

(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
2022年9月15日(15.09.2022)



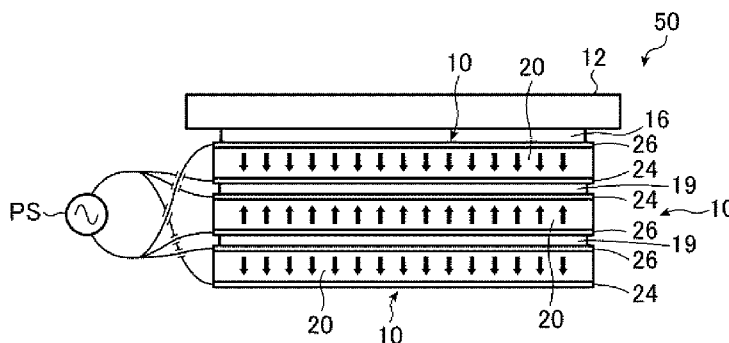
(10) 国際公開番号

WO 2022/190729 A1

- (51) 国際特許分類:
B06B 1/06 (2006.01) *H01L 41/113* (2006.01)
H04R 17/00 (2006.01) *H01L 41/18* (2006.01)
H01L 41/047 (2006.01) *H01L 41/187* (2006.01)
H01L 41/083 (2006.01) *H01L 41/23* (2013.01)
H01L 41/09 (2006.01) *H01L 41/29* (2013.01)
- (72) 発明者: 三好 哲(MIYOSHI Tetsu); 〒2500193 神奈川県南足柄市中沼210番地 富士フィルム株式会社内 Kanagawa (JP). 香川 裕介(KAGAWA Yusuke); 〒2500193 神奈川県南足柄市中沼210番地 富士フィルム株式会社内 Kanagawa (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2022/004356
- (22) 国際出願日: 2022年2月4日(04.02.2022)
- (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 2021-040070 2021年3月12日(12.03.2021) JP
 特願 2021-079134 2021年5月7日(07.05.2021) JP
 特願 2021-112010 2021年7月6日(06.07.2021) JP
- (74) 代理人: 伊東 秀明, 外(ITOHI Hideaki 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, IT, 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,
- (71) 出願人: 富士フィルム株式会社 (FUJIFILM CORPORATION) [JP/JP]; 〒1068620 東京都港区西麻布2丁目26番30号 Tokyo (JP).

(54) Title: MULTILAYER PIEZOELECTRIC ELEMENT

(54) 発明の名称: 積層圧電素子



(57) Abstract: Provided is a multilayer piezoelectric element in which heat generation can be reduced while a good piezoelectric property is maintained. This multilayer piezoelectric element is a laminate of a plurality of piezoelectric films each having a piezoelectric body layer having a macromolecular complex piezoelectric body containing piezoelectric body particles in a matrix including a macromolecular material, and electrode layers formed on both sides of the piezoelectric body layer. When a value obtained by dividing a capacitive reactance X_c of the piezoelectric films at a frequency of 1 kHz by an equivalent series resistance ESR is 1, a value XE_{20} obtained by dividing the capacitive reactance X_c at a frequency of 20 kHz by the equivalent series resistance ESR is in the range of 0.6 to 1.5.

(57) 要約: 良好な圧電特性を維持しつつ、発熱を抑制できる積層圧電素子を提供する。高分子材料を含むマトリックス中に圧電体粒子を含有する高分子複合圧電体を有する圧電体層、および、圧電体層の両面に形成される電極層を有する圧電フィルムを複数層、積層した積層圧電素子であって、圧電フィルムの、周波数1 kHzにおける容量リアクタンス X_c を等価直列抵抗 ESR で割った値を 1 としたとき、周波数 20 kHz における容量リアクタンス X_c を等価直列抵抗 ESR で割った値 XE_{20} が、0.6 ~ 1.5 の範囲にある。

WO 2022/190729 A1

ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, WS, 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:

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

明 細 書

発明の名称：積層圧電素子

技術分野

[0001] 本発明は、積層圧電素子に関する。

背景技術

[0002] 液晶ディスプレイおよび有機ELディスプレイなど、ディスプレイの薄型化に対応して、これらの薄型ディスプレイに用いられるスピーカーにも軽量化および薄型化が要求されている。さらに、可撓性を有するフレキシブルディスプレイにおいて、軽量性および可撓性を損なうことなくフレキシブルディスプレイに一体化するために、可撓性も要求されている。このような軽量および薄型で可撓性を有するスピーカーとして、印加電圧に応答して伸縮する性質を有するシート状の圧電フィルムを採用することが考えられている。

[0003] また、可撓性を有する振動板に、可撓性を有するエキサイターを貼着することで、可撓性を有するスピーカーとすることも考えられている。エキサイターとは、各種の物品に接触して取り付けすることで、物品を振動させて音を出す励起子である。

[0004] このような可撓性を有するシート状の圧電フィルム、あるいは、エキサイターとして、マトリックス中に圧電体粒子を含む複合圧電体を用いることが提案されている。

[0005] 例えば、特許文献1には、常温で粘弾性を有する高分子材料からなる粘弾性マトリックス中に圧電体粒子を分散してなる高分子複合圧電体と、高分子複合圧電体の両面に形成された薄膜電極と、薄膜電極の表面に形成された保護層とを有する圧電フィルムが記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2014-014063号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0007] このような圧電フィルムは、電極層が厚すぎると、圧電体層の変形（振動）が阻害されて出力が低下する。そのため、電極層は非常に薄く形成される。しかしながら、本発明者らの検討によれば、電極層を薄くすると、発熱量が大きくなるという問題があることがわかった。

[0008] 本発明の課題は、このような従来技術の問題点を解決することであり、良好な圧電特性を維持しつつ、発熱を抑制できる積層圧電素子を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0009] このような課題を解決するために、本発明は、以下の構成を有する。

[1] 高分子材料を含むマトリックス中に圧電体粒子を含有する高分子複合圧電体からなる圧電体層、および、圧電体層の両面に形成される電極層を有する圧電フィルムを、複数層、積層した積層圧電素子であって、

圧電フィルムの、周波数 1 kHz における容量リアクタンス X_c を等価直列抵抗 ESR で割った値を 1 としたとき、周波数 20 kHz における容量リアクタンス X_c を等価直列抵抗 ESR で割った値 XE_{20} が、 $0.6 \sim 1.5$ の範囲にある、積層圧電素子。

[2] 高分子材料が常温で粘弾性を有する、[1] に記載の積層圧電素子。

[3] XE_{20} が、 $0.8 \sim 1.3$ の範囲である、[1] または [2] に記載の積層圧電素子。

[4] 電極層の厚みが $1 \mu\text{m}$ 以下である、[1] ~ [3] のいずれか一項に記載の積層圧電素子。

[5] 少なくとも積層圧電素子の最外層に積層される圧電フィルムは、最外層側の電極層の圧電層とは反対側の面に積層される保護層を有し、保護層は、表面から電極層まで貫通する孔部を有し、孔部内に配置される導電部材と、保護層の孔部の表面に配置され、導電部材を介して電極層と電氣的に接続

される導線と、を有する、[1]～[4]のいずれかに記載の積層圧電素子。

[6] 孔部の開口面積をA、電極層の厚みをt、積層圧電素子の静電容量をFとすると、 $F / (A \times t)$ が $260 \mu F / mm^3$ 以下である、[5]に記載の積層圧電素子。

発明の効果

[0010] このような本発明によれば、良好な圧電特性を維持しつつ、発熱を抑制できる積層圧電素子を提供できる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]本発明の積層圧電素子の例を概念的に示す図である。

[図2]圧電フィルムの一例を概念的に示す図である。

[図3]周波数と容量リアクタンス X_c および等価直列抵抗 $E S R$ との関係を表すグラフである。

[図4]圧電フィルムの作製方法の一例を説明するための概念図である。

[図5]圧電フィルムの作製方法の一例を説明するための概念図である。

[図6]圧電フィルムの作製方法の一例を説明するための概念図である。

[図7]本発明の積層圧電素子の別の例を概念的に示す図である。

[図8]周波数と容量リアクタンス X_c および等価直列抵抗 $E S R$ との関係を表すグラフである。

[図9]周波数と容量リアクタンス X_c および等価直列抵抗 $E S R$ との関係を表すグラフである。

[図10]周波数と容量リアクタンス X_c および等価直列抵抗 $E S R$ との関係を表すグラフである。

[図11]周波数と容量リアクタンス X_c および等価直列抵抗 $E S R$ との関係を表すグラフである。

[図12]周波数と容量リアクタンス X_c および等価直列抵抗 $E S R$ との関係を表すグラフである。

[図13]周波数と容量リアクタンス X_c および等価直列抵抗 $E S R$ との関係を

表すグラフである。

[図14]周波数と容量リアクタンス X_c および等価直列抵抗 $E S R$ との関係を表すグラフである。

[図15]本発明の積層圧電素子の他の一例を概念的に示す平面図である。

[図16]図15の側面図である。

[図17]図16のB-B線断面の部分拡大図である。

[図18]本発明の積層圧電素子の他の一例の部分拡大図である。

[図19]本発明の積層圧電素子に用いられる圧電フィルムの他の一例の部分拡大図である。

[図20]図19のC-C線断面図である。

発明を実施するための形態

[0012] 以下、本発明の積層圧電素子について、添付の図面に示される好適実施態様を基に、詳細に説明する。

[0013] 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。

[0014] [積層圧電素子]

本発明の積層圧電素子は、

高分子材料を含むマトリックス中に圧電体粒子を含有する高分子複合圧電体を有する圧電体層、および、圧電体層の両面に形成される電極層を有する圧電フィルムを、複数層、積層した積層圧電素子であって、

圧電フィルムの、周波数1kHzにおける容量リアクタンス X_c を等価直列抵抗 $E S R$ で割った値を1としたとき、周波数20kHzにおける容量リアクタンス X_c を等価直列抵抗 $E S R$ で割った値 $X E_{20}$ が、0.6～1.5の範囲にある、積層圧電素子である。

[0015] 図1に、本発明の積層圧電素子の一例を概念的に示す。

図1に示す積層圧電素子50は、圧電体層20の一方の面に第1電極層24を有し、他方の面に第2電極層26を有する圧電フィルム10を、3枚積層して、隣接する圧電フィルムを、接着層（貼着層）19で貼着した構成を有する。圧電フィルム10の構成については後に詳述する。各圧電フィルム10は並列に電源に接続されている。すなわち、各圧電フィルム10の第1電極層24が配線によって電氣的に接続されて電源の一方の電極に接続され、各圧電フィルム10の第2電極層26が配線によって電氣的に接続されて電源の他方の電極に接続されている。

なお、図1においては、各圧電フィルム10の第1保護層28および第2保護層30の図示は省略しているが、各圧電フィルム10は第1保護層28および第2保護層30を有していてもよい。

[0016] なお、図1に示す積層圧電素子50は、圧電フィルム10を、3層、積層したものであるが、本発明は、これに制限はされない。すなわち、本発明の積層圧電素子は、圧電フィルムを、複数層、積層したものであれば、圧電フィルムの積層数は、2層でもよく、あるいは、4層以上であってもよい。この点に関しては、後述する積層圧電素子も、同様である。

[0017] また、図1に示す積層圧電素子50は、好ましい態様として、圧電体層20に付した矢印で示すように、隣接する圧電フィルム10における分極方向が互いに逆方向になるように積層されている。なお、本発明の積層圧電素子50は、これに限定はされず、隣接する圧電フィルム10における分極方向が同じであってもよい。

[0018] 図1に示すように、積層圧電素子50は、接着層16によって振動板12に接着されて、振動板12から音を発生するための、エキサイターとして用いられる。言い換えれば、振動板12と圧電フィルム10とは、接着層16を介して、互いに接触して固定されており、圧電フィルム10は、振動板12から音を発生するための、エキサイターとして作用する。

[0019] 積層圧電素子50は、圧電フィルム10を、複数枚、積層したものである。そのため、1枚毎の圧電フィルム10の剛性が低く、伸縮力は小さくても

、圧電フィルム10を積層することにより、剛性が高くなり、積層圧電素子50としての伸縮力は大きくなる。その結果、積層圧電素子50は、振動板12がある程度の剛性を有するものであっても、大きな力で振動板12を十分に撓ませて、厚さ方向に振動板12を十分に振動させて、振動板12から音を発生させることができる。

[0020] また、圧電体層20が厚い方が、圧電フィルムの伸縮力は大きくなるが、その分、同じ量、伸縮させるのに必要な駆動電圧は大きくなる。ここで、後述するように、圧電フィルム10において、好ましい圧電体層20の厚さは、最大でも300 μ m程度であるので、個々の圧電フィルムに印加する電圧が小さくても、十分に、圧電フィルムを伸縮させることが可能である。

[0021] 各圧電フィルム10の第1電極層24および第2電極層26には、圧電フィルム10を伸縮させる駆動電圧を印加する電源が接続される。

電源には、制限はなく、直流電源でも交流電源でもよい。また、駆動電圧も、各圧電フィルムの圧電体層20の厚さおよび形成材料等に応じて、各圧電フィルムを適正に駆動できる駆動電圧を、適宜、設定すればよい。

[0022] また、図1に示すように、各圧電フィルムの分極方向と、電極層の極性の関係をすべての圧電フィルムで同じとなるように、電源に接続されることが好ましい。これにより、各圧電フィルムに同位相の電圧を印加することができる。すなわち、圧電フィルムに電圧を印加した際に、すべての圧電フィルムの伸縮の挙動が同位相になる。そのため、各圧電フィルムの伸縮を強め合うことができ、圧電フィルム全体としての変形（出力）を大きくすることができる。すなわち、高い圧電特性が得られる。

[0023] なお、本発明において、圧電フィルムの分極方向は、d33メーター等で検出すれば良い。

または、上述した際のコロナポーリング処理の処理条件から、圧電体層20の分極方向を知見してもよい。

[0024] [圧電フィルム]

図2に、圧電フィルムの一例を断面図によって概念的に示す。

図2に示すように、圧電フィルム10は、圧電性を有するシート状物である圧電体層20と、圧電体層20の一方の面に積層される第1電極層24と、第1電極層24に積層される第1保護層28と、圧電体層20の他方の面に積層される第2電極層26と、第2電極層26に積層される第2保護層30とを有する。

圧電体層20は、高分子材料を含むマトリックス34中に、圧電体粒子36を含有する高分子複合圧電体をからなるものである。また、第1電極層24および第2電極層26は、本発明における電極層である。

後述するが、圧電フィルム10（圧電体層20）は、好ましい態様として、厚さ方向に分極されている。

[0025] このような圧電フィルム10は、一例として、スピーカー、マイクロフォン、および、ギター等の楽器に用いられるピックアップなどの各種の音響デバイス（音響機器）において、電気信号に応じた振動による音の発生（再生）や、音による振動を電気信号に変換するために利用される。

また、圧電フィルムは、これ以外にも、感圧センサおよび発電素子等にも利用可能である。

あるいは、圧電フィルムは、各種の物品に接触して取り付けすることで、物品を振動させて音を出す励起子（エキサイター）としても利用可能である。

[0026] 圧電フィルム10において、第2電極層26と第1電極層24とが電極対を形成する。すなわち、圧電フィルム10は、圧電体層20の両面を電極対、すなわち、第1電極層24および第2電極層26で挟持し、この積層体を、第1保護層28および第2保護層30で挟持してなる構成を有する。

[0027] このように、圧電フィルム10において、第1電極層24および第2電極層26で挟持された領域は、印加された電圧に応じて伸縮される。

[0028] なお、第1電極層24および第1保護層28、ならびに、第2電極層26および第2保護層30は、圧電体層20の分極方向に応じて名称を付しているものである。従って、第1電極層24と第2電極層26、ならびに、第1保護層28と第2保護層30とは基本的に同様の構成を有する。

[0029] また、圧電フィルム10は、これらの層に加えて、例えば、側面などの圧電体層20が露出する領域を覆って、ショート等を防止する絶縁層等を有していてもよい。

[0030] このような圧電フィルム10は、第1電極層24および第2電極層26に電圧を印加すると、印加した電圧に応じて圧電体粒子36が分極方向に伸縮する。その結果、圧電フィルム10（圧電体層20）が厚さ方向に収縮する。同時に、ポアゾン比の関係で、圧電フィルム10は、面内方向にも伸縮する。この伸縮は、0.01~0.1%程度である。なお、面内方向では全方向に等方的に伸縮する。

圧電体層20の厚さは、好ましくは10~300 μm 程度である。従って、厚さ方向の伸縮は、最大でも0.3 μm 程度と非常に小さい。

これに対して、圧電フィルム10すなわち圧電体層20は、面方向には、厚さよりもはるかに大きなサイズを有する。従って、例えば、圧電フィルム10の長さが20cmであれば、電圧の印加によって、最大で0.2mm程度、圧電フィルム10は伸縮する。

また、圧電フィルム10に圧力を加えると、圧電体粒子36の作用によって、電力を発生する。

これを利用することで、圧電フィルム10は、上述のように、スピーカー、マイクロフォン、および、感圧センサ等の各種の用途に利用可能である。

[0031] ここで、本発明において、圧電フィルム10は、周波数1kHzにおける容量リアクタンス X_c を等価直列抵抗 $E_S R$ で割った値を1としたとき、周波数20kHzにおける X_c を等価直列抵抗 $E_S R$ で割った値 $X_{E_{20}}$ が、0.6~1.5の範囲にある。

この点について図3を用いて説明する。

[0032] 図3は、圧電フィルム10の容量リアクタンス X_c および等価直列抵抗 $E_S R$ の周波数特性を概念的に表すグラフである。

誘電体である圧電体層を電極対で挟持した構成は、コンデンサ等と同様に、静電容量と、等価直列インダクタンスと、等価直列抵抗とが直列に接続さ

れた等価回路で表される。ここで、本発明の圧電フィルムが利用される可聴域（ $20\text{ Hz} \sim 20\text{ kHz}$ ）では、等価直列インダクタンスは寄与しないので、圧電フィルム10は、静電容量Cと等価直列抵抗ESRが直列に接続された等価回路で表現できる。

[0033] このような等価回路において、静電容量Cによる容量リアクタンス $X_c = 1 / (2\pi \times f \times C)$ は、電源の周波数fに反比例するため、図3に示すように、周波数が高くなると、容量リアクタンス X_c は小さくなる。この容量リアクタンス X_c は、圧電体層を駆動する際の電圧と電流との比である。

[0034] 一方、等価直列抵抗ESRは、抵抗成分による発熱に対応するものである。等価直列抵抗ESRは、圧電体層の抵抗成分および電極層の抵抗成分等に起因する。圧電体層からの発熱は、圧電体層に含まれる圧電体粒子がドメインモーションを起こした際に摩擦熱として現れるものと考えられる。このような圧電体層において、電源の周波数が高くなると、ドメインモーションの動きが周波数についてこれなくなるため、ドメインモーションによる摩擦熱が少なくなると考えられる。

[0035] また、電極層の抵抗成分は、周波数に依らずほぼ一定である。そのため、図3に示すように、等価直列抵抗ESRは、周波数が高くなるにつれて低くなり、ある周波数以降はほぼ一定になる。

[0036] 圧電体層の発熱抑制の観点からは、等価直列抵抗ESRを小さくすればよい。

ここで、一般に、圧電体において、ドメインモーションが活発なものほど圧電性能が高くなる。すなわち、圧電性能が高い圧電体は、発熱が大きくなる傾向がある。そのため、圧電性能を犠牲にすることなく、圧電体層からの発熱を抑制することは困難である。そのため、圧電体層の寄与が大きい低周波領域においては等価直列抵抗ESRを小さくすることは難しい。

[0037] 一方、周波数が高い領域（ $10\text{ kHz} \sim 20\text{ kHz}$ ）では、圧電体層の寄与は相対的に小さくなり、電極層等の抵抗成分の寄与が大きくなる。

[0038] ところで、等価直列抵抗ESRは、圧電フィルムのサイズ等で変わる。一

方、容量リアクタンス X_c も圧電フィルムのサイズ等に依存する。そのため、等価直列抵抗 E_{SR} と容量リアクタンス X_c との比の値を評価することで、サイズの影響を排除した抵抗成分を評価することができる。

[0039] 本発明においては、圧電フィルムの、周波数 1kHz における容量リアクタンス X_c を等価直列抵抗 E_{SR} で割った値 X_{E_1} を1としたとき、周波数 20kHz における X_c を E_{SR} 割った値 $X_{E_{20}}$ が、 $0.6\sim 1.5$ の範囲とする。すなわち、周波数 20kHz における値 $X_{E_{20}}$ を、周波数 1kHz における値 X_{E_1} に近い値とすることで、周波数 20kHz において、入力したエネルギーのうち、圧電効果に利用されるエネルギーに対する、発熱されるエネルギーの比を、周波数 1kHz の場合に近い値とするものである。これにより、良好な圧電特性を維持しつつ、発熱を抑制することができる。

[0040] オーディオ帯域内で 20kHz は最も流れる電流が大きいため、 $X_{E_{20}}$ が 0.6 未満の場合には、発熱が大きくなり最悪、熱暴走するという問題が生じる。

一方、値 $X_{E_{20}}$ が 1.5 超の場合には、例えば、電極層をととても厚くすると、 30kHz の E_{SR} は下がるが、 20kHz の E_{SR} はほとんど変化しないため、実質的にオーディオ帯域 20kHz 以内での恩恵はないと考えられる。

[0041] 上記観点から、 $X_{E_{20}}$ は、 $0.6\sim 1.5$ の範囲にあることが好ましく、 $0.8\sim 1.3$ の範囲にあることがより好ましく、 $1.0\sim 1.1$ の範囲にあることがさらに好ましい。

[0042] 容量リアクタンス X_c および等価直列抵抗 E_{SR} は、例えば、Agilent社製インピーダンスアナライザ4294Aを用いることで周波数に対する変化を測定できる。

[0043] $X_{E_{20}}$ を上記範囲とするためには、電極層の抵抗を低減するのが好ましい。電極層の抵抗を抑制する方法としては、例えば、電極層の厚さを厚くする、電流が流れる経路長を短くする、電極層の材料として体積抵抗率が低い材料を用いる、電極層の膜質を制御する、等の方法が考えられる。また、本発明

の積層圧電素子のように、圧電フィルムを複数積層して用いる場合には、複数の圧電フィルムを並列に接続することでも圧電素子全体での抵抗を低減することができる。また、これらの方法を複数組み合わせることで $X E_{20}$ を上記範囲としてもよい。

[0044] ここで、前述のとおり、電極層が厚すぎると、圧電体層の変形（振動）が阻害されて出力（圧電特性）が低下する。そのため、電極層は圧電特性が低下しない程度に厚くするのが好ましいが、厚みの調整のみで $X E_{20}$ を上記範囲とすることは難しい。また、電流が流れる経路長は、電極と電源からの配線との接続位置を工夫することで調整できるが、圧電フィルムの大きさによっては十分に短くすることは難しく、経路長の調整のみで $X E_{20}$ を上記範囲とすることは難しい。

従って、上述した方法を複数組み合わせることで $X E_{20}$ を上記範囲とすることが好ましい。

[0045] <圧電体層>

圧電体層は、高分子材料を含むマトリックス中に圧電体粒子を含有する高分子複合圧電体からなる層であって、電圧を印加されることで伸縮する圧電効果を示す層である。

[0046] 圧電フィルム10において、圧電体層20は、好ましい態様として、常温で粘弾性を有する高分子材料からなるマトリックス34中に、圧電体粒子36を分散してなる高分子複合圧電体からなるものである。なお、本明細書において、「常温」とは、0～50℃程度の温度域を指す。

[0047] ここで、高分子複合圧電体（圧電体層20）は、次の要件を具備したものであるのが好ましい。

(i) 可撓性

例えば、携帯用として新聞や雑誌のように書類感覚で緩く撓めた状態で把持する場合、絶えず外部から、数Hz以下の比較的ゆっくりとした、大きな曲げ変形を受けることになる。この時、高分子複合圧電体が硬いと、その分大きな曲げ応力が発生し、高分子マトリックスと圧電体粒子との界面で亀裂

が発生し、やがて破壊に繋がる恐れがある。従って、高分子複合圧電体には適度な柔らかさが求められる。また、歪みエネルギーを熱として外部へ拡散できれば応力を緩和することができる。従って、高分子複合圧電体の損失正接が適度に大きいことが求められる。

[0048] 以上をまとめると、エキサイターとして用いるフレキシブルな高分子複合圧電体は、 $20\text{ Hz} \sim 20\text{ kHz}$ の振動に対しては硬く、数Hz以下の振動に対しては柔らかく振る舞うことが求められる。また、高分子複合圧電体の損失正接は、 20 kHz 以下の全ての周波数の振動に対して、適度に大きいことが求められる。

さらに、貼り付ける相手材（振動板）の剛性（硬さ、コシ、バネ定数）に合わせて、積層することで、簡便にバネ定数を調節できるのが好ましく、その際、接着層は薄ければ薄いほど、エネルギー効率を高めることができる。

[0049] 一般に、高分子固体は粘弾性緩和機構を有しており、温度上昇あるいは周波数の低下とともに大きなスケールの分子運動が貯蔵弾性率（ヤング率）の低下（緩和）あるいは損失弾性率の極大（吸収）として観測される。その中でも、非晶質領域の分子鎖のミクロブラウン運動によって引き起こされる緩和は、主分散と呼ばれ、非常に大きな緩和現象が見られる。この主分散が起きる温度がガラス転移点（ T_g ）であり、最も粘弾性緩和機構が顕著に現れる。

高分子複合圧電体（圧電体層20）において、ガラス転移点が常温にある高分子材料、言い換えると、常温で粘弾性を有する高分子材料をマトリックスに用いることで、 $20\text{ Hz} \sim 20\text{ kHz}$ の振動に対しては硬く、数Hz以下の遅い振動に対しては柔らかく振舞う高分子複合圧電体が実現する。特に、この振舞いが好適に発現する等の点で、周波数1Hzでのガラス転移点が常温、すなわち、 $0 \sim 50^\circ\text{C}$ にある高分子材料を、高分子複合圧電体のマトリックスに用いるのが好ましい。

[0050] 常温で粘弾性を有する高分子材料としては、公知の各種のものが利用可能である。好ましくは、常温、すなわち $0 \sim 50^\circ\text{C}$ において、動的粘弾性試験

による周波数 1 Hz における損失正接 $\tan \delta$ の極大値が、0.5 以上有る高分子材料を用いる。

これにより、高分子複合圧電体が外力によってゆっくりと曲げられた際に、最大曲げモーメント部における高分子マトリックスと圧電体粒子との界面の応力集中が緩和され、高い可撓性が期待できる。

[0051] また、常温で粘弾性を有する高分子材料は、動的粘弾性測定による周波数 1 Hz での貯蔵弾性率 (E') が、0°C において 100 MPa 以上、50°C において 10 MPa 以下、であるのが好ましい。

これにより、高分子複合圧電体が外力によってゆっくりと曲げられた際に発生する曲げモーメントが低減できると同時に、20 Hz ~ 20 kHz の音響振動に対しては硬く振る舞うことができる。

[0052] また、常温で粘弾性を有する高分子材料は、比誘電率が 25°C において 10 以上有ると、より好適である。これにより、高分子複合圧電体に電圧を印加した際に、高分子マトリックス中の圧電体粒子にはより高い電界が掛かるため、大きな変形量が期待できる。

しかしながら、その反面、良好な耐湿性の確保等を考慮すると、高分子材料は、比誘電率が 25°C において 10 以下であるのも、好適である。

[0053] このような条件を満たす常温で粘弾性を有する高分子材料としては、シアノエチル化ポリビニルアルコール（シアノエチル化 PVA）、ポリ酢酸ビニル、ポリビニリデンクロライドコアクリロニトリル、ポリスチレンービニルポリイソプレンブロック共重合体、ポリビニルメチルケトン、および、ポリブチルメタクリレート等が例示される。また、これらの高分子材料としては、ハイブラー 5127（クラレ社製）などの市販品も、好適に利用可能である。なかでも、高分子材料としては、シアノエチル基を有する材料を用いることが好ましく、シアノエチル化 PVA を用いるのが特に好ましい。

なお、これらの高分子材料は、1 種のみを用いてもよく、複数種を併用（混合）して用いてもよい。

[0054] このような常温で粘弾性を有する高分子材料を用いるマトリックス 34 は

、必要に応じて、複数の高分子材料を併用してもよい。

すなわち、マトリックス34には、誘電特性や機械特性の調節等を目的として、シアノエチル化PVA等の粘弾性材料に加え、必要に応じて、その他の誘電性高分子材料を添加しても良い。

[0055] 添加可能な誘電性高分子材料としては、一例として、ポリフッ化ビニリデン、フッ化ビニリデン-テトラフルオロエチレン共重合体、フッ化ビニリデン-トリフルオロエチレン共重合体、ポリフッ化ビニリデン-トリフルオロエチレン共重合体およびポリフッ化ビニリデン-テトラフルオロエチレン共重合体等のフッ素系高分子、シアニ化ビニリデン-酢酸ビニル共重合体、シアノエチルセルロース、シアノエチルヒドロキシサッカロース、シアノエチルヒドロキシセルロース、シアノエチルヒドロキシプルラン、シアノエチルメタクリレート、シアノエチルアクリレート、シアノエチルヒドロキシエチルセルロース、シアノエチルアミロース、シアノエチルヒドロキシプロピルセルロース、シアノエチルジヒドロキシプロピルセルロース、シアノエチルヒドロキシプロピルアミロース、シアノエチルポリアクリルアミド、シアノエチルポリアクリレート、シアノエチルプルラン、シアノエチルポリヒドロキシメチレン、シアノエチルグリシドールプルラン、シアノエチルサッカロースおよびシアノエチルソルビトール等のシアノ基またはシアノエチル基を有するポリマー、ならびに、ニトリルゴムやクロロプレンゴム等の合成ゴム等が例示される。

中でも、シアノエチル基を有する高分子材料は、好適に利用される。

また、圧電体層20のマトリックス34において、シアノエチル化PVA等の常温で粘弾性を有する材料に加えて添加される誘電性ポリマーは、1種に限定はされず、複数種を添加してもよい。

[0056] また、マトリックス34には、誘電性ポリマー以外にも、ガラス転移点T_gを調節する目的で、塩化ビニル樹脂、ポリエチレン、ポリスチレン、メタクリル樹脂、ポリブテン、および、イソブチレン等の熱可塑性樹脂、ならびに、フェノール樹脂、尿素樹脂、メラミン樹脂、アルキド樹脂、および、マ

イカ等の熱硬化性樹脂を添加しても良い。

さらに、粘着性を向上する目的で、ロジンエステル、ロジン、テルペン、テルペンフェノール、および、石油樹脂等の粘着付与剤を添加しても良い。

[0057] 圧電体層20のマトリックス34において、シアノエチル化PVA等の粘弾性を有する高分子材料以外の材料を添加する際の添加量には、特に限定は無いが、マトリックス34に占める割合で30質量%以下とするのが好ましい。

これにより、マトリックス34における粘弾性緩和機構を損なうことなく、添加する高分子材料の特性を発現できるため、高誘電率化、耐熱性の向上、圧電体粒子36および電極層との密着性向上等の点で好ましい結果を得ることができる。

[0058] 圧電体粒子36は、ペロブスカイト型またはウルツ鉱型の結晶構造を有するセラミックス粒子からなるものである。

圧電体粒子36を構成するセラミックス粒子としては、例えば、チタン酸ジルコン酸鉛(PZT)、チタン酸ジルコン酸ランタン酸鉛(PLZT)、チタン酸バリウム(BaTiO₃)、酸化亜鉛(ZnO)、および、チタン酸バリウムとビスマスフェライト(BiFe₃)との固溶体(BFBT)等が例示される。

[0059] このような圧電体粒子36の粒径には制限はなく、圧電フィルム10のサイズ、および、圧電フィルム10の用途等に応じて、適宜、選択すれば良い。圧電体粒子36の粒径は、1~10μmが好ましい。

圧電体粒子36の粒径をこの範囲とすることにより、圧電フィルム10が高い圧電特性とフレキシビリティとを両立できる等の点で好ましい結果を得ることができる。

[0060] なお、図2においては、圧電体層20中の圧電体粒子36は、マトリックス34中に、均一かつ規則性を持って分散されているが、本発明は、これに制限はされない。

すなわち、圧電体層20中の圧電体粒子36は、好ましくは均一に分散さ

れていれば、マトリックス34中に不規則に分散されていてもよい。

[0061] 圧電フィルム10において、圧電体層20中におけるマトリックス34と圧電体粒子36との量比には、制限はなく、圧電フィルム10の面方向の大きさおよび厚さ、圧電フィルム10の用途、ならびに、圧電フィルム10に要求される特性等に応じて、適宜、設定すればよい。

圧電体層20中における圧電体粒子36の体積分率は、30~80%が好ましく、50%以上がより好ましく、従って、50~80%とするのが、さらに好ましい。

マトリックス34と圧電体粒子36との量比を上記範囲とすることにより、高い圧電特性とフレキシビリティとを両立できる等の点で好ましい結果を得ることができる。

[0062] 以上の圧電フィルム10は、好ましい態様として、圧電体層20が、常温で粘弾性を有する高分子材料を含む粘弾性マトリックス中に圧電体粒子を分散してなる高分子複合圧電体層である。しかしながら、本発明は、これに制限はされず、圧電体層としては、公知の圧電素子に用いられる、高分子材料を含むマトリックス中に圧電体粒子を分散してなる高分子複合圧電体が利用可能である。

[0063] 圧電フィルム10において、圧電体層20の厚さには、特に限定はなく、圧電フィルム10の用途、後述する圧電素子における圧電フィルム10の積層数、圧電フィルム10に要求される特性等に応じて、適宜、設定すればよい。

圧電体層20が厚いほど、いわゆるシート状物のコシの強さなどの剛性等の点では有利であるが、同じ量だけ圧電フィルム10を伸縮させるために必要な電圧（電位差）は大きくなる。

圧電体層20の厚さは、10~300 μm が好ましく、20~200 μm がより好ましく、30~150 μm がさらに好ましい。

圧電体層20の厚さを、上記範囲とすることにより、剛性の確保と適度な柔軟性との両立等の点で好ましい結果を得ることができる。

[0064] <保護層>

圧電フィルム10において、第1保護層28および第2保護層30は、第2電極層26および第1電極層24を被覆すると共に、圧電体層20に適度な剛性と機械的強度を付与する役目を担っている。すなわち、圧電フィルム10において、マトリックス34と圧電体粒子36とからなる圧電体層20は、ゆっくりとした曲げ変形に対しては、非常に優れた可撓性を示す一方で、用途によっては、剛性や機械的強度が不足する場合がある。圧電フィルム10は、それを補うために第1保護層28および第2保護層30が設けられる。

[0065] 第1保護層28および第2保護層30には、制限はなく、各種のシート状物が利用可能であり、一例として、各種の樹脂フィルムが好適に例示される。

中でも、優れた機械的特性および耐熱性を有するなどの理由により、ポリエチレンテレフタレート（PET）、ポリプロピレン（PP）、ポリスチレン（PS）、ポリカーボネート（PC）、ポリフェニレンサルファイト（PPS）、ポリメチルメタクリレート（PMMA）、ポリアーテルイミド（PEI）、ポリイミド（PI）、ポリエチレンナフタレート（PEN）、トリアセチルセルロース（TAC）、および、環状オレフィン系樹脂等からなる樹脂フィルムが、好適に利用される。

[0066] 第1保護層28および第2保護層30の厚さにも、制限はない。また、第1保護層28および第2保護層30の厚さは、基本的に同じであるが、異なってもよい。

ここで、第1保護層28および第2保護層30の剛性が高過ぎると、圧電体層20の伸縮を拘束するばかりか、可撓性も損なわれる。そのため、機械的強度やシート状物としての良好なハンドリング性が要求される場合を除けば、第1保護層28および第2保護層30は、薄いほど有利である。

[0067] 圧電フィルム10においては、第1保護層28および第2保護層30の厚さが、圧電体層20の厚さの2倍以下であれば、剛性の確保と適度な柔軟性

との両立等の点で好ましい結果を得ることができる。

例えば、圧電体層 20 の厚さが $50\ \mu\text{m}$ で第 1 保護層 28 および第 2 保護層 30 が PET からなる場合、第 1 保護層 28 および第 2 保護層 30 の厚さは、 $100\ \mu\text{m}$ 以下が好ましく、 $50\ \mu\text{m}$ 以下がより好ましく、 $25\ \mu\text{m}$ 以下がさらに好ましい。

[0068] <電極層>

圧電フィルム 10 において、圧電体層 20 と第 1 保護層 28 との間には第 1 電極層 24 が、圧電体層 20 と第 2 保護層 30 との間には第 2 電極層 26 が、それぞれ形成される。第 1 電極層 24 および第 2 電極層 26 は、圧電体層 20 (圧電フィルム 10) に電圧を印加するために設けられる。

[0069] 本発明において、第 1 電極層 24 および第 2 電極層 26 の形成材料には制限はなく、各種の導電体が利用可能である。具体的には、炭素、パラジウム、鉄、錫、アルミニウム、ニッケル、白金、金、銀、銅、チタン、クロムおよびモリブデン等の金属、これらの合金、これらの金属および合金の積層体および複合体、ならびに、酸化インジウムスズ等が例示される。中でも、上述した X E_{20} を上記範囲にするのが容易である等の観点から、銅、アルミニウム、金、銀、白金、および、酸化インジウムスズは、第 1 電極層 24 および第 2 電極層 26 の材料として好適に例示される。

[0070] また、第 1 電極層 24 および第 2 電極層 26 の形成方法にも制限はなく、真空蒸着、イオンアシスト蒸着、および、スパッタリング等の気相堆積法 (真空成膜法)、めっきによる成膜、あるいは、上記材料で形成された箔を貼着する方法等、公知の方法が、各種、利用可能である。

[0071] ここで、電極層の材料として同じ材料を用いた場合でも、電極層 (金属膜) の膜質によって抵抗が変わる。例えば、膜中に結晶粒界およびボイド等が多いと、抵抗が大きくなる。そのため、電極層の形成方法、および、形成条件を制御して、電極層の膜質を調整することが好ましい。

[0072] 膜質の良い低抵抗の膜を形成できる等の理由で、形成方法としては、イオンアシスト蒸着、および、スパッタリングが好ましい。スパッタおよび蒸着

のような気相成膜法で成長した金属薄膜は一般的に柱状組織になるが、その電気抵抗は単位面積当たりの結晶粒界密度で決まるため、できるだけ一本一本が太い結晶粒からなる柱状組織が理想である。例えばスパッタの場合は、基材温度を可能な限り上げて表面拡散を促進すると共に、ガス圧をできるだけ下げて平均自由行程を長くして射影効果を抑制することで、空隙の少ない緻密で結晶粒径の大きい柱状組織とすることができる。更にイオンアシストのような高速荷電粒子を基材に打ち込むことで表面拡散を促進することも有効である。

[0073] 第1電極層24および第2電極層26の厚さには、制限はない。また、第1電極層24および第2電極層26の厚さは、基本的に同じであるが、異なってもよい。

[0074] ここで、前述の第1保護層28および第2保護層30と同様に、第1電極層24および第2電極層26の剛性が高過ぎると、圧電体層20の伸縮を拘束するばかりか、可撓性も損なわれる。そのため、可撓性および圧電特性の観点からは、第1電極層24および第2電極層26は、薄いほど有利である。一方、第1電極層24および第2電極層26が薄すぎると電気抵抗が高くなり上述した $X E_{20}$ の範囲を満たすのが難しくなる。

以上の観点から、第1電極層24および第2電極層26の厚さは、 $3\mu\text{m}$ 以下が好ましく、 $2\mu\text{m}$ 以下がより好ましく、 $1\mu\text{m}$ 以下がさらに好ましい。また、第1電極層24および第2電極層26の厚さは、 $0.1\mu\text{m}$ 以上が好ましく、 $0.2\mu\text{m}$ 以上がより好ましく、 $0.3\mu\text{m}$ 以上がさらに好ましい。

[0075] また、第1電極層24および第2電極層26には、電源からの配線が接続されるが、電流が流れる経路長を短くする観点から、例えば、圧電フィルムの平面形状が矩形状である場合には、第1電極層24と配線との接続箇所と、第2電極層26と配線との接続箇所とを、長辺側に設けるのが好ましい。また、各電極層と配線とを複数個所で接続することも好ましい。

[0076] 上述したように、圧電フィルム10は、好ましくは、常温で粘弾性を有す

る高分子材料を含むマトリックス 34 に圧電体粒子 36 を分散してなる圧電体層 20 を、第 1 電極層 24 および第 2 電極層 26 で挟持し、さらに、この積層体を、第 1 保護層 28 および第 2 保護層 30 を挟持してなる構成を有する。

このような圧電フィルム 10 は、動的粘弾性測定による周波数 1 Hz での損失正接 ($\tan \delta$) の極大値が常温に存在するのが好ましく、0.1 以上となる極大値が常温に存在するのがより好ましい。

これにより、圧電フィルム 10 が外部から数 Hz 以下の比較的ゆっくりとした、大きな曲げ変形を受けたとしても、歪みエネルギーを効果的に熱として外部へ拡散できるため、高分子マトリックスと圧電体粒子との界面で亀裂が発生するのを防ぐことができる。

[0077] 圧電フィルム 10 は、動的粘弾性測定による周波数 1 Hz での貯蔵弾性率 (E') が、0°C において 10~30 GPa、50°C において 1~10 GPa であるのが好ましい。

これにより、常温で圧電フィルム 10 が貯蔵弾性率 (E') に大きな周波数分散を有することができる。すなわち、20 Hz~20 kHz の振動に対しては硬く、数 Hz 以下の振動に対しては柔らかく振る舞うことができる。

[0078] また、圧電フィルム 10 は、厚さと動的粘弾性測定による周波数 1 Hz での貯蔵弾性率 (E') との積が、0°C において $1.0 \times 10^6 \sim 2.0 \times 10^6$ N/m、50°C において $1.0 \times 10^5 \sim 1.0 \times 10^6$ N/m であるのが好ましい。

これにより、圧電フィルム 10 が可撓性および音響特性を損なわない範囲で、適度な剛性と機械的強度を備えることができる。

[0079] さらに、圧電フィルム 10 は、動的粘弾性測定から得られたマスターカーブにおいて、25°C、周波数 1 kHz における損失正接 ($\tan \delta$) が、0.05 以上であるのが好ましい。

これにより、圧電フィルム 10 を用いたスピーカの周波数特性が平滑になり、スピーカの曲率の変化に伴い最低共振周波数 f_0 が変化した際の音質の変

化量も小さくできる。

[0080] 以下、図4～図6を参照して、圧電フィルム10の製造方法の一例を説明する。

[0081] まず、図4に示すように、第1保護層28の上に第1電極層24が形成されたシート状物10aを準備する。このシート状物10aは、第1保護層28の表面に、真空蒸着、スパッタリング、および、めっき等によって、第1電極層24として銅薄膜等を形成して作製すればよい。

第1保護層28が非常に薄く、ハンドリング性が悪い時などは、必要に応じて、セパレータ（仮支持体）付きの第1保護層28を用いても良い。なお、セパレータとしては、厚さ25 μ m～100 μ mのPET等を用いることができる。セパレータは、第2電極層26および第2保護層30を熱圧着した後、第1保護層28に何らかの部材を積層する前に、取り除けばよい。

[0082] 一方で、有機溶媒に、マトリックスの材料となる高分子材料を溶解し、さらに、PZT粒子等の圧電体粒子36を添加し、攪拌して分散してなる塗料を調製する。

上記物質以外の有機溶媒としては制限はなく各種の有機溶媒が利用可能である。

[0083] シート状物10aを準備し、かつ、塗料を調製したら、この塗料をシート状物10aにキャスト（塗布）して、有機溶媒を蒸発して乾燥する。これにより、図5に示すように、第1保護層28の上に第1電極層24を有し、第1電極層24の上に圧電体層20を形成してなる積層体10bを作製する。なお、第1電極層24とは、圧電体層20を塗布する際の基材側の電極を差し、積層体における上下の位置関係を示すものではない。

[0084] この塗料のキャスト方法には制限はなく、スライドコータおよびドクターナイフ等の公知の方法（塗布装置）が、全て、利用可能である。

[0085] 上述したように、圧電フィルム10において、マトリックス34には、シアノエチル化PVA等の粘弾性材料以外にも、誘電性の高分子材料を添加しても良い。

マトリックス34に、これらの高分子材料を添加する際には、上述した塗料に添加する高分子材料を溶解すればよい。

[0086] 第1保護層28の上に第1電極層24を有し、第1電極層24の上に圧電体層20を形成してなる積層体10bを作製したら、好ましくは、圧電体層20の分極処理（ポーリング）を行う。

[0087] 圧電体層20の分極処理の方法には、制限はなく、公知の方法が利用可能である。

なお、この分極処理の前に、圧電体層20の表面を加熱ローラ等を用いて平滑化する、カレンダー処理を施してもよい。このカレンダー処理を施すことで、後述する熱圧着工程がスムーズに行える。

[0088] このようにして積層体10bの圧電体層20の分極処理を行う一方で、第2保護層30の上に第2電極層26が形成されたシート状物10cを、準備する。このシート状物10cは、第2保護層30の表面に、真空蒸着、スパッタリング、めっき等によって第2電極層26として銅薄膜等を形成して、作製すればよい。

次いで、図6に示すように、第2電極層26を圧電体層20に向けて、シート状物10cを、圧電体層20の分極処理を終了した積層体10bに積層する。

さらに、この積層体10bとシート状物10cとの積層体を、第2保護層30と第1保護層28とを挟持するようにして、加熱プレス装置や加熱ローラ対等で熱圧着した後、所望の形状に裁断して圧電フィルム10を作製する。

[0089] なお、ここまでの工程は、シート状でなくとも、ウェブ状、つまりシートが長くつながった状態で巻き取られたものを用いて搬送しながら行うことも可能である。積層体10bとシート状物10cとがともに、ウェブ状で、上述のように熱圧着することも可能である。その場合、圧電フィルム10はこの時点ではウェブ状に作製される。

[0090] さらには、積層体10bとシート状物10cとを貼り合わせる際に、特殊

な糊層を設けてもよい。たとえば、シート状物10cの第2電極層26の面に糊層をもうけてもよい。最も好適な糊層はマトリックス34と同じ素材である。同じ素材を第2電極層26の面に塗り、貼り合わせることも可能である。

[0091] [積層圧電素子の他の態様]

ここで、図1に示す例においては、積層圧電素子50は、複数枚の圧電フィルム10を積層した構成（以下、枚葉型の積層圧電素子ともいう）としたが、本発明の積層圧電素子は、これに制限はされず、各種の構成が利用可能である。

[0092] 図7に、その一例を示す。なお、図7に示す積層圧電素子56は、上述した積層圧電素子50と同じ部材を、複数、用いるので、同じ部材には同じ符号を付し、説明は、異なる部位を主に行う。

図7に示す積層圧電素子56は、長尺な圧電フィルム10Lを、長手方向に、1回以上、好ましくは複数回、折り返すことにより、圧電フィルムを層状に複数層、積層したものである。また、上述した図1に示す積層圧電素子50と同様、図7に示される圧電素子56も、好ましい態様として、折り返しによって積層された圧電フィルムを、接着層19によって貼着している。

厚さ方向に分極された長尺な1枚の圧電フィルム10Lを、折り返して積層することで、積層方向に隣接（対面）する部分の圧電フィルムの分極方向は、図7中に矢印で示すように、逆方向になる。

なお、図7においては、圧電フィルム10Lの第1保護層28および第2保護層30の図示は省略しているが、圧電フィルム10Lは第1保護層28および第2保護層30を有していてもよい。

[0093] この構成によれば、一枚の長尺な圧電フィルム10Lのみで積層圧電素子56を構成でき、また、駆動電圧を印加するための電源PSが1個で済み、さらに、圧電フィルム10Lからの電極の引き出しも、1か所でよい。

そのため、図7に示す積層圧電素子56によれば、部品点数を低減し、かつ、構成を簡略化して、圧電素子（モジュール）としての信頼性を向上し、

さらに、コストダウンを図ることができる。

[0094] しかしながら、このような一枚の長尺な圧電フィルム10Lを折り返した構造（以下、蛇腹型の圧電素子ともいう）は、電流が流れる経路長が長くなりやすく、また、枚葉型の積層圧電素子のように、複数の圧電フィルムを並列に接続することができないため、上述したX E₂₀の範囲を満たす観点からは、枚葉型の積層圧電素子が好ましい。

[0095] 図7に示す圧電素子56のように、長尺な圧電フィルム10Lを折り返した圧電素子56では、圧電フィルム10Lの折り返し部に、圧電フィルム10Lに当接して芯棒58を挿入するのが好ましい。

上述したように、圧電フィルム10Lの第1電極層24および第2電極層26は、金属の蒸着膜等で形成される。金属の蒸着膜は、鋭角で折り曲げられると、ヒビ（クラック）等が入りやすく、電極が断線してしまう可能性がある。すなわち、図7に示す圧電素子56では、屈曲部の内側において、電極にヒビ等が入り易い。

これに対して、長尺な圧電フィルム10Lを折り返した圧電素子56において、圧電フィルム10Lの折り返し部に芯棒58を挿入することにより、第1電極層24および第2電極層26が折り曲げられることを防止して、断線が生じることを好適に防止できる。

[0096] <接着層>

圧電フィルム10同士を貼着する接着層19、ならびに、積層圧電素子50と振動板12とを貼着する接着層16には、制限はなく、公知の各種の粘着剤および接着剤が利用可能である。

[0097] 接着層は、部材同士を貼着可能であれば、公知のものが、各種、利用可能である。

従って、接着層は、貼り合わせる際には流動性を有し、その後、固体になる、接着剤からなる層でも、貼り合わせる際にゲル状（ゴム状）の柔らかい固体で、その後もゲル状の状態が変化しない、粘着剤からなる層でも、接着剤と粘着剤との両方の特徴を持った材料からなる層でもよい。

[0098] ここで、本発明の積層圧電素子50は、積層した複数枚の圧電フィルム10を伸縮させることで、例えば、振動板12を振動させて、音を発生させる。従って、各圧電フィルム10の伸縮が、直接的に伝達されるのが好ましい。圧電フィルム10の間に、振動を緩和するような粘性を有する物質が存在すると、圧電フィルム10の伸縮のエネルギーの伝達効率が低くなってしまい、圧電フィルム10の駆動効率が低下してしまう。

[0099] この点を考慮すると、接着層は、粘着剤からなる粘着剤層よりも、固体で硬い接着層が得られる、粘着剤からなる接着剤層であるのが好ましい。より好ましい接着層としては、具体的には、ポリエステル系接着剤およびスチレン・ブタジエンゴム（SBR）系接着剤等の熱可塑タイプの粘着剤からなる貼着層が好適に例示される。

接着は、粘着とは異なり、高い接着温度を求める際に有用である。また、熱可塑タイプの粘着剤は『比較的低温、短時間、および、強接着』を兼ね備えており、好適である。

[0100] 接着層の厚さには制限はなく、接着層の形成材料に応じて、十分な貼着力（接着力、粘着力）を発現できる厚さを、適宜、設定すればよい。

ここで、本発明の積層圧電素子50は、接着層が薄い方が、圧電体層20の伸縮エネルギー（振動エネルギー）の伝達効果を高くして、エネルギー効率を高くできる。また、接着層が厚く剛性が高いと、圧電フィルムの伸縮を拘束する可能性もある。また、図1に示すように隣接する圧電フィルム10の分極方向を逆にして積層する構成の場合には、隣接する圧電フィルム10同士がショートする恐れが無いので、接着層を薄くできる。

この点を考慮すると、接着層は、圧電体層20よりも薄いのが好ましい。すなわち、本発明の積層圧電素子50において、接着層は、硬く、薄いのが好ましい。

具体的には、接着層の厚さは、貼着後の厚さで0.1~50 μ mが好ましく、0.1~30 μ mがより好ましく、0.1~10 μ mがさらに好ましい。

[0101] 本発明の積層圧電素子50においては、接着層のバネ定数が高いと、圧電フィルム10の伸縮を拘束する可能性がある。従って、接着層のバネ定数は圧電フィルム10のバネ定数と同等か、それ以下であるのが好ましい。なお、バネ定数は、『厚さ×ヤング率』である。

[0102] 具体的には、接着層の厚さと、動的粘弾性測定による周波数1 Hzでの貯蔵弾性率 (E') との積が、0°Cにおいて $2.0 \times 10^6 \text{ N/m}$ 以下、50°Cにおいて $1.0 \times 10^6 \text{ N/m}$ 以下であるのが好ましい。

また、接着層の動的粘弾性測定による周波数1 Hzでの内部損失が、粘着剤からなる接着層の場合には25°Cにおいて1.0以下、接着剤からなる接着層の場合には25°Cにおいて0.1以下であるのが好ましい。

[0103] <振動板>

振動板12としては、制限はなく、各種の物品が利用可能である。

振動板12としては、一例として、樹脂製の板およびガラス板等の板材、看板などの広告告知媒体、テーブル、ホワイトボードおよび投映用スクリーン等のオフィス機器および家具、有機エレクトロルミネセンス (OLED (Organic Light Emitting Diode)) ディスプレイおよび液晶ディスプレイ等の表示デバイス、コンソール、Aピラー、天井およびバンパー等自動車などの車両の部材、ならびに、住宅の壁などの建材等が例示される。

[0104] 本発明の積層圧電素子50を貼着する振動板12は、可撓性を有するのが好ましく、巻き取り可能であるのがより好ましい。

可撓性を有する振動板12としては、フレキシブルディスプレイパネルなどの可撓性を有するパネル状の表示デバイスが、特に好適に例示される。また、表示デバイスも、巻き取り可能であるのが、より好ましい。

ここで、振動板12が巻き取られた際に、積層圧電素子50が振動板12から剥離することが無いように、振動板12の巻き取りの曲率に応じて、積層圧電素子50も振動板12と共に曲がるものであるのが好ましい。なお、圧電フィルム10は、好適な可撓性を有するので、本発明の積層圧電素子50も、基本的に、良好な可撓性を発現する。

この際において、振動板 1 2 の巻き取りの曲率は、基本的に特定の曲率であるが、振動板 1 2 の巻き取りの曲率は、可変であってもよい。

[0105] 本発明において、表示デバイスを振動板 1 2 とする際には、積層圧電素子 5 0 は、表示デバイスの背面側、すなわち、表示デバイスの非画像表示面側に貼着されるのが好ましい。

この際において、接着層 1 6 の面方向のサイズは、積層圧電素子 5 0 の平面形状のサイズと同サイズ、あるいは、それ以下のサイズであるのが好ましい。

なお、振動板 1 2 として表示デバイスを利用する際には、フレキシブルディスプレイパネル等の表示デバイス自体を振動板 1 2 としてもよく、あるいは、表示デバイスに設けられる板状の部材または表示デバイスに係合する板状の部材を振動板 1 2 としてもよい。

[0106] 振動板 1 2 が巻き取り可能である場合には、振動板 1 2 を巻き取っていない状態で圧電フィルム 1 0 に駆動電流が通電され、振動板 1 2 が巻き取られた際には、圧電フィルム 1 0 は通電しないようにするのが好ましい。

また、振動板 1 2 が、表示デバイスのように電気駆動するものである場合には、振動板 1 2 を巻き取っていない状態で圧電フィルム 1 0 および／または振動板 1 2 に駆動電流が通電され、振動板 1 2 が巻き取られた際には、圧電フィルム 1 0 および／または振動板 1 2 には通電しないようにするのが好ましい。

これらの通電および非通電を切替える方法は、公知の方法が、各種、利用可能である。

[0107] ここで、広い周波数帯域で音圧を高くする観点から、積層圧電素子の平面形状は、矩形状（長方形）が好ましい（図 1 5 参照）。また、積層圧電素子の平面形状を矩形状とする場合には、短辺の長さ W_1 を変えずに、長辺の長さ W_2 をより長くすることで、同じ印加電圧で音圧をより高くすることができる。そのため、同じ音圧を得るための電圧をより低くすることができ、発熱量を抑制することができる。

- [0108] 図15に矩形状の積層圧電素子の一例の平面図を示す。図16に図15を短辺側から見た側面図を示す。図16において接着層および電極の引出し部の図示は省略している。図15および図16に示す例は、長尺な圧電フィルム10Lを複数回、折り返して積層体とした例である。図15および図16に示す例は、複数回折り返した方向が短辺方向となる。
- [0109] なお、図15および図16に示す例では、折り返して積層される領域の短辺の長さが同じになるように折り返されているが、最表面の層のみ、端部が、積層部分からはみ出る張り出し部60を有するように形成されている。図15に示すように、張り出し部60の長辺方向の両端部近傍それぞれに電極の引出し部(62、64)が設けられている。
- [0110] このように積層圧電素子の平面形状を矩形状とし、短辺の長さ W_1 を変えずに、長辺の長さ W_2 をより長くすることで、発熱量を抑制する構成を上述した本発明の積層圧電素子と組み合わせてもよい。
- [0111] 音圧レベルを維持しながら発熱量を抑制する観点から、短辺の長さ W_1 に対する、長辺の長さ W_2 の比は、3~30が好ましく、3~20がより好ましく、3~10がさらに好ましい。
- [0112] ここで、矩形状の積層圧電素子において、短辺の長さが同じで長辺の長さが異なる積層圧電素子は、長辺がより長い圧電フィルムの積層体を作製しておき、その後、必要に応じて切断することで、製造プロセスをより簡略化することができる。例えば、長辺46cm×短辺3cmの圧電フィルムの積層体を作製しておき、一方の短辺から20cmの位置で切断することで、長辺20cm×短辺3cmの積層圧電素子と、長辺26cm×短辺3cmの積層圧電素子とを作製することができる。
- [0113] 図16に示すように、長尺な圧電フィルム10Lを複数回、折り返して積層体として、紙面に平行に切断した場合の、B-B線断面の一部を拡大した図を、図17に示す。
- [0114] 圧電フィルム10Lを積層した後に、切断した場合には、図17に示すように、圧電フィルム10Lの各層の短辺側の端部は、同じ方向に変形する。

図示例においては、各層の端部は、下方向に変形している。このように、各層の切断した端部は同じ方向に変形するため、各層間の電極層が接触して短絡が発生することを防止できる。また、各層間には接着層 19 を有するため、接着層が絶縁体となり、各層間の電極層が接触して短絡が発生することを防止できる。

[0115] なお、本発明においては、長尺な圧電フィルム 10L を切断した後に、切断した圧電フィルム 10L を複数回、折り返して積層してもよい。この場合は、図 18 に示すように、圧電フィルム 10L の各層の短辺側の端部は、隣接する層と逆方向に変形したものとなる。圧電フィルム 10L を複数回、折り返して積層した構成では、隣接する層の対面する電極層はつながっているものであるため、接触しても問題なく、極性が異なる電極層とは接触しにくいいため、短絡が発生することを防止できる。

[0116] 本発明において、圧電フィルムの電極層と配線との接続方法としては特に限定はなく、各種の公知の方法で接続することが可能である。例えば、電極層および保護層が圧電体層の面方向外部に、凸状に突出する部位を設けて、この突出部の電極層に配線を接続しても良い。あるいは、図 19 および図 20 に示す例のように、保護層（図 20 では、第 2 保護層 30）の一部を除去して孔部 70 を形成して、この孔部 70 に銀ペースト等の導電部材 72 を配置して導電部材 72 と電極層（図 20 では、第 2 電極層 26）とを電氣的に導通して、この導電部材 72 を介して電極層（第 2 電極層 26）に配線（導線 74a）を接続してもよい。

[0117] 積層圧電素子が枚葉型である場合には、少なくとも積層圧電素子の最外層に配置される圧電フィルムの、最外層側の電極層上に保護層が配置されることが好ましい。なお、枚葉型の積層圧電素子のすべての圧電フィルムが保護層を有していてもよい。

[0118] ここで、本発明の積層圧電素子において、少なくとも 1 つの圧電フィルムにおいて、保護層が表面から電極層まで貫通する孔部を有し、孔部内に導電部材が配置（充填）され、導線（配線）が導電部材を介して電極層と電氣的

に接続される構成の場合には、孔部の開口面積を A 、電極層の厚みを t 、積層圧電素子の静電容量を C とすると、 $C / (A \times t)$ が $260 \mu\text{F} / \text{mm}^3$ 以下であることが好ましい。

[0119] 保護層に孔部を設けて、孔部に導電部材を配置して導電部材を介して導線と電極層とを接続する構成の場合には、積層圧電素子に印加した電流は全て導電部材を流れるため、電流集中により導電部材および電極層の導電部材に接する部分（以下、電極接点部、ともいう）が発熱しやすくなる。そのため、積層圧電素子を連続駆動した際などに、積層圧電素子の温度が高くなってしまふという問題が発生するおそれがある。

[0120] これに対して、 $C / (A \times t)$ を $260 \mu\text{F} / \text{mm}^3$ 以下とすることで、すなわち、積層圧電素子の静電容量を低くする、および／または、電極接点部における電極層の体積を増やすことで、電極接点部での電流密度を下げることができ、電極接点部での局所的な発熱を抑制することができる。

[0121] 発熱抑制の観点から、 $C / (A \times t)$ は、 $260 \mu\text{F} / \text{mm}^3$ 以下がより好ましく、 $150 \mu\text{F} / \text{mm}^3$ 以下がさらに好ましい。一方、生産性の観点から、 $C / (A \times t)$ は、 $50 \mu\text{F} / \text{mm}^3$ 以上が好ましい

[0122] ここで、積層圧電素子の静電容量 C は、積層圧電素子を構成する圧電フィルムの各電極層から引き出された配線の間で、LCRメーター（例えば、エヌエフ回路設計ブロック社製 ZM2372）等を用いて測定すればよい。測定にあたっては、測定周波数 1kHz 、電圧 5V にて実施した。

なお、積層圧電素子が枚葉型である場合には、各圧電フィルムの2つの電極層をそれぞれ同じ極性の電極層同士を接続した状態で、すなわち、複数の圧電フィルムを並列に接続した状態で、積層圧電素子としての静電容量 C を測定すればよい。

[0123] なお、圧電フィルムの静電容量 C は、圧電体層の厚み、圧電体層の面積、圧電体層の比誘電率に応じて定まる。したがって、これらを調整することで、圧電フィルムの静電容量 C を調整することができる。

[0124] また、孔部の開口面積 A （平面視における面積）は、導線を除去し露出さ

せた保護層の孔部をCNC画像測定機(株式会社ミットヨ社製Quick Visionなど)にて、測定することができる。孔部の輪郭が見えない場合は、導電部材を除去してもよい。この際、保護層に損傷を与えない方式を選択する必要がある。

[0125] $C/(A \times t)$ を小さくする観点からは、孔部の開口面積Aは大きいことが好ましい。一方で、孔部の開口面積Aが大きすぎると、生産性の面で不利である。

[0126] また、孔部の開口部の形状(平面視における形状)は限定はなく、円形状、楕円形状、矩形状、多角形状、不定形状等の種々の形状とすることができる。形成の容易性等の観点から円形状が好ましい。

[0127] 孔部の形成方法には制限はなく、保護層の形成材料に応じて、公知の方法で行えばよい。孔部の形成方法としては、一例として、レーザー加工、溶剤を用いた溶解除去、および、機械研磨などの機械的な加工等の方法が例示される。

[0128] 電極層の厚みは、ウルトラマイクロトーム(Leica製UC6など)を用いて圧電フィルムを切断した後、断面をSEM(日立ハイテク製SU8220など)を用いて観察することにより測定することができる。

[0129] 導電部材としては、銀ペースト等の導電性ペースト、半田、導電布、金属布および導電性ウレタンフォーム等を用いることができる。

導電性ペーストとしては、銀、銅、金、カーボン、ニッケル、ハンダなどをフィラーとした材料が用いられる。導電性ペーストは、ディスペンサ等を用いて、孔部内に充填すればよい。導電性ペーストは、好ましくは孔部を満たせるように、十分な量を充填する。より好ましくは、導電性ペーストを孔部から盛り上がる量、充填し、あるいは、導電性ペーストを孔部から溢れる量、充填する。

[0130] 導電布は、例えば、樹脂製の糸の表面をめっき等により金属膜でコーティングした糸で織った織布あるいは不織布である。導電布としては、種々の公知の導電布を用いることができる。例えば、導電布としては、PETからな

る糸の表面をCuめっき、または、Niめっきした導電布が挙げられる。具体的には、導電布として、セーレン株式会社製S u i - 1 0 - 5 1 1 Mを用いることができる。

[0131] 金属布は、金属糸で織った織布あるいは不織布である。金属布としては、種々の公知の金属布を用いることができる。一例として、金属布として、株式会社奥谷金網製作所社製平織金網Φ0.05×200m/sを用いることができる。

[0132] 導電性ウレタンフォームは、軟質のウレタンフォームにカーボンブラックなどの導電性粒子を担持させたものである。導電性ウレタンフォームとしては、種々の公知の導電性ウレタンフォームを用いることができる。

[0133] また、導電部材の厚みは、保護層の厚みよりも厚くなるのが好ましい。これにより、導電部材と導線とを確実に接続することができる。

[0134] 導線としては、導電性を有する金属材料で形成されるシート状の物（金属箔）あるいはワイヤー状の物（金属線）を用いることができる。導線の材料は、銅、アルミニウム、ニッケル、錫、金および銀等が好適に例示される。また、導線として、FFCケーブルを用いてもよい。

[0135] 導線の形状および大きさには特に限定はない。導線の形状および大きさは、導電部材と電氣的に接続でき、引出し電極として利用可能な形状および大きさであればよい。

[0136] また、導線と導電部材との接続は、公知の方法で行えばよい。導電部材が導電性ペーストの場合には、導線と導電性ペーストとを接触させた後に導電性ペーストを硬化させて、導線と導電部材とを接続してもよい。あるいは、導線と導電部材とを接触させた状態で、接触部の少なくとも一部を覆って、保護層上に貼着テープを貼着することで、導線と導電部材とを接続してもよい。あるいは、導線と導電部材とを接触させた状態で導線と保護層とを貼着することで導線と導電部材との接続を固定してもよい。

[0137] 以上、本発明の積層圧電素子について詳細に説明したが、本発明は上述の例に限定はされず、本発明の要旨を逸脱しない範囲において、各種の改良や

変更を行ってもよいのは、もちろんである。

実施例

[0138] 以下、本発明の具体的実施例を挙げ、本発明についてより詳細に説明する。なお、本発明はこの実施例に限定されるものでなく、以下の実施例に示す材料、使用量、割合、処理内容、処理手順などは、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。

[0139] [実施例 1]

厚さ $4\ \mu\text{m}$ の PET フィルムに、厚さ $100\ \text{nm}$ の銅薄膜をスパッタリングにより形成してなるシート状物 10a および 10c を用意した。すなわち、本例においては、第 1 電極層 24 および第 2 電極層 26 は、厚さ $100\ \text{nm}$ の銅薄膜であり、第 1 保護層 28 および第 2 保護層 30 は厚さ $4\ \mu\text{m}$ の PET フィルムとなる。

銅薄膜を PET フィルム上にスパッタリングする際のガス圧は $0.4\ \text{Pa}$ 、基材温度 (PET フィルムの温度) は 120°C とした。下記表 1 の電極層の形成方法の欄において、実施例 1 と同じ条件でスパッタリングを行った場合を「スパッタリング 1」と表す。

なお、プロセス中、良好なハンドリングを得るために、PET フィルムには厚さ $50\ \mu\text{m}$ のセパレータ (仮支持体 PET) 付きのものを用い、シート状物 10c の熱圧着後に、各保護層のセパレータを取り除いた。

[0140] まず、下記の組成比で、シアノエチル化 PVA (CR-V 信越化学工業社製) をメチルエチルケトン (MEK) に溶解した。その後、この溶液に、PZT 粒子を下記の組成比で添加して、プロペラミキサー (回転数 $2000\ \text{rpm}$) で分散させて、圧電体層 20 を形成するための塗料を調製した。

- ・ PZT 粒子 300 質量部
- ・ シアノエチル化 PVA 15 質量部
- ・ MEK 85 質量部

なお、PZT 粒子は、市販の PZT 原料粉を $1000\sim 1200^\circ\text{C}$ で焼結した後、これを平均粒径 $5\ \mu\text{m}$ になるように解砕および分級処理したものを

用いた。

[0141] 先に準備したシート状物10aの第1電極層24（銅薄膜）の上に、スライドコータを用いて、先に調製した圧電体層20を形成するための塗料を塗布した。なお、塗料は、乾燥後の塗膜の膜厚が20 μ mになるように、塗布した。

次いで、シート状物10aの上に塗料を塗布した物を、120 $^{\circ}$ Cのホットプレート上で加熱乾燥することでMEKを蒸発させ、積層体10bを形成した。

[0142] 積層体10bの上に、第2電極層26（銅薄膜側）側を圧電体層20に向けてシート状物10cを積層し、120 $^{\circ}$ Cで熱圧着した。

これによって、第1保護層28、第1電極層24、圧電体層20、第2電極層26および第2保護層30をこの順に有する圧電フィルム10を作製した。

[0143] 作製した圧電フィルムを平面視の大きさ200mm \times 190mmに切り出して、長手方向に4回折り返して、蛇腹型の圧電素子56を作製した。折り返して接する面同士は、熱接着シート（日東シンコー社製 FB-ML4）を用いて貼り合わせた。

また、折り返し後の圧電フィルムの長辺の一端側で、下記のようにして第1電極層24と配線とを接続し、他端側で第2電極層26と配線とを接続した。

[0144] 第1保護層および第2保護層それぞれにレーザー加工機を用いて、孔部を形成した。孔部の開口形状は円形状とし、開口面積は、60mm 2 とした。導電部材としては、Niフィラーを含有する導電性ペーストを用い、配線（導線）として厚さ35 μ mの銅箔を用いた。導電性ペーストをディスペンサを用いて孔部に充填した後、配線を接触させて導電性ペーストを乾燥して硬化させた。

[0145] 作製した圧電素子の容量リアクタンス X_c および等価直列抵抗ESRを上記した方法で測定した。測定した周波数と抵抗値とのグラフを図8に示す。

図8から、1 kHzにおける容量リアクタンス X_c は148 Ω で、等価直列抵抗 E_{SR} は12.2 Ω であった。従って、容量リアクタンス X_c と等価直列抵抗 E_{SR} との比 $=X_c/E_{SR}$ は12.1であった。一方、20 kHzにおける容量リアクタンス X_c は8.29 Ω で、等価直列抵抗 E_{SR} は0.77 Ω であった。従って、容量リアクタンス X_c と等価直列抵抗 E_{SR} との比 X_c/E_{SR} は10.8であった。1 kHzにおける X_c/E_{SR} を1とした時の20 kHzにおける X_c/E_{SR} 、すなわち、 $X_{E_{20}}$ は、0.89であった。

[0146] また、作製した積層圧電素子の第1電極層24に接続される配線と、第2電極層26に接続される配線との間での静電容量を、LCRメーター（例えば、エヌエフ回路設計ブロック社製 ZM2372）を用いて測定したところ、1.2 μF であった。従って、静電容量 C を、孔部の開口面積 A および電極層の厚み t で割った $C/(A \times t)$ は、200.0 $\mu\text{F}/\text{mm}^3$ であった。

[0147] [実施例2]

第1電極層24および第2電極層26（銅薄膜）の厚さを150 nmとした以外は実施例1と同様にして圧電フィルムを作製した。

[0148] 作製した圧電素子の容量リアクタンス X_c および等価直列抵抗 E_{SR} を上記の方法で測定した。測定した周波数と抵抗値とのグラフを図9に示す。図9から、1 kHzにおける容量リアクタンス X_c は149 Ω で、等価直列抵抗 E_{SR} は12.3 Ω であった。従って、容量リアクタンス X_c と等価直列抵抗 E_{SR} との比 $=X_c/E_{SR}$ は12.1であった。一方、20 kHzにおける容量リアクタンス X_c は8.32 Ω で、等価直列抵抗 E_{SR} は0.58 Ω であった。従って、容量リアクタンス X_c と等価直列抵抗 E_{SR} との比 X_c/E_{SR} は14.3であった。1 kHzにおける X_c/E_{SR} を1とした時の20 kHzにおける X_c/E_{SR} 、すなわち、 $X_{E_{20}}$ は、1.18であった。

[0149] また、作製した積層圧電素子の静電容量は、1.2 μF であった。 $C/（$

$A \times t$) は、 $133.3 \mu\text{F}/\text{mm}^3$ であった。

[0150] [実施例3]

実施例1で作製した圧電フィルム10を平面視の大きさ $200\text{mm} \times 38\text{mm}$ に5枚切り出して、切り出した5枚の圧電フィルム10を積層して、枚葉型の圧電素子50を作製した。隣接する圧電フィルム10同士は、熱接着シート（日東シンコー社製 FB-ML4）を用いて貼り合わせた。

また、各圧電フィルム10の 200mm の辺それぞれの、幅方向の一方側で第1電極層24と配線とを接続し、他方側で第2電極層26と配線とを接続した。すなわち、各圧電フィルム10の第1電極層24と配線、および、第2電極層26と配線とをそれぞれ2箇所接続した。また、各圧電フィルム10は並列に接続されるようにした。

[0151] 作製した圧電素子の容量リアクタンス X_c および等価直列抵抗 ESR を上記の方法で測定した。測定した周波数と抵抗値とのグラフを図10に示す。図10から、 1kHz における容量リアクタンス X_c は 150Ω で、等価直列抵抗 ESR は 12.1Ω であった。従って、容量リアクタンス X_c と等価直列抵抗 ESR との比 X_c/ESR は 12.1 であった。一方、 20kHz における容量リアクタンス X_c は 8.37Ω で、等価直列抵抗 ESR は 0.70Ω であった。従って、容量リアクタンス X_c と等価直列抵抗 ESR との比 X_c/ESR は 12.0 であった。 1kHz における X_c/ESR を1とした時の 20kHz における X_c/ESR 、すなわち、 $X_{E_{20}}$ は、 0.99 であった。

[0152] また、作製した積層圧電素子での静電容量は、 $1.2 \mu\text{F}$ であった。 $C/(A \times t)$ は、 $200.0 \mu\text{F}/\text{mm}^3$ であった。

[0153] [実施例4]

銅薄膜をイオンアシスト蒸着により形成し、厚さを 150nm とした以外は、実施例3と同様にして枚葉型の圧電素子50を作製した。

銅薄膜をPETフィルム上にイオンアシスト蒸着する際のイオン銃にはTELEMARK社製ST55（ 1500W 、 7A 、 225eV ）を使用した

。

[0154] 作製した圧電素子の容量リアクタンス X_c および等価直列抵抗 ESR を上
述した方法で測定した。測定した周波数と抵抗値とのグラフを図11に示す
。図11から、1kHzにおける容量リアクタンス X_c は148Ωで、等価
直列抵抗 ESR は12.1であった。従って、容量リアクタンス X_c と等価
直列抵抗 ESR との比 $=X_c/ESR$ は12.2であった。一方、20kHz
における容量リアクタンス X_c は8.28Ωで、等価直列抵抗 ESR は0
.73Ωであった。従って、容量リアクタンス X_c と等価直列抵抗 ESR と
の比 X_c/ESR は11.4であった。1kHzにおける X_c/ESR を1
とした時の20kHzにおける X_c/ESR 、すなわち、 $X_{E_{20}}$ は、0.93
であった。

[0155] また、作製した積層圧電素子の静電容量は、1.2μFであった。 $C/(A \times t)$ は、133.3μF/mm³であった。

[0156] [実施例5]

孔部の開口面積 A を40mm²とした以外は、実施例2と同様にして蛇腹型
の圧電素子を作製した。

[0157] 作製した圧電素子の容量リアクタンス X_c および等価直列抵抗 ESR を上
述した方法で測定した。1kHzにおける容量リアクタンス X_c は147Ω
で、等価直列抵抗 ESR は12.9Ωであった。従って、容量リアクタンス
 X_c と等価直列抵抗 ESR との比 $=X_c/ESR$ は11.4であった。一方
、20kHzにおける容量リアクタンス X_c は8.36Ωで、等価直列抵抗
 ESR は0.68Ωであった。従って、容量リアクタンス X_c と等価直列抵
抗 ESR との比 X_c/ESR は12.3であった。1kHzにおける $X_c/
ESR$ を1とした時の20kHzにおける X_c/ESR 、すなわち、 $X_{E_{20}}$ は
、1.08であった。

[0158] また、作製した積層圧電素子の静電容量は、1.2μFであった。 $C/(A \times t)$ は、200.0μF/mm³であった。

[0159] [実施例6]

第1電極層24および第2電極層26（銅薄膜）の厚さを300nmとして、孔部の開口面積Aを20mm²とした以外は実施例1と同様にして圧電フィルムを作製した。

[0160] 作製した圧電素子の容量リアクタンス X_c および等価直列抵抗ESRを上記の方法で測定した。1kHzにおける容量リアクタンス X_c は145Ωで、等価直列抵抗ESRは10.2Ωであった。従って、容量リアクタンス X_c と等価直列抵抗ESRとの比 X_c/ESR は14.2であった。一方、20kHzにおける容量リアクタンス X_c は8.44Ωで、等価直列抵抗ESRは0.49Ωであった。従って、容量リアクタンス X_c と等価直列抵抗ESRとの比 X_c/ESR は17.2であった。1kHzにおける X_c/ESR を1とした時の20kHzにおける X_c/ESR 、すなわち、 $X_{E_{20}}$ は、1.21であった。

[0161] また、作製した積層圧電素子の静電容量は、1.2μFであった。 $C/(A \times t)$ は、200.0μF/mm³であった。

[0162] [実施例7]

孔部の開口面積Aを30mm²とした以外は実施例6と同様にして圧電フィルムを作製した。

[0163] 作製した圧電素子の容量リアクタンス X_c および等価直列抵抗ESRを上記の方法で測定した。1kHzにおける容量リアクタンス X_c は145Ωで、等価直列抵抗ESRは10.0Ωであった。従って、容量リアクタンス X_c と等価直列抵抗ESRとの比 X_c/ESR は14.5であった。一方、20kHzにおける容量リアクタンス X_c は8.43Ωで、等価直列抵抗ESRは0.44Ωであった。従って、容量リアクタンス X_c と等価直列抵抗ESRとの比 X_c/ESR は19.2であった。1kHzにおける X_c/ESR を1とした時の20kHzにおける X_c/ESR 、すなわち、 $X_{E_{20}}$ は、1.33であった。

[0164] また、作製した積層圧電素子の静電容量は、1.2μFであった。 $C/(A \times t)$ は、133.3μF/mm³であった。

[0165] [実施例 8]

孔部の開口面積 A を 15 mm^2 とした以外は実施例 6 と同様にして圧電フィルムを作製した。

[0166] 作製した圧電素子の容量リアクタンス X_c および等価直列抵抗 ESR を上述した方法で測定した。 1 kHz における容量リアクタンス X_c は 146Ω で、等価直列抵抗 ESR は 10.4Ω であった。従って、容量リアクタンス X_c と等価直列抵抗 ESR との比 $= X_c / ESR$ は 14.0 であった。一方、 20 kHz における容量リアクタンス X_c は 8.46Ω で、等価直列抵抗 ESR は 0.54Ω であった。従って、容量リアクタンス X_c と等価直列抵抗 ESR との比 X_c / ESR は 15.7 であった。 1 kHz における X_c / ESR を 1 とした時の 20 kHz における X_c / ESR 、すなわち、 $X_{E_{20}}$ は、 1.12 であった。

[0167] また、作製した積層圧電素子の静電容量は、 $1.2 \mu\text{F}$ であった。 $C / (A \times t)$ は、 $266.6 \mu\text{F} / \text{mm}^3$ であった。

[0168] [比較例 1]

銅薄膜を真空蒸着により形成した以外は、実施例 1 と同様にして蛇腹型の圧電素子を作製した。

銅薄膜を PET フィルム上に真空蒸着する際の蒸着源は抵抗加熱方式とし、基材温度は 50°C 、ガス圧は $5 \times 10^{-3} \text{ Pa}$ とした。

[0169] 作製した圧電素子の容量リアクタンス X_c および等価直列抵抗 ESR を上述した方法で測定した。測定した周波数と抵抗値とのグラフを図 12 に示す。図 12 から、 1 kHz における容量リアクタンス X_c は 151Ω で、等価直列抵抗 ESR は 11.8Ω であった。従って、容量リアクタンス X_c と等価直列抵抗 ESR との比 $= X_c / ESR$ は 12.8 であった。一方、 20 kHz における容量リアクタンス X_c は 8.33Ω で、等価直列抵抗 ESR は 1.25Ω であった。従って、容量リアクタンス X_c と等価直列抵抗 ESR との比 X_c / ESR は 6.7 であった。 1 kHz における X_c / ESR を 1 とした時の 20 kHz における X_c / ESR 、すなわち、 $X_{E_{20}}$ は、 0.52

であった。

[0170] また、作製した積層圧電素子の静電容量は、 $1.2 \mu\text{F}$ であった。 $C / (A \times t)$ は、 $200.0 \mu\text{F} / \text{mm}^3$ であった。

[0171] [比較例2]

銅薄膜をPETフィルム上にスパッタリングする際のガス圧を 1.2Pa 、基材温度（PETフィルムの温度）を 60°C とした以外は実施例1と同様にして蛇腹型の圧電素子を作製した。下記表1の電極層の形成方法の欄において、比較例2と同じ条件でスパッタリングを行った場合を「スパッタリング2」と表す。

[0172] 作製した圧電素子の容量リアクタンス X_c および等価直列抵抗 ESR を上記の方法で測定した。測定した周波数と抵抗値とのグラフを図13に示す。図13から、 1kHz における容量リアクタンス X_c は 152Ω で、等価直列抵抗 ESR は 11.6Ω であった。従って、容量リアクタンス X_c と等価直列抵抗 ESR との比 X_c / ESR は 13.1 であった。一方、 20kHz における容量リアクタンス X_c は 8.34Ω で、等価直列抵抗 ESR は 1.15Ω であった。従って、容量リアクタンス X_c と等価直列抵抗 ESR との比 X_c / ESR は 7.25 であった。 1kHz における X_c / ESR を1とした時の 20kHz における X_c / ESR 、すなわち、 $X_{E_{20}}$ は、 0.55 であった。

[0173] また、作製した積層圧電素子の静電容量は、 $1.2 \mu\text{F}$ であった。 $C / (A \times t)$ は、 $200.0 \mu\text{F} / \text{mm}^3$ であった。

[0174] [比較例3]

実施例1で作製した圧電フィルムを平面視の大きさ $200 \text{mm} \times 380 \text{mm}$ に切り出して、長手方向に9回折り返して、蛇腹型の圧電素子56を作製した。折り返して接する面同士は、熱接着シート（日東シンコー社製FB-ML4）を用いて貼り合わせた。

また、折り返し後の圧電フィルムの長辺の一端側で第1電極層24と配線とを接続し、他端側で第2電極層26と配線とを接続した。

[0175] 作製した圧電素子の容量リアクタンス X_c および等価直列抵抗 $E S R$ を上
述した方法で測定した。測定した周波数と抵抗値とのグラフを図14に示す
。図14から、1kHzにおける容量リアクタンス X_c は64.1 Ω で、等
価直列抵抗 $E S R$ は6.12 Ω であった。従って、容量リアクタンス X_c と
等価直列抵抗 $E S R$ との比 $=X_c/E S R$ は10.5であった。一方、20
kHzにおける容量リアクタンス X_c は3.66 Ω で、等価直列抵抗 $E S R$
は1.05 Ω であった。従って、容量リアクタンス X_c と等価直列抵抗 $E S R$
との比 $X_c/E S R$ は3.49であった。1kHzにおける $X_c/E S R$
を1とした時の20kHzにおける $X_c/E S R$ 、すなわち、 $X E_{20}$ は、0.
33であった。

[0176] また、作製した積層圧電素子の静電容量は、2.4 μF であった。 $C/(A \times t)$ は、400.0 $\mu F/mm^3$ であった。

[0177] [比較例4]

孔部の開口面積 A を20 mm^2 とした以外は、比較例2と同様にして蛇腹型
の圧電素子を作製した。

[0178] 作製した圧電素子の容量リアクタンス X_c および等価直列抵抗 $E S R$ を上
述した方法で測定した。1kHzにおける容量リアクタンス X_c は150 Ω
で、等価直列抵抗 $E S R$ は13.5 Ω であった。従って、容量リアクタンス
 X_c と等価直列抵抗 $E S R$ との比 $=X_c/E S R$ は11.1であった。一方
、20kHzにおける容量リアクタンス X_c は8.31 Ω で、等価直列抵抗
 $E S R$ は1.41 Ω であった。従って、容量リアクタンス X_c と等価直列抵
抗 $E S R$ との比 $X_c/E S R$ は5.9であった。1kHzにおける $X_c/E S R$
を1とした時の20kHzにおける $X_c/E S R$ 、すなわち、 $X E_{20}$ は、
0.53であった。

[0179] また、作製した積層圧電素子の静電容量は、1.2 μF であった。 $C/(A \times t)$ は、600.0 $\mu F/mm^3$ であった。

[0180] [比較例5]

第1電極層24および第2電極層26（銅薄膜）の厚さを300nmとし

て、孔部の開口面積 A を 8 mm^2 とした以外は、比較例 2 と同様にして蛇腹型の圧電素子を作製した。

[0181] 作製した圧電素子の容量リアクタンス X_c および等価直列抵抗 $E S R$ を上述した方法で測定した。 1 kHz における容量リアクタンス X_c は 146Ω で、等価直列抵抗 $E S R$ は 12.2Ω であった。従って、容量リアクタンス X_c と等価直列抵抗 $E S R$ との比 $= X_c / E S R$ は 12.0 であった。一方、 20 kHz における容量リアクタンス X_c は 8.42Ω で、等価直列抵抗 $E S R$ は 1.22Ω であった。従って、容量リアクタンス X_c と等価直列抵抗 $E S R$ との比 $X_c / E S R$ は 6.90 あった。 1 kHz における $X_c / E S R$ を 1 とした時の 20 kHz における $X_c / E S R$ 、すなわち、 $X_{E_{20}}$ は、 0.58 であった。

[0182] また、作製した積層圧電素子の静電容量は、 $1.2 \mu\text{F}$ であった。 $C / (A \times t)$ は、 $500.0 \mu\text{F} / \text{mm}^3$ であった。

[0183] [評価]

作製した積層圧電素子を連続駆動試験 (40 V rms) に接続し、積層圧電素子を空中にぶら下げて、1時間連続駆動した後の積層圧電素子の到達温度を測定した。入力信号は $S N 2$ 信号とした。 $S N 2$ 信号とは、 $J E I T A$ が定めたノイズ信号の規格であり、ホワイトノイズ信号の高周波成分や低周波成分をカットしたノイズ信号である。印加する電圧の周波数は、 $20 \text{ Hz} \sim 20 \text{ kHz}$ の領域とした。また、積層圧電素子の温度の測定箇所は最高到達温度を示した任意の位置とした。

結果を表 1 に示す。

[0184]

[表1]

表 1

	電極層			孔部面積 A mm ²	静電容量 C μF	C/(A·t) μF/mm ³	積層方法	積層数	X E ₂₀	評価
	材質	厚さ t nm	形成方法							到達温度 °C
実施例1	銅	100	スパッタリング1	60	1.2	200.0	蛇腹型	5層	0.89	61
実施例2	銅	150	スパッタリング1	60	1.2	133.3	蛇腹型	5層	1.18	55
実施例3	銅	100	スパッタリング1	60	1.2	200.0	枚葉型	5層	0.99	57
実施例4	銅	150	イオンアシスト蒸着	60	1.2	133.3	枚葉型	5層	0.93	61
実施例5	銅	150	スパッタリング1	40	1.2	200.0	蛇腹型	5層	1.08	57
実施例6	銅	300	スパッタリング1	20	1.2	200.0	蛇腹型	5層	1.21	54
実施例7	銅	300	スパッタリング1	30	1.2	133.3	蛇腹型	5層	1.33	51
実施例8	銅	300	スパッタリング1	15	1.2	266.7	蛇腹型	5層	1.12	60
比較例1	銅	100	真空蒸着	60	1.2	200.0	蛇腹型	5層	0.52	67
比較例2	銅	100	スパッタリング2	60	1.2	200.0	蛇腹型	5層	0.55	65
比較例3	銅	100	スパッタリング1	60	2.4	400.0	蛇腹型	10層	0.33	73
比較例4	銅	100	スパッタリング2	20	1.2	600.0	蛇腹型	5層	0.53	82
比較例5	銅	300	スパッタリング2	8	1.2	500.0	蛇腹型	5層	0.58	71

[0185] 表 1 から、本発明の圧電素子は、比較例に比べて到達温度が低く、発熱を抑制できることがわかる。また、実施例 1 と比較例 2 との対比から、同じ成膜方法であっても成膜条件によって膜質が変わり、膜質が悪いと発熱が大きくなることがわかる。また、実施例 1 と比較例 3 との対比から、電流が流れる経路長が長くなると発熱が大きくなることがわかる。

また、実施例 1 と実施例 3 との対比から、圧電フィルムを積層した圧電素子とする場合には、圧電フィルムを並列に接続することが好ましいことがわかる。

[0186] また、実施例 2 と実施例 5 との対比、ならびに、実施例 6 ~ 8 の対比から、 $C / (A \times t)$ が小さいほど到達温度が低く、 $260.0 \mu F / mm^3$ 以下が好ましいことがわかる。

[0187] [参考例 1]

厚さ $5 \mu m$ の PET フィルムに、厚さ $300 nm$ の銅薄膜を真空蒸着により形成してなるシート状物 10a および 10c を用意した。銅薄膜を真空蒸着のする際の条件は比較例 1 と同様とした。すなわち、本例においては、第 1 電極層 24 および第 2 電極層 26 は、厚さ $300 nm$ の銅薄膜であり、第 1 保護層 28 および第 2 保護層 30 は厚さ $5 \mu m$ の PET フィルムとなる。

[0188] このシート状物 10 a および 10 c を用い、実施例 1 と同様にして、厚さ 50 μm の圧電体層 20 を形成して長尺な圧電フィルム 10 L を作製した。

[0189] 作製した圧電フィルムを平面視の大きさ 150 mm × 200 mm に切り出して、150 mm の方向に 4 回折り返して、蛇腹型の積層圧電素子を作製した。すなわち、積層圧電素子の短辺を 30 mm、長辺を 200 mm とした。また、折り返して接する面同士は、ブタジエン系の粘着剤を用いて貼り合わせた。接着層の厚みは 30 μm とした。

[0190] また、折り返し後の積層圧電素子の長辺の一端側で第 1 電極層 24 と配線とを接続し、他端側で第 2 電極層 26 と配線とを接続した。

[0191] [参考例 2 および 3]

長辺の長さを 260 mm、320 mm とした以外は参考例 1 と同様にして積層圧電素子を作製した。

[0192] [評価]

作製した積層圧電素子をエキサイターとして振動板に貼り付けて音圧を測定した。

振動板としては、厚さ 0.8 mm、縦 450 mm × 横 500 mm のジュラルミン板を用いた。振動板の横方向と積層圧電素子の長手方向を一致させて、振動板の略中央に積層圧電素子を貼着した。

[0193] 積層圧電素子を連続駆動試験に接続し、印加電圧 40 V rms で駆動し、振動板の中心から 1 m 離れた距離に置かれたマイクロフォンで音圧を測定した。1 kHz ~ 20 kHz の各周波数での音圧の測定結果を表 2 に示す。

[0194] [表 2]

表 2

	長辺長さ mm	音圧 (dB)							
		1kHz	1.3kHz	1.5kHz	2kHz	5kHz	10kHz	15kHz	20kHz
参考例 1	200	70	90	92	95	74	76	91	85
参考例 2	260	77	91	94	97	76	79	92	85
参考例 3	320	80	93	96	98	96	81	92	85

[0195] 表 2 から、長辺の長さを長くすることで、主に 1 kHz ~ 15 kHz の音圧を万遍なく向上させることができることがわかる。

[0196] また、印加電圧を40V rmsとしたとき、長辺の長さが200mmの積層圧電素子の温度は約40℃であった。長辺の長さが260mmの積層圧電素子で、印加電圧を調整して、長辺の長さが200mmの積層圧電素子で印加電圧40V rmsの場合と同等の音圧となる印加電圧を求めたところ、32V rmsであった。このとき、積層圧電素子の温度は、約33℃であった。すなわち、長辺の長さ200mm、印加電圧40V rmsと同じ音圧を、長辺の長さ260mmの積層圧電素子で実現した場合、積層圧電素子の温度は約7℃下がった。

[0197] 以上の結果から、積層圧電素子の長辺の長さを長くすることで、同じ印加電圧で音圧をより高くすることができ、そのため、同じ音圧を得るための電圧をより低くすることができることで発熱をより低減できることがわかる。

以上の結果から本発明の効果は明らかである。

符号の説明

- [0198] 10 圧電フィルム
10a、10c シート状物
10b 積層体
12 振動板
16、19 接着層
20 圧電体層
24 第1電極層
26 第2電極層
28 第1保護層
30 第2保護層
34 粘弾性マトリックス
36 圧電体粒子
50、56 圧電素子
58 芯棒
60 張り出し部

6 2、6 4 電極引き出し部

7 0 孔部

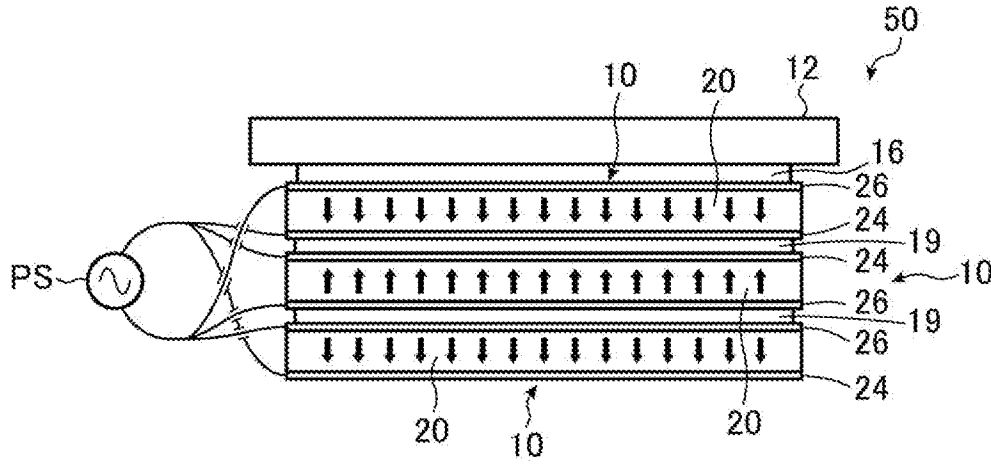
7 2 導電部材

7 4 a、7 4 b 導線

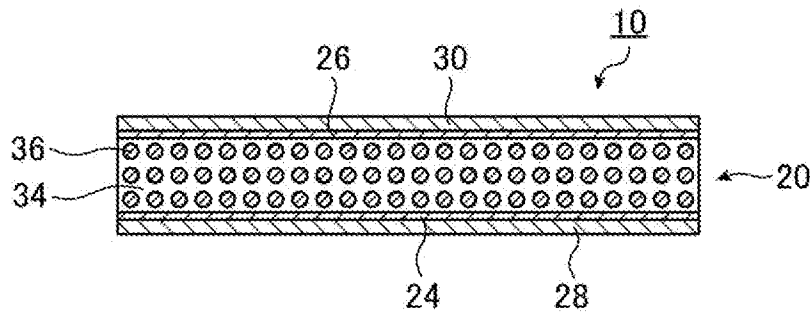
請求の範囲

- [請求項1] 高分子材料を含むマトリックス中に圧電体粒子を含有する高分子複合圧電体からなる圧電体層、および、前記圧電体層の両面に形成される電極層を有する圧電フィルムを、複数層、積層した積層圧電素子であって、
- 前記圧電フィルムの、周波数 1 kHz における容量リアクタンス X_c を等価直列抵抗 $E_S R$ で割った値を 1 としたとき、周波数 20 kHz における容量リアクタンス X_c を等価直列抵抗 $E_S R$ で割った値 $X_{E_{20}}$ が、0.6～1.5 の範囲にある、積層圧電素子。
- [請求項2] 前記高分子材料が常温で粘弾性を有する、請求項 1 に記載の積層圧電素子。
- [請求項3] 前記 $X_{E_{20}}$ が、0.8～1.3 の範囲である、請求項 1 または 2 に記載の積層圧電素子。
- [請求項4] 前記電極層の厚みが $1 \mu m$ 以下である、請求項 1～3 のいずれか一項に記載の積層圧電素子。
- [請求項5] 少なくとも前記積層圧電素子の最外層に積層される前記圧電フィルムは、最外層側の前記電極層の前記圧電層とは反対側の面に積層される保護層を有し、
- 前記保護層は、表面から前記電極層まで貫通する孔部を有し、
- 前記孔部内に配置される導電部材と、
- 前記保護層の前記孔部の表面に配置され、前記導電部材を介して前記電極層と電気的に接続される導線と、を有する、請求項 1～4 のいずれか一項に記載の積層圧電素子。
- [請求項6] 前記孔部の開口面積を A 、前記電極層の厚みを t 、前記積層圧電素子の静電容量を C とすると、 $C / (A \times t)$ が $260 \mu F / mm^3$ 以下である、請求項 5 に記載の積層圧電素子。

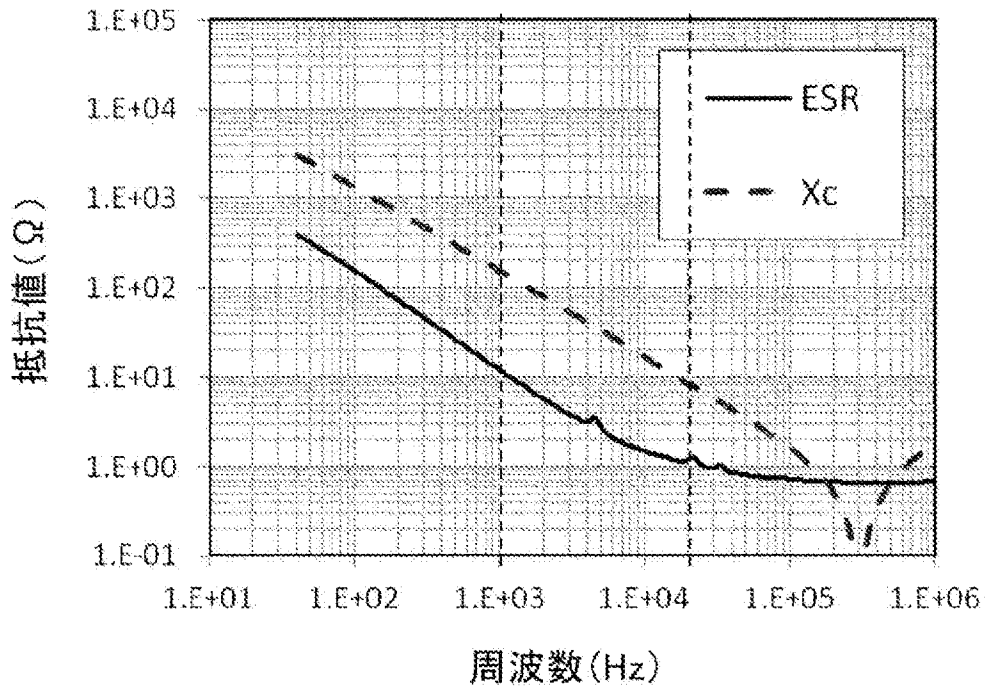
[图1]



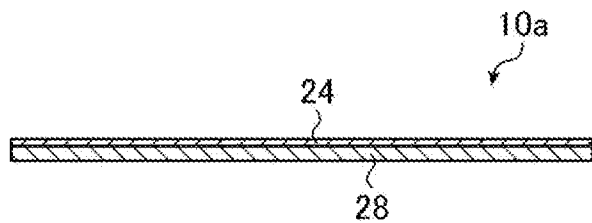
[图2]



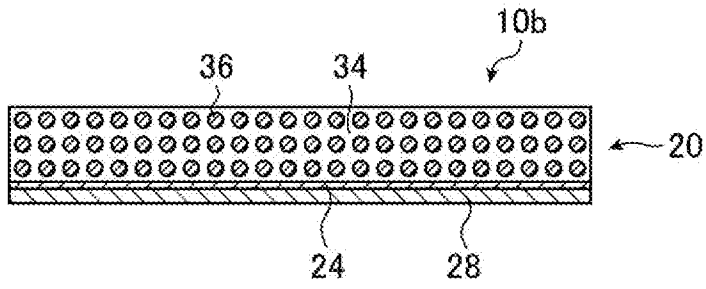
[图3]



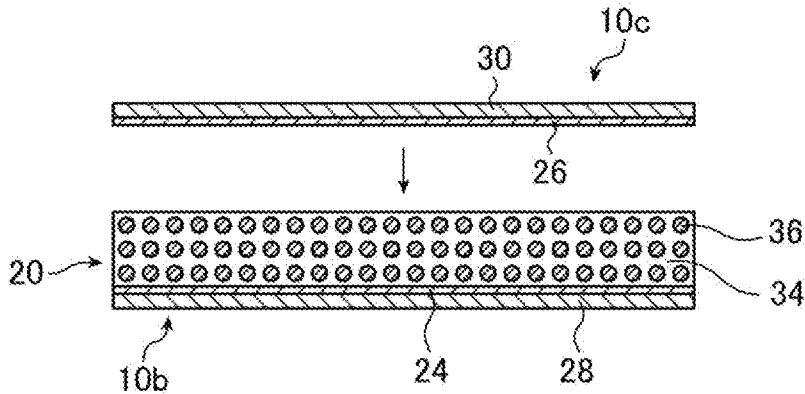
[图4]



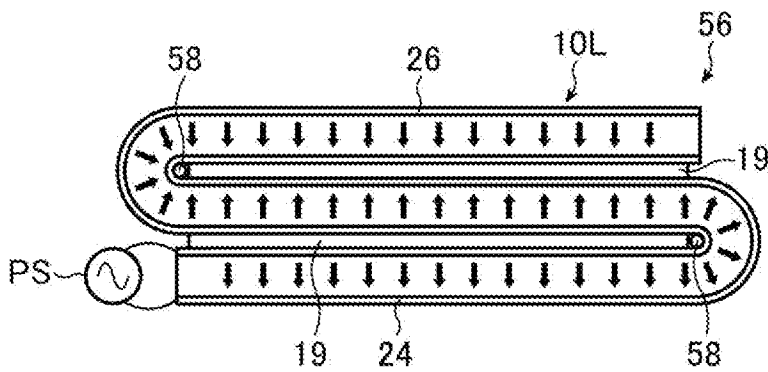
[図5]



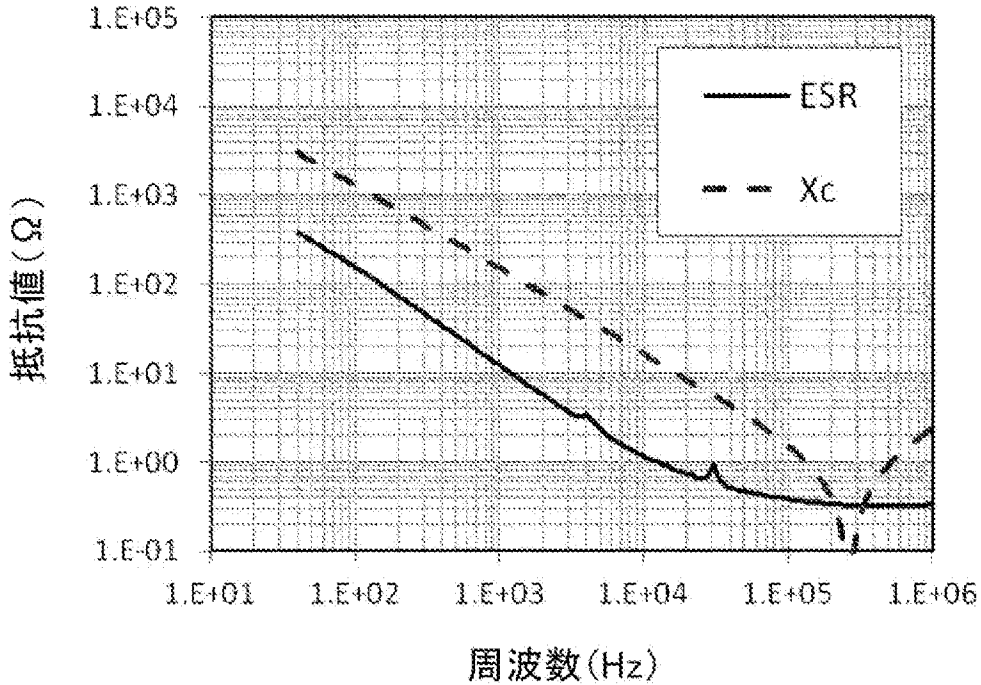
[図6]



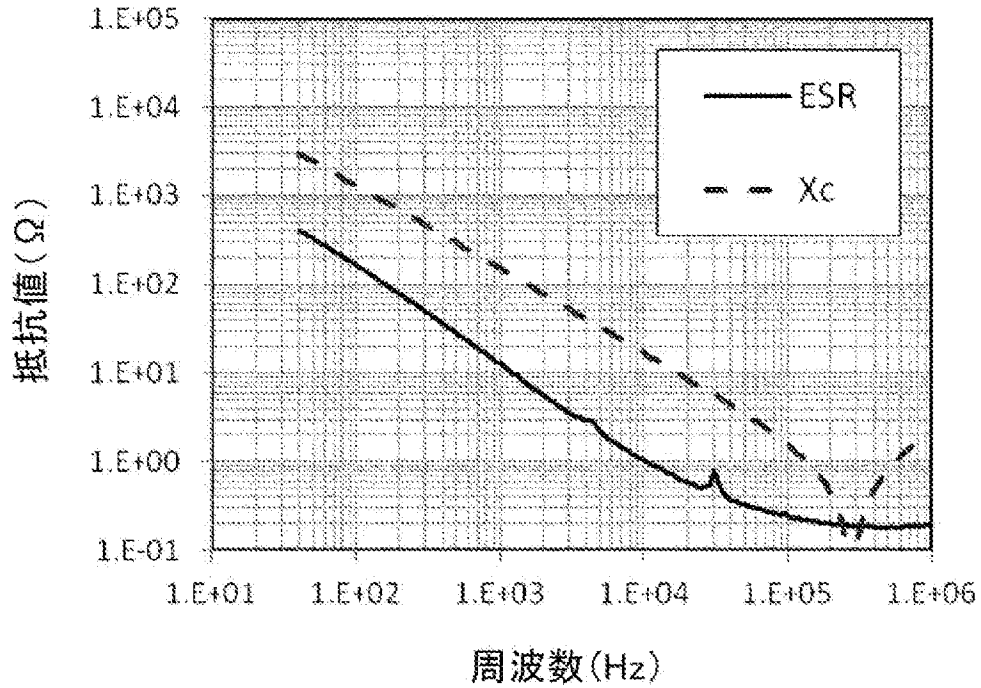
[図7]



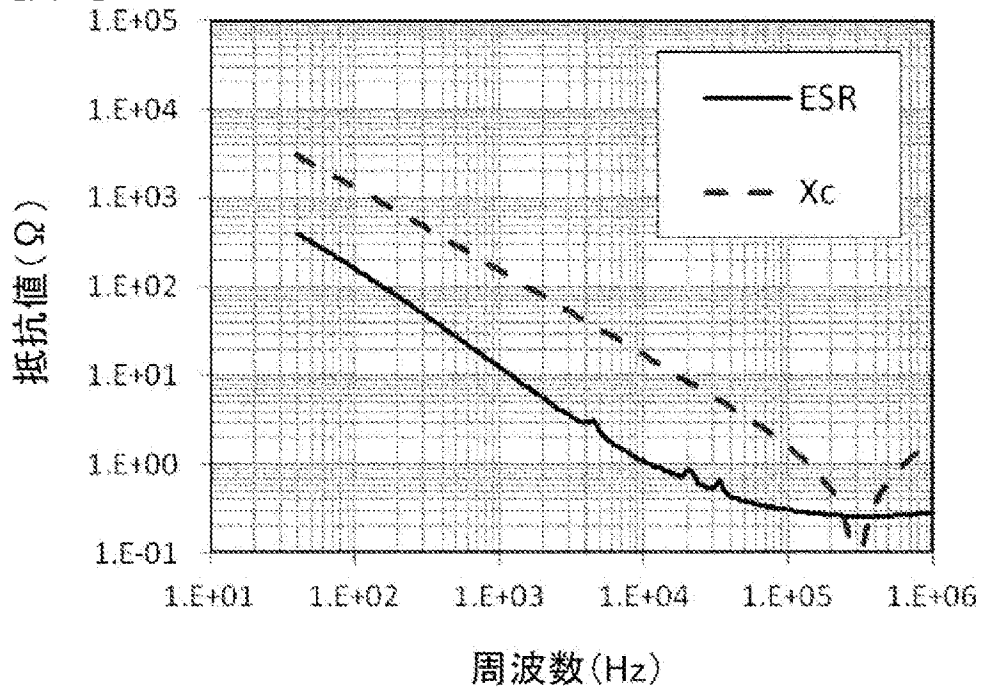
[図8]



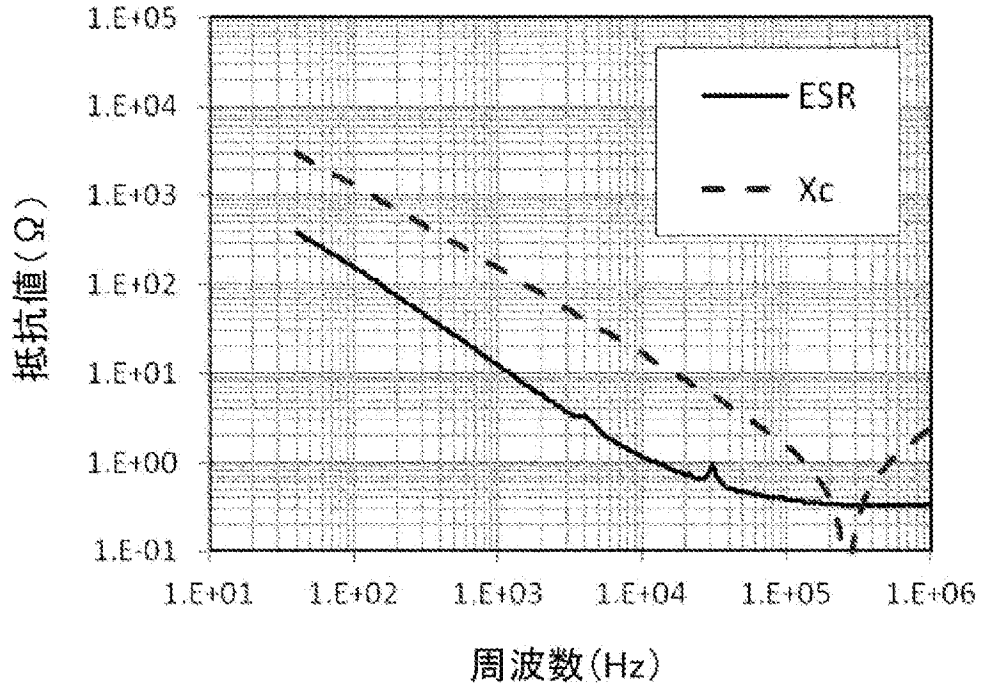
[図9]



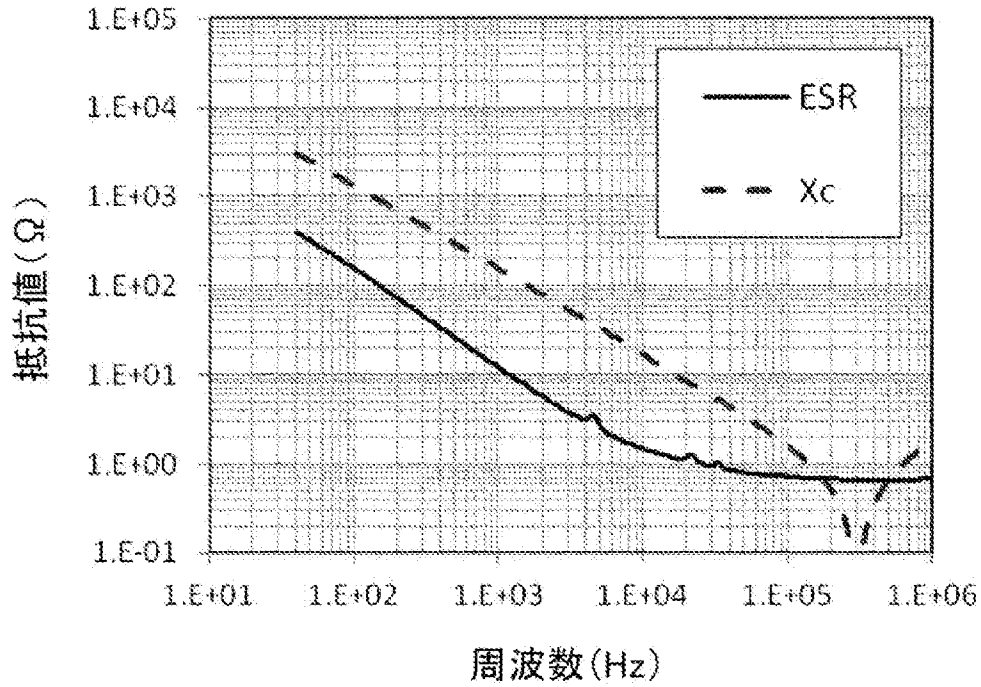
[図10]



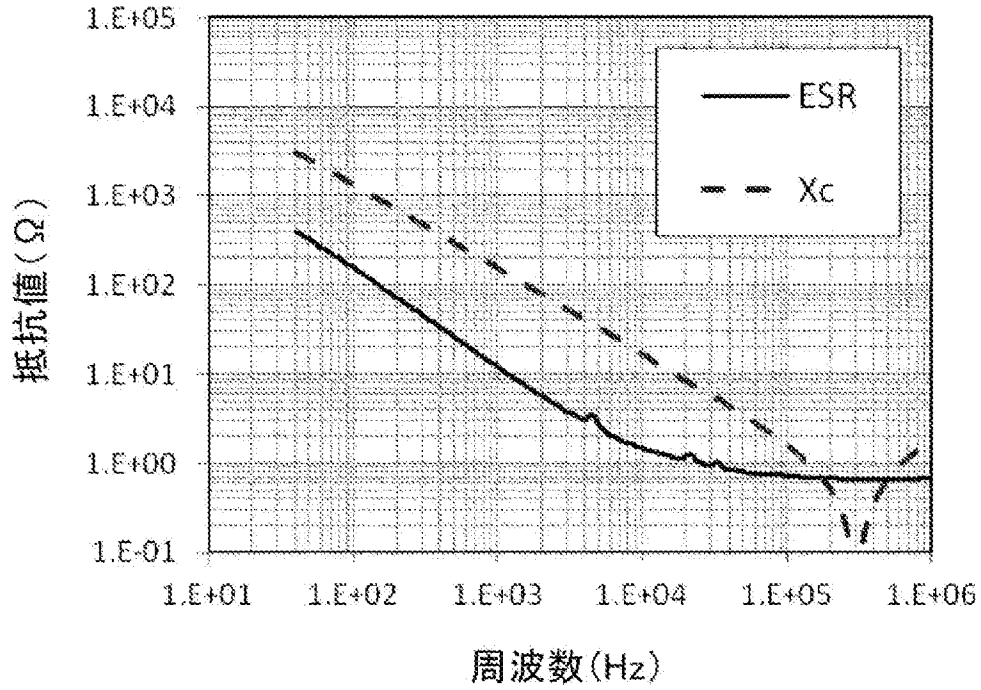
[图11]



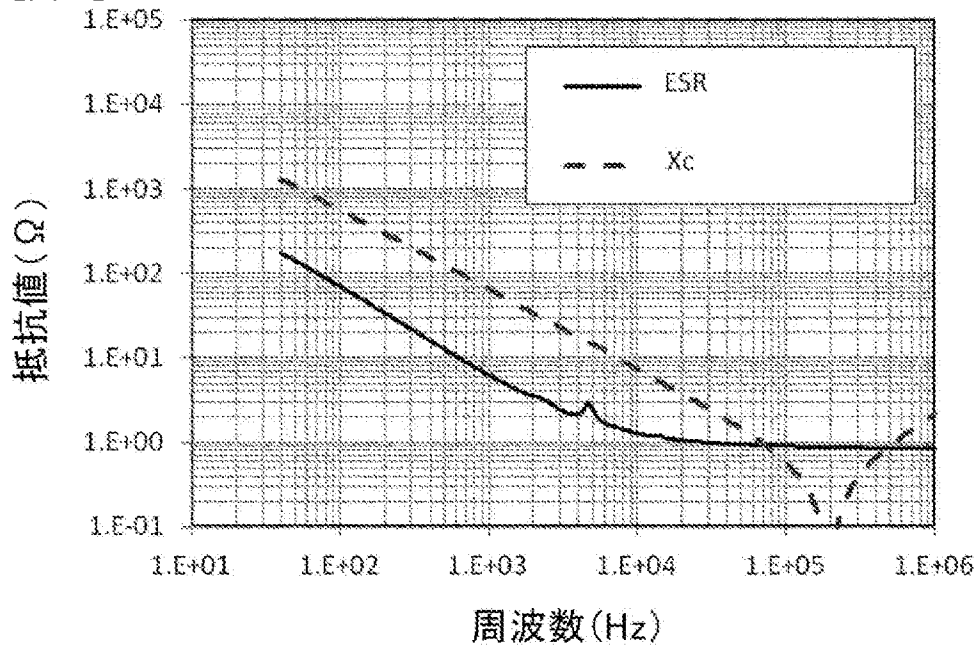
[图12]



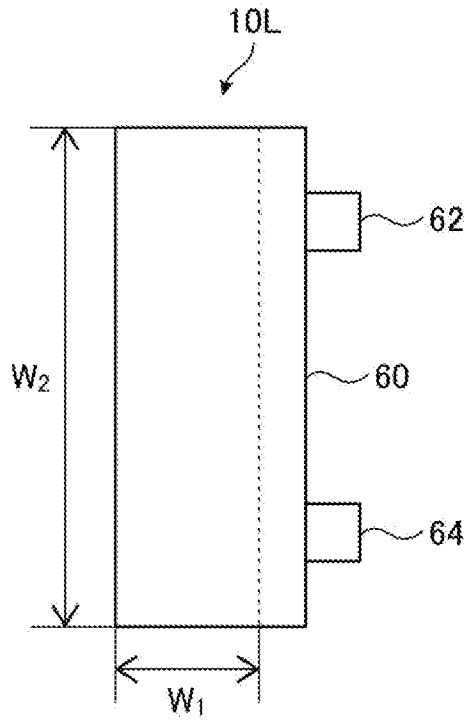
[図13]



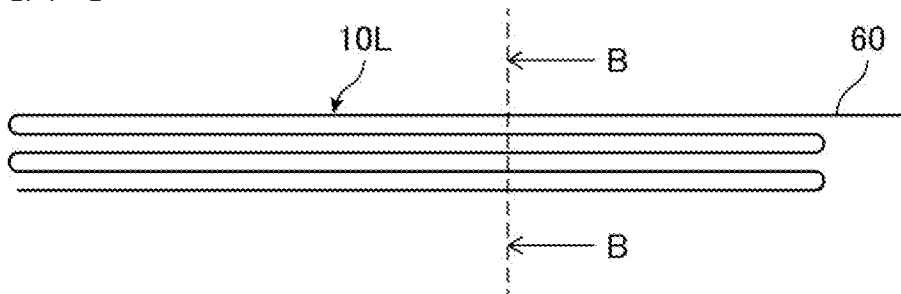
[図14]



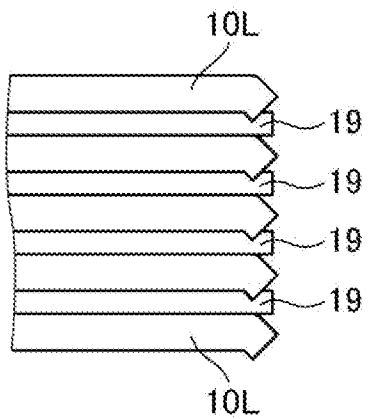
[図15]



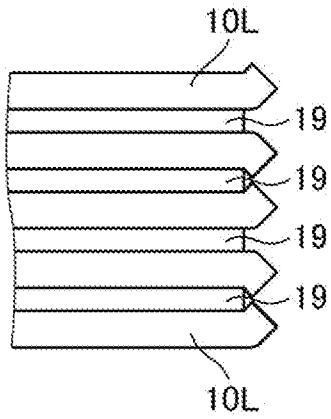
[図16]



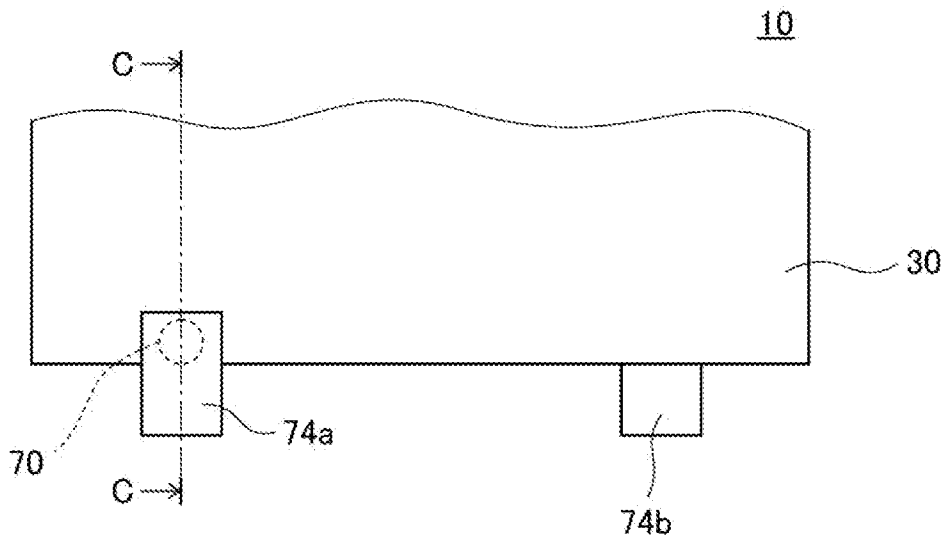
[図17]



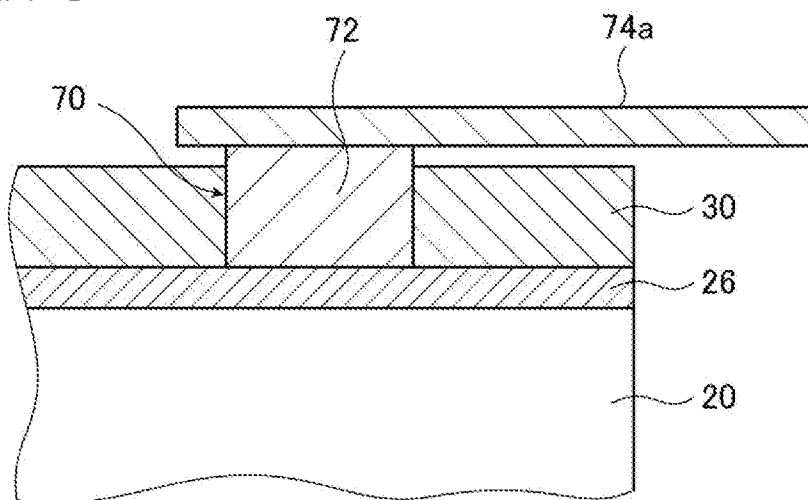
[図18]



[図19]



[図20]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/004356

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<p>B06B 1/06(2006.01)i; H04R 17/00(2006.01)i; H01L 41/047(2006.01)i; H01L 41/083(2006.01)i; H01L 41/09(2006.01)i; H01L 41/113(2006.01)i; H01L 41/18(2006.01)i; H01L 41/187(2006.01)i; H01L 41/23(2013.01)i; H01L 41/29(2013.01)i FI: H04R17/00; B06B1/06 Z; H01L41/047; H01L41/083; H01L41/09; H01L41/113; H01L41/18; H01L41/187; H01L41/23; H01L41/29</p> <p>According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC</p>		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) B06B1/06; H04R17/00; H01L41/047; H01L41/083; H01L41/09; H01L41/113; H01L41/18; H01L41/187; H01L41/23; H01L41/29		
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 1971-2022 Registered utility model specifications of Japan 1996-2022 Published registered utility model applications of Japan 1994-2022		
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	WO 2020/095812 A1 (FUJIFILM CORP) 14 May 2020 (2020-05-14) entire text, all drawings	1-6
A	WO 2017/018313 A1 (FUJIFILM CORP) 02 February 2017 (2017-02-02) entire text, all drawings	1-6
A	US 2007/0247028 A1 (BROSCH, Jared) 25 October 2007 (2007-10-25) entire text, all drawings	1-6
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“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)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&” document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search 29 March 2022		Date of mailing of the international search report 12 April 2022
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2022/004356

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
WO	2020/095812	A1	14 May 2020	KR	10-2021-0062075	A	
				CN	112970128	A	
				TW	202027519	A	
WO	2017/018313	A1	02 February 2017	US	2018/0160248	A1	
US	2007/0247028	A1	25 October 2007	WO	2007/143244	A2	
				EP	2020043	B1	

<p>A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））</p> <p>B06B 1/06(2006.01)i; H04R 17/00(2006.01)i; H01L 41/047(2006.01)i; H01L 41/083(2006.01)i; H01L 41/09(2006.01)i; H01L 41/113(2006.01)i; H01L 41/18(2006.01)i; H01L 41/187(2006.01)i; H01L 41/23(2013.01)i; H01L 41/29(2013.01)i FI: H04R17/00; B06B1/06 Z; H01L41/047; H01L41/083; H01L41/09; H01L41/113; H01L41/18; H01L41/187; H01L41/23; H01L41/29</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>B06B1/06; H04R17/00; H01L41/047; H01L41/083; H01L41/09; H01L41/113; H01L41/18; H01L41/187; H01L41/23; H01L41/29</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 - 2022年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2022年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2022年</td> </tr> </table> <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>			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2022年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2022年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2022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 - 2022年													
日本国実用新案登録公報	1996 - 2022年													
日本国登録実用新案公報	1994 - 2022年													
<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>WO 2020/095812 A1 (富士フイルム株式会社) 14.05.2020 (2020 - 05 - 14) 全文, 全図</td> <td>1-6</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>WO 2017/018313 A1 (富士フイルム株式会社) 02.02.2017 (2017 - 02 - 02) 全文, 全図</td> <td>1-6</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2007/0247028 A1 (BROSCH, Jared) 25.10.2007 (2007 - 10 - 25) 全文, 全図</td> <td>1-6</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	WO 2020/095812 A1 (富士フイルム株式会社) 14.05.2020 (2020 - 05 - 14) 全文, 全図	1-6	A	WO 2017/018313 A1 (富士フイルム株式会社) 02.02.2017 (2017 - 02 - 02) 全文, 全図	1-6	A	US 2007/0247028 A1 (BROSCH, Jared) 25.10.2007 (2007 - 10 - 25) 全文, 全図	1-6
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	WO 2020/095812 A1 (富士フイルム株式会社) 14.05.2020 (2020 - 05 - 14) 全文, 全図	1-6												
A	WO 2017/018313 A1 (富士フイルム株式会社) 02.02.2017 (2017 - 02 - 02) 全文, 全図	1-6												
A	US 2007/0247028 A1 (BROSCH, Jared) 25.10.2007 (2007 - 10 - 25) 全文, 全図	1-6												
<p><input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。</p> <p><input checked="" 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>* 引用文献のカテゴリー</td> <td>“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの</td> </tr> <tr> <td>“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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）</td> <td>“&” 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td></td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー	“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの	“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	“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	“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	“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	“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）	“&” 同一パテントファミリー文献	“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	
* 引用文献のカテゴリー	“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの													
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	“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													
“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	“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													
“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）	“&” 同一パテントファミリー文献													
“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														
<p>国際調査を完了した日</p> <p>29.03.2022</p>	<p>国際調査報告の発送日</p> <p>12.04.2022</p>													
<p>名称及びあて先</p> <p>日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号</p>	<p>権限のある職員（特許庁審査官）</p> <p>辻 勇貴 5Z 6299</p> <p>電話番号 03-3581-1101 内線 3591</p>													

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
 PCT/JP2022/004356

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
WO	2020/095812	A1	14.05.2020	KR 10-2021-0062075	A		
				CN 112970128	A		
				TW 202027519	A		
WO	2017/018313	A1	02.02.2017	US 2018/0160248	A1		
US	2007/0247028	A1	25.10.2007	WO 2007/143244	A2		
				EP 2020043	B1		