

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2009年4月23日 (23.04.2009)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2009/051166 A1

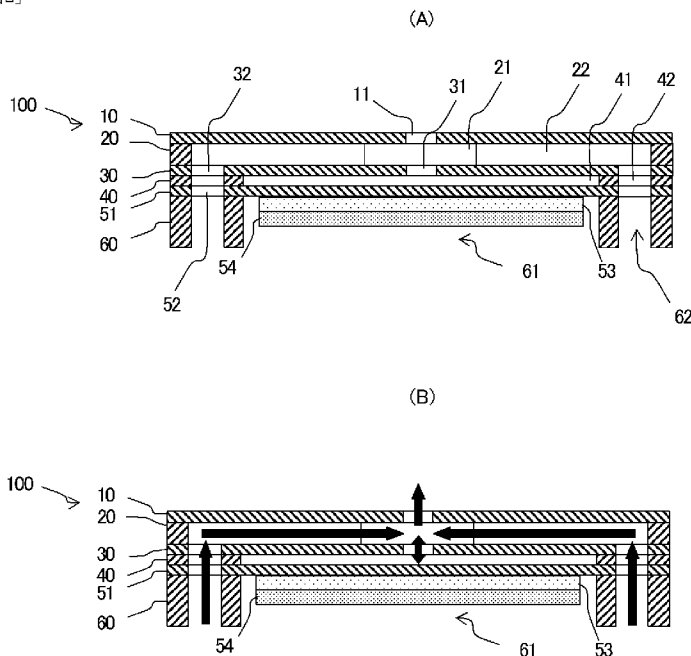
- (51) 国際特許分類:
H01L 41/09 (2006.01) H01L 41/22 (2006.01)
F04B 43/02 (2006.01) H01M 8/04 (2006.01)
F04B 43/04 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2008/068724
- (22) 国際出願日: 2008年10月16日 (16.10.2008)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2007-269328
2007年10月16日 (16.10.2007) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社村田製作所 (MURATA MANUFACTURING CO., LTD.) [JP/JP]; 〒6178555 京都府長岡京市東神足1丁目10番1号 Kyoto (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 平田篤彦 (HIRATA, Atsuhiko) [JP/JP]; 〒6178555 京都府長岡京市東神足1丁目10番1号 株式会社村田製作所内 Kyoto (JP). 神谷岳 (KAMITANI, Gaku) [JP/JP]; 〒6178555 京都府長岡京市東神足1丁目10番1号 株式会社村田製作所内 Kyoto (JP).
- (74) 代理人: 小森久夫 (KOMORI, Hisao); 〒5400011 大阪府大阪市中央区農人橋1丁目4番34号 Osaka (JP).

[続葉有]

(54) Title: VIBRATION DEVICE, AND PIEZOELECTRIC PUMP

(54) 発明の名称: 振動装置および圧電ポンプ

[図2]



(57) Abstract: The warpage of a piezoelectric layer is eliminated so that the danger for the piezoelectric layer to break is reduced even if a tensile stress acts on the piezoelectric layer by vibrations. A piezoelectric pump (100) comprises a piezoelectric element (54), an intermediate plate (53) and a diaphragm (51). The piezoelectric element (54) has a flat plate shape. The intermediate plate (53) is jointed to the principal face of the piezoelectric element (54), thereby to apply a residual stress in the compression direction to the piezoelectric element (54). The diaphragm (51) is so jointed to the intermediate plate (53) as to confront the principal face of the piezoelectric element (54), so that the residual stress in the compression direction is applied from the intermediate plate (53) and so that it constitutes a portion of the wall face of a pump chamber (41) having an opening (31). A fluid passage is formed in the piezoelectric pump (100). The fluid passage communicates at its one end with the outside of the pump chamber (41) and at its other end with the pump chamber (41) through the

opening (31).

(57) 要約: 圧電体層の反りをなくし、振動によって圧電体層に引っ張り応力が作用しても圧電体層が破壊する危険性を低減する。圧電ポンプ(100)は、圧電体素子(54)と中間板(53)と振動板(51)とを備える。圧電体素子(54)は、平板状である。中間板(53)は、圧電体素子(54)の主面に接合され、圧電体素子(54)に圧縮方向の残留応力を付与する。振動板(51)は、圧電体素子(5

[続葉有]

WO 2009/051166 A1



(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, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD,

SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

4) の主面に対向するように中間板 (53) に接合されて中間板 (53) から圧縮方向の残留応力が付与され、且つ、開口穴 (31) を有するポンプ室 (41) の壁面の一部を構成する。圧電ポンプ (100) には、流体の通路が形成されている。流体の通路は、一端がポンプ室の外部に連通し、他端が開口穴 (31) を介してポンプ室 (41) に連通する

明 細 書

振動装置および圧電ポンプ

技術分野

[0001] この発明は、圧電体素子などの圧電部を備える振動装置に関し、また、ポンプ室の壁面を構成する振動板を圧電部により振動させ、流体を搬送する圧電ポンプに関する。

背景技術

[0002] 引っ張り応力に対して弱く、破損しやすい圧電体薄膜に対して、圧縮方向の残留応力を付与することで引っ張り応力による破壊を防止する技術が公知となっている(例えば、特許文献1参照。)

[0003] 上記圧電体薄膜は、圧電体薄膜よりも線膨張係数が大きい基板に、加熱環境下で成膜される。これにより、圧電体薄膜を冷却すると基板が圧電体薄膜より大きく収縮するため、圧電体薄膜に圧縮方向の残留応力が付与される。

特許文献1:特開2004-146640号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0004] 図1は、従来の圧電体薄膜や圧電体素子の断面図である。

[0005] 構造体200は、圧電体層201を基板202に熱接合し、熱接合後に冷却されて構成される。同図(A)は、冷却後の静定状態での構造体200の断面図である。この状態の構造体200は、基板202に引っ張り方向の残留応力が生じるとともに、圧電体層201に圧縮方向の残留応力が生じる。この構造体200では、圧電体層側と基板側とで残留応力が相違するため、構造体200は圧電体層側が伸長し基板側が収縮して、構造体200に微小な反りが生じる。圧電体層側の伸長により、圧電体層201内での残留応力の勾配は大きくなり、圧電体層201の表面近傍には、圧縮方向の残留応力がほとんど生じない。

[0006] このような従来の圧電体素子や圧電体薄膜を、交番電圧の印加により振動させる振動装置や圧電ポンプでは、圧電体層が振動すると、圧電体層に引っ張り応力また

は圧縮応力が作用することになる。

[0007] 同図(B)は、振動により圧電層側に凸に屈曲した状態での構造体200の断面図である。この構造体200では、圧電体層201に圧縮方向の残留応力を予め付与していたため、振動により作用する引っ張り応力は低減される。しかしながら、圧電体層201はもとより反っていて、圧電体表面近傍には、圧縮方向の残留応力がほとんど付与されていないため、圧電体表面からクラックが生じ、圧電体が破壊する虞がある。

[0008] また、ポンプ室の壁面を振動板で構成し、振動板を圧電体素子や圧電体薄膜により振動させてポンプ室内の流体を搬送するようにした圧電ポンプでは、圧電体層の破壊により、流体の搬送ができなくなる虞がある。

[0009] そこで、本発明は、圧電体層が反ることをなくし、振動によって圧電体層に引っ張り応力が作用して圧電体層が破壊する危険性を低減した振動装置、および、流体の搬送ができなくなる危険性を低減した圧電ポンプを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0010] この発明の振動装置は、圧電部と第一の接合部と第二の接合部とを備える。圧電部は、平板状である。第一の接合部は、圧電部の主面に接合され、圧電部に圧縮方向の残留応力を付与する。第二の接合部は、圧電部に対向するように第一の接合部に接合され第一の接合部から圧縮方向の残留応力が付与される、または、第一の接合部に対向するように圧電部に接合され圧電部の接合面に圧縮方向の残留応力を付与する。

[0011] したがって、圧電部には圧縮方向の残留応力が付与される。圧電部と第一の接合部と第二の接合部とからなる構造体は、両主面側で残留応力がバランスよく残留し反りが抑制される。これにより、圧電部の表面近傍にも圧縮方向の残留応力が付与され、仮に圧電部に交番電圧を印加して振動させても、その振動によって圧電部に作用する引っ張り応力を、圧電部の圧縮方向の残留応力により相殺できる。

[0012] 圧電ポンプは、上述の振動装置とポンプ本体とを備える。ポンプ本体は流体の通路が形成され、流体の通路はポンプ室から開口穴を介して外部に連通する。ここで、ポンプ室の壁面の一部を構成する振動板を、第一の接合部または第二の接合部に備えると、圧電部の破壊により流体の搬送ができなくなる危険性を低減でき好適であ

る。

- [0013] この発明の圧電ポンプは、圧電体素子と中間板と振動板とポンプ本体とを備える。圧電体素子は、平板状である。中間板は、圧電体素子の主面に接合され、圧電体素子に圧縮方向の残留応力を付与する。振動板は、圧電体素子の主面に対向するように中間板に接合されて中間板から圧縮方向の残留応力が付与され、且つ、開口穴を有するポンプ室の壁面の一部を構成する。ポンプ本体は、流体の通路が形成される。流体の通路は、ポンプ室から開口穴を介して外部に連通する。
- [0014] したがって、加熱環境下で圧電体素子と振動板とを中間板に接着すると、冷却後、圧電体素子と振動板とに圧縮応力が付与され、中間板に引っ張り応力が付与される。このため、圧電体素子と振動板とで残留応力がバランスよく残留し、冷却後の反りが抑制される。これにより、圧電部の表面近傍にも圧縮方向の残留応力が付与される。したがって、仮に圧電部に交番電圧を印加して振動させても、その振動によって圧電部に作用する引っ張り応力を、圧電部の圧縮方向の残留応力により相殺できる。
- [0015] 中間板は、その線膨張係数が、振動板の線膨張係数および圧電体素子の線膨張係数よりも大きいとき、特に圧電部の表面近傍にも圧縮方向の残留応力をバランスよく残留させることができ、圧電部表面におけるクラックを防ぐことができる。
- [0016] ポンプ本体は、複数の構成部材の線膨張係数が互いに等しいと、温度変化によるポンプ本体の構成部材の変形を抑制して、温度変化による変形の小さな圧電ポンプを構成でき好適である。
- [0017] 圧電体素子と中間板と振動板とからなる構造体は、合計の線膨張係数がポンプ本体の線膨張係数よりも小さいと、振動板に圧縮方向の残留応力が付与される。この場合、温度変化により振動板が変形した場合であっても、振動板に引っ張り応力が加わらないため、温度変化による変形の小さな圧電ポンプを構成することができる。また、振動がポンプ本体に漏れにくくなりポンプ効率が向上する。

発明の効果

- [0018] この発明では、残留応力をバランスよく残留させることで構造体の反りを抑制し、圧電体に圧縮方向の大きな残留応力を確実に付与する。したがって、振動によって圧

電体層に引っ張り応力が作用しても、圧電体層が破壊する危険性を低減できる。

図面の簡単な説明

- [0019] [図1]従来構成を説明する図である。
[図2]第1の実施形態の圧電ポンプの断面図である。
[図3]同圧電ポンプの天板の平面図である。
[図4]同圧電ポンプの流路板の平面図である。
[図5]同圧電ポンプのポンプ室天板の平面図である。
[図6]同圧電ポンプのポンプ室形成板の平面図である。
[図7]同圧電ポンプのダイヤフラム構造体の図である。
[図8]同圧電ポンプの底板の平面図である。
[図9]同圧電ポンプの動作を説明する図である。
[図10]同ダイヤフラム構造体の断面図である。
[図11]同圧電ポンプのダイヤフラム構造体の他の構成例を説明する図である。
[図12]ダイヤフラム構造体の構成例を説明する図である。

符号の説明

- [0020] 10…天板
11…開口穴
20…流路板
21…流路中央室
22…流体通路
30…ポンプ室天板
31…開口穴
32…流入穴
40…ポンプ室形成板
41…ポンプ室
42…流入穴
50, 70, 90, 110…ダイヤフラム構造体
51, 71, 91, 111…振動板

- 52…流入穴
- 53, 73…中間板
- 54, 74, 94, 114…圧電体素子
- 60…底板
- 61…圧電体素子収容室
- 62…流入穴
- 95, 115…接合部
- 100…圧電ポンプ

発明を実施するための最良の形態

[0021] 以下、本発明の振動装置を圧電ポンプに適用した第1の実施形態を説明する。

[0022] 図2(A)は、同実施形態の圧電ポンプ100の断面図である。また、図2(B)は、圧電ポンプ100による流体の流れを説明する図である。ここでは、電子機器の空冷用途の圧電ポンプの構成例を示している。

圧電ポンプ100は、天板10と流路板20とポンプ室天板30とポンプ室形成板40と振動板51と中間板53と圧電体素子54と底板60とを備える。振動板51と中間板53と圧電体素子54とは、熱硬化性接着剤を塗布して加熱されることで、予め熱接合され、後述するダイヤフラム構造体50が構成されている。ダイヤフラム構造体50は、請求項1の振動装置に相当する。なお、圧電ポンプ100のダイヤフラム構造体50を除く部材が、ポンプ本体を構成する。

[0023] 天板10は、開口穴11を備え、流路板20に接合されている。この天板10の平面図を図3に示す。天板10は外形が四角形の平板であり、冷間圧延鋼板(SPCC)のような剛性のある材料で構成されている。天板10の中心部には、開口穴11が形成されている。開口穴11は、圧電ポンプ100の外部と流路板20の流路中央室21とに通じている。

[0024] 流路板20は、流路中央室21と流体通路22を備え、天板10とポンプ室天板30とに接合されている。この流路板20の平面図を図4に示す。流路板20は天板10と同一外形を有する平板であり、天板10と同一材料で構成されている。流路板20の中心部には、流路中央室21が形成され、流路中央室21から平板の四隅にかけて4本の流

体通路22が形成されている。流路中央室21は、開口穴11よりも大径であり、開口穴11とポンプ室天板30の開口穴31とに通じている。また、流体通路22は、流路中央室21とポンプ室天板30の流入穴32とに通じている。流路中央室21に複数の流体通路22を通じさせているため、流体通路22での抵抗が低減され、気体は流路中央室21へ引き寄せられる。したがって、気体流量の増加を図ることができる。

[0025] ポンプ室天板30は、開口穴31と流入穴32を備え、流路板20とポンプ室形成板40とに接合されている。このポンプ室天板30の平面図を図5に示す。ポンプ室天板30は流路板20と同一外形を有する平板であり、流路板20と同一材料で構成されている。ポンプ室天板30の中心部には、開口穴31が形成され、平板の四隅には4つの流入穴32が形成されている。開口穴31は開口穴11とほぼ同一径であり、流路中央室21とポンプ室形成板40のポンプ室41とに通じている。また、流入穴32は、流体通路22とポンプ室形成板40の流入穴42とに通じている。なお、開口穴31は開口穴11と径が異なっても良いが、流路中央室21よりも小さい径が好ましい。また、ポンプ室天板30は、流路板20と異なる材料で構成されていてもよく、例えば、ばね弾性を持つ材料で構成されると好適である。

[0026] ポンプ室形成板40はポンプ室41と流入穴42を備え、ポンプ室天板30と振動板51とに接合されている。このポンプ室形成板40の平面図を図6に示す。ポンプ室形成板40はポンプ室天板30と同一外形を有する平板であり、ポンプ室天板30と同一材料で構成されている。ポンプ室形成板40の中心部には、円形のポンプ室41が形成され、平板の四隅には4つの流入穴42が形成されている。ポンプ室41は流路中央室21よりも大径であり、開口穴31に連通している。また、流入穴42は、流入穴32と振動板51の流入穴52とに通じている。

[0027] 振動板51は、中間板53と圧電体素子54とが予め接合されている。具体的には、接着剤を塗布し加熱硬化することで接着されている。これらによってダイヤフラム構造体50が構成されている。ダイヤフラム構造体50の断面図を図7(A)に、ダイヤフラム構造体50の平面図を図7(B)に示す。振動板51は、ポンプ室形成板40と同一外形を有する平板であり、平板の四隅に4つの流入穴52を備えている。振動板51は、ポンプ室形成板40と底板60とに接合されている。流入穴52は、流入穴42と底板60の流

入穴62とに通じている。中間板53は円形の外形を有する平板であり、振動板51の中央部に熱接合されている。圧電体素子54は、中間板53と同一外形を有する平板であり、中間板53の中央部に熱接合されている。

[0028] 底板60は圧電体素子收容室61と流入穴62を備え、ダイヤフラム構造体50の振動板51に接合されている。この底板60の平面図を図8に示す。底板60は振動板51と同一外形を有する平板である。底板60の中心部には、円形の圧電体素子收容室61が形成され、平板の四隅には4つの流入穴62が形成されている。圧電体素子收容室61は、ダイヤフラム構造体50の中間板53および圧電体素子54を收容する。また、流入穴62は、流入穴52に連通している。底板60は、中間板53の厚みと圧電体素子54の厚みと圧電体素子54の変形量との合計より厚肉に構成されていて、圧電ポンプ100の実装時に、圧電体素子54が実装基板などに接触することを防止している。

[0029] ここでダイヤフラム構造体50は、振動板51の一面側にのみ圧電体素子54を設けてユニモルフ型の構造としている。圧電体素子54に交番電圧(正弦波または矩形波)を印加することにより、圧電体素子54は拡がり振動モードで振動し、ダイヤフラム構造体50全体が板厚方向に屈曲する。またダイヤフラム構造体50の屈曲に伴ってポンプ室天板30が共振する。その結果、振動板51とポンプ室天板30との距離が変化し、気体が開口穴31からポンプ室41内に流入または流出する。

[0030] 圧電体素子54に印加する交番電圧は、ダイヤフラム構造体50の一次共振周波数または三次共振周波数とする。これにより、一次または三次共振周波数以外の周波数の交番電圧を印加する場合に比べて変位部材の変位体積を格段に大きくでき、流量を大幅に増加させることができる。

[0031] 図9は、圧電ポンプ100の動作を説明する主要部模式断面図である。図中の矢印は気体の流れを示す。

同図(A)は、圧電体素子への交番電圧の非印加時の主要部を示している。このとき、振動板51はほぼ平坦である。

同図(B)は、交番電圧の1/4周期経過時の主要部を示している。このとき、振動板51は下に凸に屈曲するのでポンプ室41の振動板51と開口穴31との距離が大きくな

り、開口穴31を介してポンプ室41内に流体通路22から気体が吸い込まれる。

[0032] 同図(C)は、次の1/4周期経過時の主要部を示している。このとき、振動板51は平坦に戻り、ポンプ室41の振動板51と開口穴31との距離が小さくなる。このため、ポンプ室41内の気体は開口穴31、11を通過して押し出される。この開口穴11から流出する気流には、流体通路22の気体が巻き込まれ、また、開口穴11の外側でも、開口穴11周囲の気体が巻き込まれる。

[0033] 同図(D)は、次の1/4周期経過時の主要部を示している。このとき、振動板51は上に凸に屈曲し、ポンプ室41の振動板51と開口穴31との距離がさらに小さくなる。このため、ポンプ室41内の気体は、開口穴31、11を通過して押し出される。この開口穴11から流出する気流には、流体通路22の気体が巻き込まれ、また、開口穴11の外側でも、開口穴11周囲の気体が巻き込まれる。

[0034] 同図(E)は、次の1/4周期経過時の主要部を示している。このとき、振動板51は平坦に戻り、ポンプ室41の振動板51と開口穴31との距離が大きくなる。容積が拡大するため、流体通路22を流れる気体の一部は、開口穴31を通過してポンプ室41内に吸い込まれる。しかしながら、流体通路22を流れる気体のほとんどは、慣性により開口穴11から流出し続ける。

[0035] 以上の変形を振動板51は周期的に繰り返す。ポンプ室41の振動板51と開口穴31との距離の増大により、流路中央室21、流体通路22、流入穴32、流入穴42、流入穴52、および、流入穴62を介して、ポンプ室41の内部に気体が流入し、ポンプ室41の振動板51と開口穴31との距離の減少により、ポンプ室41、開口穴31、流路中央室21、および開口穴11を介して、圧電ポンプの外部に気体が流出する。圧電体素子を高い周波数で振動させることにより、流体通路22を流れる気体の慣性が終息することなく、開口穴11から気体を連続して流出させられる。

[0036] 以下、ダイヤフラム構造体50の構成例を図10に基づいて説明する。

[0037] 圧電体素子54は、厚さ約0.2mmで、常温(約20°C~30°C)での線膨張係数が約 $1 \times 10^{-6}/K$ であり、交番電圧が印加されて振動する。この構成での交番電圧は、約23kHzの周波数で、 $\pm 5V(10V_{pp}) \sim \pm 10V(20V_{pp})$ 程度の振幅が望ましい。

[0038] 振動板51はFe-42Ni合金からなり、厚さが0.08mm、常温での線膨張係数が7

$\times 10^{-6} / \text{K}$ である。

- [0039] 中間板53はSPCCからなり、厚さが0.15mm、常温での線膨張係数が、圧電体素子54の線膨張係数および振動板51の線膨張係数よりも大きい $11 \times 10^{-6} / \text{K}$ である。
- [0040] このダイヤフラム構造体50は、圧電体素子54と中間板53と振動板51とを、熱硬化性接着剤で接着され加熱硬化されて接合される。したがって、圧電体素子54と中間板53と振動板51のそれぞれが熱膨張した状態で接合される。
- [0041] 中間板53の線膨張係数が圧電体素子54の熱膨張係数および振動板51の熱膨張係数よりも大きいため、中間板53は、冷却後に圧電体素子54や振動板51よりも収縮しようとする。したがって、冷却後の圧電体素子54および振動板51には、圧縮方向の残留応力が付与され、中間板53には引っ張り方向の残留応力が付与される。
- [0042] 図10(A)は、静定状態でのダイヤフラム構造体50の部分断面図である。
- [0043] この状態のダイヤフラム構造体50は、中間板53に引っ張り方向の残留応力が生じるとともに、圧電体素子54と振動板51とに圧縮方向の残留応力が生じる。中間板53の両面、即ち圧電体素子54と振動板51とでは、残留応力の方向がともに等しく圧縮であり、残留応力がバランスよく残留する。このため、ダイヤフラム構造体50の反りは抑制される。ダイヤフラム構造体50の反りが抑制されるため、圧電体素子54の表面近傍にも圧縮方向の大きな残留応力が付与される。なお、圧電体素子54と振動板51との線膨張係数が近ければ、ダイヤフラム構造体50の反りを効果的に抑制でき好適である。
- [0044] 同図(B)は、交番電圧の印加により圧電体素子側に凸に屈曲した状態でのダイヤフラム構造体50の部分断面図である。
- [0045] ダイヤフラム構造体50の圧電体素子54に交番電圧を印加すると、ダイヤフラム構造体50が振動する。これにより、圧電体素子54には引っ張り応力または圧縮応力が作用する。このダイヤフラム構造体50では、交番電圧の印加前に反りがほとんど無いため、圧電体素子54に圧縮方向の大きな残留応力が付与されている。したがって、屈曲により圧電体素子54に作用する引っ張り応力は、この圧縮方向の残留応力により相殺され、圧電体が破壊する危険性は低減される。

- [0046] なお、加熱温度については、熱硬化性樹脂のガラス転移温度にもよるが、80°C～150°C程度が好ましい。加熱温度が高すぎると、熱衝撃に耐えられずに、接合部が剥離してしまうことがあるためである。
- [0047] 振動板51は常温での線膨張係数が $1 \times 10^{-6} / \text{K} \sim 7 \times 10^{-6} / \text{K}$ の範囲内であれば好適であり、Fe-42Ni合金の他、Fe-36Ni合金などでも構成できる。中間板53は常温での線膨張係数が $11 \times 10^{-6} / \text{K} \sim 17 \times 10^{-6} / \text{K}$ の範囲内であれば好適であり、SPCCの他、SUS430やSUS304などでも構成できる。圧電体素子54は常温での線膨張係数が $1 \times 10^{-6} / \text{K} \sim 7 \times 10^{-6} / \text{K}$ の範囲内であれば好適であり、PZTの他、ptなどでも構成できる。中間板53の線膨張係数が圧電体素子54や振動板51よりも大きすぎても、熱衝撃などに耐えられずに、接合部が剥離してしまうことがあるためである。
- [0048] 振動板51は厚みが圧電体素子54に対して0.4倍以上0.6倍以下であれば好適である。仮に振動板51の厚みが薄過ぎる場合には圧電体素子54の残留応力の勾配が大きくなり、圧電体素子54の表面に十分な圧縮方向の残留応力を付与できず、厚すぎる場合には十分な振動の振幅が得られないためである。
- [0049] 中間板53は、厚みが圧電体素子に対して0.5倍以上で1.0倍以下であれば好適である。仮に中間板53の厚みが薄過ぎる場合には圧電体素子54に対して十分な圧縮方向の残留応力を付与できず、また、ダイヤフラム構造体50の振動の共振周波数が低下するためであり、仮に中間板53の厚みが厚すぎる場合には、ダイヤフラム構造体50の屈曲振動の共振が高くなりすぎ、十分な振幅が得られないためである。
- [0050] ダイヤフラム構造体50を除く他の部材を同一の材料で構成すると、圧電ポンプ100のダイヤフラム構造体50を除く他の部材の温度変化による変形を抑制でき、圧電ポンプ100に温度特性を小さくすることができるため好適である。
- [0051] また、ダイヤフラム構造体50の全体としての線膨張係数は、ダイヤフラム構造体50を除く他の部材の線膨張係数よりも小さなものにする。そのため、圧電ポンプ100のダイヤフラム構造体50を除く他の部材に中間板53と同一材料を採用して、線膨張係数を中間板53と同程度にしておけば、接着して熱を加えた時に、他部材のほうがダイヤフラム構造体50よりも膨張して、ダイヤフラム構造体50の振動板51に圧縮方向

の残留応力を付与することができる。このようにすれば、温度変化により振動板が変形した場合でも、振動板に引っ張り応力が加わらないため、温度特性の小さな圧電ポンプを構成することができる。

[0052] 次に、同圧電ポンプに採用するダイヤフラム構造体の他の実施形態を説明する。図11はそのダイヤフラム構造体の断面図である。

[0053] 同図(A)に示すダイヤフラム構造体70は、振動板71と上圧電体素子74Aと中間板73と下圧電体素子74Bとを備える。上圧電体素子74Aは請求項1の第二の接合部に相当し、中間板73は請求項1の第一の接合部に相当し、下圧電体素子74Bは請求項1の圧電部に相当する。上圧電体素子74Aと中間板73と下圧電体素子74Bとは同一形状であり、上圧電体素子74Aと下圧電体素子74Bとは同一素材でもある。ここで、中間板73を線膨張係数の高い材料で構成し、上圧電体素子74Aと下圧電体素子74Bとを線膨張係数の低い材料で構成する。なお、振動板71については、上圧電体素子74Aと同程度の線膨張係数の材料で構成すると好適である。

[0054] ここで、振動板71と上圧電体素子74Aと中間板73と下圧電体素子74Bとは、熱硬化性接着剤で接着し加熱硬化により熱接合する。

[0055] このような構成であっても、ダイヤフラム構造体70は、中間板73に引っ張り方向の残留応力が生じるとともに、上圧電体素子74Aと下圧電体素子74Bとに圧縮方向の残留応力が生じる。中間板73の両面、即ち上圧電体素子74Aと下圧電体素子74Bとでは、残留応力の方向がともに等しく圧縮であり、残留応力がバランスよく残留する。このため、ダイヤフラム構造体70の反りは抑制され、圧電体素子74A, 74Bの表面近傍に圧縮方向の大きな残留応力が付与される。

[0056] 同図(B)に示すダイヤフラム構造体90は、振動板91と圧電体素子94と接合部95とを備える。圧電体素子94は請求項1の圧電部に相当し、振動板91は請求項1の第一の接合部に相当し、接合部95は請求項1の第二の接合部に相当する。圧電体素子94と接合部95とは同一形状である。ここでは、接合部95はインバーなどの素材である。ここで、振動板91を線膨張係数の高い材料で構成し、圧電体素子94と接合部95とを線膨張係数の低い材料で構成する。

[0057] ここで、振動板91と圧電体素子94と接合部95とは、熱硬化性接着剤で接着し加熱

硬化により熱接合する。

- [0058] このような構成であっても、ダイヤフラム構造体90は、振動板91に引っ張り方向の残留応力が生じるとともに、圧電体素子94と接合部95とに圧縮方向の残留応力が生じる。振動板91の両面、即ち圧電体素子94と接合部95とでは、残留応力の方向がともに等しく圧縮であり、残留応力がバランスよく残留する。このため、ダイヤフラム構造体90の反りは抑制され、圧電体素子94の表面近傍と接合部95の表面近傍とに圧縮方向の大きな残留応力が付与される。
- [0059] 同図(C)に示すダイヤフラム構造体110は、振動板111と圧電体素子114と接合部115とを備える。圧電体素子114は請求項2の圧電部に相当し、振動板111は請求項2の第一の接合部に相当し、接合部115は請求項2の第二の接合部に相当する。圧電体素子114と接合部115とは同一形状である。ここでは、接合部115は振動板111と同一素材である。ここで、振動板111と接合部115とを線膨張係数の高い材料で構成し、圧電体素子114を線膨張係数の低い材料で構成する。
- [0060] ここで、振動板111と圧電体素子114と接合部115とは、熱硬化性接着剤で接着し加熱硬化により熱接合する。
- [0061] 振動板111の熱膨張係数および接合部115の熱膨張係数が、圧電体素子114の線膨張係数よりも大きいため、冷却後に振動板111および接合部115は、圧電体素子114よりも収縮しようとする。したがって、冷却後の圧電体素子114には、圧縮方向の残留応力が付与され、振動板111および接合部115には引っ張り方向の残留応力が付与される。なお、圧電体素子114は、圧電素子単板2枚を貼り合わせたバイモルフである。
- [0062] 図12(A)は、静定状態でのダイヤフラム構造体110の部分断面図である。
- [0063] この状態のダイヤフラム構造体110は、振動板111および接合部115に引っ張り方向の残留応力が生じるとともに、圧電体素子114に圧縮方向の残留応力が生じる。圧電体素子114の両面、即ち振動板111と接合部115とでは、残留応力の方向がともに等しく引っ張りであり、残留応力がバランスよく残留する。このため、ダイヤフラム構造体110の反りは抑制される。ダイヤフラム構造体110の反りが抑制されるため、圧電体素子114の内部には圧縮方向の大きな残留応力が付与される。なお、接合

部115と振動板111との線膨張係数が近ければ、ダイヤフラム構造体110の反りを効果的に抑制でき好適である。

[0064] 同図(B)は、交番電圧の印加により屈曲した状態でのダイヤフラム構造体110の部分断面図である。

[0065] ダイヤフラム構造体110の圧電体素子114に交番電圧を印加すると、ダイヤフラム構造体110が振動する。これにより、圧電体素子114には引っ張り応力または圧縮応力が作用する。このダイヤフラム構造体110では、交番電圧の印加前に反りがほとんど無いため、圧電体素子114には、厚み方向に勾配の小さな圧縮応力が残留している。したがって、屈曲により圧電体素子114に作用する引っ張り応力は、この圧縮方向の残留応力により相殺され、圧電体が破壊する危険性は低減される。

[0066] ここでは、電子機器の空冷用の圧電ポンプを説明したが、本発明は、燃料電池への酸素など気体の搬送用ポンプなどとして利用することもでき、また、液体を搬送する冷却水輸送用ポンプや燃料輸送用ポンプとしても利用することもできる。圧電ポンプの構成についても上述の構成に限らず、ポンプ室の壁面をダイヤフラム構造体の振動板で構成するものならば、どのような構成にも採用できる。

請求の範囲

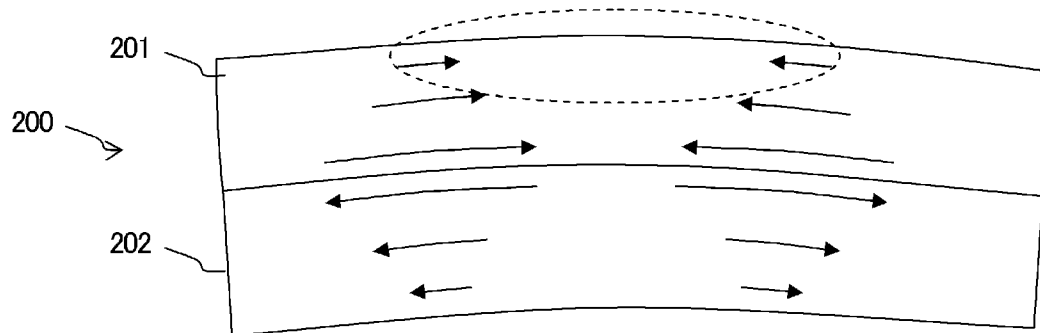
- [1] 平板状の圧電部と、
前記圧電部の主面に接合され、前記圧電部の接合面に圧縮方向の残留応力を付与する第一の接合部と、
前記圧電部に対向するように前記第一の接合部に接合され、前記第一の接合部から圧縮方向の残留応力が付与される第二の接合部と、を備える振動装置。
- [2] 平板状の圧電部と、
前記圧電部の主面に接合され、前記圧電部の接合面に圧縮方向の残留応力を付与する第一の接合部と、
前記第一の接合部に対向するように前記圧電部に接合され、前記圧電部の接合面に圧縮方向の残留応力を付与する第二の接合部と、を備える振動装置。
- [3] 請求項1または2に記載の振動装置と、
ポンプ室から開口穴を介して外部に連通する流体の通路が形成されたポンプ本体と、を備える圧電ポンプであって、
前記第一の接合部は、前記ポンプ室の壁面の一部を構成する振動板を備える、圧電ポンプ。
- [4] 請求項1または2に記載の振動装置と、
ポンプ室から開口穴を介して外部に連通する流体の通路が形成されたポンプ本体と、を備える圧電ポンプであって、
前記第二の接合部は、前記ポンプ室の壁面の一部を構成する振動板を備える、圧電ポンプ。
- [5] 平板状の圧電体素子と、
前記圧電体素子の主面に接合され、前記圧電体素子に圧縮方向の残留応力を付与する中間板と、
前記圧電体素子の主面に対向するように前記中間板に接合されて前記中間板から圧縮方向の残留応力が付与され、且つ、開口穴を有するポンプ室の壁面の一部を構成する振動板と、
前記ポンプ室から前記開口穴を介して外部に連通する流体の通路が形成されたポ

ンプ本体と、を備える圧電ポンプ。

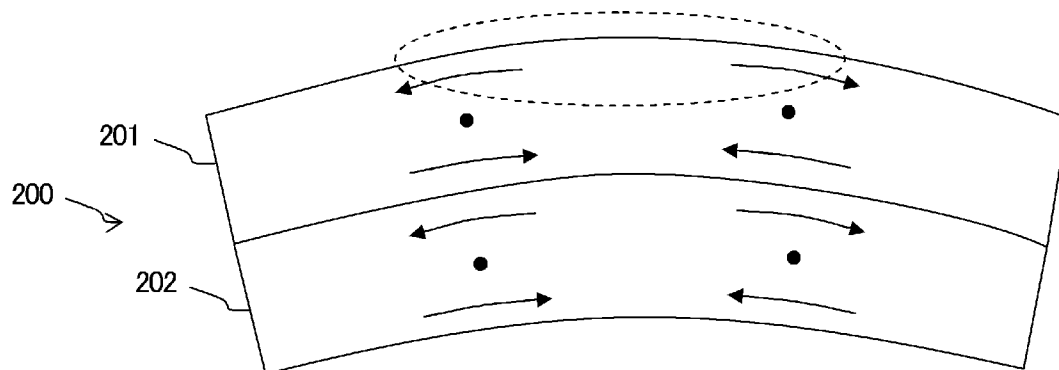
- [6] 前記中間板は、その線膨張係数が、前記振動板の線膨張係数および前記圧電体素子の線膨張係数よりも大きい、請求項5に記載の圧電ポンプ。
- [7] 前記ポンプ本体は、複数の構成部材を積層して構成され、前記複数の構成部材は線膨張係数が互いに等しい、請求項6に記載の圧電ポンプ。
- [8] 前記圧電体素子と中間板と振動板とからなる構造体は、合計の線膨張係数がポンプ本体の線膨張係数よりも小さい、請求項7に記載の圧電ポンプ。

[図1]

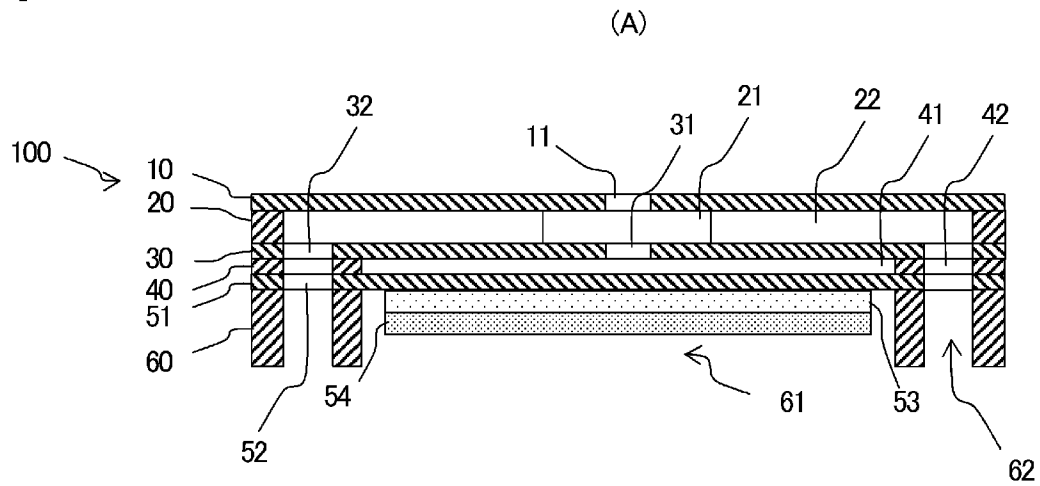
(A)



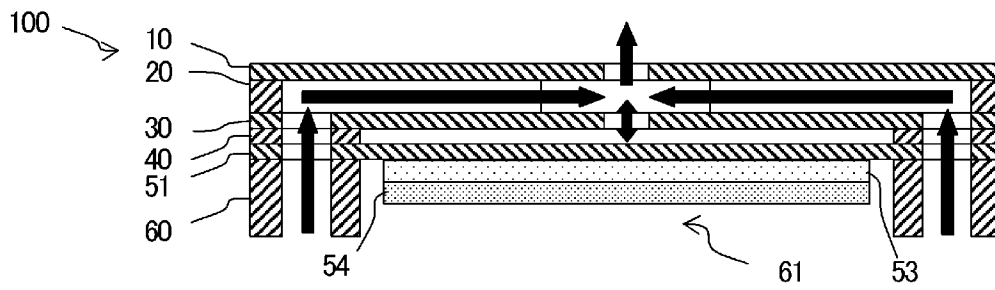
(B)



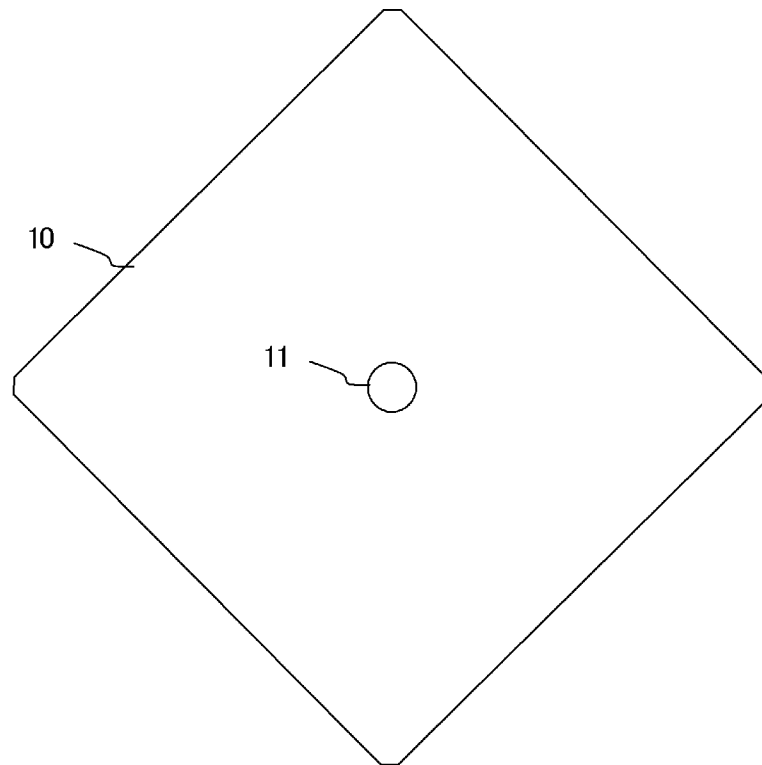
[図2]



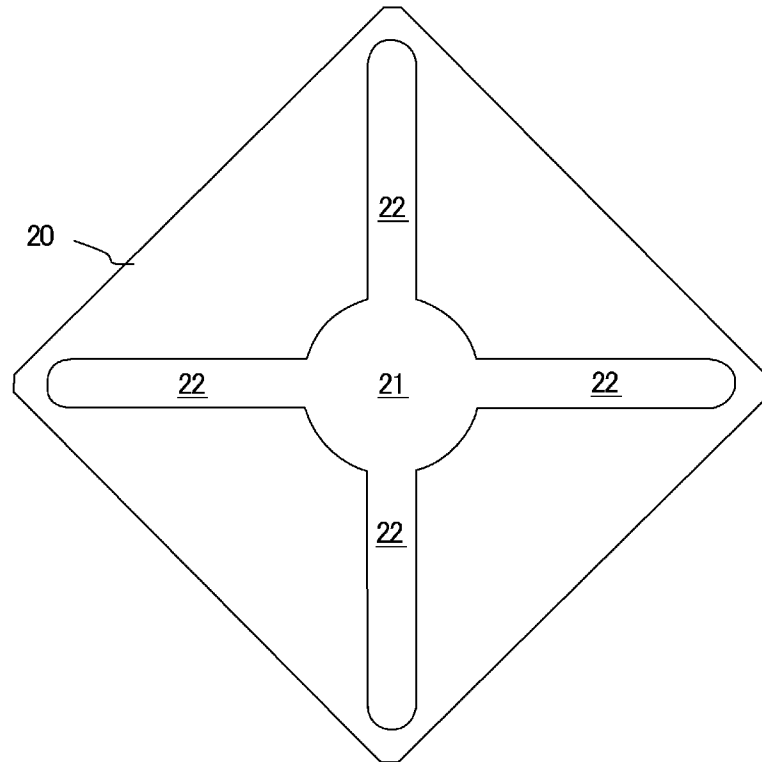
(B)



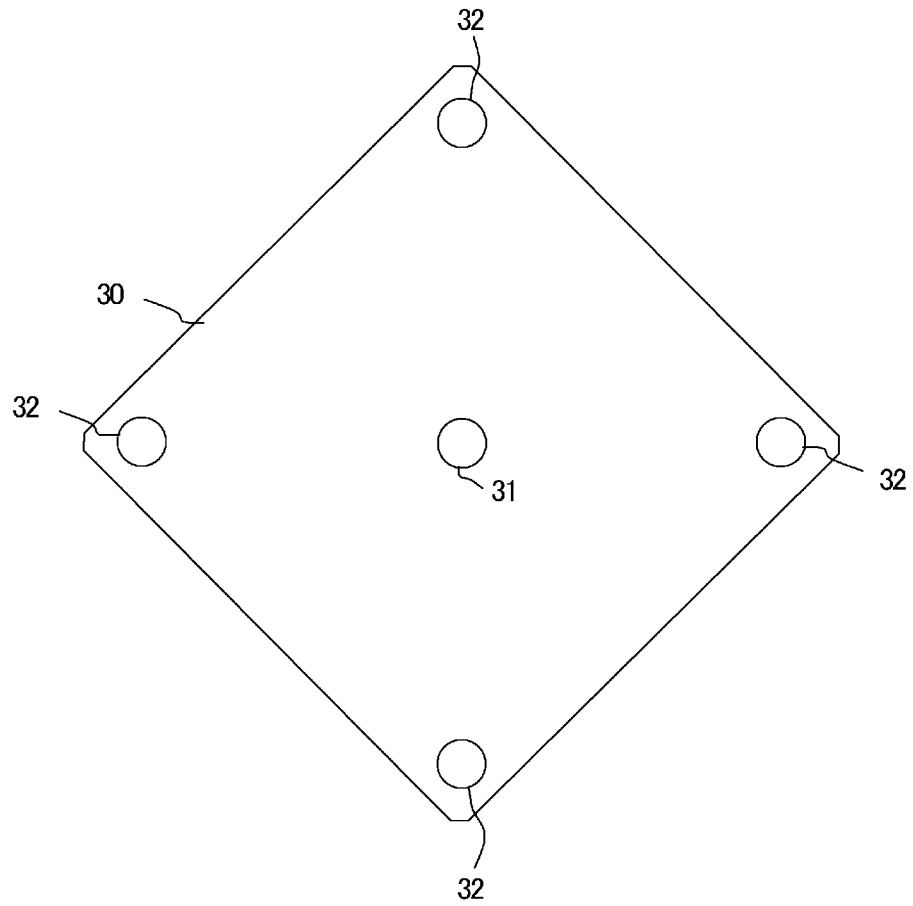
[図3]



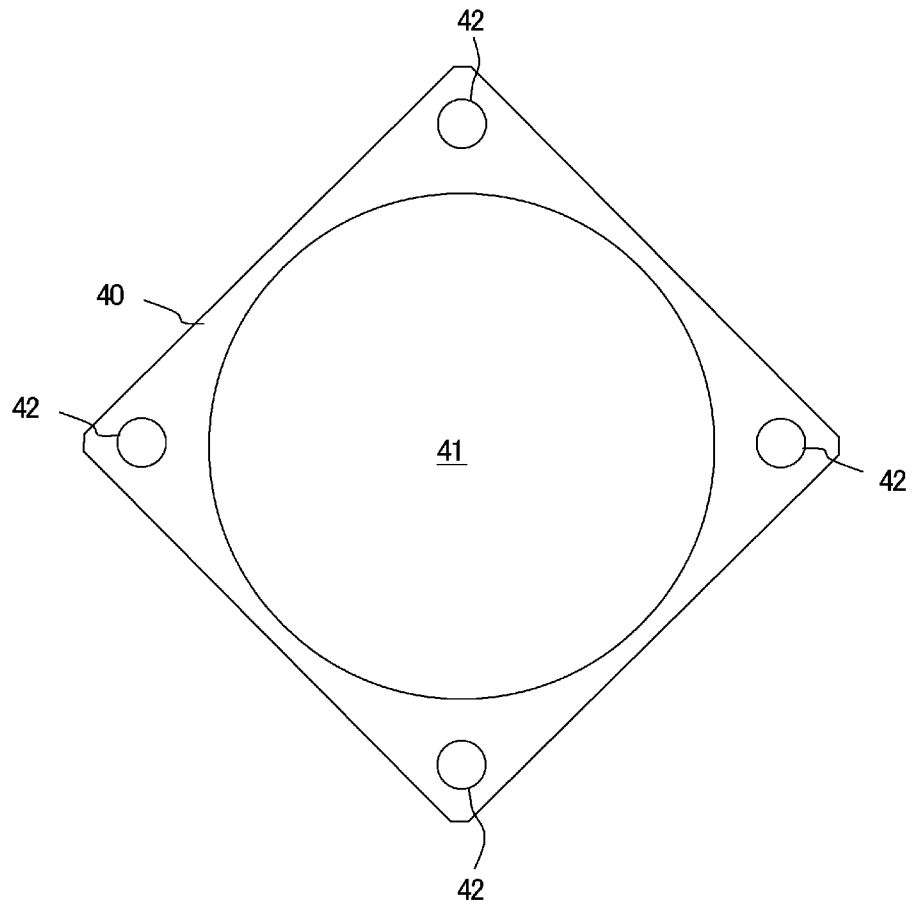
[図4]



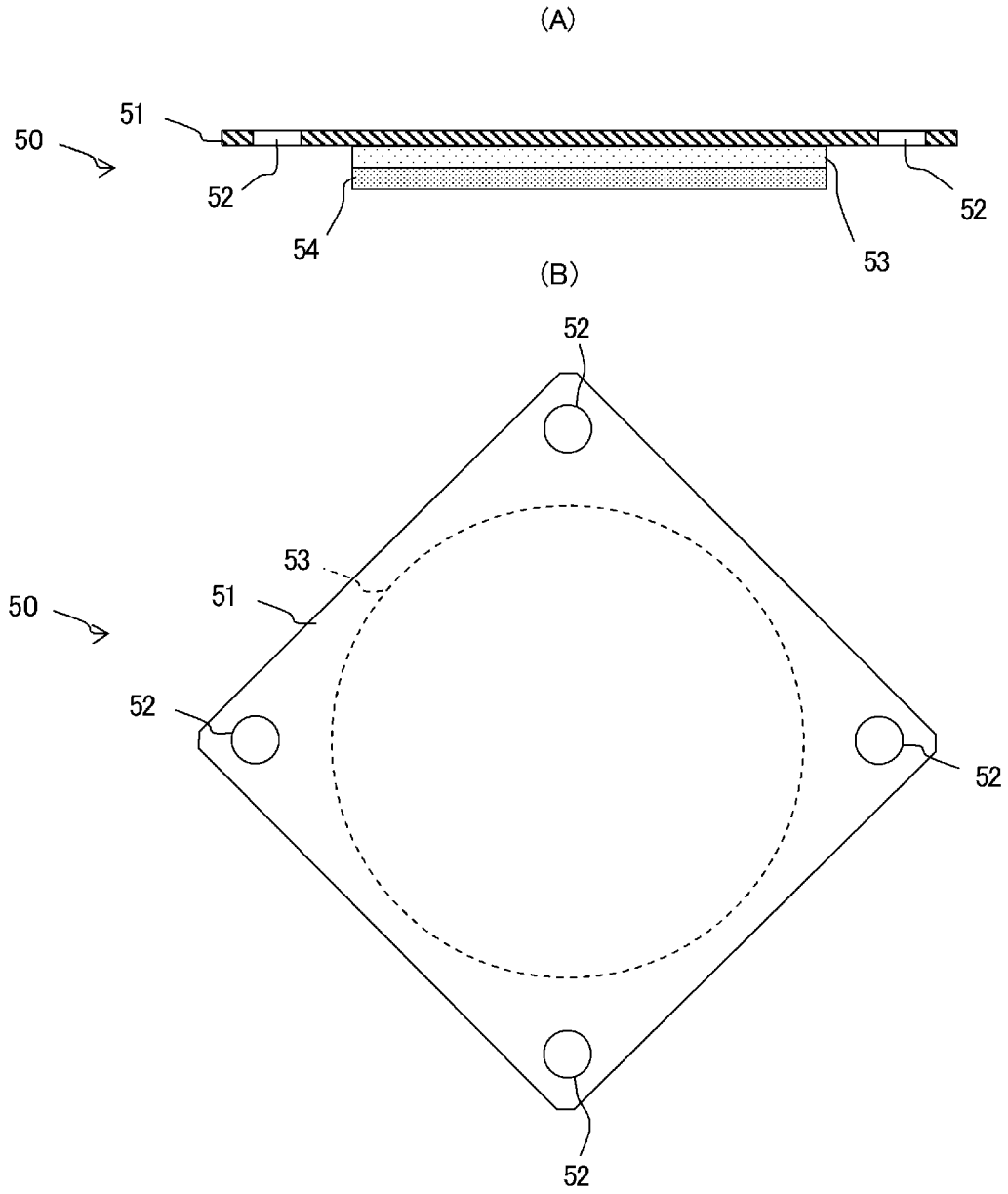
[図5]



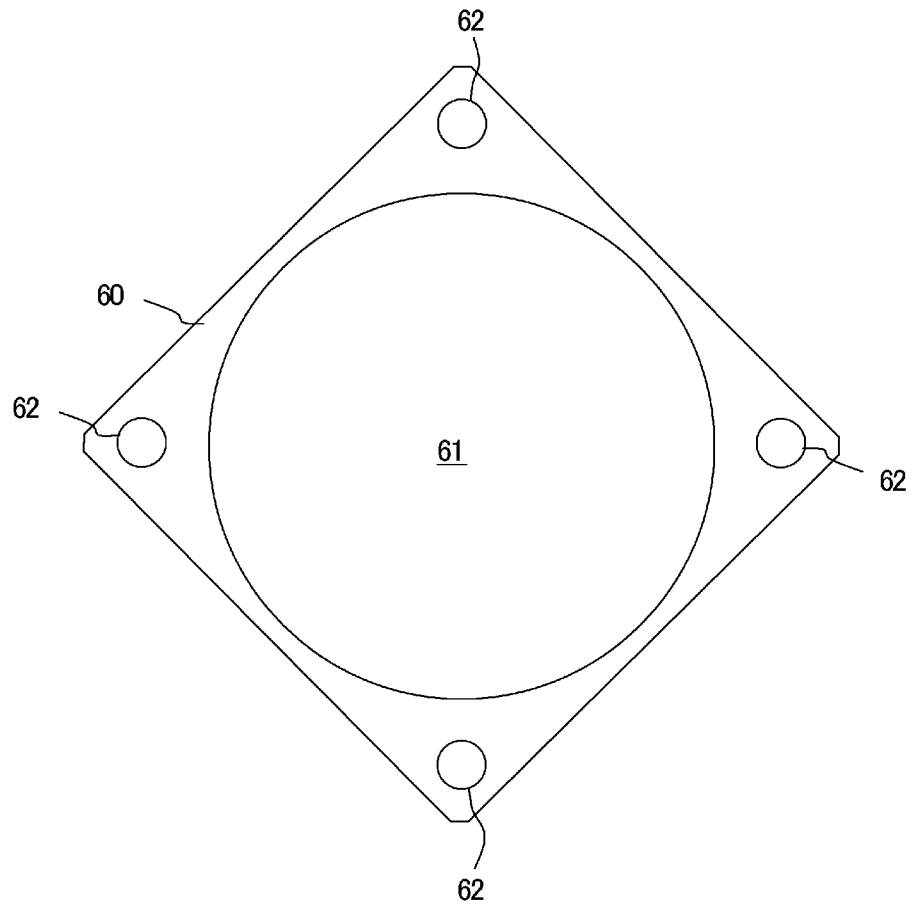
[図6]



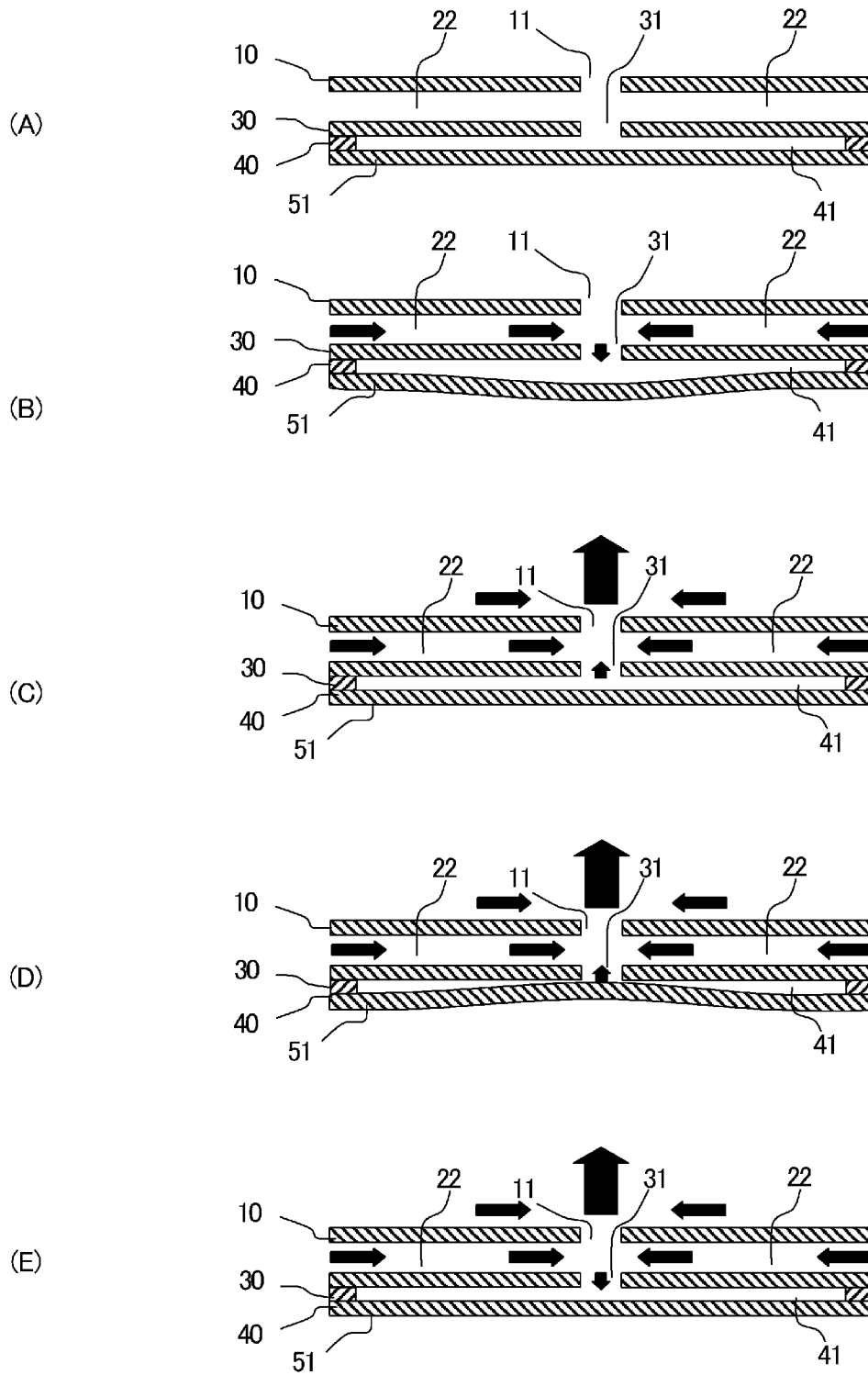
[図7]



[図8]

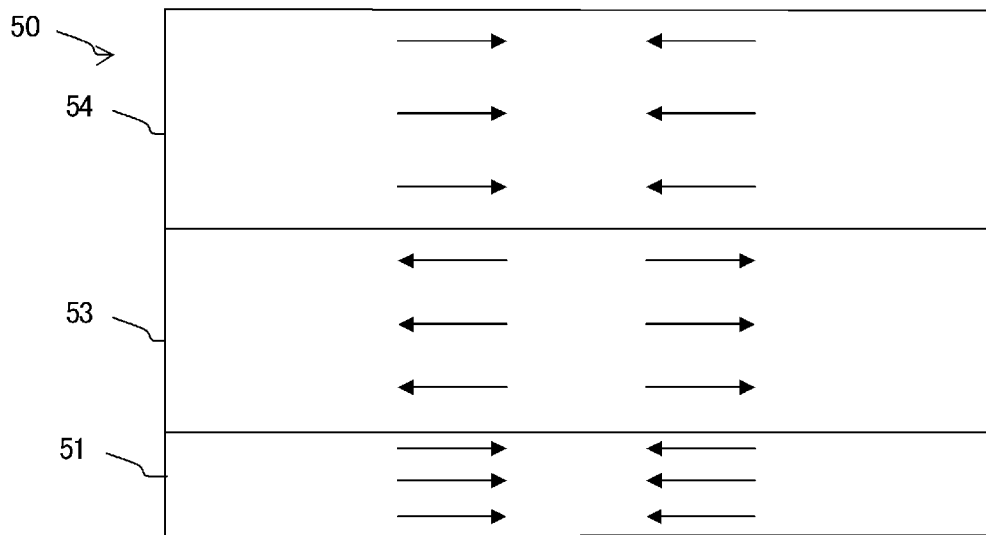


[図9]

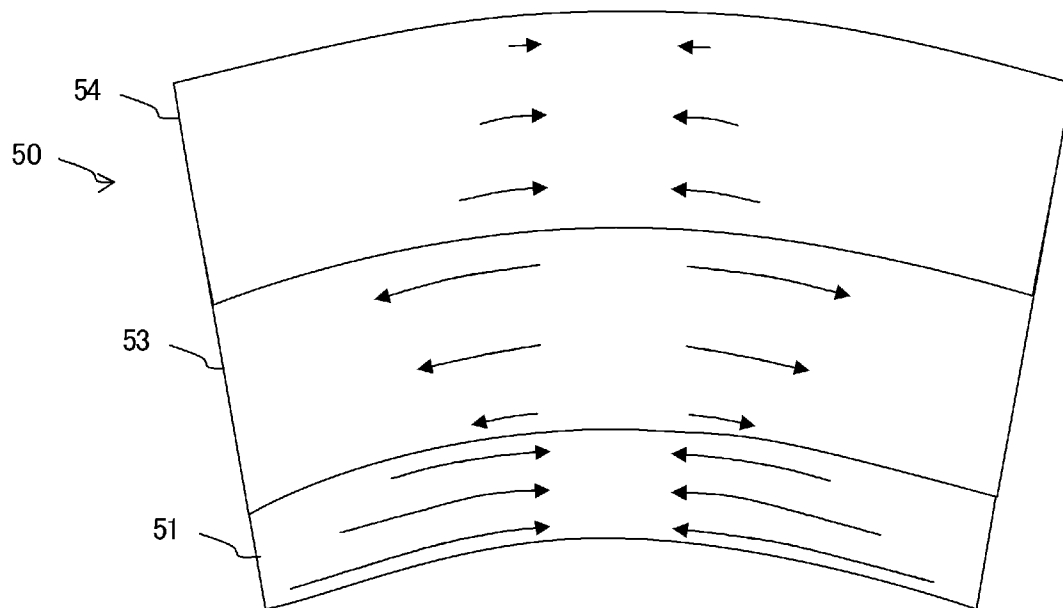


[図10]

(A)

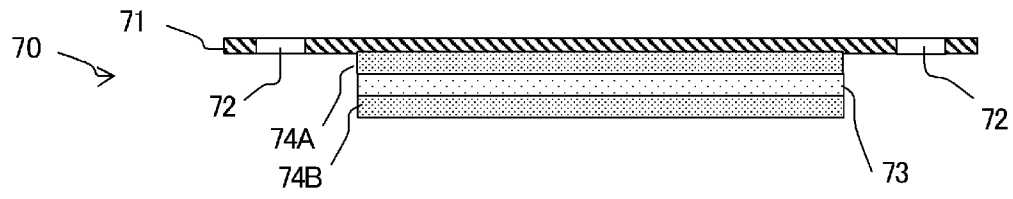


(B)

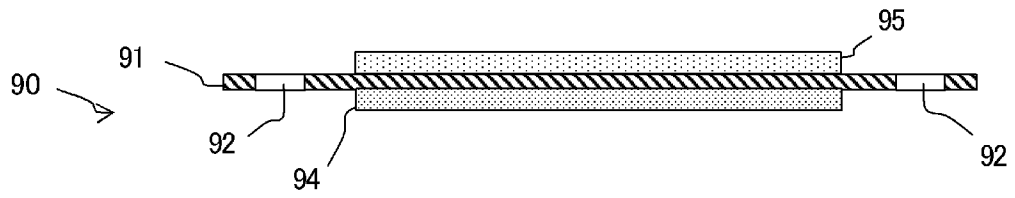


[図11]

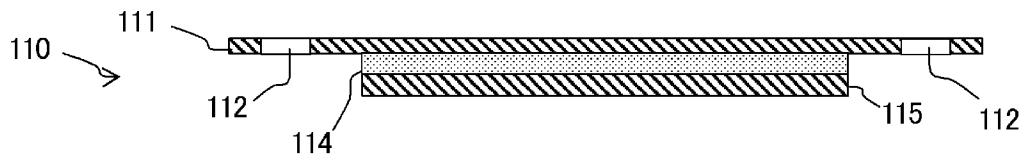
(A)



(B)

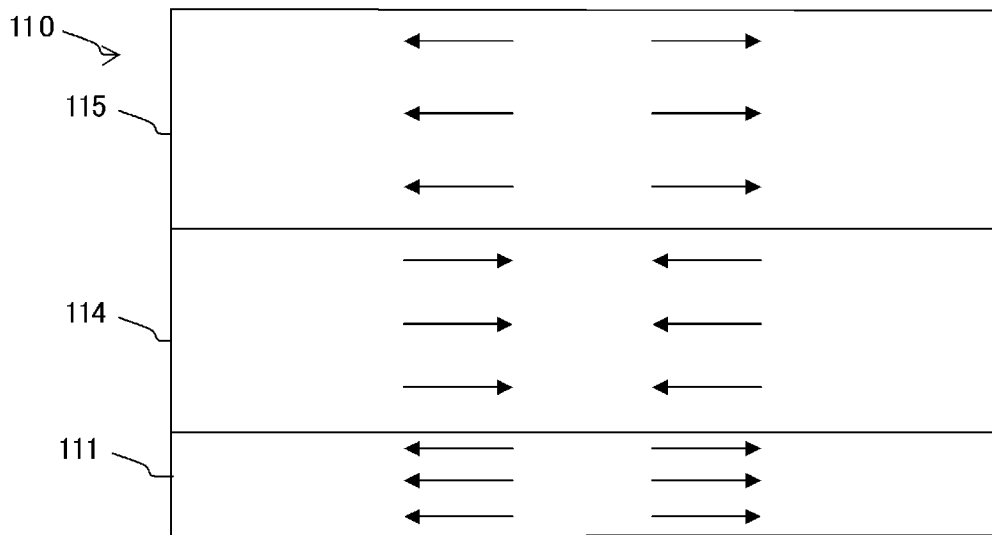


(C)

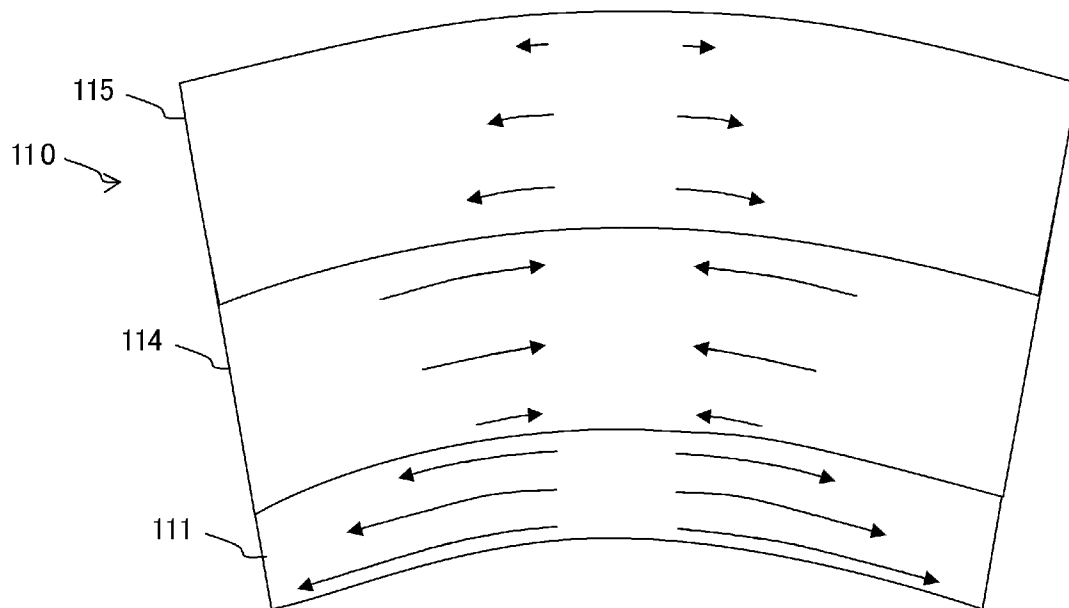


[図12]

(A)



(B)



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2008/068724

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER H01L41/09(2006.01)i, F04B43/02(2006.01)i, F04B43/04(2006.01)i, H01L41/22(2006.01)i, H01M8/04(2006.01)n		
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) H01L41/09, F04B43/02, F04B43/04, H01L41/22, H01M8/04		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2008 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2008 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2008		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2006-100622 A (Canon Inc.), 13 April, 2006 (13.04.06), Par. Nos. [0033] to [0040]; Fig. 1 (Family: none)	1, 3
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 18 December, 2008 (18.12.08)		Date of mailing of the international search report 06 January, 2009 (06.01.09)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer
Facsimile No.		Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2008/068724

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

In order that a group of inventions of claims may comply with the requirement of unity of invention, the existence of special technical features is needed for making the grouped inventions so relative as to form a single general inventive concept. The grouped inventions of claims 1 - 8 are considered to correlate only in the matter of a vibration device comprising a piezoelectric portion of a flat plate shape, a first joint portion jointed to the principal face of said piezoelectric portion for applying a residual stress in the compression direction to the jointed face of said piezoelectric portion, and a second joint portion, to which the residual stress in the compression direction is applied. (continued to extra sheet)

1. As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:
Claims 1, 3.

Remark on Protest
the

- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, payment of a protest fee.
- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2008/068724

Continuation of Box No.III of continuation of first sheet (2)

However, this matter cannot be the special technical feature, since it was disclosed in a prior art document: JP 2006-100622 A (Canon Inc.), 13 April, 2006 (13.04.06), [0033] to [0040], [Fig. 1].

Thus, a group of inventions of claims 1 - 8 does not have any special technical feature that is so linked as to form a single general inventive concept.

Hence, it is apparent that the inventions of claims 1 - 8 do not comply with the requirement of unity of invention.

In view of the specific mode of the invention described in the claims, moreover, three groups of inventions divided into claims 1 and 3 - 4, claim 2 and claims 5 - 8 are described in the claims of this international patent application.

Further investigations are made on claims 1 and 3 - 4. The group of inventions of claims 1 and 3 - 4 are considered to correlate only in the matter of a vibration device according to claim 1.

However, this matter cannot be the special technical feature, since it was disclosed in a prior art document: JP 2006-100622 A (Canon Inc.), 13 April, 2006 (13.04.06), [0033] to [0040], [Fig. 1].

Thus, the group of inventions of claims 1 and 3 - 4 does not have any special technical feature that is so linked as to form a single general inventive concept.

Hence, it is apparent that the inventions of claims 1 and 3 - 4 do not comply with the requirement of unity of invention.

In view of the specific mode of the invention described in the claims, moreover, two groups of inventions divided into claims 1 and 3 and claim 4 are described in the claims of this international patent application.

Hence, this international patent application contains the four inventions which do not comply with the requirement of unity of invention.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. H01L41/09(2006.01)i, F04B43/02(2006.01)i, F04B43/04(2006.01)i, H01L41/22(2006.01)i, H01M8/04(2006.01)n		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. H01L41/09, F04B43/02, F04B43/04, H01L41/22, H01M8/04		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2008年 日本国実用新案登録公報 1996-2008年 日本国登録実用新案公報 1994-2008年		
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP 2006-100622 A (キヤノン株式会社) 2006.04.13, [0033]-[0040], [図1] (ファミリーなし)	1, 3
☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 18.12.2008	国際調査報告の発送日 06.01.2009	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ISA/J P） 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官（権限のある職員） 河合 俊英 電話番号 03-3581-1101 内線 3462	4M 3238

第II欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第1ページの2の続き）

法第8条第3項（PCT17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. 請求の範囲 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。つまり、

2. 請求の範囲 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、

3. 請求の範囲 _____ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第III欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。

請求の範囲に記載されている一群の発明が単一性の要件を満たすには、その一群の発明を単一の一般的発明概念を形成するように関連させるための、特別な技術的特徴の存在が必要であり、請求の範囲1-8に記載されている一群の発明は、平板状の圧電部と、前記圧電部の主面に接合され、前記圧電部の接合面に圧縮方向の残留応力を付与する第一の接合部と、圧縮方向の残留応力が付与される第二の接合部と、を備える振動装置であるという事項でのみ関連していると認める。
(特別ページに続く)

1. 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

請求の範囲 1, 3

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。

しかしながら、この事項は先行技術文献 JP 2006-100622 A (キヤノン株式会社) 2006. 04. 13, [0033]-[0040], [図 1] に記載されているため、特別な技術的特徴とはなり得ない。

そうすると、請求の範囲 1-8 に記載されている一群の発明の間には、単一の一般的発明概念を形成するように連関させるための、特別な技術的特徴は存しないこととなる。

そのため、請求の範囲 1-8 に記載されている一群の発明が発明の単一性の要件を満たしていないことは明らかである。

そして、請求の範囲に記載されている発明の特定の態様からすると、この国際出願の請求の範囲には、請求の範囲 1, 3-4 と、請求の範囲 2 と、請求の範囲 5-8 とに区分される 3 群の発明が記載されている。

さらに、請求の範囲 1, 3-4 について検討する。請求の範囲 1, 3-4 に記載されている一群の発明は、請求の範囲 1 に係る振動装置であるという事項でのみ連関していると認める。

しかしながら、この事項は先行技術文献 JP 2006-100622 A (キヤノン株式会社) 2006. 04. 13, [0033]-[0040], [図 1] に記載されているため、特別な技術的特徴とはなり得ない。

そうすると、請求の範囲 1, 3-4 に記載されている一群の発明の間には、単一の一般的発明概念を形成するように連関させるための、特別な技術的特徴は存しないこととなる。

そのため、請求の範囲 1, 3-4 に記載されている一群の発明が発明の単一性の要件を満たしていないことは明らかである。

そして、請求の範囲に記載されている発明の特定の態様からすると、この国際出願の請求の範囲には、請求の範囲 1, 3 と、請求の範囲 4 とに区分される 2 群の発明が記載されている。

よって、この国際出願は、発明の単一性の要件を満たさない 4 個の発明を含むものである。