

(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
2016年7月21日(21.07.2016)



(10) 国際公開番号

WO 2016/114237 A1

- (51) 国際特許分類:
H03H 9/24 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/050545
- (22) 国際出願日: 2016年1月8日(08.01.2016)
- (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 2015-007029 2015年1月16日(16.01.2015) 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: 西村 俊雄(NISHIMURA, Toshio); 〒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). 後藤 雄一(GOTO, Yuichi); 〒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). 中村 大佐(NAKAMURA, Daisuke); 〒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: 稲葉 良幸, 外(INABA, Yoshiyuki et al.); 〒1066123 東京都港区六本木6-10-1 六本木ヒルズ森タワー23階 TMI 総合法律事務所 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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, 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), ユーロピア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ユーロッパ (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).

(54) Title: RESONATOR

(54) 発明の名称: 共振子

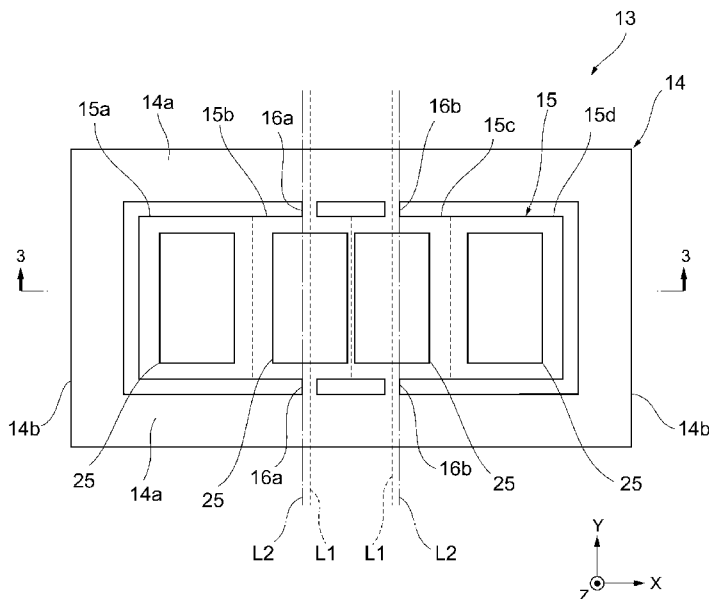


図2

(57) Abstract: Provided is a resonator in which resonator characteristics are improved over the prior art. The resonator is provided with: a support frame; a rectangular vibrating part having a first side and a second side extending parallel to each other along a prescribed direction, the rectangular vibrating part undergoing contour vibration in the prescribed direction; and two pairs of support parts for connecting the support frame and the first and second sides of the vibrating part. The vibrating part has: at least four vibration regions disposed along the prescribed direction, each of the vibration regions vibrating in reverse phase in relation to the adjacent other vibration regions; and an electrode film formed in each of the vibration regions. The center lines of the electrode film in the prescribed direction are offset in position from the center lines, viewed in the prescribed direction, of the vibration regions in which the electrode membranes are formed.

(57) 要約: これまでよりも共振子特性が向上した共振子を提供する。共振子は、支持枠と、所定方向に沿って互いに平行に延びる第1辺及び第2辺を有し、所定方向に輪郭振動する矩形の振動部と、振動部の第1辺及び第2辺と支

持枠とをそれぞれ接続する2対の支持部と、を備える。振動部は、所定方向に並んで配置された少なくとも4つの振動領域であって、各振動領域が、隣接する他の振動領域に対して逆位相で振動する、少なくとも4つの振動領域と、振動領域の各々に形成された電極膜と、を有している。電極膜の所定方向における中心線は、当該電極膜が形成された振動領域の所定方向における中心線からずれる。

WO 2016/114237 A1

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：共振子

技術分野

[0001] 本発明は、共振子に関する。

背景技術

[0002] いわゆる幅広がり振動モードで振動する圧電共振子は、例えば矩形形状に広がる支持枠と、この支持枠内に配置された例えば矩形形状の振動部と、を備えている。振動部は、第1方向に並列に配置された例えば4つの振動領域を備えており、互いに隣接する振動領域に対して逆位相で電界が印加されることによって第1方向に伸縮を繰り返す伸縮振動が生じる。

[0003] 振動部は、第1方向に直交する第2方向に延びる例えば2対の支持部によって支持枠に接続される。各対の支持部が、例えば第1方向の両端に配置された振動領域よりも内側の互いに隣接する内側の振動領域のそれぞれに接続される。各支持部は、ノード点すなわち変位最小点として規定される第1方向における各振動領域の中心線上の端部で、内側の各振動領域に接続される。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：米国特許第7639105号明細書

特許文献2：特開2008-228195号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 互いに隣接する内側の各振動領域は、第1方向の両側で振動領域に隣接しているため、この内側の各振動領域では、両側の振動領域の変位の影響を受けることによって第1方向における中心線上の端部がノード点にはならないことが分かった。従って、支持部が内側の振動領域の中心線上の端部に接続されても、十分な共振子特性は得られない。

[0006] 本発明はこのような事情に鑑みてなされたものであり、これまでよりも共振子特性が向上した共振子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

[0007] 本発明の一側面に係る共振子は、支持枠と、所定方向に沿って互いに平行に延びる第1辺及び第2辺を有し、所定方向に輪郭振動する矩形の振動部と、振動部の第1辺及び第2辺と支持枠とをそれぞれ接続する2対の支持部と、を備え、

振動部は、所定方向に並んで配置された少なくとも4つの振動領域であって、各振動領域が、隣接する他の振動領域に対して逆位相で振動する、少なくとも4つの振動領域と、振動領域の各々に形成された電極膜と、を有しており、

電極膜の所定方向における中心線が、当該電極膜が形成された振動領域の所定方向における中心線からずれる。

[0008] 本発明の別の側面に係る共振子は、支持枠と、所定方向に沿って互いに平行に延びる第1辺及び第2辺を有し、所定方向に輪郭振動する矩形の振動部と、振動部の第1辺及び第2辺と支持枠とをそれぞれ接続する2対の支持部と、を備え、

振動部は、所定方向に並んで配置された少なくとも4つの振動領域であって、各振動領域が、隣接する他の振動領域に対して逆位相で振動する、少なくとも4つの振動領域を有しており、

支持部の所定方向における中心線が、当該支持部が接続された振動領域の所定方向における中心線からずれる。

発明の効果

[0009] 本発明によれば、これまでよりも共振子特性が向上した共振子を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]一具体例に係る圧電振動装置の構造を概略的に示す分解斜視図である。

[図2]本発明の第1実施形態に係る圧電振動子の構造を概略的に示す平面図で

ある。

[図3]図2の3-3線に沿った断面の模式図である。

[図4]上側電極膜及び支持部の中心線のずれの効果を検証した結果を示すグラフである。

[図5]上側電極膜及び支持部の中心線のずれの効果を検証した結果を示すグラフである。

[図6]上側電極膜及び支持部の中心線のずれの効果を検証した結果を示すグラフである。

[図7]振動領域の幅に対する上側電極膜の幅の比率の効果を検証した結果を示すグラフである。

[図8]振動領域の幅に対する上側電極膜の幅の比率の効果を検証した結果を示すグラフである。

[図9]振動領域の幅に対する上側電極膜の幅の比率の効果を検証した結果を示すグラフである。

[図10]本発明の第2実施形態に係る圧電振動子の構造を概略的に示す平面図である。

[図11]比較例に係る振動子の変位のシミュレーション結果を示す図である。

[図12]比較例に係る振動子の歪みのシミュレーション結果を示す図である。

[図13]実施例に係る振動子の変位のシミュレーション結果を示す図である。

[図14]実施例に係る振動子の歪みのシミュレーション結果を示す図である。

発明を実施するための形態

- [0011] 以下、添付の図面を参照して本発明の第1実施形態について説明する。図1は、一具体例に係る圧電振動装置10の構造を概略的に示す分解斜視図である。この圧電振動装置10は、例えば平たい直方体の輪郭形状を有しており、下側基板11と、この下側基板11との間に振動空間を形成する上側基板12と、下側基板11及び上側基板12の間に挟み込まれて保持される圧電振動子（共振子の一例である。）13と、を備えている。圧電振動子13は、MEMS技術を用いて製造されるMEMS振動子である。

[0012] 圧電振動子 1 3 は、図 1 の直交座標系における X Y 平面に沿って例えば矩形の枠状に広がる支持枠 1 4 と、支持枠 1 4 の内側に配置されて、支持枠 1 4 と同様に例えば X Y 平面に沿って矩形に広がる振動部 1 5 と、支持枠 1 4 と振動部 1 5 とを互いに接続する少なくとも 1 対、本実施形態では 2 対の支持部 1 6 a、1 6 a 及び 1 6 b、1 6 b と、を備えている。

[0013] 支持枠 1 4 は、X 軸に平行に延びる 1 対の長辺の枠体 1 4 a、1 4 a と、Y 軸に平行に延びてその両端で枠体 1 4 a、1 4 a の両端にそれぞれ接続される 1 対の短辺の枠体 1 4 b、1 4 b と、を備えている。その一方で、振動部 1 5 は、X 軸方向に沿って互いに平行に延びる長尺の第 1 辺及び第 2 辺を有しており、この第 1 辺及び第 2 辺はそれぞれ枠体 1 4 a、1 4 a に平行に延びる。1 対の支持部 1 6 a、1 6 a 及び 1 対の支持部 1 6 b、1 6 b がそれぞれ、Y 軸に平行な一直線上で延びて枠体 1 4 a、1 4 a と振動部 1 5 とを互いに接続する。

[0014] 下側基板 1 1 は X Y 平面に沿って平板状に広がっており、その上面に例えば平たい直方体形状の凹部 1 7 が形成されている。凹部 1 7 は振動部 1 5 の振動空間の一部を形成する。その一方で、上側基板 1 2 は X Y 平面に沿って平板状に広がっており、その下面に例えば平たい直方体形状の凹部 1 8 が形成されている。凹部 1 8 は振動部 1 5 の振動空間の一部を形成する。この振動空間では真空状態が維持されている。下側基板 1 1 及び上側基板 1 2 は例えば Si (シリコン) から形成されている。

[0015] 図 2 は、本発明の第 1 実施形態に係る圧電振動子 1 3 の構造を概略的に示す平面図である。図 2 に示すように、振動部 1 5 は、所定の方法すなわち X 軸方向に配列される複数すなわち 4 つの振動領域 1 5 a ~ 1 5 d を備えており、各振動領域 1 5 a ~ 1 5 d は図面では点線で仕切られている。本実施形態では、各振動領域 1 5 a ~ 1 5 d は、X 軸方向においてそれぞれ同一の幅を有しており、かつ、Y 軸方向においてそれぞれ同一の長さを有している。すなわち、各振動領域 1 5 a ~ 1 5 d は、X 軸方向に 4 等分された領域を規定している。また、後述するように、振動領域 1 5 a ~ 1 5 d は各々、隣接

する振動領域15a～15dに対して振動部15における歪みが最小となるラインによって境界を画定している。

[0016] 上述したように、振動部15は、2対の支持部16a、16a及び16b、16bによって支持枠14に支持されている。一方の1対の支持部16a、16aが、外側の振動領域15aよりも内側の振動領域15bと支持枠14a、14aとを互いに接続している。他方の1対の支持部16b、16bが、外側の振動領域15dよりも内側の振動領域15cと支持枠14a、14aとを互いに接続している。

[0017] 図3は、図2の3-3線に沿った断面の模式図である。図3を併せて参照すると、振動部15は、Si酸化膜21と、Si酸化膜21上に積層された活性層すなわちSi層22と、Si層22上に積層された圧電薄膜23と、圧電薄膜23の下面に形成された例えば1つの下側電極膜24と、圧電薄膜23の上面に形成された複数の上側電極膜25と、から形成されている。なお、Si酸化膜21は、圧電薄膜23の上面や下面に形成されてもよい。

[0018] Si酸化膜21は、圧電振動子13の周波数温度特性を補正するための膜であり、例えばSiO₂を用いている。また、Si酸化膜21には、SiO₂に代えて、Si_aO_b層（a及びbは整数）の適宜の組成を含む酸化ケイ素材料が用いられてもよい。Si層22は、縮退状態であるn型のSi半導体から形成されており、n型ドーパントとしてP（リン）などを含む。圧電薄膜23には例えばAlN（窒化アルミニウム）が用いられる。ただし、圧電薄膜23には、AlNに代えて、ScAlN（窒化スカンジウムアルミニウム）などが用いられてもよい。

[0019] 下側電極膜24は、すべての振動領域15a～15dにまたがって形成されており、すべての振動領域15a～15dで共通の電極となっている。この下側電極膜24は浮き電極として形成されている。その一方で、上側電極膜25は、各振動領域15a～15dに各々1つ形成されている。下側電極膜24及び上側電極膜25には例えばMo（モリブデン）が用いられる。なお、1つの下側電極膜24に代えて、各振動領域15a～15dに各々1つ

の下側電極膜 24 が形成されてもよい。

[0020] 圧電薄膜 23 の A l N は、ウルツ鉱構造を有しており、S i 層 22 に対してほぼ垂直に c 軸配向している。各上側電極膜 25 に、隣接する上側電極膜 25 とは逆位相になるように c 軸方向に交番電界が印加されると、各振動領域 15 a ~ 15 d が機械的に結合し、それによって振動部 15 は全体として高調波で輪郭振動する。すなわち、振動部 15 では X 軸方向において、振動部 15 が伸びている状態と振動部 15 が縮んでいる状態とを繰り返す幅拡がりモードで振動が生じる。

[0021] 図 2 に戻ると、振動部 15 において、X 軸方向に両端に配置された外側の振動領域 15 a、15 d では、X 軸方向における上側電極膜 25 の中心線（図示せず）が、X 軸方向における振動領域 15 a、15 d の中心線（図示せず）に一致している。すなわち、振動領域 15 a、15 d の X 軸方向に規定される幅の中心に上側電極膜 25 が配置されている。その一方で、内側の振動領域 15 b、15 c では、X 軸方向における上側電極膜 25 の中心線 L1 が、振動領域 15 b、15 c の中心線 L2（一点鎖線）から、各々内側に向かって互いに近づく方向にずれて配置されている。

[0022] また、本実施形態では、図 2 から明らかなように、内側の振動領域 15 b、15 c において、上側電極膜 25 の中心線 L1 は、X 軸方向における支持部 16 a、16 a 及び 16 b、16 b のそれぞれの中心線に一致している。言い替えれば、X 軸方向における各対の支持部 16 a、16 a 及び 16 b、16 b のそれぞれ中心線は、上側電極膜 25 の中心線 L1 と同様に、振動領域 15 b、15 c の中心線 L2 から、各々内側に向かって互いに近づく方向にずれて配置されている。

[0023] 本実施形態の圧電振動子 13 では、S i 層 22 は、例えば X 軸方向に $20\ \mu\text{m}$ の幅、Y 軸方向に $74\ \mu\text{m}$ の長さ、及び、Z 軸方向に $10\ \mu\text{m}$ の厚さを有している。各支持部 16 a、16 b は、X 軸方向に $5\ \mu\text{m}$ の幅、及び、Y 軸方向に $5\ \mu\text{m}$ の長さを有している。この場合、内側の振動領域 15 b、15 c において、上側電極膜 25 及び支持部 16 a、16 b の中心線 L1 の

振動領域 15 b、15 c の中心線 L 2 からのずれは $2\ \mu\text{m}$ に設定されている。また、X 軸方向における各振動領域 15 a ~ 15 d の幅に対する上側電極膜 25 の幅の比率は 0.7 に設定されている。

[0024] 以上のような圧電振動子 13 では、内側の振動領域 15 b、15 c の各々の両側にはそれぞれ振動領域 15 a、15 c 及び振動領域 15 b、15 d が隣接している。本発明者らの検証によれば、後述するように、振動領域 15 b、15 c では、それぞれ隣接する両側の振動領域の変位の影響を受けることによって、振動領域 15 b、15 c の実際の変位最小点（歪み最大点）が、本来の変位最小点（歪み最大点）があるとされる振動領域 15 b、15 c の中心線 L 2 上から、X 軸方向に振動部 15 の内側に向かってずれることが分かった。

[0025] 本実施形態では、内側の振動領域 15 b、15 c において、上側電極膜 25 の中心線 L 1 が振動部 15 の内側すなわち実際の変位最小点に向かってずらされて上側電極膜 25 が実際の歪み最大点を中心に形成されているので、振動効率を高めることができ、それによって振動子特性を向上させることができる。また、各対の支持部 16 a、16 a 及び 16 b、16 b のそれぞれの中心線が、振動部 15 の内側すなわち実際の変位最小点に向かってずらされて実際の変位最小点に位置合わせされることによって、支持部 16 a、16 b によって支持されることによる振動領域 15 b、15 c の振動の損失を最小限に抑えることができる。

[0026] 図 4 ~ 図 6 は、上側電極膜 25 及び支持部 16 a、16 b の中心線 L 1 の中心線 L 2 からのずれの効果を FEM（有限要素法）解析シミュレーションに基づき検証した結果を示すグラフである。図 4 ~ 図 6 において、グラフの横軸は、X 軸方向における振動領域 15 b 又は 15 c の幅 W に対する中心線 L 1 及び L 2 のずれ量 d_x の比率 d_x/W を示している。また、正の比率は、中心線 L 1 が中心線 L 2 から振動部 15 の外側にずれた場合であり、負の比率は、中心線 L 1 が中心線 L 2 から内側にずれた場合である。縦軸は、それぞれ圧電振動子の振動子特性を表す k_{2Q} 、 k （電気機械結合係数）及び Q

の値を示している。

[0027] 検証にあたって、上側電極膜 25 及び支持部 16 a、16 b の中心線 L 1 の振動領域 15 b 又は 15 c の中心線 L 2 からのずれ量 d_x の比率 d_x/W を変化させた。その結果、図 4～図 6 に示すように、上側電極膜 25 及び支持部 16 a、16 b の中心線 L 1 が、振動領域 15 b 又は 15 c の中心線 L 2 よりも振動部 15 の内側にずれた場合に、振動子特性が向上することが分かる。上側電極膜 25 及び支持部 16 a、16 b の中心線 L 1 が例えば 0.04 の比率で内側にずれた場合に最も振動子特性を向上させることができることが分かる。特に図 4 及び図 6 から明らかなように、中心線 L 1 が中心線 L 2 から外側にずれると、振動子特性が急激に悪化することが分かる。

[0028] 図 7～図 9 は、振動領域 15 b 又は 15 c の幅 W に対する上側電極膜 25 の幅 W_e の比率の効果を FEM 解析シミュレーションに基づき検証した結果を示すグラフである。グラフの横軸は、振動領域 15 b 又は 15 c の幅 W に対する上側電極膜 25 の幅 W_e の比率 W_e/W を示している。検証にあたって、振動領域 15 b 又は 15 c の幅 W に対する X 軸方向における上側電極膜 25 の幅 W_e の比率 W_e/W を変化させた。図 7～図 9 に示すように、比率 W_e/W が 0.6 以上 0.9 以下に設定されると、振動子特性はおおむね良好であり、特に、比率 W_e/W が 0.7 以上 0.8 以下に設定されると、振動子特性が特に良好であることが分かる。従って、上側電極膜 25 の幅 W_e は上記数値範囲の比率で設定されることが好ましいことが分かる。

[0029] 図 10 は、本発明の第 2 実施形態に係る圧電振動子 13 a の構造を概略的に示す平面図である。この圧電振動子 13 a は、支持枠 14 の各枠体 14 a の 2 対の支持部 16 a、16 a 及び 16 b、16 b に対応する位置に X 軸に沿って延びる 2 対のスリット 27、27 と、各スリット 27 と各支持部 16 a、16 b との間に形成された屈曲振動部 28 と、を備えている点で、第 1 実施形態に係る圧電振動子 13 と相違する。その他の構造については前述の第 1 実施形態に係る圧電振動子 13 と同一であるため、重複した説明は省略する。

[0030] スリット 27 は、Z 軸方向に枠体 14 a を貫通する貫通孔である。スリット 27 は、例えば X 軸方向に長尺で延びる矩形の輪郭を有しており、X 軸方向におけるその中心線は上側電極膜 25 及び支持部 16 a、16 b の中心線 L1 に一致する。こうした構成によれば、支持部 16 a、16 b は屈曲振動部 28 を通じて支持枠 14 に接続される。屈曲振動部 28 は、Y 軸に直交する X 軸方向に長尺に延びている。屈曲振動部 28 は、例えば Y 軸方向に $5\ \mu\text{m}$ の長さ、及び、X 軸方向に $25\ \mu\text{m}$ の幅を有している。

[0031] この圧電振動子 13 a では、振動部 15 の振動が支持部 16 a、16 b を通じて屈曲振動部 28 に伝達されると、振動は屈曲振動部 28 において Z 軸方向における屈曲振動に変換される。図 10 の点線で示した屈曲振動部 28 と枠体 14 a との間の界面が屈曲振動の固定端になるため、屈曲振動部 28 における屈曲振動はこの界面で反射して、振動を屈曲振動部 28 に閉じ込める。その結果、振動部 15 の振動が枠体 14 a に伝達することを効果的に抑制することができる。

[0032] なお、X 軸方向における支持部 16 a、16 b の端部から、屈曲振動部 28 と枠体 14 a との間の界面までの距離 D は振動部 15 における固有振動周波数に応じて設定される。具体的には、距離 D は、振動部 15 の固有振動周波数に対応する屈曲振動の波長を λ とした場合に $\lambda/4$ に設定される。こうした構成によれば、屈曲振動部 28 に振動を確実に閉じ込めることができる。また、当該界面から外側における支持枠 14 の面積が大きいため、音響反射効果を高めることができ、それによって屈曲振動部 28 により一層確実に振動を閉じ込めることができる。

[0033] 図 11～図 14 は、FEM 解析シミュレーションに基づく幅広がり圧電振動子の変位及び歪みの大きさを示す図である。図 11 及び図 12 は、比較例、すなわち、上側電極膜 25 及び支持部 16 a、16 b の中心線 L1 が振動領域 15 b 又は 15 c の中心線 L2 に一致する場合の圧電振動子の変位及び歪みの大きさを示す。図 13 及び図 14 は、実施例（第 2 実施形態）、すなわち、上側電極膜 25 及び支持部 16 a、16 b の中心線 L1 が振動領域 1

5 b又は1 5 cの中心線L 2から内側にずれた場合の、圧電振動子の変位及び歪みの大きさを示す。

[0034] 図1 1及び図1 3では、最小変位の領域をG 0で、中間変位の領域をG 1で、及び、最大変位の領域をG 2でそれぞれ特定した。その結果、図1 1に示すように、比較例では、支持部1 6 a、1 6 bの接続位置の付近の最小変位の領域G 0の位置が、上側電極膜2 5及び支持部1 6 a、1 6 bの中心軸L 1から内側の位置にずれていることが分かる。その一方で、図1 3に示すように、実施例では、支持部1 6 a、1 6 bの接続位置の付近の最小変位の領域G 0の位置が、上側電極膜2 5及び支持部1 6 a、1 6 bの中心軸L 1にほぼ一致していることが分かる。

[0035] その一方で、図1 2及び図1 4では、最小歪みの領域をF 0で、中間歪みの領域をF 1で、及び、最大歪みの領域をF 2でそれぞれ特定した。その結果、図1 2に示すように、比較例では、上側電極膜2 5及び支持部1 6 a、1 6 bの中心軸L 1が最大歪みF 2及び最小歪みF 0の位置の中心からやや外側にずれていることが分かる。その一方で、図1 4に示すように、実施例では、上側電極膜2 5及び支持部1 6 a、1 6 bの中心軸L 1が最大歪みF 2及び最小歪みF 0の位置の中心にほぼ一致していることが分かる。なお、図1 2及び図1 4から明らかなように、振動部1 5の各振動領域1 5 a～1 5 dは、それぞれ隣接する振動領域に対して最小歪みF 0によって境界を画定している。

[0036] 以上のような圧電振動子1 3、1 3 aでは、振動部1 5が5つの振動領域を有する場合であっても前述と同様の作用効果を実現することができる。この場合、前述の振動領域1 5 b、1 5 cの間に振動領域がさらに追加されることが好ましい。また、前述の1つの下側電極膜2 4に代えて、各振動領域1 5 a～1 5 dごとに下側電極膜2 4が形成される場合、振動領域1 5 b及び1 5 cに形成される下側電極膜2 4は前述の上側電極膜2 5と同様に内側にずらされることが好ましい。

[0037] なお、以上説明した各実施形態は、本発明の理解を容易にするためのもの

であり、本発明を限定して解釈するためのものではない。本発明は、その趣旨を逸脱することなく、変更／改良され得るとともに、本発明にはその等価物も含まれる。即ち、各実施形態に当業者が適宜設計変更を加えたものも、本発明の特徴を備えている限り、本発明の範囲に包含される。例えば、各実施形態が備える各要素およびその配置、材料、条件、形状、サイズなどは、例示したものに限定されるわけではなく適宜変更することができる。また、各実施形態は例示であり、異なる実施形態で示した構成の部分的な置換または組み合わせが可能であることは言うまでもなく、これらも本発明の特徴を含む限り本発明の範囲に包含される。

符号の説明

- [0038] 1 3 振動子（圧電振動子）
 1 3 a 振動子（圧電振動子）
 1 4 支持枠
 1 5 振動部
 1 5 a ～ 1 5 d 振動領域
 1 6 a 支持部
 1 6 b 支持部
 2 5 電極膜（上側電極膜）
 L 1 中心線
 L 2 中心線

請求の範囲

- [請求項1] 支持枠と、
 所定の方向に沿って互いに平行に延びる第1辺及び第2辺を有し、
 所定の方向に輪郭振動する矩形の振動部と、
 前記振動部の前記第1辺及び前記第2辺と前記支持枠とをそれぞれ
 接続する2対の支持部と、を備え、
 前記振動部は、
 前記所定の方向に並んで配置された少なくとも4つの振動領域であ
 って、各振動領域が、隣接する他の振動領域に対して逆位相で振動す
 る、少なくとも4つの振動領域と、
 前記振動領域の各々に形成された電極膜と、を有しており、
 前記電極膜の前記所定の方向における中心線が、当該電極膜が形成
 された前記振動領域の前記所定の方向における中心線からずれる、共
 振子。
- [請求項2] 前記電極膜の前記所定の方向における中心線が、当該電極膜が形成
 された前記振動領域における変位最小点に一致する、請求項1に記載
 の共振子。
- [請求項3] 前記支持部の前記所定の方向における中心線が、当該支持部が接続
 された前記振動領域の前記所定の方向における中心線からずれる、請
 求項1又は2に記載の共振子。
- [請求項4] 前記支持部の前記所定の方向における中心線が、当該支持部が接続
 された前記振動領域の前記電極膜の前記所定の方向における中心線に
 一致する、請求項3に記載の共振子。
- [請求項5] 前記電極膜の前記所定の方向における幅は、当該電極膜が形成され
 た前記振動領域の前記所定の方向における幅に対して0.6以上0.
 9以下の比率を有する大きさに設定される、請求項1～4のいずれか
 1項に記載の共振子。
- [請求項6] 前記比率は0.7以上0.8以下である、請求項5に記載の共振子

。

[請求項7]

支持枠と、

所定の方角に沿って互いに平行に延びる第1辺及び第2辺を有し、
所定の方角に輪郭振動する矩形の振動部と、

前記振動部の前記第1辺及び前記第2辺と前記支持枠とをそれぞれ
接続する2対の支持部と、を備え、

前記振動部は、前記所定の方角に並んで配置された少なくとも4つ
の振動領域であって、各振動領域が、隣接する他の振動領域に対して
逆位相で振動する、少なくとも4つの振動領域を有しており、

前記支持部の前記所定の方角における中心線が、当該支持部が接続
された前記振動領域の前記所定の方角における中心線からずれる、共
振子。

[請求項8]

前記支持部の前記所定の方角における中心線が、当該支持部が接続
された前記振動領域における変位最小点に一致する、請求項7に記載
の共振子。

[図1]

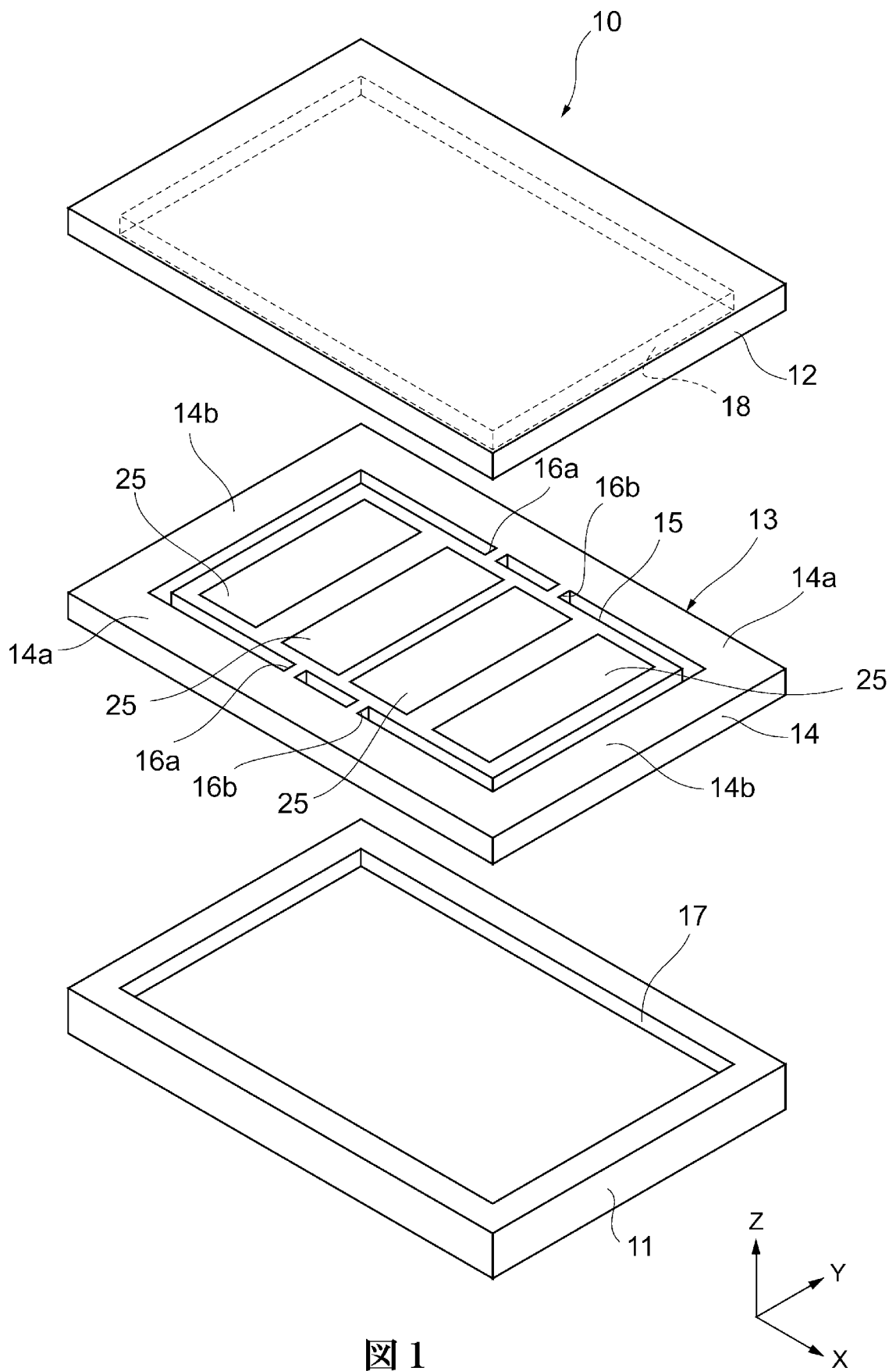
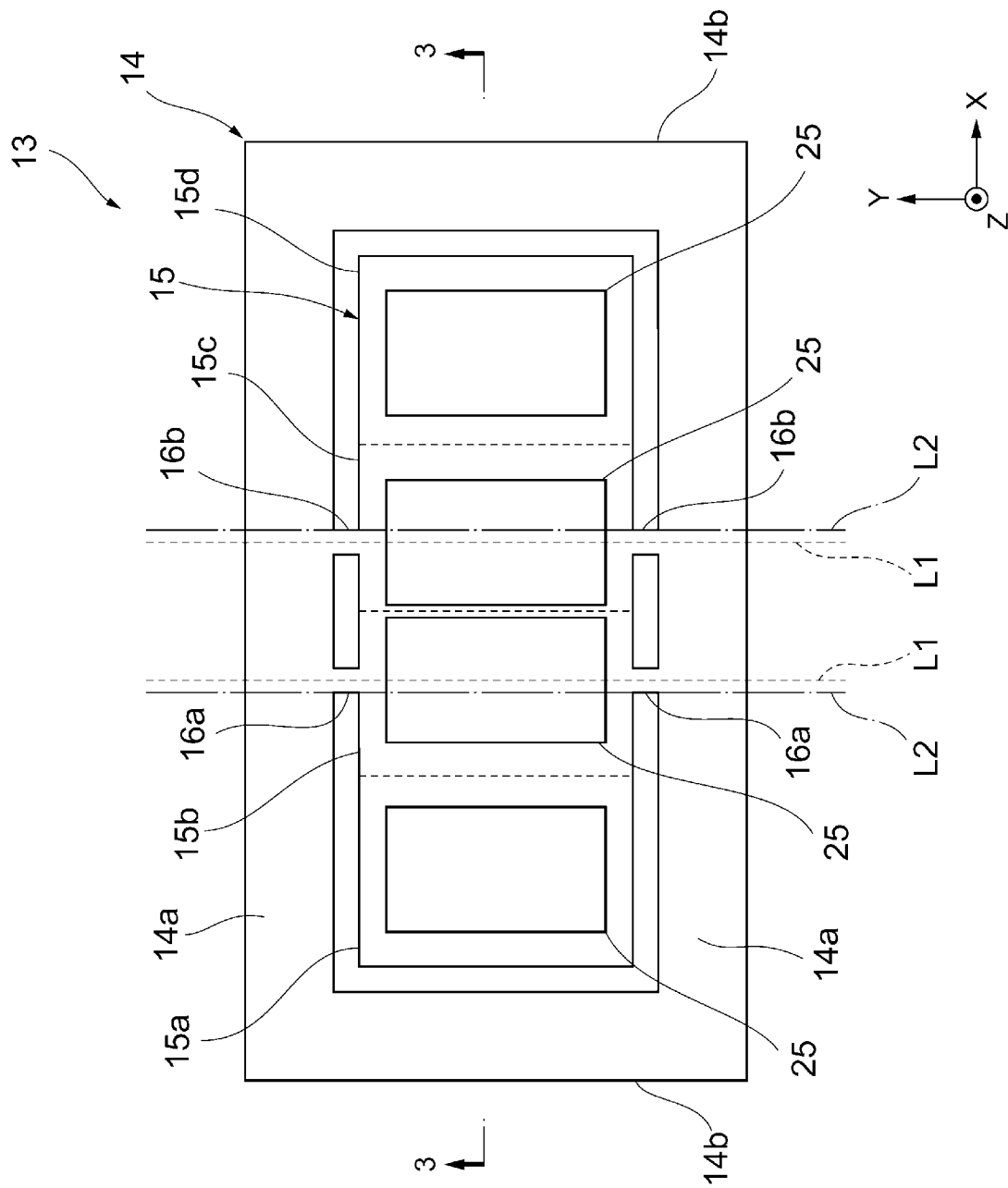


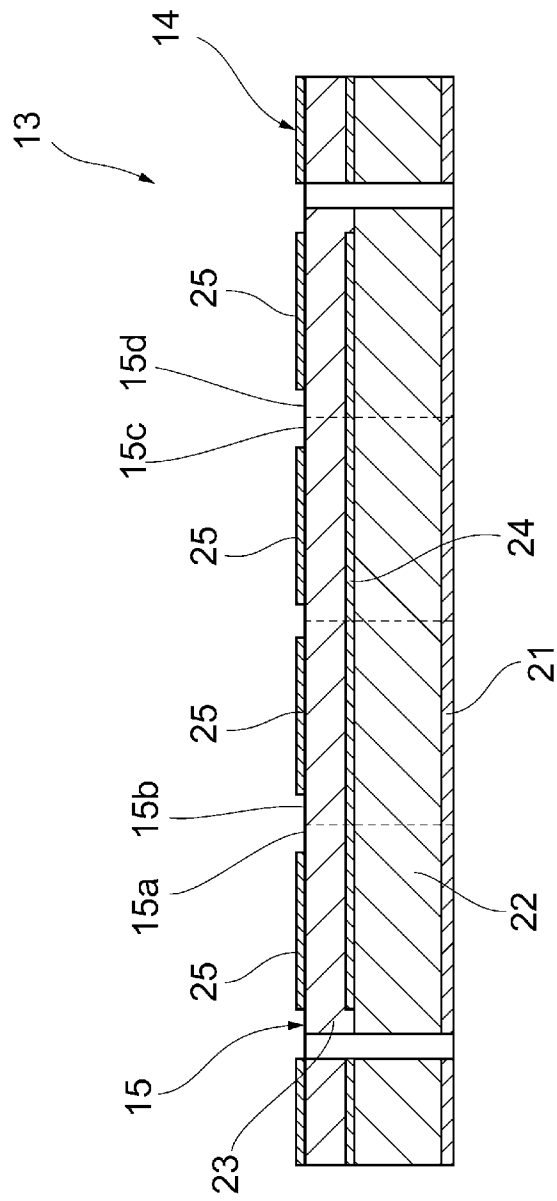
図 1

[図2]



[図2]

[図3]



[図3]

[図4]

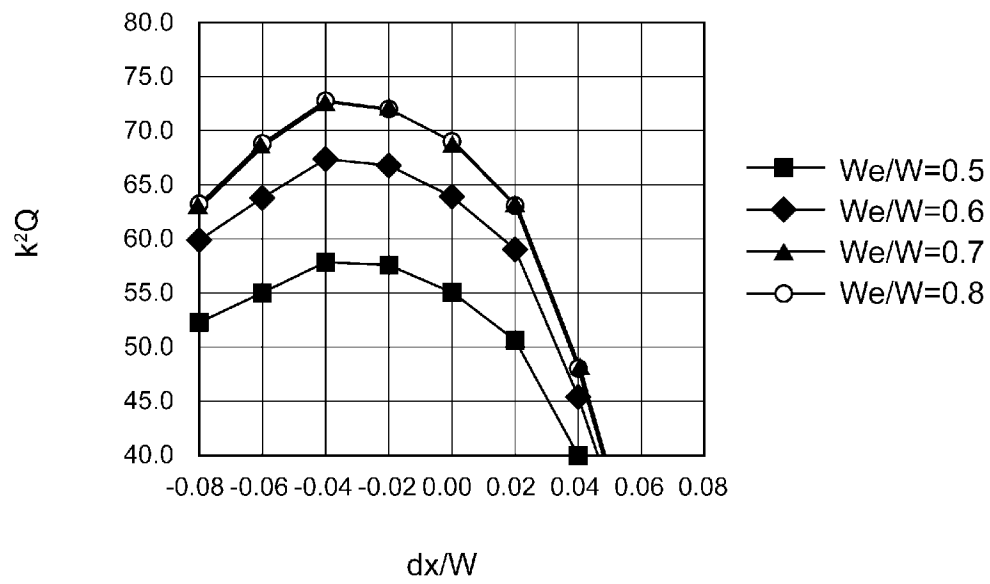


図 4

[図5]

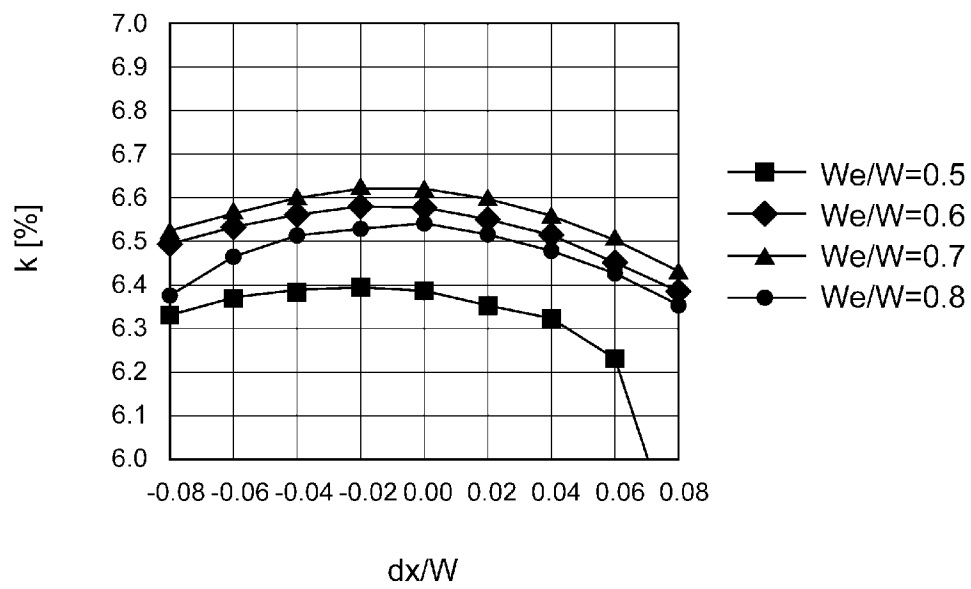


図 5

[図6]

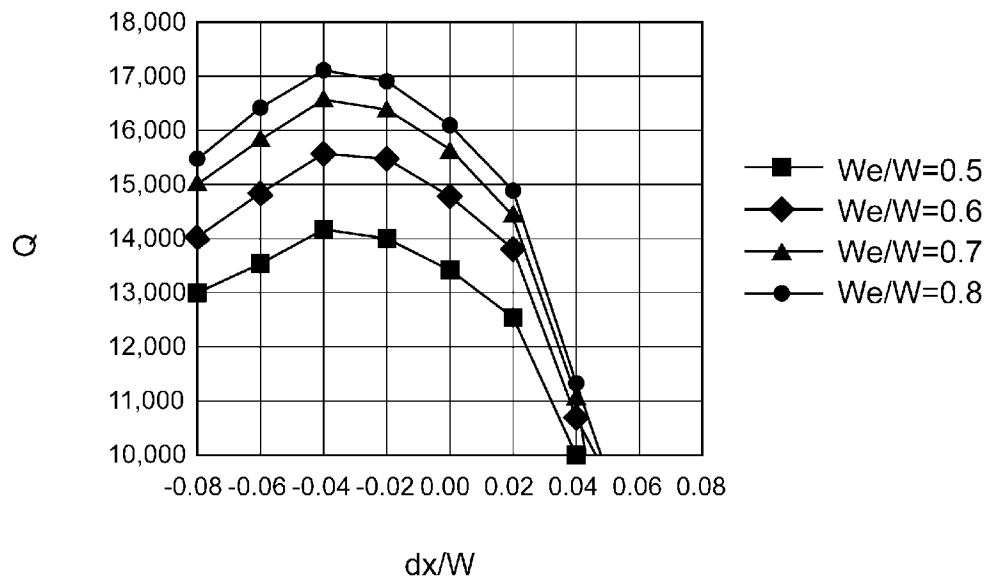


図 6

[図7]

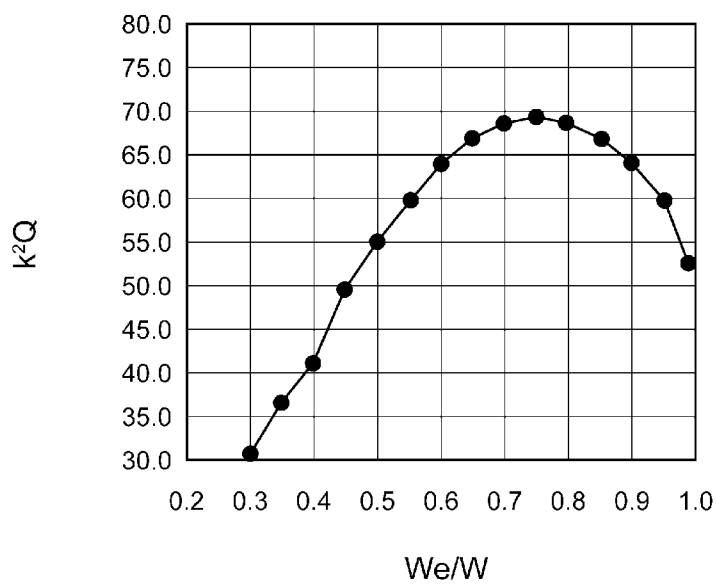


図 7

[図8]

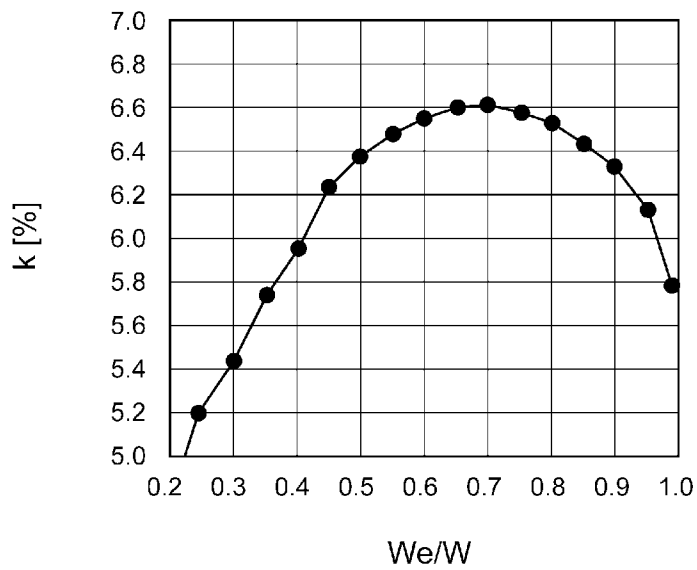


図 8

[図9]

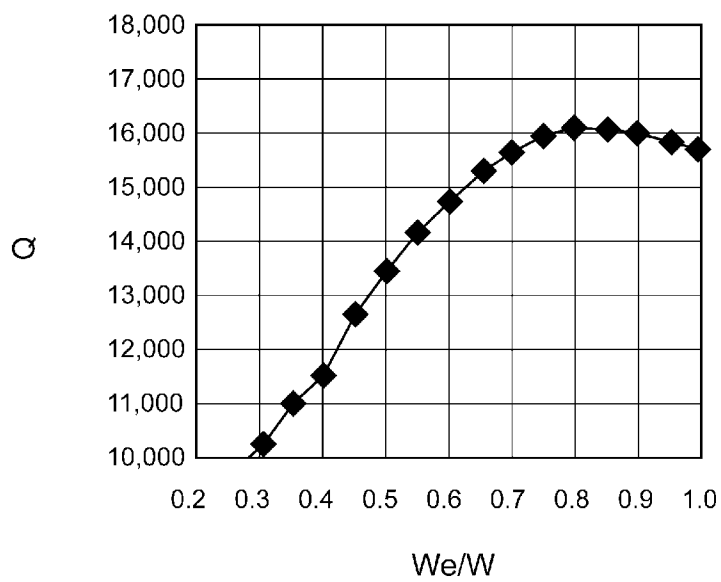
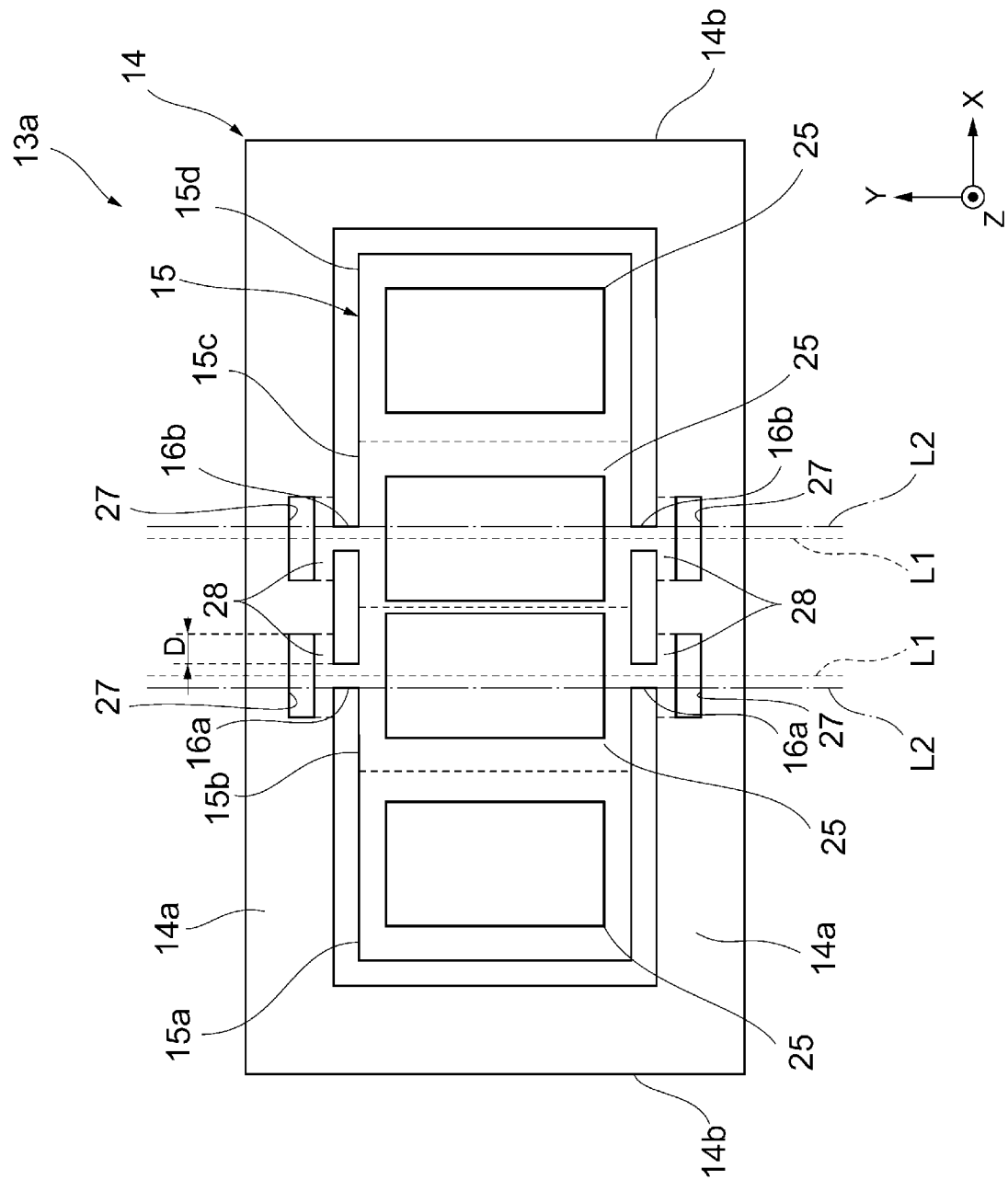


図 9

[図10]



101

[図11]

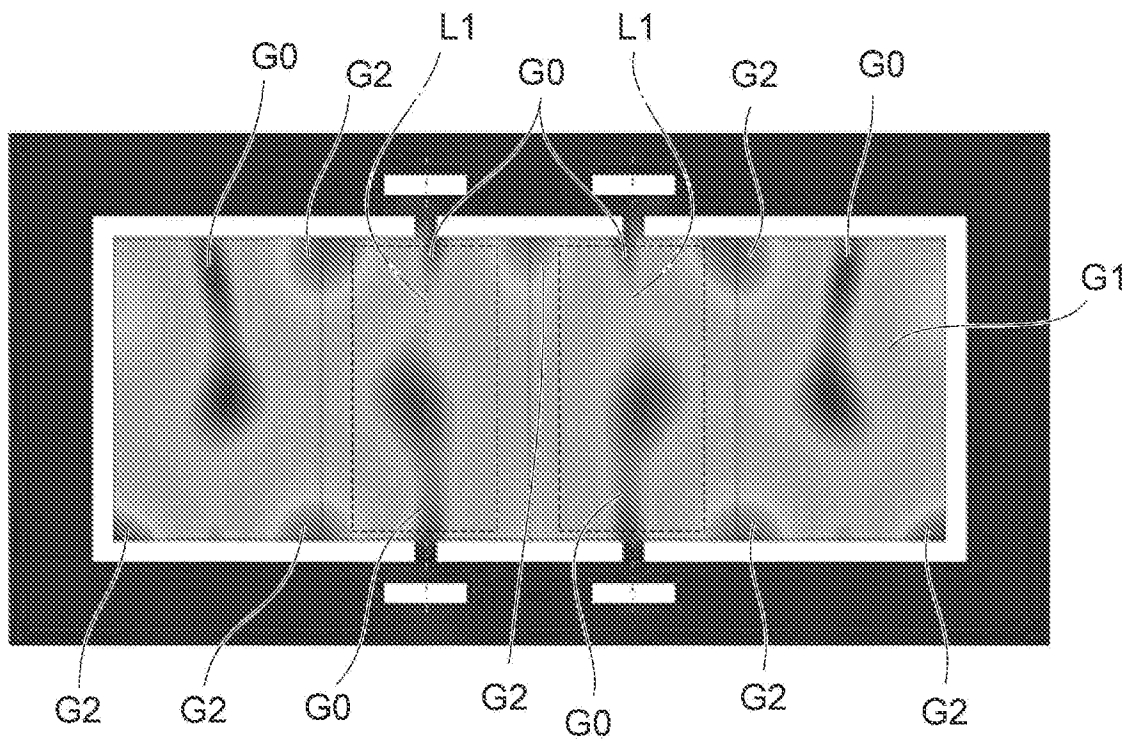


図 1 1

[図12]

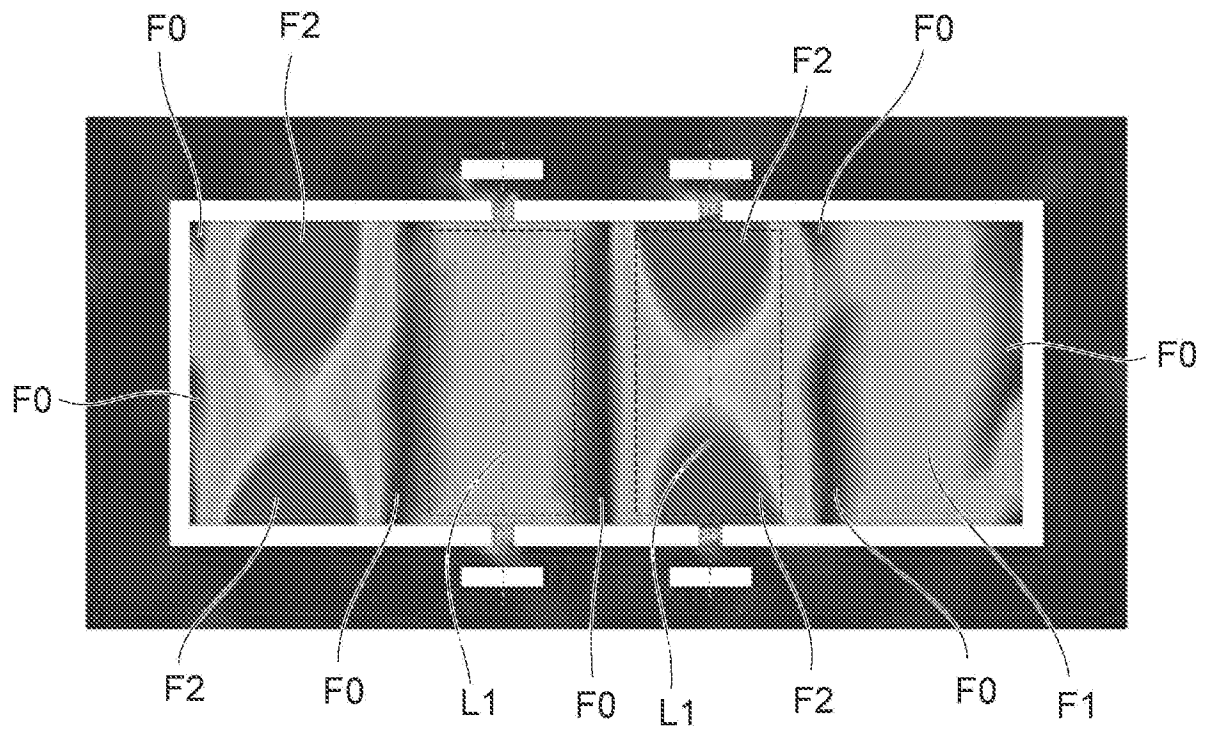


図 1 2

[図13]

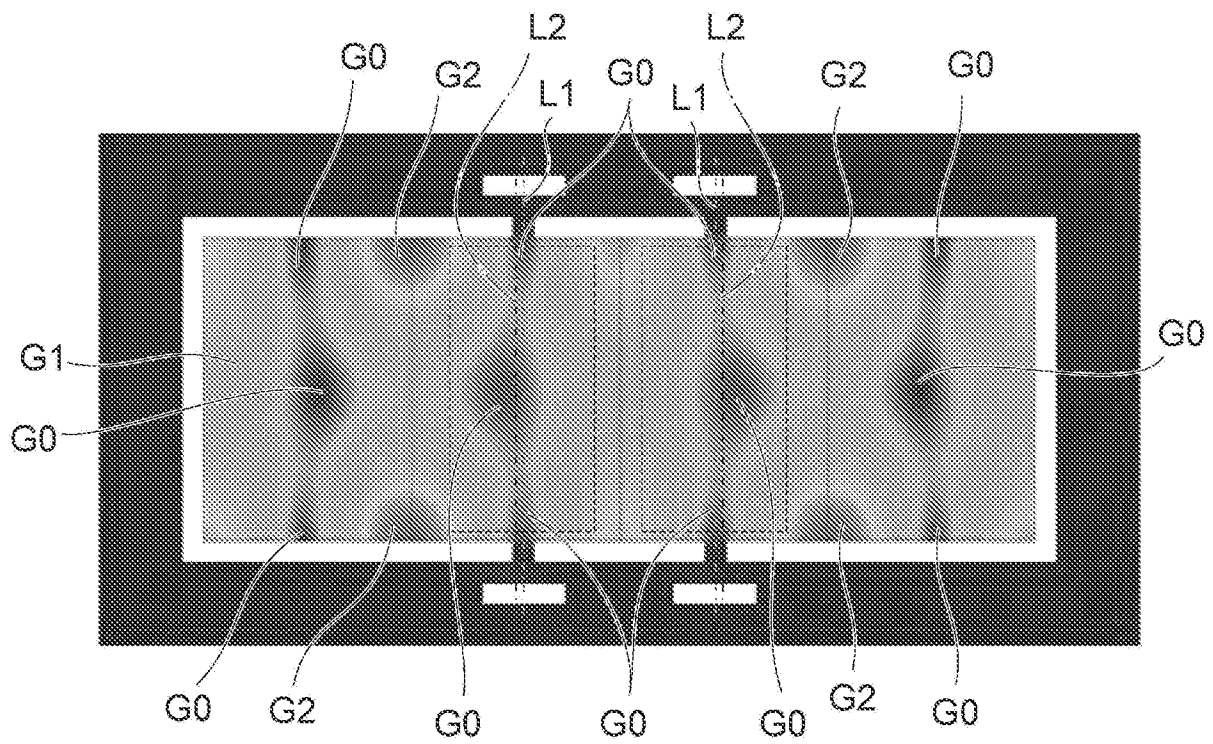


図 1 3

[図14]

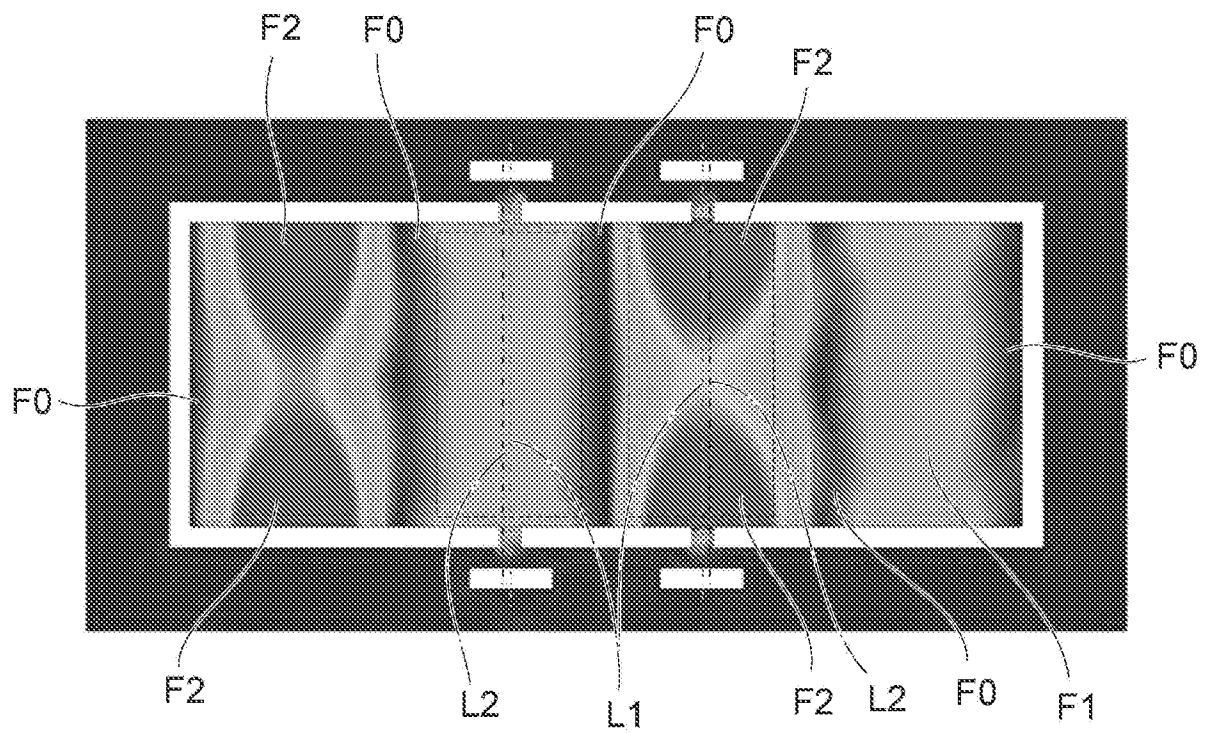


図 1 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/050545

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER H03H9/24 (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) H03H9/24		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2016 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2016 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2016		
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.
Y	JP 2006-203742 A (River Eletec Corp.), 03 August 2006 (03.08.2006), paragraphs [0013] to [0023]; fig. 1 to 3 (Family: none)	1-8
Y	JP 2002-076825 A (Kinseki Kabushiki Kaisha), 15 March 2002 (15.03.2002), paragraphs [0007] to [0013]; fig. 1 to 4 (Family: none)	1-8
☒ 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 22 March 2016 (22.03.16)		Date of mailing of the international search report 05 April 2016 (05.04.16)
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/JP2016/050545

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 7-007361 A (Murata Mfg. Co., Ltd.), 10 January 1995 (10.01.1995), paragraphs [0005] to [0006]; fig. 19 & US 5541469 A column 1, line 43 to column 2, line 3; fig. 1A, 1B & GB 2277196 A & GB 9407365 A0 & DE 4412963 A	2-4, 7, 8
Y	JP 2008-228195 A (Epson Toyocom Corp.), 25 September 2008 (25.09.2008), paragraph [0042]; fig. 17 (Family: none)	3, 4, 7, 8

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H03H9/24 (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（I P C））

Int.Cl. H03H9/24

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	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016年

国際調査で利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
Y	JP 2006-203742 A（リバーエレテック株式会社）2006.08.03, 段落 [0013] - [0023], 図1-3（ファミリーなし）	1-8
Y	JP 2002-076825 A（キンセキ株式会社）2002.03.15, 段落 [0007] - [0013], 図1-4（ファミリーなし）	1-8
Y	JP 7-007361 A（株式会社村田製作所）1995.01.10, 段落 [0005] - [0006], 図19 & US 5541469 A, 第1欄第43行-第2欄第3行, 図1A, 1B & GB 2277196 A & GB 9407365 A0 & DE 4412963 A	2-4, 7, 8

☒ 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

22.03.2016

国際調査報告の発送日

05.04.2016

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

▲高▼橋 義昭

電話番号 03-3581-1101 内線 3576

5W

4776

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリ*	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
Y	JP 2008-228195 A (エプソントヨコム株式会社) 2008.09.25, 段落 [0042], 図17 (ファミリーなし)	3, 4, 7, 8