(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
2024年3月21日(21.03.2024)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2024/057679 A1

(51) 国際特許分類:
H04R 17/00 (2006.01) *B06B 1/06* (2006.01)
B06B 1/04 (2006.01) *H04R 17/10* (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2023/024763

(22) 国際出願日： 2023年7月4日(04.07.2023)

(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 2022-146290 2022年9月14日(14.09.2022) JP
特願 2022-150411 2022年9月21日(21.09.2022) JP

(71) 出願人：太陽誘電株式会社(**TAIYO YUDEN CO., LTD.**) [JP/JP]; 〒1040031 東京都中央区京橋二丁目７番１９号 Tokyo (JP).

(72) 発明者：石井茂雄(**ISHII, Shigeo**); 〒1040031 東京都中央区京橋二丁目７番１９号 太陽誘電株式会社内 Tokyo (JP). 福島岳行(**FUKUSHIMA, Takeyuki**); 〒1040031 東京都中央区京橋二丁目７番１９号 太陽誘電株式会社内 Tokyo (JP). 後藤隆幸(**GOTO, Takayuki**); 〒1040031 東京都中央区京橋二丁目７番１９号 太陽誘電株式会社内 Tokyo (JP). 佐藤由香里(**SATO, Yukari**); 〒1040031 東京都中央区京橋二丁目７番１９号 太陽誘電株式会社内 Tokyo (JP). 清水寛之(**SHIMIZU, Hiroyuki**); 〒1040031 東京都中央区京橋二丁目７番１９号 太陽誘電株式会社内 Tokyo (JP). 濤川雄一(**NAMIKAWA, Yuichi**); 〒1040031 東京都中央区京橋二丁目７番１９号 太陽誘電株式会社内 Tokyo (JP).

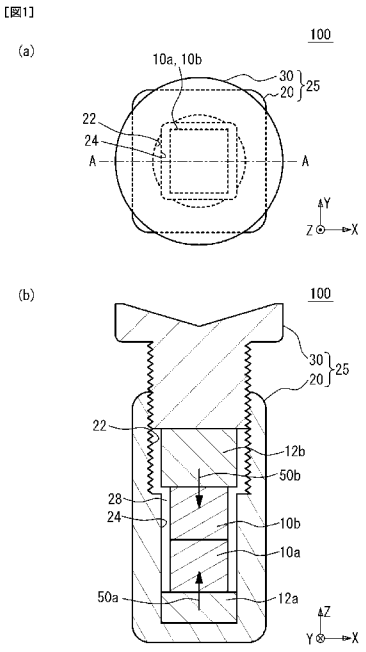
(74) 代理人：片山修平 (**KATAYAMA, Shuhei**); 〒1040031 東京都中央区京橋１－６－１ 三井住友海上テプコビル Tokyo (JP).

(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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,

(54) **Title:** VIBRATION GENERATION DEVICE AND TACTILE SENSATION GENERATION DEVICE

(54) 発明の名称： 振動発生装置および触覚生成装置

[図1]



(57) **Abstract:** A vibration generation device comprises: piezoelectric elements 10a, 10b that include a piezoelectric layer and a first electrode and a second electrode sandwiching the piezoelectric layer, and that expand and contract in the direction in which the first electrode and the second electrode sandwich the piezoelectric layer due to a voltage being applied between the first electrode and the second electrode; and a casing 25 that includes a first member 30 and a second member 20 sandwiching the piezoelectric elements in said direction, the first member and the second member exerting pressure on the piezoelectric elements in said direction, and the first member outputting sound waves corresponding to the expansion and contraction of the piezoelectric elements in said direction.

(57) 要約：振動発生装置は、圧電体層と、圧電体層を挟む第１電極および第２電極と、を備え、第１電極と第２電極との間に電圧を印加することで第１電極および第２電極が圧電体層を挟む方向に伸縮する圧電素子１０ａ、１０ｂと、圧電素子を前記方向において挟む第１部材３０および第２部材２０を備え、第１部材と第２部材とは圧電素子を前記方向に押圧し、第１部材は前記方向に圧電素子の伸縮に対応する音波を出力する筐体２５と、を備える。

WO 2024/057679 A1

［続葉有］

MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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 ： 振動発生装置および触覚生成装置

技術分野

[0001]　本発明は、振動発生装置および触覚生成装置に関する。

背景技術

[0002]　電気信号を音波に変換するトランスデューサのように振動発生装置に圧電素子を用いることが知られている。超音波の生成に振動板を有するランジュバン型振動子を用いることが知られている。

[0003]　また、振動器の振動により触覚を生成する触覚生成装置の振動器において、振動器を矩形波により変調された変調波の振動を生成させることが知られている（例えば特許文献１）。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開平８－３１４３６９号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005]　振動発生装置が振動板を有する場合、振動板を小さくすると出力が低下する。振動板を有さない構造では、小型化が可能となるが高出力化が難しい。このように、振動発生装置の小型化と高出力化を両立することが難しかった。

[0006]　または、触覚生成装置には、硬質な材料に柔らかい触覚を表現することが求められている。

[0007]　本発明は、上記課題に鑑みなされたものであり、小型化かつ高出力化すること、または、柔らかい触覚を表現することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0008]　本発明は、圧電体層と、前記圧電体層を挟む第１電極および第２電極と、を備え、前記第１電極と前記第２電極との間に電圧を印加することで前記第

１電極および前記第２電極が前記圧電体層を挟む方向に伸縮する圧電素子と、前記圧電素子を前記方向において挟む第１部材および第２部材を備え、前記第１部材と前記第２部材とは前記圧電素子を前記方向に押圧し、前記第１部材は前記方向に前記圧電素子の伸縮に対応する音波を出力する筐体と、を備える振動発生装置である。

[0009] 上記構成において、前記第１部材と前記第２部材とは、前記第１部材に設けられたねじ山と前記第２部材に設けられたねじ山とを嵌め合わせることにより前記圧電素子を押圧する構成とすることができる。

[0010] 上記構成において、前記第１部材と前記第２部材とが接合する第３部材を備え、前記第１部材に設けられたねじ山と前記第３部材に設けられたねじ山とを嵌め合わせ、かつ前記第２部材に設けられたねじ山と前記第３部材に設けられたねじ山とを嵌め合わせることにより、前記第１部材と前記第２部材とは、前記圧電素子を押圧する構成とすることができる。

[0011] 上記構成において、前記第１部材と前記圧電素子との間に設けられ、前記第１部材のヤング率および前記圧電体層のヤング率より大きなヤング率を有する第４部材と、前記第２部材と前記圧電素子との間に設けられ、前記第２部材のヤング率および前記圧電体層のヤング率より大きなヤング率を有する第５部材と、の少なくとも一方の部材を備える構成とすることができる。

[0012] 上記構成において、前記第１部材および前記第２部材が前記圧電素子を押圧する圧力は、５×１０^{5}Ｐａ以上である構成とすることができる。

[0013] 上記構成において、前記圧電体層、前記第１電極および前記第２電極は各々複数設けられ、前記複数の第１電極および前記第２電極は前記方向において互い違いに設けられ、前記複数の圧電体層の１つは、前記複数の第１電極のうち１つと前記複数の第２電極のうち１つに前記方向において挟まれる構成とすることができる。

[0014] 上記構成において、前記第１部材は、前記方向の空間に前記音波を出力し、前記圧電素子に、前記電圧として前記筐体の共振周波数の０．８６倍以上かつ１．１４倍以下の周波数を有する搬送波を前記搬送波の周波数より低い

周波数を有する信号波により振幅変調させた変調波が供給される構成とすることができる。

[0015] 上記構成において、前記信号波の周波数は７０Ｈｚ以上かつ１０００Ｈｚ以下である構成とすることができる。

[0016] 上記構成において、前記第１部材は、前記方向の空間に前記音波を出力し、前記圧電素子に、前記電圧として、前記筐体の共振周波数の０．８６倍以上かつ１．１４倍以下の周波数を有する第１搬送波を、５０Ｈｚ以上かつ３００Ｈｚ以下である周波数を有する第２搬送波を１Ｈｚ以上かつ６０Ｈｚ以下である周波数を有する信号波で振幅変調された第１変調波で、振幅変調された第２変調波を供給する構成とすることができる。

[0017] 上記構成において、前記第１部材の前記空間側の面は、中央部が前記圧電素子の方に凹む構成とすることができる。

[0018] 上記構成において、前記圧電素子に、前記電圧として前記変調波を供給する駆動装置を備える構成とすることができる。

[0019] 上記構成において、前記第１部材の前記方向における表面を被押当部材に押当てることで前記被押当部材から音波が発生するように、前記圧電素子に前記電圧が供給される構成とすることができる。

[0020] 上記構成において、前記第１部材の前記表面を前記被押当部材に押当てる押当部材と、前記圧電素子に前記電圧を供給する駆動装置と、
を備える構成とすることができる。

[0021] 本発明は、振動器と、前記振動器の共振周波数の０．８６倍以上かつ１．１４倍以下の周波数を有する搬送波を前記搬送波の周波数より低く１Ｈｚ以上かつ６０Ｈｚ以下の周波数を有し矩形波である信号波により振幅変調させ、変調度が５０％以上かつ１００％より小さい変調波を生成して、前記振動器に前記変調波を供給する駆動装置と、を備える触覚生成装置である。

[0022] 上記構成において、前記振動器は、圧電体層と、前記圧電体層を挟む第１電極および第２電極と、を備え、前記第１電極と前記第２電極との間に電圧を印加することで前記第１電極および前記第２電極が前記圧電体層を挟む方

向に伸縮する圧電素子と、前記圧電素子を前記方向において挟む第１部材および第２部材を備え、前記第１部材と前記第２部材とは前記圧電素子を前記方向に押圧し、前記圧電素子の伸縮に対応する振動を出力する筐体と、を備える構成とすることができる。

[0023] 上記構成において、前記第１部材と前記第２部材とは、ねじを嵌め合わせることにより前記圧電素子を押圧する構成とすることができる。

[0024] 上記構成において、前記第１部材と前記圧電素子との間に設けられ、前記第１部材のヤング率および前記圧電体層のヤング率より大きなヤング率を有する第３部材と、前記第２部材と前記圧電素子との間に設けられ、前記第２部材のヤング率および前記圧電体層のヤング率より大きなヤング率を有する第４部材と、の少なくとも一方の部材を備える構成とすることができる。

[0025] 上記構成において、前記第１部材および前記第２部材が前記圧電素子を押圧する圧力は、５×１０^{5}Ｐａ以上である構成とすることができる。

[0026] 上記構成において、前記圧電体層、前記第１電極および前記第２電極は各々複数設けられ、前記複数の第１電極および前記第２電極は前記方向において互い違いに設けられ、前記複数の圧電体層の１つは、前記複数の第１電極のうち１つと前記複数の第２電極のうち１つに前記方向において挟まれる構成とすることができる。

[0027] 上記構成において、前記筐体の少なくとも一部分に接し、前記少なくとも一部分から振動が伝達し、前記少なくとも一部分より柔らかい部材を備える構成とすることができる。

[0028] 上記構成において、前記変調度は９８％以下である構成とすることができる。

[0029] 上記構成において、前記信号波の周波数は３Ｈｚ以上かつ５０Ｈｚ以下である。

発明の効果

[0030] 本発明によれば、小型化かつ高出力化すること、または、柔らかい触覚を表現することができる。

図面の簡単な説明

[0031] [図1]図１（ａ）は、実施例１に係る振動発生素子の平面図、図１（ｂ）は、図１（ａ）のＡ－Ａ断面図である。

[図2]図２（ａ）は、実施例１における第２部材の平面図、図２（ｂ）は、図２（ａ）のＡ－Ａ断面図、図２（ｃ）は、第１部材の断面図である。

[図3]図３は、実施例１における圧電素子の断面図である。

[図4]図４は、実施例２に係る振動発生装置の模式図である。

[図5]図５は、実施例２において駆動装置が圧電素子に供給する変調波を示す図である。

[図6]図６（ａ）および図６（ｂ）は、実験１における第２部材の断面図である。

[図7]図７は、実施例２の変形例１において駆動装置が圧電素子に供給する変調波を示す図である。

[図8]図８は、実施例２の変形例２に係る振動発生装置の模式図である。

[図9]図９は、実施例３に係る振動発生装置の模式図である。

[図10]図１０（ａ）は、実施例３における押当部材の平面図、図１０（ｂ）は、図１０（ａ）のＡ－Ａ断面図である。

[図11]図１１は、実施例４に係る振動発生素子の断面図である。

[図12]図１２は、実施例４の変形例１に係る振動発生装置の模式図である。

[図13]図１３は、実験２における。Ｖｐ－ｐに対する振幅を示す図である。

[図14]図１４は、実施例４の変形例３に係る振動発生装置の模式図である。

[図15]図１５は、実施例５に係る触覚生成装置の模式図である。

[図16]図１６（ａ）は、実施例５における振動器の平面図、図１６（ｂ）は、図１６（ａ）のＡ－Ａ断面図である。

[図17]図１７（ａ）は、実施例６における振動器の第２部材の平面図、図１７（ｂ）は、図１７（ａ）のＡ－Ａ断面図、図１７（ｃ）は、第１部材の断面図である。

[図18]図１８は、実施例５における圧電素子の断面図である。

[図19]図１９は、実施例５において駆動装置が圧電素子に供給する変調波を示す図である。

[図20]図２０（ａ）および図２０（ｂ）は、実施例５における第２部材の別の例を示す断面図である。

[図21]図２１は、実施例５の変形例１の触覚生成装置の模式図である。

[図22]図２２（ａ）は、実施例６における振動器の第１部材の断面図、図２２（ｂ）は、実施例６における振動器の第２部材の断面図である。

[図23]図２３は、実施例７における触覚生成装置の模式図である。

[図24]図２４（ａ）は、実施例８における触覚生成装置の平面図、図２４（ｂ）は、図２４（ａ）のＡ－Ａ断面図である。

[図25]図２５は、実施例８における振動器の断面図である。

発明を実施するための形態

[0032] 以下、図面を参照し実施例について説明する。

実施例 １

[0033] 振動子の機械振動のＱ値（Quality Factor）特性を向上させることにより、振動板を用いなくても振動発生装置の高出力化が可能となる。実施例１では、筐体の機械振動のＱ値を向上させることが可能な振動発生装置について説明する。

[0034] 図１（ａ）は、実施例１に係る振動発生素子の平面図、図１（ｂ）は、図１（ａ）のＡ－Ａ断面図である。図２（ａ）は、実施例１における第２部材の平面図、図２（ｂ）は、図２（ａ）のＡ－Ａ断面図、図２（ｃ）は、第１部材の断面図である。第１部材３０と第２部材２０が圧電素子１０ａおよび１０ｂを挟む方向をＺ方向、Ｚ方向に直交し、圧電素子１０ａおよび１０ｂの平面視における辺の延伸方向をＸ方向およびＹ方向とする。

[0035] 図１（ａ）から図２（ｃ）に示すように、実施例１の振動発生素子１００では、筐体２５は、第１部材３０および第２部材２０を備えている。第１部材３０と第２部材２０は接合されている。第２部材２０の＋Ｚ方向における面には、凹部２８が設けられている。凹部２８は、＋Ｚ側に設けられた第１

部分２２と－Ｚ側に設けられた第２部分２４とを有する。第１部分２２の平面形状は略円形状であり、第２部分２４の平面形状は略矩形状である。第１部分２２の側面には、雌ねじとなるねじ山２６が形成されている。第２部分２４の側面には、ねじ山は形成されていない。凹部２８内には、－Ｚ側から支持部材１２ａ、圧電素子１０ａ、１０ｂおよび支持部材１２ｂが順に挿入されている。支持部材１２ａ、圧電素子１０ａ、１０ｂおよび支持部材１２ｂは第２部材２０には接合されておらず、移動自由である。

[0036] 第１部材３０は、＋Ｚ側に設けられた頭部３２と、－Ｚ側に設けられたねじ部３４を備えている。頭部３２の平面形状は略円形である。頭部３２の＋Ｚ側の面は、平面視における中央部が周縁部に対し－Ｚ方向に逆円錐状に凹む。ねじ部３４の側面には、雄ねじとなるねじ山３６が形成されている。第１部材３０のねじ部３４は、第２部材２０の凹部２８の第１部分２２に、ねじ山２６と３６とを嵌め合わせることにより接合される。ねじを締めることで、第２部材２０は、支持部材１２ａを介し圧電素子１０ａを矢印５０ａのように＋Ｚ方向に押圧する。第１部材３０は、支持部材１２ｂを介し圧電素子１０ｂを矢印５０ｂのように－Ｚ方向に押圧する。圧電素子１０ａおよび１０ｂを押圧する応力は例えば５×10^{6}Ｐａ以上である。

[0037] 第１部材３０および第２部材２０の材料は、例えば金属または樹脂である。支持部材１２ａおよび１２ｂの材料は、第１部材３０、第２部材２０、圧電素子１０ａおよび１０ｂよりヤング率の大きい材料であり、例えばステンレスまたはアルミニウムである。第１部材３０の頭部３２のＸ方向およびＹ方向の幅は一例として１０ｍｍ、頭部３２のＺ方向の高さは一例として２．５ｍｍ、頭部３２の＋Ｚ面の逆円錐状の頂点の凹み量は一例として１．５ｍｍ、ねじ部３４のＸ方向およびＹ方向の幅は一例として６ｍｍ、ねじ部３４のＺ方向の高さは一例として５ｍｍである。第２部材２０のＸ方向およびＹ方向の幅は一例として８ｍｍ、高さは一例として１５ｍｍ、凹部２８のＺ方向の深さは一例として１４ｍｍ、第１部分２２のＺ方向の深さは一例として６ｍｍ、第２部分２４のＸ方向およびＹ方向の幅は一例として４．５ｍｍで

ある。第１部材３０、第２部材２０、支持部材１２ａおよび１２ｂの材料、形状および寸法は適宜設計できる。

[0038] 図３は、実施例１における圧電素子の断面図である。図３に示すように、圧電素子１０ａおよび１０ｂは、複数の圧電体層４１からなる圧電体４０、複数の第１電極４２および複数の第２電極４４を備えている。複数の圧電体層４１は、Ｚ方向に積層されている。圧電体層４１、第１電極４２および第２電極４４は、ＸＹ平面に広がる平板状である。複数の第１電極４２および複数の第２電極４４はＺ方向において互い違いに設けられている。１つの圧電体層４１は、Ｚ方向において１つの第１電極４２と１つの第２電極４４とに挟まれている。圧電体４０の－Ｘ側の側面に第１外部電極４３が設けられ、圧電体４０の＋Ｘ側の側面に第２外部電極４５が設けられている。複数の第１電極４２は第１外部電極４３に電気的に接続する。複数の第２電極４４は第２外部電極４５に電気的に接続する。第１外部電極４３と第２外部電極４５との間に電圧を印加することで、逆圧電効果により、圧電体４０は、矢印５２のようにＺ方向に伸縮する。このように、第１電極４２および第２電極４４に電圧を印加することで、第１電極４２および第２電極４４の積層方向に伸縮する振動モードを縦変位型モードまたはｄ３３モードという。

[0039] 圧電体４０は、第１領域４６、第２領域４７および第３領域４８を備えている。第１領域４６および第２領域４７は、Ｚ方向に交互に設けられている。第３領域４８は、Ｚ方向において最も外側の第１領域４６の外に設けられている。第１領域４６は、Ｚ方向において第１電極４２と第２電極４４とが一定間隔で交互に設けられた領域である。第１領域４６における圧電体層４１の積層数は一例として５０層である。第２領域４７および第３領域４８は、第１電極４２および第２電極４４が設けられていない領域である。第２領域４７は設けられていなくてもよい。第２領域４７を設けることで信頼性が向上する場合もある。

[0040] 圧電体層４１の材料としては、例えばチタン酸ジルコン酸鉛（ＰＺＴ：Ｐｂ（Ｚｒ，Ｔｉ）O_3）、チタン酸バリウム系材料（$BaTiO_3$、ＢａはＣ

ａでもよく、ＴｉはＺｒでもよい）、チタン酸ビスマス系材料（$BiTiO_3$、Ｂｉの一部がＮａでもよい）、ニオブ酸アルカリ系材料（$NaNbO_3$、ＮａはＬｉまたはＫでもよい）を用いることができる。第１電極４２、第２電極４４、第１外部電極４３および第２外部電極４５の材料としては、例えばＡｇ、Ｐｄ、Ｐｔ、Ｃｕ、ＮｉおよびＡｕ等の金属を用いることができる。圧電素子１０ａおよび１０ｂは、表面に第１電極４２および第２電極４４が形成された圧電体シートを積層し、焼結することにより形成される焼結体からなるチップである。圧電素子１０ａおよび１０ｂは例えば直方体であり、圧電素子１０ａおよび１０ｂのＸ方向およびＹ方向の幅は一例として３．５ｍｍ、Ｚ方向の高さは一例として３ｍｍである。

[0041] 圧電素子１０ａおよび１０ｂにおける±Ｚ側の表面におけるＺ方向の変位量ΔＺ、圧電体層４１の積層数をＮ、第１電極４２と第２電極４４との間に印加される電圧をＶ、逆圧電定数に関連した定数をｄ３３すると、ΔＺ＝ｄ３３×Ｖ×Ｎである。よって、圧電体層４１の積層数Ｎを多くすることで変位量ΔＺが大きくなる。しかし、製造上の制約などにより、１つの圧電素子１０ａまたは１０ｂにおける積層数Ｎを多くすることができない場合がある。このような場合には、筐体２５内に圧電素子１０ａおよび１０ｂをＺ方向に積層することができる。これにより、圧電素子１０ａおよび１０ｂの合計の変位量を大きくできる。Ｚ方向に積層される圧電素子１０ａおよび１０ｂの個数は１個でもよいし３個以上でもよい。

[0042] 筐体２５が圧電素子１０ａおよび１０ｂを押圧することで、筐体２５が圧電素子１０ａおよび１０ｂを押圧しない場合に比べ、Ｑ値が向上する。このような現象は、圧電素子１０ａおよび１０ｂとして、横変位型モードの圧電素子を用いた場合には得られない現象であり、発明者らがはじめて発見した現象である。なお、横変位型モードとは、第１電極４２と第２電極４４の積層方向に対し圧電素子１０ａおよび１０ｂの振動方向が直交するモードである。圧電素子１０ａおよび１０ｂの押圧の有無に対し、共振周波数があまり変動していない。これは、支持部材１２ａを設けたためと考えられる。

[0043] 実施例１によれば、図３のように、Ｚ方向において第１電極４２と第２電極４４とが圧電体層４１を挟み、第１電極４２と第２電極４４との間に電圧を印加することでＺ方向に伸縮する圧電素子１０ａおよび１０ｂを用いる。図１（ｂ）のように、第１部材３０と第２部材２０とは圧電素子１０ａをＺ方向に押圧し、第１部材３０はＺ方向に圧電素子１０ａおよび１０ｂの伸縮に対応する音波を出力する。このように、縦変位型の圧電素子１０ａおよび１０ｂを筐体２５が押圧することで、筐体２５の機械振動のＱ値が向上する。よって、振動板を有さない小型の振動発生装置においても高出力化が可能となる。

[0044] 第１部材３０と第２部材２０とは、ねじ山２６と３６とを嵌め合わせることにより圧電素子１０ａおよび１０ｂを押圧する。これにより、大きい力で安定的に圧電素子１０ａおよび１０ｂを押圧できる。また、圧電素子１０ａおよび１０ｂに加わる圧力のばらつきを抑制できる。よって、共振周波数のばらつき等を抑制できる。一例として、複数の構造を作製したところ、共振周波数のばらつきは６００Ｈｚ以下であった。圧電素子１０ａおよび１０ｂを押圧する機構はねじの嵌め合わせ以外でもよい。

[0045] 実施例１において、第１部材３０のねじ山３６の呼び径ｄ（最大径）が６ｍｍのとき、トルクレンチを用い第１部材３０の締め付けトルクＴを測定すると約０．１Ｎ・ｍであった。第１部材３０が圧電素子１０ｂを押す力ＦはＴ／（ｋ×ｄ）であり、トルク係数ｋを０．２とすると、Ｆ＝８３Ｎである。圧電素子１０ａおよび１０ｂのＸＹ平面の面積は３．５ｍｍ×３．５ｍｍである。よって、第１部材３０が圧電素子１０ｂを押圧する圧力は６．８×10^6Ｐａである。筐体２５の機械振動のＱ値を向上させる効果は、圧力が６．８×10^6Ｐａの１／１０程度でも生じると考えられる。よって、第１部材３０および第２部材２０が圧電素子１０ａおよび１０ｂを押圧する圧力は、５×10^5Ｐａ以上が好ましく、１×10^6Ｐａ以上がより好ましく、２×10^6Ｐａ以上がさらに好ましい。第１部材３０および第２部材２０が圧電素子１０ａおよび１０ｂを押圧する圧力は、圧電素子１０ａおよび１０ｂが破戒

される圧力以下とする。

[0046] 第１部材３０と圧電素子１０ｂとの間に支持部材１２ｂ（第４部材）を設け、第２部材２０と圧電素子１０ａとの間に支持部材１２ａ（第５部材）を設ける。支持部材１２ａおよび１２ｂの少なくとも一方が設けられていればよい。圧電体４０としてＰＺＴを用いた場合、ＰＺＴのヤング率は約６０ＧＰａである。筐体２５として樹脂を用いた場合には、樹脂のヤング率は１０ＧＰａ以下である。これに対し、支持部材１２ａおよび１２ｂとしてステンレスを用いた場合、ステンレスのヤング率は約１２０ＧＰａである。また、アルミニウムのヤング率は約７０ＧＰａである。このように、支持部材１２ｂのヤング率は、圧電体４０のヤング率および第１部材３０のヤング率より大きく、支持部材１２ｂのヤング率は、圧電体４０のヤング率および第２部材２０のヤング率より大きい。支持部材１２ａおよび１２ｂを設けることで、圧電素子１０ａおよび１０ｂに荷重が加わり、振動の伝達を強化することができる。よって、筐体２５の共振周波数が押圧により変動することが抑えられ、かつＱ値がより向上する。支持部材１２ａおよび１２ｂの少なくとも一方が設けられていればよい。支持部材１２ｂおよび１２ａのヤング率は、圧電体４０のヤング率並びにそれぞれ第１部材３０および第２部材２０のヤング率の１．２倍以上が好ましく、１．５倍以上がより好ましい。

[0047] 図３のように、圧電素子１０ａおよび１０ｂにおいて、複数の第１電極４２および複数の第２電極４４はＺ方向において互い違いに設けられ、複数の圧電体層４１の１つは、複数の第１電極４２のうち１つと複数の第２電極４４のうち１つにＺ方向において挟まれる。このような構造により、Ｚ方向の変位量をより大きくでき、振動発生装置の特性をより向上できる。

実施例 2

[0048] 実施例２は、実施例１の振動発生素子１００を空間触覚用の振動発生装置に用いる例である。図４は、実施例２に係る振動発生装置の模式図である。

[0049] 図４に示すように、実施例２の振動発生装置１０１では、台座６０上に実施例１の振動発生素子１００の筐体２５が固定されている。台座６０は、金

属板のように剛性を有する。駆動装置６２は、筐体２５内の圧電素子１０ａおよび１０ｂの第１外部電極４３と第２外部電極４５の間に電圧を供給する。第１部材３０からＺ方向に音波５４が放出される。第１部材３０の＋Ｚ方向に人体の一部（例えば指または手のひら）をかざすと、音波５４により触覚が得られる。

[0050] 図５は、実施例２において駆動装置が圧電素子に供給する変調波を示す図である。図５における横軸は時間を示し、縦軸は電圧を示している。図５に示すように、周期Ｔ１（周波数ｆ１）の信号は搬送波６４である。変調波６６の包絡線６５は信号波に対応する。信号波は周期Ｔ２（周波数ｆ２）である。搬送波６４としては正弦波を用いるが、図の簡略化のため搬送波６４として三角波を図示している。また、周期Ｔ１は周期Ｔ２に比べ非常に小さいが、理解しやすいように図５では周期Ｔ１を大きく図示している。変調波６６では、搬送波６４が信号波により振幅変調されている。図５の例では、搬送波６４および信号波ともに正弦波である。信号波は正弦波以外の矩形波、三角波またはのこぎり波等でもよい。

[0051] 搬送波６４の周波数ｆ１は、例えば筐体２５の共振周波数である。共振周波数は、基本波でもよいし高調波でもよい。信号波の周波数ｆ２は、人体の皮膚の受容器であるパチニ小体が敏感に感じる周波数である。このような周波数として例えば７０Ｈｚ以上かつ１０００Ｈｚ以下である。パチニ小体等が敏感に感じる周波数は２５０Ｈｚである。

[0052] 変調波６６における包絡線６５の最も大きい振幅をＡ１、包絡線の最も小さい振幅をＡ２としたとき、変調度ＭをＭ＝（Ａ１－Ａ２）／（Ａ１＋Ａ２）と定義する。変調波６６の変調度Ｍは例えば５０％以上かつ１００％以下であり、８０％以上かつ１００％以下である。

[0053] ［実験１］

第２部材２０の形状を変え、空中触覚を調査した。

実験した各部材の材料は以下である。

圧電素子１０ａおよび１０ｂ

圧電体４０の材料はＰＺＴ

Ｘ方向およびＹ方向の幅:３．５ｍｍ

Ｚ方向の高さ：３ｍｍ

第１領域４６における圧電体層４１の積層数：５０

第１領域４６の個数：３個

支持部材１２ａの材料：ステンレス

第１部材３０の材料：アクリル樹脂

第２部材２０の材料：アクリル樹脂

[0054] 図２（ｃ）の第２部材を部材Ａとした。図６（ａ）および図６（ｂ）は、実験１における第２部材の断面図である。図６（ａ）に示すように、部材Ｂでは、頭部３２の＋Ｚ側の面は、平坦である。図６（ｂ）に示すように、部材Ｃでは、頭部３２の＋Ｚ側の面の周縁部が－Ｚ方向に傾斜している。

[0055] 第１部材３０、第２部材２０、支持部材１２ａおよび１２ｂの材料、並びに圧電素子１０ａおよび１０ｂの構成は、実験１と同じである。第１部材３０の頭部３２のＸ方向およびＹ方向の幅は１０ｍｍ、頭部３２のＺ方向の高さ２．５ｍｍ、頭部３２の＋Ｚ面の逆円錐状の頂点の凹み量は１．５ｍｍ、ねじ部３４のＸ方向およびＹ方向の幅は６ｍｍ、ねじ部３４のＺ方向の高さは５ｍｍである。第２部材２０のＸ方向およびＹ方向の幅は８ｍｍ、高さは１５ｍｍ、凹部２８のＺ方向の深さは１４ｍｍ、第１部分２２のＺ方向の深さは６ｍｍ、第２部分２４のＸ方向およびＹ方向の幅は４．５ｍｍである。

[0056] 表１は、実験１におけるサンプルＡ～Ｃの実験条件および結果を示す表である。

[表1]

ｻﾝﾌﾟﾙ	Vp-p [V]	搬送波 [kHz]	信号波 [Hz]	D1 [mm]	触覚
A	4.6	66	250	51	1
B	4.5	69	250	27	3
C	4.6	70	250	27	2

[0057] 表１において、サンプルＡ～Ｃは、第１部材３０として、部材Ａ～Ｃを用

いたサンプルである。「Ｖｐ－ｐ」は、図５の振幅Ａ１に相当する。「搬送波」は、搬送波６４の周波数であり、筐体２５の共振周波数（第２高調波）である。「信号波」は信号波の周波数である。変調度Ｍはいずれのサンプルにおいても１００％である。「Ｄ１」は、図４において、音圧レベルが８５ｄＢとなる第１部材３０から＋Ｚ方向の距離Ｄ１である。「触覚」は、第１部材３０の＋Ｚ方向に手をかざしたときに触覚が得られるかを調べた結果である。「１」は触覚が得られ、「２」は多少触覚が得られ、「３」はあまり触覚が得られなかったことを示している。

[0058] 表１に示すように、サンプルＡ～ＣにおいてＶｐ－ｐはほぼ同じ、搬送波の周波数はほぼ同じである。信号波の周波数はパチニ小体が最も敏感に感じる周波数である。サンプルＡは、サンプルＢおよびＣに比べ、距離Ｄ１が最も大きく、かつ最も触覚が得られた。サンプルＢとＣとでは、距離Ｄ１はほぼ同じであるが、触覚はサンプルＣの方が大きい。以上のように、サンプルＡが最も触覚が得られることがわかった。また、サンプルＡ～Ｃのいずれにおいても空中触覚が得られることがわかった。

[0059] 表２は、市販されている圧電素子を用いた実験条件と結果を示す表である。

[表2]

ｻﾝﾌﾟﾙ	Vp-p [V]	搬送波 [kHz]	信号波 [Hz]	D1 [mm]
D	5	40	250	50
E	5	40	250	90

[0060] 表２において、サンプルＤおよびＥは、市販されている横変位型モードの圧電素子と円盤状の振動版を用い、圧電素子に部材Ａのような音波を放出する部材を設けている。サンプルＤおよびＥにおける圧電素子の平面形状は円形であり、直径はそれぞれ１０ｍｍおよび１５ｍｍである。このように、サンプルＤおよびＥは圧電素子が大きい。「Ｄ１」は、音圧レベルが８０ｄＢにおける距離Ｄ１である。

[0061] 表２に示すように、サンプルＤおよびＥでは、判定する音圧レベルが表１

より低いため厳密な比較はできないものの、サンプルＤおよびＥの距離Ｄ１はサンプルＡと同程度である。サンプルＤおよびＥの圧電素子の平面面積がサンプルＡの５倍以上である。このように、サンプルＡは、振動板を用いることなく、サンプルＤおよびＥより小さな圧電素子１０ａおよび１０ｂを用い、サンプルＤおよびＥと同程度の空中触覚を得ることができる。このように、サンプルＡでは、小型化かつ高出力化が可能となる。

[0062] 実施例２によれば、図４のように、実施例１の振動発生装置を用い、第１部材３０がＺ方向の空間に音波を出力する構造とする。図５のように、圧電素子１０ａおよび１０ｂに、電圧として筐体２５の共振周波数の周波数を有する搬送波６４を、搬送波６４の周波数より低い周波数を有する信号波により振幅変調させた変調波６６が供給される。これにより、振動板を用いないため小型化が可能な振動発生素子１００を用い空間に高出力の音波を出力できるため、空中触覚を大きくできる。

[0063] 搬送波６４の周波数を共振周波数の０．８６倍以上かつ１．１４倍以下の範囲とすると空中触覚が得られる。搬送波６４の周波数は共振周波数の０．９倍以上かつ１．１倍以下がより好ましい。なお、共振周波数は基本波モードの共振周波数でもよいし、高調波モードの共振周波数でもよい。搬送波６４の周波数は、例えば２０ｋＨｚ以上かつ１１０ｋＨｚ以下であり、３０ｋＨｚ以上かつ９０ｋＨｚ以下である。

[0064] 信号波の周波数は、パチニ小体が感じるため、７０Ｈｚ以上かつ１０００Ｈｚ以下が好ましく、１１０Ｈｚ以上かつ３００Ｈｚ以下がより好ましい。変調度Ｍは、５０％以上が好ましく、８０％以上がより好ましい。

[0065] サンプルＡのように、第１部材３０の空間側（＋Ｚ側）の面は、中央部が圧電素子１０ｂの方に凹む。これにより、表１のように、空中触覚をより大きくできる。第１部材３０の凹みの断面形状は、サンプルＡのように、中央を頂点とする三角形でもよいし、中央を頂点とする放物線等の曲線でもよい。頭部３２の＋Ｚ面の最大の凹み量は頭部３２の幅の１／１０倍以上かつ１／２倍以下が好ましい。

[0066] ［実施例２の変形例１］

図７は、実施例２の変形例１において駆動装置が圧電素子に供給する変調波を示す図である。図７における横軸は時間を示し、縦軸は電圧を示している。実施例２の変形例１では、周期Ｔ２（周波数ｆ２）の第２搬送波を周期Ｔ３（周波数ｆ３）の信号波により振幅変調し第１変調波を生成する。周期Ｔ１（周波数ｆ１）の第１搬送波を、振幅変調された第１変調波により振幅変調し第２変調波６６とする。包絡線６５ａは、信号波と第２搬送波が重畳された波形となる。第１搬送波６４の周波数ｆ１は、筐体２５の共振周波数（例えば共振周波数の０．８６倍以上かつ１．１４倍以下）であり、例えば２０ｋＨｚ～１１０ｋＨｚである。第２搬送波の周波数ｆ２は、パチニ小体に敏感な周波数であり、例えば５０Ｈｚ～３００Ｈｚである。信号波の周波数ｆ３は、人体の皮膚の受容器であるマイスナー小体に敏感な周波数であり、例えば１Ｈｚ～６０Ｈｚである。その他の構成は実施例２と同じであり説明を省略する。

[0067] このように、実施例２の変形例１では、第２搬送波として、パチニ小体に敏感な周波数を有する信号を用い、信号波としてマイスナー小体に敏感な周波数を有する信号を用いる。例えば周波数ｆ１を変えることで、異なる空中触覚を得ることができる。例えば周波数ｆ２を３Ｈｚとすると、パチパチといった触覚が得られ、周波数ｆ２を３０Ｈｚとすると、ズィーンといった触覚が得られる。

[0068] ［実施例２の変形例２］

実施例２の変形例２は、実施例１の振動発生素子１００を複数設ける例である。図８は、実施例２の変形例２に係る振動発生装置の模式図である。図８示すように、実施例２の変形例２の振動発生装置１０２では、台座６０上に実施例１の複数の振動発生素子１００が固定されている。駆動装置６２は、変調波を複数の振動発生素子１００に出力する。複数の振動発生素子１００は、第１部材３０からＺ方向に音波５４を放出する。複数の振動発生素子１００の第１部材３０の＋Ｚ方向に人体の一部をかざすと、複数の音波５４

により触覚がより得られる。駆動装置６２は、同じ波形の変調波を複数の振動発生素子１００に出力してもよいし、異なる波形の変調波を複数の振動発生素子１００に出力してもよい。振動発生素子１００の個数は、適宜設定できる。その他の構成は実施例２と同じであり説明を省略する。

実施例 3

[0069] 実施例３は、実施例１の振動発生素子１００をスピーカ等の振動発生装置に用いる例である。図９は、実施例３に係る振動発生装置の模式図である。図９では、図１（ｂ）の＋Ｚ方向は鉛直方向である。

[0070] 図９に示すように、実施例３の振動発生装置１０３では、実施例１の振動発生素子１００は、第１部材３０が下になり第２部材２０が上になるように、被押当部材７２に設けられている。第２部材２０上には押当部材７０が設けられている。押当部材７０は荷重の大きい錘であり、矢印５６のように、第２部材２０を被押当部材７２に押し当てる。駆動装置６２は、振動発生素子１００に、被押当部材７２が放出する音声に相当する波形を有する電圧を供給する。

[0071] 図１０（ａ）は、実施例３における押当部材を＋Ｚ方向から見た平面図、図１０（ｂ）は、図１０（ａ）のＡ－Ａ断面図である。図１０（ａ）および図１０（ｂ）に示すように、押当部材７０は中央部に開口７５を有するドーナツ形状であり、＋Ｚ側の面に３つの凹部７４を有する。３つの凹部７４は、押当部材７０の平面形状の中心に対し回転対称に設けられている。凹部７４には、図９における振動発生素子１００の第２部材２０が挿入される。凹部７４のうち少なくとも１つに振動発生素子１００の第２部材２０が挿入されていればよい。振動発生素子１００が挿入されない凹部７４には、振動発生素子１００と同じ高さのダミー部材が挿入される。押当部材７０は、例えばアルミニウムまたはステンレスのような金属または絶縁体である。押当部材７０は、硬くかつ重いことが好ましい。押当部材７０の形状は任意に設定できる。

[0072] 振動発生素子１００は実施例１の振動発生素子１００と同じでよいが、第

１部材３０は、振動を被押当部材７２に伝達しやすい材料および形状を有することが好ましい。このため、第１部材３０は、硬い（ヤング率の高い）材料を用いることが好ましい。また、第１部材３０は、図６（ａ）の部材Ｂのように＋Ｚ面が平坦であることが好ましく、頭部３２のＸ方向およびＹ方向の幅は第２部材２０のＸ方向およびＹ方向の幅より大きいことが好ましい。

[0073] 被押当部材７２は、例えばガラスまたは金属のように硬い材料からなり、例えばテーブルの天板である。

[0074] 実施例３によれば、押当部材７０は、第１部材３０の＋Ｚ方向における表面を被押当部材７２に押当てることで被押当部材７２から音波が発生するように、振動発生素子１００の圧電素子１０ａに電圧が供給される。これにより、第１部材３０から被押当部材７２に振動が伝搬し、被押当部材７２から音声が放出される。実施例１の振動発生素子１００は機械振動のＱ値が高いことから、被押当部材７２から放出される音声はシャープで音質のよい音声となる。

[0075] 押当部材７０として錘を例に説明したが、振動発生素子１００の第１部材３０を被押当部材７２に押し当てる部材であればよい。

実施例 4

[0076] 図１１は、実施例４に係る振動発生素子の断面図である。図１１に示すように、実施例４の振動発生素子１０４では、筐体２５ａは、第１部材３０ａ、第２部材３０ｂ、および第１部材３０ａと第２部材３０ｂとが接合する第３部材２０ａを有している。貫通孔２８ａが第３部材２０ａをＺ方向に貫通している。貫通孔２８ａのＺ方向における中央部は第３部分２４ａである、貫通孔２８ａのうち部分２４ａの－Ｚ側は部分２２ａであり、部分２４ａの＋Ｚ側は部分２２ｂである。部分２２ａおよび２２ｂの側面には雌ねじとなるねじ山が設けられている。

[0077] 第１部材３０ａおよび第２部材３０ｂは、頭部３２とねじ部３４とを有する。ねじ部３４の側面には雄ねじとなるねじ山が設けられている。貫通孔２８ａ内には、－Ｚ側から支持部材１２ａ、圧電素子１０ａ、１０ｂおよび支

持部材１２ｂが順に挿入されている。第１部材３０ａのねじ部３４は、第３部材２０ａの貫通孔２８ａの第１部分２２ａに、ねじ山を嵌め合わせることにより接合される。第２部材３０ｂのねじ部３４は、第３部材２０ａの貫通孔２８ａの第２部分２２ｂに、ねじ山を嵌め合わせることにより接合される。これにより、第１部材３０ａは、支持部材１２ａを介し圧電素子１０ａを矢印５０ａのように＋Ｚ方向に押圧し、第２部材３０ｂは、支持部材１２ｂを介し圧電素子１０ｂを矢印５０ｂのように－Ｚ方向に押圧する。このように、第１部材３０ａと第３部材２０ａとがねじを嵌め合わせ、かつ第２部材３０ｂと第３部材２０ａとがねじを嵌め合わせることにより、第１部材３０ａと第２部材３０ｂとは、圧電素子１０ａおよび１０ｂをＺ方向における両側から押圧する。これにより、圧電素子１０ａおよび１０ｂのＺ方向の振動をより増強して伝達することができる。

[0078] 第１部材３０ａおよび第２部材３０ｂの材料は、振動の伝達特性を向上させるため、ヤング率が高い材料が好ましく、例えばステンレスである。第１部材３０ａおよび第２部材３０ｂのヤング率は、圧電体４０のヤング率より高いことが好ましく、圧電体４０のヤング率の１．２倍以上が好ましく、１．５倍以上がより好ましい。第１部材３０ａのねじの締める方向と第２部材３０ｂのねじの締める方向とは対称（例えば右ねじと左ねじ）であることが好ましい。これにより、第１部材３０ａおよび第２部材３０ｂの緩みを抑制できる。その他の構成は実施例１と同じであり説明を省略する。

[0079] ［実施例４の変形例１］

実施例４の変形例１は、実施例４の振動発生素子１０４をスピーカ等の振動発生装置に用いる例である。図１２は、実施例４の変形例１に係る振動発生装置の模式図である。

[0080] 図１２に示すように、実施例４の変形例１の振動発生装置１０５では、実施例４の振動発生素子１０４の第２部材３０ｂが被押当部材７２に接し、第１部材３０ａが押当部材７０に接している。押当部材７０は荷重の大きい錘であり、矢印５６のように、第２部材３０ｂを被押当部材７２に押し当てる

。駆動装置６２は、振動発生素子１０４に、被押当部材７２が放出する音声に相当する波形を有する電圧を供給する。

[0081] ［実験２］

被押当部材７２の上面における振動発生素子から一定の距離の箇所における振動の振幅を測定した。

条件Ｆ：実施例１の振動発生素子１００、押当部材７０を設けない

条件Ｇ：実施例４の振動発生素子１０４、押当部材７０を設けない

条件Ｈ：実施例４の振動発生素子１０４、押当部材７０を設ける

第１部材３０ａおよび第２部材３０ｂは図６（ａ）の部材Ｂの形状であり、材料はステンレス（ＳＵＳ４０１：ヤング率が約２００ＧＰａ）である。被押当部材７２および押当部材７０の材料はステンレスである。押当部材７０の重さは約２００ｇである。その他の各部材の材料および寸法は実施例１と同じである。駆動装置６２が圧電素子１０ａおよび１０ｂに供給する電圧は、周波数が２５０Ｈｚの正弦波である。

[0082] 図１３は、実験２におけるＶｐ－ｐに対する振幅を示す図である。横軸のＶｐ－ｐは、２５０Ｈｚの信号の振幅に相当し、振幅は被押当部材７２の上面における振動の振幅を示す。図１３に示すように、各条件Ｆ～Ｈともに、Ｖｐ－ｐを大きくすると振幅が大きくなる。条件Ｇでは、条件Ｆに比べ同じＶｐ－ｐにおける振幅が大きくなる。Ｖｐ－ｐが約２２Ｖでは、条件Ｇの振幅は訳２．１μｍである。条件Ｈでは、条件Ｇに比べ同じＶｐ－ｐにおける振幅が大きくなる。Ｖｐ－ｐが約２２Ｖでは、条件Ｈの振幅は訳２．５μｍである。実験２のように、振動発生素子１０４は、振動発生素子１００より高出力化が可能となる。また、押当部材７０を設けることで、高出力化が可能となる。

[0083] ［実施例４の変形例２］

実施例３の図９における振動発生素子１００の代わりに実施例４の振動発生素子１０４を用い、被押当部材７２をガラス板として、押当部材７０として、図１０（ａ）および図１０（ｂ）の押当部材７０を用いた。押当部材７

０の重さは約１ｋｇである。低音域および中音域を市販の電磁スピーカにより再生し、高音域の再生に実施例４の変形例２の振動発生装置を用いた。音響システムにおいて、鳥の囀りおよびサックスの楽曲について、再生の全帯域において再生が可能であり、クリアーな音響の再生が可能であった。

[0084] ［実施例４の変形例３］

図１４は、実施例４の変形例３に係る振動発生装置の模式図である。図１４に示すように、実施例４の変形例３の振動発生装置１０６では、板材７６に貫通孔７６ａが設けられ、貫通孔７６ａ内に実施例４の振動発生素子１０４が埋め込まれている。板材７６の一方の面から第１部材３０ａが突出し、板材７６の他方の面から第２部材３０ｂが突出する。駆動装置６２が振動発生素子１０４に、図５のような電圧を供給する。これにより、矢印５４ａおよび５４ｂのように、板材７６の両方向に音波を放出することが可能となる。振動発生素子１０４を用いることで、空中触覚を大きくできる。また、２つの方向に音波を放出することができる。

[0085] 実施例１から４およびその変形例において、第１部材３０、３０ａおよび第２部材３０ｂの材料は、超音波を発生させる振動発生装置では、アクリル樹脂のように軽い材料（例えば樹脂）が好ましく、可聴域の音声を発生させる振動発生装置では、ステンレスのように重い材料（例えば金属）が好ましい。

実施例 5

[0086] 柔軟な触覚が得られる触覚生成装置について説明する。図１５は、実施例５に係る触覚生成装置の模式図である。台座１６０の上面の法線方向をＺ方向、Ｚ方向に直交する方向をＸ方向およびＹ方向とする。

[0087] 図１５に示すように、実施例５の触覚生成装置２００では、台座１６０上に振動器１１５が設けられている。振動器１１５は主にＺ方向に振動する。振動器１１５は、第１部材１３０と第２部材１２０とが接合された筐体１２５を備えている。駆動装置１６２は、振動器１１５に電圧を印加することにより振動器１１５を振動させる。

[0088] 図１６（ａ）は、実施例５における振動器の平面図、図１６（ｂ）は、図１６（ａ）のＡ－Ａ断面図である。図１７（ａ）は、実施例６における振動器の第２部材の平面図、図１７（ｂ）は、図１７（ａ）のＡ－Ａ断面図、図１７（ｃ）は、第１部材の断面図である。第１部材１３０と第２部材１２０が圧電素子１１０ａおよび１１０ｂを挟む方向をＺ方向、Ｚ方向に直交し、圧電素子１１０ａおよび１１０ｂの平面視における辺の延伸方向をＸ方向およびＹ方向とする。

[0089] 図１６（ａ）から図１７（ｃ）に示すように、実施例５の触覚生成装置２００の振動器１１５では、筐体１２５は、第１部材１３０および第２部材１２０を備えている。第１部材１３０と第２部材１２０は接合されている。第２部材１２０の＋Ｚ方向における面には、凹部１２８が設けられている。凹部１２８は、＋Ｚ側に設けられた第１部分１２２と－Ｚ側に設けられた第２部分１２４とを有する。第１部分１２２の平面形状は略円形状であり、第２部分１２４の平面形状は略矩形状である。第１部分１２２の側面には、雌ねじとなるねじ山１２６が形成されている。第２部分１２４の側面には、ねじ山は形成されていない。凹部１２８内には、－Ｚ側から支持部材１１２ａ、圧電素子１１０ａ、１１０ｂおよび支持部材１１２ｂが順に挿入されている。支持部材１１２ａ、圧電素子１１０ａ、１１０ｂおよび支持部材１１２ｂは第２部材１２０には接合されておらず、移動自由である。

[0090] 第１部材１３０は、＋Ｚ側に設けられた頭部１３２と、－Ｚ側に設けられたねじ部１３４を備えている。頭部１３２の平面形状は略円形である。頭部１３２の＋Ｚ側の面は、平面視における中央部が周縁部に対し－Ｚ方向に逆円錐状に凹む。ねじ部１３４の側面には、雄ねじとなるねじ山１３６が形成されている。第１部材１３０のねじ部１３４は、第２部材１２０の凹部１２８の第１部分１２２に、ねじ山１２６と１３６とを嵌め合わせることにより接合される。ねじを締めることで、第２部材１２０は、支持部材１１２ａを介し圧電素子１１０ａを矢印１５０ａのように＋Ｚ方向に押圧する。第１部材１３０は、支持部材１１２ｂを介し圧電素子１１０ｂを矢印１５０ｂのよ

うに－Ｚ方向に押圧する。圧電素子１１０ａおよび１１０ｂを押圧する応力は例えば５×１０^{6}Ｐａ以上である。

[0091] 第１部材１３０および第２部材１２０の材料は、例えば金属または樹脂である。支持部材１１２ａおよび１１２ｂの材料は、第１部材１３０、第２部材１２０、圧電素子１１０ａおよび１１０ｂよりヤング率の大きい材料であり、例えばステンレスである。第１部材１３０の頭部１３２のＸ方向およびＹ方向の幅は一例として１０ｍｍ、頭部１３２のＺ方向の高さは一例として２．５ｍｍ、頭部１３２の＋Ｚ面の逆円錐状の頂点の凹み量は一例として１．５ｍｍ、ねじ部１３４のＸ方向およびＹ方向の幅は一例として６ｍｍ、ねじ部１３４のＺ方向の高さは一例として５ｍｍである。第２部材１２０のＸ方向およびＹ方向の幅は一例として８ｍｍ、高さは一例として１５ｍｍ、凹部１２８のＺ方向の深さは一例として１４ｍｍ、第１部分１２２のＺ方向の深さは一例として６ｍｍ、第２部分１２４のＸ方向およびＹ方向の幅は一例として４．５ｍｍである。第１部材１３０、第２部材１２０、支持部材１１２ａおよび１１２ｂの材料、形状および寸法は適宜設計できる。

[0092] 図１８は、実施例５における圧電素子の断面図である。図１８に示すように、圧電素子１１０ａおよび１１０ｂは、複数の圧電体層１４１からなる圧電体１４０、複数の第１電極１４２および複数の第２電極１４４を備えている。複数の圧電体層１４１は、Ｚ方向に積層されている。圧電体層１４１、第１電極１４２および第２電極１４４は、ＸＹ平面に広がる平板状である。複数の第１電極１４２および複数の第２電極１４４はＺ方向において互い違いに設けられている。１つの圧電体層１４１は、Ｚ方向において１つの第１電極１４２と１つの第２電極１４４とに挟まれている。圧電体１４０の－Ｘ側の側面に第１外部電極１４３が設けられ、圧電体１４０の＋Ｘ側の側面に第２外部電極１４５が設けられている。複数の第１電極１４２は第１外部電極１４３に電気的に接続する。複数の第２電極１４４は第２外部電極１４５に電気的に接続する。第１外部電極１４３と第２外部電極１４５との間に電圧を印加することで、逆圧電効果により、圧電体１４０は、矢印１５２のよ

うにＺ方向に伸縮する。このように、第１電極１４２および第２電極１４４に電圧を印加することで、第１電極１４２および第２電極１４４の積層方向に伸縮する振動モードを縦変位型モードまたはｄ３３モードという。

[0093] 圧電体１４０は、第１領域１４６、第２領域１４７および第３領域１４８を備えている。第１領域１４６および第２領域１４７は、Ｚ方向に交互に設けられている。第３領域１４８は、Ｚ方向において最も外側の第１領域１４６の外に設けられている。第１領域１４６は、Ｚ方向において第１電極１４２と第２電極１４４とが一定間隔で交互に設けられた領域である。第１領域１４６における圧電体層１４１の積層数は一例として５０層である。第２領域１４７および第３領域１４８は、第１電極１４２および第２電極１４４が設けられていない領域である。第２領域１４７は設けられていなくてもよい。第２領域１４７を設けることで信頼性が向上する場合もある。

[0094] 圧電体層１４１の材料としては、例えばチタン酸ジルコン酸鉛（ＰＺＴ：Ｐｂ（Ｚｒ，Ｔｉ）O_3）、チタン酸バリウム系材料（ＢａＴｉO_3、ＢａはＣａでもよく、ＴｉはＺｒでもよい）、チタン酸ビスマス系材料（ＢｉＴｉO_3、Ｂｉの一部がＮａでもよい）、ニオブ酸アルカリ系材料（ＮａＮｂO_3、ＮａはＬｉまたはＫでもよい）を用いることができる。第１電極１４２、第２電極１４４、第１外部電極１４３および第２外部電極１４５の材料としては、例えばＡｇ、Ｐｄ、Ｐｔ、Ｃｕ、ＮｉおよびＡｕ等の金属を用いることができる。圧電素子１１０ａおよび１１０ｂは、表面に第１電極１４２および第２電極１４４が形成された圧電体シートを積層し、焼結することにより形成される焼結体からなるチップである。圧電素子１１０ａおよび１１０ｂは例えば直方体であり、圧電素子１１０ａおよび１１０ｂのＸ方向およびＹ方向の幅は一例として３．５ｍｍ、Ｚ方向の高さは一例として３ｍｍである。

[0095] 圧電素子１１０ａおよび１１０ｂにおける±Ｚ側の表面におけるＺ方向の変位量ΔＺ、圧電体層１４１の積層数をＮ、第１電極１４２と第２電極１４４との間に印加される電圧をＶ、逆圧電定数に関連した定数をｄ３３すると

、ΔＺ＝ｄ３３×Ｖ×Ｎである。よって、圧電体層１４１の積層数Ｎを多くすることで変位量ΔＺが大きくなる。しかし、製造上の制約などにより、１つの圧電素子１１０ａまたは１１０ｂにおける積層数Ｎを多くすることができない場合がある。このような場合には、筐体１２５内に圧電素子１１０ａおよび１１０ｂをＺ方向に積層することができる。これにより、圧電素子１１０ａおよび１１０ｂの合計の変位量を大きくできる。Ｚ方向に積層される圧電素子１１０ａおよび１１０ｂの個数は１個でもよいし３個以上でもよい。

[0096] 図１９は、実施例５において駆動装置が圧電素子に供給する変調波を示す図である。図１９における横軸は時間を示し、縦軸は電圧を示している。搬送波の周期Ｔ１（周波数ｆ１）の信号は搬送波１６４である。変調波１６６の包絡線１６５は信号波に対応する。信号波は周期Ｔ２（周波数ｆ２）である。搬送波１６４としては正弦波を用いるが、図の簡略化のため搬送波１６４として三角波を図示している。また、周期Ｔ１は周期Ｔ２に比べ非常に小さいが、理解しやすいように図１９では周期Ｔ１を大きく図示している。変調波１６６では、搬送波１６４が信号波により振幅変調されている。搬送波１６４は正弦波であり、信号波は矩形波である。

[0097] 搬送波１６４の周波数ｆ１は、例えば筐体１２５の共振周波数である。共振周波数は、基本波でもよいし高調波でもよい。信号波の周波数ｆ２は、人体の皮膚の受容器であるマイスナー小体が敏感に感じる周波数である。このような周波数として例えば１Ｈｚ以上かつ６０Ｈｚ以下である。

[0098] 変調波１６６における包絡線１６５の最も大きい振幅をＡ１、包絡線１６５の最も小さい振幅をＡ２としたとき、変調度ＭをＭ＝（Ａ１－Ａ２）／（Ａ１＋Ａ２）と定義する。変調波１６６の変調度Ｍは例えば５０％以上かつ１００％より小さい。

[0099] 矩形波は、立ち上がり時間および立ち下り時間が周期Ｔ２より十分に小さい波形である。矩形波の立ち上がり時間および立下り時間は、例えば周期Ｔ２の１／２５倍以下であり、１／１００倍以下である。なお、立ち上がり時

間および立下り時間の定義は、日本工業規格ＪＩＳ　Ｃ　１６１－０２－０５が準用される。すなわち、立ち上がり時間および立下り時間は、包絡線１６５の電圧が振幅Ａ１のときと振幅Ａ２のときの電圧の差に対し１０％の電圧とのきの時間と９０％の電圧のときの時間との差である。

[0100] ［実験３］

第１部材１３０の＋Ｚ側の触覚の柔軟性を調査した。

実験した各部材の材料は以下である。

圧電素子１１０ａおよび１１０ｂ

圧電体１４０の材料はＰＺＴ

第１電極１４２および第２電極１４４の材料は銀－パラジウム

Ｘ方向およびＹ方向の幅:３．５ｍｍ

Ｚ方向の高さ：３ｍｍ

第１領域１４６における圧電体層１４１の積層数：５０

第１領域１４６の個数：３個

支持部材１１２ａの材料：ステンレス

第１部材１３０の材料：アクリル樹脂

第２部材１２０の材料：アクリル樹脂

[0101] 第１部材１３０の頭部１３２のＸ方向およびＹ方向の幅は１０ｍｍ、頭部１３２のＺ方向の高さ２．５ｍｍ、頭部１３２の＋Ｚ面の逆円錐状の頂点の凹み量は１．５ｍｍ、ねじ部１３４のＸ方向およびＹ方向の幅は６ｍｍ、ねじ部１３４のＺ方向の高さは５ｍｍである。第２部材１２０のＸ方向およびＹ方向の幅は８ｍｍ、高さは１５ｍｍ、凹部１２８のＺ方向の深さは１４ｍｍ、第１部分１２２のＺ方向の深さは６ｍｍ、第２部分１２４のＸ方向およびＹ方向の幅は４．５ｍｍである。

[0102] 表３は、実験３における実験条件および結果を示す表である。

[表3]

条件	波形	搬送波[kHz]	信号波[Hz]	変調波[Hz]	触覚
A	矩形波	66	31	88	4
B	矩形波	66	25	88	3
C	矩形波	66	19	88	2
D	矩形波	66	16	88	1
E	矩形波	66	13	88	2
F	矩形波	66	8	88	3
G	矩形波	66	3	88	4
H	正弦波	66	28	88	2
I	ﾉｺｷﾞﾘ波	66	21	88	2

[0103] 表３において、条件Ａ～Ｉは、駆動装置１６２が圧電素子１１０ａおよび１１０ｂの第１電極１４２と第２電極１４４との間の電圧として供給する変調波の条件である。「波形」は、信号波の波形であり、「矩形波」は、信号波の波形が図１９のような矩形波であることを示し、「正弦波」は信号波の波形が正弦波であることを示し、「ノコギリ波」は、信号波の波長が急峻な立下りと徐々下がるに立ち下がりを有するノコギリ波（下降ランプ波ともいう）であることを示している。「搬送波」は、搬送波１６４の周波数であり、いずれの条件も６６ｋＨｚである。筐体１２５の共振周波数（第２高調波）は、６３．５ｋＨｚである。「信号波」は信号波の周波数である。「変調度」は図１９に置いて説明した変調度Ｍであり、いずれのサンプルも８８％である。「触覚」は第１部材１３０に触れたときの触覚の柔らかさを調べた結果である。「１」「２」、「３」および「４」は柔らかい触覚の程度を表し、「１」から「４」に向かうにしたがい、柔らかい触覚の程度が小さくなる。「１」では最も柔らかい触覚が得られ、「４」では柔らかい触覚が得られない。「１」のときは風船を触るような触覚である。

[0104] 表３に示すように、条件Ａ～Ｇは、信号波として矩形波を用い、信号波の周波数を変化させている。信号波の周波数が３１Ｈｚと３Ｈｚのとき、柔らかい触覚は得られない。信号波の周波数が２５Ｈｚと８Ｈｚのとき、多少柔らかい触覚が得られ、信号波の周波数が１９Ｈｚと１３Ｈｚのとき、柔らか

い触覚がさらに得られ、信号波の周波数が１６Ｈｚのとき、柔らかい触覚が最も得られる。

[0105] 条件Ｈは、正弦波の信号波の周波数を変え最も柔らかい触覚が得られた周波数（２８Ｈｚ）を示している。条件Ｉは、ノコギリ波の信号波の周波数を変え最も柔らかい触覚が得られた周波数（２１Ｈｚ）を示している。信号波の波形が正弦波およびノコギリ波では、最も柔らかい触覚が得られた信号波の周波数においても「触覚」は２であり、条件Ｄよりも柔らかい触覚が小さい。

[0106] 搬送波１６４の周波数以外を条件Ｄとし、搬送波１６４の周波数を変化させ、第１部材１３０の触覚を調査した。共振周波数６３．５ｋＨｚの±１４％（５４．７ｋＨｚ～７２．３ｋＨｚ）の範囲では、柔らかい触覚はほとんど変わらない。搬送波１６４の周波数が共振周波数の±１４％の範囲から外れると柔らかい触覚が減衰する。柔らかい触覚は搬送波１６４の周波数が共振周波数より遠くなるに従い減衰する。

[0107] 変調度以外の条件を条件Ｄと同じとし、変調波１６６の変調度Ｍを変化させ、第１部材１３０の触覚を調査した。変調度Ｍが１００％のとき、柔らかい触覚は得られない。変調度Ｍが小さくなると、柔らかい触覚が大きくなり、変調度Ｍが８８％のとき、柔らかい触覚が最も大きく、風船のような触覚である。変調度Ｍが７０％では、変調度Ｍが８８％のときとほぼ同じ柔らかい触覚であるが、風船の張りが若干低下する。変調度Ｍが５０％のとき、柔らかい触覚が低下し、風船の空気が抜けた感覚である。変調度Ｍが２０％のとき、柔らかい触覚は得られない。

[0108] 以上の結果より、実施例５では、駆動装置１６２は、振動器１１５の共振周波数の周波数を有する搬送波１６４を搬送波１６４の周波数より低くマイスナー小体が感じる周波数を有し矩形波である信号波により振幅変調させ、変調度Ｍを１００％より小さい変調波１６６を生成して、振動器１１５に変調波１６６を供給する。これにより、硬質な第１部材１３０を触ると柔らかい触覚となる。

[0109] 柔らかい触覚を得るためには、搬送波１６４の周波数は、振動器１１５（すなわち筐体１２５）の共振周波数の０．８６倍以上かつ１．１４倍以下が好ましく、共振周波数の０．９倍以上かつ１．１倍以下がより好ましく、共振周波数の０．９５倍以上かつ１．０５倍以下がさらに好ましい。信号波の周波数は、マイスナー小体が敏感に感じるっ周波数であり、１Ｈｚ以上かつ６０Ｈｚ以下が好ましく、３Ｈｚ以上かつ５０Ｈｚ以下がより好ましく、１３Ｈｚ以上かつ２８Ｈｚ以下がさらに好ましい。変調波１６６の変調度Ｍは、５０％以上かつ９８％以下が好ましく、７０％以上かつ９０％以下がより好ましい。変調波１６６のデュティ比（振幅がＡ１の期間／周期Ｔ２）は５０％付近が好ましい。デュティ比は、２０％以上かつ８０％以下でもよく、３０％以上かつ７０％以下でもよく、４０％以上かつ６０％以下でもよい。

[0110] 実施例５で用いた振動器１１５は、振動モードが主に縦変位型モードの圧電素子１１０ａおよび１１０ｂを用い、筐体１２５が圧電素子１１０ａおよび１１０ｂを押圧している。筐体１２５が圧電素子１１０ａおよび１１０ｂを押圧することで、筐体１２５が圧電素子１１０ａおよび１１０ｂを押圧しない場合に比べ、Ｑ値が向上する。このような現象は、圧電素子１１０ａおよび１１０ｂとして、横変位型モードの圧電素子を用いた場合には得られない現象であり、発明者らがはじめて発見した現象である。なお、横変位型モードとは、第１電極１４２と第２電極１４４の積層方向に対し圧電素子１１０ａおよび１１０ｂの振動方向が直交するモードである。圧電素子１１０ａおよび１１０ｂの押圧の有無に対し、共振周波数があまり変動していない。これは、支持部材１１２ａを設けたためと考えられる。

[0111] 実験３の結果から、図１８のように、Ｚ方向において第１電極１４２と第２電極１４４とが圧電体層１４１を挟み、第１電極１４２と第２電極１４４との間に電圧を印加することでＺ方向に伸縮する圧電素子１１０ａおよび１１０ｂを用いる。図１６（ｂ）のように、第１部材１３０と第２部材１２０とは圧電素子１１０ａをＺ方向に押圧し、第１部材１３０はＺ方向に圧電素子１１０ａおよび１１０ｂの伸縮に対応する振動を出力する。このように、

縦変位型の圧電素子１１０ａおよび１１０ｂを筐体１２５が押圧することで、筐体１２５の機械振動のＱ値が向上する。よって、触覚発生装置の特性を向上できる。

[0112] 第１部材１３０と第２部材１２０とは、ねじを嵌め合わせることにより圧電素子１１０ａおよび１１０ｂを押圧する。これにより、大きい力で安定的に圧電素子１１０ａおよび１１０ｂを押圧できる。また、圧電素子１１０ａおよび１１０ｂに加わる圧力のばらつきを抑制できる。よって、共振周波数のばらつき等を抑制できる。一例として、複数の構造を作製したところ、共振周波数のばらつきは６００Ｈｚ以下であった。圧電素子１１０ａおよび１１０ｂを押圧する機構はねじの嵌め合わせ以外でもよい。

[0113] 実施例５において、第１部材１３０のねじ山１３６の呼び径ｄ（最大径）が６ｍｍのとき、トルクレンチを用い第１部材１３０の締め付けトルクＴを測定すると約０．１Ｎ・ｍであった。第１部材１３０が圧電素子１１０ｂを押す力ＦはＴ／（ｋ×ｄ）であり、トルク係数ｋを０．２とすると、Ｆ＝８３Ｎである。圧電素子１１０ａおよび１１０ｂのＸＹ平面の面積は３．５ｍｍ×３．５ｍｍである。よって、第１部材１３０が圧電素子１１０ｂを押圧する圧力は６．８×10^{6}Ｐａである。筐体１２５の機械振動のＱ値を向上させる効果は、圧力が６．８×10^{6}Ｐａの１／１０程度でも生じると考えられる。よって、第１部材１３０および第２部材１２０が圧電素子１１０ａおよび１１０ｂを押圧する圧力は、５×10^{5}Ｐａ以上が好ましく、１×10^{6}Ｐａ以上がより好ましく、２×10^{6}Ｐａ以上がさらに好ましい。

[0114] 第１部材１３０と圧電素子１１０ｂとの間に支持部材１１２ｂ（第３部材）を設け、第２部材１２０と圧電素子１１０ａとの間に支持部材１１２ａ（第４部材）を設ける。支持部材１１２ａおよび１１２ｂの少なくとも一方が設けられていればよい。圧電体１４０としてＰＺＴを用いた場合、ＰＺＴのヤング率は約６０ＧＰａである。筐体１２５として樹脂を用いた場合には、樹脂のヤング率は１０ＧＰａ以下である。これに対し、支持部材１１２ａおよび１１２ｂとしてステンレスを用いた場合、ステンレスのヤング率は約１

２０ＧＰａである。また、アルミニウムのヤング率は約７０ＧＰａである。このように、支持部材１１２ｂのヤング率は、圧電体１４０のヤング率および第１部材１３０のヤング率より大きく、支持部材１１２ｂのヤング率は、圧電体１４０のヤング率および第２部材１２０のヤング率より大きい。支持部材１１２ａおよび１１２ｂを設けることで、圧電素子１１０ａおよび１１０ｂに荷重が加わり、振動の伝達を強化することができる。よって、筐体１２５の共振周波数が押圧により変動することが抑えられ、かつＱ値がより向上する。支持部材１１２ａおよび１１２ｂの少なくとも一方が設けられていればよい。支持部材１１２ｂおよび１１２ａのヤング率は、圧電体１４０のヤング率並びにそれぞれ第１部材１３０および第２部材１２０のヤング率の１．２倍以上が好ましく、１．５倍以上がより好ましい。

[0115] 図１８のように、圧電素子１１０ａおよび１１０ｂにおいて、複数の第１電極１４２および複数の第２電極１４４はＺ方向において互い違いに設けられ、複数の圧電体層１４１の１つは、複数の第１電極１４２のうち１つと複数の第２電極１４４のうち１つにＺ方向において挟まれる。このような構造により、Ｚ方向の変位量をより大きくでき、触覚生成装置の特性をより向上できる。

[0116] 図２０（ａ）および図２０（ｂ）は、実施例５における第２部材の別の例を示す断面図である。図２０（ａ）に示すように、第１部材１３０の頭部１３２の＋Ｚ側の面は、平坦である。図２０（ｂ）に示すように、第１部材１３０の頭部１３２の＋Ｚ側の面の周縁部が－Ｚ方向に傾斜している。第１部材１３０の＋Ｚ側の面の形状を変えることで、異なる触感を得ることができる。例えば、図２０（ａ）および図２０（ｂ）のように、＋Ｚ側の面が平坦または＋Ｚ方向に膨らむ第１部材１３０を用いると、気泡緩衝材（Bubble wrap）のような柔らかい風船の触覚を得ることができる。

[0117] ［実施例５の変形例１］

図２１は、実施例５の変形例１の触覚生成装置の模式図である。振動器１１５は側面を部材１７０は断面を図示している。図２１に示すように、実施

例５の変形例１の触覚生成装置２０２では、振動器１１５の第２部材１２０を部材１７０にはめ込み、第１部材１３０の周りを部材１７０が囲んでいる。部材１７０は第１部材１３０には接触していない。部材１７０は第１部材１３０より柔らかい樹脂である。部材１７０が第２部材１２０に接触することで、第２部材１２０の振動は部材１７０に伝達される。これにより、部材１７０に柔らかい触覚を生じさせることができる。

実施例 6

[0118] 図２２（ａ）は、実施例６における振動器の第１部材の断面図、図２２（ｂ）は、実施例６における振動器の第２部材の断面図である。図２２（ａ）に示すように、実施例６における振動器１１５の第１部材１３０は、＋Ｚ側の面に溝１３３が設けられている。その他の構成は実施例５の第１部材と同じである。

[0119] 図２２（ｂ）に示すように、実施例６における振動器１１５の第２部材１２０は、実施例５の第２部材に比べ大きい。凹部１２８の－Ｚ方向にＹ方向に第２部材１２０を貫通する孔１２７ｂが設けられている。孔１２７ｂの断面形状は円形状である。第２部材１２０の－Ｚ側の面には台座にねじ止めするためのねじ穴１２７ａが設けられている。その他の構成は実施例５の第１部材と同じである。

[0120] 実施例６のように、振動器１１５の筐体１２５の形状および材料は適宜選択できる。

実施例 7

[0121] 図２３は、実施例７における触覚生成装置の模式図である。触覚生成装置２０４の一部を断面で図示している。図２３に示すように、台座１６０に継手部材１７２が固定されている。継手部材１７２は上下方向に長い円柱形状である。継手部材１７２の上面には、ねじ穴１７２ａが設けられている。部材１７４は、上下方向に長い円柱形状である。部材１７４の上下面にはねじ部１７４ａが設けられている。ねじ部１７４ａをねじ穴１７２ａにねじ止めすることで、部材１７４を継手部材１７２に固定している。部材１７４には

水平方向に延伸する穴１７４ｂが形成されている。穴１７４ｂ内に実施例５の振動器１１５が埋め込まれ固定されている。駆動装置１６２は、振動器１１５の圧電素子１１０ａおよび１１０ｂの第１電極１４２と第２電極１４４との間に図１９のように変調波１６６を供給する。実施例７では、部材１７４を水平方向で握ることで、部材１７４に柔らかい触覚を得ることができる。その他の構成は実施例５と同じであり説明を省略する。

[0122] 実施例５の変形例１および実施例７では、部材１７０または１７４は、筐体１２５の少なくとも一部分（例えば実施例５の変形例１では第２部材１２０）に接し、筐体１２５が接した部分より柔らかい。すなわち、部材１７０または１７４のヤング率は筐体１２５のヤング率より小さい。これにより、部材１７０または１７４に筐体１２５に接した部分から振動が伝達する。部材１７０または１７４を触ると、柔らかい触覚が得られる。

実施例 8

[0123] 図２４（ａ）は、実施例７における触覚生成装置の平面図、図２４（ｂ）は、図２４（ａ）のＡ－Ａ断面図である。振動器１１５ａの平面視における長辺および短辺の延伸方向をそれぞれＸ方向およびＹ方向、振動器１１５ａの上面の法線方向をＺ方向とする。

[0124] 図２４（ａ）および図２４（ｂ）に示すように、触覚生成装置２０６は、振動器１１５ａの平面形状は短冊状（長辺が短辺より非常に長い矩形状）である。振動器１１５ａを部材１７６が覆い接触している。部材１７６の平面形状も短冊状である。部材１７６は、振動器１１５ａより柔らかい。駆動装置１６２は、振動器１１５ａに図１９のような変調波１６６を供給する。これにより、振動器１１５ａには変調波１６６に対応する振動が生じる。振動器１１５の振動は矢印１５６のようにＸ方向である。

[0125] 図２５は、実施例８における振動器の断面図である。図２５に示すように、振動器１１５ａは圧電素子１１０である。圧電素子１１０では、複数の圧電体層１４１からなる圧電体１４０、複数の第１電極１４２および複数の第２電極１４４を備えている。複数の第１電極１４２および複数の第２電極１

４４はＺ方向において互い違いに設けられている。１つの圧電体層１４１は、Ｚ方向において１つの第１電極１４２と１つの第２電極１４４とに挟まれている。圧電体１４０の－Ｘ側の側面に第１電極１４２が電気的に接続される第１外部電極１４３が設けられている。圧電体１４０の＋Ｘ側の側面に第２電極１４４が電気的に接続される第２外部電極１４５が設けられている。圧電素子１１０のように、平面形状がＸ方向に長い短冊状の場合、第１外部電極１４３と第２外部電極１４５との間に電圧を印加することで、圧電体１４０は、矢印１５６のようにＸ方向に伸縮する。このように、第１電極１４２および第２電極１４４に電圧を印加することで、平面方向に伸縮する振動モードを横変位型モードまたはｄ３１モードという。

[0126] 実施例８のように、振動器１１５ａは、主に横変位型モードで振動する圧電素子１１０でもよい。また、振動器１１５ａは筐体１２５を設けず、圧電素子１１０が部材１７６に直接接していてもよい。主に縦変位型モードで振動する圧電素子が部材１７６に直接接していてもよい。また、振動器は、圧電素子以外の機構により振動してもよい。これらの触覚生成装置においても、柔らかい触覚を生成することができる。

[0127] 以上、本発明の実施例について詳述したが、本発明はかかる特定の実施例に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載された本発明の要旨の範囲内において、種々の変形・変更が可能である。

請求の範囲

[請求項1] 圧電体層と、前記圧電体層を挟む第１電極および第２電極と、を備え、前記第１電極と前記第２電極との間に電圧を印加することで前記第１電極および前記第２電極が前記圧電体層を挟む方向に伸縮する圧電素子と、

前記圧電素子を前記方向において挟む第１部材および第２部材を備え、前記第１部材と前記第２部材とは前記圧電素子を前記方向に押圧し、前記第１部材は前記方向に前記圧電素子の伸縮に対応する音波を出力する筐体と、

を備える振動発生装置。

[請求項2] 前記第１部材と前記第２部材とは、前記第１部材に設けられたねじ山と前記第２部材に設けられたねじ山とを嵌め合わせることにより前記圧電素子を押圧する請求項１に記載の振動発生装置。

[請求項3] 前記第１部材と前記第２部材とが接合する第３部材を備え、

前記第１部材に設けられたねじ山と前記第３部材に設けられたねじ山とを嵌め合わせ、かつ前記第２部材に設けられたねじ山と前記第３部材に設けられたねじ山とを嵌め合わせることにより、前記第１部材と前記第２部材とは、前記圧電素子を押圧する請求項１に記載の振動発生装置。

[請求項4] 前記第１部材と前記圧電素子との間に設けられ、前記第１部材のヤング率および前記圧電体層のヤング率より大きなヤング率を有する第４部材と、前記第２部材と前記圧電素子との間に設けられ、前記第２部材のヤング率および前記圧電体層のヤング率より大きなヤング率を有する第５部材と、の少なくとも一方の部材を備える請求項１から３のいずれか一項に記載の振動発生装置。

[請求項5] 前記第１部材および前記第２部材が前記圧電素子を押圧する圧力は、５×１０^{5}Ｐａ以上である請求項１から３のいずれか一項に記載の振動発生装置。

[請求項6] 前記圧電体層、前記第１電極および前記第２電極は各々複数設けられ、前記複数の第１電極および前記第２電極は前記方向において互い違いに設けられ、前記複数の圧電体層の１つは、前記複数の第１電極のうち１つと前記複数の第２電極のうち１つに前記方向において挟まれる請求項１から３のいずれか一項に記載の振動発生装置。

[請求項7] 前記第１部材は、前記方向の空間に前記音波を出力し、

前記圧電素子に、前記電圧として前記筐体の共振周波数の０．８６倍以上かつ１．１４倍以下の周波数を有する搬送波を前記搬送波の周波数より低い周波数を有する信号波により振幅変調させた変調波が供給される請求項１から３のいずれか一項に記載の振動発生装置。

[請求項8] 前記信号波の周波数は７０Ｈｚ以上かつ１０００Ｈｚ以下である請求項７に記載の振動発生装置。

[請求項9] 前記第１部材は、前記方向の空間に前記音波を出力し、

前記圧電素子に、前記電圧として、前記筐体の共振周波数の０．８６倍以上かつ１．１４倍以下の周波数を有する第１搬送波を、５０Ｈｚ以上かつ３００Ｈｚ以下である周波数を有する第２搬送波を１Ｈｚ以上かつ６０Ｈｚ以下である周波数を有する信号波で振幅変調された第１変調波で、振幅変調された第２変調波を供給する請求項１から３のいずれか一項に記載の振動発生装置。

[請求項10] 前記第１部材の前記空間側の面は、中央部が前記圧電素子の方に凹む請求項７に記載の振動発生装置。

[請求項11] 前記圧電素子に、前記電圧として前記変調波を供給する駆動装置を備える請求項７に記載の振動発生装置。

[請求項12] 前記第１部材の前記方向における表面を被押当部材に押当てることで前記被押当部材から音波が発生するように、前記圧電素子に前記電圧が供給される請求項１から３のいずれか一項に記載の振動発生装置。

[請求項13] 前記第１部材の前記表面を前記被押当部材に押当てる押当部材と、

前記圧電素子に前記電圧を供給する駆動装置と、

を備える請求項１２に記載の振動発生装置。

[請求項14] 振動器と、

前記振動器の共振周波数の０．８６倍以上かつ１．１４倍以下の周波数を有する搬送波を前記搬送波の周波数より低く１Ｈｚ以上かつ６０Ｈｚ以下の周波数を有し矩形波である信号波により振幅変調させ、変調度が５０％以上かつ１００％より小さい変調波を生成して、前記振動器に前記変調波を供給する駆動装置と、

を備える触覚生成装置。

[請求項15] 前記振動器は、

圧電体層と、前記圧電体層を挟む第１電極および第２電極と、を備え、前記第１電極と前記第２電極との間に電圧を印加することで前記第１電極および前記第２電極が前記圧電体層を挟む方向に伸縮する圧電素子と、

前記圧電素子を前記方向において挟む第１部材および第２部材を備え、前記第１部材と前記第２部材とは前記圧電素子を前記方向に押圧し、前記圧電素子の伸縮に対応する振動を出力する筐体と、

を備える請求項１４に記載の触覚生成装置。

[請求項16] 前記第１部材と前記第２部材とは、ねじを嵌め合わせることにより前記圧電素子を押圧する請求項１５に記載の触覚生成装置。

[請求項17] 前記第１部材と前記圧電素子との間に設けられ、前記第１部材のヤング率および前記圧電体層のヤング率より大きなヤング率を有する第３部材と、前記第２部材と前記圧電素子との間に設けられ、前記第２部材のヤング率および前記圧電体層のヤング率より大きなヤング率を有する第４部材と、の少なくとも一方の部材を備える請求項１５または１６に記載の触覚生成装置。

[請求項18] 前記第１部材および前記第２部材が前記圧電素子を押圧する圧力は、５×１０^{5}Ｐａ以上である請求項１６または１７に記載の触覚生成

装置。

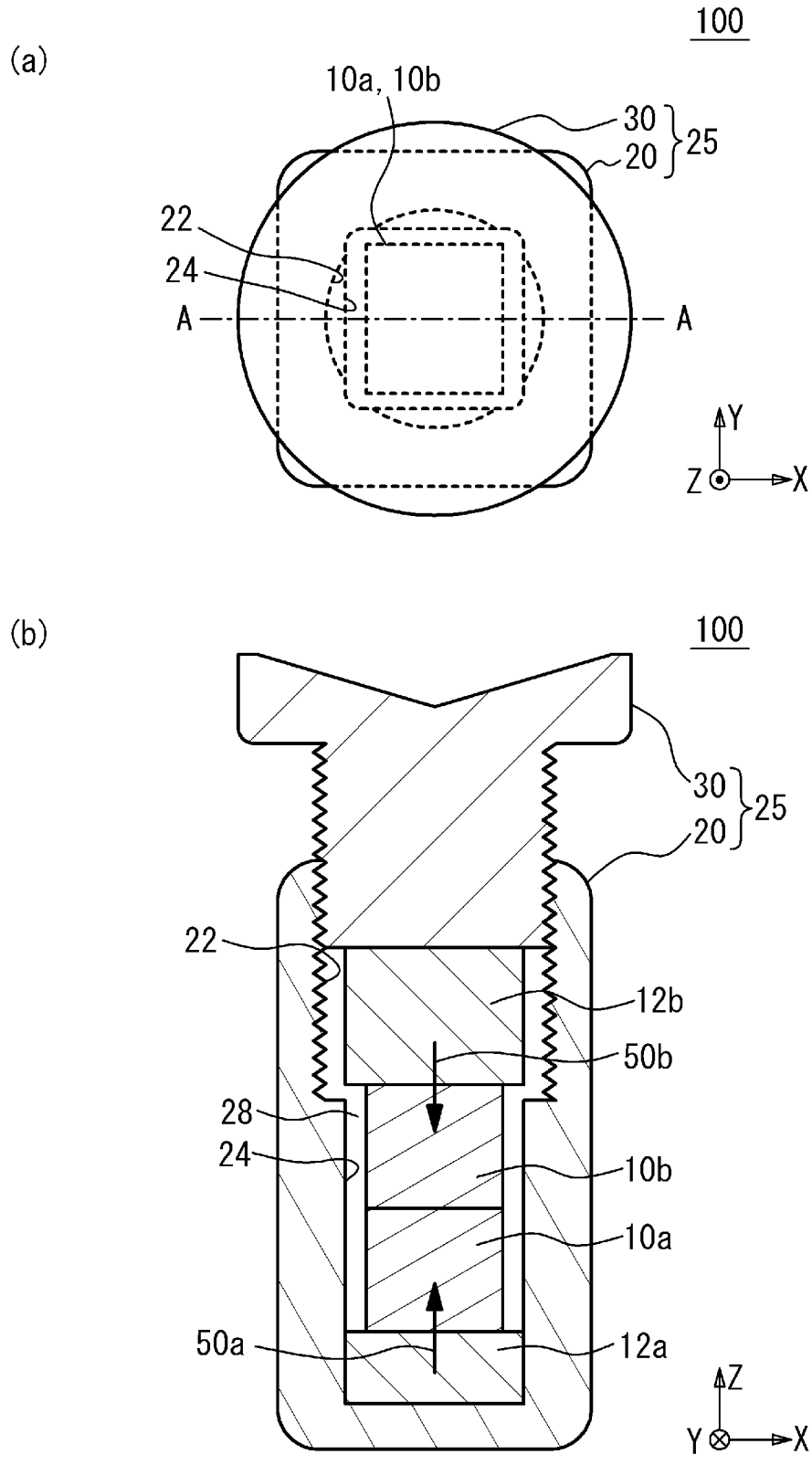
[請求項19] 前記圧電体層、前記第１電極および前記第２電極は各々複数設けられ、前記複数の第１電極および前記第２電極は前記方向において互い違いに設けられ、前記複数の圧電体層の１つは、前記複数の第１電極のうち１つと前記複数の第２電極のうち１つに前記方向において挟まれる請求項１６または１７に記載の触覚生成装置。

[請求項20] 前記筐体の少なくとも一部分に接し、前記少なくとも一部分から振動が伝達し、前記少なくとも一部分より柔らかい部材を備える請求項１６に記載の触覚生成装置。

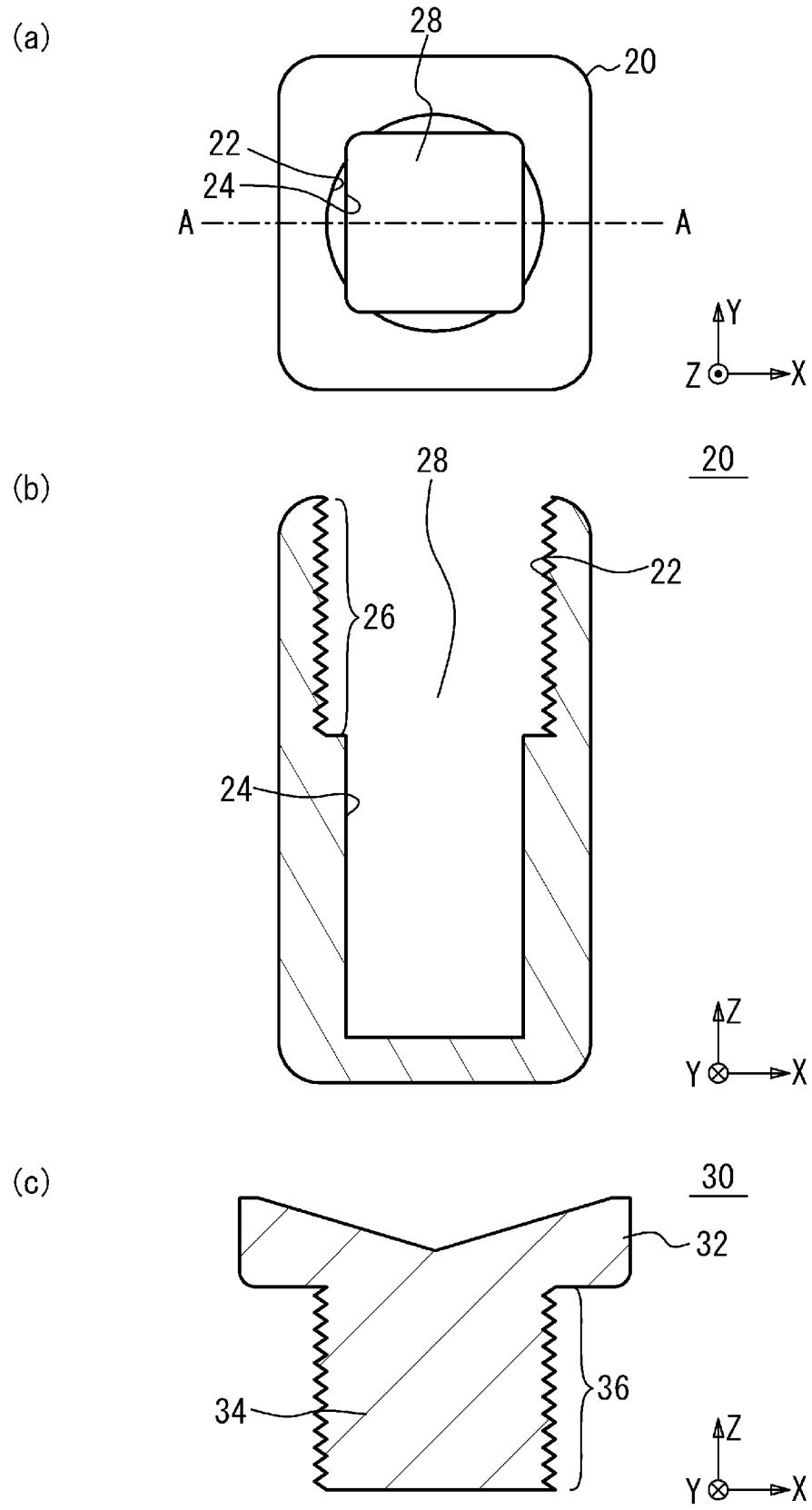
[請求項21] 前記変調度は９８％以下である請求項１４または１５に記載の触覚生成装置。

[請求項22] 前記信号波の周波数は３Ｈｚ以上かつ５０Ｈｚ以下である請求項１４または１５に記載の触覚生成装置。

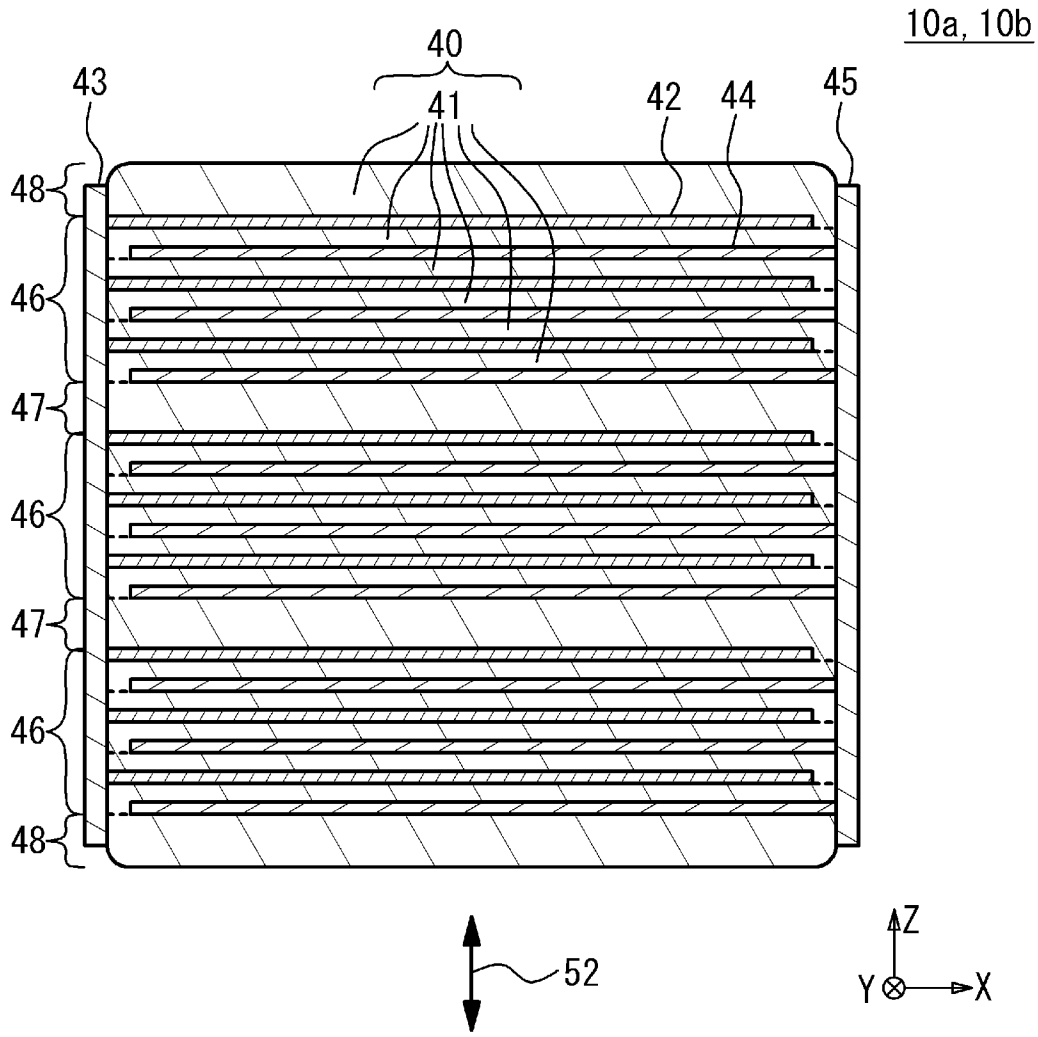
[図1]


(a)
100
10a, 10b
30
20
25
22
24
A
A
Y
Z
X
(b)
100
30
20
25
22
12b
50b
28
24
10b
10a
50a
12a
Z
Y
X

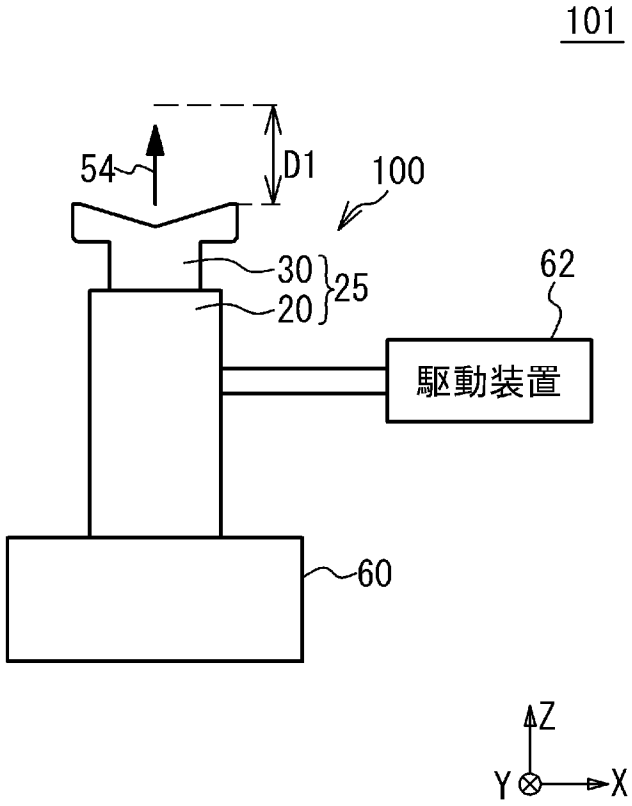
[図2]



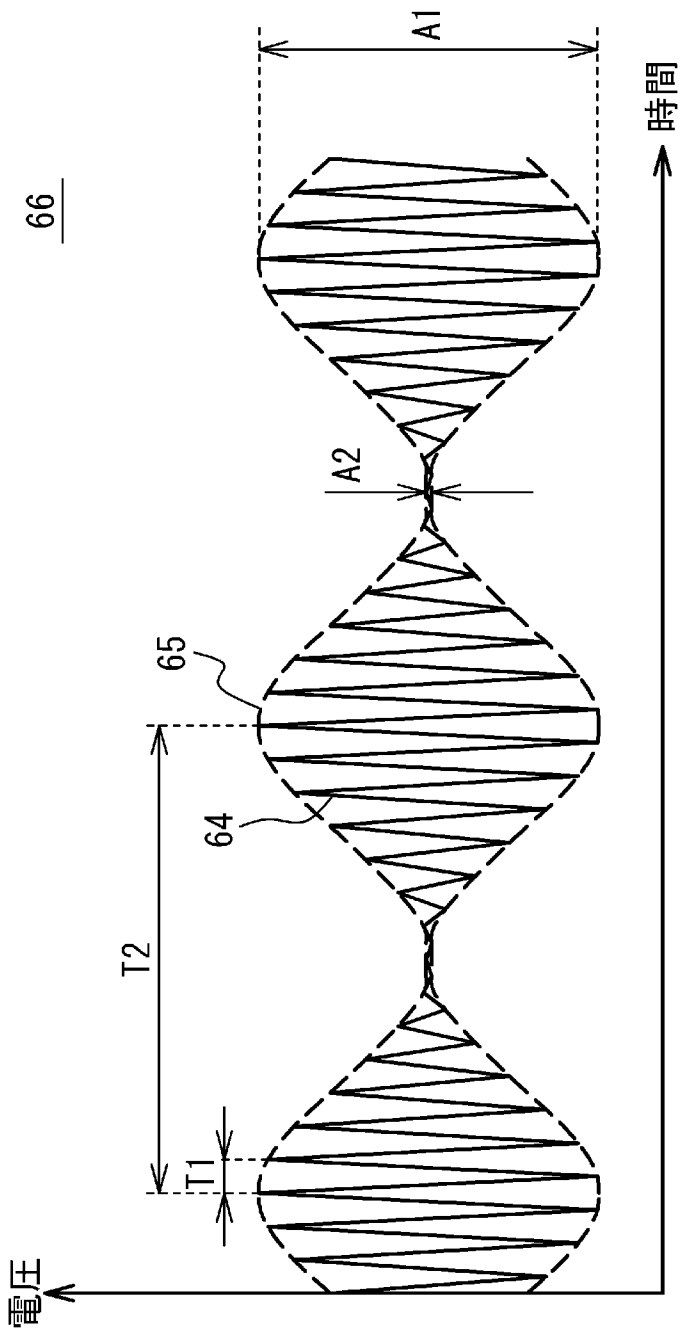
[図3]



[図4]

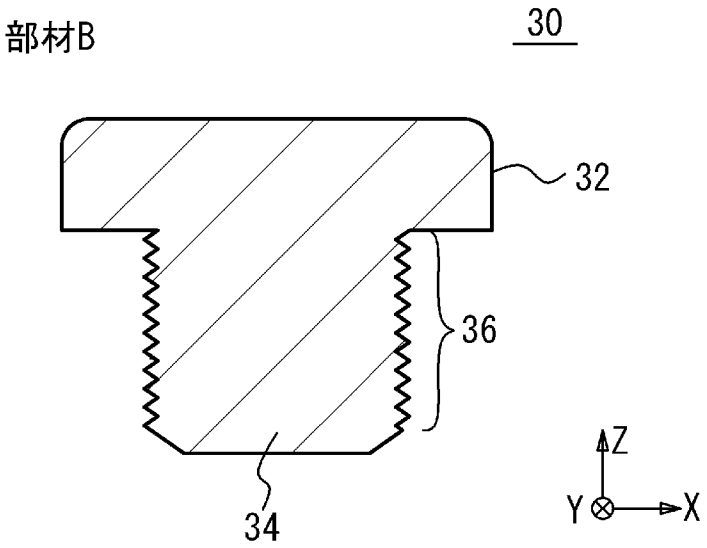


[図5]

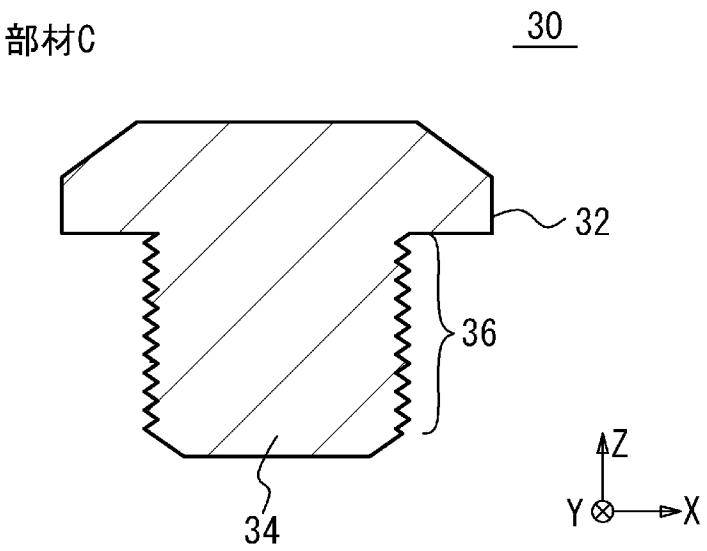


[図6]

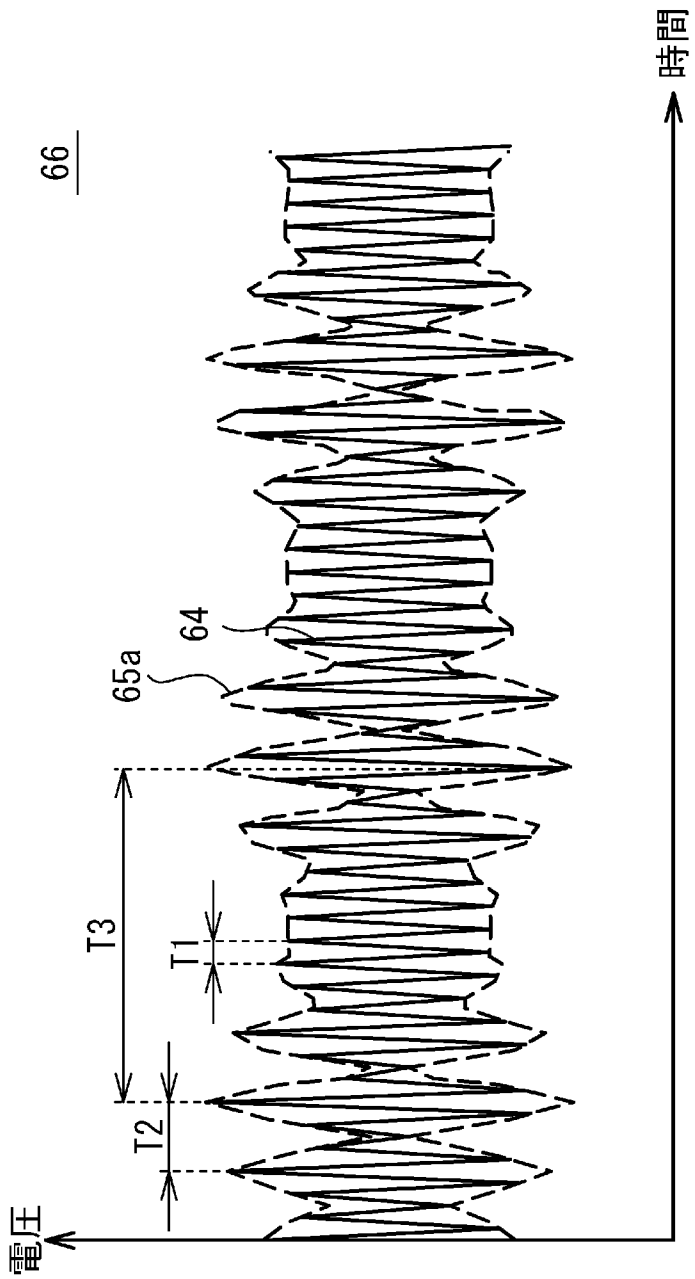
(a)



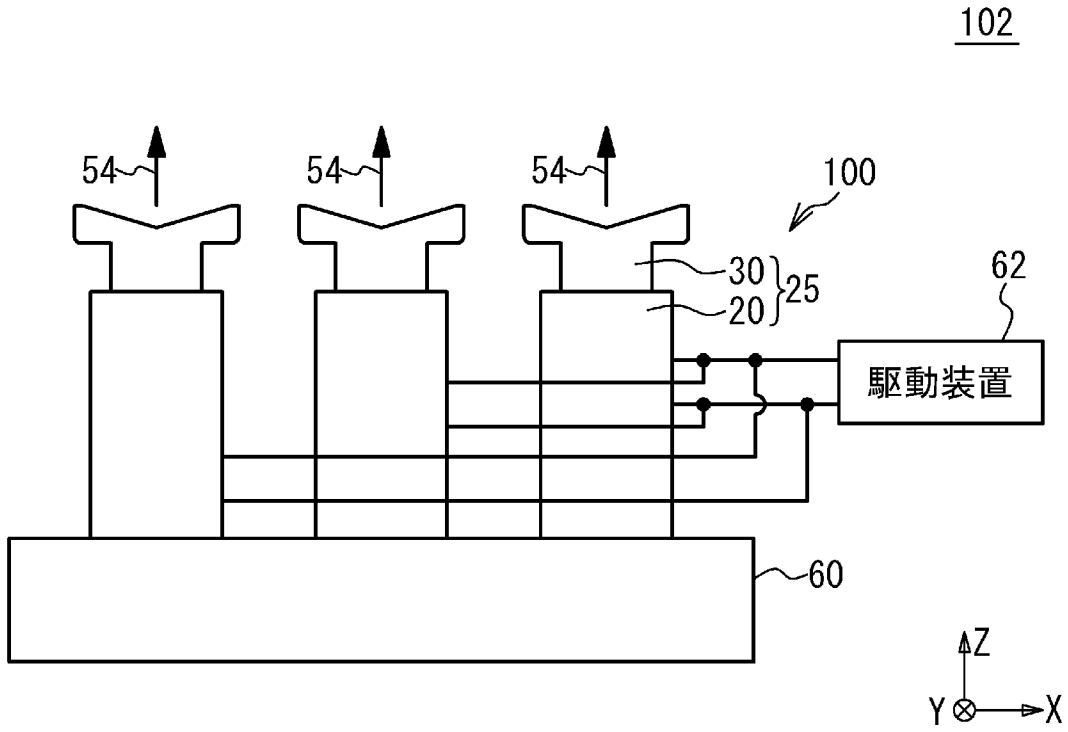
(b)



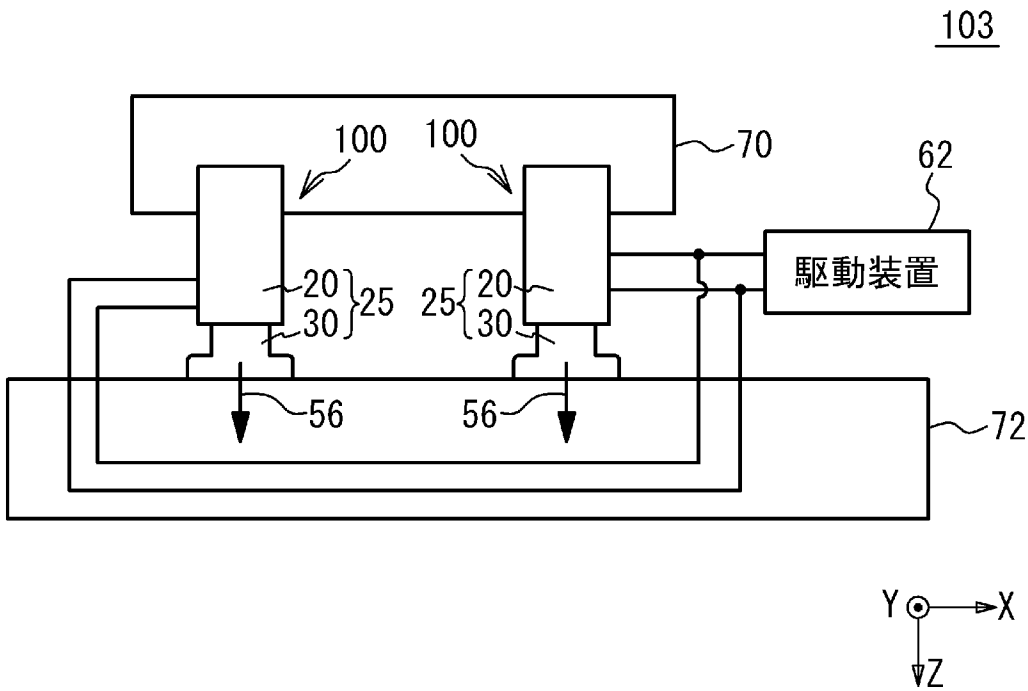
[図7]



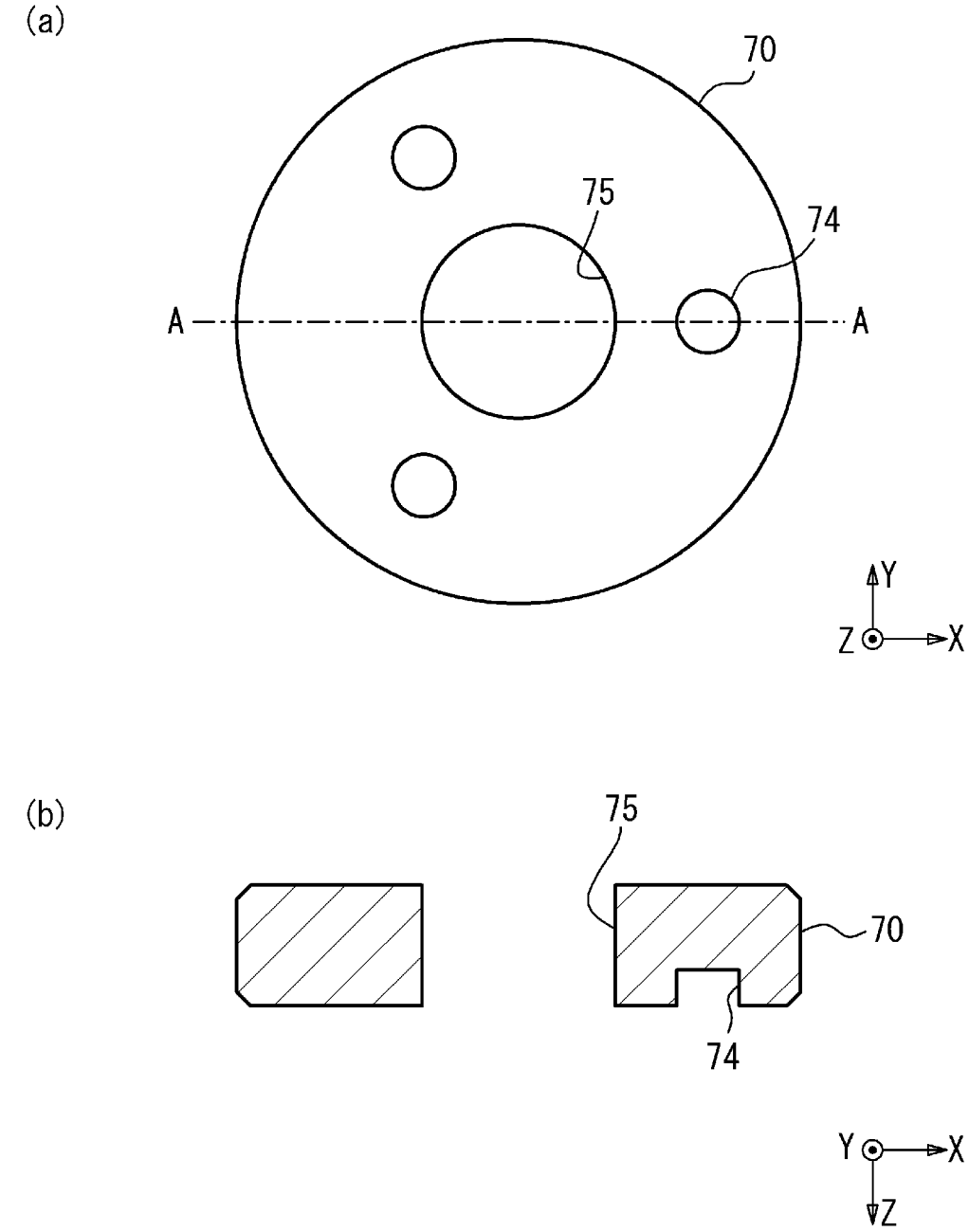
[図8]


102
54
54
54
100
30
20
25
62
駆動装置
60
Z
Y
X

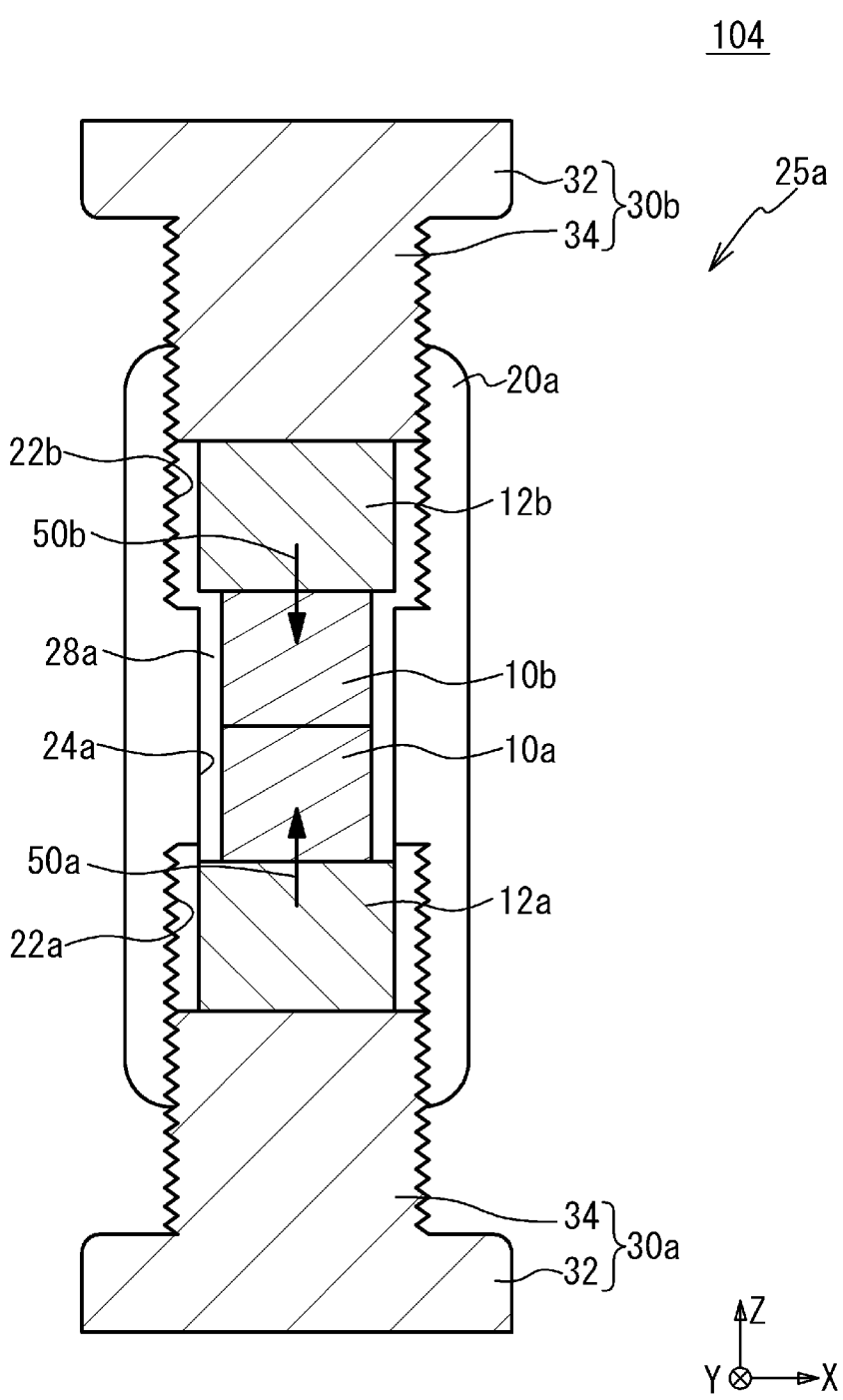
[図9]


103
100
100
70
62
駆動装置
20
30
25
25
20
30
56
56
72
Y
X
Z

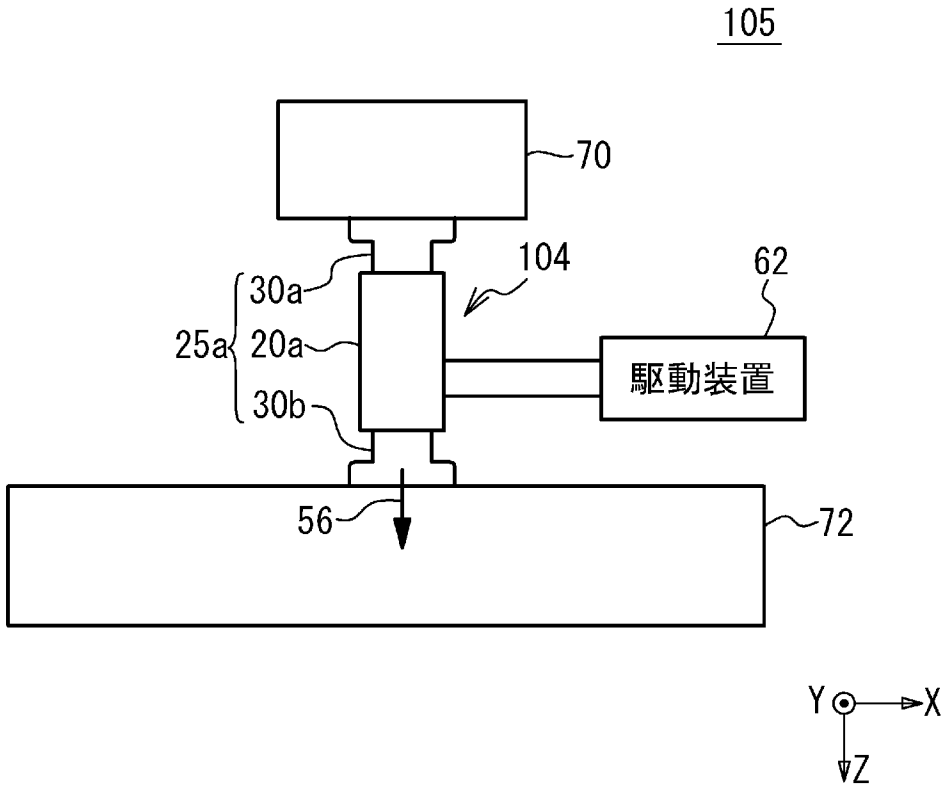
[図10]



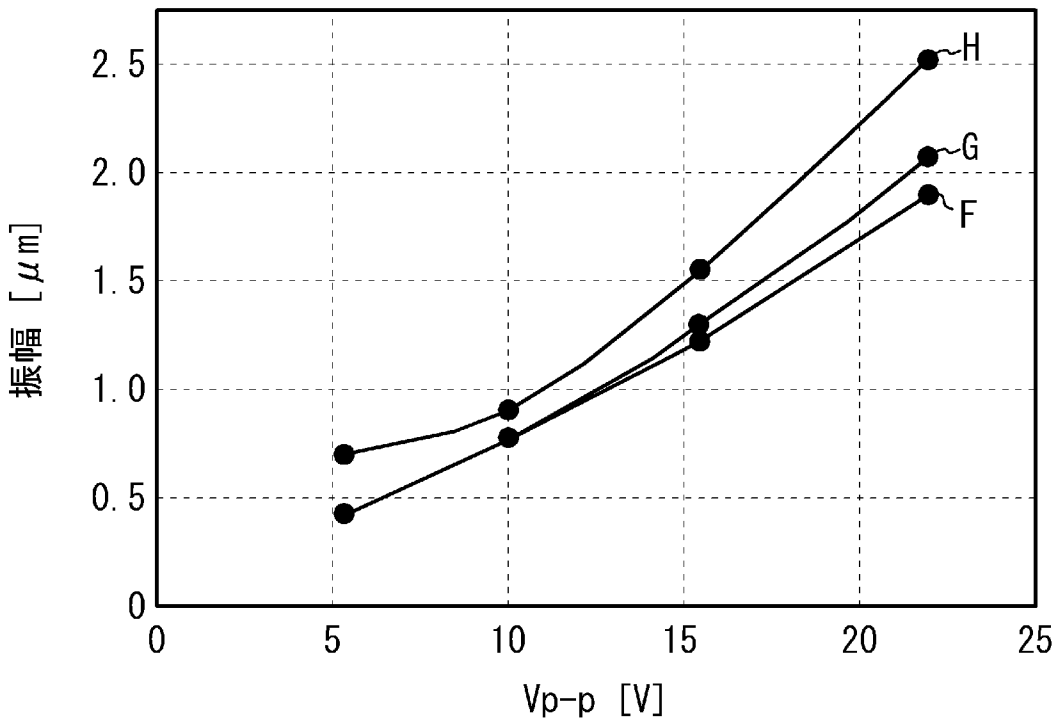
[図11]


104
32
30b
34
25a
20a
22b
12b
50b
28a
10b
24a
10a
50a
12a
22a
34
30a
32
Z
Y
X

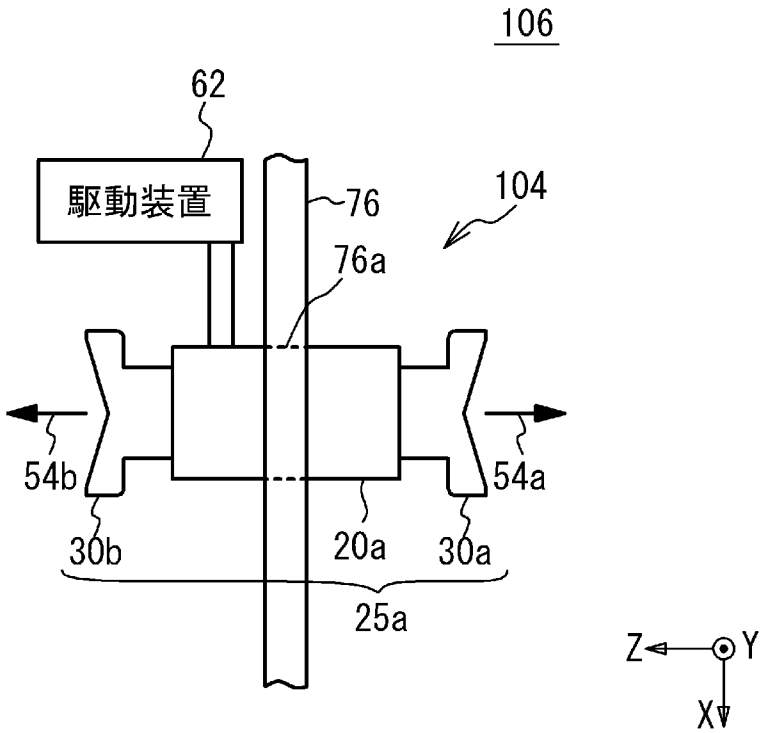
[図12]


105
70
104
62
30a
25a
20a
30b
駆動装置
56
72
Y
X
Z

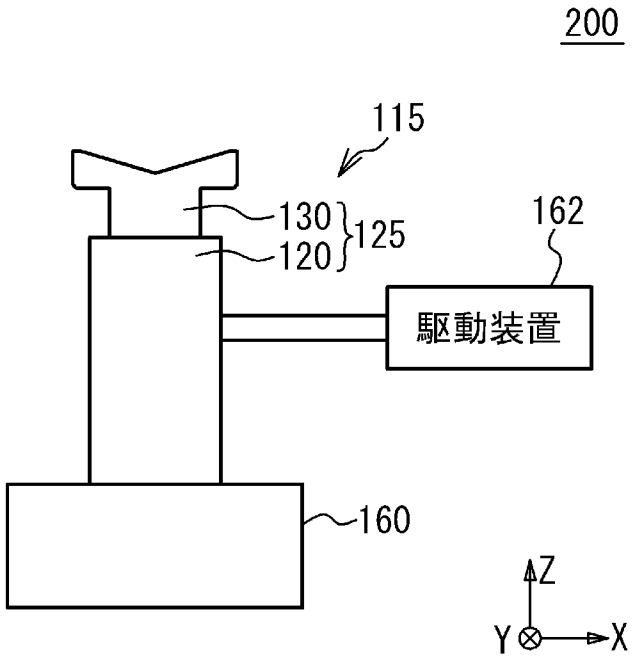
[図13]


2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0
振幅 [μm]
H
G
F
0
5
10
15
20
25
Vp-p [V]

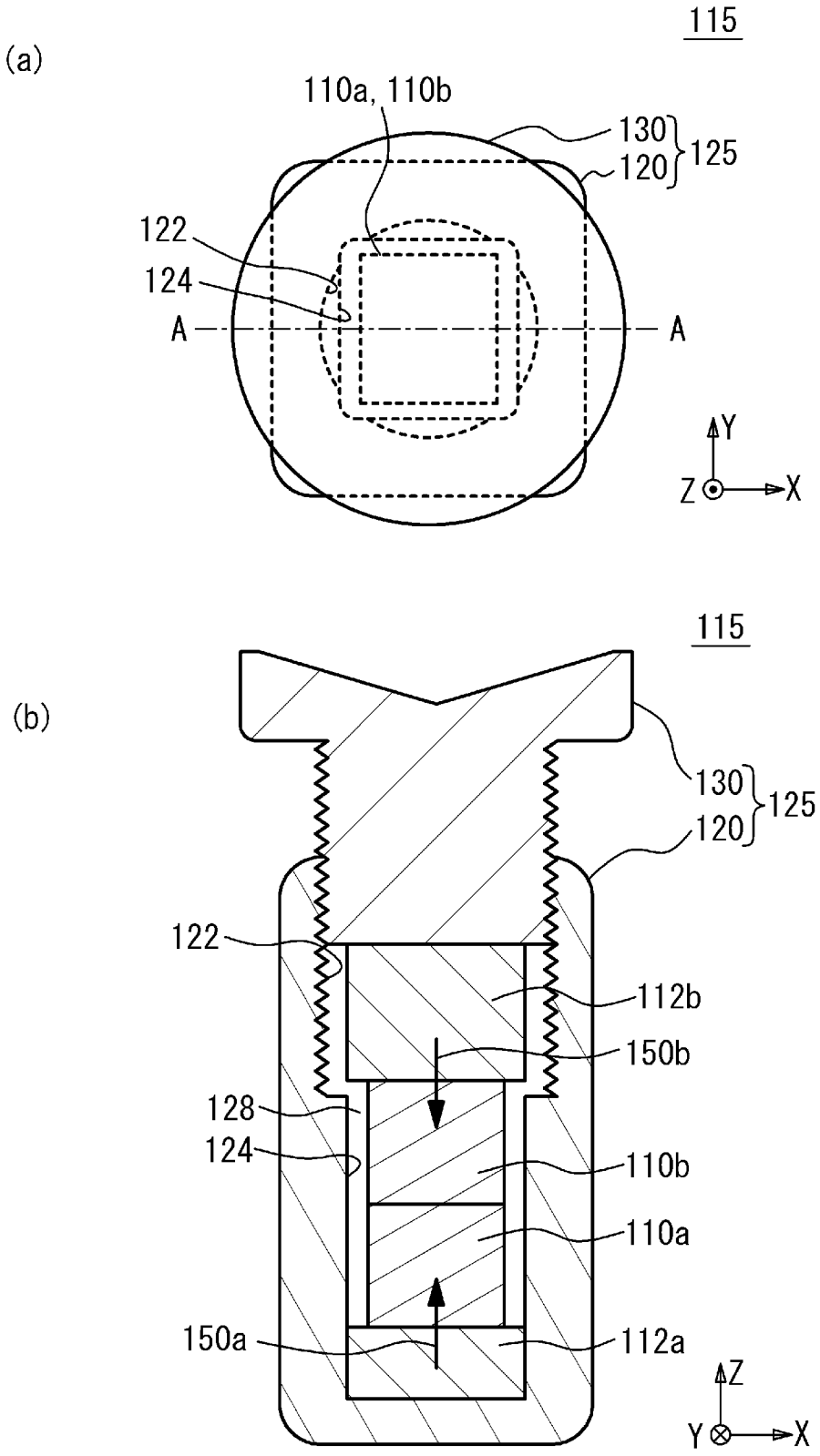
[図14]


106
62
駆動装置
76
104
76a
54b
54a
30b
20a
30a
25a
Z
Y
X

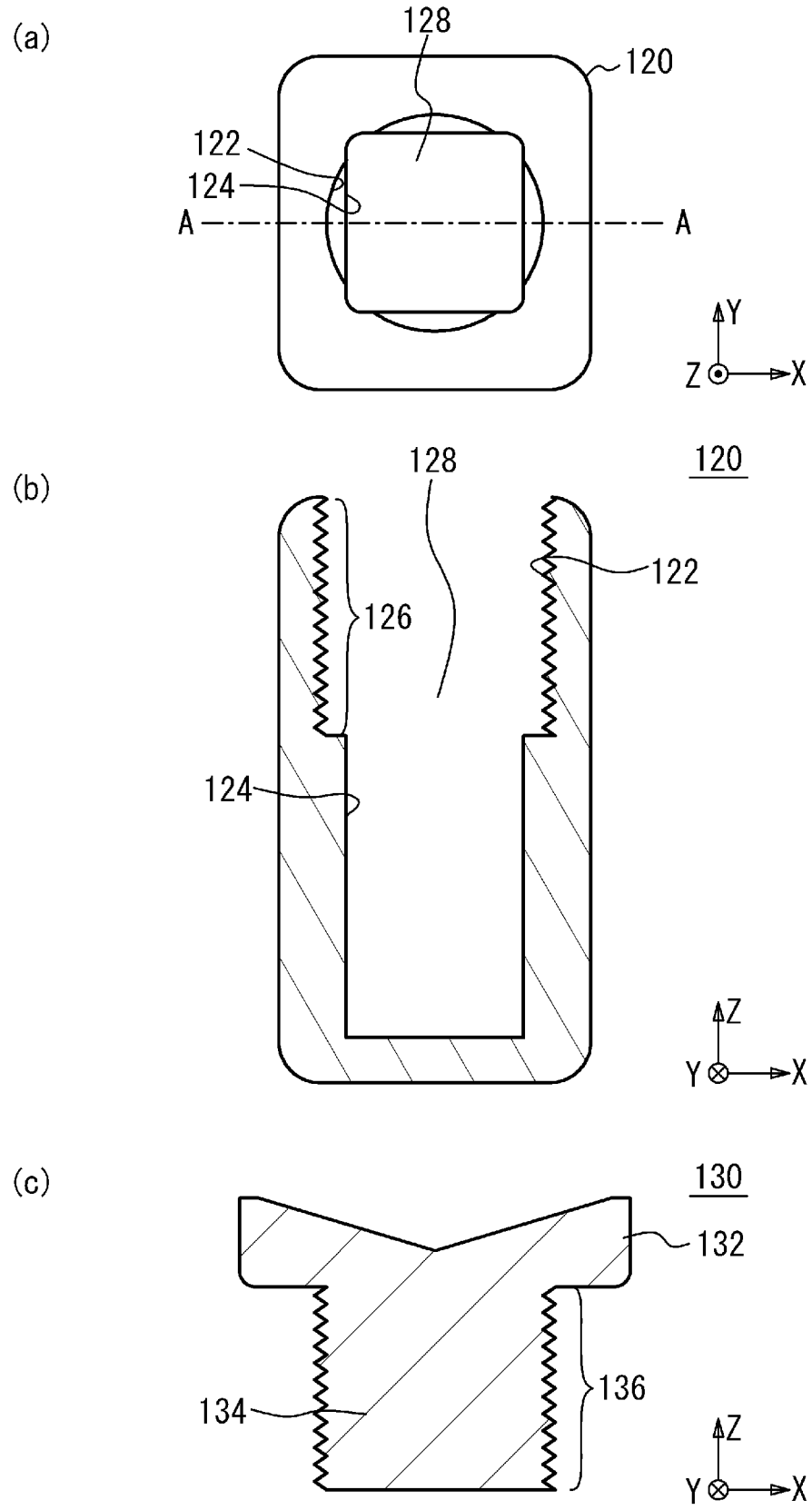
[図15]


200
115
130
125
120
162
駆動装置
160
Z
Y
X

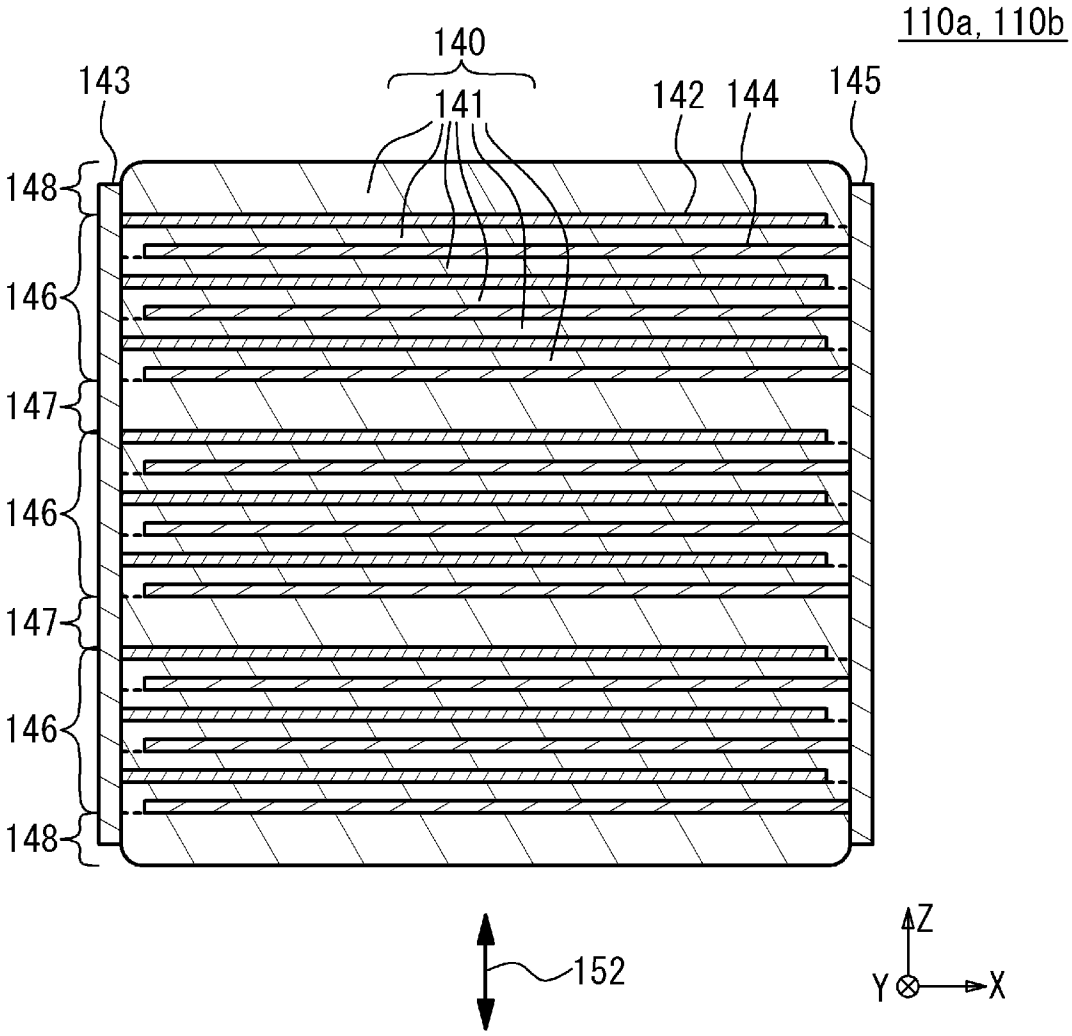
[図16]


(a)
115
110a, 110b
130
120
125
122
124
A
A
Y
Z
X
(b)
115
130
120
125
122
112b
150b
128
124
110b
110a
150a
112a
Z
Y
X

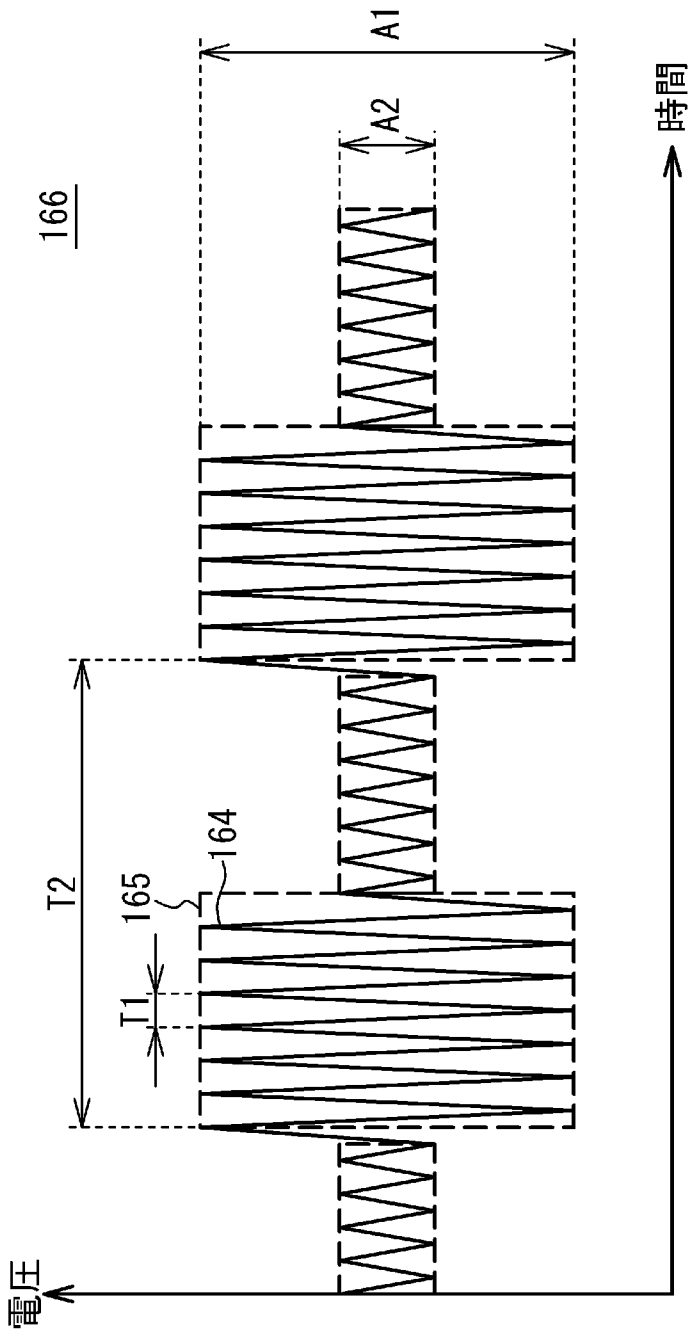
[図17]


(a)
128
120
122
124
A
A
Y
Z
X
(b)
128
120
122
126
124
Z
Y
X
(c)
130
132
136
134
Z
Y
X

[図18]

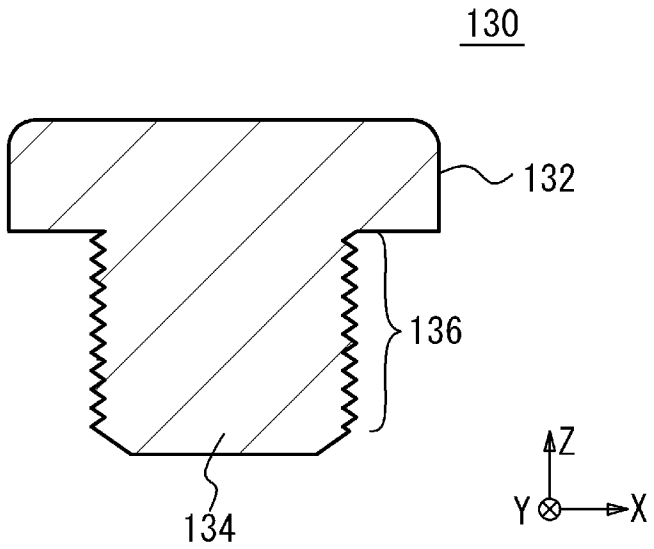

110a, 110b
140
141
143
142
144
145
148
146
147
146
147
146
148
152
Z
Y
X

[図19]

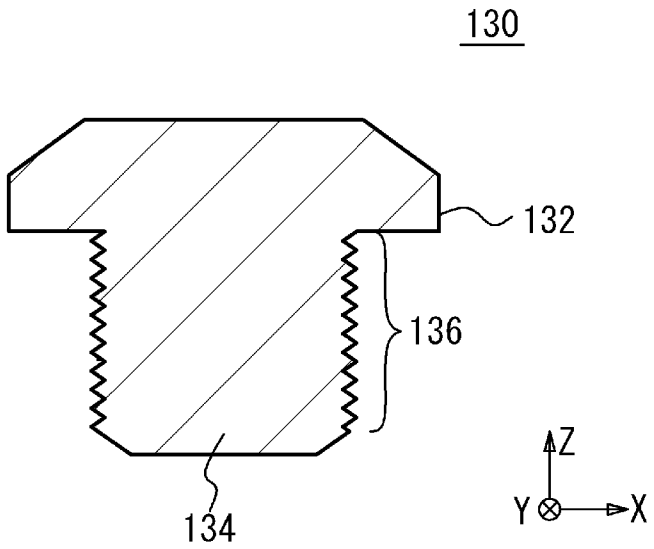


[図20]

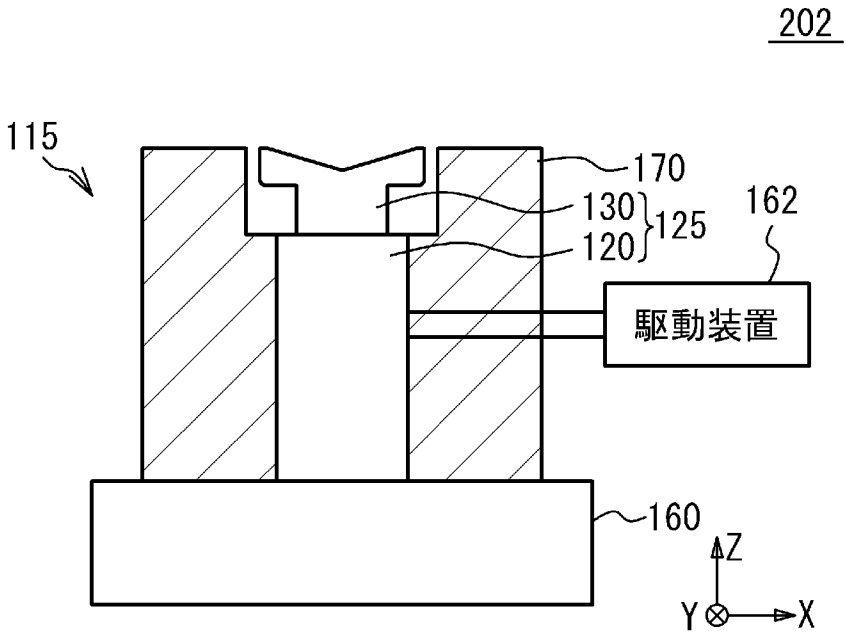
(a)



(b)

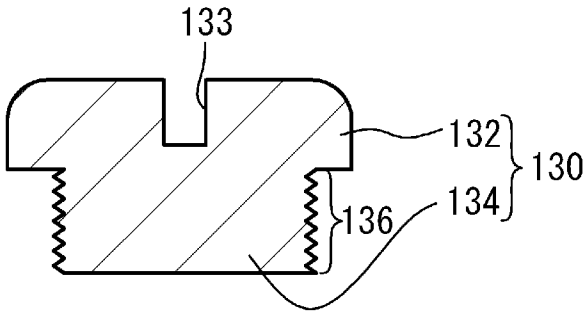


[図21]

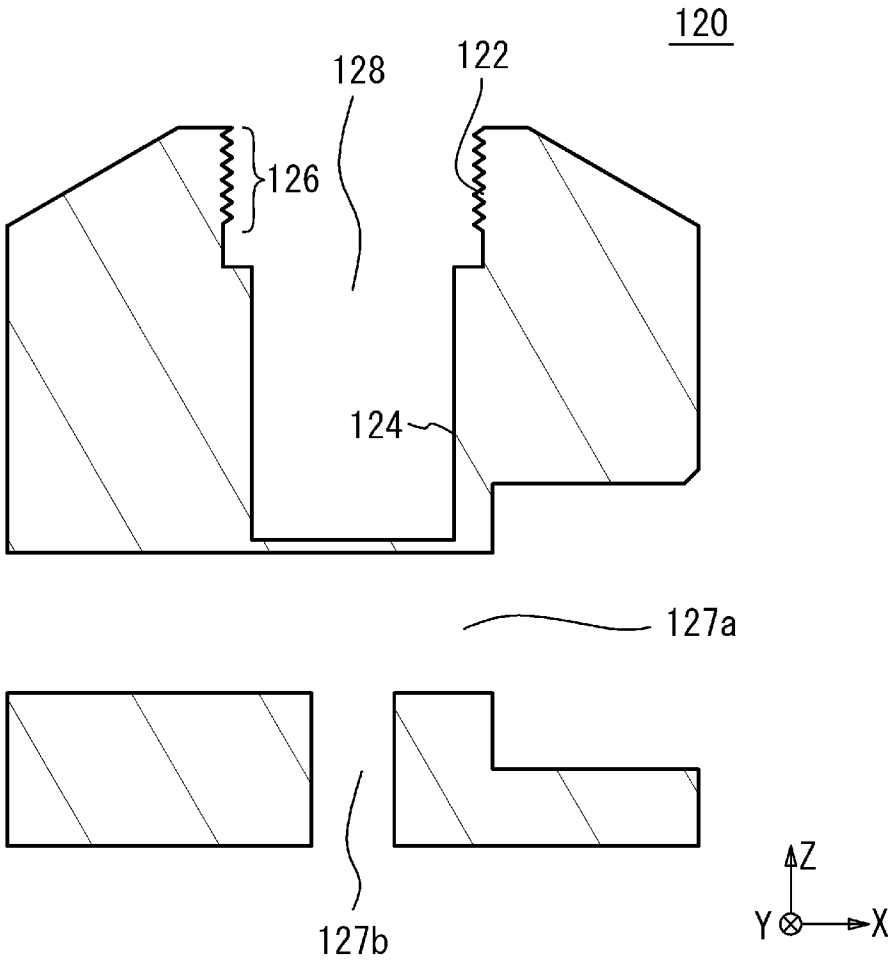


[図22]

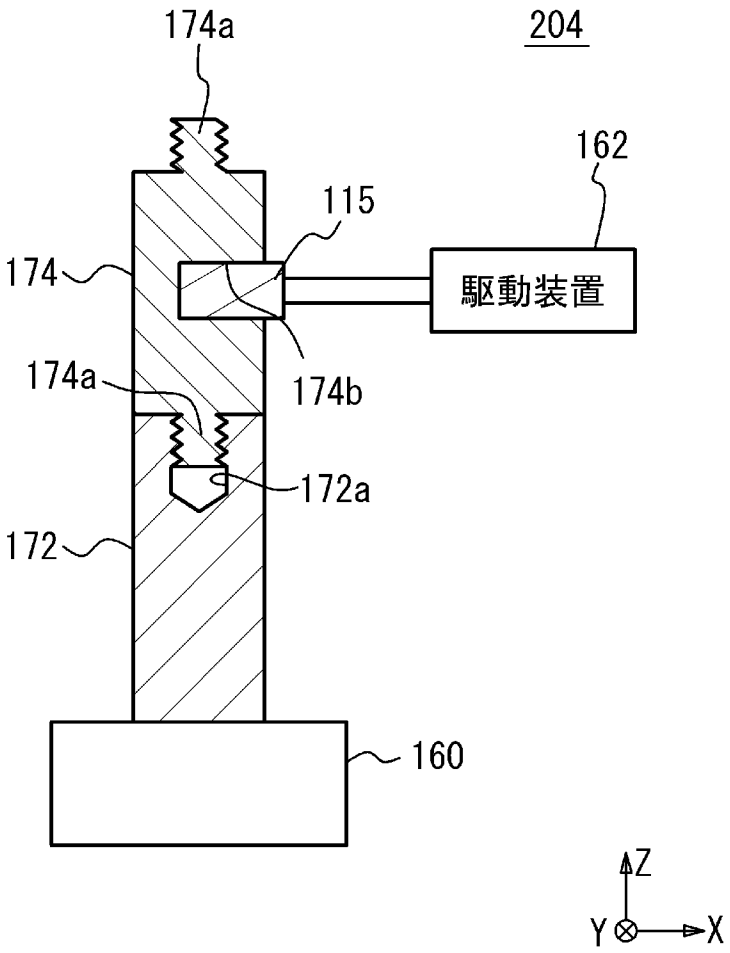
(a)



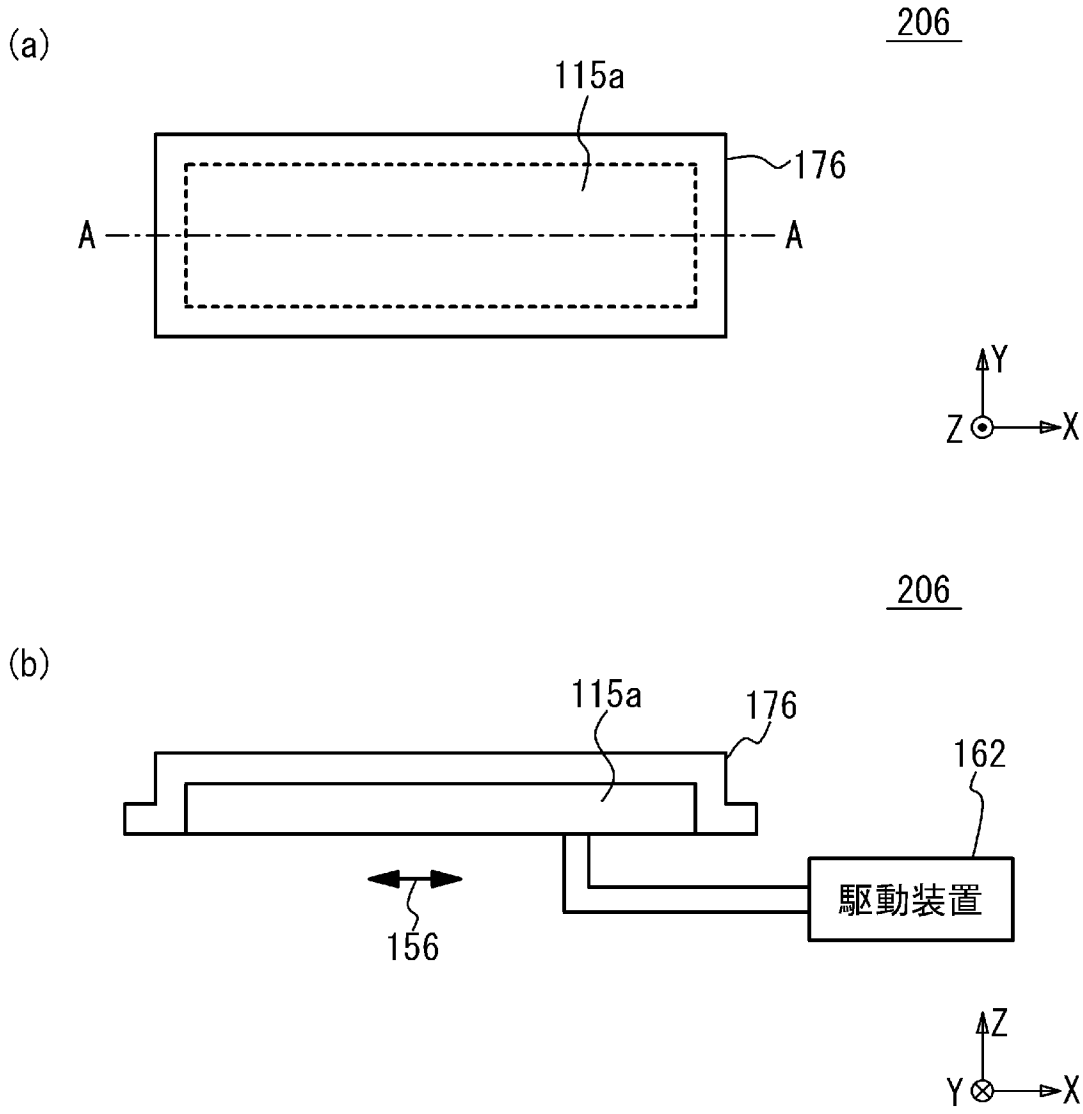
(b)



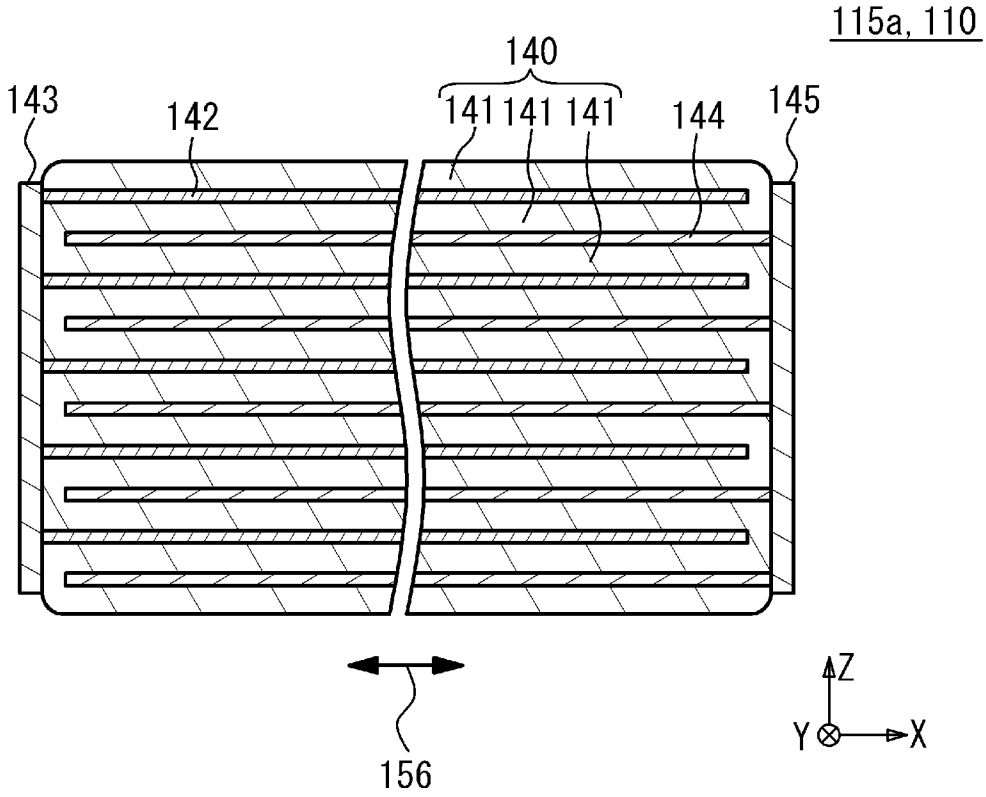
[図23]



[図24]



[図25]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2023/024763

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04R 17/00(2006.01)i; ***B06B 1/04***(2006.01)i; ***B06B 1/06***(2006.01)i; ***H04R 17/10***(2006.01)i
FI: H04R17/00; B06B1/04 S; B06B1/06 A; H04R17/00 330B; H04R17/00 330C; H04R17/00 330F; H04R17/00 330G; H04R17/00 330K; H04R17/10 330A

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)

H04R17/00; B06B1/04; B06B1/06; H04R17/10

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 1971-2023
Registered utility model specifications of Japan 1996-2023
Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

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	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 165104/1986 (Laid-open No. 073181/1988) (TDK CORP.) 16 May 1988 (1988-05-16), page 4, lines 2-13, fig. 1, 2	1-2, 4-5
Y		6, 12-13
X	JP 2009-077130 A (NGK SPARK PLUG CO., LTD.) 09 April 2009 (2009-04-09) paragraphs [0012], [0013], [0015], [0016], [0018], fig. 1	1, 3-6
Y		6, 12-13
X	CN 202778922 U (NINGBO SCIENTZ BIOTECHNOLOGY CO., LTD.) 13 March 2013 (2013-03-13) paragraphs [0031], [0040], fig. 1, 8	1, 3, 5-6
Y		6, 12-13
Y	JP 2005-136863 A (FUJITSU TEN LTD.) 26 May 2005 (2005-05-26) paragraph [0043], fig. 3	12-13

☐ 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	Date of mailing of the international search report
21 September 2023	**03 October 2023**
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

International application No.
PCT/JP2023/024763

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:

The claims are classified into the two inventions below.

(Invention 1) Claims 1-6 and 12-13

Document 1 describes

an ultrasonic transducer (page 4, lines 2 and 3),

wherein a flat washer 10A, a Q damp ring spacer 11, an electrode plate 12A having a disc shape with a through hole, a vibration piezoelectric element 1A having a disc shape with a through hole, an electrode plate 12B, a vibration piezoelectric element 1B, an electrode plate 12C, and a flat washer 10B are arranged on each other in this order, and these members are fastened and integrated with a bolt 13 being passed through the through holes of the members and screwed into a nut 14 (page 4, lines 4-13, and fig. 1 and 2),

the piezoelectric elements are disposed inside relative to the head 15 of the bolt 13 and inside relative to the nut 14 (fig. 1 and 2).

In light of document 1, claims 1 and 2 lack novelty, and thus do not have a special technical feature (STF).

Claim 4 citing claim 2 would be obtained by a simple design change to the prior art described in document 1, and thus does not have an STF.

There are no inventions of claims in the same category that include all matters specifying the invention of claim 4 citing claim 2.

Accordingly claims 1-2 already determined as to whether the claims have an STF and claim 4 citing claim 2 are classified as invention 1.

(Invention 2) 7-11 and 14-22

Claims 7-11 cannot be said to have the same or corresponding STFs between these claims and any of the claims classified as invention 1.

Meanwhile, claims 7-11 depend from claim 1 classified as invention 1. However, the technical feature of the invention of claim 1 relates to the structure of a vibration generator device, whereas the added technical feature of claims 7 and 9 relative to the foregoing invention relates to the waveform of voltage supplied in a vibration generator device. Thus these inventions have low technical relevance therebetween.

In addition, claims 7-11 are not substantially identical to or similarly closely related to any of the claims classified as invention 1.

Claims 14-22 cannot be said to have the same or corresponding STFs between these claims and any of the claims classified as invention 1.

In addition, claims 14-22 do not depend from claim 1 classified as invention 1.

In addition, claims 14-22 are not substantially identical to or similarly closely related to any of the claims classified as invention 1.

Accordingly claims 7-11 and 14-22 cannot be identified as invention 1, and thus are classified as invention 2.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2023/024763

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first 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 1-6 and 12-13**

Remark on Protest

☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the 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
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2023/024763

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 63-073181 U1	16 May 1988	(Family: none)	
JP 2009-077130 A	09 April 2009	(Family: none)	
CN 202778922 U	13 March 2013	(Family: none)	
JP 2005-136863 A	26 May 2005	US 2005/0129265 A1 paragraph [0136], fig. 14	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2023/024763

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; B06B 1/04(2006.01)i; B06B 1/06(2006.01)i; H04R 17/10(2006.01)i
FI: H04R17/00; B06B1/04 S; B06B1/06 A; H04R17/00 330B; H04R17/00 330C; H04R17/00 330F; H04R17/00 330G; H04R17/00 330K; H04R17/10 330A

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; B06B1/04; B06B1/06; H04R17/10

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	１９７１－２０２３年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２３年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２３年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー*	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
X	日本国実用新案登録出願61-165104号(日本国実用新案登録出願公開63-073181号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム（ティーディーケイ株式会社）16.05.1988 (1988-05-16) 第4頁第2-13行, 第1-2図	1-2,4-5
Y		6,12-13
X	JP 2009-077130 A (日本特殊陶業株式会社) 09.04.2009 (2009-04-09) 段落12-13,15-16,18, 図1	1,3-6
Y		6,12-13
X	CN 202778922 U (NINGBO SCIENTZ BIOTECHNOLOGY CO., LTD.) 13.03.2013 (2013-03-13) 段落31,40, 図1,8	1,3,5-6
Y		6,12-13
Y	JP 2005-136863 A (富士通テン株式会社) 26.05.2005 (2005-05-26) 段落43, 図3	12-13

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☑ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と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	国際調査報告の発送日
21.09.2023	03.10.2023

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）
中嶋　樹理 5Z 1161
電話番号 03-3581-1101 内線 3591

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。

請求の範囲は、以下の２つの発明に区分される。

（発明１）請求項１－６、１２－１３
文献１には、
超音波振動子において（第４頁第２－３行）、
平ワッシャ１０Ａ、Ｑダンプ・リングスペーサ１１、円板状で貫通孔を有する電極板１２Ａ、円板状で貫通孔を有する振動用圧電素子１Ａ、電極板１２Ｂ、振動用圧電素子１Ｂ、電極板１２Ｃ、及び平ワッシャ１０Ｂの順に重ね合わされ、これらは各部材の貫通孔に挿通されたボルト１３及びボルト１３に螺合するナット１４で締め付け一体化されていること（第４頁第４－１３行、第１－２図）、
各圧電素子はボルト１３の頭部１５の内側及びナット１４の内側に配置されていること（第１－２図）
が記載されており、請求項１－２は、文献１により新規性が欠如しているため、特別な技術的特徴（ＳＴＦ）を有しない。
また、請求項２を引用する請求項４は、文献１記載の先行技術に対する単なる設計変更であり、ＳＴＦを有しない。
そして、請求項２を引用する請求項４に係る発明の発明特定事項を全て含む同一カテゴリーの請求項に係る発明はない。
したがって、これまでにＳＴＦの有無を判断した請求項１－２、請求項２を引用する請求項４を発明１に区分する。

（発明２）７－１１、１４－２２
請求項７－１１は、発明１に区分されたいずれの請求項に対しても、同一の又は対応するＳＴＦを有しているとはいえない。
一方、請求項７－１１は、発明１に区分された請求項１の従属請求項である。しかしながら、請求項１に係る発明の技術的特徴が、振動発生装置の構造であるのに対し、請求項７、９においてその発明に対して追加された技術的特徴は、振動発生装置において供給される電圧の波形であり、両者の技術的関連性は低い。
また、請求項７－１１は、発明１に区分されたいずれの請求項に対しても、実質同一又はそれに準ずる関係にはない。

請求項１４－２２は、発明１に区分されたいずれの請求項に対しても、同一の又は対応するＳＴＦを有しているとはいえない。
また、請求項１４－２２は、発明１に区分された請求項１の従属請求項ではない。
また、請求項１４－２２は、発明１に区分されたいずれの請求項に対しても、実質同一又はそれに準ずる関係にはない。

したがって、請求項７－１１、１４－２２は発明１に区分できないため、発明２に区分する。

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2023/024763

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）

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項について作成した。

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項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項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項について作成した。 請求項1-6,12-13

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。

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/JP2023/024763

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 63-073181 U1	16.05.1988	（ファミリーなし）	
JP 2009-077130 A	09.04.2009	（ファミリーなし）	
CN 202778922 U	13.03.2013	（ファミリーなし）	
JP 2005-136863 A	26.05.2005	US 2005/0129265 A1 段落136, 図14	