることができ、共鳴振動周波数をより高くすることができる。従って、微細穿孔シートの共鳴振動周波数を容易に可聴域よりも高くすることができる。

[0105] 微細穿孔シートと枠体とを接着固定する場合に用いる接着剤は、微細穿孔シートの材質および枠体の材質等に応じて選択すればよい。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）（ニチバン株式会社製）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）（東亜合成株式会社製）など）、および、アクリル系接着剤等を挙げることができる。

[0106] また、防音構造体はさらに、1以上の開口部を有する第2の枠体を有し、微細穿孔シートと枠体との積層体が第2の枠体の開口部を覆って配置される構成としてもよい。

第2の枠体の開口部の開口径は、枠体の孔部の開口径よりも大きく、また、第2の枠体の開口部の開口率は、枠体の孔部の開口率よりも大きい。

このように、さらに第2の枠体を有する構成とすることによって、微細穿孔シートの剛性をより高くすることができ、共鳴振動周波数をより高くすることができる。従って、微細穿孔シートの共鳴振動周波数を容易に可聴域よりも高くすることができる。

[0107] また、図1に示す例では、複数の貫通孔14が形成された1つの微細穿孔シート12を防音構造体10としたが、これに限定はされず、複数の貫通孔が形成された2以上の微細穿孔シートを厚さ方向に配列した構成としてもよい。すなわち、本発明の防音構造体10を2枚以上、厚さ方向に配列して防音構造体としてもよい。

例えば、図26に示す防音構造体10は、複数の貫通孔14が形成された微細穿孔シート12を厚さ方向に3枚配列したものである。

[0108] 2以上の微細穿孔シート12を厚さ方向に配列する場合には、微細穿孔シート12同士は接していてもよいし、離間していてもよい。

微細穿孔シート12同士を離間して配置する場合には、微細穿孔シート12間の、音の通過を阻害しない位置にスペーサを配置してもよい。

ここで、前述のとおり、本発明における吸音のメカニズムは、音が貫通孔を通過する際の摩擦による熱エネルギーへの変換である。そのため、貫通孔

を通過する際の空気の局所速度が大きいほど吸音性能が高くなる。そのため、2以上の微細穿孔シート12を配列した構成の場合には、微細穿孔シート12同士は離間して配置されるのが好ましい。微細穿孔シート12同士は離間して配置されることで、音の通過方向の前段に配置される微細穿孔シート12の影響で、後段に配置される微細穿孔シート12の貫通孔14を通過する際の局所速度が低下するのを抑制でき、より好適に吸音できる。

ここで、微細穿孔シート間の距離を大きくすると、サイズが大きくなるのみならず、微細穿孔シート間の距離が波長程度となることで音の干渉が現れてフラットな吸音特性ではなくなっていく。よって、典型的な波長として3400Hzの音の波長の長さ100mmより小さいことが望ましく、10000Hzの音の波長の長さ34mmより小さいことがより望ましい。

一方で、微細穿孔シート間の距離が近づくと、前段の微細穿孔シートの貫通孔での摩擦により低減した局所速度の影響が後段の微細穿孔シートでの吸音に影響する。よって、適宜離した方が効率は向上する。

後段の微細穿孔シート12の貫通孔14を通過する際の局所速度が低下するのを好適に抑制する観点から、微細穿孔シート12同士の間距離は、5mm以上100mm以下が好ましく、10mm～34mmがより好ましい。

[0109] また、本発明の防音構造体は、微細穿孔シート12の一方の面側に微細穿孔シートと対面し所定距離離間して配置される壁部材30を有する構成としてもよい。

壁部材30を有する構成とすることで、微細穿孔シート12を透過した音が、壁部材30で全て反射されて、再度、微細穿孔シート材12に入射するため、防音性能をより高くすることができる。

なお、防音性能及び小型化の点から、微細穿孔シート12と壁部材30との間の距離は1mm以上30mm以下とするのが好ましく、2mm以上10mm以下とするのがより好ましい。

[0110] 以下に、本発明の防音構造体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体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、微細穿孔シートは、難燃性のものが好ましい。微細穿孔シートとして樹脂を用いる場合には、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（東レ株式会社製）、テイジントロン（登録商標）UF（帝人株式会社製）、及び／又は難燃性ポリエステル系フィルムであるダイアラミー（登録商標）（三菱樹脂株式会社製）等を用いればよい。

また、アルミニウム、ニッケル、タングステンおよび銅等の金属素材を用いることでも難燃性を付与することができる。

[0111] [耐熱性]

環境温度変化にともなう、本発明の防音構造体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。

微細穿孔シートとして樹脂を用いる場合には、例えばテイジントロン（登録商標）フィルム SLA（帝人デュポンフィルム株式会社製）、PENフィルム テオネックス（登録商標）（帝人デュポンフィルム株式会社製）、及び／又はルミラー（登録商標）オフアニール低収縮タイプ（東レ株式会社製）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箔を用いることも好ましい。

[0112] [耐候・耐光性]

屋外や光が差す場所に本発明の防音構造体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、微細穿孔シートとして樹脂を用いる場合には、特殊ポリオレフィンフィルム（アートプライ（登録商標）（三菱樹脂株式会社製））、アクリル樹脂フィルム（アクリプレン（三菱レイヨン株式会社製））、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、アルミニウム等の金属素材を用いることでも紫外線などに対する耐光性を付与することができる。

耐湿性についても、高い耐湿性を有する微細穿孔シート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宜微細穿孔シートを選択するのが好ましい。

[0113] [ゴミ]

長期間の使用においては、微細穿孔シート表面にゴミが付着し、本発明の防音構造体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微細穿孔シート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株式会社製）、及び／又はNCF（長岡産業株式会社製））などを用いることによって、微細穿孔シートが帯電しないことにより、帯電によるゴミの付着を防ぐことができる。また、アルミニウム等の金属素材のように微細穿孔シート自体が導電性を持つ微細穿孔シートを選択することによって、静電気によるゴミの付着を防止することができる。

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（ライフガード株式会社製）、RIVEX（リケンテクノス株式会社製）、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（株式会社きもと製））を用いることでも、微細穿孔シート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微細穿孔シートに塗布することでも同様の効果を得ることができる。

また、シリカコートにより親水性表面を孔内も含めて形成すること、一方でフッ素コートにより疎水性表面とすること、さらにそれらを同時に用いることによって、親水性汚れ、疎水性汚れをともに剥がれやすくする防汚コー

トをすることができる。

[0114] 上述したような特殊な材料を使用する以外に、微細穿孔シート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(金属製、プラスチック製など)、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、カバーとして特に薄い膜材料などを用いる場合は、貫通孔の効果を阻害しないために、微細穿孔シート12に貼り付けずに距離を空けることが好ましい。また、薄い膜材料が強い膜振動を持たずに音を通すために、薄い膜材料を張った状態で固定すると膜振動が起こりやすいために薄い膜材料は緩く支持された状態が望ましい。

付着したゴミを取り除く方法としては、微細穿孔シートに音を放射し、微細穿孔シートを強く振動させることによって、ゴミを取り除くことができる。また、ブロワー、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。

[0115] [風圧]

強い風が微細穿孔シートに当たることによって、微細穿孔シート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、微細穿孔シート上に、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によって、風の影響を抑制することができる。

[0116] 本発明の防音構造体は、複写機、送風機、空調機器、換気扇、ポンプ類、発電機、ダクト、その他にも塗布機や回転機、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(パーソナルコンピュータ)、掃除機、空気清浄機、換気扇等の一般家庭用機器等に用いることができる。防音構造体は、各種機器において騒音源から発生する音が通過する位置に適宜配置される。

[0117] また、本発明の防音構造体は、産業用機器、輸送用機器および一般家庭用

機器などの各種機器に用いられるものに限定はされず、建造物の部屋内に配置され、部屋内を仕切る固定仕切り構造（パーティション）等の固定壁、建造物の部屋内に配置され、部屋内を仕切る可動仕切り構造（パーティション）等の可動壁に用いることもできる。

このように、本発明の防音構造体をパーティションとして用いることにより、間仕切りした空間の間で音を好適に遮蔽することができる。また、特に可動式のパーティションの場合には、薄く軽い本発明の構造は、持ち運び容易なためメリットが大きい。

[0118] また、本発明の防音構造体は、光透過性および通気性を有するので、窓部材として好適に用いることもできる。

あるいは、騒音防止用に、騒音源となる機器、たとえばエアコン室外機や給湯器等を囲むケージとして用いることもできる。本部材によって騒音源を囲むことで、放熱性や通気性を確保したまま音を吸収し、騒音を防ぐことができる。

また、ペット飼育用のケージに用いてもよい。ペット飼育のケージの全てまたは一部に本発明の部材を適用し、例えばペットケージの一面を本部材で置き換えることによって、軽量かつ音響吸収効果のあるペットケージとすることができる。このケージを用いることで、ケージ内にいるペットを外の騒音から守ることができ、また、ケージ内にいるペットの鳴き声が外に漏れるのを抑制できる。

[0119] 本発明の防音構造体は、上記以外にも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、本発明の防音構造体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。

[0120] あるいは、本発明の防音構造体は、窓部材や網戸部材として、壁などに生じる隙間を塞ぐ部材として用いることができる。

実施例

[0121] 以下に実施例に基づいて本発明をさらに詳細に説明する。以下の実施例に示す材料、使用量、割合、処理内容、処理手順等は、本発明の趣旨を逸脱しない限り適宜変更することができる。したがって、本発明の範囲は以下に示す実施例により限定的に解釈されるべきものではない。

[0122] [実施例 1]

<微細穿孔シートの作製>

シリコン基板に対してフォトリソグラフィーによるエッチング法を用いて

、下底の直径 $30\mu\text{m}$ 、上底の直径 $20\mu\text{m}$ 、高さ $10\mu\text{m}$ の円錐台形状の凸部を複数、所定の配列パターンで形成した。フッ酸と硝酸を混ぜたフッ硝酸を希釈した液を用いてウェットエッチングを行うと、シリコン基板を等方性エッチングを行うために自然にテーパ形状の加工ができる。このとき、フッ酸比率を大きくするととがった形状、小さくすると丸みを帯びた形状となり形状も調整できる。なお、シリコン基板にプラズマエッチングを行う場合にも、フッ素ラジカルを用いたエッチングを行うことで等方性エッチングが可能である。本実施例ではウェットエッチング条件を調整して作製を行った。隣接する凸部間の中心間距離は $119\mu\text{m}$ とし、配列パターンは、正方格子配列とした。このとき、凸部の占める面積割合は、上底部分では約 2.2% となる。

[0123] 次に、ニッケル電鍍法、すなわち、電気化学反応を用いて、凸部を形成したシリコン基板を原型としてニッケルをシリコン基板に電着させて厚み $10\mu\text{m}$ のニッケル膜を形成した。その後、ニッケル膜をシリコン基板から剥離して、表面研磨を行った。これにより複数のテーパ孔が正方格子配列で形成されたニッケル製の微細構造シートを作製した。

作製した微細構造シートをSEMを用いて評価したところ、平均開口径は一方の表面で $30\mu\text{m}$ 、他方の表面で $20\mu\text{m}$ であった。また、平均開口率は 2.2% 、厚み $10\mu\text{m}$ であった。また、貫通孔がシート部材を厚み方向に完全に貫通していることも確認した。

平均開口率は最小孔径を基準とした開口率である。従って、SEMを用いなくても光学顕微鏡を使って、光の透過配置で評価することもできる。実際に評価を行い、光学評価でも 2.2% と解析することができた。

[0124] 以上のようにして作製した微細構造シートを2枚準備し、テーパ孔の直径が大きい($30\mu\text{m}$)側の面同士を対面させて重ね合わせた。2枚の微細構造シートは同じ間隔でテーパ孔が形成されているため、下から透過光を当てながら2枚の微細構造シートの相対位置を適宜ずらすと、重なったテーパ孔を光が透過する配置がある。この透過光量が最大になるように重ね合わせる

ことで、テーパ孔が重ね合わさって、内部で最大孔径となる同孔径型形状の貫通孔Aが形成される。2枚の微細構造シートは間の空気を抜くことでほぼずれなくなる。2枚の微細構造シートの相対位置を調整し、間の空気を抜いた後に、端部をテープで固定し、ずれない処置を行って微細穿孔シートを作製した。

すなわち、微細穿孔シートの貫通孔Aの最小孔径 ϕ_1 は $20\mu\text{m}$ で、最大孔径 ϕ_2 は $30\mu\text{m}$ となる。また、平均開口率は2.2%、厚みは $20\mu\text{m}$ である。また、全ての貫通孔が貫通孔Aである。サンプルサイズは $30\text{cm}\times 30\text{cm}$ とした。

また、最小孔径 $\phi_1=20\mu\text{m}$ で直管形状の場合の最適開口率 ρ_s は、 $\rho_s=18.7\times\phi_1^{-2.04}\div 4.1\%$ である。 $\rho_c/\rho_s=0.30\times\ln(\phi_1)-C$ から、 $C=0.38$ である。

[0125] [実施例2~4]

実施例2~4として、開口率をそれぞれ3.0%、4.1%、6.0%とした以外は実施例1と同様の微細穿孔シートを作製した。

開口率は、シリコン基板に形成する凸部の中心間距離を変更することで調整することができる。

[0126] [比較例1]

倍率 ϕ_2/ϕ_1 が10倍となる例を検討した。その場合、開口率が2.2%の場合、内部の最大孔径 ϕ_2 部分の面積率が220%となり、作製することができない。

[0127] [比較例2]

倍率 ϕ_2/ϕ_1 が6倍の例を検討した。開口率が2.2%の場合、内部の最大孔径 ϕ_2 部分の面積率が79%となる。これを作製したところ、内部で孔と孔がつながってしまい高い吸音特性が得られなかった。

[0128] [比較例3]

最小孔径 ϕ_1 が $200\mu\text{m}$ 、倍率 ϕ_2/ϕ_1 が1.5倍（最大孔径 ϕ_2 が $300\mu\text{m}$ ）とした以外は実施例1と同様にして微細穿孔シートを作製した。

[0129] [参考例 1]

直管形状の貫通孔を有する微細穿孔シートを実施例 1 と同様のニッケル電鍍法を用いて作製した。開口径は 20 μm 、開口率は 2.2% とした。

[0130] [評価]

<音響特性>

作製した微細穿孔シートを防音構造体として、微細穿孔シートの音響特性を、自作の亚克力製音響管に 4 本のマイクを用いて伝達関数法により測定した。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本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。特に、透過率と反射率を同時に測定することで、サンプルの吸収率も正確に測定した。音響管の内径は 20 mm とした。

測定した結果を図 27 に示す。

[0131] <見た目>

微細穿孔シートの背面側から光が当たる配置においては、貫通孔の個数と最小孔径に応じて、すなわち、開口率に応じて光が透過する。光の透過率は単純に開口率に比例する。開口率が大きいほど光を透過してしまうため、元の素材の見た目と差異が大きくなってしまう。従って、開口率を評価することで、元の素材の見た目に近いかな否かを評価することができる。

さわり心地についても、開口率が小さいほど元の素材に近くなるため、開口率を評価することで、さわり心地を評価することができる。

[0132] 評価の結果、図 27 から、開口率が 2.2% (実施例 1)、3.0% (実施例 2) 付近で吸音率が最大となることがわかる。これより、貫通孔が直管形状の場合の最適開口率 (4.1%) よりも低い開口率で吸音率が最大となることがわかる。

実施例 1 および 2 は、測定を行なった全周波数帯域において、49.5%

以上となることがわかる。4端子法配置での一層膜の吸収率の上限が50%であるため、大きな吸収率を示すことがわかる。

[0133] また、上述のとおり、実施例の微細穿孔シートは、最小孔径 ϕ_1 と同じ孔径の直管形状の貫通孔を有する微細穿孔シートよりも吸収率が最大となる最適開口率が小さくなるため光の透過量が小さくなる。従って、実施例は、直管形状の貫通孔を有する微細穿孔シートに比べて見た目およびさわり心地が元の素材に近くなることがわかる。

一方、参考例1のように、貫通孔が直管形状で開口率が実施例1と同じ2.2%の場合の吸収率を測定したところ、44.7%となった。このように、元の素材の見た目や質感を残すために開口率を小さくした場合には、直管形状の貫通孔を有する微細穿孔シートでは、実施例と比較して吸収率が小さくなることがわかる。

また、最小孔径 ϕ_1 が200 μm の比較例3の吸収率は、5%未満であった。

[0134] [実施例5~9]

最小孔径 ϕ_1 が10 μm 、最大孔径 ϕ_2 が15 μm とし、開口率をそれぞれ、6%、8%、10%、17%、20%とした以外は実施例1と同様にして微細穿孔シートを作製し、評価を行った。

最小孔径 $\phi_1=10\mu\text{m}$ で直管形状の場合の最適開口率 ρ_s は、 $\rho_s=18.7 \times \phi_1^{-2.04} \cong 17\%$ である。

[0135] [参考例2]

直管形状の貫通孔を有する微細穿孔シートを実施例6と同様のニッケル電鍍法を用いて作製した。開口径は10 μm 、開口率は8%とした。

音響特性の測定結果を図28に示す。

[0136] 図28から、開口率が8%（実施例6）、10%（実施例7）付近で吸音率が最大となることがわかる。これより、貫通孔が直管形状の場合の最適開口率（17%）よりも低い開口率で吸音率が最大となることがわかる。

また、実施例の微細穿孔シートは、最小孔径 ϕ_1 と同じ孔径の直管形状の貫

通孔を有する微細穿孔シートよりも吸収率が最大となる最適開口率が小さくなる。従って、実施例は、直管形状の貫通孔を有する微細穿孔シートに比べて見た目およびさわり心地が元の素材に近くなることがわかる。

一方、参考例2のように、貫通孔が直管形状で開口率が実施例5と同じ8%の場合の吸収率を測定したところ、43%となった。このように、元の素材の見た目や質感を残すために開口率を小さくした場合には、直管形状の貫通孔を有する微細穿孔シートでは、実施例と比較して吸収率が小さくなることがわかる。

[0137] [実施例5-2]

次に、最小孔径 ϕ_1 が $10\mu\text{m}$ 、最大孔径 ϕ_2 が $15\mu\text{m}$ （倍率 ϕ_2/ϕ_1 が1.5倍）で、開口率を6%~20%の範囲で変えた微細穿孔シートを作製し、また、最小孔径 ϕ_1 が $10\mu\text{m}$ 、最大孔径 ϕ_2 が $30\mu\text{m}$ （倍率 ϕ_2/ϕ_1 が3.0倍）で、開口率を6%~20%の範囲で変えた微細穿孔シートを作製して、それぞれの微細穿孔シートの音響特性を測定した。

表3に、 3000Hz における吸収率の測定結果を示す。

[0138] [表3]

表3

開口率 %	倍率 ϕ_2/ϕ_1	
	1.5倍	3.0倍
6	48.30%	50.00%
6.4	48.80%	50.00%
8	49.90%	49.30%
10	49.80%	47.50%
12	48.70%	45.30%
14	47.30%	43.00%
16	45.70%	40.80%
16.6	45.20%	40.20%
18	44.00%	38.60%
20	42.30%	36.60%

[0139] 表3から、倍率 ϕ_2/ϕ_1 が3.0倍のほうが1.5倍の場合よりも小さい開口率で最適開口率となることがわかる。

[0140] [実施例10]

貫通孔の形状を、一方の面で最小孔径 $\phi_1=10\mu\text{m}$ となり、他方の孔径で最小孔径 ϕ_1 より大きい孔径 $\phi_3=15\mu\text{m}$ となり、内部で最大孔径 $\phi_2=20\mu\text{m}$

mとなる異孔径型形状とし、開口率を3.0%とした以外は実施例1と同様にして微細穿孔シートを作製し、評価を行った。

すなわち、異なる形状のテーパ孔を有する2枚の微細構造シートを重ね合わせて微細穿孔シートを作製した。一方の微細構造シートのテーパ孔は、一方の表面での開口径が10 μ m、他方の表面での開口径が20 μ mであり、他方の微細構造シートのテーパ孔は、一方の表面での開口径が15 μ m、他方の表面での開口径が20 μ mである。

[0141] [実施例11~14]

実施例11~14として、開口率をそれぞれ4.0%、5.0%、16.6%、20.0%とした以外は実施例6と同様の微細穿孔シートを作製し、評価を行った。

開口率は、シリコン基板に形成する凸部の中心間距離を変更することで調整した。

[0142] [参考例3]

直管形状の貫通孔を有する微細穿孔シートを実施例11と同様のニッケル電鍍法を用いて作製した。開口径は10 μ m、開口率は4%とした。

音響特性の測定結果を図29に示す。

[0143] 図29から、開口率が4%（実施例11）、5%（実施例12）付近で吸音率が最大となることがわかる。これより、貫通孔が直管形状の場合の最適開口率（17%）よりも低い開口率で吸音率が最大となることがわかる。

また、実施例の微細穿孔シートは、最小孔径 ϕ_1 と同じ孔径の直管形状の貫通孔を有する微細穿孔シートよりも吸収率が最大となる最適開口率が小さくなる。従って、実施例は、直管形状の貫通孔を有する微細穿孔シートに比べて見た目およびさわり心地が元の素材に近くなることがわかる。

一方、参考例3のように、貫通孔が直管形状で開口率が実施例11と同じ4%の場合の吸収率を測定したところ、30%となった。このように、元の素材の見た目や質感を残すために開口率を小さくした場合には、直管形状の貫通孔を有する微細穿孔シートでは、実施例と比較して吸収率が小さくなる

ことがわかる。特に、異孔径型の貫通孔を有する微細穿孔シートの場合は、直管形状の貫通孔を有する微細穿孔シートの場合との最適開口率の差が大きいため、吸収率に大きな差が現れる。

[0144] [実施例 1 1 - 2]

次に、最小孔径 ϕ_1 が $10 \mu\text{m}$ 、最大孔径 ϕ_2 が $15 \mu\text{m}$ (倍率 ϕ_2/ϕ_1 が 1.5 倍)、他方の面の孔径 ϕ_3 が $12.5 \mu\text{m}$ で、開口率を 1%~20% の範囲で変えた微細穿孔シートを作製し、また、最小孔径 ϕ_1 が $10 \mu\text{m}$ 、最大孔径 ϕ_2 が $40 \mu\text{m}$ (倍率 ϕ_2/ϕ_1 が 4.0 倍)、他方の面の孔径 ϕ_3 が $25 \mu\text{m}$ で、開口率を 1%~20% の範囲で変えた微細穿孔シートを作製して、それぞれの微細穿孔シートの音響特性を測定した。

表 4 に、 3000Hz における吸収率の測定結果を示す。

[0145] [表4]

表4

開口率	倍率 ϕ_2/ϕ_1	
	1.5倍	4倍
1%	29.50%	35.70%
2%	42.40%	47.00%
3%	47.90%	49.90%
4%	49.80%	49.60%
5%	49.90%	48.00%
6%	49.10%	45.80%
7%	47.70%	43.70%
8%	46.20%	41.50%
12%	39.90%	34.00%
16%	34.60%	28.80%
17%	33.40%	27.60%
20%	30.30%	25.00%

[0146] 表 4 から、倍率 ϕ_2/ϕ_1 が 4.0 倍のほうが 1.5 倍の場合よりも小さい開口率で最適開口率となることがわかる。

[0147] [実施例 1 5 ~ 1 8]

実施例 1 5 ~ 1 8 として、貫通孔の形状を、一方の面で最小孔径 $\phi_1 = 20 \mu\text{m}$ となり、他方の孔径で最小孔径 ϕ_1 より大きい孔径 $\phi_3 = 25 \mu\text{m}$ となり、内部で最大孔径 $\phi_2 = 30 \mu\text{m}$ となる異孔径型形状とし、開口率をそれぞれ、1.0%、2.0%、4.5%、6.0% とした以外は実施例 6 と同様にして微細穿孔シートを作製し、評価を行った。

[0148] [参考例4]

直管形状の貫通孔を有する微細穿孔シートを実施例16と同様のニッケル電鍍法を用いて作製した。開口径は $20\mu\text{m}$ 、開口率は2%とした。

音響特性の測定結果を図30に示す。

[0149] 図30から、開口率が2%（実施例16）付近で吸音率が最大となることがわかる。これより、貫通孔が直管形状の場合の最適開口率（4.1%）よりも低い開口率で吸音率が最大となることがわかる。

また、実施例の微細穿孔シートは、最小孔径 ϕ_1 と同じ孔径の直管形状の貫通孔を有する微細穿孔シートよりも吸収率が最大となる最適開口率が小さくなる。従って、実施例は、直管形状の貫通孔を有する微細穿孔シートに比べて見た目およびさわり心地が元の素材に近くなることがわかる。

一方、参考例4のように、貫通孔が直管形状で開口率が実施例16と同じ2%の場合の吸収率を測定したところ、31%となった。このように、元の素材の見た目や質感を残すために開口率を小さくした場合には、直管形状の貫通孔を有する微細穿孔シートでは、実施例と比較して吸収率が小さくなることがわかる。特に、異孔径型の貫通孔を有する微細穿孔シートの場合は、直管形状の貫通孔を有する微細穿孔シートの場合との最適開口率の差が大きいため、吸収率に大きな差が現れる。

[0150] [実施例15-2]

次に、最小孔径 ϕ_1 が $20\mu\text{m}$ 、最大孔径 ϕ_2 が $30\mu\text{m}$ （倍率 ϕ_2/ϕ_1 が1.5倍）、他方の面の孔径 ϕ_3 が $25\mu\text{m}$ で、開口率を1%~6%の範囲で変えた微細穿孔シートを作製して、それぞれの微細穿孔シートの音響特性を測定した。

表5に、 3000Hz における吸収率の測定結果を示す。

[0151]

[表5]

表5

開口率 %	倍率 ϕ_2 / ϕ_1
	1.5倍
1	45.10%
1.5	49.20%
2	49.90%
2.5	49.10%
3	47.50%
3.5	45.60%
4	43.70%
4.5	41.80%
5	39.90%
5.5	38.20%
6	36.60%

[0152] 表5からも、実施例は、直管形状の場合の最適開口率よりも低い開口率で高い吸音率が得られることがわかる。

[0153] [シミュレーション]

次に、異孔径型形状の貫通孔の場合について、最小孔径 ϕ_1 が $10 \mu\text{m} \sim 30 \mu\text{m}$ の範囲、開口率が $0 \sim 20\%$ の範囲で変更して、上述した有限要素法計算ソフトCOMSOL ver5.3 (COMSOL社) を用いたシミュレーションを行ない、吸収率を評価した。

最大孔径 ϕ_2 は $\phi_2 = 1.5 \times \phi_1$ とし、孔径 ϕ_3 は $\phi_3 = ((\phi_2 / \phi_1 - 1) \times 0.5 + 1) \times \phi_1$ とした。

結果を図31に示す。また、図31には、直管形状の場合の最適開口率の値を結んだ線を破線で示す。

[0154] 図31から、いずれの最小孔径 ϕ_1 の場合も直管形状の場合の最適開口率 ρ_s よりも低い開口率で吸収率が最大化されることがわかる。また、最小孔径 ϕ_1 が小さいほど、吸収率が最大となる最適開口率 ρ_{c1} と、直管形状の場合の最適開口率 ρ_s との差が大きくなることがわかる。

以上より本発明の効果は明らかである。

符号の説明

- [0155] 10 防音構造体
12 微細穿孔シート

- 1 3 微細構造シート
- 1 4 貫通孔
- 1 5 テーパー孔
- 1 6 枠体
- 1 7 孔部
- 2 0 多孔質吸音体
- 3 0 壁部材

請求の範囲

- [請求項1] 厚み方向に貫通する複数の貫通孔を有する微細穿孔シートを備える防音構造体であって、
- 前記微細穿孔シートの主面における、前記貫通孔の平均開口径が0.1 μm 以上100 μm 未満であり、
- 前記複数の貫通孔の少なくとも一部は、内部で最大孔径となる形状の貫通孔Aであり、
- 前記貫通孔Aにおいて、最小孔径を ϕ_1 、最大孔径を ϕ_2 とすると、 $1 < \phi_2 / \phi_1 \leq 5$ である防音構造体。
- [請求項2] 前記貫通孔Aの最小孔径 ϕ_1 (μm)と最大孔径 ϕ_2 (μm)とが、 $2 \leq \phi_2 / \phi_1 \leq 5$ の範囲にある場合に、
- 前記貫通孔の平均開口率を ρ_c とし、前記貫通孔が直管形状で孔径が前記最小孔径 ϕ_1 である場合の最適開口率を ρ_s とし、Cを0.20から0.70の間の正の定数とすると、
- 前記最適開口率 ρ_s は、 $\rho_s = 18.7 \times \phi_1^{-2.04}$ であり、
- $$\rho_c / \rho_s = 0.30 \times \ln(\phi_1) - C$$
- を満たす請求項1に記載の防音構造体。
- [請求項3] 前記貫通孔Aの最小孔径 ϕ_1 (μm)と最大孔径 ϕ_2 (μm)とが、 $1 < \phi_2 / \phi_1 < 2$ の範囲にある場合に、
- 前記貫通孔の平均開口率を ρ_c とし、前記貫通孔が直管形状で孔径が前記最小孔径 ϕ_1 である場合の最適開口率を ρ_s とし、Cを0.20から0.70の間の正の定数とすると、
- 前記最適開口率 ρ_s は、 $\rho_s = 18.7 \times \phi_1^{-2.04}$ であり、
- $$\rho_s \times (0.30 \times \ln(\phi_1) - C) < \rho_c < \rho_s$$
- を満たす請求項1に記載の防音構造体。
- [請求項4] 複数の前記貫通孔Aのうち、前記微細穿孔シートの両主面で最小孔径 ϕ_1 となる形状の貫通孔が最も多く、
- 前記定数Cが、0.20以上0.48以下である請求項2または3

に記載の防音構造体。

- [請求項5] 複数の前記貫通孔Aのうち、前記微細穿孔シートの一方向の主面で最小孔径 ϕ_1 となり、他方向の主面での孔径 ϕ_3 が $\phi_1 < \phi_3 < \phi_2$ となる形状の貫通孔が最も多く、
- 前記定数Cが、0.46以上0.70以下である請求項2または3に記載の防音構造体。
- [請求項6] 全貫通孔に対する、前記貫通孔Aの割合が30%以上である請求項1～5のいずれか一項に記載の防音構造体。
- [請求項7] 前記貫通孔Aは、少なくとも一方向の主面で最小孔径となる請求項1～6のいずれか一項に記載の防音構造体。
- [請求項8] 前記微細穿孔シートは、2枚の微細構造シートを積層した構成であり、
- 前記微細構造シートは、一方の面側で最大径となり他方向の面側で最小径となるテーパ孔を複数有し、
- 2枚の前記微細構造シートは、前記テーパ孔が最大径となる側の面同士を対面させて積層されてなり、
- 面方向における2枚の前記微細構造シートそれぞれの前記テーパ孔の位置が一致して、前記貫通孔Aを形成している請求項1～7のいずれか一項に記載の防音構造体。
- [請求項9] 前記微細穿孔シートの材料が金属である請求項1～8のいずれか一項に記載の防音構造体。
- [請求項10] 前記複数の貫通孔がランダムに配列されている請求項1～9のいずれか一項に記載の防音構造体。
- [請求項11] 前記微細穿孔シートの一方向の主面に接して配置される多孔質吸音体を有する請求項1～10のいずれか一項に記載の防音構造体。
- [請求項12] 前記多孔質吸音体の前記微細穿孔シートとは反対側に壁部材を有し、
- 前記多孔質吸音体と前記壁部材が少なくとも一部は接した状態で配

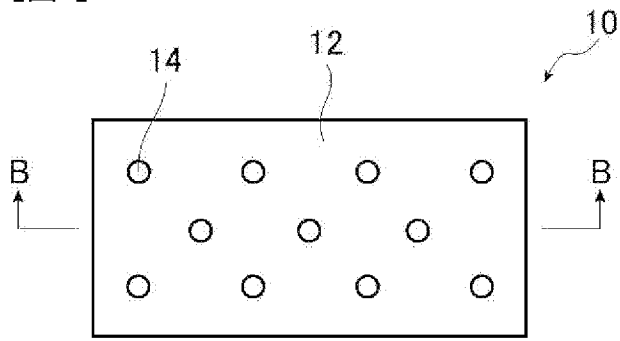
置されている請求項 1 1 に記載の防音構造体。

[請求項13] 前記微細穿孔シートと離間して配置される壁部材を有する請求項 1 ~ 1 1 のいずれか一項に記載の防音構造体。

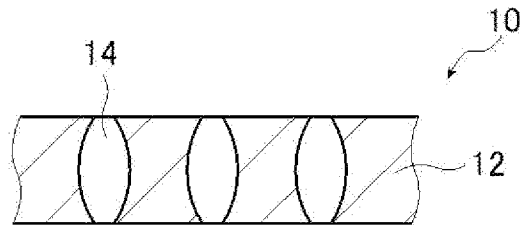
[請求項14] 前記微細穿孔シートの一方の主面に接して配置される枠体を有する請求項 1 ~ 1 3 のいずれか一項に記載の防音構造体。

[請求項15] 前記微細穿孔シートを壁の一部、または、隙間塞ぎ部材として用いられる請求項 1 ~ 1 4 のいずれか一項に記載の防音構造体。

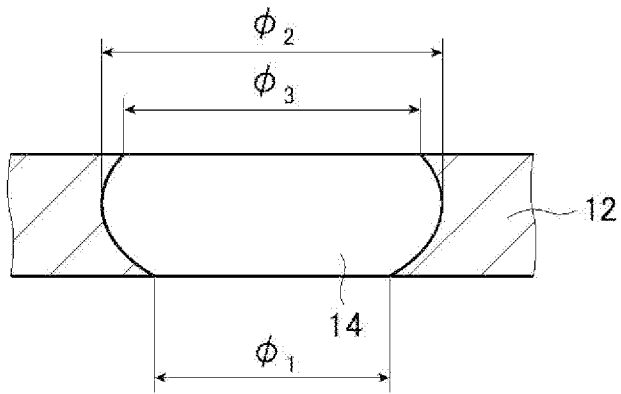
[図1]



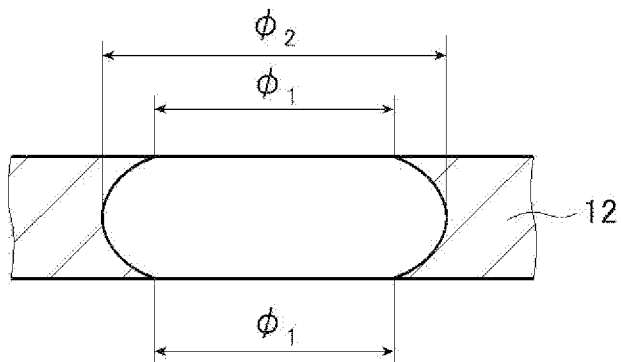
[図2]



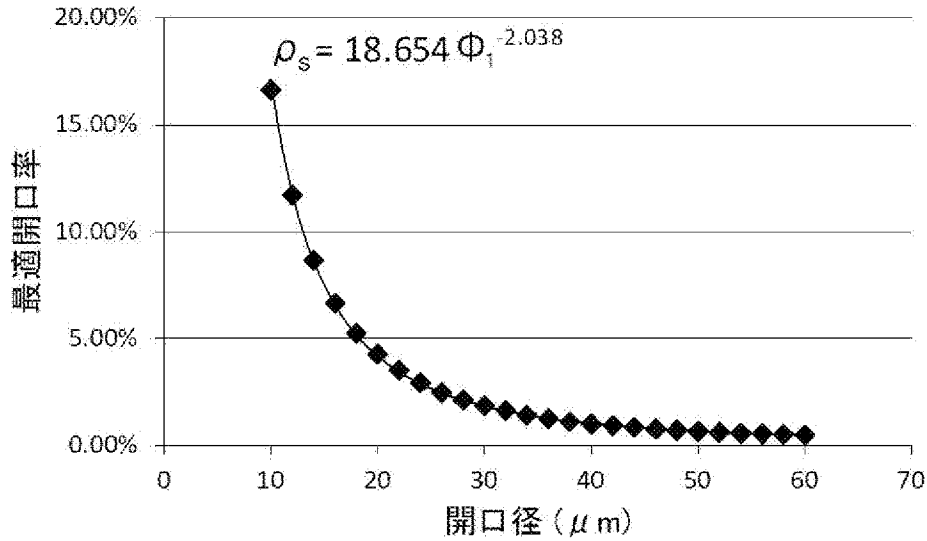
[図3]



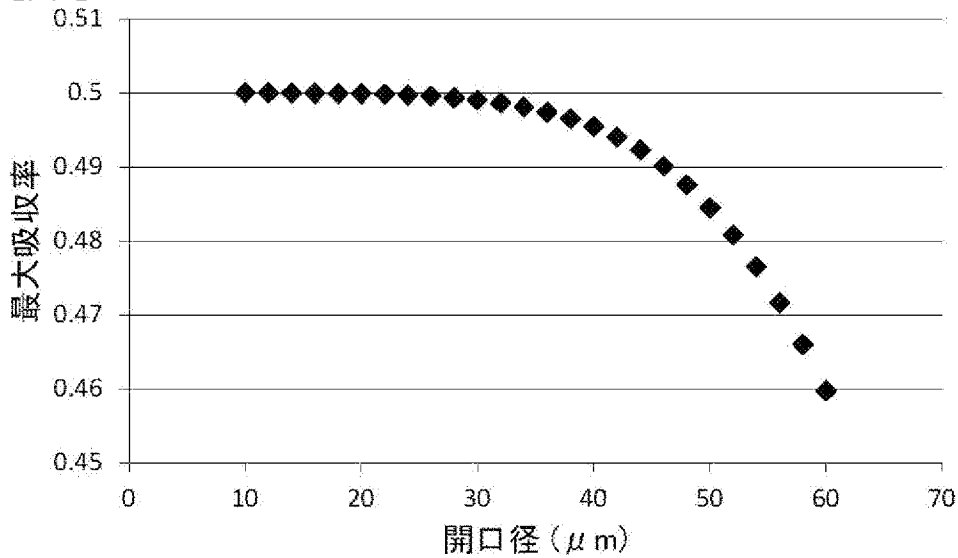
[図4]



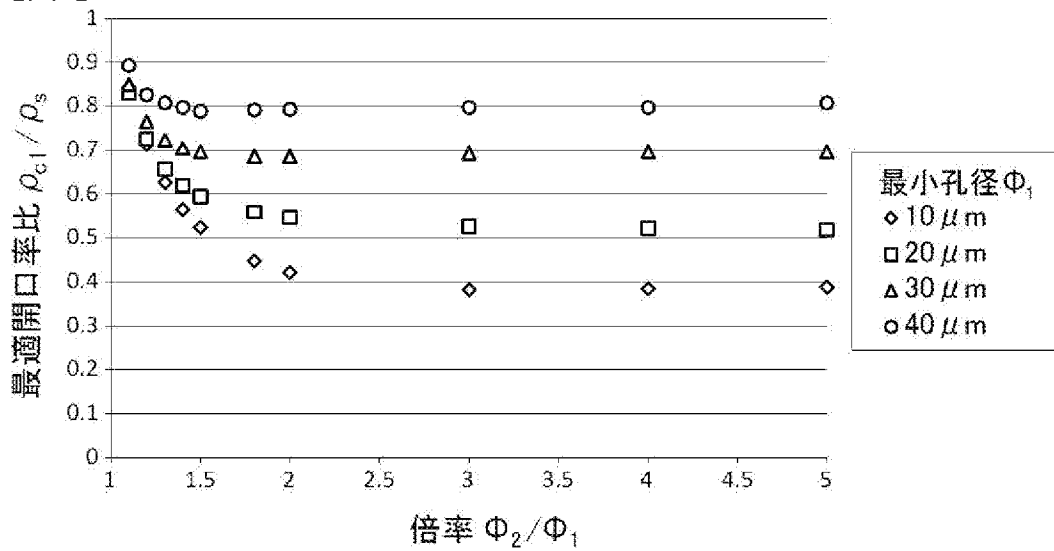
[圖5]



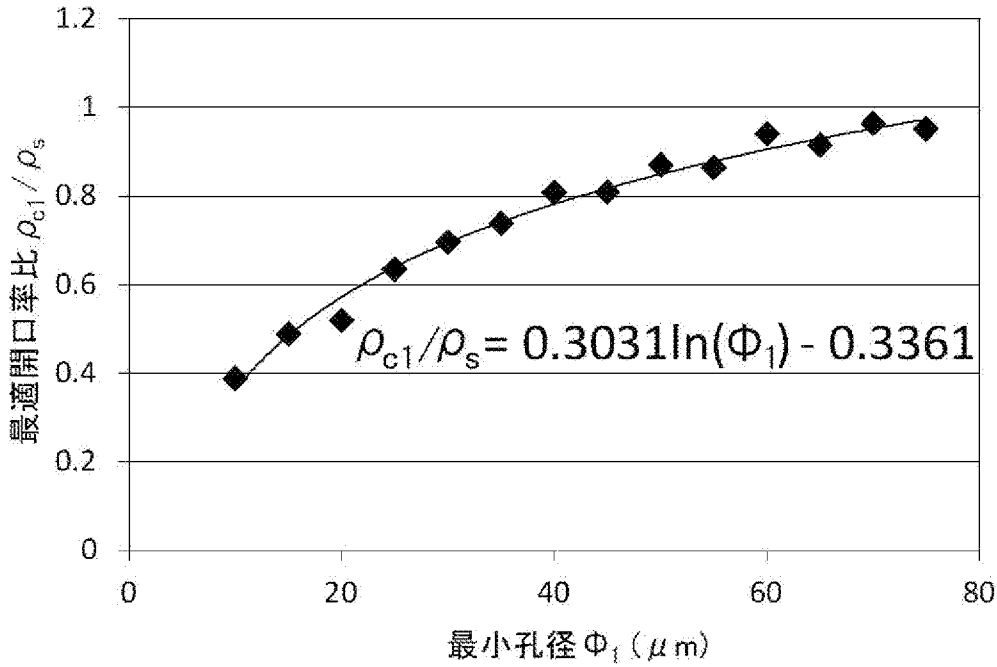
[圖6]



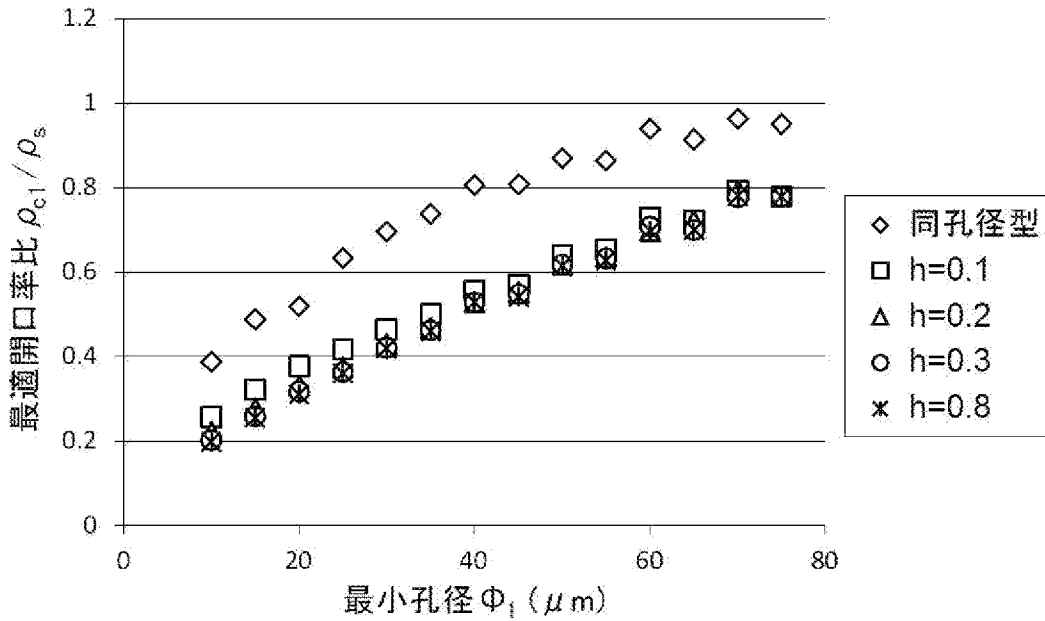
[圖7]



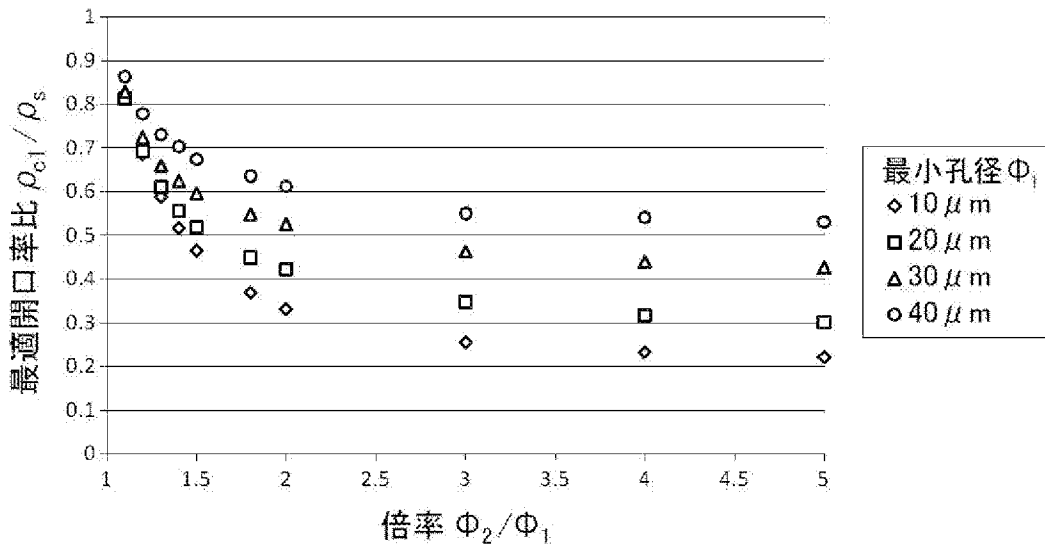
[圖8]



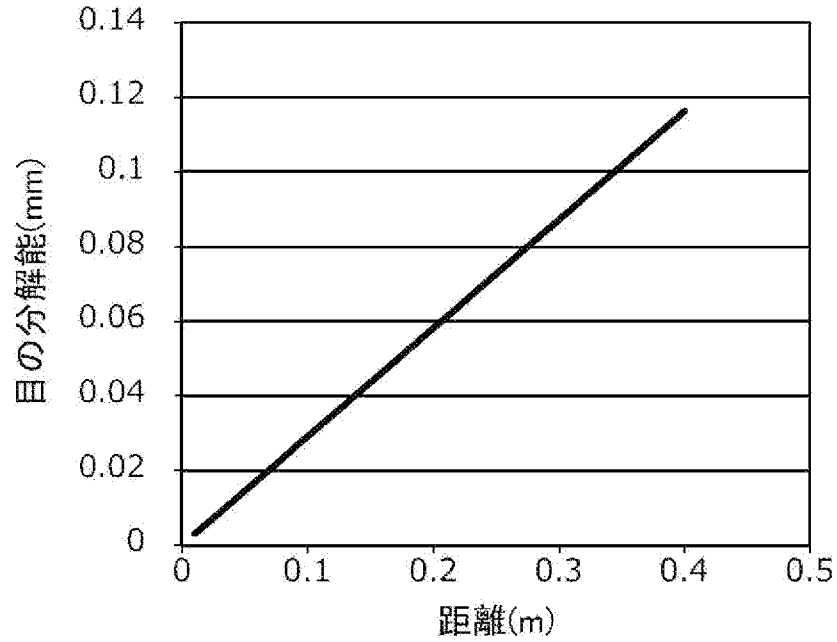
[圖9]



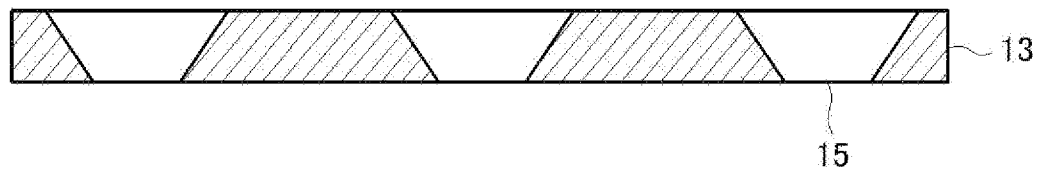
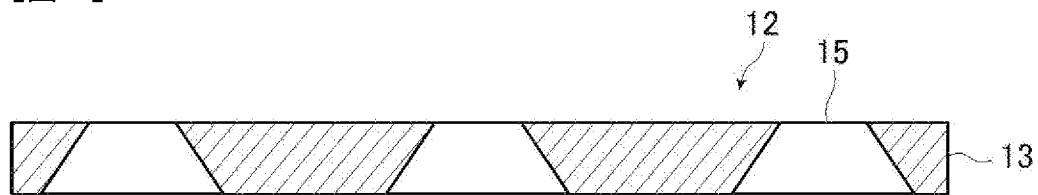
[圖10]



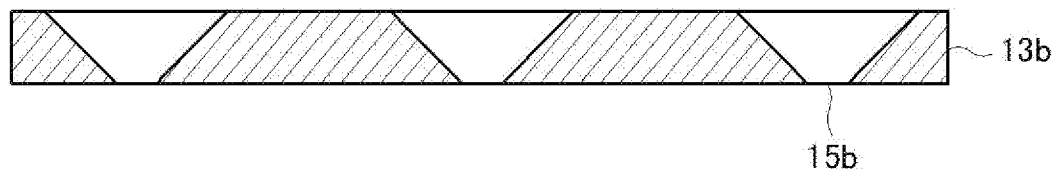
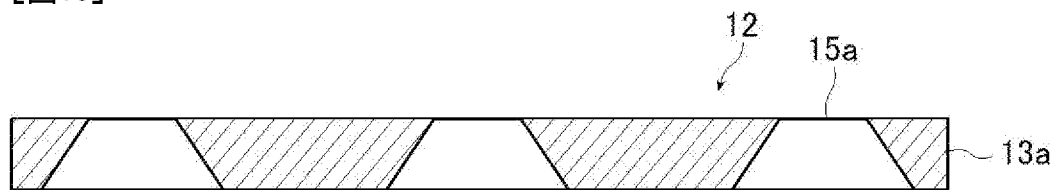
[図11]



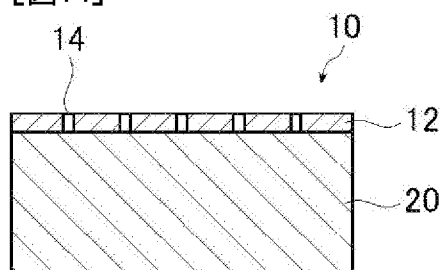
[図12]



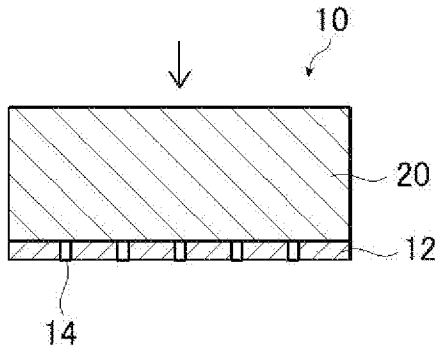
[図13]



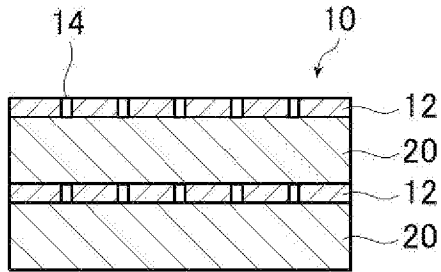
[図14]



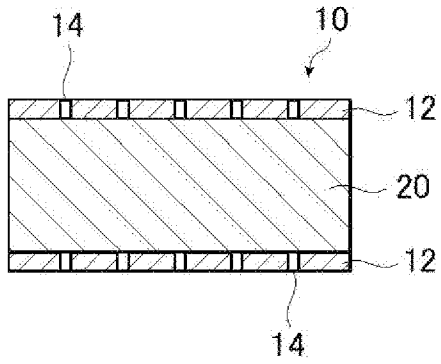
[図15]



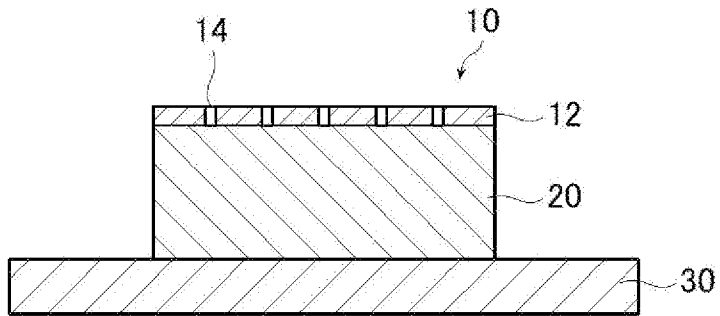
[図16]



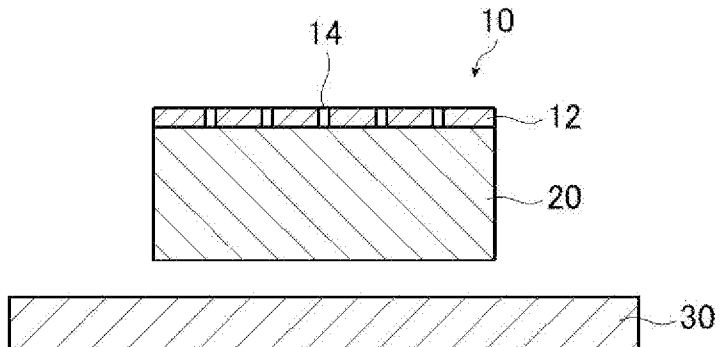
[図17]



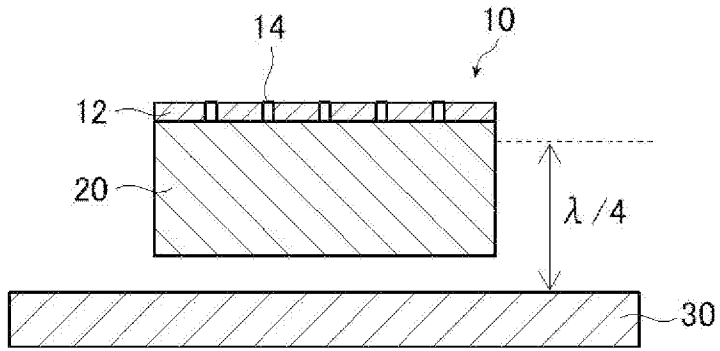
[図18]



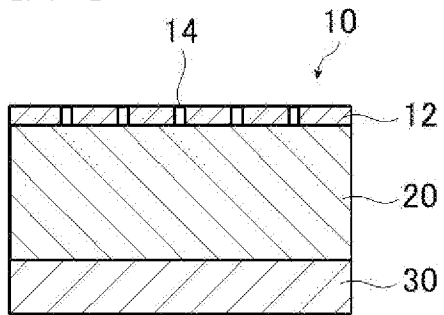
[図19]



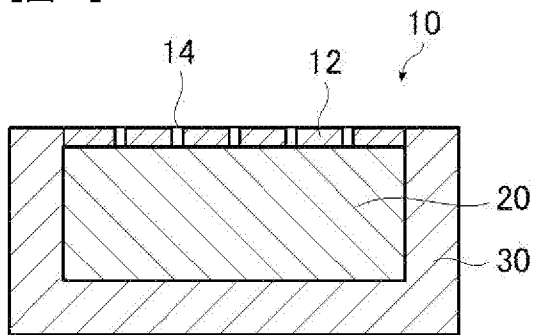
[図20]



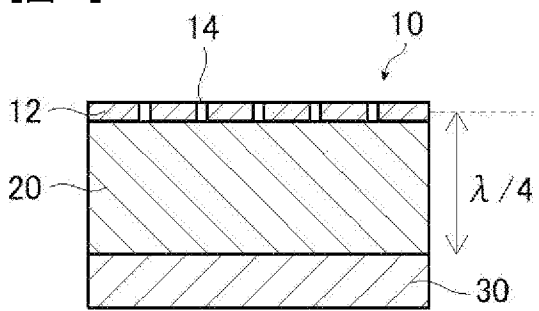
[図21]



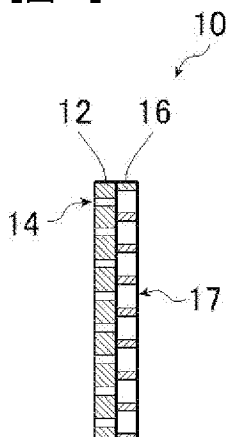
[図22]



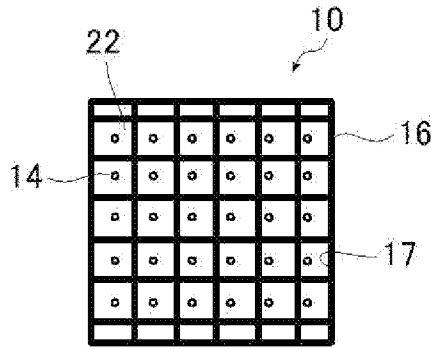
[図23]



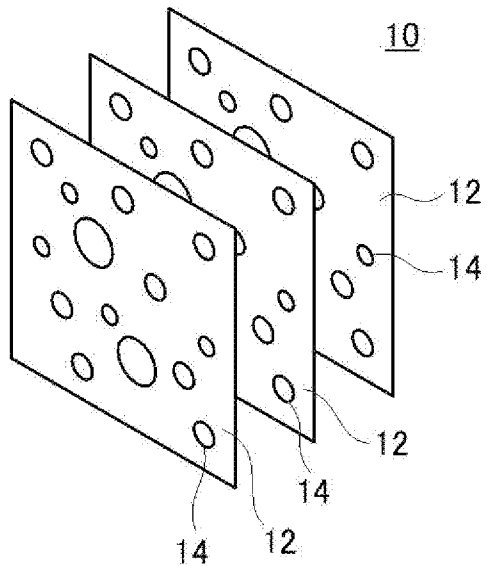
[図24]



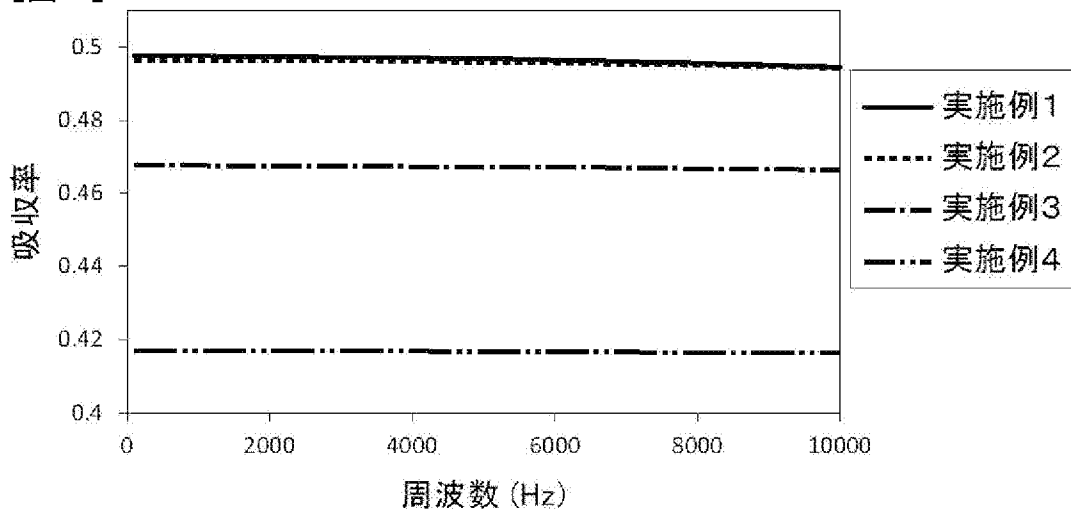
[図25]



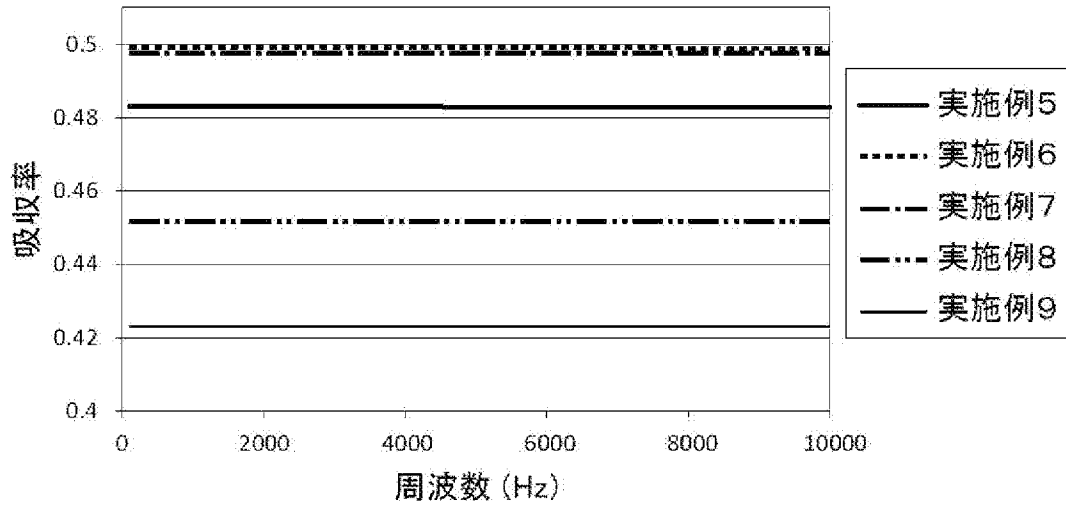
[図26]



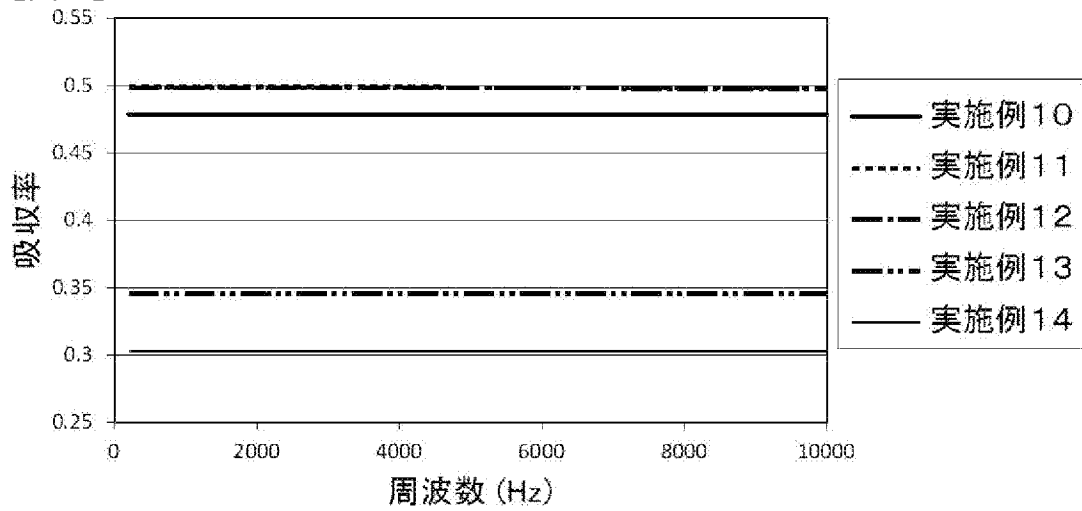
[図27]



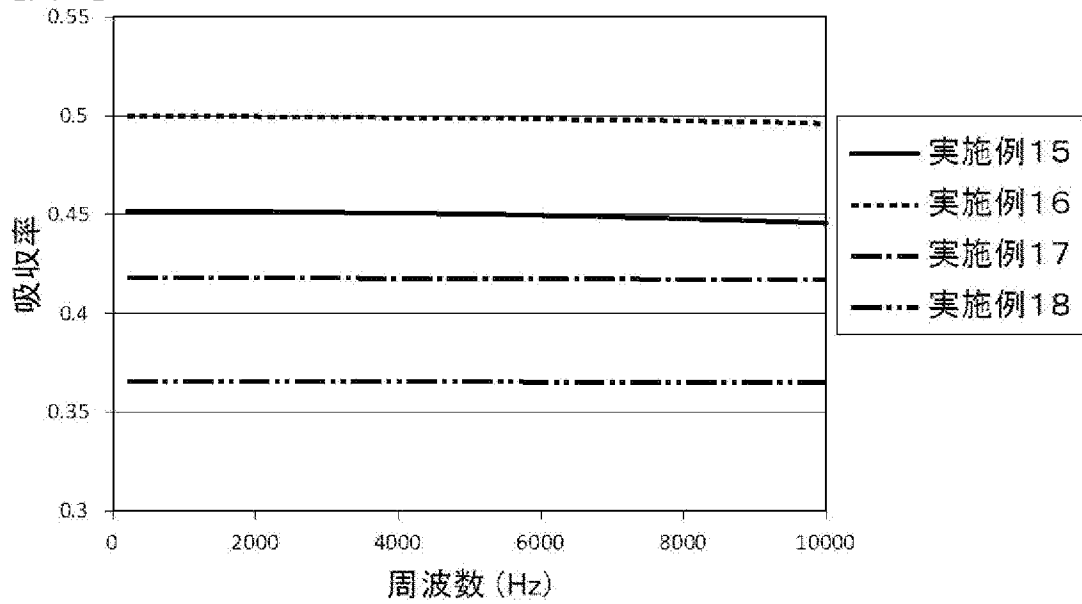
[图28]



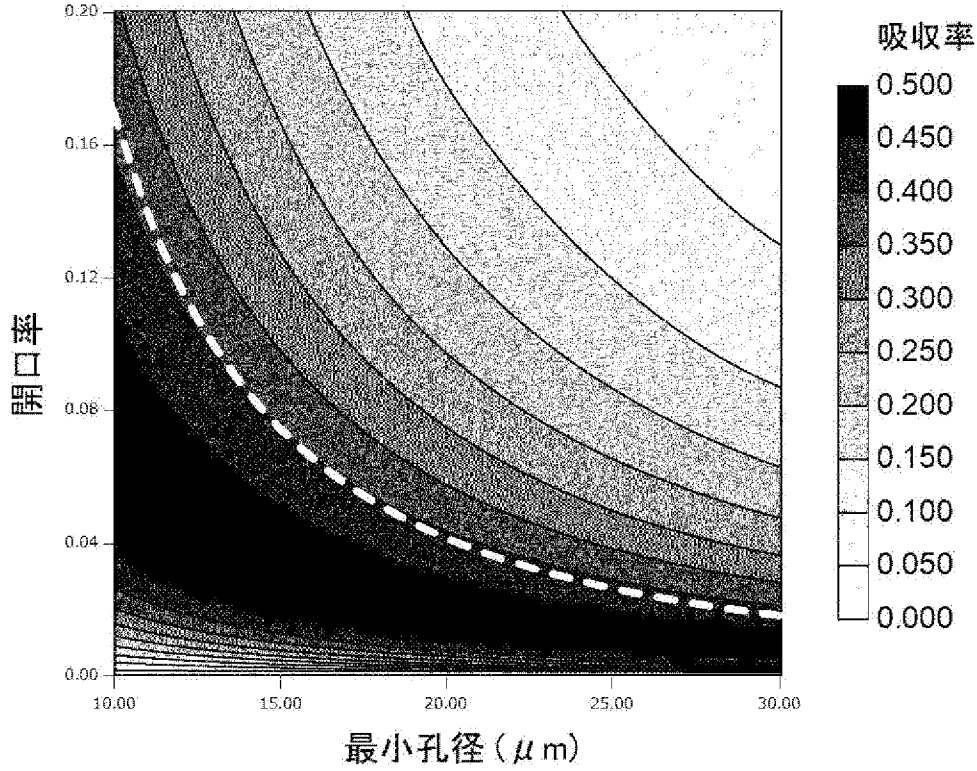
[图29]



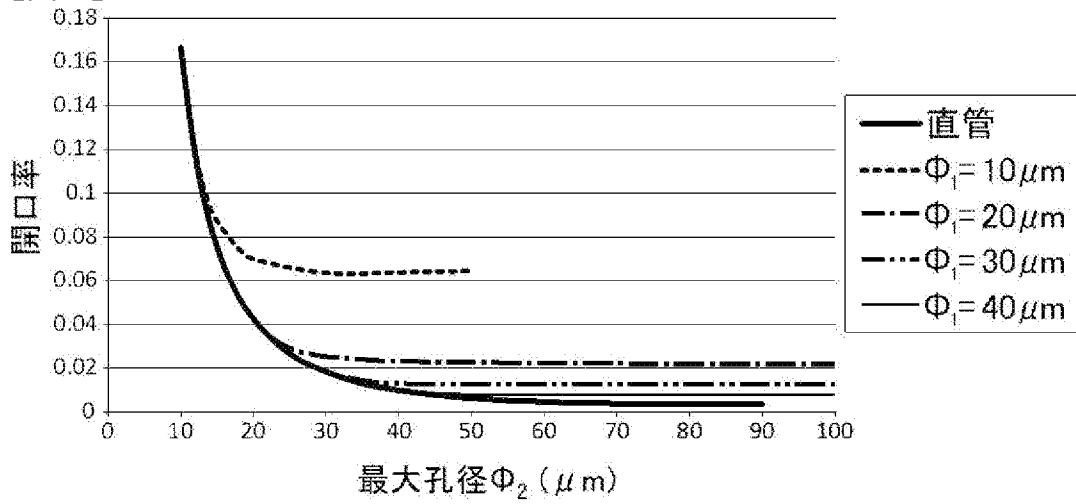
[图30]



[图31]



[图32]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/033623

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 Int.Cl. G10K11/16(2006.01) i, B32B3/24(2006.01) i, B32B15/01(2006.01) i,
 E01F8/00(2006.01) i, E04B1/86(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, B32B3/24, B32B15/01, E01F8/00, E04B1/86

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	1971-2018
Registered utility model specifications of Japan	1996-2018
Published registered utility model applications of Japan	1994-2018

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.
A	JP 2008-231369 A (YAMAHA CORP.) 02 October 2008, paragraphs [0014], [0048], fig. 7, 8 (Family: none)	1-15
A	JP 2008-139816 A (TAIYU KENSETSU CO., LTD.) 19 June 2008, paragraph [0063], fig. 21, 22 (Family: none)	1-15
A	JP 8-30277 A (NISSAN MOTOR CO., LTD.) 02 February 1996, paragraphs [0021]-[0046], fig. 1-6 (Family: none)	1-15
A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 106296/1986 (Laid-open No. 14300/1988) (HONDA MOTOR CO., LTD.) 29 January 1988, page 6, lines 1-15 (Family: none)	1-15

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

* Special categories of cited documents:	"I" 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 29 November 2018 (29.11.2018)	Date of mailing of the international search report 11 December 2018 (11.12.2018)
--	---

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

<p>A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））</p> <p>Int.Cl. G10K11/16(2006.01)i, B32B3/24(2006.01)i, B32B15/01(2006.01)i, E01F8/00(2006.01)i, E04B1/86(2006.01)i</p>											
<p>B. 調査を行った分野</p> <p>調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））</p> <p>Int.Cl. G10K11/16, B32B3/24, B32B15/01, E01F8/00, E04B1/86</p>											
<p>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</p> <table border="0"> <tr> <td>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>1971-2018年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2018年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2018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	1971-2018年	日本国実用新案登録公報	1996-2018年	日本国登録実用新案公報	1994-2018年	
日本国実用新案公報	1922-1996年										
日本国公開実用新案公報	1971-2018年										
日本国実用新案登録公報	1996-2018年										
日本国登録実用新案公報	1994-2018年										
<p>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）</p>											
<p>C. 関連すると認められる文献</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>引用文献の カテゴリー*</th> <th>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</th> <th>関連する 請求項の番号</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>JP 2008-231369 A（ヤマハ株式会社）2008.10.02, 段落[0014]、[0048]、図7、8 （ファミリーなし）</td> <td>1-15</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2008-139816 A（大有建設株式会社）2008.06.19, 段落[0063]、図21、22 （ファミリーなし）</td> <td>1-15</td> </tr> </tbody> </table>			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	A	JP 2008-231369 A（ヤマハ株式会社）2008.10.02, 段落[0014]、[0048]、図7、8 （ファミリーなし）	1-15	A	JP 2008-139816 A（大有建設株式会社）2008.06.19, 段落[0063]、図21、22 （ファミリーなし）	1-15
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									
A	JP 2008-231369 A（ヤマハ株式会社）2008.10.02, 段落[0014]、[0048]、図7、8 （ファミリーなし）	1-15									
A	JP 2008-139816 A（大有建設株式会社）2008.06.19, 段落[0063]、図21、22 （ファミリーなし）	1-15									
<p><input checked="" 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。</p>											
<table border="0"> <tr> <td> <p>* 引用文献のカテゴリー</p> <p>「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</p> <p>「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</p> <p>「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）</p> <p>「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</p> <p>「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願</p> </td> <td> <p>の日の後に公表された文献</p> <p>「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</p> <p>「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</p> <p>「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</p> <p>「&」同一パテントファミリー文献</p> </td> </tr> </table>			<p>* 引用文献のカテゴリー</p> <p>「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</p> <p>「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</p> <p>「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）</p> <p>「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</p> <p>「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願</p>	<p>の日の後に公表された文献</p> <p>「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</p> <p>「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</p> <p>「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</p> <p>「&」同一パテントファミリー文献</p>							
<p>* 引用文献のカテゴリー</p> <p>「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</p> <p>「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</p> <p>「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）</p> <p>「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</p> <p>「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願</p>	<p>の日の後に公表された文献</p> <p>「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</p> <p>「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</p> <p>「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</p> <p>「&」同一パテントファミリー文献</p>										
<p>国際調査を完了した日</p> <p>29.11.2018</p>	<p>国際調査報告の発送日</p> <p>11.12.2018</p>										
<p>国際調査機関の名称及びあて先</p> <p>日本国特許庁（ISA/J P）</p> <p>郵便番号100-8915</p> <p>東京都千代田区霞が関三丁目4番3号</p>	<p>特許庁審査官（権限のある職員）</p> <p>大石 剛</p> <p>電話番号 03-3581-1101 内線 3591</p>	<table border="1"> <tr> <td>5Z</td> <td>4882</td> </tr> </table>	5Z	4882							
5Z	4882										

C (続き) . 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
A	JP 8-30277 A (日産自動車株式会社) 1996. 02. 02, 段落[0021]-[0046]、図 1 - 6 (ファミリーなし)	1-15
A	日本国実用新案登録出願61-106296号(日本国実用新案登録出願公開 63-14300号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマ イクロフィルム(本田技研工業株式会社) 1988. 01. 29, 第6頁第1行-第15行 (ファミリーなし)	1-15