(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6月18日(18.06.2020)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2020/121609 A1

(51) 国際特許分類:
H01L 41/09 (2006.01) *H01L 41/113* (2006.01)
H01L 41/053 (2006.01) *H01L 41/187* (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2019/034707

(22) 国際出願日： 2019年9月4日(04.09.2019)

(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 2018-230898 2018年12月10日(10.12.2018) JP

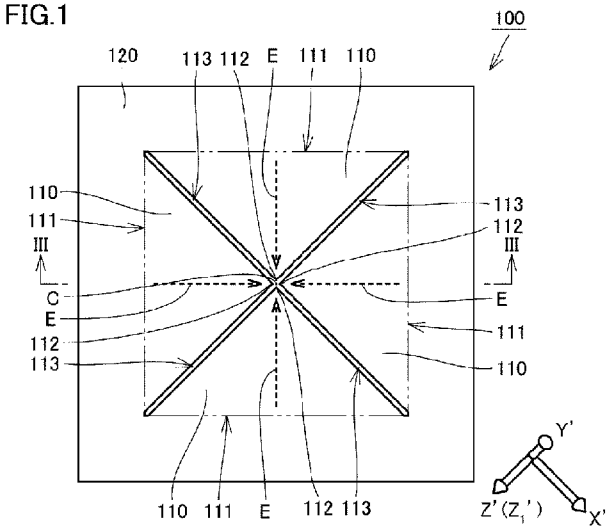
(71) 出願人: 株式会社村田製作所 (MURATA MANUFACTURING CO., LTD.) [JP/JP]; 〒6178555 京都府長岡京市東神足１丁目１０番１号 Kyoto (JP).

(72) 発明者: 黒川 文弥 (KUROKAWA, Fumiya); 〒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). 池内 伸介(IKEUCHI, Shinsuke); 〒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). 持田 洋一(MOCHIDA, Yoichi); 〒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). 梅澤 青司(UMEZAWA, Seiji); 〒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). 安達 永純(ADACHI, Nobuyoshi); 〒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

(54) **Title:** PIEZOELECTRIC TRANSDUCER

(54) 発明の名称： 圧電トランスデューサ

FIG.1



(57) **Abstract:** Each of a plurality of beam portions (110) includes a fixed end part (111) and extends in a direction away from the fixed end part (111). A base part (120) is connected to the fixed end part (111) of each of the plurality of beam portions (110). Each of the plurality of beam portions (110) extends in the same plane. Among the plurality of beam portions (110), at least two beam portions (110) have mutually different extending directions (E). Each of the plurality of beam portions (110) includes a single crystalline piezoelectric body layer (10) having a polarization axis of the same direction, an upper electrode layer (20), and a lower electrode layer (30). A polarization axis (Z') has a polarization component in the plane. The axial direction of an orthogonal axis (X') orthogonal to the polarization axis (Z') and extending in the plane intersects the extending direction (E) of each of the plurality of beam portions (110).

WO 2020/121609 A1

［続葉有］

Kyoto (JP). 岸本 諭卓(**KISHIMOTO, Yutaka**); 〒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:特許業務法人深見特許事務所(**FUKAMI PATENT OFFICE, P.C.**); 〒5300005 大阪府大阪市北区中之島三丁目２番４号 中之島フェスティバルタワー・ウエスト Osaka (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(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)）

(57) 要約：複数の梁部(１１０)の各々は、固定端部(１１１)を有し、固定端部(１１１)から離れる方向に延在している。基部(１２０)は、複数の梁部(１１０)の各々の固定端部(１１１)と接続されている。複数の梁部(１１０)の各々は、同一平面内で延在し、かつ、複数の梁部(１１０)のうち少なくとも２つの梁部(１１０)の各々の延在方向(Ｅ)は、互いに異なっている。複数の梁部(１１０)の各々は、同一方向の分極軸を有する単結晶圧電体層(１０)と、上部電極層(２０)と、下部電極層(３０)とを含んでいる。分極軸(Ｚ')は、上記平面内において分極成分を有している。分極軸(Ｚ')に直交し、かつ、上記平面内で延在する、直交軸(Ｘ')の軸方向は、複数の梁部(１１０)の各々の延在方向(Ｅ)と交差している。

明　細　書

発明の名称 ： 圧電トランスデューサ

技術分野

[0001] 本発明は、圧電トランスデューサに関する。

背景技術

[0002] 圧電トランスデューサの構成を開示した先行文献として、特表２０１４－５１５２１４号公報(特許文献１)がある。特許文献１に記載された圧電トランスデューサは、基板と、複数の片持ち梁とを備えている。複数の片持ち梁の各々は、互いに隣接し、先細である。複数の片持ち梁の各々は、梁基端部と、梁先端部と、梁本体部とを規定している。梁本体部は、梁基端部と梁先端部との間に配置される。複数の片持ち梁の各々は、梁先端部が共通の仮想点に向けて延びるように配置されている。複数の片持ち梁の各々は、梁基端部に沿って基板に結合されるが、梁本体部に沿って基板に結合されていない。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特表２０１４－５１５２１４号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 圧電トランスデューサの複数の梁部の各々において、単結晶材料で構成された圧電体層である単結晶圧電体層が用いられることがある。単結晶圧電体層は、一方向に延びる分極軸を有する。単結晶圧電体層の分極軸が、複数の梁部の各々が延在する平面内において一方向にのみ分極成分を有している場合、単結晶圧電体層は、この分極成分方向と上記平面内において直交する方向において分極成分を有さない。複数の梁部に、分極成分方向に延在する梁部、および、分極成分方向と交差する方向に延在する梁部が含まれる場合、複数の梁部の各々の曲げ弾性率の差が大きくなる。これにより、たとえば、

圧電トランスデューサの駆動時に、複数の梁部の各々の共振周波数および変形量などの機械的特性が互いに異なるために、圧電トランスデューサの入出力特性が低下する場合がある。すなわち、単結晶圧電体層が用いられた圧電トランスデューサにおいては、複数の梁部の各々の固有の機械的特性が互いに異なるためにデバイス特性等についての問題が発生する場合がある。

[0005] 本発明は上記の課題に鑑みてなされたものであって、単結晶圧電体層を含む複数の梁部同士の機械的特性の差を小さくすることができる、圧電トランスデューサ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

[0006] 本発明に基づく圧電トランスデューサは、複数の梁部と、基部とを備えている。複数の梁部の各々は、固定端部を有し、固定端部から離れる方向に延在している。基部は、複数の梁部の各々の固定端部と接続されている。複数の梁部の各々は、同一平面内で延在し、かつ、複数の梁部のうち少なくとも２つの梁部の各々の延在方向は、互いに異なっている。複数の梁部の各々は、同一方向の分極軸を有する単結晶圧電体層と、上部電極層と、下部電極層とを含んでいる。上部電極層は、単結晶圧電体層の上側に配置されている。下部電極層は、単結晶圧電体層を挟んで上部電極層の少なくとも一部に対向するように配置されている。分極軸は、上記平面内において分極成分を有している。分極軸に直交し、かつ、上記平面内で延在する、直交軸の軸方向は、複数の梁部の各々の延在方向と交差している。

発明の効果

[0007] 本発明によれば、単結晶圧電体層を含む複数の梁部同士の機械的特性の差を小さくすることができる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]本発明の一実施形態に係る圧電トランスデューサの構成を示す平面図である。

[図2]本発明の一実施形態に係る圧電トランスデューサの構成を示す、前方上方からの斜視図である。

[図3]図１に示した圧電トランスデューサについてＩＩＩ－ＩＩＩ線矢印方向から見た断面図である。

[図4]本発明の一実施形態に係る圧電トランスデューサの製造方法において、単結晶圧電体層の下面に下部電極層を設けた状態を示す断面図である。

[図5]本発明の一実施形態に係る圧電トランスデューサの製造方法において、下部電極層および単結晶圧電体層の各々の下面に中間層を設けた状態を示す断面図である。

[図6]本発明の一実施形態に係る圧電トランスデューサの製造方法において、準備された基板を示す断面図である。

[図7]本発明の一実施形態に係る圧電トランスデューサの製造方法において、図５に示す複数の層を、図６に示す基板に接合させた状態を示す断面図である。

[図8]本発明の一実施形態に係る圧電トランスデューサの製造方法において、単結晶圧電体層の上面を削った状態を示す図である。

[図9]本発明の一実施形態に係る圧電トランスデューサの製造方法において、単結晶圧電体層の上面に上部電極層を設けた状態を示す断面図である。

[図10]本発明の一実施形態に係る圧電トランスデューサの製造方法において、単結晶圧電体層における孔部と、複数の梁部同士の隙間部分とを形成した状態を示す断面図である。

[図11]比較例に係る圧電トランスデューサの構成を示す斜視図である。

[図12]比較例に係る圧電トランスデューサについて、駆動時において複数の梁部の各々が最も上方に変位した状態を示す斜視図である。

[図13]本発明の一実施形態に係る圧電トランスデューサについて、駆動時において複数の梁部の各々が最も上方に変位した状態を示す斜視図である。

[図14]本発明の一実施形態の第１変形例に係る圧電トランスデューサの構成を示す平面図である。

[図15]本発明の一実施形態の第２変形例に係る圧電トランスデューサの構成を示す平面図である。

[図16]本発明の一実施形態の第３変形例に係る圧電トランスデューサの構成を示す平面図である。

[図17]本発明の一実施形態の第４変形例に係る圧電トランスデューサの構成を示す平面図である。

[図18]本発明の一実施形態の第５変形例に係る圧電トランスデューサの構成を示す平面図である。

[図19]本発明の一実施形態の第６変形例に係る圧電トランスデューサの構成を示す平面図である。

[図20]本発明の一実施形態の第７変形例に係る圧電トランスデューサの構成を示す平面図である。

発明を実施するための形態

[0009] 以下、本発明の一実施形態に係る圧電トランスデューサについて図面を参照して説明する。以下の実施形態の説明においては、図中の同一または相当部分には同一符号を付して、その説明は繰り返さない。

[0010] 図１は、本発明の一実施形態に係る圧電トランスデューサの構成を示す平面図である。図２は、本発明の一実施形態に係る圧電トランスデューサの構成を示す、前方上方からの斜視図である。図３は、図１に示した圧電トランスデューサについてＩＩＩ－ＩＩＩ線矢印方向から見た断面図である。なお、図１および図２においては、圧電トランスデューサを構成する各層の境界は図示していない。

[0011] 図１から図３に示すように、本発明の一実施形態に係る圧電トランスデューサ１００は、複数の梁部１１０と、基部１２０とを備えている。

[0012] 図１に示すように、複数の梁部１１０の各々は、固定端部１１１と先端部１１２とを有している。複数の梁部１１０の各々は、固定端部１１１から離れる方向に延在している。先端部１１２は、複数の梁部１１０の各々において、固定端部１１１からの延在方向Ｅの先端に位置している。複数の梁部１１０の各々は、同一平面内で延在している。

[0013] 複数の梁部１１０の各々は、上記平面に対して垂直な方向から見たときに

、延在方向Ｅにおいて先細の外形を有している。具体的には、複数の梁部１１０の各々は、上記平面に対して垂直な方向から見たときに、三角形状の外形を有している。本実施形態において、この三角形状は、固定端部１１１を底辺とし、先端部１１２を頂点とする、二等辺三角形状である。すなわち、複数の梁部１１０の各々の延在方向Ｅは、各梁部１１０の外形形状である二等辺三角形状の底辺の中点と頂点とを結ぶ方向である。

[0014] なお、上記平面に対して垂直な方向から見たときに、複数の梁部１１０の各々は、延在方向Ｅにおいて幅が一定となる外形を有してもよいし、延在方向Ｅにおいて幅が徐々に広くなる外形を有していてもよい。複数の梁部１１０の各々は、四角形状の外形を有していてもよい。梁部１１０の形状および配置が異なる変形例に係る圧電トランスデューサについては、後述する。

[0015] 図１および図２に示すように、本実施形態においては、圧電トランスデューサ１００は４つの梁部１１０を備えている。このように、本実施形態に係る圧電トランスデューサ１００は、複数の梁部１１０として、３つ以上の梁部１１０を備えている。

[0016] 図１に示すように、複数の梁部１１０の各々は、上記平面に対して垂直な方向から見たときに、圧電トランスデューサ１００の仮想中心点Ｃに関して互いに点対称となるように配置されている。本実施形態においては、４つの梁部１１０の各々は、上記平面に対して垂直な方向から見たときに、上記平面内で互いに異なる方向に延在しつつ隣接する梁部１１０同士の延在方向Ｅが互いに９０°異なるように、配置されている。

[0017] このように、複数の梁部１１０のうち少なくとも２つの梁部１１０の各々の延在方向Ｅは、互いに異なっている。なお、複数の梁部１１０の中に、延在方向Ｅが互いに同一である梁部１１０が含まれていてもよい。

[0018] 本実施形態において、複数の梁部１１０の各々の延在方向Ｅは、上記平面に対して垂直な方向から見たときに、仮想中心点Ｃに向かって延在している。なお、複数の梁部１１０の各々の延在方向Ｅは、仮想中心点から離れるように延在してもよい。本実施形態とは延在方向Ｅが異なる複数の梁部を有す

る変形例に係る圧電トランスデューサについては、後述する。

[0019] 図１および図２に示すように、複数の梁部１１０の各々は、隙間１１３を挟んで、互いに離れて位置している。本実施形態において、複数の梁部１１０同士の間に位置する隙間１１３は、上記平面に対して垂直な方向から見たときに、仮想中心点Ｃから放射状に延在している。隙間１１３の延在する方向において、隙間１１３の幅は略一定である。

[0020] すなわち、上記平面に対して垂直な方向から見たときに、複数の梁部１１０の各々は、上記平面内で互いに異なる方向に延在しつつ隣接する梁部１１０同士の各間隔が互いに等しくなるように、配置されている。

[0021] 図１から図３に示すように、本実施形態において、基部１２０は、複数の梁部１１０の各々の固定端部１１１と接続されている。複数の梁部１１０の各々の先端部１１２は、基部１２０から離間した自由端である。

[0022] なお、複数の梁部１１０の各々の先端部１１２は、圧電トランスデューサ１００の駆動時に上下に振動する板状部と互いに接続されていてもよい。板状部を有する変形例に係る圧電トランスデューサについては、後述する。

[0023] 図３に示すように、複数の梁部１１０の各々および梁部１１０同士の間に位置する隙間１１３の下方において、下向きに開口する凹部１１５が形成されている。本実施形態に係る圧電トランスデューサ１００においては、凹部１１５の上方に位置する部分が、複数の梁部１１０の各々および梁部１１０同士の間に位置する隙間１１３となる。

[0024] 図３に示すように、本発明の一実施形態に係る圧電トランスデューサは、単結晶圧電体層１０と、上部電極層２０と、下部電極層３０とを備えている。本実施形態においては、複数の梁部１１０の各々が、単結晶圧電体層１０と、上部電極層２０と、下部電極層３０とを含んでいる。

[0025] 単結晶圧電体層１０には、孔部１１が設けられている。孔部１１は、単結晶圧電体層１０を上下に貫通するように形成されている。本実施形態において、孔部１１は、下部電極層３０上に位置するように形成されている。なお、図１および図２において孔部１１は図示していない。

[0026] 本実施形態において、単結晶圧電体層１０は、梁部１１０の一部と、基部１２０の一部とを構成している。単結晶圧電体層１０を構成する材料については、後述する。

[0027] 上部電極層２０は、単結晶圧電体層１０の上側に配置されている。上部電極層２０は、少なくとも一部が凹部１１５の上方に位置するように配置される。

[0028] 本実施形態において、上部電極層２０は梁部１１０の一部を構成している。上部電極層２０は、Ｐｔなどの導電性を有する材料で構成されている。上部電極層２０と単結晶圧電体層１０との間に、Ｔｉなどで構成された密着層が配置されていてもよい。

[0029] 下部電極層３０は、単結晶圧電体層１０を挟んで上部電極層２０の少なくとも一部に対向するように配置されている。下部電極層３０は、下部電極層３０の少なくとも一部が凹部１１５の上方に位置するように配置されている。下部電極層３０は、凹部１１５の上方において、単結晶圧電体層１０を挟んで上部電極層２０の少なくとも一部と対向するように配置されている。

[0030] 本実施形態において、下部電極層３０は梁部１１０の一部および基部１２０の一部を構成している。また、下部電極層３０の隙間１１３側の端部は、本実施形態においては隙間１１３に露出していないが、隙間１１３に露出していてもよい。

[0031] 下部電極層３０は、Ｐｔなどの導電性を有する材料で構成されている。下部電極層３０と単結晶圧電体層１０との間に、Ｔｉなどで構成された密着層が配置されていてもよい。

[0032] 本実施形態に係る圧電トランスデューサは、基板４０をさらに備えている。基板４０は、下部電極層３０の下方に配置されている。基板４０は、ハンドル層４１と、ハンドル層４１の上部に積層されたボックス層４２と、ボックス層４２の上部に積層された活性層４３とを含んでいる。

[0033] 本実施形態において、ハンドル層４１および活性層４３の各々は、Ｓｉで構成されている。ボックス層４２は、SiO_2で構成されている。本実施形態

において、基板４０は、いわゆるＳＯＩ(Silicon on Insulator)基板である。

[0034] 本実施形態においては、ハンドル層４１およびボックス層４２の各々に、凹部１１５が形成されている。活性層４３には、隙間１１３が形成されている。すなわち、ハンドル層４１およびボックス層４２の各々は、基部１２０の一部を構成している。活性層４３は、梁部１１０の一部および基部１２０の一部を構成している。

[0035] 基板４０と下部電極層３０との間、および、基板４０と単結晶圧電体層１０との間には、中間層５０が配置されている。中間層５０は、下部電極層３０の下面および単結晶圧電体層１０の下面のうち下部電極層３０が位置していない部分の各々を、下方から覆うように配置されている。中間層５０は、たとえばSiO_2で構成されている。

[0036] 本実施形態においては、上部電極層２０と下部電極層３０との間に電位差を与えることで、単結晶圧電体層１０のうち、上部電極層２０と下部電極層３０との間に位置する部分を歪ませることができる。このため、圧電トランスデューサ１００は、駆動時において、複数の梁部１１０が上下に屈曲するように振動する。なお、本実施形態に係る圧電トランスデューサ１００は、受信素子として用いられてもよい。

[0037] 次に、本発明の一実施形態に係る圧電トランスデューサ１００の製造方法について説明する。

[0038] 図４は、本発明の一実施形態に係る圧電トランスデューサの製造方法において、単結晶圧電体層の下面に下部電極層を設けた状態を示す断面図である。図４に示すように、リフトオフ法、めっき法、または、エッチング法などにより、単結晶圧電体層１０の下面に下部電極層３０を設ける。

[0039] 図５は、本発明の一実施形態に係る圧電トランスデューサの製造方法において、下部電極層および単結晶圧電体層の各々の下面に中間層を設けた状態を示す断面図である。図５に示すように、ＣＶＤ(Chemical Vapor Deposition)法またはＰＶＤ(Physical Vapor Deposition)法などにより、下部電極

層３０および単結晶圧電体層１０の各々の下面に、中間層５０を設ける。

[0040] 図６は、本発明の一実施形態に係る圧電トランスデューサの製造方法において、準備された基板を示す断面図である。図６に示すように、凹部１１５が形成されていない状態の基板４０が準備される。

[0041] 図７は、本発明の一実施形態に係る圧電トランスデューサの製造方法において、図５に示す複数の層を、図６に示す基板に接合させた状態を示す断面図である。図７に示すように、中間層５０の下面に、基板４０の活性層４３側の主面を接合させる。

[0042] 図８は、本発明の一実施形態に係る圧電トランスデューサの製造方法において、単結晶圧電体層の上面を削った状態を示す図である。図８に示すように、単結晶圧電体層１０の上面を化学機械研磨(ＣＭＰ：Chemical Mechanical Polishing)などにより削って、単結晶圧電体層１０を所望の厚さにする。

[0043] 図９は、本発明の一実施形態に係る圧電トランスデューサの製造方法において、単結晶圧電体層の上面に上部電極層を設けた状態を示す断面図である。図９に示すように、リフトオフ法、めっき法、または、エッチング法などにより、単結晶圧電体層１０の上面の一部に、上部電極層２０を設ける。

[0044] 図１０は、本発明の一実施形態に係る圧電トランスデューサの製造方法において、単結晶圧電体層における孔部と、複数の梁部同士の隙間部分とを形成した状態を示す断面図である。図１０に示すように、リフトオフ法、めっき法、または、エッチング法などにより、単結晶圧電体層１０に孔部１１を設ける。また、リフトオフ法、めっき法、または、エッチング法などにより、単結晶圧電体層１０、上部電極層２０、中間層５０、活性層４３およびボックス層４２の各々に、複数の梁部１１０同士の間に位置する隙間１１３を設ける。

[0045] 最後に、基板４０の下方側の主面から基板４０に対して深掘反応性イオンエッチング（Ｄｅｅｐ　ＲＩＥ：Deep Reactive Ion Etching）などをすることにより、基板４０に凹部１１５を形成する。

[0046] 上記の工程により、図３に示すような本発明の一実施形態に係る圧電トランスデューサ１００が製造される。

[0047] 次に、単結晶圧電体層１０を構成する材料について説明する。

単結晶圧電体層１０は、ニオブ酸リチウム(ＬｉＮｂO_3)またはタンタル酸リチウム(ＬｉＴａO_3)で構成されている。ニオブ酸リチウムおよびタンタル酸リチウムの各々は、圧電特性が比較的高いセラミックス材料である。

[0048] ニオブ酸リチウムおよびタンタル酸リチウムの各々の結晶構造は、三方晶系に属する。三方晶系は、主軸に関して３回回転対称を有する結晶系である。ニオブ酸リチウムおよびタンタル酸リチウムの各々の分極軸は、各結晶構造における三方晶系の主軸の軸方向に沿うように延在している。単結晶圧電体においては、分極軸の軸方向のみ他の方向とは、弾性率が大きく異なる。

[0049] 図１から図３に示すように、単結晶圧電体層１０は、一方向に向いた分極軸Ｚ’を有している。分極軸Ｚ’は、複数の梁部１１０の各々が延在する同一の平面内において分極成分を有している。本実施形態においては、複数の梁部１１０の各々が延在する平面に対して、分極軸Ｚ’が傾いて交差している。ただし、分極軸Ｚ’は、上記平面内においてのみ延在していてもよい。

[0050] 単結晶圧電体層１０の材料として用いられるニオブ酸リチウムおよびタンタル酸リチウムの各々は、分極軸Ｚ’が上記平面方向に延在する分極成分を有するように、Ｘカットまたは Ｙカットされている。

[0051] ニオブ酸リチウムおよびタンタル酸リチウムの各々がＸカットされている場合、分極軸Ｚ’は、上記平面内においてのみ延在する。すなわち、分極軸Ｚ’と上記平面のなす角は常に略０°となる。

[0052] ニオブ酸リチウムおよびタンタル酸リチウムの各々がＹカットされている場合、結晶の切り出し角度であるカット角によって、分極軸Ｚ’と上記平面とのなす角度が変化するため、圧電トランスデューサ１００の圧電特性が大きく変化する。圧電特性の観点から、Ｙカットのカット角は２０°以上３５°以上であることが好ましく、最も好ましくは２６°である。本実施形態において、単結晶圧電体層１０は、３０°のカット角でＹカットされたニオブ

酸リチウムで構成されている。

[0053] 上記のように、本実施形態において、単結晶圧電体層１０は、一方向に向き、かつ、上記平面内に分極成分を有する、分極軸Ｚ’を有している。すなわち、複数の梁部１１０の各々に含まれる単結晶圧電体層１０の分極軸Ｚ’は、全て同一方向を向いている。

[0054] 図１に示すように、分極軸Ｚ’の軸方向は、複数の梁部１１０の各々が延在する平面内において一方向にのみ成分を有している。単結晶圧電体層１０の有する圧電定数および弾性率の観点から、上記平面内に分極成分を有する圧電トランスデューサ１００は、電気－機械間の変換効率が向上する。

[0055] 図１から図３に示すように、単結晶圧電体層１０は、複数の梁部１１０の各々が延在する平面内において、分極軸Ｚ’が上記平面内において有する分極成分に直交する、直交軸Ｘ’を有している。すなわち、図１から図３に示すように、直交軸Ｘ’の軸方向は、分極軸Ｚ’に直交し、かつ、上記平面内で延在している。単結晶圧電体層１０の分極軸Ｚ’は、直交軸Ｘ’の軸方向には成分を有さない。単結晶圧電体層１０は、分極軸Ｚ’および直交軸Ｘ’の各々と互いに直交する第３軸Ｙ’をさらに有している。

[0056] 単結晶圧電体層１０においては、上記平面内において分極軸Ｚ’が有する分極成分の方向Z_1’と、直交軸Ｘ’の軸方向とでは、単結晶圧電体層１０の曲げ弾性率が大きく異なる。具体的には、上記平面内において分極軸Ｚ’が有する分極成分方向Z_1’における単結晶圧電体層１０曲げ弾性率は小さく、直交軸Ｘ’の軸方向における単結晶圧電体層１０曲げ弾性率は大きい。このため、本実施形態においては、複数の梁部１１０に、分極成分方向Z_1’に延在する梁部、および、直交軸Ｘ’の軸方向に延在する梁部、の各々が含まれないように、圧電トランスデューサ１００が構成される。

[0057] ここで、複数の梁部に、分極成分方向に延在する梁部、および、直交軸Ｘ’の軸方向に延在する梁部、の両方が含まれている、比較例に係る圧電トランスデューサについて説明する。

[0058] 図１１は、比較例に係る圧電トランスデューサの構成を示す斜視図である

。図１１に示すように、比較例に係る圧電トランスデューサ９００は、単結晶圧電体層における分極成分方向および直交軸Ｘ’の軸方向と複数の梁部の各々の延在方向との角度関係が、本実施形態に係る圧電トランスデューサ１００における上記角度関係と異なること以外は、本実施形態に係る圧電トランスデューサ１００と同様の構成となっている。

[0059] 比較例に係る圧電トランスデューサ９００は、分極成分方向に延在する２つの梁部９１０ａ、および、直交軸Ｘ’の軸方向に延在する２つの梁部９１０ｂを有している。このため、比較例に係る圧電トランスデューサ９００においては、分極成分方向に延在する２つの梁部９１０ａの各々と、分極成分方向と交差する方向に延在する２つの梁部９１０ｂの各々とで、曲げ弾性率が互いに大きく異なる。

[0060] 図１２は、比較例に係る圧電トランスデューサについて、駆動時において複数の梁部の各々が最も上方に変位した状態を示す斜視図である。図１２に示すように、比較例に係る圧電トランスデューサ９００においては、駆動時において、分極成分方向に延在する２つの梁部９１０ａの各々と、直交軸Ｘ’の軸方向に延在する２つの梁部９１０ｂの各々とで、上下方向における最大変位が大きく異なる。そのため、上記平面内で互いに異なる方向に延在しつつ隣接する梁部９１０ａと梁部９１０ｂとの間の隙間が、駆動時に広くなる。

[0061] 一方、図１および図２に示すように、本実施形態に係る圧電トランスデューサ１００においては、分極成分方向Z_1’および直交軸Ｘ’の軸方向の各々は、複数の梁部１１０の各々の延在方向Ｅと交差している。すなわち、複数の梁部１１０には、分極成分方向Z_1’に延在する梁部、および、直交軸Ｘ’の軸方向に延在する梁部、の各々が含まれていない。

[0062] 具体的には、複数の梁部１１０の各々の延在方向Ｅと、直交軸Ｘ’の軸方向とのなす角は、４０度以上５０度以下である。これにより、単結晶圧電体層１０を含む複数の梁部１１０の各々の曲げ弾性率が均一化されている。より好ましくは、圧電トランスデューサ１００において、複数の梁部１１０の

各々の延在方向Ｅと、直交軸Ｘ’の軸方向とのなす角が、４５度である。この場合、複数の梁部１１０の各々の曲げ弾性率を最も均一化することができる。

[0063] 図１３は、本発明の一実施形態に係る圧電トランスデューサについて、駆動時において複数の梁部の各々が最も上方に変位した状態を示す斜視図である。図１３に示すように、本実施形態に係る圧電トランスデューサ１００においては、複数の梁部１１０の各々の曲げ弾性率が均一化されているため、駆動時において、複数の梁部１１０の各々が上下方向に略均一に変位する。そのため、本実施形態に係る圧電トランスデューサ１００の複数の梁部１１０における変形量の差は、比較例に係る圧電トランスデューサ９００の複数の梁部９１０ａ，９１０ｂにおける変形量の差と比較して、小さくなっている。

[0064] そのため、上記平面内で互いに異なる方向に延在しつつ隣接する梁部１１０同士の間の隙間は、比較例に係る梁部９１０ａと梁部９１０ｂとの間の隙間より、駆動時において狭く維持される。

[0065] このように、本発明の一実施形態に係る圧電トランスデューサ１００においては、単結晶圧電体層１０は、一方向に向いた分極軸Ｚ’を有している。分極軸Ｚ’は、上記平面内において分極成分を有している。分極軸Ｚ’に直交し、かつ、上記平面内で延在する、直交軸Ｘ’の軸方向は、複数の梁部１１０の各々の延在方向Ｅと交差している。

[0066] 上記の構成により、複数の梁部１１０に、分極成分方向Z_1’に延在する梁部、および、直交軸Ｘ’の軸方向に延在する梁部、の各々が含まれなくすることができるため、複数の梁部１１０同士の機械的特性の差を小さくすることができる。また、本発明の一実施形態においては、具体的には複数の梁部の各々の曲げ弾性率を均一化することができる。これにより、本実施形態に係る圧電トランスデューサ１００の駆動時においては、複数の梁部１１０の各々の共振周波数および変形量などの機械的特性の差を小さくできるため、圧電トランスデューサ１００の入出力特性を向上することができる。

[0067] 本発明の一実施形態に係る圧電トランスデューサ１００においては、複数の梁部１１０の各々の延在方向Ｅと、直交軸Ｘ’の軸方向とのなす角が、４０度以上５０度以下である。

[0068] 上記の構成により、複数の梁部１１０の各々の延在方向Ｅと、上記平面内における分極成分方向$Ｚ_1$’と交差する方向とのなす角は、全ての梁部１１０において４０度以上５０度以下となるため、複数の梁部１１０の各々の曲げ弾性率をより均一化することができる。これにより、圧電トランスデューサ１００の駆動時に、複数の梁部１１０の各々の共振周波数および変形量などの機械的特性の差をさらに小さくできるため、圧電トランスデューサ１００の入出力特性を効果的に向上することができる。

[0069] 本発明の一実施形態に係る圧電トランスデューサ１００においては、単結晶圧電体層１０は、ニオブ酸リチウムまたはタンタル酸リチウムで構成されている。

[0070] ニオブ酸リチウムおよびタンタル酸リチウムの各々の結晶構造は、三方晶系に属している。ニオブ酸リチウムおよびタンタル酸リチウムの各々の分極軸は、各結晶構造における三方晶系の主軸の軸方向に沿うように延在しているため、分極軸が、他の圧電セラミック材料より極端に長い。また、三方晶系は、主軸に関して３回回転対称を有する結晶系である。

[0071] 複数の梁部の各々が延在する平面に対して分極軸が傾いて交差する場合、上記平面内において、分極成分方向$Ｚ_1$’と、直交軸Ｘ’の軸方向とでは、単結晶圧電体層１０の曲げ弾性率が大きく異なる。

[0072] しかしながら、単結晶圧電体層１０がニオブ酸リチウムまたはタンタル酸リチウムで構成されている場合であっても、複数の梁部１１０の各々の延在方向Ｅと直交軸Ｘ’の軸方向とが、上述の関係を満たすことにより、圧電特性の高い材料で単結晶圧電体層１０を構成しつつ、複数の梁部１１０の各々の曲げ弾性率を均一化させることができる。その結果、圧電トランスデューサの入出力特性を向上することができる。

[0073] 本発明の一実施形態に係る圧電トランスデューサ１００においては、分極

軸Ｚ’が、上記平面内においてのみ延在していてもよい。

[0074] 上記の構成においては、単結晶圧電体層１０の材料としてＸカットされたニオブ酸リチウムまたはＸカットされたタンタル酸リチウムが用いられるが、この場合、分極軸Ｚ’と上記平面とのなす角は常に略０°となる。これにより、Ｘカットのカット角の違いによって圧電トランスデューサ１００の圧電特性に変化が生じることを抑制することができる。

[0075] 本実施形態に係る圧電トランスデューサ１００においては、上記平面に対して垂直な方向から見たときに、複数の梁部１１０の各々は、三角形状または四角形状の外形を有し、かつ、上記平面内で互いに異なる方向に延在しつつ隣接する梁部１１０同士の各間隔が互いに等しくなるように、配置されている。

[0076] 上記の構成において、複数の梁部１１０の各々の曲げ弾性率が均一化されていることにより、駆動時における複数の梁部１１０の各々の変異による各隙間１１３の変化量を均一化して、圧電トランスデューサ１００の入出力特性を向上することができる。

[0077] 以下、本実施形態の各変形例に係る圧電トランスデューサについて、図を参照して説明する。なお、本発明の一実施形態に係る圧電トランスデューサ１００と同様である構成については説明を繰り返さない。

[0078] 図１４は、本発明の一実施形態の第１変形例に係る圧電トランスデューサの構成を示す平面図である。図１４に示すように、本発明の一実施形態の第１変形例に係る圧電トランスデューサ１００ａは、複数の梁部１１０ａと、基部１２０ａとを備えている。

[0079] 複数の梁部１１０ａの各々は、同一平面内で延在しており、この平面に対して垂直な方向から見たときに、延在方向Ｅａにおいて幅が徐々に広くなる外形を有している。具体的には、複数の梁部１１０ａの各々は、上記平面に対して垂直な方向から見たときに、固定端部１１１ａを上底とする台形状の外形を有している。

[0080] 複数の梁部１１０ａの各々の延在方向Ｅａは、上記平面に対して垂直な方

向からみたときに、圧電トランスデューサ１００ａの仮想中心点Ｃａから離れるように延在している。

[0081] 本実施形態の第１変形例に係る圧電トランスデューサ１００ａは、上記平面に対して垂直な方向から見たときに、複数の梁部１１０ａを取り囲むように配置された周壁部１３０ａをさらに備えている。複数の梁部１１０ａの各々の先端部１１２ａと、周壁部１３０ａとは、互いに離間している。

[0082] 基部１２０ａと、周壁部１３０ａとは、複数の梁部１１０ａの積層方向における下方において、直接的または間接的に互いに接続されている。

[0083] 本実施形態の第１変形例に係る圧電トランスデューサ１００ａにおいても、直交軸Ｘ’の軸方向は、複数の梁部１１０ａの各々の延在方向Ｅａと交差している。

[0084] 図１５は、本発明の一実施形態の第２変形例に係る圧電トランスデューサの構成を示す平面図である。図１５に示すように、本発明の一実施形態の第２変形例に係る圧電トランスデューサ１００ｂは、本実施形態の第１変形例に係る圧電トランスデューサ１００ａとは、複数の梁部の各々の形状のみ異なっている。

[0085] 本実施形態の第２変形例に係る圧電トランスデューサ１００ｂにおいては、複数の梁部１１０ｂの各々は、同一平面内で延在している。複数の梁部１１０ｂの各々は、上記平面に対して垂直な方向から見たときに、延在方向Ｅｂにおいて幅が一定となる外形を有している。具体的には、複数の梁部１１０ｂの各々は、上記平面に対して垂直な方向から見たときに、矩形形状の外形を有している。

[0086] 本実施形態の第２変形例に係る圧電トランスデューサ１００ｂにおいては、複数の梁部１１０ｂ同士の間に位置する隙間１１３ｂは、上記平面に対して垂直な方向から見たときに、略正方形状である。

[0087] 本実施形態の第２変形例に係る圧電トランスデューサ１００ｂにおいても、直交軸Ｘ’の軸方向は、複数の梁部１１０ｂの各々の延在方向Ｅｂと交差している。

[0088] 図１６は、本発明の一実施形態の第３変形例に係る圧電トランスデューサの構成を示す平面図である。図１６に示すように、本発明の一実施形態の第３変形例に係る圧電トランスデューサ１００ｃにおいては、複数の梁部１１０ｃの各々が、同一平面内で延在している。

[0089] 複数の梁部１１０ｃの各々は、この平面に対して垂直な方向から見たときに、固定端部１１１ｃを下底とする台形状の外形を有している。このため、複数の梁部１１０ｃの各々の先端部１１２ｃに囲まれるようにして、略矩形形状の隙間が圧電トランスデューサ１００ｃの中心部に形成されている。

[0090] 本実施形態の第３変形例に係る圧電トランスデューサ１００ｃにおいても、直交軸Ｘ’の軸方向は、複数の梁部１１０ｃの各々の延在方向Ｅと交差している。

[0091] 図１７は、本発明の一実施形態の第４変形例に係る圧電トランスデューサの構成を示す平面図である。図１７に示すように、本発明の一実施形態の第４変形例に係る圧電トランスデューサ１００ｄは、複数の梁部１１０ｄと、基部１２０ｄとを備えるとともに、板状部１４０ｄをさらに備えている。

[0092] 複数の梁部１１０ｄの各々は、同一平面内で延在している。複数の梁部１１０ｄの各々は、この平面に対して垂直な方向から見たときに、矩形形状の外形を有している。

[0093] 複数の梁部１１０ｄの各々の先端部１１２ｄは、板状部１４０ｄに接続されている。板状部１４０ｄは、上記平面に対して垂直な方向から見たときに、圧電トランスデューサ１００ｄの仮想中心点Ｃｄを中心とする、円形状の外形を有している。

[0094] 板状部１４０ｄは、基部１２０ｄとは接続されておらず離間している。このため、圧電トランスデューサ１００ｄの駆動時においては、複数の梁部１１０ｄの各々が上下方向に変位することにより、板状部１４０ｄが上下方向に移動する。

[0095] 上記平面に対して垂直な方向から見たときに、上記平面内で互いに異なる方向に延在しつつ隣接する梁部１１０ｄ同士の間の隙間１１３ｄにおける基

部１２０ｄ側の縁部は、仮想中心点Ｃｄを中心とする円の円弧形状である。

[0096] 本実施形態の第４変形例に係る圧電トランスデューサ１００ｄにおいても、直交軸Ｘ’の軸方向は、複数の梁部１１０ｄの各々の延在方向Ｅと交差している。これにより、本変形例においては、複数の梁部１１０ｄ同士の延在方向Ｅにおける応力の差を小さくすることができる。このため、複数の梁部１１０ｄと板状部１４０ｄとを互いに接続する複数の接続部にかかる応力について、接続部同士での応力差を小さくすることができる。ひいては、圧電トランスデューサ１００ｄの信頼性を向上できる。

[0097] 図１８は、本発明の一実施形態の第５変形例に係る圧電トランスデューサの構成を示す平面図である。図１８に示すように、本発明の一実施形態の第５変形例に係る圧電トランスデューサ１００ｅは、本実施形態の第４変形例に係る圧電トランスデューサ１００ｄとは、板状部の外形のみ異なっている。

[0098] 本実施形態の第５変形例に係る圧電トランスデューサ１００ｅにおいて、複数の梁部１１０ｅの各々は、同一平面内で延在している。この平面に対して垂直な方向から見たときに、板状部１４０ｅは、圧電トランスデューサ１００ｅの仮想中心点Ｃｅを中心とする、略正方形状の外形を有している。

[0099] 複数の梁部１１０ｅの各々の先端部１１２ｅは、板状部１４０ｅの略正方形状の頂点の各々において、板状部１４０ｅに接続されている。

[0100] 本実施形態の第５変形例に係る圧電トランスデューサ１００ｅにおいても、直交軸Ｘ’の軸方向は、複数の梁部１１０ｅの各々の延在方向Ｅと交差している。

[0101] 図１９は、本発明の一実施形態の第６変形例に係る圧電トランスデューサの構成を示す平面図である。図１９に示すように、本発明の一実施形態の第６変形例に係る圧電トランスデューサ１００ｆは、本実施形態の第４変形例に係る圧電トランスデューサ１００ｄとは、複数の梁部の各々の外形と板状部の外形とが異なっている。

[0102] 本実施形態の第６変形例に係る圧電トランスデューサ１００ｆにおいて、

複数の梁部１１０ｆの各々は、同一平面内で延在している。複数の梁部１１０ｆの各々は、この平面に対して垂直な方向から見たときに、延在方向Ｅにおいて先細の外形を有している。具体的には、複数の梁部１１０ｆの各々は、上記平面に対して垂直な方向から見たときに、台形状の外形を有している。隙間１１３ｆの延在する方向において、隙間１１３の幅は略一定である。板状部１４０ｆは、上記平面に対して垂直な方向から見たときに、多角形状の外形を有している。具体的には、板状部１４０ｆは、上記平面に対して垂直な方向から見たときに、八角形状の外形を有している。

[0103] 複数の梁部１１０ｆの各々の先端部１１２ｆは、板状部１４０ｆの多角形状の辺の各々において、板状部１４０ｆに接続されている。

[0104] 本実施形態の第６変形例に係る圧電トランスデューサ１００ｆにおいても、直交軸Ｘ’の軸方向は、複数の梁部１１０ｆの各々の延在方向Ｅと交差している。

[0105] 図２０は、本発明の一実施形態の第７変形例に係る圧電トランスデューサの構成を示す平面図である。図２０に示すように、本発明の一実施形態の第７変形例に係る圧電トランスデューサ１００ｇは、主に、複数の板状部が設けられている点で、本実施形態の第６変形例に係る圧電トランスデューサ１００ｆと異なっている。

[0106] 本実施形態の第７変形例に係る圧電トランスデューサ１００ｇにおいて、複数の梁部１１０ｇの各々は、同一平面内で延在している。複数の梁部１１０ｇの各々は、上記平面に対して垂直な方向から見たときに、三角形状の外形を有している。

[0107] 本実施形態の第７変形例に係る圧電トランスデューサ１００ｇは、複数の板状部１４０ｇを備えている。複数の板状部１４０ｇの各々は、複数の隙間１１３ｇの各々に１つずつ位置しており、互いに隣り合う２つの梁部１１０ｇ同士を互いに接続している。複数の板状部１４０ｇの各々は、上記平面に対して垂直な方向から見たときに、矩形状の外形を有している。

[0108] 本実施形態の第７変形例に係る圧電トランスデューサ１００ｇにおいても

、直交軸Ｘ’の軸方向は、複数の梁部１１０ｇの各々の延在方向Ｅと交差している。

[0109] 今回開示された実施形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

符号の説明

[0110] １０ 単結晶圧電体層、１１ 孔部、２０ 上部電極層、３０ 下部電極層、４０ 基板、４１ ハンドル層、４２ ボックス層、４３ 活性層、５０ 中間層、１００，１００ａ，１００ｂ，１００ｃ，１００ｄ，１００ｅ，１００ｆ，１００ｇ，９００ 圧電トランスデューサ、１１０，１１０ａ，１１０ｂ，１１０ｃ，１１０ｄ，１１０ｅ，１１０ｆ，１１０ｇ，９１０ａ，９１０ｂ 梁部、１１１，１１１ａ，１１１ｃ 固定端部、１１２，１１２ａ，１１２ｃ，１１２ｄ，１１２ｅ，１１２ｆ 先端部、１１３，１１３ｂ，１１３ｄ，１１３ｆ，１１３ｇ 隙間、１１５ 凹部、１２０，１２０ａ，１２０ｄ 基部、１３０ａ 周壁部、１４０ｄ，１４０ｅ，１４０ｆ，１４０ｇ 板状部。

請求の範囲

[請求項1] 固定端部を有し、該固定端部から離れる方向に延在する複数の梁部と、

前記複数の梁部の各々の前記固定端部と接続された基部とを備え、

前記複数の梁部の各々は、同一平面内で延在し、かつ、前記複数の梁部のうち少なくとも２つの梁部の各々の延在方向は、互いに異なり、

前記複数の梁部の各々は、同一方向の分極軸を有する単結晶圧電体層と、該単結晶圧電体層の上側に配置された上部電極層と、前記単結晶圧電体層を挟んで前記上部電極層の少なくとも一部に対向するように配置された下部電極層とを含み、

前記分極軸は、前記平面内において分極成分を有しており、

前記分極軸に直交し、かつ、前記平面内で延在する、直交軸の軸方向は、前記複数の梁部の各々の延在方向と交差している、圧電トランスデューサ。

[請求項2] 前記複数の梁部の各々の前記延在方向と、前記直交軸の軸方向とのなす角が、４０度以上５０度以下である、請求項１に記載の圧電トランスデューサ。

[請求項3] 前記単結晶圧電体層が、ニオブ酸リチウムまたはタンタル酸リチウムで構成されている、請求項１または請求項２に記載の圧電トランスデューサ。

[請求項4] 前記分極軸は、前記平面内においてのみ延在している、請求項３に記載の圧電トランスデューサ。

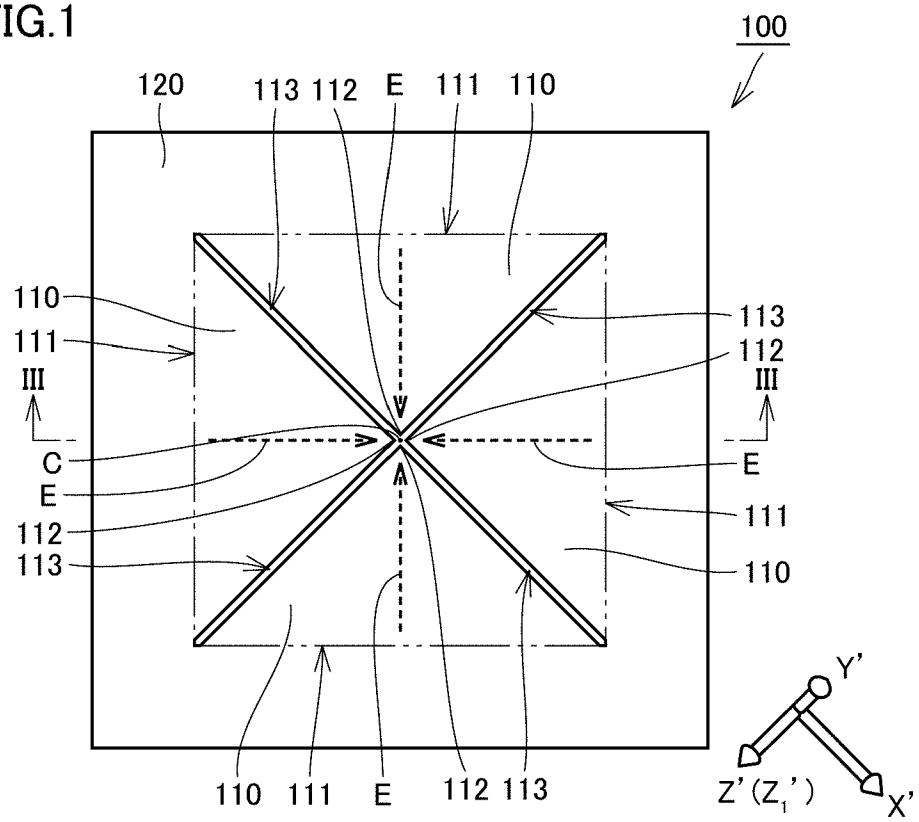
[請求項5] 前記複数の梁部として、３つ以上の梁部を備え、

前記平面に対して垂直な方向から見たときに、前記複数の梁部の各々は、三角形状または四角形状の外形を有し、かつ、前記平面内で互いに異なる方向に延在しつつ隣接する梁部同士の各間隔が互いに等しくなるように、配置されている、請求項１から請求項４のいずれか１

項に記載の圧電トランスデューサ。

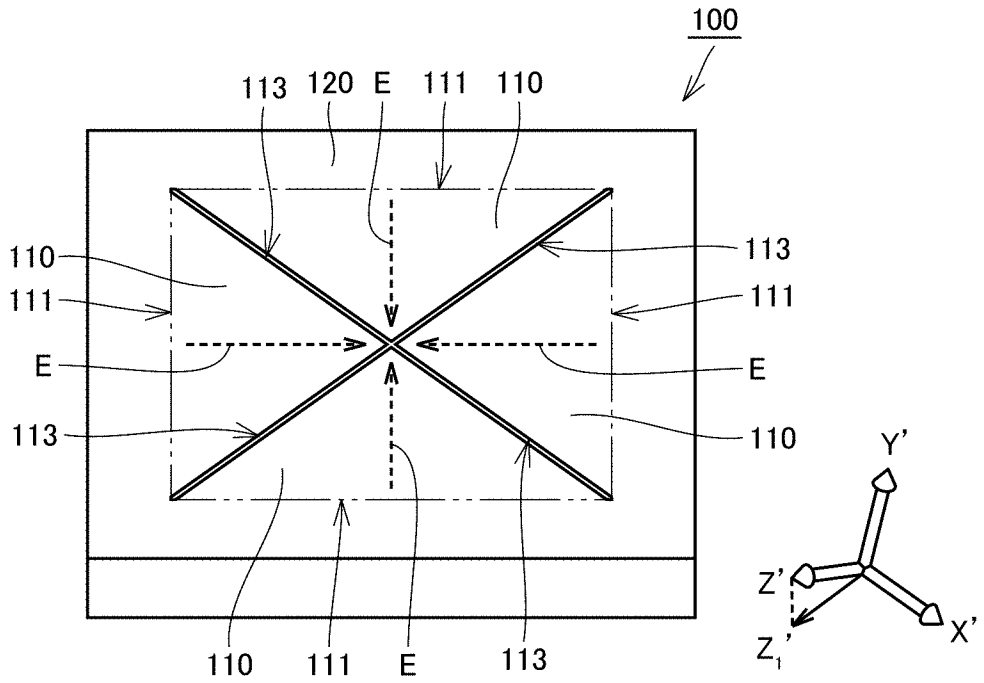
[図1]

FIG.1



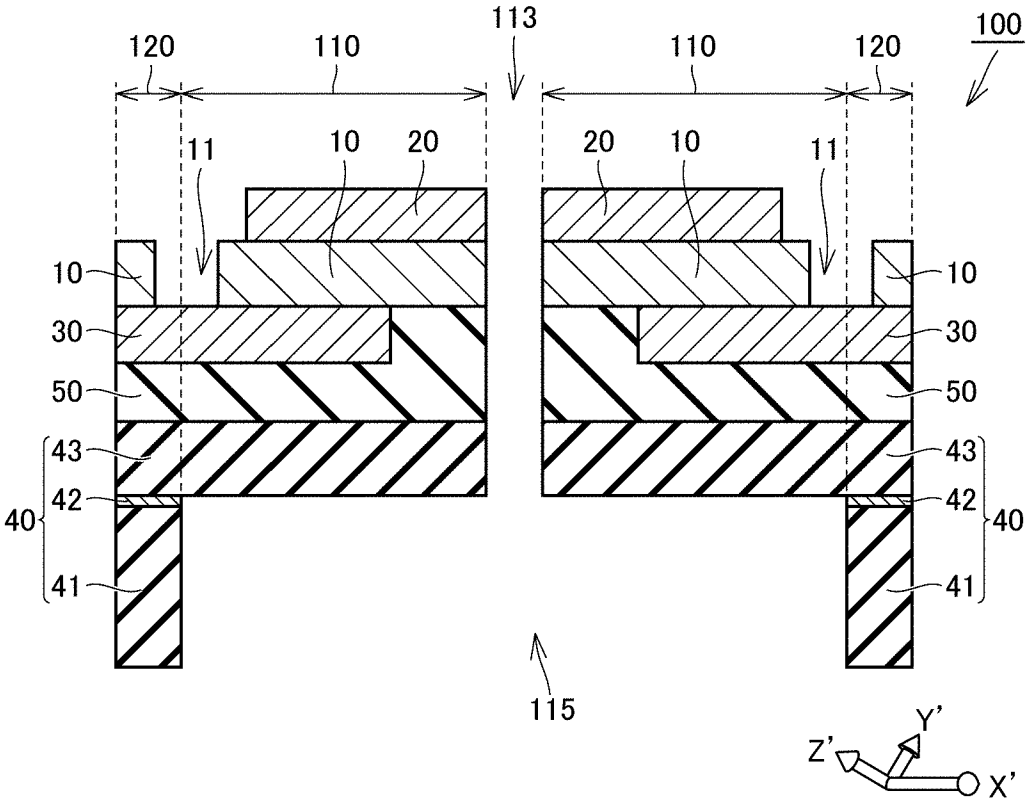
[図2]

FIG.2



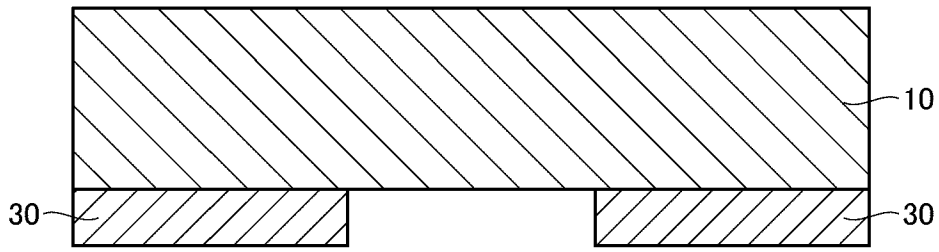
[図3]

FIG.3



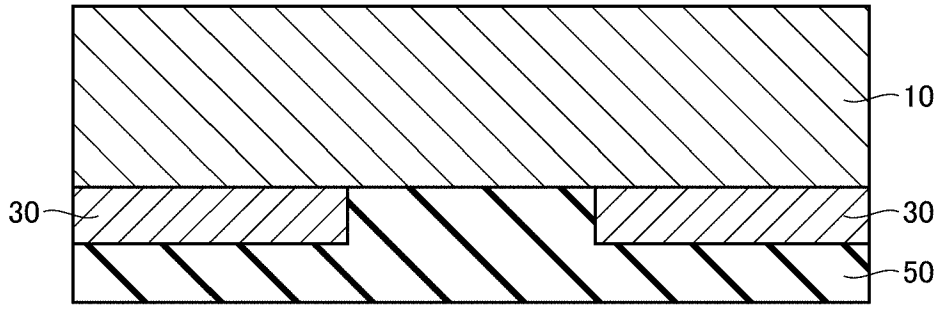
[図4]

FIG.4



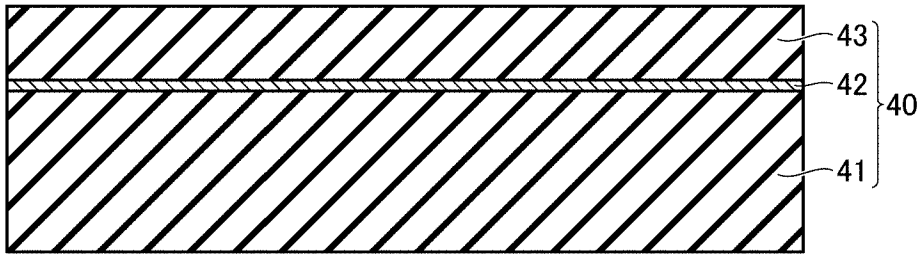
[図5]

FIG.5



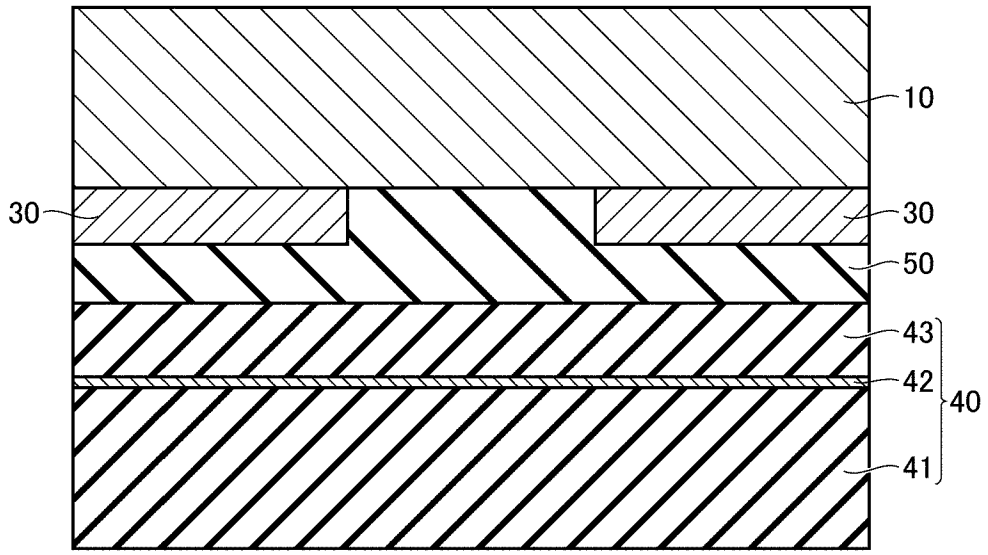
[図6]

FIG.6



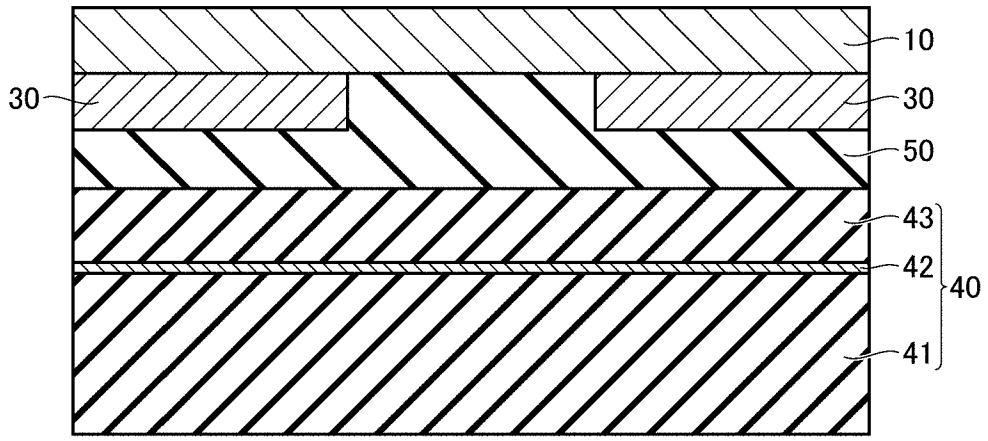
[図7]

FIG.7



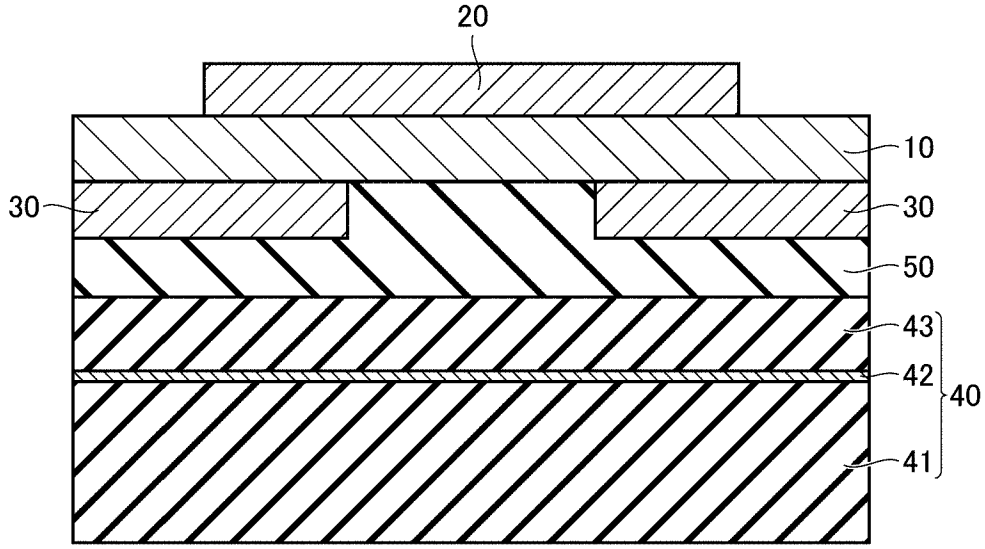
[図8]

FIG.8



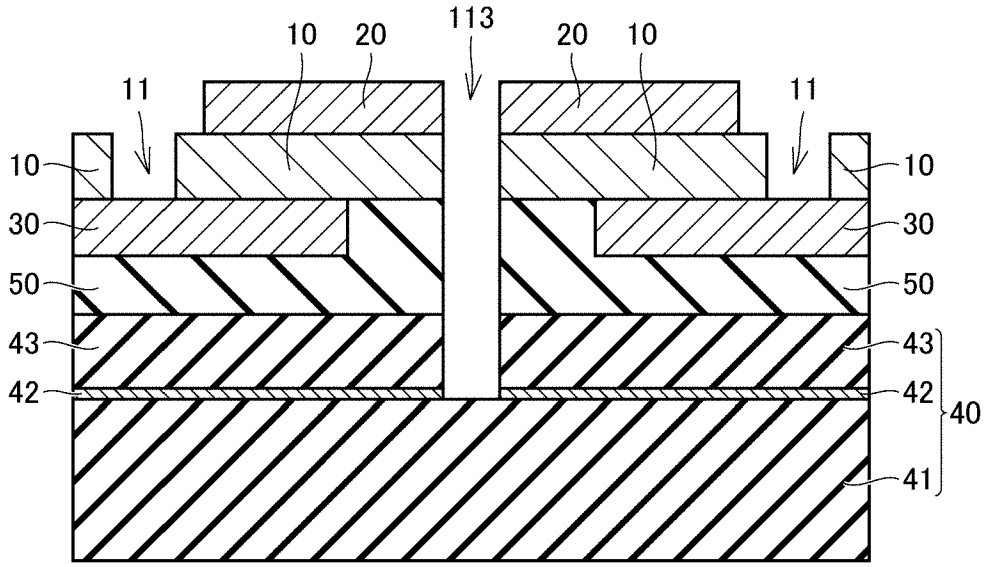
[図9]

FIG.9



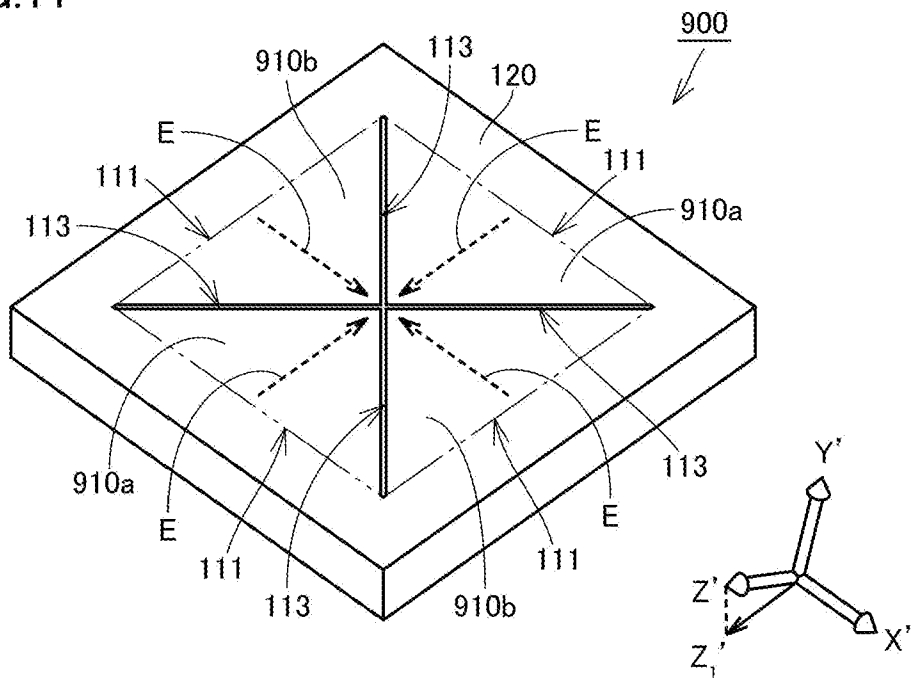
[図10]

FIG.10



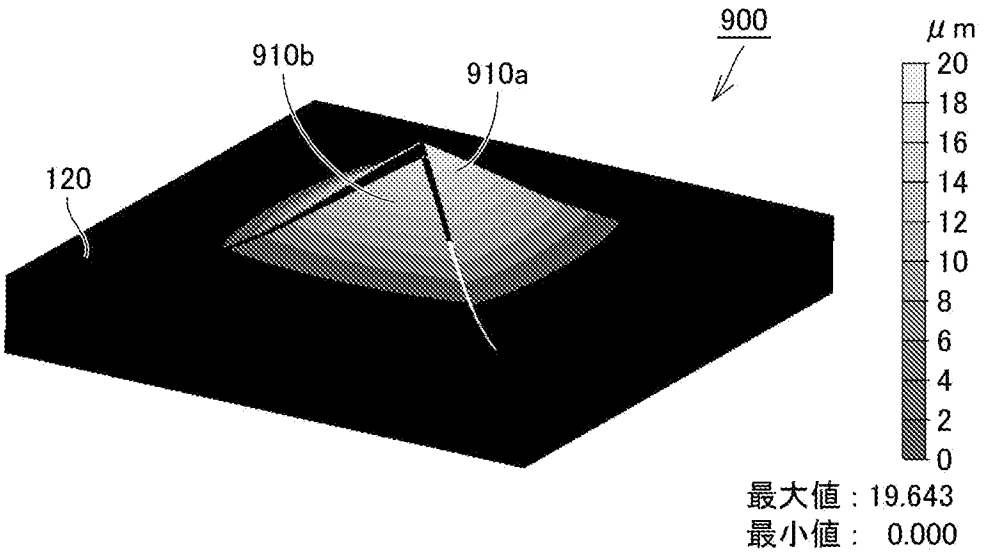
[図11]

FIG.11



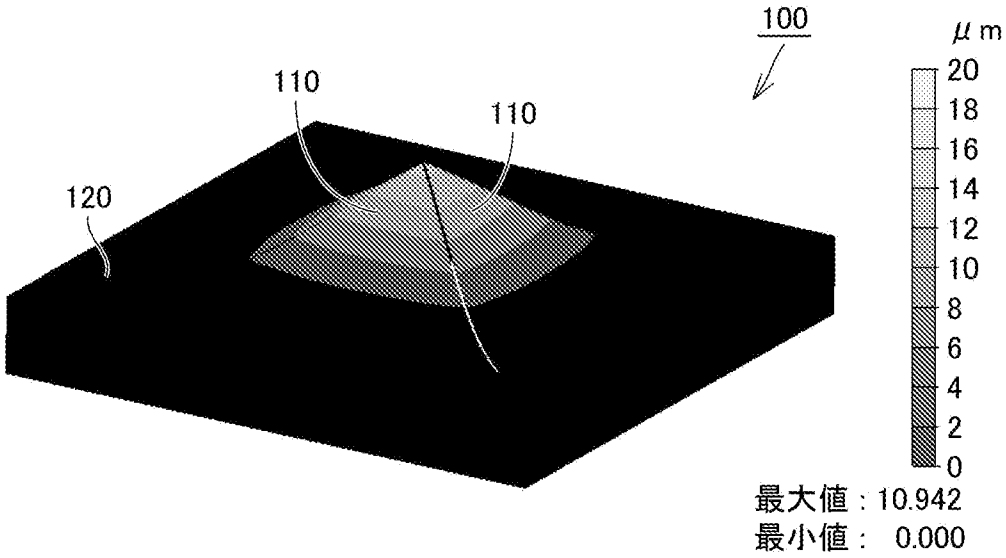
[図12]

FIG.12



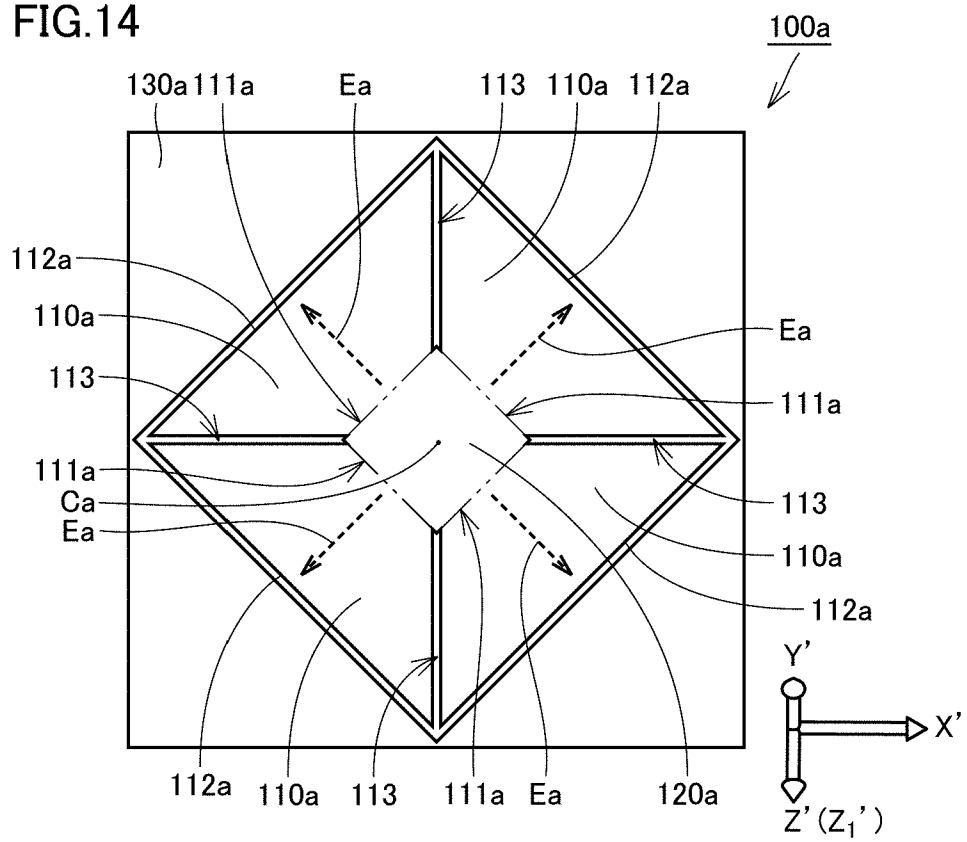
[図13]

FIG.13



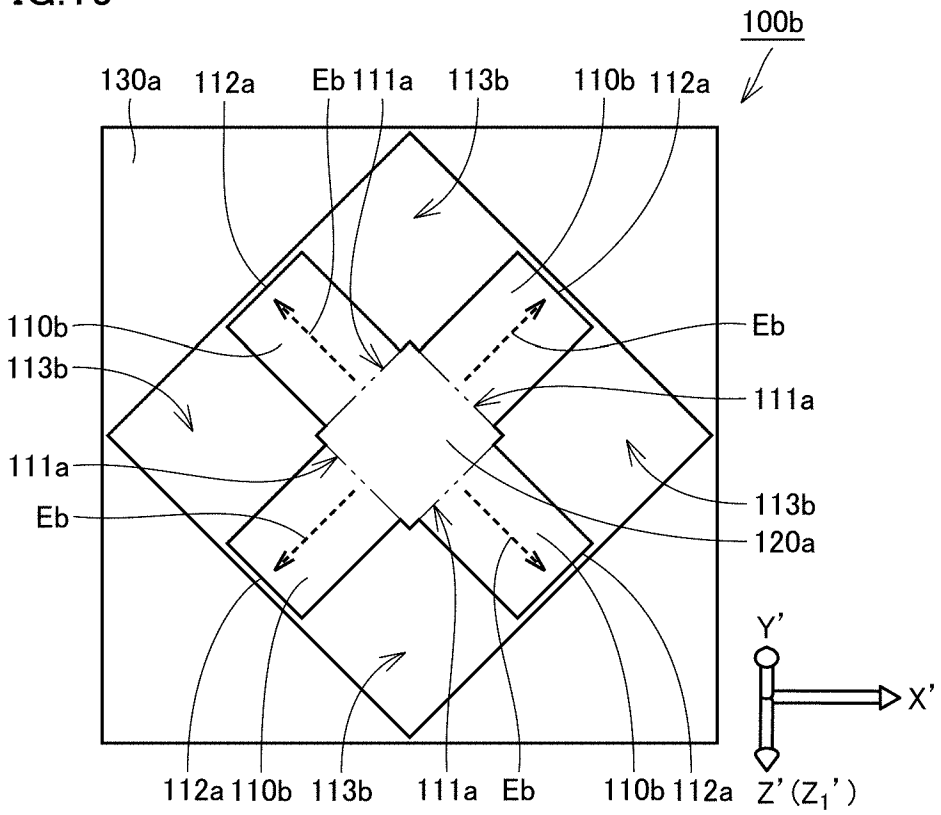
[図14]

FIG.14



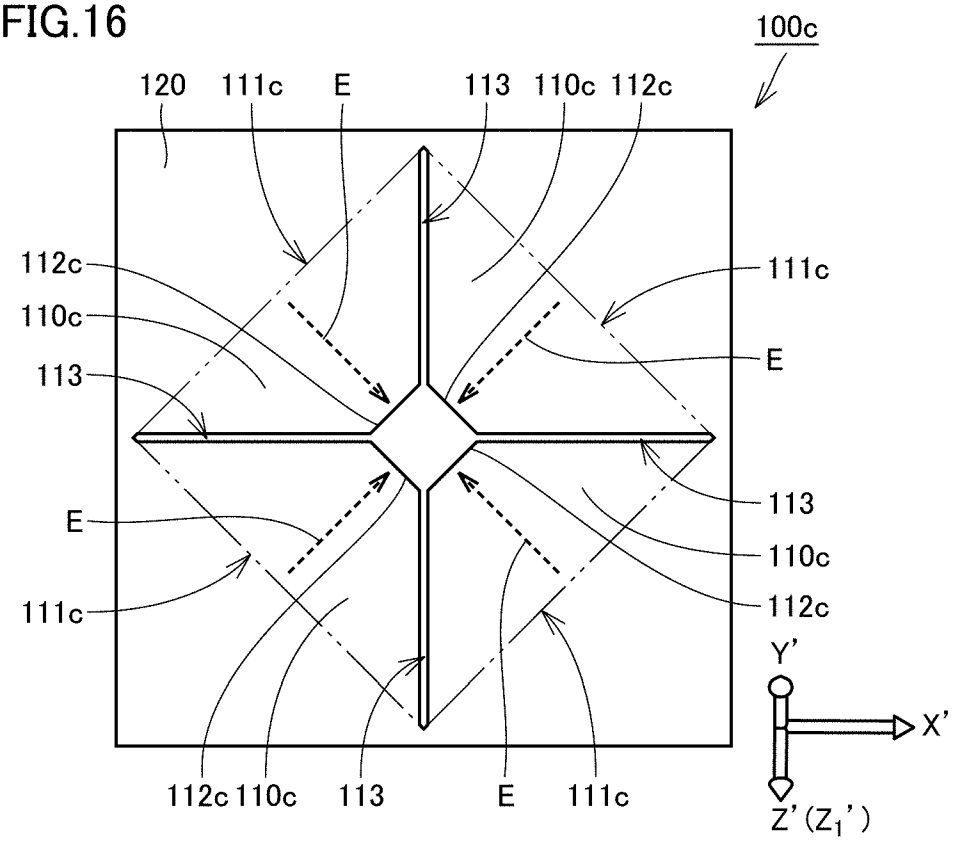
[図15]

FIG.15



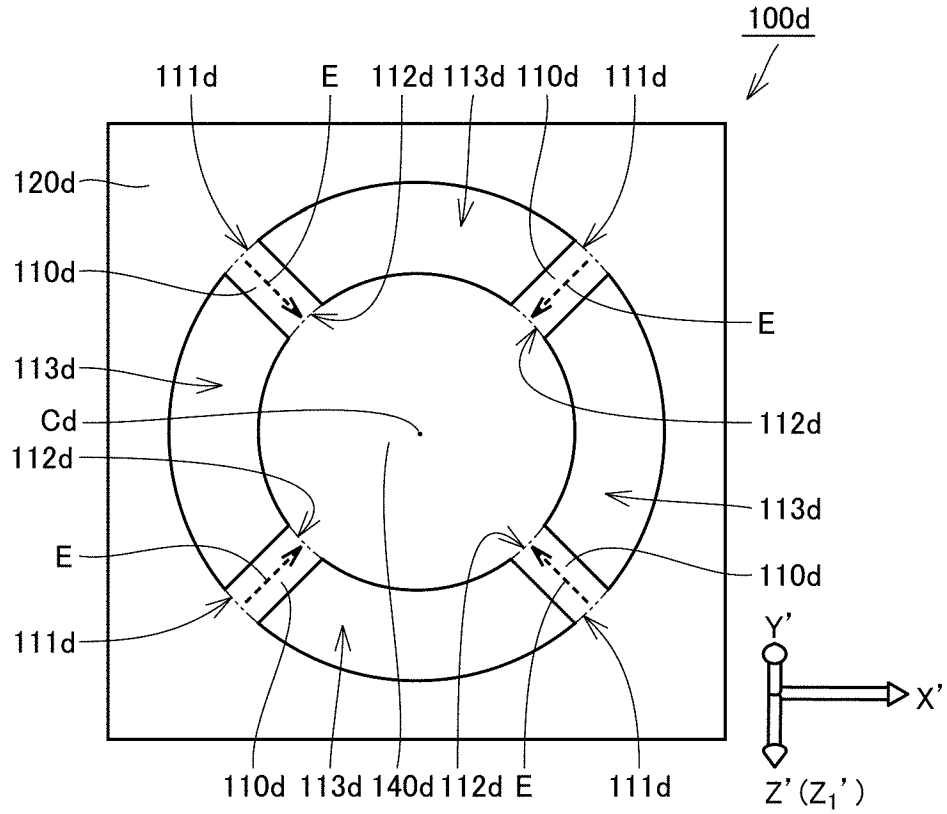
[図16]

FIG.16



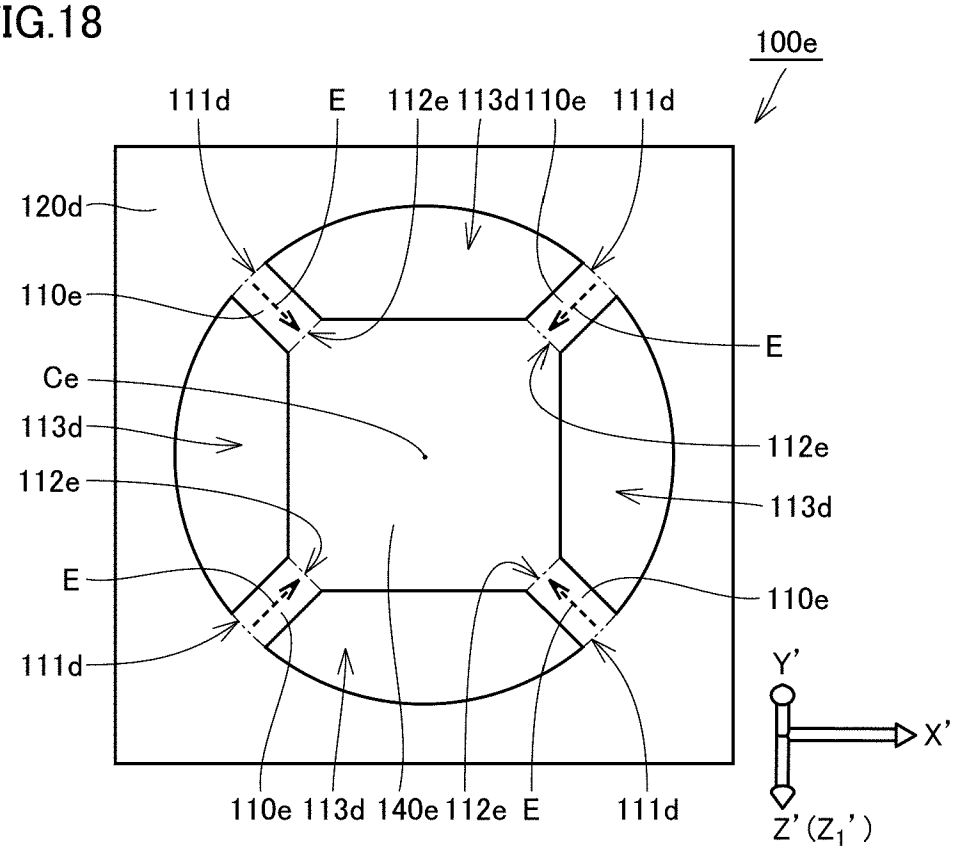
[図17]

FIG.17



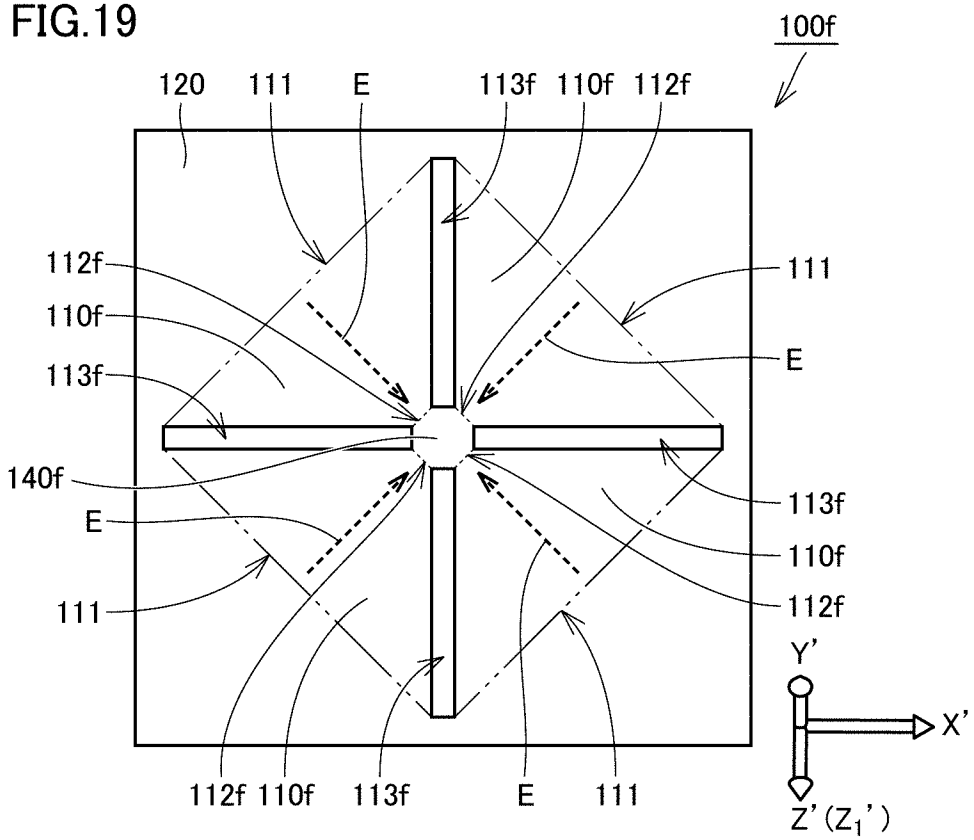
[図18]

FIG.18



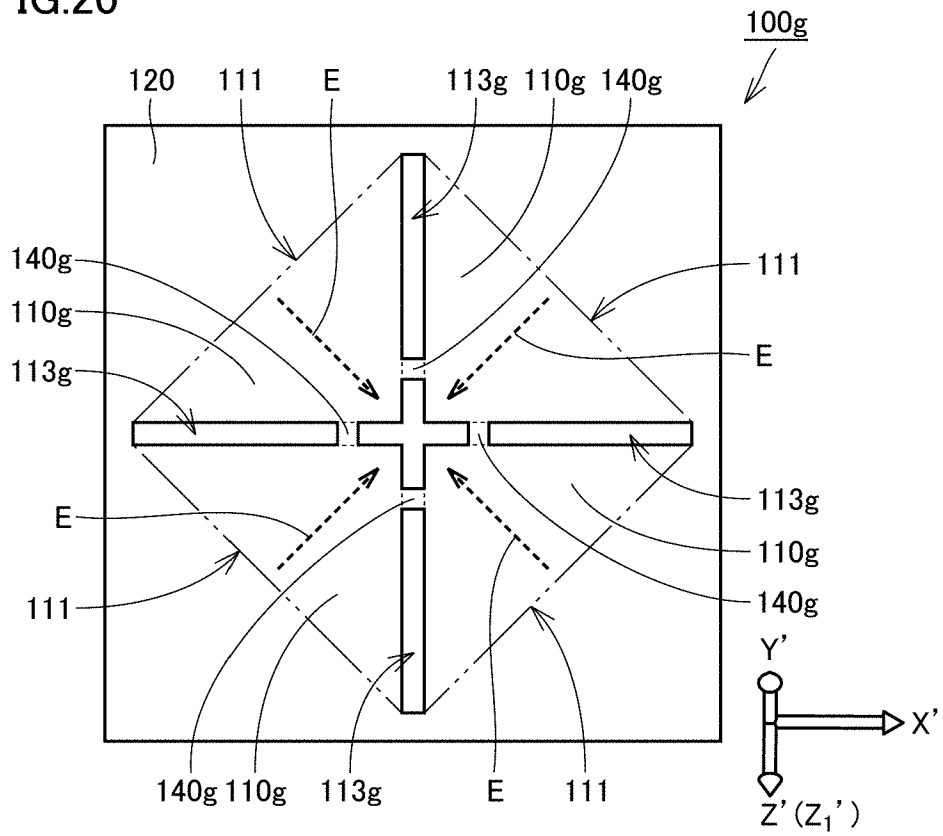
[図19]

FIG.19



[図20]

FIG.20



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2019/034707

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl. H01L41/09(2006.01)i, H01L41/053(2006.01)i, H01L41/113(2006.01)i, H01L41/187(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl. H01L41/09, H01L41/053, H01L41/113, H01L41/187

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 1971-2019
Registered utility model specifications of Japan 1996-2019
Published registered utility model applications of Japan 1994-2019

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2017/094520 A1 (MURATA MANUFACTURING CO., LTD.) 08 June 2017, paragraphs [0055]-[0058], fig. 8, 9 & US 2018/0192203 A1, paragraphs [0063]-[0066], fig. 8, 9 & CN 108140723 A	1-5
A	JP 2011-004129 A (THE UNIVERSITY OF TOKYO) 06 January 2011, paragraphs [0030]-[0066], fig. 1 (Family: none)	1-5

☒ 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
30.10.2019	12.11.2019
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

International application No.
PCT/JP2019/034707

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2007/060768 A1 (MURATA MANUFACTURING CO., LTD.) 31 May 2007, paragraphs [0047]-[0050], fig. 4 & US 2008/0218031 A1, paragraphs [0094]-[0097], fig. 4 & CN 101313628 A	1-5
A	JP 2011-527152 A (THE REGENTS OF THE UNIVERSITY OF MICHIGAN) 20 October 2011, paragraphs [0020], [0021], fig. 3a-3c & US 2010/0254547 A1, paragraphs [0047], [0048], fig. 3a-3c & WO 2010/002887 A2 & EP 2297976 A1 & KR 10-2011-0025697 A & CN 102138338 A	1-5

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１９／０３４７０７

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, H01L41/053(2006.01)i, H01L41/113(2006.01)i, H01L41/187(2006.01)i

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, H01L41/053, H01L41/113, H01L41/187

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	１９７１－２０１９年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１９年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１９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
A	WO 2017/094520 A1 (株式会社村田製作所) 2017.06.08, [0055]-[0058], 図 8,9 & US 2018/0192203 A1, [0063]-[0066], FIGS. 8,9 & CN 108140723 A	1-5
A	JP 2011-004129 A (国立大学法人東京大学) 2011.01.06, [0030]-[0066], 図 1 (ファミリーなし)	1-5

☑　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	国際調査報告の発送日
３０．１０．２０１９	１２．１１．２０１９

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
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）　５Ｆ　９５５４
加藤　俊哉
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３５１６

Ｃ（続き）．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
A	WO 2007/060768 A1（株式会社村田製作所）2007.05.31, [0047]-[0050],図４ & US 2008/0218031 A1,[0094]-[0097],FIG.4 & CN 101313628 A	1-5
A	JP 2011-527152 A（ザ・リージェンツ・オブ・ザ・ユニバーシティ・オブ・ミシガン）2011.10.20, [0020]-[0021],図 3a-3c & US 2010/0254547 A1,[0047]-[0048],FIGS.3a-3c & WO 2010/002887 A2 & EP 2297976 A1 & KR 10-2011-0025697 A & CN 102138338 A	1-5