

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2020年12月17日(17.12.2020)



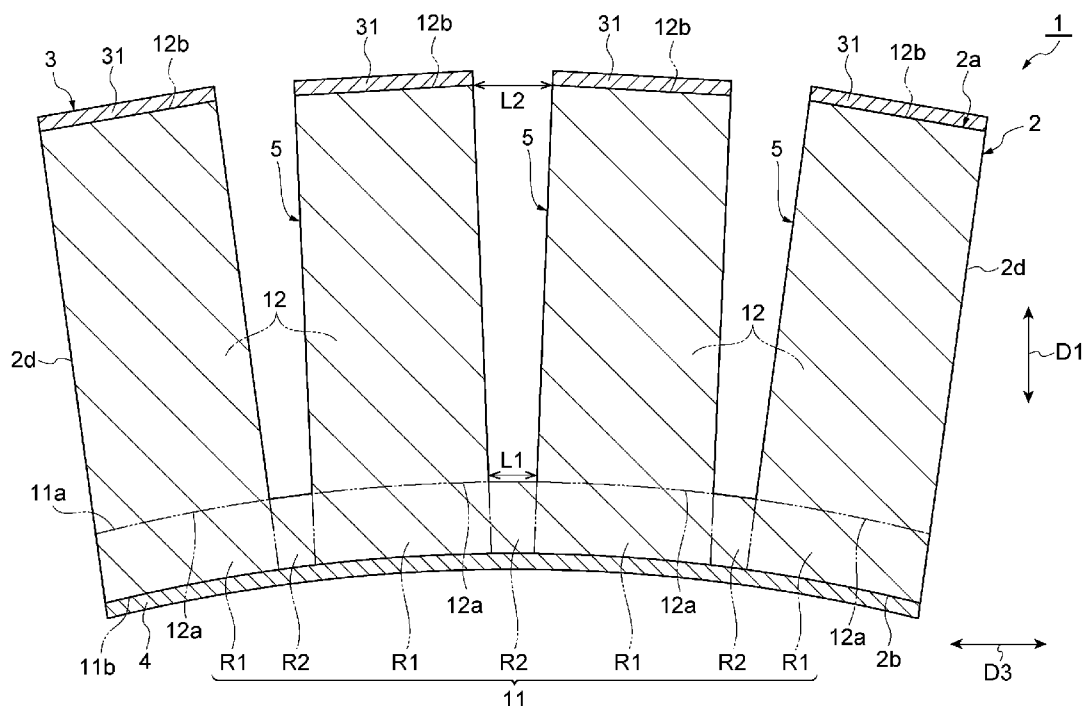
(10) 国際公開番号

WO 2020/250657 A1

- (51) 国際特許分類:
H04R 17/00 (2006.01) H01L 41/113 (2006.01)
H01L 41/047 (2006.01) H01L 41/257 (2013.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2020/020588
- (22) 国際出願日: 2020年5月25日(25.05.2020)
- (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 2019-110979 2019年6月14日(14.06.2019) JP
- (71) 出願人: T D K株式会社(TDK CORPORATION)
[JP/JP]; 〒1036128 東京都中央区日本橋二丁目5番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 太田 佳生(OHTA Yoshiki); 〒1036128 東京都中央区日本橋二丁目5番1号 T D K株式会社内 Tokyo (JP). 菅原 潤(SUGAWARA Jun); 〒1036128 東京都中央区日本橋二丁目5番1号 T D K株式会社内 Tokyo (JP). 安藤 兼一郎(ANDO Kenichiro); 〒1036128 東京都中央区日本橋二丁目5番1号 T D K株式会社内 Tokyo (JP). 佐藤 菜々(SATO Nana); 〒1036128 東京都中央区日本橋二丁目5番1号 T D K株式会社内 Tokyo (JP). 武田 明丈(TAKEDA Akihiro); 〒1036128 東京都中央区日本橋二丁目5番1号 T D K株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 長谷川 芳樹, 外(HASEGAWA Yoshiki et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内二丁目1番1号丸の内 M Y P L A Z A

(54) Title: PIEZOELECTRIC ELEMENT

(54) 発明の名称: 圧電素子



(57) Abstract: The piezoelectric element is provided with: a piezoelectric body made of a piezoelectric material; and a first electrode and a second electrode disposed on the piezoelectric body. The piezoelectric body has a base section and multiple drive sections. The base section has a first main surface and a second main surface opposite each other. The multiple drive sections are arranged apart from each other and disposed on the first main surface. Each of the multiple drive sections has a third main surface in contact with the first main surface and a fourth main surface opposite the third

(明治安田生命ビル) 9階 創英国際特
許法律事務所 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, 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,
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))

main surface. The base section has multiple first regions where the multiple drive sections are disposed and second regions disposed between adjoining first regions. The base section is curved.

(57) 要約: 圧電素子は、圧電材料からなる圧電体と、圧電体上に設けられた第一電極及び第二電極と、を備える。圧電体は、基部と、複数の駆動部と、を有する。基部は、互いに対向する第一主面及び第二主面を有する。複数の駆動部は、第一主面上に互いに離間して配列される。複数の駆動部は、第一主面と接する第三主面と、第三主面と対向する第四主面と、をそれぞれ有する。基部は、複数の駆動部が配置された複数の第一領域と、互いに隣り合う第一領域間に配置された第二領域と、を有する。基部は、湾曲している。

明 細 書

発明の名称：圧電素子

技術分野

[0001] 本開示は、圧電素子に関する。

背景技術

[0002] 特許文献1には、圧電材料からなる圧電体を備える圧電素子が記載されている。この圧電素子では、圧電体が、基部と、基部上に互いに離間して設けられた複数の駆動部とを有している。各駆動部に選択的に電圧を印加して超音波を励起させることにより、超音波の所望のビームパターンを得ることができる。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：実開昭59-955号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 例えば、センサとして利用するために、超音波信号の強度向上が図られた圧電素子が望まれている。

[0005] 本開示の一側面は、超音波信号の強度向上が図られた圧電素子を提供する。

課題を解決するための手段

[0006] 本開示の一側面に係る圧電素子は、圧電材料からなる圧電体と、圧電体上に設けられた第一電極及び第二電極と、を備える。圧電体は、基部と、複数の駆動部と、を有する。基部は、互いに対向する第一主面及び第二主面を有する。複数の駆動部は、第一主面上に互いに離間して配列される。複数の駆動部は、第一主面と接する第三主面と、第三主面に対向する第四主面と、をそれぞれ有する。基部は、複数の駆動部が配置された複数の第一領域と、互いに隣り合う第一領域間に配置された第二領域と、を有する。基部は、湾曲

している。

[0007] この圧電素子では、圧電体の基部の第一領域には、駆動部が配置されている。したがって、圧電素子の駆動時に、第一電極及び第二電極により駆動部に印加される電界は、第一領域にも一様に印加される。よって、駆動時の第一領域の変位量は、第一領域の全体にわたって一様となる。これに対し、第二領域の第一主面側には電界が印加され難い。よって、駆動時の第二領域の変位量は、第一主面側と第二主面側とで異なる。この結果、第二領域が湾曲振動し、それに伴い、基部が湾曲振動する。基部は予め湾曲しているので、予め湾曲していない基部が湾曲振動する場合に比べて、圧電素子の変位量が大きくなる。よって、圧電素子では、超音波信号の強度向上を図ることができる。

[0008] 第二領域の第一主面側の端部における分極度合いは、第二領域の第二主面側の端部における分極度合いと異なってもよい。この場合、圧電体では、分極度合いが大きいほど、駆動時の変位量が大きいため、駆動時の第二領域の変位量は、第一主面側と第二主面側とで更に大きく異なる。この結果、第二領域が更に大きく湾曲振動するので、圧電素子では、超音波信号の更なる強度向上を図ることができる。

[0009] 互いに隣り合う駆動部の第三主面側の端部同士の間隔は、互いに隣り合う駆動部の第四主面側の端部同士の間隔と異なってもよい。この場合、湾曲している基部に対して垂直に駆動部を配置することができる。また、伸び変形及び湾曲変形の共振周波数のバランスを変更できる。

[0010] 基部は、第一主面が凸状となるように湾曲していてもよい。この場合、複数の駆動部を放射状に配置し易い。よって、駆動部同士が互いに接触し、損傷することが抑制できる。

[0011] 第二領域の第一主面側の端部における分極度合いは、第二領域の第二主面側の端部における分極度合いよりも小さくてもよい。この場合、圧電体の分極処理で生じる変形の大きさは、第二領域の第一主面側の端部で、第二領域の第二主面側の端部よりも小さくなる。したがって、第一主面が凸状となる

ように基部を容易に湾曲させることができる。

[0012] 互いに隣り合う駆動部の第三主面側の端部同士の間隔は、互いに隣り合う駆動部の第四主面側の端部同士の間隔よりも小さくてもよい。この場合、駆動部同士が接触し、損傷することが抑制できる。

[0013] 第一電極は、第二主面上に設けられてもよい。第二電極は、複数の駆動部の第四主面上に設けられた複数の電極部分と、を有していてもよい。この場合、駆動時の第二領域の変位量を、第一主面側と第二主面側とで容易に異ならせることができる。

発明の効果

[0014] 本発明の一側面によれば、超音波信号の強度向上が図られた圧電素子を提供する。

図面の簡単な説明

[0015] [図1]図1は、一実施形態に係る圧電素子を示す斜視図である。

[図2]図2は、図1のII-II線に沿っての断面図である。

[図3]図3は、圧電体の分極度合いを示す図である。

[図4]図4(a)、図4(b)、及び図4(c)は、圧電体の分極度合いによる分極変形の違いを示すための模式図である。

[図5]図5は、図1の圧電素子の変位量と比較例に係る圧電素子の変位量とを比較して示す模式図である。

発明を実施するための形態

[0016] 以下、添付図面を参照して、実施形態について詳細に説明する。なお、図面の説明において同一又は相当要素には同一符号を付し、重複する説明は省略する。

[0017] 図1は、一実施形態に係る圧電素子を示す斜視図である。図2は、図1のI-I線に沿っての断面図である。図1及び図2に示される圧電素子1は、例えば、SUS（ステンレス鋼）等の金属板からなる振動板（不図示）に貼り合わされてセンサとして使用される。圧電素子1は、例えば、超音波を送受信して車間距離を検知する車載用センサ、又は複写機のトナーの量を検知す

る粉体レベルセンサ等に使用される。圧電素子 1 は、圧電体 2 と、電極 3 と、電極 4 と、を備えている。

[0018] 圧電体 2 は、例えば、直方体形状を呈している。直方体形状には、角部及び稜線部が面取りされている直方体の形状、及び、角部及び稜線部が丸められている直方体の形状が含まれる。圧電体 2 は、その外表面として、互いに対向する主面 2 a 及び主面 2 b と、互いに対向する一对の側面 2 c と、互いに対向する一对の側面 2 d と、を有している。

[0019] 主面 2 a 及び主面 2 b が互いに対向する方向 D 1 と、一对の側面 2 c が互いに対向する方向 D 2 と、一对の側面 2 d が互いに対向する方向 D 3 とは、互いに交差（例えば、直交）している。主面 2 a 及び主面 2 b は、後述のように湾曲している。このため、主面 2 a 及び主面 2 b の対向方向は、主面 2 a 及び主面 2 b の位置によって変わり得る。そこで、方向 D 1 は、例えば、主面 2 a の重心及び主面 2 b の重心が互いに対向する方向、又は、方向 D 2 及び方向 D 3 と直交する方向として規定されてもよい。圧電体 2 の方向 D 1 の長さは、例えば、3 mm であり、圧電体 2 の方向 D 2 の長さは、例えば、8 mm であり、圧電体 2 の方向 D 3 の長さは、例えば 8 mm である。

[0020] 圧電体 2 は、基部 1 1 と、複数（ここでは 4 つ）の駆動部 1 2 と、を有している。基部 1 1 は、互いに対向する主面 1 1 a 及び主面 1 1 b を有している。主面 1 1 a 及び主面 1 1 b が互いに対向する方向は、方向 D 1 と一致している。基部 1 1 は、湾曲している。基部 1 1 は、主面 1 1 a が凸状となり、主面 1 1 b が凹状となるように湾曲している。基部 1 1 は、例えば、後述の分極処理によって湾曲している。主面 1 1 a は、主面 2 b を構成している。

[0021] 複数の駆動部 1 2 は、主面 1 1 a 上に互いに離間して配列されている。複数の駆動部 1 2 は、方向 D 3 に沿って配列されている。駆動部 1 2 は、主面 1 1 a から突出している。駆動部 1 2 は、主面 1 1 a と接している主面 1 2 a と、主面 1 2 a と対向する主面 1 2 b と、を有している。主面 1 2 a 及び主面 1 2 b が互いに対向する方向（すなわち、駆動部 1 2 が主面 1 1 a から

突出している方向)は、方向D1と概ね一致し、主面11aと直交している。方向D2から見て、駆動部12は、放射状に主面11aに設けられている。複数の駆動部12の主面12bは、主面2aを構成している。

[0022] 複数の駆動部12は、圧電素子1に設けられた複数(ここでは3つ)のスリット5を介して互いに離間している。複数のスリット5は、方向D3において等間隔で並んでいる。スリット5は、主面2aを分割している。スリット5は、方向D2に延び、一方の側面2cから他方の側面2cに至っている。スリット5の底面は、主面11aの一部を構成している。

[0023] スリット5は、例えば、圧電素子1がセンサに使用される場合に、センシングのための共振周波数及びインピーダンス波形等を調整するために設けられている。具体的には、スリット5は、駆動部12の拡がり振動の共振を抑制するために設けられている。駆動部12の拡がり振動とは、駆動部12の方向D3の振動で、基部11が湾曲振動することで、駆動部12同士が互いに離れ合ったり、近づきあったりする振動である。スリット5によれば、駆動部12の縦方向(方向D1)の振動の共振周波数に、駆動部12の拡がり振動の共振周波数が混ざり難い。よって、駆動部12の縦方向(方向D1)の振動の共振周波数、及び、基部11の拡がり振動の共振周波数の2種類をセンシングに利用し易くなる。スリット5には、例えば、シリコーン、ウレタン、エポキシなどの充填剤が充填されていないので、駆動部12の拡がり振動の共振を十分に減衰することができる。これにより、超音波信号の発信が阻害され難い。

[0024] 複数の駆動部12の主面11aからの突出高さは、互いに同等であり、例えば2.6mmである。複数のスリット5の深さは、互いに同等であり、複数の駆動部12の主面11aからの突出高さとは一致している。複数のスリット5の底面と主面2bとの間隔は、互いに同等であり、例えば0.4mmである。スリット5の方向D2の長さは、圧電体2の方向D2の長さとは一致しており、例えば8mmである。

[0025] 互いに隣り合う駆動部12の主面12a側の端部同士の間隔L1は、互い

に隣り合う駆動部 1 2 の主面 1 2 b 側の端部同士の間隔 L_2 と異なっている。間隔 L_1 は、間隔 L_2 よりも小さい。間隔 L_1 は、例えば、 $150\ \mu\text{m}$ である。間隔 L_2 は、例えば、 $300\ \mu\text{m}$ である。間隔 L_1 と間隔 L_2 との差は、例えば、 $150\ \mu\text{m}$ である。互いに隣り合う駆動部 1 2 同士の間隔は、駆動部 1 2 の主面 1 2 a 側の端部から駆動部 1 2 の主面 1 2 b の端部に向かうにつれて変化している。互いに隣り合う駆動部 1 2 同士の間隔は、駆動部 1 2 の主面 1 2 a 側の端部から駆動部 1 2 の主面 1 2 b の端部に向かうにつれて徐々に長くなっている。

[0026] 基部 1 1 は、複数（ここでは 4 つ）の第一領域 R_1 と、1 又は複数（ここでは 3 つ）の第二領域 R_2 と、を有している。複数の第一領域 R_1 上には、複数の駆動部 1 2 が配置されている。第二領域 R_2 は、互いに隣り合う第一領域 R_1 間に配置されている。複数の第一領域 R_1 及び複数の第二領域 R_2 は、方向 D_3 において交互に配列されている。各第一領域 R_1 及び各第二領域 R_2 は、主面 1 1 a の一部と、主面 1 1 b の一部と、を有している。第二領域 R_2 の主面 1 1 a は、スリット 5 の底面である。

[0027] 圧電体 2 は、圧電材料からなる。本実施形態では、圧電体 2 は、圧電セラミック材料からなる。圧電セラミック材料としては、例えば、チタン酸ジルコン酸鉛（PZT）を主成分とし、Nb、Zn、Ni 又は Sr 等の元素が添加されたものが挙げられる。

[0028] 図 3 は、圧電体の分極度合いを示す図である。圧電体 2 は、方向 D_1 に分極されている。駆動部 1 2 は、駆動部 1 2 の全体にわたって一様（均一）に分極されている。すなわち、駆動部 1 2 の分極度合い（分極度）は、駆動部 1 2 の全体にわたって一様である。分極度合いは、圧電セラミックスの結晶粒における自発分極の方向が揃っているほど高くなる。図 3 では、分極度合いが高い部分ほど濃色で示され、分極度合いが低い部分ほど淡色で示されている。未分極の場合は、自発分極の方向がランダムであり、分極度合いが低いので、白色で示される。

[0029] 第一領域 R_1 は、第一領域 R_1 の全体にわたって一様に分極され、自発分

極の方向が揃っている。よって、第一領域 R 1 の分極度合いは、第一領域 R 1 の全体にわたって一様である。第一領域 R 1 の分極度合いは、駆動部 1 2 の分極度合いと同等である。これに対し、第二領域 R 2 の分極度合いは、第二領域 R 2 の位置によって異なっている。第二領域 R 2 の主面 1 1 a 側の端部における分極度合いは、第二領域 R 2 の主面 1 1 b 側の端部における分極度合いと異なっている。

[0030] 第二領域 R 2 の主面 1 1 a 側の端部における分極度合いは、第二領域 R 2 の主面 1 1 b 側の端部における分極度合いよりも小さい。第二領域 R 2 の主面 1 1 a 側の端部における分極度合いは、例えば、未分極の場合と同等である。第二領域 R 2 の主面 1 1 b 側の端部における分極度合いは、例えば、駆動部 1 2 及び第一領域 R 1 の分極度合いと同等である。第二領域 R 2 の分極度合いは、主面 1 1 b から主面 1 1 a に向かうにつれて徐々に小さくなっている。

[0031] 図 1 及び図 2 に示されるように、電極 3 及び電極 4 は、圧電体 2 上に設けられている。電極 3 は、主面 2 a に設けられている。電極 3 は、複数の駆動部 1 2 の主面 1 2 b 上に設けられた複数（ここでは 4 つ）の電極部分 3 1 を有している。電極部分 3 1 は、主面 1 2 b の全体を覆っている。電極 3 は、複数のスリット 5 により分割されている。複数の電極部分 3 1 は、スリット 5 を介して互いに離間している。電極 4 は、主面 2 b 上に設けられている。電極 4 は、主面 2 b の全体を覆っている。

[0032] 電極 3 及び電極 4 は、例えば、A g 等の導電性材料からなる。導電性材料として、P d、A g - P d 合金、A u、P t、又は N i 等が用いられてもよい。電極 3 及び電極 4 は、例えば、導電性材料を含む導電性ペーストを圧電体 2 の表面に付与し、焼き付けることにより形成される。電極 3 及び電極 4 は、スパッタリング法、又は無電解メッキ法等により形成されてもよい。電極 3 及び電極 4 の厚さ（方向 D 1 の長さ）は、例えば同等である。電極 3 及び電極 4 の厚さは、例えば 5 μ m である。

[0033] 圧電素子 1 の製造方法の一例について説明する。まず、圧電体 2 の構成材

料である圧電セラミック材料を顆粒状の粉末に加工する。続いて、圧電セラミック材料の粉末に、ポリビニール系バインダ及び水等を加え、圧電セラミックスのペーストを形成する。次に、圧電セラミックスのペーストを所定の大きさの金型に充填し、プレス成形する。これにより、セラミックグリーンが得られる。続いて、セラミックグリーンに脱バインダ処理を施す。脱バインダ処理は、例えば、セラミックグリーンをマグネシア等で構成されたセッターに載置した状態で、加熱処理することにより施される。続いて、セラミックグリーンを焼成する。これにより、圧電体が得られる。焼成は、例えば、セラミックグリーンをマグネシアで構成された密閉匣鉢に入れて行われる。焼成温度は、例えば1200℃である。焼成時間は、例えば2時間程度である。

[0034] 次に、圧電体を所定の厚さに研磨する。続いて、導電性ペーストを圧電体の両主面に付与する。導電性ペーストは、例えば、Ag等の導電性材料の粉末にバインダ、可塑剤及び有機溶剤等を加えることにより形成される。導電性ペーストは、例えばスクリーン印刷により圧電体に塗布される。続いて、圧電体の一方の主面側にスリット加工を施す。これにより、基部及び複数の駆動部に対応する部分が形成されると共に、圧電体の一方の主面に設けられた導電性ペーストが複数部分に分割される。その後、例えば、600℃程度で加熱処理を行い、導電性ペーストを焼き付ける。これにより、電極3及び電極4が形成された圧電素子が得られる。

[0035] 続いて、圧電素子に分極処理を施す。分極処理は、例えば、120℃の温度下で、電界強度2kV/mmの電圧を圧電素子の電極3及び電極4に30分間印加することにより行われる。分極処理は、例えば、シリコン油中で行われる。この場合、電極3及び電極4間の放電が起こらないため、分極処理が行い易い。シリコン油は、例えば、洗浄剤を用いた超音波洗浄等によって、圧電素子から除去することができる。

[0036] 分極処理の際、第一領域R1及び駆動部12に対応する部分には、その全体にわたって、方向D1の電界が一様に印加される。これにより、第一領域

R 1 及び駆動部 1 2 に対応する部分は、その全体にわたって、方向 D 1 に一様に分極され、分極度合いが一様な第一領域 R 1 及び駆動部 1 2 となる。これに対し、第二領域 R 2 に対応する部分には、位置によって電界の向きや強度が異なる電界が印加される。これにより、第二領域 R 2 に対応する部分は、一様には分極されず、分極度合いが位置により異なった第二領域 R 2 となる。特に、スリットの底面である主面 1 1 a 側には、ほとんど電界が印加されないため、分極度合いが小さく、未分極に近い状態となる。

[0037] 図 4 (a)、図 4 (b)、及び図 4 (c) は、圧電体の分極度合いによる分極変形の違いを示すための模式図である。図 4 (a)、図 4 (b)、及び図 4 (c) では、図 3 と同様に、分極度合いが高い部分ほど濃色で示され、分極度合いが低い部分ほど淡色で示されている。図 4 (a)、図 4 (b)、及び図 4 (c) では、この順に分極度合いが高くなっている。図 4 (a) は、未分極の場合である。圧電体 2 では、上述の分極処理により、分極方向（縦方向）に伸びると共に、分極方向に直交する方向（横方向）に縮むような変形（分極変形）が生じる。分極変形は、圧電体 2 に印加した電界を 0 に戻しても残る変形（残留歪）を指す。図 4 (a)、図 4 (b)、及び図 4 (c) に示されるように、圧電体 2 では、分極度合いが大きいほど、大きな分極変形が生じる。

[0038] 第二領域 R 2 の主面 1 1 a 側（スリット 5 の底面側）の端部における分極度合いは、第二領域 R 2 の主面 1 1 b 側の端部における分極度合いよりも小さい。したがって、第二領域 R 2 の主面 1 1 a 側の端部における分極変形は、第二領域 R 2 の主面 1 1 b 側の端部における分極変形よりも小さい。この結果、基部 1 1 は、特に第二領域 R 2 において、主面 1 1 a 側が凸状、主面 1 1 b 側が凹状となるように湾曲している。

[0039] 図 5 は、図 1 の圧電素子の変位量と比較例に係る圧電素子の変位量とを比較して示す模式図である。図 5 に示されるように、比較例に係る圧電素子 1 0 0 は、電界を印加していない状態（0 V 印加の状態）において基部が湾曲していない点で、圧電素子 1 と相違している。圧電素子 1 0 0 は、例えば、

分極処理後にスリット加工を施すことにより形成される。この場合、分極処理の際、第二領域となる部分にも、第一領域及び駆動部となる部分と同様に、電界が一様に印加される。よって、比較例の圧電体では、第二領域も含めた全体にわたって、分極度合いが一様になる。この結果、基部が湾曲していない。

[0040] 図5では、圧電素子1及び圧電素子100に対し、分極方向と逆の向きの電界を印加した状態（ -10V 印加の状態）と、電界を印加していない状態（ 0V 印加の状態）と、分極方向と同じ向きの電界を印加した状態（ $+10\text{V}$ 印加の状態）と、が比較して示されている。図5に示されるように、圧電素子1では、基部11（図1参照）が予め湾曲されているため、圧電素子1の変位量 d_1 は、基部が予め湾曲されていない圧電素子100の変位量 d_2 に比べて大きくなる。この結果、超音波信号の強度向上を図ることができる。

[0041] 以上説明したように、圧電素子1では、圧電体2の基部11の第一領域R1には、駆動部12が配置されている。したがって、圧電素子1の駆動時に、電極3及び電極4により駆動部12に印加される電界は、第一領域R1にも一様に印加される。よって、駆動時の第一領域R1の変位量は、第一領域R1の全体にわたって一様となる。これに対し、第二領域R2の主面11a側には電極が配置されていないため、電界が印加され難い。よって、駆動時の第二領域R2の変位量は、主面11a側と主面11b側とで異なる。この結果、第二領域R2が湾曲振動し、それに伴い、基部11が湾曲振動する。圧電素子1では、基部11は予め湾曲している。したがって、上述のように、予め湾曲していない基部が湾曲振動する圧電素子100に比べて、圧電素子1の変位量が大きくなる。よって、圧電素子1では、超音波信号の強度向上を図ることができる。

[0042] 第二領域R2の主面11a側の端部における分極度合いは、第二領域R2の主面11b側の端部における分極度合いと異なっている。圧電体2では、分極度合いが大きいほど、駆動時の変位量が大きいので、駆動時の第二領域

R 2 の変位量は、主面 1 1 a 側と主面 1 1 b 側とで更に大きく異なる。この結果、第二領域 R 2 が更に大きく湾曲振動するので、圧電素子 1 では、超音波信号の更なる強度向上を図ることができる。

[0043] 圧電体 2 の分極処理で生じた分極変形の大きさは、分極度合いが大きいほど大きくなる。したがって、第二領域 R 2 の主面 1 1 a 側の端部と第二領域 R 2 の主面 1 1 b 側の端部とでは、分極度合いが異なることにより、分極処理で生じた分極変形の大きさが異なる。よって、分極処理で第二領域 R 2 を湾曲させ、その結果、基部 1 1 を湾曲させた状態に容易にすることができる。

[0044] 間隔 L 1 は、間隔 L 2 と異なっている。このため、湾曲している基部 1 1 に対して垂直に駆動部 1 2 を配置することができる。また、伸び変形及び湾曲変形の共振周波数のバランスを変更できる。よって、使用する周波数や形態に応じた最適化が可能となる。

[0045] 基部 1 1 は、主面 1 1 a が凸状となるように湾曲している。このため、複数の駆動部 1 2 を放射状に配置し易い。よって、駆動部 1 2 同士が互いに接触し、損傷することが抑制できる。

[0046] 第二領域 R 2 の主面 1 1 a 側の端部における分極度合いは、第二領域 R 2 の主面 1 1 b 側の端部における分極度合いよりも小さい。このため、圧電体 2 の分極処理で生じた分極変形の大きさは、第二領域 R 2 の主面 1 1 a 側の端部で、第二領域 R 2 の主面 1 1 b 側の端部よりも小さくなる。したがって、主面 1 1 a が凸状となるように基部 1 1 を容易に湾曲させることができる。

[0047] 間隔 L 1 は、間隔 L 2 よりも小さい。このため、駆動部 1 2 同士が接触し、損傷することが抑制できる。

[0048] 電極 4 は、主面 1 1 b 上に設けられ、電極 3 は、複数の駆動部 1 2 の主面 1 2 b 上に設けられた複数の電極部分 3 1 と、を有している。このため、駆動時の第二領域 R 2 の変位量を、主面 1 1 a 側と主面 1 1 b 側とで容易に異ならせることができる。

[0049] 以上、本発明の実施形態について説明してきたが、本発明は必ずしも上述した実施形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で様々な変更が可能である。

[0050] 例えば、基部 1 1 は、主面 1 1 a が凹状となり、主面 1 1 b が凸状となるように湾曲していてもよい。基部 1 1 は、第二領域 R 2 の分極変形が主面 1 1 a 側と主面 1 1 b 側とで異なることにより、湾曲しているが、これ以外の方法により湾曲していてもよい。したがって、第二領域 R 2 の分極度合いは、第二領域 R 2 の全体にわたって一様であってもよい。

[0051] 複数の駆動部 1 2 の数及び複数の第一領域 R 1 は、それぞれ 2 つ以上であればよく、第二領域 R 2 の数及び圧電体 2 に設けられるスリット 5 の数は、1 つであってもよい。複数の駆動部 1 2 は、例えば互いに異なる形状を呈していてもよい。複数の第一領域 R 1 は、例えば互いに異なる形状を呈していてもよい。圧電素子 1 の製造方法では、スリット加工は分極工程前に行われればよく、導電性ペーストを焼き付けて電極 3, 4 を形成した後に行われてもよい。

符号の説明

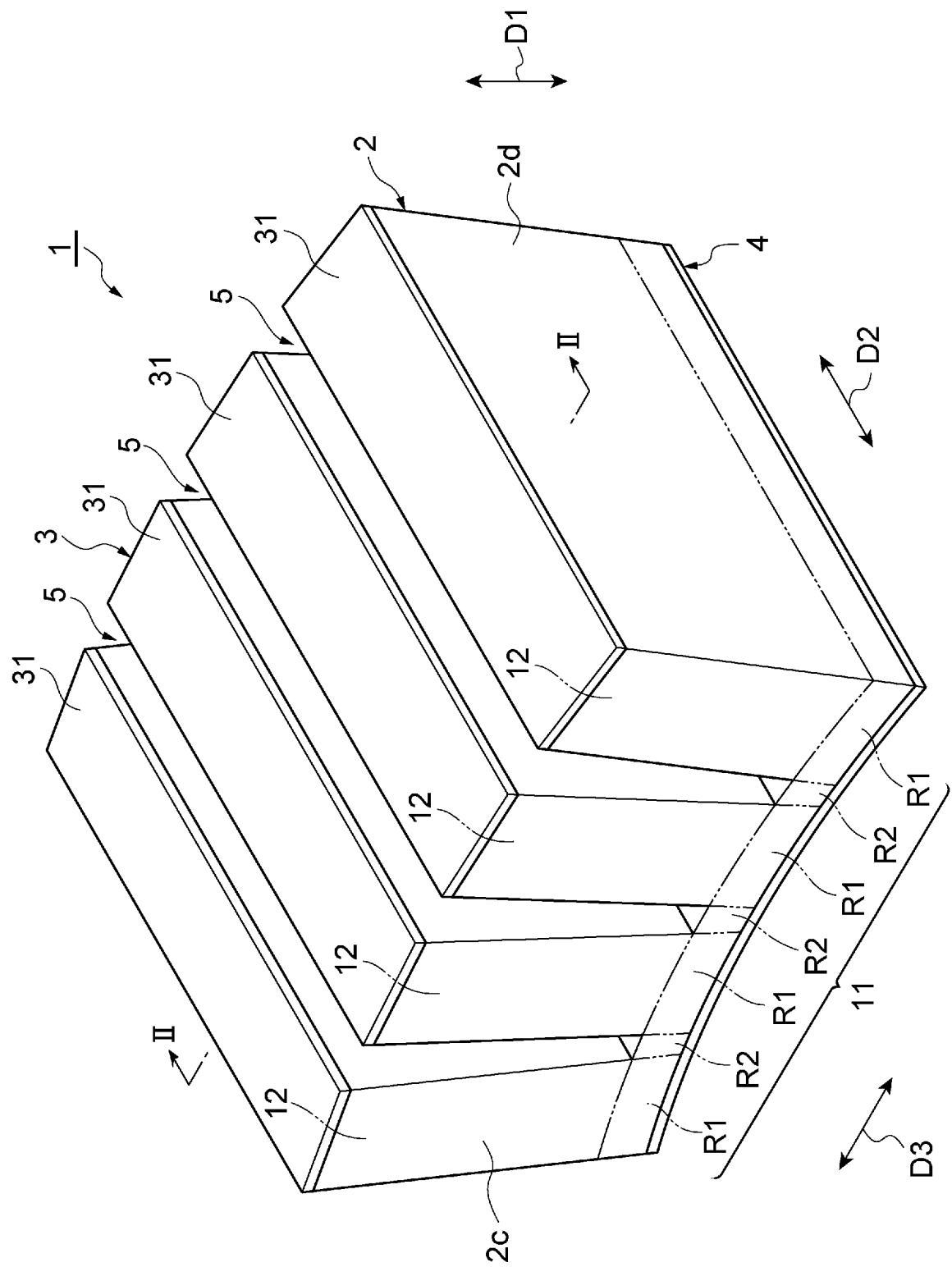
[0052] 1 …圧電素子、2 …圧電体、3 …電極（第二電極）、3 1 …電極部分、4 …電極（第一電極）、1 1 …基部、1 1 a …主面（第一主面）、1 1 b …主面（第二主面）、1 2 …駆動部、1 2 a …主面（第三主面）、1 2 b …主面（第四主面）、R 1 …第一領域、R 2 …第二領域。

請求の範囲

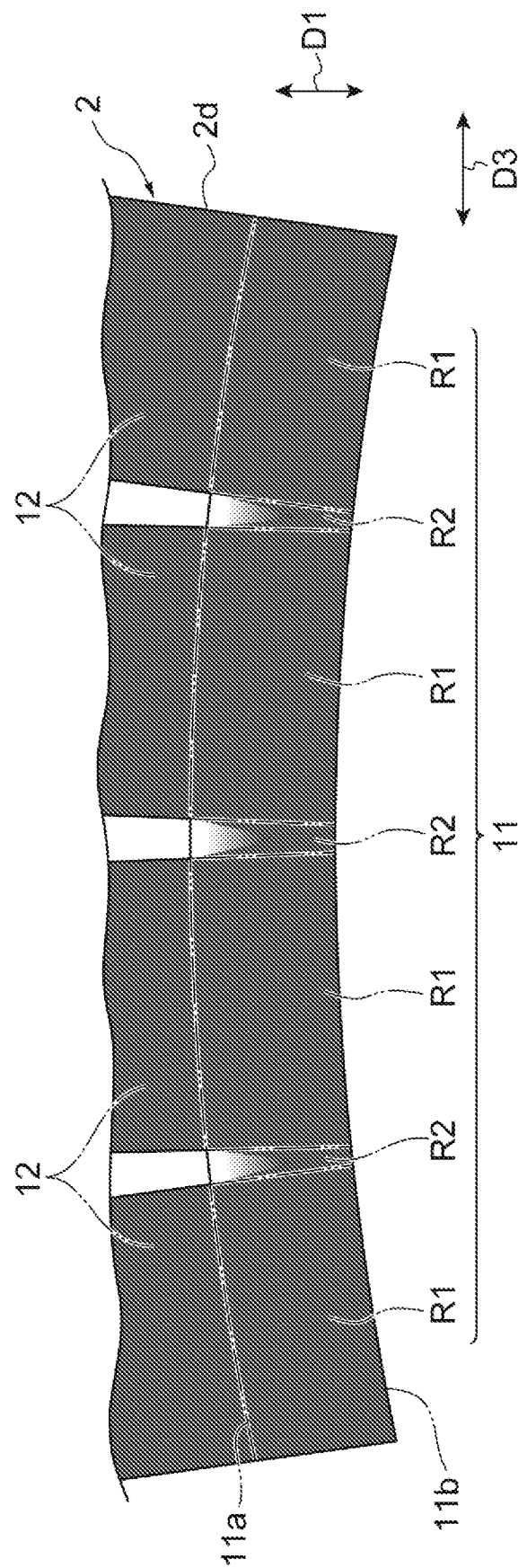
- [請求項1] 圧電材料からなる圧電体と、
前記圧電体上に設けられた第一電極及び第二電極と、を備え、
前記圧電体は、
互いに対向する第一主面及び第二主面を有する基部と、
前記第一主面上に互いに離間して配列されると共に、前記第一主面と接する第三主面と、前記第三主面に対向する第四主面と、をそれぞれ有する複数の駆動部と、を有し、
前記基部は、前記複数の駆動部が配置された複数の第一領域と、互いに隣り合う前記第一領域間に配置された第二領域と、を有し、
前記基部は、湾曲している、圧電素子。
- [請求項2] 前記第二領域の前記第一主面側の端部における分極度合いは、前記第二領域の前記第二主面側の端部における分極度合いと異なっている、請求項1に記載の圧電素子。
- [請求項3] 互いに隣り合う前記駆動部の前記第三主面側の端部同士の間隔は、互いに隣り合う前記駆動部の前記第四主面側の端部同士の間隔と異なっている、請求項1又は2に記載の圧電素子。
- [請求項4] 前記基部は、前記第一主面が凸状となるように湾曲している、請求項1～3のいずれか一項に記載の圧電素子。
- [請求項5] 前記第二領域の前記第一主面側の端部における分極度合いは、前記第二領域の前記第二主面側の端部における分極度合いよりも小さい、請求項4に記載の圧電素子。
- [請求項6] 互いに隣り合う前記駆動部の前記第三主面側の端部同士の間隔は、互いに隣り合う前記駆動部の前記第四主面側の端部同士の間隔よりも小さい、請求項4又は5に記載の圧電素子。
- [請求項7] 前記第一電極は、前記第二主面上に設けられ、
前記第二電極は、前記複数の駆動部の前記第四主面上に設けられた複数の電極部分と、を有している、請求項1～6のいずれか一項に記載

載の圧電素子。

[図1]



[図3]

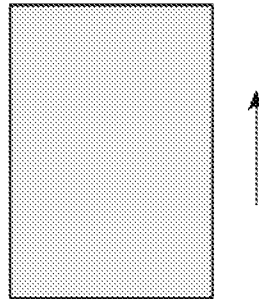


[図4]

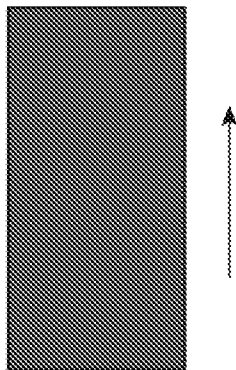
(a)



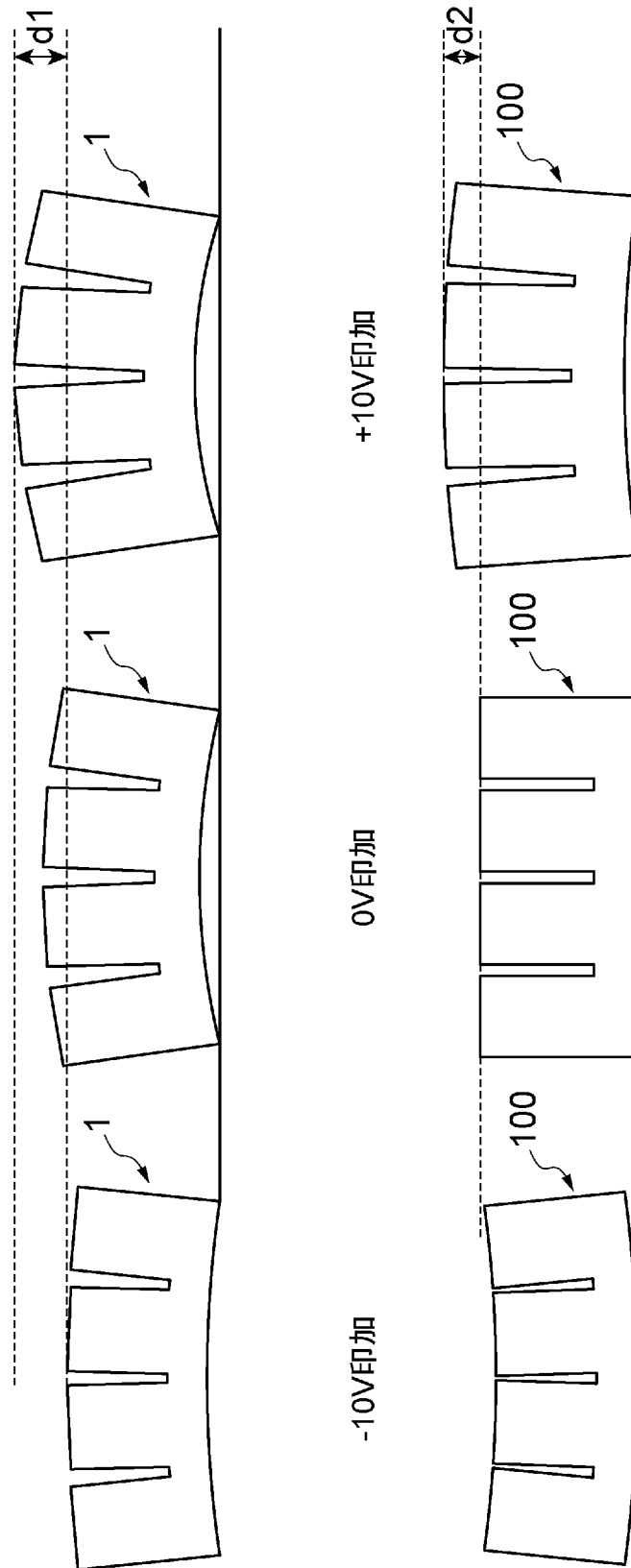
(b)



(c)



[図5]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/020588

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. H04R17/00 (2006.01) i, H01L41/047 (2006.01) i, H01L41/113 (2006.01) i, H01L41/257 (2013.01) i

FI: H01L41/113, H01L41/047, H04R17/00 330H, H01L41/257

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. H04R17/00, H01L41/047, H01L41/113, H01L41/257

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 1971-2020

Registered utility model specifications of Japan 1996-2020

Published registered utility model applications of Japan 1994-2020

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 A	JP 11-317999 A (ALOKA CO., LTD.) 16 November 1999, paragraphs [0024]-[0030], fig. 1, 2	1, 3, 4, 6, 7 2, 5
X A	WO 2006/134754 A1 (SAGUCHI, Takayuki) 21 December 2006, page 3, line 4, to page 10, line 18, fig. 1, 5	1, 3, 4, 6 2, 5, 7
A	JP 2002-052024 A (GE MEDICAL SYSTEMS GLOBAL TECHNOLOGY CO., LLC) 19 February 2002, paragraphs [0010]-[0016], fig. 1, 7	1-7

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

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

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

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

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
14.07.2020

Date of mailing of the international search report
28.07.2020

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
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/JP2020/020588

Patent Documents referred to in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 11-317999 A	16.11.1999	(Family: none)	
WO 2006/134754 A1	21.12.2006	US 2010/0217160 A1 paragraphs [0041]- [0055], fig. 1, 5	
JP 2002-052024 A	19.02.2002	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H04R 17/00(2006.01)i; H01L 41/047(2006.01)i; H01L 41/113(2006.01)i; H01L 41/257(2013.01)i FI: H01L41/113; H01L41/047; H04R17/00 330H; H01L41/257																				
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）） H04R17/00; H01L41/047; H01L41/113; H01L41/257 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの <table 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 - 2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2020年</td> </tr> </table> 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）			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2020年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2020年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2020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 - 2020年																			
日本国実用新案登録公報	1996 - 2020年																			
日本国登録実用新案公報	1994 - 2020年																			
C. 関連すると認められる文献 <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>X</td> <td>JP 11-317999 A（アロカ株式会社）16.11.1999（1999 - 11 - 16） [0024]-[0030], 図1, 2</td> <td>1, 3, 4, 6, 7</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td></td> <td>2, 5</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>WO 2006/134754 A1（佐口隆之）21.12.2006（2006 - 12 - 21） 第3頁第4行-第10頁第18行, 図1, 5</td> <td>1, 3, 4, 6</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td></td> <td>2, 5, 7</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2002-052024 A（ジーイー・メディカル・システムズ・グローバル・テクノロ ジー・カンパニー・エルエルシー）19.02.2002（2002 - 02 - 19） [0010]-[0016], 図1, 7</td> <td>1-7</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	X	JP 11-317999 A（アロカ株式会社）16.11.1999（1999 - 11 - 16） [0024]-[0030], 図1, 2	1, 3, 4, 6, 7	A		2, 5	X	WO 2006/134754 A1（佐口隆之）21.12.2006（2006 - 12 - 21） 第3頁第4行-第10頁第18行, 図1, 5	1, 3, 4, 6	A		2, 5, 7	A	JP 2002-052024 A（ジーイー・メディカル・システムズ・グローバル・テクノロ ジー・カンパニー・エルエルシー）19.02.2002（2002 - 02 - 19） [0010]-[0016], 図1, 7	1-7
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号																		
X	JP 11-317999 A（アロカ株式会社）16.11.1999（1999 - 11 - 16） [0024]-[0030], 図1, 2	1, 3, 4, 6, 7																		
A		2, 5																		
X	WO 2006/134754 A1（佐口隆之）21.12.2006（2006 - 12 - 21） 第3頁第4行-第10頁第18行, 図1, 5	1, 3, 4, 6																		
A		2, 5, 7																		
A	JP 2002-052024 A（ジーイー・メディカル・システムズ・グローバル・テクノロ ジー・カンパニー・エルエルシー）19.02.2002（2002 - 02 - 19） [0010]-[0016], 図1, 7	1-7																		
☐ 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、一般的な技術水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 “T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と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 “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 14.07.2020		国際調査報告の発送日 28.07.2020																		
名称及びあて先 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		権限のある職員（特許庁審査官） 加藤 俊哉 5F 9554 電話番号 03-3581-1101 内線 3516																		

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/JP2020/020588

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	11-317999	A	16.11.1999	(ファミリーなし)	
WO	2006/134754	A1	21.12.2006	US 2010/0217160 A1 [0041]-[0055], FIGS. 1, 5	
JP	2002-052024	A	19.02.2002	(ファミリーなし)	