

(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
2013 年 10 月 24 日(24.10.2013)



(10) 国際公開番号

WO 2013/157355 A1

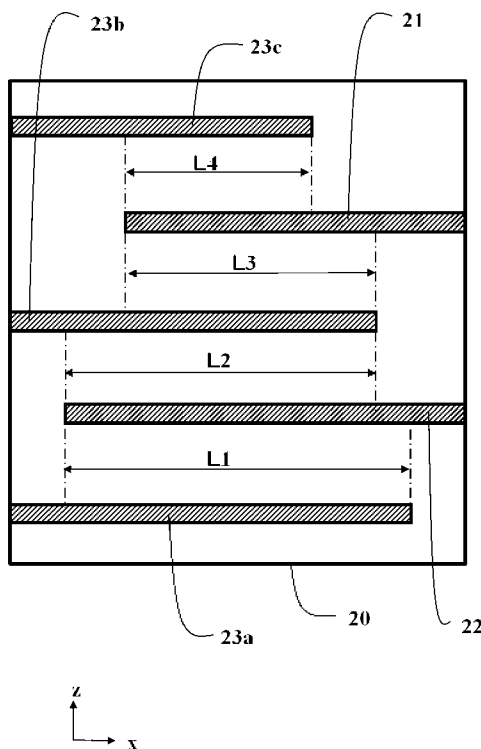
- (51) 国際特許分類:
H01L 41/09 (2006.01) H04R 7/04 (2006.01)
H04R 1/02 (2006.01) H04R 17/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/058589
- (22) 国際出願日: 2013 年 3 月 25 日(25.03.2013)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2012-093024 2012 年 4 月 16 日(16.04.2012) JP
特願 2012-095727 2012 年 4 月 19 日(19.04.2012) JP
- (71) 出願人: 京セラ株式会社(KYOCERA CORPORATION) [JP/JP]; 〒6128501 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町 6 番地 Kyoto (JP).
- (72) 発明者: 岩崎 悟(IWASAKI, Satoru); 〒6128501 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町 6 番地 京セラ株式会社内 Kyoto (JP). 藤井 靖人(FUJII, Yasuhito); 〒6128501 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町 6 番地 京セラ株式会社内 Kyoto (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, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: PIEZOELECTRIC VIBRATION ELEMENT, AND PIEZOELECTRIC VIBRATION DEVICE AND PORTABLE TERMINAL USING SAME

(54) 発明の名称: 圧電振動素子ならびにそれを用いた圧電振動装置および携帯端末



(57) Abstract: [Problem] Provided is a piezoelectric vibration element in which problems such as vibration attenuation and microcracks do not readily occur even when a vibration plate is bonded to the surface. Also provided are a piezoelectric vibration device and a portable terminal in which the piezoelectric vibration element is used. [Solution] A piezoelectric vibration element having at least a plurality of internal electrodes (21-23) and a plurality of piezoelectric layers (24) alternately stacked along a first direction, the average value of S/D on one side along the first direction being smaller than the average value of S/D on the other side along the first direction when S represents the area of the portion at which adjacent internal electrodes face each other across a piezoelectric layer (24) and D represents the spacing between adjacent internal electrodes; and a piezoelectric vibration device and a portable terminal in which the piezoelectric vibration element is used. It is possible to obtain a piezoelectric vibration element in which defects do not readily occur even when a vibration plate is bonded to the surface, as well as a piezoelectric vibration device and a portable terminal in which the piezoelectric vibration element is used.

(57) 要約:

[続葉有]



【課題】 表面に振動板を接合した場合にも、振動の減衰やマイクロクラックの発生等の問題が発生し難い圧電振動素子ならびにそれを用いた圧電振動装置および携帯端末を提供する。 【解決手段】 第1の方向に沿って交互に積層された複数の内部電極21～23と複数の圧電体層24とを少なくとも有しており、隣り合う内部電極同士が圧電体層24を間に挟んで対向する部分の面積をSとし、隣り合う内部電極同士の間隔をDとしたときに、第1の方向の一方側におけるS/Dの平均値が、第1の方向の他方側におけるS/Dの平均値よりも小さい圧電振動素子ならびにそれを用いた圧電振動装置および携帯端末とする。表面に振動板を接合しても不具合が生じ難い圧電振動素子ならびにそれを用いた圧電振動装置および携帯端末を得ることができる。

明 細 書

発明の名称：

圧電振動素子ならびにそれを用いた圧電振動装置および携帯端末

技術分野

[0001] 本発明は、圧電振動素子ならびにそれを用いた圧電振動装置および携帯端末に関するものである。

背景技術

[0002] 従来、板状の圧電バイモルフ素子と振動板とを間隔を開けて配置するとともに、圧電バイモルフ素子の長さ方向における一端を、固定治具を介して振動板に固定して、圧電バイモルフ素子の振動を振動板に伝える圧電振動装置が知られている（例えば、特許文献1を参照。）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2006-238072号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、上述した従来の圧電振動装置は、衝撃が加わったときにも圧電バイモルフ素子と振動板とが接触しないように、圧電バイモルフ素子と振動板との間に十分な間隔を開ける必要があるため、薄型化が困難であるという問題があった。また、薄型化するために、圧電バイモルフ素子の一方主面に振動板の一方主面を接合すると、振動板に強い振動を伝えることが難しい場合があるという問題や、圧電バイモルフ素子と振動板との接合部においてマイクロクラックが発生する場合があるという問題が生じることが発明者の検討により明らかになった。

[0005] 本発明はこのような問題点に鑑みて案出されたものであり、その目的は、表面に振動板を接合した場合にも、振動の減衰やマイクロクラックの発生等の問題が発生し難い圧電振動素子ならびにそれを用いた圧電振動装置および

携帯端末を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明の圧電振動素子は、第 1 の方向に沿って交互に積層された複数の内部電極と複数の圧電体層とを少なくとも有しており、隣り合う前記内部電極同士が前記圧電体層を間に挟んで対向する部分の面積を S とし、隣り合う前記内部電極同士の間隔を D としたときに、前記第 1 の方向の一方側における S/D の平均値が、前記第 1 の方向の他方側における S/D の平均値よりも小さいことを特徴とするものである。

[0007] 本発明の圧電振動装置は、前記圧電振動素子と、該圧電振動素子の前記第 1 の方向における一方側の表面に一方主面が接合された振動板とを少なくとも有することを特徴とするものである。本発明の携帯端末は、筐体と、該筐体に設けられた前記圧電振動装置と、前記圧電振動素子に入力される電気信号を生成する電子回路とを少なくとも有していることを特徴とするものである。

発明の効果

[0008] 本発明の圧電振動素子によれば、表面に振動板を接合した場合にも、振動の減衰やマイクロクラックの発生等の問題が発生し難い圧電振動素子を得ることができる。本発明の圧電振動装置によれば、薄型で高性能な圧電振動装置を得ることができる。本発明の携帯端末によれば、薄型で高性能な携帯端末を得ることができる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]本発明の実施の形態の第 1 の例の圧電振動素子を模式的に示す斜視図である。

[図2] (a) ~ (d) は、図 1 に示す圧電振動素子の基本的な構造を説明するための平面図である。

[図3]図 1 に示す圧電振動素子の基本的な構造を説明するための図である。

[図4]隣り合う内部電極同士が圧電体層を間に挟んで対向する部分を説明するための平面図である。

[図5] (a) ~ (c) は、内部電極の詳細な構造を説明するための平面図である。

[図6] 本発明の実施の形態の第2の例の圧電振動素子の構造を模式的に示す断面図である。

[図7] 本発明の実施の形態の第3の例の圧電振動素子の構造を模式的に示す断面図である。

[図8] 本発明の実施の形態の第4の例の圧電振動素子の構造を模式的に示す断面図である。

[図9] 本発明の実施の形態の第5の例の圧電振動素子の構造を模式的に示す断面図である。

[図10] 本発明の実施の形態の第6の例の圧電振動装置を模式的に示す斜視図である。

[図11] 本発明の実施の形態の第7の例の携帯端末を模式的に示す斜視図である。

[図12] 図11におけるA-A'線断面図である。

[図13] 図11におけるB-B'線断面図である。

発明を実施するための形態

[0010] 以下、本発明の圧電振動素子ならびにそれを用いた圧電振動装置および携帯端末を添付の図面を参照しつつ詳細に説明する。

[0011] (実施の形態の第1の例)

図1は、本発明の実施の形態の第1の例である圧電振動素子を模式的に示す斜視図である。図2(a) ~ (d) は、図1に示す圧電振動素子の基本的な構造を説明するための平面図である。図3は、図1に示す圧電振動素子の基本的な構造を説明するための図である。

[0012] なお、本明細書において、図のz軸方向を第1の方向とし、図のx軸方向を第2の方向としている。また、図の+z方向を「第1の方向の一方」とし、図の-z方向を「第1の方向の他方」としている。そして、圧電振動素子のz軸方向の中央よりも+z方向側を「第1の方向の一方側」とし、圧電振

動素子の z 軸方向の中央よりも $-z$ 方向側を「第1の方向の他方側」として
いる。

[0013] 本例の圧電振動素子は、図1に示すように、第1の方向（図の z 軸方向）
が厚み方向であり、第1の方向に垂直な第2の方向（図の x 軸方向）が長さ
方向であり、第1の方向および第2の方向に垂直な図の y 軸方向が幅方向で
ある直方体状の形状を有している。また、圧電振動素子は、積層体20と、
表面電極31、32、33と、第1の接続電極41と、第2の接続電極42
と、第3の接続電極（図示せず）とを有している。

[0014] 積層体20は、図2、3に示すように、分極された複数層の圧電体層24
と、複数の内部電極21、22、23とが、図の z 軸方向に沿って交互に積
層されて構成されている。

[0015] 図2の（a）～（d）は、圧電振動素子が有する表面電極31、32、3
3および内部電極21、22、23の基本的な形状を模式的に示す平面図で
ある。図2（a）に示すように、積層体20の両主面（図の z 軸方向におけ
る両端面）の各々には、表面電極31、32、33が配置されている。また
、積層体20の内部には、内部電極21と、内部電極22と、内部電極23
とが、それぞれ複数配置されている。

[0016] 内部電極21は、積層体20の側面と間隔を開けて形成された矩形状の本
体部21aの長さ方向の一方端に、一方端が積層体20の側面に露出した矩
形状の引き出し部21bを接続した構造を有している。内部電極22は、積
層体20の側面と間隔を開けて形成された矩形状の本体部22aの長さ方向
の一方端に、一方端が積層体20の側面に露出した矩形状の引き出し部22
bを接続した構造を有している。内部電極23は、矩形状の形状を有してお
り、長さ方向の一方端のみが積層体20の側面に露出している。なお、引き
出し部21bと引き出し部22bとは、図の z 軸方向において重ならないよ
うに、図の y 軸方向に間隔を開けて配置されている。

[0017] 第3の表面電極33は、図の x 軸方向に長い矩形状の形状を有しており、
長さ方向の一方端のみが積層体20の側面に露出している。第3の表面電極

3 3 の他方端と積層体 2 0 の側面との間には、第 1 の表面電極 3 1 および第 2 の表面電極 3 2 が配置されている。第 1 の表面電極 3 1 および第 2 の表面電極 3 2 は、矩形状であり、長さ方向の一方端が積層体 2 0 の側面に露出している。

[0018] 図 3 は、図の z 軸方向における内部電極 2 1, 2 2, 2 3 および表面電極 3 3 の基本的な位置関係と、内部電極 2 1, 2 2, 2 3 および表面電極 3 3 の間に配置された圧電体層 2 4 の分極方向とを模式的に示す図である。なお、図 3 においては、圧電体層 2 4 の図示を省略している。

[0019] 図 3 に示すように、内部電極 2 1 または内部電極 2 2 と、内部電極 2 3 とが、第 1 の方向（図の z 軸方向）において交互に配置されている。また、第 1 の方向の一方側（図の $+z$ 方向側）では、内部電極 2 1 と内部電極 2 3 とが交互に配置されており、第 1 の方向の他方側（図の $-z$ 方向側）では、内部電極 2 2 と内部電極 2 3 とが交互に配置されている。

[0020] 複数の内部電極 2 1 は、第 2 の方向の一方端部（ $+x$ 方向の端部）において、積層体 2 0 の側面に露出した引き出し部 2 1 b の端部同士が、第 1 の接続電極 4 1 によって相互に接続されている。さらに複数の内部電極 2 1 は、第 1 の接続電極 4 1 を介して、積層体 2 0 の両主面にそれぞれ配置された第 1 の表面電極 3 1 に接続されている。

[0021] また、複数の内部電極 2 2 は、第 2 の方向の一方端部（ $+x$ 方向の端部）において、積層体 2 0 の側面に露出した引き出し部 2 2 b の端部同士が、第 2 の接続電極 4 2 によって相互に接続されている。さらに複数の内部電極 2 2 は、第 2 の接続電極 4 2 を介して、積層体 2 0 の両主面にそれぞれ配置された第 2 の表面電極 3 2 に接続されている。

[0022] そして、複数の内部電極 2 3 は、第 2 の方向の他方端部（図の $-x$ 方向の端部）において、積層体 2 0 の側面に露出した端部同士が、第 3 の接続電極（図示せず）によって相互に接続されている。さらに、複数の内部電極 2 3 は、第 3 の接続電極（図示せず）を介して、積層体 2 0 の両主面にそれぞれ配置された第 3 の表面電極 3 3 に接続されている。このようにして、表面電

極 3 1, 3 2, 3 3 は、圧電振動素子における端子電極として機能している。

[0023] また、内部電極 2 1, 2 2, 2 3 の間に配置された圧電体層 2 4 は、図 3 の矢印で示す向きに分極されている。例えば、第 3 の表面電極 3 3 に対して、第 1 の表面電極 3 1 の電位が高く、第 2 の表面電極 3 2 の電位が低くなるように、表面電極 3 1, 3 2, 3 3 に直流電圧を加えることによって、このように分極することができる。そして、圧電振動素子を振動させるときには、第 1 の表面電極 3 1 および第 2 の表面電極 3 2 が同電位となり、第 3 の表面電極 3 3 との間に電位差が生じるように、表面電極 3 1, 3 2, 3 3 に交流電圧を加える。これにより、圧電振動素子は、ある瞬間に加えられる電界の向きに対する分極の向きが、圧電振動素子の厚み方向（図の z 軸方向）における一方側と他方側とで逆転するようにされている。

[0024] よって、電気信号が加えられて、ある瞬間に、圧電振動素子の厚み方向（図の z 軸方向）における一方側が、圧電振動素子の長さ方向（図の x 軸方向）において伸びるときには、圧電振動素子の厚み方向における他方側が、圧電振動素子の長さ方向において縮むようにされている。これにより、圧電振動素子は、電気信号が加えられることによって、図の x 軸方向に振幅が変化するように図の z 軸方向に屈曲振動する。このように、圧電振動素子は、バイモルフ構造を有する圧電体（圧電バイモルフ素子）で構成されている。

[0025] 本例の圧電振動素子は、隣り合う内部電極同士が圧電体層 2 4 を間に挟んで対向する部分の面積を S とし、隣り合う内部電極同士の間隔を D としたときに、第 1 の方向の一方側（図の $+z$ 方向側）における S/D の平均値が、第 1 の方向の他方側（図の $-z$ 方向側）における S/D の平均値よりも小さくされている。

[0026] 図 4 は、『隣り合う内部電極同士が圧電体層を間に挟んで対向する部分』を説明するための平面図である。図 4 は、1 つの圧電体層 2 4 の両主面を挟むように内部電極 2 1 と内部電極 2 3 とが配置された状態を示している。なお、この内部電極 2 1 および内部電極 2 3 は、メッシュ状ではなく、それぞ

れの領域内に隙間無く導体が存在する、べた状の電極である。また、わかりやすくするために、内部電極 2 3 の幅を内部電極 2 1 の幅よりも小さくしている。このような場合、図の z 軸方向から俯瞰したときに内部電極 2 1 と内部電極 2 2 とが重なって見える部分である、図 4 においてハッチングで示した部分 P が、『隣り合う内部電極同士が圧電体層を間に挟んで対向する部分』である。よって、部分 P の面積が、『隣り合う内部電極同士が圧電体層を間に挟んで対向する部分』の面積 S である。

[0027] このような『隣り合う内部電極同士が圧電体層を間に挟んで対向する部分』は、内部電極 2 1, 2 2, 2 3 に挟まれた全ての圧電体層 2 4 に各々存在する。よって、第 1 の方向の一方側における S/D の平均値は、各々の圧電体層 2 4 における S/D を、第 1 の方向の中央よりも一方側に存在する全ての圧電体層 2 4 について平均したものである。また、第 1 の方向の他方側における S/D の平均値は、各々の圧電体層 2 4 における S/D を、第 1 の方向の中央よりも他方側に存在する全ての圧電体層 2 4 について平均したものである。なお、圧電振動素子の第 1 の方向における中央に圧電体層 2 4 が存在する場合（圧電振動素子の第 1 の方向における中央が 1 つの圧電体層 2 4 中に位置する場合）には、その圧電体層 2 4（圧電振動素子の第 1 の方向における中央を含む圧電体層 2 4）は、どちらにも含めない。

[0028] 図 5（a）～（c）は、本例の圧電振動素子の内部電極 2 3 の詳細な構造を説明するための平面図である。本例の圧電振動素子の内部電極 2 3 の一部は、図 5（a）～（c）に示すように、内部電極 2 3 を図の z 軸方向に貫通する複数（多数）の貫通孔を有する形状である。また、図の + z 方向へ向かうにつれて、図 5（a）、図 5（b）、図 5（c）に順次示すように、貫通孔 2 5 の数が順次増加し、貫通孔 2 5 の断面積の合計が段階的に大きくなるようにされている。詳細には、図 3 に示した 7 つの内部電極 2 3 のうち、最も + z 方向寄りに位置する内部電極 2 3 が図 5（c）に示すような形状であり、2 番目に + z 方向寄りに位置する内部電極 2 3 が図 5（b）に示すような形状であり、3 番目に + z 方向寄りに位置する内部電極 2 3 が図 5（a）

に示すような形状であるようにされている。なお、図3に示した7つの内部電極23のうちの残りの4つと、4つの内部電極21と、4つの内部電極22とは、全てべた状の電極とされている。

[0029] このような構造を有していることにより、本例の圧電振動素子は、第1の方向の一方側（図の+z方向側）における、隣り合う内部電極同士が圧電体層24を間に挟んで対向する部分の面積 S の平均値が、第1の方向の他方側（図の-z方向側）における S の平均値よりも小さくなっている。そして、これにより、図の+z方向側における S/D の平均値が、図の-z方向側における S/D の平均値よりも小さくなっている。また、図の+z方向へ向かうにつれて、隣り合う内部電極同士が圧電体層24を間に挟んで対向する部分の面積 S が段階的に小さくなっている。

[0030] なお、本例の圧電振動素子においては、隣り合う内部電極同士の間隔 D は、第1の方向（図の z 軸方向）の全体に渡って一定である。また、隣り合う内部電極間には、全て等しい大きさの電圧が与えられる。

[0031] また、貫通孔25の内部は、圧電体が存在しても他のものが存在しても、どちらでも構わないが、圧電体が存在する方が望ましい。貫通孔25の断面形状は任意の形状でよく、貫通孔25の大きさが不均一であっても構わない。内部電極23中の特定の位置に貫通孔25を偏在させることにより、圧電体層24の伸縮量を部分的に変えることもできる。また、図の-z方向側に存在する内部電極23に複数の貫通孔25が形成されていても良く、内部電極21や内部電極22に複数の貫通孔25が形成された構成でも良い。

[0032] このように、本例の圧電振動素子は、隣り合う内部電極同士が圧電体層24を間に挟んで対向する部分の面積を S とし、隣り合う内部電極同士の間隔を D としたときに、第1の方向の一方側（図の+z方向側）における S/D の平均値が、第1の方向の他方側（図の-z方向側）における S/D の平均値よりも小さくされている。これにより、図の+z方向側の表面に振動板の主面を接合して、圧電振動素子の振動を振動板に伝える振動装置を構成したときに、振動板を強い振動を伝えることができる。

[0033] この効果が得られる原因は次のように推測できる。例えば、圧電振動素子が $-z$ 方向側が凸になるように屈曲する場合、前述したように圧電振動素子の $+z$ 方向側半分は x 軸方向において収縮する。すると、圧電振動素子の $+z$ 方向側の表面に接合された振動板は $+z$ 方向側が凸になるように変形しようとする。よって、圧電振動素子が曲がろうとする方向と振動板が曲がろうとする方向とが逆になり、圧電振動素子の振動が妨げられてしまう。

[0034] 本例の圧電振動素子は、第1の方向の一方側（図の $+z$ 方向側）における S/D の平均値が、第1の方向の他方側（図の $-z$ 方向側）における S/D の平均値よりも小さくされていることから、屈曲振動するとき、第1の方向の一方側の伸縮量が、第1の方向の他方側の伸縮量よりも小さくなる。これにより、圧電振動素子の第1の方向の一方側の表面に接合された振動板を圧電振動素子と逆向きに曲げようとする力が小さくなる。よって、圧電振動素子の振動の妨げが低減され、振動板に強い振動を伝えることが可能になる。また、圧電振動素子が屈曲振動するときの、第1の方向の一方側における変形が、第1の方向の他方側における変形よりも小さいことから、第1の方向の一方側の表面に接合された振動板の振動が抑制された場合においても、圧電振動素子の振動があまり抑制されず、振動板に強い振動を伝えることができる。また、圧電振動素子と、圧電振動素子の第1の方向の一方側の表面に接合された振動板との接合部に発生する応力を低減することができるので、圧電振動素子と振動板との接合部におけるマイクロクラックの発生を低減することができる。

[0035] なお、圧電振動素子は、屈曲振動するものに限定されるものではなく、電気信号が入力されて伸縮振動する圧電振動素子であっても構わない。このような場合においても、圧電振動素子と振動板との接合部におけるマイクロクラックの発生を低減することができる。

[0036] また、本例の圧電振動素子は、図の $+z$ 方向へ向かうにつれて、隣り合う内部電極同士が圧電体層24を間に挟んで対向する部分の面積 S が段階的に小さくなっている。これにより、圧電振動素子が屈曲振動するときの各々の

圧電体層 2 4 の伸縮量が、図の + z 方向へ向かうにつれて徐々に小さくなるので、圧電振動素子の内部における伸縮量が変化する部分に発生する応力を低減することができる。

[0037] また、本例の圧電振動素子は、複数の内部電極 2 1, 2 2, 2 3 の少なくとも一部が、内部電極を第 1 の方向に貫通する複数の貫通孔を有する形状であり、1 つの内部電極に形成された貫通孔の断面積の合計が、前記図の + z 方向へ向かうにつれて段階的に大きくなっている。これにより、貫通孔 2 5 の配置の変更によって、圧電振動素子のマクロ的な変形を容易に変更することができる。

[0038] なお、図 5 においては、各々の貫通孔 2 5 の断面積は全て等しく、図の + z 方向へ向かうにつれて貫通孔 2 5 の個数が変化する場合は示したが、これに限定されるものではない。例えば、貫通孔 2 5 の個数は一定で、各々の貫通孔 2 5 の断面積が変化するようにしても良い。また、各々の貫通孔 2 5 の断面積と、貫通孔 2 5 の個数との、両方が変化するようにしても構わない。

[0039] 本例の圧電振動素子において、積層体 2 0 は、例えば、長さ 1 8 m m ~ 2 8 m m 程度、幅 1 m m ~ 6 m m 程度、厚み 0. 2 m m ~ 1. 0 m m 程度とすることができる。また、例えば、内部電極 2 1 の本体部 2 1 a および内部電極 2 2 の本体部 2 2 a の長さは 1 7 m m ~ 2 5 m m 程度、内部電極 2 3 の長さは 1 9 m m ~ 2 7 m m 程度、第 3 の表面電極 3 3 の長さは 1 7 m m ~ 2 3 m m 程度、内部電極 2 1 の本体部 2 1 a, 内部電極 2 2 の本体部 2 2 a, 内部電極 2 3 および第 1 の表面電極 3 1 の幅は 1 m m ~ 5 m m 程度、第 1 の表面電極 3 1 および第 2 の表面電極 3 2 の長さは 1 m m ~ 3 m m 程度、第 1 の表面電極 3 1 および第 2 の表面電極 3 2 の幅は 0. 5 m m ~ 1. 5 m m 程度とすることができる。貫通孔 2 5 の直径は、例えば、0. 0 5 m m ~ 0. 5 m m 程度とすることができる。

[0040] 積層体 2 0 を構成する圧電体層 2 4 は、例えば、ジルコン酸鉛 (P Z)、チタン酸ジルコン酸鉛 (P Z T)、B i 層状化合物、タングステンブロンズ構造化合物等の非鉛系圧電体材料等を好適に用いて形成することができるが

、他の圧電材料を用いても構わない。圧電体層 24 の 1 層の厚みは、例えば 0.01～0.1mm 程度に設定することができる。圧電振動素子を構成する内部電極 21, 22, 23 は、例えば、銀や銀とパラジウムとの合金等の金属成分に加えて、セラミック成分やガラス成分を含有させたものを好適に用いて形成することができるが、他の既知の金属材料を用いて形成しても構わない。

[0041] このような圧電振動素子は、例えば次のような方法によって作製することができる。まず、圧電材料の粉末にバインダー、分散剤、可塑剤、溶剤を添加して掻き混ぜて、スラリーを作製し、得られたスラリーをシート状に成形し、グリーンシートを作製する。次に、グリーンシートに導体ペーストを印刷して内部電極 21, 22, 23 となる電極パターンを形成し、この電極パターンが形成されたグリーンシートを積層し、プレス装置を用いてプレスして積層成形体を作製する。その後、脱脂および焼成し、所定寸法にカットすることにより積層体を得る。次に、表面電極 31, 32, 33 ならびに第 1 の接続電極 41, 第 2 の接続電極 42 および第 3 の接続電極（図示せず）を形成するための導体ペーストを印刷し、所定の温度で焼付けた後に、表面電極 31, 32, 33 を通じて直流電圧を印加して圧電体層 24 の分極を行う。このようにして、圧電振動素子を得ることができる。

[0042] （実施の形態の第 2 の例）

図 6 は、本発明の実施の形態の第 2 の例の圧電振動素子の構造を模式的に示す断面図である。なお、図 6 においては、図示を簡略化するために、圧電体層、第 1～第 3 の表面電極および第 1～第 3 の接続電極の図示を省略するとともに、1つの内部電極 21 と、1つの内部電極 22 と、3つの内部電極 23（23a～23c）とを備える場合を示している。また、本例においては、前述した実施の形態の第 1 の例と異なる点について説明し、同様の構成要素には同一の参照符号を付して重複する説明を省略する。

[0043] 本例の圧電振動素子は、内部電極 21, 22, 23 の全てが、貫通孔 25 を有さないベタ状の電極とされている。その代わりに、本例の圧電振動素子

は、3つの内部電極23（23a～23c）のうち図の $-z$ 方向寄りに位置する内部電極23aと内部電極22とが圧電体層24を間に挟んで対向する部分の第2の方向（図の x 軸方向）における長さを L_1 とし、3つの内部電極23（23a～23c）のうち中央に位置する内部電極23bと内部電極22とが圧電体層24を間に挟んで対向する部分の第2の方向における長さを L_2 とし、内部電極23bと内部電極21とが圧電体層24を間に挟んで対向する部分の第2の方向における長さを L_3 とし、3つの内部電極23（23a～23c）のうち図の $+z$ 方向寄りに位置する内部電極23cと内部電極21とが圧電体層24を間に挟んで対向する部分の第2の方向における長さを L_4 としたときに、 $L_1 > L_2 > L_3 > L_4$ となっている。

[0044] すなわち、本例の圧電振動素子は、図の z 軸方向において隣り合う内部電極同士が圧電体層24を間に挟んで対向する部分の図の x 軸方向における長さが、図の $+z$ 方向へ向かうにつれて段階的に短くなっている。そして、これにより、前述した実施の形態の第1の例の圧電振動素子14と同様に、隣り合う内部電極同士が圧電体層24を間に挟んで対向する部分の面積 S が、図の $+z$ 方向へ向かうにつれて段階的に小さくなっている。よって、圧電振動素子が屈曲振動するときの各々の圧電体層24の伸縮量が、図の $+z$ 方向へ向かうにつれて徐々に小さくなるので、振動板12に強い振動を伝えることができるとともに、圧電振動素子内で圧電体層24の伸縮量が変化する部分に発生する応力を低減することができる。

[0045] なお、本例の圧電振動素子は、前述した実施の形態の第1の例の圧電振動素子と同様に、隣り合う内部電極同士の間隔 D が第1の方向（図の z 軸方向）の全体に渡って一定である。また、隣り合う内部電極間には、全て等しい大きさの電圧が与えられる。

[0046] （実施の形態の第3の例）

図7は、本発明の実施の形態の第3の例の圧電振動素子の構造を模式的に示す断面図である。なお、図7においては、図6と同様に、図示を簡略化するために、圧電体層、第1～第3の表面電極および第1～第3の接続電極の

図示を省略するとともに、１つの内部電極２１と、１つの内部電極２２と、３つの内部電極２３（２３ａ～２３ｃ）とを備える場合を示している。また、本例においては、前述した実施の形態の第２の例と異なる点について説明し、同様の構成要素には同一の参照符号を付して重複する説明を省略する。

[0047] 本例の圧電振動素子は、図７に示すように、内部電極２３ａと内部電極２２とが圧電体層２４を間に挟んで対向する部分の図のｘ軸方向における長さを L_1 と、内部電極２３ｂと内部電極２２とが圧電体層２４を間に挟んで対向する部分の図のｘ軸方向における長さを L_2 とが等しくされている。

[0048] すなわち、本例の圧電振動素子は、図の－ｚ方向側においては、隣り合う内部電極同士が圧電体層２４を間に挟んで対向する部分の図のｘ軸方向における長さが一定である。また、図の＋ｚ方向側においては、隣り合う内部電極同士が圧電体層２４を間に挟んで対向する部分の図のｘ軸方向における長さが、第１の方向の一方へ向かうにつれて段階的に短くなっている。そして、これにより、隣り合う内部電極同士が圧電体層２４を間に挟んで対向する部分の面積が、第１の方向の他方側では一定であり、第１の方向の一方側では、第１の方向の一方へ向かうにつれて段階的に小さくなっている。

[0049] このような構成を備えていることから、本例の圧電振動素子は、実施の形態の第２の例の圧電振動素子と比較して、図の－ｚ方向側における変形量を大きく確保することができる。これにより、実施の形態の第２の例の圧電振動素子と同様の機能を有しているとともに、振動板１２により強い振動を伝えることができる。

[0050] なお、本例の圧電振動素子は、前述した実施の形態の第２の例の圧電振動素子と同様に、全ての内部電極はべた状の電極であり、また、隣り合う内部電極同士の間隔 D は第１の方向（図のｚ軸方向）の全体に渡って一定である。また、隣り合う内部電極間には、全て等しい大きさの電圧が与えられる。

[0051] （実施の形態の第４の例）

図８は、本発明の実施の形態の第４の例の圧電振動素子の構造を模式的に示す断面図である。なお、図８においては、図示を簡略化するために、圧電

体層、第1～第3の表面電極および第1～第3の接続電極の図示を省略するとともに、1つの内部電極21（21c）と、2つの内部電極22（22c，22d）と、4つの内部電極23（23a，23b，23c，23d）とを有する場合を示している。また、本例においては、前述した実施の形態の第3の例と異なる点について説明し、同様の構成要素には同一の参照符号を付して重複する説明を省略する。

[0052] 本例の圧電振動素子は、全ての内部電極がべた状の電極であり、隣り合う内部電極同士が圧電体層24を間に挟んで対向する部分の面積 S が、第1の方向（図の z 軸方向）の全体に渡って一定である。また、隣り合う内部電極間に全て等しい大きさの電圧が与えられる。その代わりに、本例の圧電振動素子は、図8に示すように、図の $+z$ 方向側における、隣り合う内部電極同士の間隔 D の平均値が、図の $-z$ 方向側における D の平均値よりも大きくされている。そして、これにより、図の $+z$ 方向側における S/D の平均値が、図の $-z$ 方向側における S/D の平均値よりも小さくなるようにされている。

[0053] なお、第1の方向の一方側における D の平均値は、各々の圧電体層24における、その圧電体層24を間に挟んで対向する隣り合う内部電極同士の間隔 D を、第1の方向の中央よりも一方側に存在する全ての圧電体層24について平均したものである。また、第1の方向の他方側における D の平均値は、各々の圧電体層24における D を、第1の方向の中央よりも他方側に存在する全ての圧電体層24について平均したものである。そして、圧電振動素子の第1の方向における中央に存在する圧電体層24は、どちらにも含まない。

[0054] 図8に示す本例の圧電振動素子では、内部電極は、図の $+z$ 方向へ向けて、23a，22c，23b，22d，23c，21c，23dの順に配置されている。そして、圧電振動素子の図の z 軸方向の中央は、内部電極22dと内部電極23cとの間の圧電体層中に位置している。よって、図8に示す場合では、第1の方向の他方側（図の $-z$ 方向側）における隣り合う内部電

極同士の間隔 D の平均値を $A1$ とし、内部電極23aと内部電極22cとの間隔を $D1$ とし、内部電極22cと内部電極23bとの間隔を $D2$ とし、内部電極23bと内部電極22dとの間隔を $D3$ とすると、 $A1 = (D1 + D2 + D3) / 3$ となる。

[0055] また、第1の方向の一方側（図の $+z$ 方向側）における隣り合う内部電極同士の間隔 D の平均値を $A2$ とし、内部電極23cと内部電極21cとの間隔を $D5$ とし、内部電極21cと内部電極23dとの間隔を $D6$ とすると、 $A2 = (D5 + D6) / 2$ となる。

[0056] そして、本例の圧電振動素子は、第1の方向の一方側における、隣り合う内部電極同士の間隔の平均値 $A2$ が、第1の方向の他方側における、隣り合う内部電極同士の間隔の平均値 $A1$ よりも大きくなっている。これにより、圧電振動素子における図の $+z$ 方向側の表面に振動板の主面を接合して、圧電振動素子の振動を振動板に伝える振動装置を構成したときに、振動板に強い振動を伝えることができる。また、圧電振動素子と、圧電振動素子の第1の方向の一方側（図の $+z$ 方向側）の表面に接合された振動板との接合部に発生する応力を低減することができるので、圧電振動素子と振動板との接合部におけるマイクロクラックの発生を低減することができる。

[0057] また、図8において、内部電極22dと内部電極23cとの間隔を $D4$ とすると、図の $+z$ 方向へ向けて、隣り合う内部電極同士の間隔を順次記載すると、 $D1, D2, D3, D4, D5, D6$ となるが、これらの大きさの関係が、 $D1 < D2 < D3 < D4 < D5 < D6$ となっている。すなわち、本例の圧電振動素子は、隣り合う内部電極同士の間隔 D が、図の $+z$ 方向へ向かうにつれて段階的に大きくなっている。これにより、圧電振動素子が屈曲振動するときの各々の圧電体層24の伸縮量が、第1の方向の一方へ向かうにつれて徐々に小さくなるので、圧電振動素子内において、圧電体層24の伸縮量に変化する部分に発生する応力を小さくすることができる。これにより、マイクロクラックの発生等の不具合を低減することができる。

[0058] なお、隣り合う内部電極同士の間隔は、各々の電極間で略一定と考えても

殆ど差し支えない。よって、隣り合う内部電極同士の間隔 D_1 , D_2 , D_3 , D_4 , D_5 , D_6 は、例えば図 8 に矢印で示した位置のように、隣り合う電極同士が対向する部分の中央など、どこか 1 点における測定値で代表させても構わない。

[0059] (実施の形態の第 5 の例)

図 9 は、本発明の実施の形態の第 5 の例の圧電振動素子の構造を模式的に示す断面図である。なお、図 9 においては、図示を簡略化するために、圧電体層、第 1 ～第 3 の表面電極および第 1 ～第 3 の接続電極の図示を省略するとともに、2 つの内部電極 21 (21d, 21e) と、2 つの内部電極 22 (22e, 22f) と、4 つの内部電極 23 (23e, 23f, 23g, 23h) とを有する場合を示している。また、本例においては、前述した実施の形態の第 4 の例と異なる点について説明し、同様の構成要素には同一の参照符号を付して重複する説明を省略する。

[0060] 本例の圧電振動素子では、図 9 に示すように、内部電極は、図の +z 方向へ向けて、23e, 22e, 23f, 22f, 23g, 21d, 23h, 21e の順に配置されている。そして、図の z 軸方向における中央に内部電極 23g が位置している。

[0061] よって、図 9 に示す場合では、第 1 の方向の他方側（図の -z 方向側）における隣り合う内部電極同士の間隔の平均値を A_3 とし、内部電極 23e と内部電極 22e との間隔を D_7 とし、内部電極 22e と内部電極 23f との間隔を D_8 とし、内部電極 23f と内部電極 22f との間隔を D_9 とし、内部電極 22f と内部電極 23g との間隔を D_{10} とすると、 $A_3 = (D_7 + D_8 + D_9 + D_{10}) / 4$ となる。

[0062] また、図 9 に示す場合では、第 1 の方向の一方側（図の +z 方向側）における隣り合う内部電極同士の間隔の平均値を A_4 とし、内部電極 23g と内部電極 21d との間隔を D_{11} とし、内部電極 21d と内部電極 23h との間隔を D_{12} とし、内部電極 23h と内部電極 21e との間隔を D_{13} とすると、 $A_4 = (D_{11} + D_{12} + D_{13}) / 3$ となる。

[0063] そして、本例の圧電振動素子は、図の $+z$ 方向側における隣り合う内部電極同士の間隔の平均値 A_4 が、図の $-z$ 方向側における隣り合う内部電極同士の間隔の平均値 A_3 よりも大きくなっている。これにより、図の $+z$ 方向側の表面に振動板の主面を接合して、圧電振動素子の振動を振動板に伝える振動装置を構成したときに、振動板に強い振動を伝えることができる。また、その振動板の振動が抑制されたときにも、その振動板に強い振動を伝えることができる。また、圧電振動素子と振動板との接合部に発生する応力を低減することができるので、圧電振動素子と振動板との接合部におけるマイクロクラックの発生を低減することができる。

[0064] また、本例の圧電振動素子は、隣り合う内部電極同士の間隔 D_7 , D_8 , D_9 , D_{10} , D_{11} , D_{12} , D_{13} において、 $D_7 = D_8 = D_9 = D_{10} < D_{11} < D_{12} < D_{13}$ の関係が成り立っている。すなわち、隣り合う内部電極同士の間隔 D が、図の $-z$ 方向側では一定であり、図の $+z$ 方向側では、図の $+z$ 方向へ向かうにつれて段階的に大きくなっている。

[0065] このような構成を備えていることから、本例の圧電振動素子は、圧電振動素子内部の伸縮量が変化する部分に発生する応力を小さくすることができるとともに、図の $-z$ 方向側における変形量を大きく確保することができる。これにより、圧電振動素子の内部におけるマイクロクラックの発生を低減することができるとともに、図の $+z$ 方向側の表面に振動板の主面を取り付けた圧電振動装置を構成したときに、さらに強い振動を振動板に伝えることができる。

[0066] なお、本例の圧電振動素子は、前述した実施の形態の第4の例の圧電振動素子と同様に、全ての内部電極はべた状の電極であり、隣り合う内部電極同士が圧電体層24を間に挟んで対向する部分の面積 S が、第1の方向（図の z 軸方向）の全体に渡って一定である。また、隣り合う内部電極間には、全て等しい大きさの電圧が与えられる。

[0067] （実施の形態の第6の例）

図10は、本発明の実施の形態の第6の例の圧電振動装置15を模式的に

示す斜視図である。なお、図 10 においては、作図を容易にするために、圧電振動素子の詳細な構造の図示を省略している。また、本例においては、前述した実施の形態の第 1～第 5 の例と異なる点について説明し、同様の構成要素には同一の参照符号を付して重複する説明を省略する。本例の圧電振動装置 15 は、圧電振動素子 14 と、振動板 12 とを有している。なお、圧電振動素子 14 は、前述した実施の形態の第 1～第 5 の例のような圧電振動素子である。

[0068] 振動板 12 は、矩形の薄板状の形状を有しており、圧電振動素子 14 の図の +z 方向側の表面に、一方主面（図の -z 方向側の主面）が接着剤等を用いて接合されている。このような振動板 12 は、種々の既知の材料を用いて構成することができる。例えば、アクリル樹脂やガラス等の剛性および弾性が大きい材料を好適に用いて振動板 12 を形成することができる。また、振動板 12 の厚みは、例えば、0.4 mm～1.5 mm 程度に設定される。このような構成を有する本例の圧電振動装置 15 は、電気信号を加えることによって圧電振動素子 14 を屈曲振動させ、その振動を振動板 12 に伝える圧電振動装置として機能する。

[0069] 本例の圧電振動装置 15 は、圧電振動素子 14 の図の +z 方向側の表面に振動板 12 の一方主面が接合されている。また、圧電振動素子 14 は、隣り合う内部電極同士が圧電体層 24 を間に挟んで対向する部分の面積を S とし、隣り合う内部電極同士の間隔を D としたときに、図の +z 方向側における S/D の平均値が、図の -z 方向側における S/D の平均値よりも小さい。これにより、振動板 12 が自由に振動できる場合においても、振動板 12 の振動が抑制された場合においても、振動板 12 に強い振動を伝えることができる。また、圧電振動素子 14 と振動板 12 との接合部におけるマイクロクラックの発生を低減することができる。よって、薄型で高性能な圧電振動装置を得ることができる。

[0070] （実施の形態の第 7 の例）

図 11 は、本発明の実施の形態の第 7 の例の携帯端末を模式的に示す斜視

図である。図 1 2 は、図 1 1 における A-A' 線断面図である。図 1 3 は、図 1 1 における B-B' 線断面図である。なお、図 1 2 および図 1 3 においては、圧電振動素子 1 4 の詳細な構造の図示を省略している。また、本例においては、前述した実施の形態の第 6 の例と異なる点について説明し、同様の構成要素には同一の参照符号を付して重複する説明を省略する。本例の携帯端末は、図 1 0 に示した実施の形態の第 6 の例の圧電振動装置 1 5 と、電子回路 1 7 と、ディスプレイ 1 8 と、筐体 1 9 とを有している。

[0071] 電子回路 1 7 は、圧電振動素子 1 4 に入力される電気信号を生成する。また、電子回路 1 7 には、ディスプレイ 1 8 に表示させる画像情報を処理する回路や、通信回路等の他の回路が含まれていても良い。なお、電子回路 1 7 と圧電振動素子 1 4 とは図示せぬ配線を介して接続されている。

[0072] ディスプレイ 1 8 は、画像情報を表示する機能を有する表示装置であり、例えば、液晶ディスプレイ、プラズマディスプレイ、および有機 EL ディスプレイ等の既知のディスプレイを好適に用いることができる。また、ディスプレイ 1 8 は、タッチパネルのような入力装置を有するものであっても良い。

[0073] 筐体 1 9 は、1 つの面が開口した箱状の形状を有している。筐体 1 9 は、既知の種々の材料を用いて形成することができる。例えば、剛性および弾性が大きい合成樹脂等の材料を好適に用いて形成することができるが、金属等の他の材料を用いて形成しても構わない。

[0074] 本例の携帯端末において、圧電振動装置 1 5 は、筐体 1 9 の開口部に設けられている。振動板 1 2 は、ディスプレイ 1 8 よりも外側に配置されてディスプレイ 1 8 と一体化されており、ディスプレイ 1 8 を保護するカバーとして機能している。また、振動板 1 2 は、一方主面（図の -z 方向側の主面）の周囲のみが、筐体 1 9 に接合されており、筐体 1 9 に振動可能に取り付けられている。なお、筐体 1 9 と振動板 1 2 とは、例えば、接着剤や両面テープ等の、既知の種々の接合部材を用いて接合することができる。また、振動板 1 2 は、タッチパネルのような入力装置を有するものであっても構わない。

。

[0075] このような構成を有する本例の携帯端末は、圧電振動素子 14 を振動させることによって、振動板 12 を振動させて音響を発生させることができる。そして、この音響によって音声情報を人に伝達することができる。また、振動板 12 または筐体 19 を直接または他の物を介して耳などの人体の一部に接触させて振動を伝えることによって音声情報を伝達してもよい。

[0076] 本例の携帯端末は、振動板 12 が自由に振動できる場合においても、振動板 12 の振動が抑制された場合においても、振動板 12 に強い振動を伝えることができるとともに、圧電振動素子 14 と振動板 12 との接合部におけるマイクロクラックの発生が低減された、薄型で高性能な圧電振動装置を用いている。よって、本例の携帯端末によれば、振動板 12 を耳等の人体に接触させた場合においても、振動板 12 の振動によって音声情報を良好に伝達することができるとともに、圧電振動素子 14 と振動板 12 との接合部におけるマイクロクラックの発生が低減された、薄型で高性能な携帯端末を得ることができる。

[0077] (変形例)

本発明は上述した実施の形態の例に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲において種々の変更、改良が可能である。

[0078] 例えば、図示を簡略化するために、図 6、図 7 では 5 つの内部電極を有する例を示し、図 8 では 7 つの内部電極を有する例を示し、図 9 では 8 つの内部電極を有する例を示したが、これらに限定されるものではない。例えば、より少ない内部電極を有する構成であっても良く、より多くの内部電極を有する構成であっても構わない。

[0079] また、前述した実施の形態の例においては、わかりやすくするために、隣り合う内部電極同士が圧電体層 24 を間に挟んで対向する部分の面積 S と、隣り合う内部電極同士の間隔 D とにおいて、一方が一定であり、他方のみが変化する例を示したが、これに限定されるものではない。圧電振動素子の厚み方向において、 S および D の両方が変化するようにしても構わない。

[0080] また、前述した実施の形態の第 7 の例においては、振動板 1 2 の振動によって音情報を伝達する携帯端末の例を示したが、これに限定されるものではない。例えば、人間の指が振動板 1 2 に接触したときに、振動板 1 2 を振動させて指に振動を伝達して、指が振動板 1 2 に接触したことを明確に伝えるような携帯端末であっても構わない。

[0081] また、前述した実施の形態の第 7 の例においては、ディスプレイ 1 8 のカバーが振動板 1 2 として機能する例を示したが、これに限定されるものではない。例えば、ディスプレイ 1 8 そのものが振動板 1 2 として機能するものであっても構わない。

符号の説明

- [0082] 1 2 : 振動板
1 4 : 圧電振動素子
1 5 : 圧電振動装置
1 7 : 電子回路
2 1 ~ 2 3, 2 1 c ~ 2 1 e, 2 2 c ~ 2 2 f, 2 3 a ~ 2 3 h : 内部電極
2 4 : 圧電体層
2 5 : 貫通孔

請求の範囲

- [請求項1] 第1の方向に沿って交互に積層された複数の内部電極と複数の圧電体層とを少なくとも有しており、隣り合う前記内部電極同士が前記圧電体層を間に挟んで対向する部分の面積を S とし、隣り合う前記内部電極同士の間隔を D としたときに、前記第1の方向の一方側における S/D の平均値が、前記第1の方向の他方側における S/D の平均値よりも小さいことを特徴とする圧電振動素子。
- [請求項2] 前記第1の方向の前記一方側における S の平均値が、前記第1の方向の前記他方側における S の平均値よりも小さいことを特徴とする請求項1に記載の圧電振動素子。
- [請求項3] 前記第1の方向の前記一方へ向かうにつれて S が段階的に小さくなっていることを特徴とする請求項2に記載の圧電振動素子。
- [請求項4] 前記第1の方向に垂直な第2の方向に長い形状を有しており、隣り合う前記内部電極同士が前記圧電体層を間に挟んで対向する部分の前記第2の方向における長さが、前記第1の方向の前記一方へ向かうにつれて段階的に短くなっていることを特徴とする請求項3に記載の圧電振動素子。
- [請求項5] 複数の前記内部電極の少なくとも一部が、該内部電極を前記第1の方向に貫通する複数の貫通孔を有しており、1つの前記内部電極に形成された前記貫通孔の断面積の合計が、前記第1の方向の前記一方へ向かうにつれて段階的に大きくなっていることを特徴とする請求項3に記載の圧電振動素子。
- [請求項6] 前記第1の方向の前記一方側における D の平均値が、前記第1の方向の前記他方側における D の平均値よりも大きいことを特徴とする請求項1に記載の圧電振動素子。
- [請求項7] 前記第1の方向の前記一方へ向かうにつれて D が段階的に大きくな

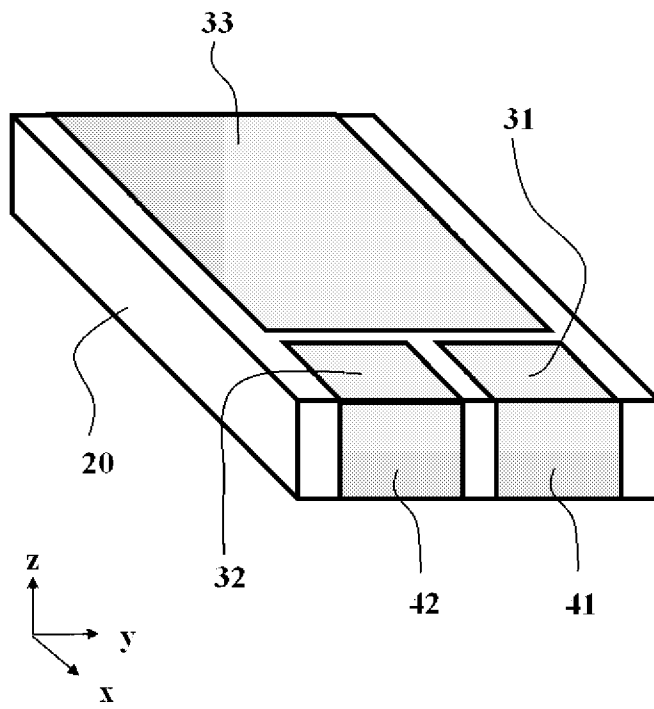
っていることを特徴とする請求項 6 に記載の圧電振動素子。

[請求項 8] D が、前記第 1 の方向の前記他方側では一定であり、前記第 1 の方向の前記一方側では、前記第 1 の方向の前記一方へ向かうにつれて段階的に大きくなっていることを特徴とする請求項 7 に記載の圧電振動素子。

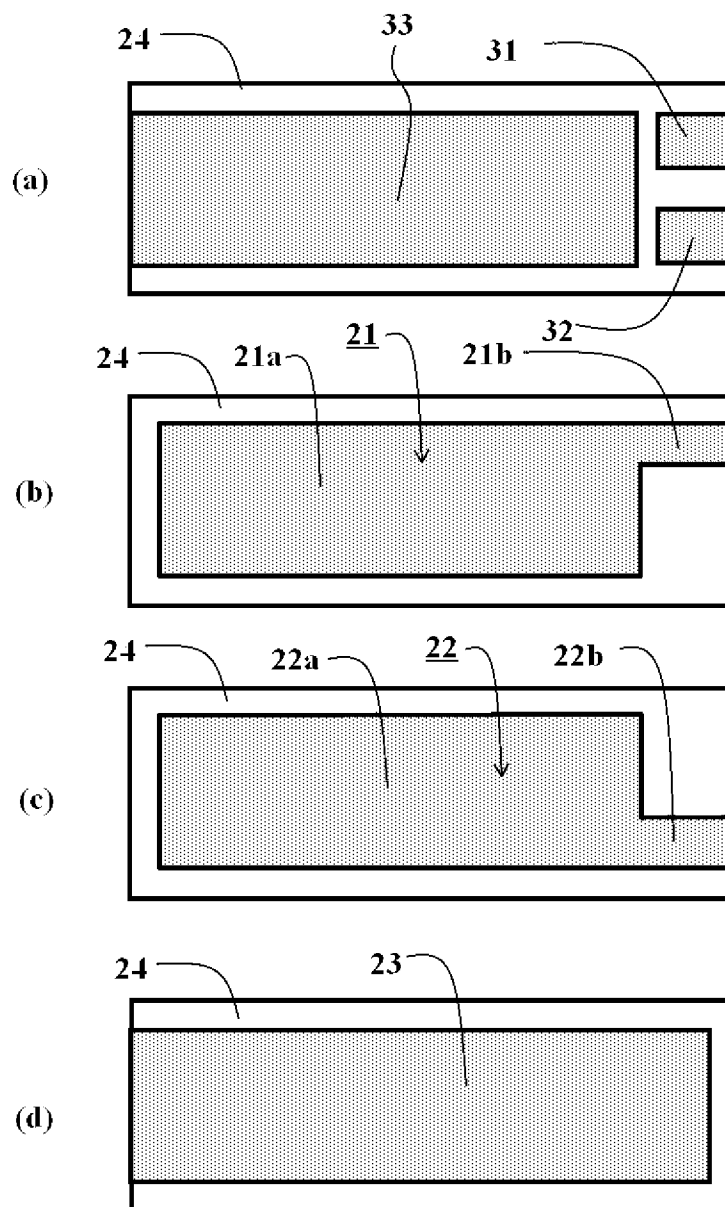
[請求項 9] 請求項 1 乃至請求項 8 のいずれかに記載の圧電振動素子と、該圧電振動素子の前記第 1 の方向における前記一方側の表面に接合された振動板とを少なくとも有することを特徴とする圧電振動装置。

[請求項 10] 筐体と、該筐体に設けられた請求項 9 に記載の圧電振動装置と、前記圧電振動素子に入力される電気信号を生成する電子回路とを少なくとも有していることを特徴とする携帯端末。

[図1]



[図2]



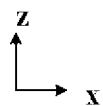
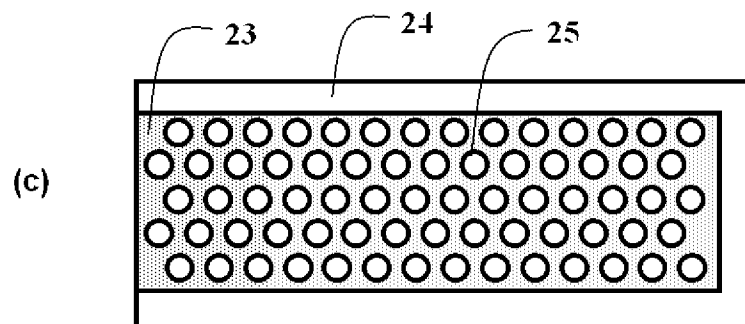
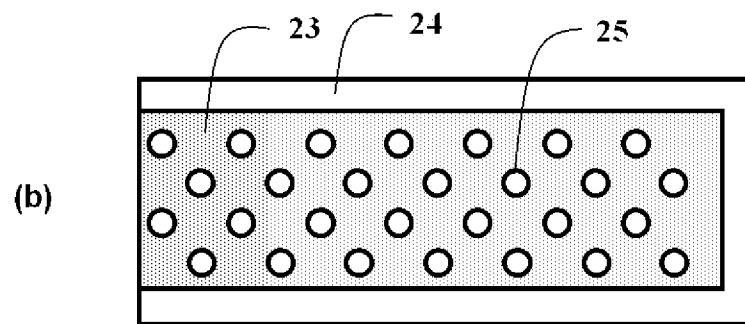
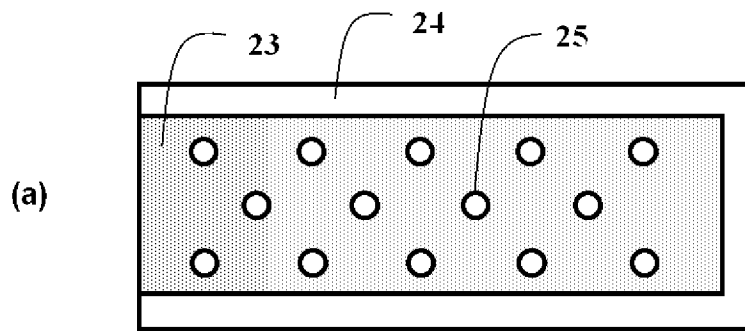


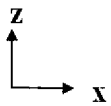
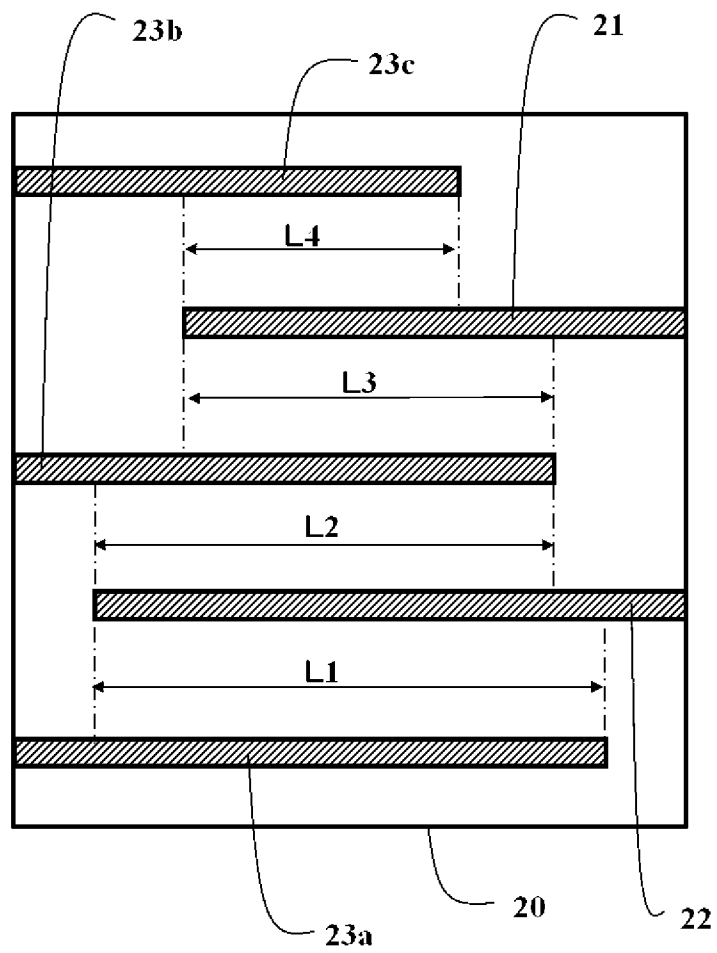
Figure 1 is a schematic cross-sectional view of a semiconductor device. It shows a substrate 21 with a layer 24 on top. A region 23 is defined by a dashed line, and a region P is defined by a solid line. A dashed line also indicates a boundary within region 23.



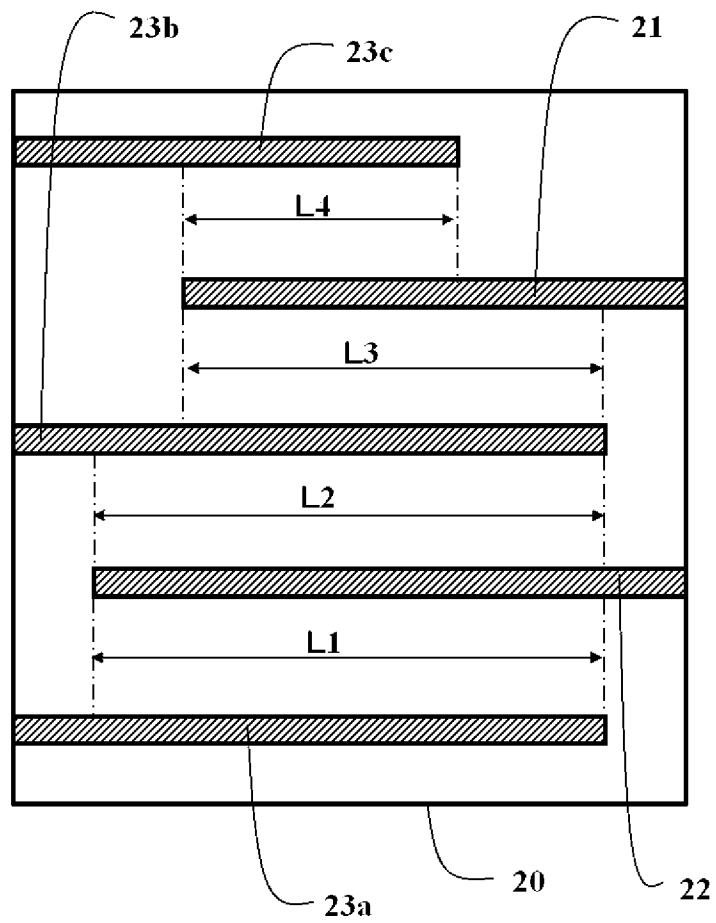
[図5]



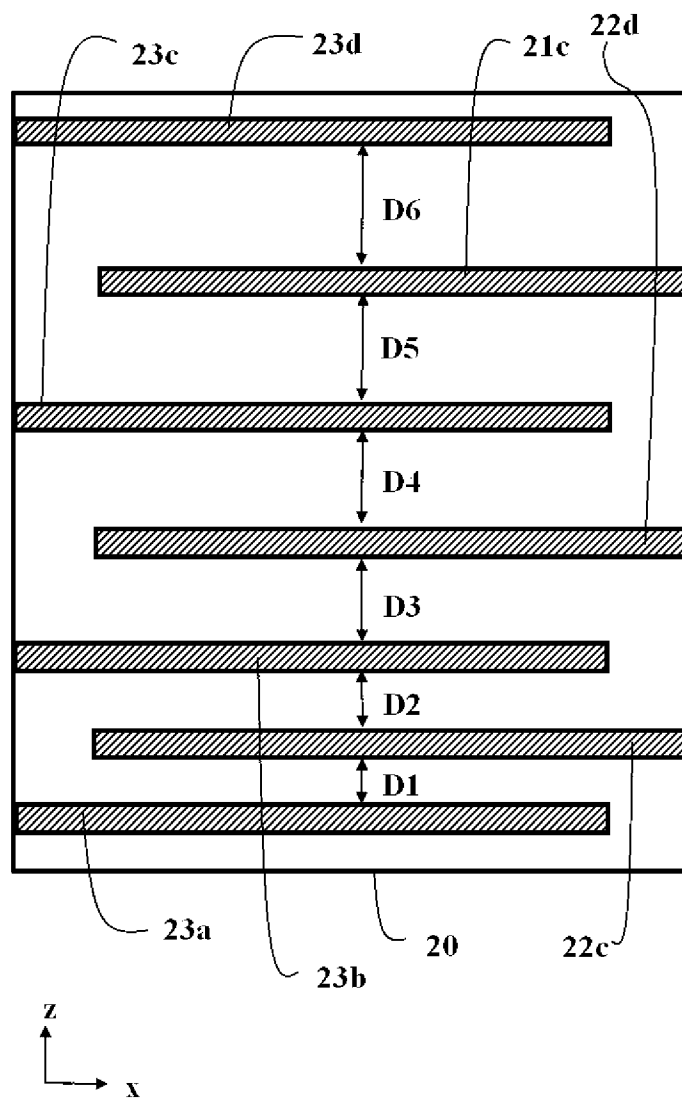
[図6]



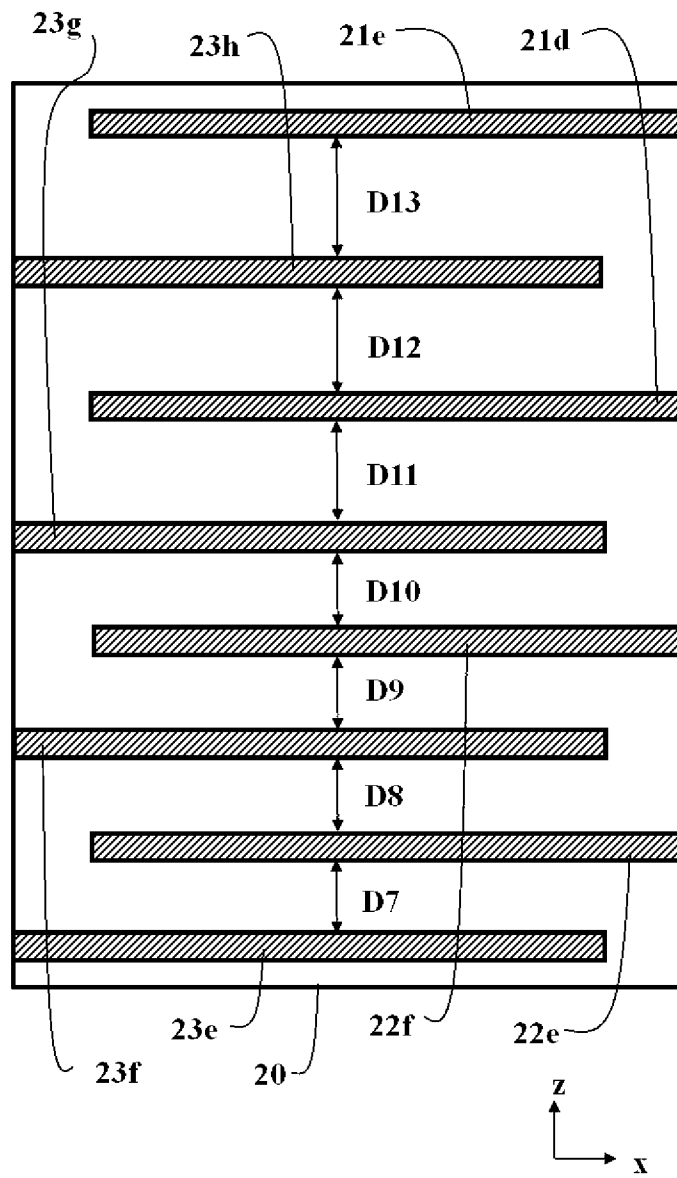
[図7]



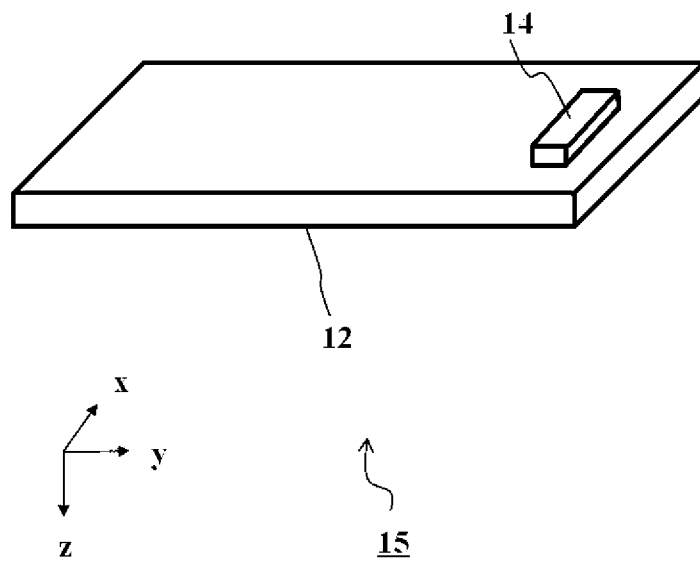
[図8]



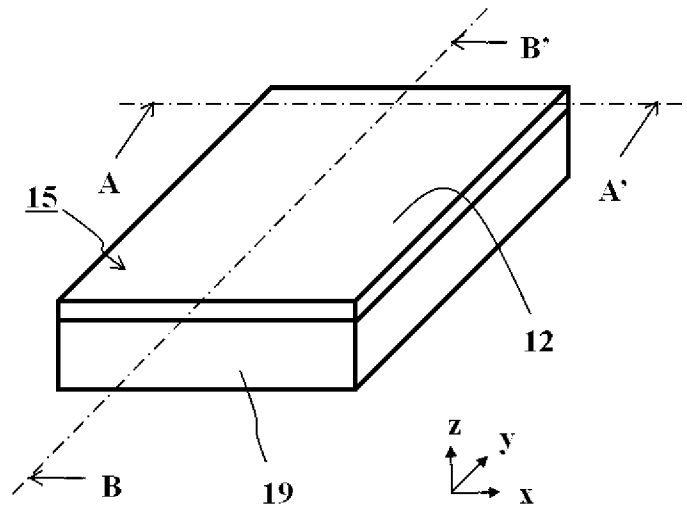
[図9]



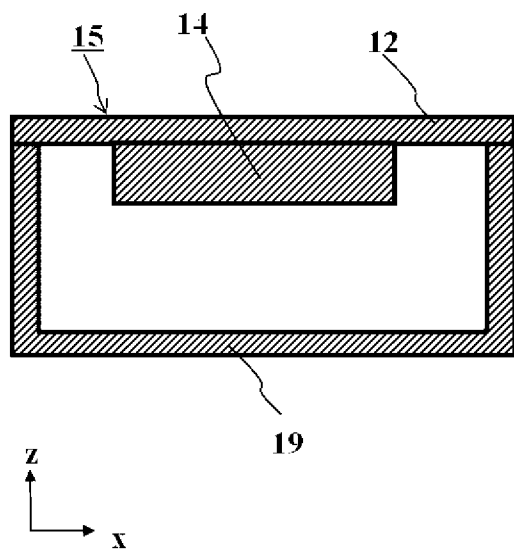
[図10]



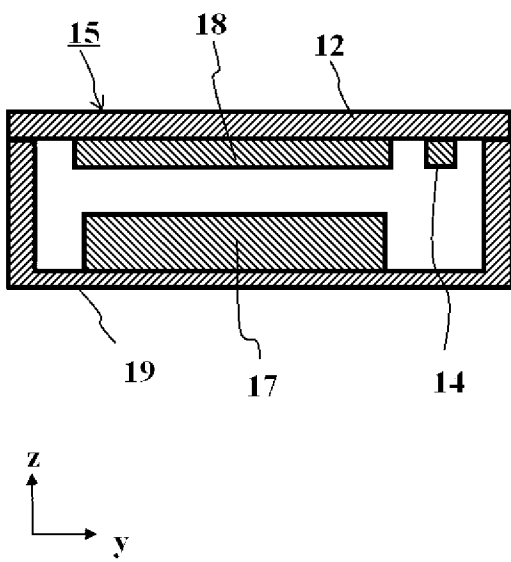
[図11]



[図12]



[図13]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/058589

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L41/09(2006.01)i, H04R1/02(2006.01)i, H04R7/04(2006.01)i, H04R17/00(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)

H01L41/09, H04R1/02, H04R7/04, H04R17/00

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	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

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 Y	WO 2009/082007 A1 (Kyocera Corp.), 02 July 2009 (02.07.2009), paragraphs [0012] to [0037]; fig. 1 to 7 (Family: none)	1-5 6-10
Y	JP 2-150082 A (Fuji Electric Co., Ltd.), 08 June 1990 (08.06.1990), page 2, lower left column, line 1 to page 3, upper right column, line 18; fig. 1 to 2 (Family: none)	6-10
Y	JP 2006-287725 A (NGK Insulators, Ltd.), 19 October 2006 (19.10.2006), paragraphs [0024] to [0028]; fig. 1 to 2 (Family: none)	9,10



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
15 April, 2013 (15.04.13)

Date of mailing of the international search report
23 April, 2013 (23.04.13)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/058589

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

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

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

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

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

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

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:
(See extra sheet.)

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

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

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

International application No.

PCT/JP2013/058589

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

(With respect to unity of invention)

Document 1: WO 2009/082007 A1 (Kyocera Corp.), 02 July 2009 (02.07.2009), paragraphs [0012] to [0037]; fig. 1 to 7

As has been disclosed in the document 1, a feature wherein an average value of S/D on one side in the first direction is smaller than an average value of S/D on the other side in the first direction, and S is reduced step by step by operating the length of an internal electrode in the direction perpendicular to the first direction is publicly known.

A feature of having a shape wherein a length in the second direction is long compared with a length in the first direction and a length in the direction perpendicular to the second direction is merely a feature of a design change.

Therefore, it cannot be considered that the matter which is set forth in claims 1-4 is a technical feature which makes a contribution over the prior art.

Therefore, among the inventions of claims 1-4, the invention of claim 5 having a feature of operating the S/D by operating the S by means of a method different from that in claim 4, and the inventions of claims 6-8 having a feature of operating the S/D by operating the D, there is no other common feature considered to be a special technical feature in the meaning of PCT Rule 13.2, second sentence.

Consequently, it is not considered that a group of these inventions are so linked as to form a single general concept.

Since the inventions of claims 9 and 10 are the inventions of an article having the piezoelectric vibration element in any one of claims 1-8, it is not considered that the inventions are linked so as to form a single general inventive concept due to the same reasons stated above.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. H01L41/09(2006.01)i, H04R1/02(2006.01)i, H04R7/04(2006.01)i, H04R17/00(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. H01L41/09, H04R1/02, H04R7/04, H04R17/00

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 3 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 3 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 3 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 - Y	WO 2009/082007 A1 (京セラ株式会社) 2009.07.02, [0012]-[0037], 図 1-7 (ファミリーなし)	1-5 - 6-10
Y	JP 2-150082 A (富士電機株式会社) 1990.06.08, 第 2 頁左下欄第 1 行目-第 3 頁右上欄第 18 行目, 図 1-2 (ファミリーなし)	6-10
Y	JP 2006-287725 A (日本碍子株式会社) 2006.10.19, 【0024】-【0028】, 図 1-2 (ファミリーなし)	9, 10

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

1 5 . 0 4 . 2 0 1 3

国際調査報告の発送日

2 3 . 0 4 . 2 0 1 3

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 1 0 0 - 8 9 1 5

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)

井出 和水

5 0

9 0 7 2

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 5 5 9

第Ⅱ欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第1ページの2の続き）

法第8条第3項（P C T 17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求項 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。
つまり、
2. ☐ 請求項 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求項 _____ は、従属請求の範囲であってP C T規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第Ⅲ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

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

（特別ページを参照）

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。

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。

(発明の単一性について)

文献 1. WO 2009/082007 A1 (京セラ株式会社) 2009.07.02, [0012]-[0037], 図 1-7 (ファミリーなし)

文献 1 に記載されている様に、第 1 の方向の一方側における S/D の平均値が第 1 の方向の他方側における S/D の平均値よりも小さく、かつ、第 1 の方向に垂直な方向における内部電極の長さを操作することで S を段階的に小さくすることは公知である。第 1 の方向及び第 2 の方向に垂直な方向の長さと比較して第 2 の方向の長さを長くした形状とすることは、単なる設計変更程度の事項にすぎない。したがって、請求項 1 ～ 4 に記載された事項を先行技術に対して貢献する技術的特徴と認めることはできない。

してみると、請求項 1 ～ 4 に係る発明と、請求項 4 に記載されたのと別の手法により S を操作することで S/D を操作する請求項 5 に係る発明と、 D を操作することにより S/D を操作する請求項 6 ～ 8 に係る発明との間には、PCT 規則第 13.2 の第 2 文の意味において特別な技術的特徴と認められる他の共通の事項は存在しない。したがって、これらの発明は単一の一般的発明概念を形成する様に連関しているとは認められない。

請求項 9 及び 10 に係る発明は、請求項 1 ～ 8 のいずれかに記載の圧電振動素子を有する物についての発明であるから、上述したのと同じ理由により単一の一般的発明概念を形成する様に連関しているとは認められない。