

(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1月14日(14.01.2016)



(10) 国際公開番号
WO 2016/006433 A1

- (51) 国際特許分類:
H03H 9/24 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/067974
- (22) 国際出願日: 2015年6月23日(23.06.2015)
- (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 2014-142309 2014年7月10日(10.07.2014) 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).
- (74) 代理人: 特許業務法人 宮▲崎▼・目次特許事務所(MIYAZAKI & METSUGI); 〒5400028 大阪府大阪市中央区常盤町1丁目3番8号 中央大通F Nビル 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, 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).

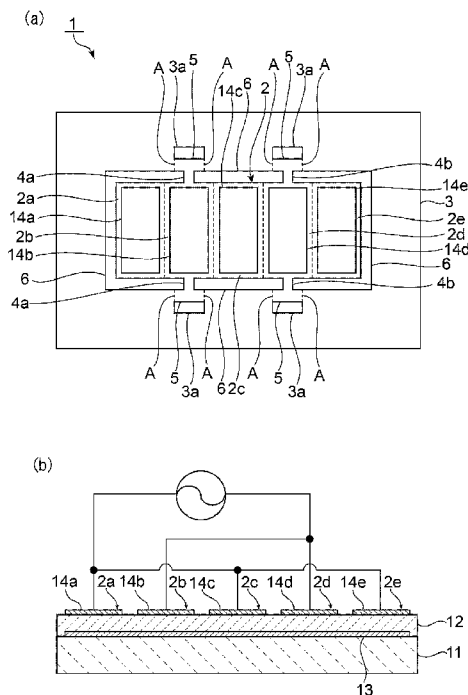
添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(54) Title: VIBRATION DEVICE

(54) 発明の名称: 振動装置

図1



(57) Abstract: The invention provides a vibration device that vibrates at harmonics of contour vibrations, having excellent vibration properties. A vibration device 1 is provided with a vibrating plate 2 which vibrates at harmonics of contour vibrations, having a plurality of vibrating parts 2a-2e, with first ends of supporting parts 4a, 4b attached to the vibrating plate 2, and a frame-type base part 3 surrounding the vibrating plate 2, to which second ends of the supporting parts 4a, 4b are connected. Slits 3a extending in a direction intersecting the direction of extension of the supporting parts 4a, 4b are formed in the base part 3 in order to provide bending vibration parts 5. The bending vibration parts 5 are connected at both ends to the remaining portions of the base part 3, and these connected parts form the fixed ends of the bending vibration parts 5. The length from where the bending vibration parts 5 are connected to the second ends of the supporting parts 4a, 4b to the fixed ends of the bending vibrating parts 5 is set to $\lambda/4$, where λ is the wavelength of the bending vibrations corresponding to the frequency of the characteristic vibrations of the vibrating plate 2.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2016/006433 A1



輪郭振動の高調波で振動し、振動特性に優れている、振動装置を提供する。複数の振動部 2 a ~ 2 e が設けられており、かつ輪郭振動の高調波で振動する振動板 2 と、振動板 2 に、支持部 4 a, 4 b の第 1 の端部が連結されており、支持部 4 a, 4 b の第 2 の端部につなげられており、かつ振動板 2 を囲むように枠状の基部 3 が設けられており、屈曲振動部 5 を設けるように、基部 3 に、支持部 4 a, 4 b が延びる方向と交叉する方向に延びるスリット 3 a が形成されており、屈曲振動部 5 の両端が基部 3 の残りの部分に連ねられており、連ねられている部分が屈曲振動部 5 の固定端とされており、屈曲振動部 5 の支持部 4 a, 4 b の第 2 の端部に連結されている部分と、屈曲振動部 5 の固定端までの長さが、振動板 2 における固有振動の周波数に対応する該屈曲振動の波長を λ としたとき、 $\lambda/4$ とされている、振動装置 1。

明 細 書

発明の名称：振動装置

技術分野

[0001] 本発明は、輪郭振動の高調波で振動する振動板に、該振動板を支持するための支持部が連結されている振動装置に関する。

背景技術

[0002] 従来、共振子等として、様々な振動モードを利用した振動装置が用いられている。このような振動装置では、振動板の振動を阻害しないように振動板を支持する必要がある。

[0003] 下記の特許文献1では、長さモードで振動する振動部の長さ方向に沿う面の中央に、T字状の支持部が連結されている。T字状の支持部は、第1の方向に延びる第1の部分と、第1の部分の一方の側面の中央に連結されており、第1の方向と直交する第2の方向に延びる第2の部分とを有する。この第2の部分の先端が振動部に連結されている。第1の部分の第2の部分に連結されている側の側面とは反対側の側面は、基部に設けられたスリットに臨んでいる。このスリットは、第1の部分の延びる方向に延ばされている。

[0004] このT字状の支持部では、第2の部分から伝播してきた振動が、第1の部分の上記スリットに臨んでいる部分を屈曲振動させる。第1の部分の屈曲振動する部分が振動反射部を構成している。この振動反射部の長さ、すなわち第1の方向に沿う長さは、振動部から伝搬する主振動の波長 λ の $1/4$ とされている。

[0005] 下記の特許文献2では、振動部の長さ方向に沿う面の中央に支持部が連結されている。支持部には、振動部を囲むように設けられた支持部が連結されている。特許文献2では、支持部の形状をT字状などの形状にすることにより、振動の漏洩を抑制し得るとされている。

[0006] 下記の非特許文献1では、輪郭振動の高調波で振動する振動板のノード点に複数対の支持部が連結する構造が開示されている。非特許文献1では、支

持部を複数対とすることで支持部近傍のスプリアスモードが抑制され、主振動のQ値が向上するとされている。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：WO2010/110918

特許文献2：特開平10-117120号公報

非特許文献

[0008] 非特許文献1：“TOWARD ULTIMATE PERFORMANCE IN GHZ MEMS RESONATORS: LOW IMPEDANCE AND HIGH Q” B. P. Harrington, M. Shahmohammadi and R. Abdolvand Oklahoma State University, Tulsa, Oklahoma, USA

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0009] 特許文献1に記載の振動装置では、上記振動反射部の長さが、 $\lambda/4$ とされている。そのため、振動が閉じ込められず、基部側に振動が漏洩しがちであった。

[0010] また、T字状の支持部の第1の部分の両端に連ねられている保持部分の面積が小さかった。そのため、T字状の支持腕と保持部分との音響インピーダンス差が小さく、十分な音響反射効果が得られなかった。

[0011] また、特許文献2に記載の振動装置では、支持部の形状及び寸法と、振動板において励振される振動の波長との関係については何ら考慮されていない。そのため、振動の漏洩を十分に抑制することができなかった。

[0012] さらに、非特許文献1に記載の振動装置では、支持部に強固に固定されているため主振動もダンピングされることがあった。そのため、十分な振動特性を得ることができなかった。

[0013] 本発明の目的は、輪郭振動の高調波で振動し、振動特性に優れている、振動装置を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0014] 本発明に係る振動装置は、複数の振動部が設けられており、かつ輪郭振動の高調波で振動する振動板と、第1の端部と上記第1の端部とは反対側の第2の端部とを有し、上記第1の端部が上記複数の振動部のうち少なくとも1つの振動部の振動のノードとなる部分に連結されており、上記振動板を支持している支持部と、上記支持部の上記第2の端部につながられており、上記振動板を囲むように設けられた枠状の基部とを備え、両端が固定端とされている屈曲振動部が設けられるように、上記基部に、上記支持部が延びる方向と交叉する方向に延びるスリットが形成されており、上記屈曲振動部の両端が上記基部の残りの部分に連ねられており、該連ねられている部分が上記屈曲振動部の固定端とされており、上記屈曲振動部の上記支持部の上記第2の端部に連結されている部分と、該屈曲振動部の上記固定端までの長さが、上記振動板における固有振動の周波数に対応する該屈曲振動の波長を λ としたとき、 $\lambda/4$ とされている。

[0015] 本発明に係る振動装置のある特定の局面では、全体が板状体であり、上記振動板、上記支持部及び上記基部を構成するように、上記支持部が設けられている部分を除いて上記振動板を囲む、複数の貫通溝が上記板状体に形成されている。

[0016] 本発明に係る振動装置の別の特定の局面では、上記複数の振動部が、それぞれ、縮退半導体からなるSi層と、上記Si層上に積層されている励振部とを有し、該励振部が、圧電薄膜と、上記圧電薄膜に電圧を印加するための第1、第2の電極とを有する。

[0017] 本発明に係る振動装置の他の特定の局面では、上記振動板の外周縁と、上記基部との間の距離が、上記振動板の外周縁と上記屈曲振動部との間の距離と同等である。

[0018] 本発明に係る振動装置のさらに別の特定の局面では、上記振動板の外周縁

と、上記基部との間の距離が、上記振動板の外周縁と上記屈曲振動部との間の距離よりも小さい。

[0019] 本発明に係る振動装置のさらに他の特定の局面では、上記支持部として、1 対の支持部を有する。

[0020] 本発明に係る振動装置のさらに他の特定の局面では、上記支持部として、複数対の支持部を有する。

発明の効果

[0021] 本発明に係る振動装置では、上記のように、屈曲振動部の両端が基部の残りの部分に連ねられており、該連ねられている部分が固定端とされているため、十分な音響反射効果が得られる。よって、振動板から伝搬してきた輪郭振動の高調波の振動を屈曲振動部の振動により振動板側に振動を確実に閉じ込めることが可能となる。従って、振動特性を向上させることができる。

図面の簡単な説明

[0022] [図1]図 1 (a) は、本発明の第 1 の実施形態に係る振動装置の平面図であり、図 1 (b) はその要部を示す正面断面図である。

[図2]図 2 は、本発明の第 1 の実施形態に係る振動装置の第 1 の変形例の部分切欠平面図である。

[図3]図 3 は、本発明の第 1 の実施形態に係る振動装置の第 2 の変形例の要部の正面断面図である。

[図4]図 4 は、本発明の第 1 の実施形態における支持部と屈曲振動部との寸法関係を説明するための部分切欠平面図である。

[図5]図 5 は、本発明の第 2 の実施形態に係る振動装置の平面図である。

[図6]図 6 は、本発明の第 3 の実施形態に係る振動装置の平面図である。

[図7]図 7 は、屈曲振動部の支持部に連結されている部分と、屈曲振動部の外側の固定端との間の長さ L_s と、 Q との関係を示す図である。

[図8]図 8 は、本発明の第 4 の実施形態に係る振動装置の平面図である。

[図9]図 9 は、本発明の第 5 の実施形態に係る振動装置の平面図である。

発明を実施するための形態

[0023] 以下、図面を参照しつつ、本発明の具体的な実施形態を説明することにより、本発明を明らかにする。

[0024] 図1(a)は、本発明の第1の実施形態に係る振動装置の平面図である。振動装置1は、長さ方向と幅方向とを有する矩形板状の振動板2を有する。振動板2は、輪郭振動の高調波で強く励振される。

[0025] なお、本明細書において、輪郭振動とは、拡がり振動、幅方向寸法が変化する幅拡がり振動、並びに長さ方向に伸縮する振動の総称として用いるものとする。本実施形態においては、後述するように幅拡がり振動の高調波が利用されている。

[0026] 振動板2は、長さ方向と幅方向とを有する矩形板状の5つの振動部2a～2eが併設されることにより形成されている。5つの振動部2a～2eの幅方向は、振動板2の長さ方向と一致している。他方、5つの振動部2a～2eの長さ方向は、振動板2の幅方向と一致している。

[0027] 振動板2は、枠状の基部3に支持部4a、4bにより連結されている。基部3は、特に限定されないが外周縁が矩形の形状を有している。

[0028] 支持部4a、4bは、矩形板状の振動板2の1つの側面に連結されている。より具体的には、支持部4aが、振動部2bの1つの側面中央に連結されており、支持部4bが振動部2dの1つの側面中央に連結されている。また、振動部2b、2dの上記側面と反対側の側面にも、支持部4a、4bが連結されている。すなわち、2対の支持部4a、4a、4b、4bが設けられている。

[0029] 支持部4a、4bは、振動板2に連結されている第1の端部と、基部3に連結されている第2の端部とを有する。第2の端部は、第1の端部と反対側である。

[0030] 支持部4a、4bの第2の端部は、屈曲振動部5に連結されている。ここで、屈曲振動部5とは、基部3にスリット3aを設けることにより、スリット3aと支持部4a、4bとの間に設けられている部分である。すなわち、基部3には、支持部4a、4bの延びる方向と直交する方向に延びるスリッ

ト 3 a が設けられている。言い換えれば、矩形板状の振動板 2 の支持部 4 a , 4 b が連結されている側面と平行な方向に延びるように、スリット 3 a が設けられている。

[0031] スリット 3 a と支持部 4 a , 4 b との間の基部 3 部分が、屈曲振動部 5 を構成している。屈曲振動部 5 の外側縁がスリット 3 a に臨んでいる。反対側の縁は貫通溝 6 に臨んでいる。より詳細には、矩形板状の基部 3 に貫通溝 6 を形成することにより、上記振動板 2 及び 2 対の支持部 4 a , 4 a , 4 b , 4 b が設けられるように、貫通溝 6 は形成されている。

[0032] 言い換えれば、振動板 2 は貫通溝 6 を介して、枠状の基部 3 に囲まれている。これにより、振動板 2 の外周縁と、上記基部 3 との間の距離が、上記振動板 2 の外周縁と上記屈曲振動部 5 との間の距離と同等に形成されている。

[0033] なお、図 2 に示す本発明に係る振動装置の第 1 の変形例のように、振動板 2 の外周縁と基部 3 との間の距離 d 1 が、振動板 2 の外周縁と屈曲振動部 5 との間の距離 d 2 よりも小さくなるように貫通溝 6 A を形成してもよい。この場合、固定端を示す破線 A の外側の基部 3 の部分 B の面積をより一層大きくすることができる。そのため、後述する音響反射効果がより一層高められ、振動をより一層確実に閉じ込めることができる。

[0034] 図 1 (a) に戻り、屈曲振動部 5 は、上記スリット 3 a が延びる方向に延ばされている。そして、図 1 (a) に破線 A, A で示す位置が屈曲振動部 5 の端部である。すなわち、屈曲振動部 5 の長さ方向端部は、屈曲振動部 5 のスリット 3 a の長さ方向端部に一致している。言い換えれば、スリット 3 a と貫通溝 6 との間の部分が屈曲振動部 5 を構成している。

[0035] 本実施形態では、振動板 2 は、図 1 (b) に示す積層構造を有する。図 1 (b) に示すように、振動板 2 は、5 つの振動部 2 a ~ 2 e により形成されている。以下、振動部 2 a を例に挙げて説明する。

[0036] 振動部 2 a では、縮退半導体からなる S i 層 1 1 上に、第 1 の電極 1 3 が積層されている。図 1 (b) においては、図示を省略しているが、S i 層 1 1 と、第 1 の電極 1 3 との間には、酸化ケイ素層が設けられていてもよい。

また、第1の電極13が、縮退半導体からなるSi層11で兼ねられていてもよい。

[0037] 酸化ケイ素層が積層されていることにより、周波数温度特性を改善することができる。なお、酸化ケイ素層は、Si層11の下側に設けられていてもよいし、第2の電極14aより上側に設けられていてもよい。また、Si層11の両面に形成されていてもよい。その場合には、Si層の反りを抑制することができる。

[0038] 縮退半導体からなるSi層11は、Siにn型ドーピング剤をドーピングすることにより縮退半導体とされている。この場合のドーピング濃度は、 5×10^{19} 個/cm³以上とされている。上記ドーピング剤については、特に限定されないが、n型のドーピング剤として、リン(P)が好適に用いられる。リン(P)を用いた場合、容易にn型の縮退半導体を製造することができる。

[0039] 第1の電極13上には、圧電薄膜12及び第2の電極14a～14eがこの順に積層されている。第1の電極13、圧電薄膜12及び第2の電極14a～14eにより、励振部が形成されている。

[0040] 圧電薄膜12は、厚み方向に配向している。従って、第2の電極14a～14eと、第1の電極13との間に交番電界を印加することにより、励振部が励振される。また、Si層11は、上記のように縮退半導体であるSiからなる。そのため、振動部2aは、いわゆるMEMS構造を有する振動体である。振動部2aは、幅広がりモードで振動する。

[0041] 他の振動部2b～2eについても、振動部2aと同様に構成されている。振動部2a～2eにおいて、Si層11、圧電薄膜12及び第1の電極13は、共有されている。

[0042] また、図1(b)に示すように、振動部2a～2eにおいては、隣り合う振動部とは逆位相となるように交番電界が印加される。そのため、振動部2a～2eにおいては、隣り合う振動部同士が、逆位相で幅広がりモードにより振動する。ここで、矩形板状の振動部2a～2eの幅方向は、矩形板状の振動板2の長さ方向と一致している。従って、振動板2は、輪郭振動のうち

幅拡がり振動の高調波で強く励振されることとなる。

[0043] なお、本実施形態においては、第2の電極14a～14eにのみ電位が与えられており、振動部2a～2eで共有されている第1の電極13は、浮き電極とされている。図3に示す第1の実施形態に係る振動装置の第2の変形例のように、振動部2a～2eのそれぞれに第1の電極13a～13eが設けられていてもよい。この場合、図3に示すように、第2の電極14a～14eと、第1の電極13a～13eとのいずれにも、隣り合う電極同士に逆位相で電位が与えられる。

[0044] 図1(a)に戻り、振動部2bの幅方向中央には、支持部4aが連結されている。振動部2bの幅方向の中央付近に振動のノードが位置するため、該ノードに支持部4aが連結されている。同様に、振動部2dの幅方向の中央に位置する振動のノードに支持部4bが連結されている。

[0045] すなわち、振動板2の振動は、支持部4a, 4bに伝達され難い。加えて、本実施形態では、屈曲振動部5の作用により屈曲振動部5までの部分に振動を確実に閉じ込めることができる。それによって、振動特性を高めることができる。これを、以下において詳述する。

[0046] 本実施形態では、支持部4a, 4bが延びる方向と、屈曲振動部5が延びる方向とは直交している。また、屈曲振動部5は、内側縁において貫通溝6に臨んでおり、外側縁がスリット3aに臨んでいる。従って、支持部4a, 4bを経由して振動板2から振動が伝達されると、屈曲振動部5は、基部3の面方向と直交する方向に屈曲振動する。この場合、屈曲振動部5の両端は固定端である。すなわち、屈曲振動部5の破線Aで示す端部は基部3に連ねられているため、端部は固定端となる。

[0047] 本実施形態では、伝搬してきた振動は屈曲振動部5の振動に変換され、屈曲振動部5と基部3との界面が屈曲振動の固定端となる。そのため、屈曲振動がこの界面で反射され、基部3側への振動の伝達を効果的に抑制することができる。

[0048] 特に、破線Aで示す固定端の外側の基部部分の面積が大きいため、基部3

の音響インピーダンスを高めることができる。従って、破線Aで示す部分における音響反射効果を高めることができる。それによって、振動の屈曲振動部5までの部分への閉じ込め性を高めることができる。

[0049] 上記のように、屈曲振動部5の両端、すなわち固定端が基部3の残りの部分に連ねられている。そのため、固定端の外側の基部部分の面積が大きくなっている。この場合、固定端の外側の基部部分の面積が大きいほど好ましい。より具体的には、固定端の外側の基部3の残りの部分の面積は、屈曲振動部5の面積より大きいことが望ましい。

[0050] 図4は、支持部と屈曲振動部との寸法関係を説明するための部分切欠平面図である。図4では屈曲振動部5の両端を固定端として略図的に示す。

[0051] 本実施形態では、上記屈曲振動部5の支持部4aの第2の端部に連結されている部分と、屈曲振動部5の固定端との間の距離である長さ L_s は、振動板2における固有振動の周波数に対応する屈曲振動の波長を λ としたとき、 $\lambda/4$ とされている。よって、それによっても、振動の閉じ込め性をより一層高めることができる。

[0052] 前述したように、本実施形態では、破線Aで示す固定端の外側の基部部分の面積が大きいため、音響反射効果を高めることができ、閉じ込め性を高めることができる。また、上記距離 L_s が $\lambda/4$ とされているため、閉じ込め性をより一層効果的に高める。これらを、図7を参照してより具体的に説明する。

[0053] 上記振動装置1として、以下の仕様で振動装置1を作製した。

[0054] 振動板2の平面形状：長さ＝500 μm 、幅＝145 μm

支持部4a, 4bの第1の端部と第2の端部とを結ぶ方向の長さ $L = 5\mu\text{m}$ 、支持部4a, 4bの幅方向寸法＝5 μm

屈曲振動部5の幅方向寸法＝5 μm 、長さ方向寸法＝25 μm

Si層11の厚み＝10 μm

Si層におけるn型ドーピング剤であるPのドーピング量＝ 1×10^{20} 個/ cm^3

酸化ケイ素層の厚み = $0.3 \mu\text{m}$

圧電薄膜 12 : 窒化アルミニウム膜、厚み = $0.8 \mu\text{m}$

第 1, 第 2 の電極 13, 14 a ~ 14 e : Mo からなり、厚み = $0.1 \mu\text{m}$

[0055] 上記振動装置 1 において、前述した距離 L_s を種々変化させた。図 7 は、距離 L_s と振動の Q との関係を示す図である。図 7 においては、比較として、屈曲振動部 5 を有しない従来例の Q の値が併せて示されている。

[0056] 図 7 から明らかなように、距離 L_s を変化させた場合、 Q が変化することがわかる。特に、図 7 から明らかなように、本実施形態によれば、広い範囲で、従来例と比較して、 Q が効果的に高められていることがわかる。このことは、屈曲振動部 5 の固定端側に連ねられている部分の面積が大きくなっているためと考えられる。すなわち、音響反射効果が高められ、閉じ込め性が改善しているためと考えられる。なお、図示していないが、本実施形態においては、距離 L_s に関わらず、従来例と同等の臨界結合係数 k を有することが確認されている。

[0057] また、図 7 から明らかなように、距離 L_s が変化すると、振動特性が変化する。特に、図 7 から、距離 L_s が $\lambda/4$ である 0.25 の場合、 Q が非常に高くなることがわかる。他方、距離 L_s が 0.5λ すなわち $\lambda/2$ 付近では、 Q が著しく低下する。

[0058] よって、本実施形態では、距離 L_s が $\lambda/4$ とされているため、より一層良好な振動特性を得ることができる。

[0059] 上述したように、本実施形態の振動装置 1 では、矩形板の拵がり振動モードの振動のノード部分に支持部 4 a, 4 b が連結されている。また、支持部 4 a, 4 b の第 2 の端部に屈曲振動部 5 が設けられている。さらに、屈曲振動部 5 の両端が固定端となるように屈曲振動部 5 における上記距離 L_s が上記特定の範囲とされている。そのため、振動を屈曲振動部 5 までの部分に確実に閉じ込めることができ、良好な振動特性を得ることができる。

[0060] また、輪郭振動の基本波では、1 つの振動部に対して 1 対の支持部で保持

されるのに対し、本実施形態では、5つの振動部2 a～2 eに対して、2対の支持部4 a, 4 a, 4 b, 4 bで保持される。すなわち、輪郭振動の5倍波で振動し、2対の支持部4 a, 4 a, 4 b, 4 bで保持される。そのため、本実施形態に係る振動装置1では、面内振動方向の保持ロスが相対的に低減される。

[0061] さらに、本実施形態においては、2対の支持部4 a, 4 a, 4 b, 4 bで保持されるため面外方向への変位の自由度も小さくなり、面外屈曲による保持ロスも低減される。また、複数の支持部で保持されるため、耐衝撃性も高めることができる。従って、より一層振動特性を高めることができる。

[0062] 第1の実施形態では、5つの振動部2 a～2 eに対して、2対の支持部4 a, 4 a, 4 b, 4 bで保持されていたが、図5に示す第2の実施形態の振動装置21のように、5つの振動部2 a～2 eに対して、1対の支持部4, 4で保持されていてもよい。第2の実施形態では、振動部2 cの幅方向の中央に位置する振動のノードに、1対の支持部4, 4が連結されている。すなわち、5つの振動部2 a～2 eに対して、1対の支持部4, 4で保持されている。その他の点は、第1の実施形態と同様である。

[0063] また、第1の実施形態及び第2の実施形態では、5つの振動部2 a～2 eを有する振動板2を用いたが、図6に示す第3の実施形態に係る振動装置31のように、4つの振動部2 a～2 dを有する振動板2を用いてもよい。第3の実施形態においては、4つの振動部2 a～2 dに対して、2対の支持部4 a, 4 a, 4 b, 4 bで保持されている。すなわち、輪郭振動の4倍波で振動し、2対の支持部4 a, 4 a, 4 b, 4 bで保持されている。

[0064] 第2の実施形態及び第3の実施形態においても、矩形板の拵がり振動モードの振動のノード部分に支持部4又は支持部4 a, 4 bが連結されている。また、支持部4又は支持部4 a, 4 bの第2の端部に屈曲振動部5が設けられている。さらに、屈曲振動部5の両端が固定端となるように屈曲振動部5における上記距離L sが上記特定の範囲とされている。そのため、振動を屈曲振動部5までの部分に確実に閉じ込めることができ、良好な振動特性を得

ることができる。

[0065] また、本発明においては、図8に示す第4の実施形態に係る振動装置41のように、支持部4a、4bには、支持部4a、4bに直交する方向に突出している動吸振部4a1、4b1が設けられていてもよい。また、図9に示す第5の実施形態に係る振動装置51のように、支持部4a、4bには、振動緩衝部4a2、4b2が設けられていてもよい。

[0066] 第4、第5の実施形態に係る振動装置41、51においては、支持部4a、4bが動吸振部4a1、4b1または振動緩衝部4a2、4b2を有しているため、屈曲振動部5への振動の伝搬を抑えることができ、振動板2から伝搬してきた輪郭振動の高調波の振動を、より一層確実に閉じ込めることができる。

符号の説明

[0067] 1、21、31、41、51…振動装置
2…振動板
2a～2e…振動部
3…基部
3a…スリット
4、4a、4b…支持部
4a1、4b1…動吸振部
4a2、4b2…振動緩衝部
5…屈曲振動部
6、6A…貫通溝
11…Si層
12…圧電薄膜
13、13a～13e…第1の電極
14a～14e…第2の電極

請求の範囲

- [請求項1] 複数の振動部が設けられており、かつ輪郭振動の高調波で振動する振動板と、
- 第1の端部と前記第1の端部とは反対側の第2の端部とを有し、前記第1の端部が前記複数の振動部のうち少なくとも1つの振動部の振動のノードとなる部分に連結されており、前記振動板を支持している支持部と、
- 前記支持部の前記第2の端部につながられており、前記振動板を囲むように設けられた枠状の基部とを備え、
- 両端が固定端とされている屈曲振動部が設けられるように、前記基部に、前記支持部が延びる方向と交叉する方向に延びるスリットが形成されており、
- 前記屈曲振動部の両端が前記基部の残りの部分に連ねられており、該連ねられている部分が前記屈曲振動部の固定端とされており、前記屈曲振動部の前記支持部の前記第2の端部に連結されている部分と、該屈曲振動部の前記固定端までの長さが、前記振動板における固有振動の周波数に対応する該屈曲振動の波長を λ としたとき、 $\lambda/4$ とされている、振動装置。
- [請求項2] 全体が板状体であり、前記振動板、前記支持部及び前記基部を構成するように、前記支持部が設けられている部分を除いて前記振動板を囲む、複数の貫通溝が前記板状体に形成されている、請求項1に記載の振動装置。
- [請求項3] 前記複数の振動部が、それぞれ、縮退半導体からなるS i 層と、前記S i 層上に積層されている励振部とを有し、該励振部が、圧電薄膜と、前記圧電薄膜に電圧を印加するための第1、第2の電極とを有する、請求項1または2に記載の振動装置。
- [請求項4] 前記振動板の外周縁と、前記基部との間の距離が、前記振動板の外周縁と前記屈曲振動部との間の距離と同等である、請求項1～3のい

ずれか 1 項に記載の振動装置。

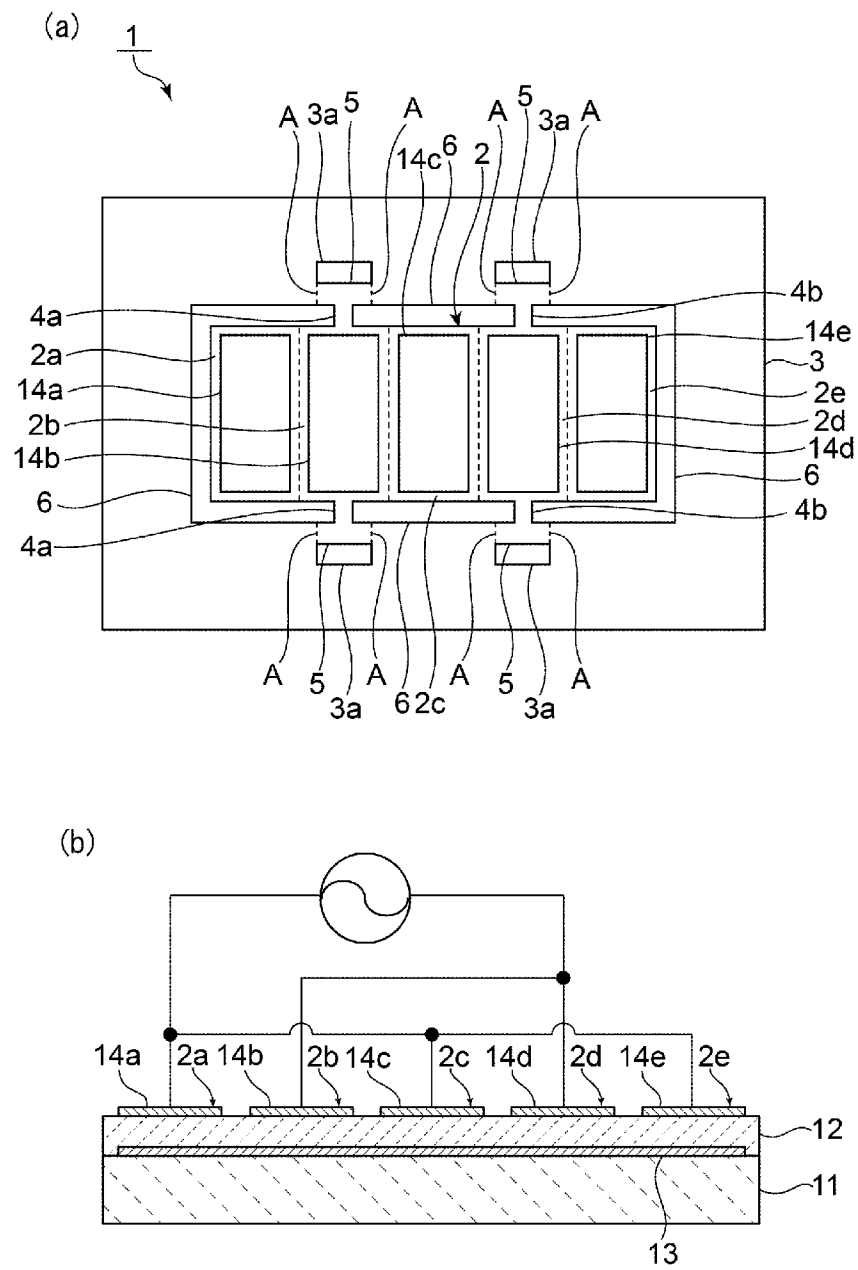
[請求項5] 前記振動板の外周縁と、前記基部との間の距離が、前記振動板の外周縁と前記屈曲振動部との間の距離よりも小さい、請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項に記載の振動装置。

[請求項6] 前記支持部として、1 対の支持部を有する、請求項 1 ～ 5 のいずれか 1 項に記載の振動装置。

[請求項7] 前記支持部として、複数対の支持部を有する、請求項 1 ～ 5 のいずれか 1 項に記載の振動装置。

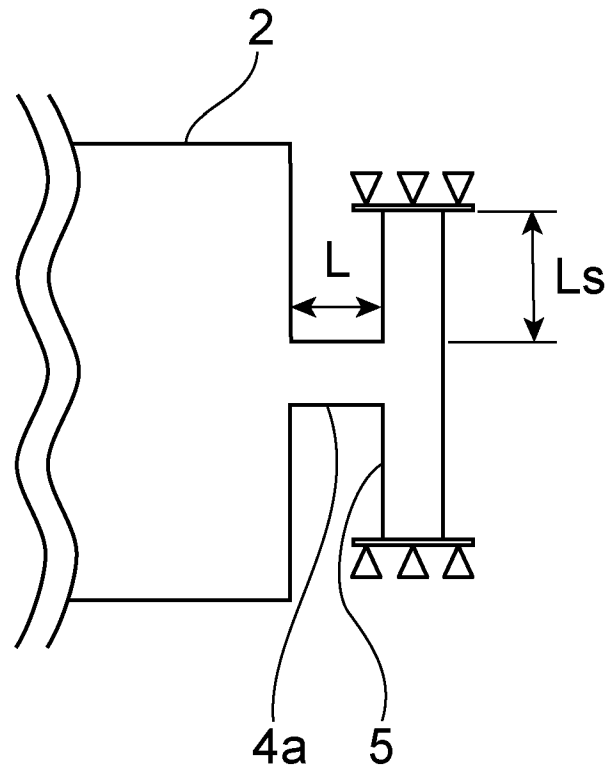
[図1]

図1



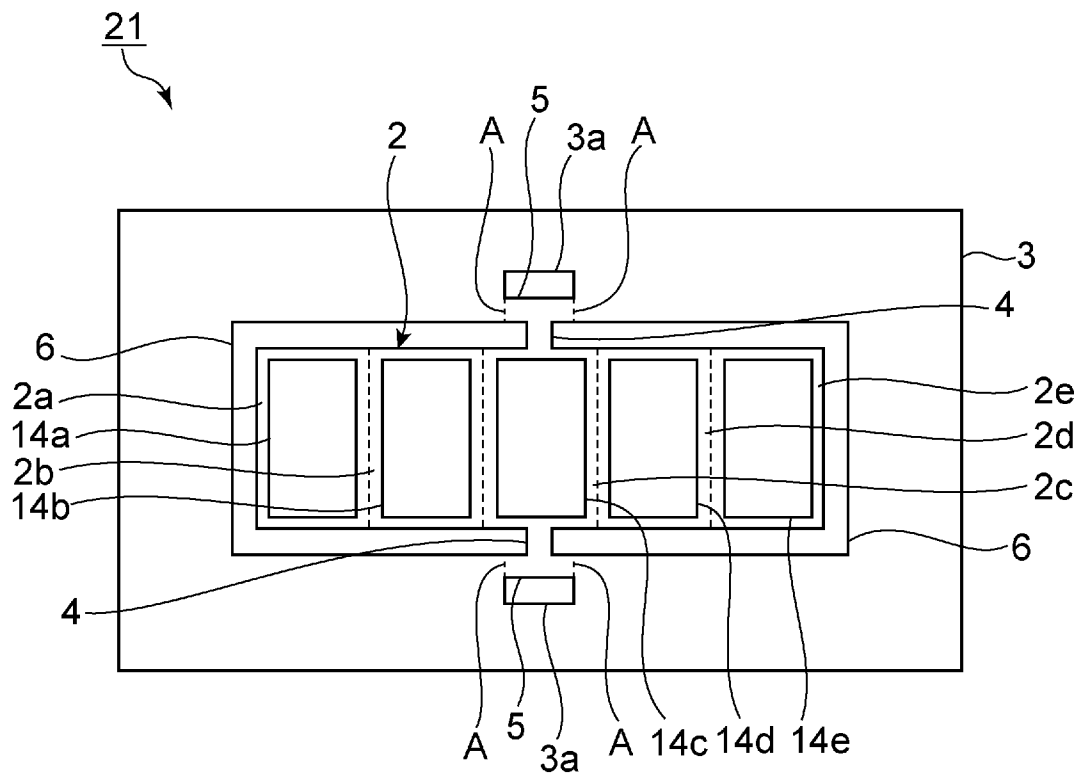
[図4]

図4



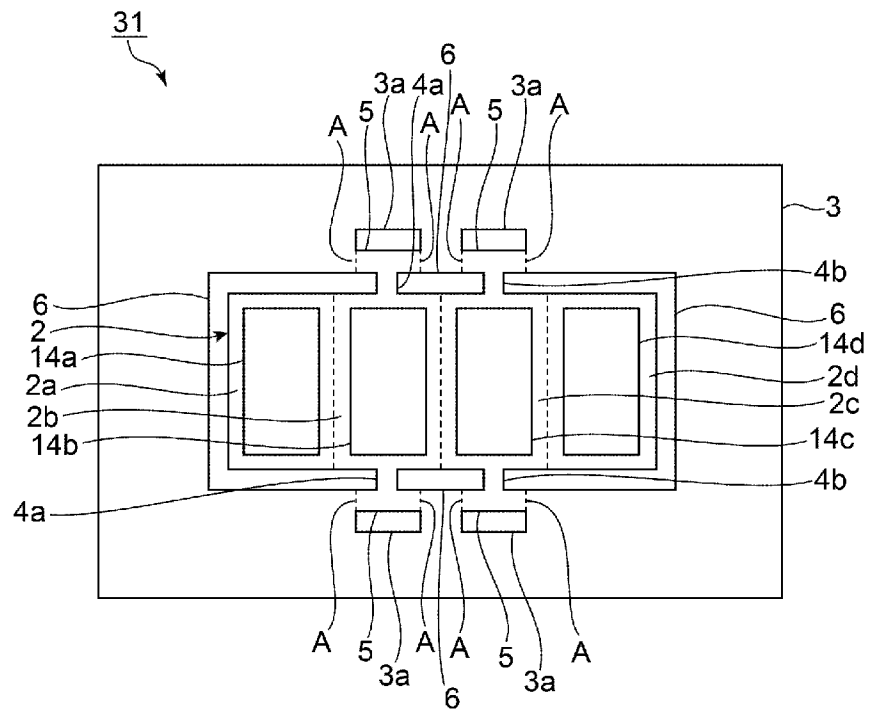
[図5]

図5



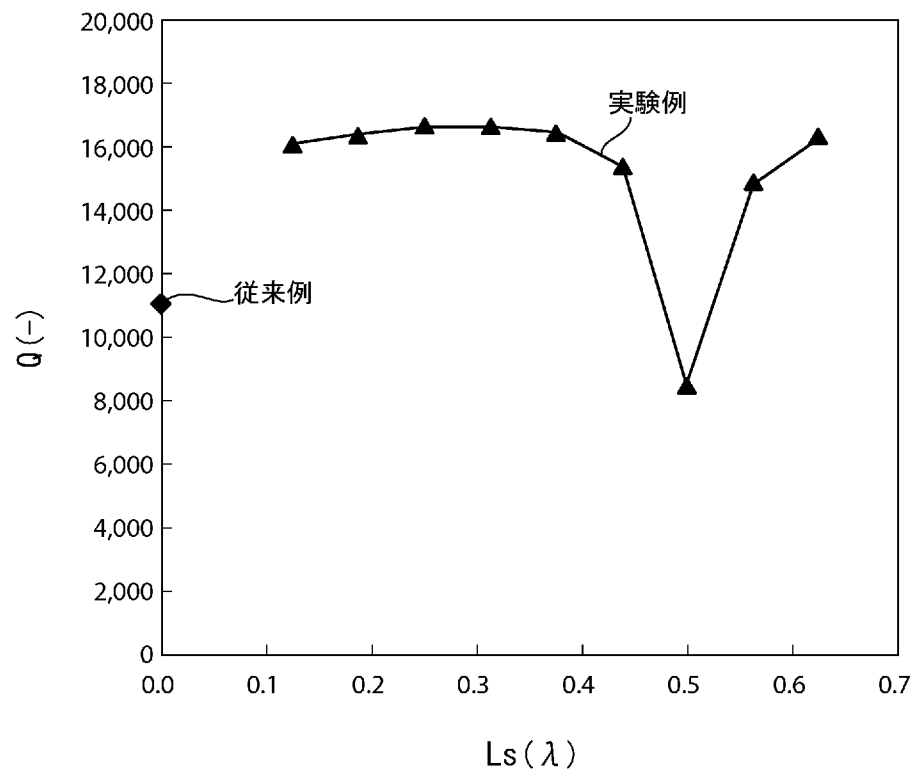
[図6]

図6



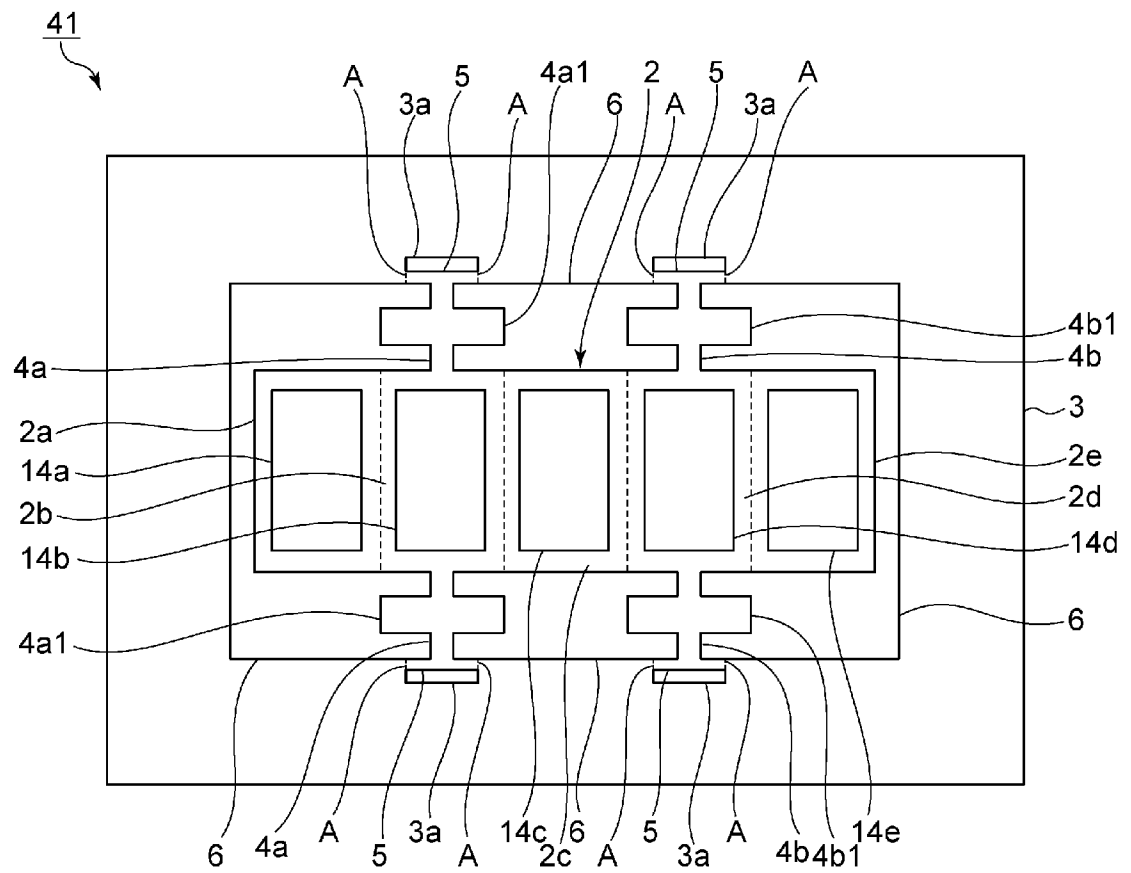
[図7]

図7



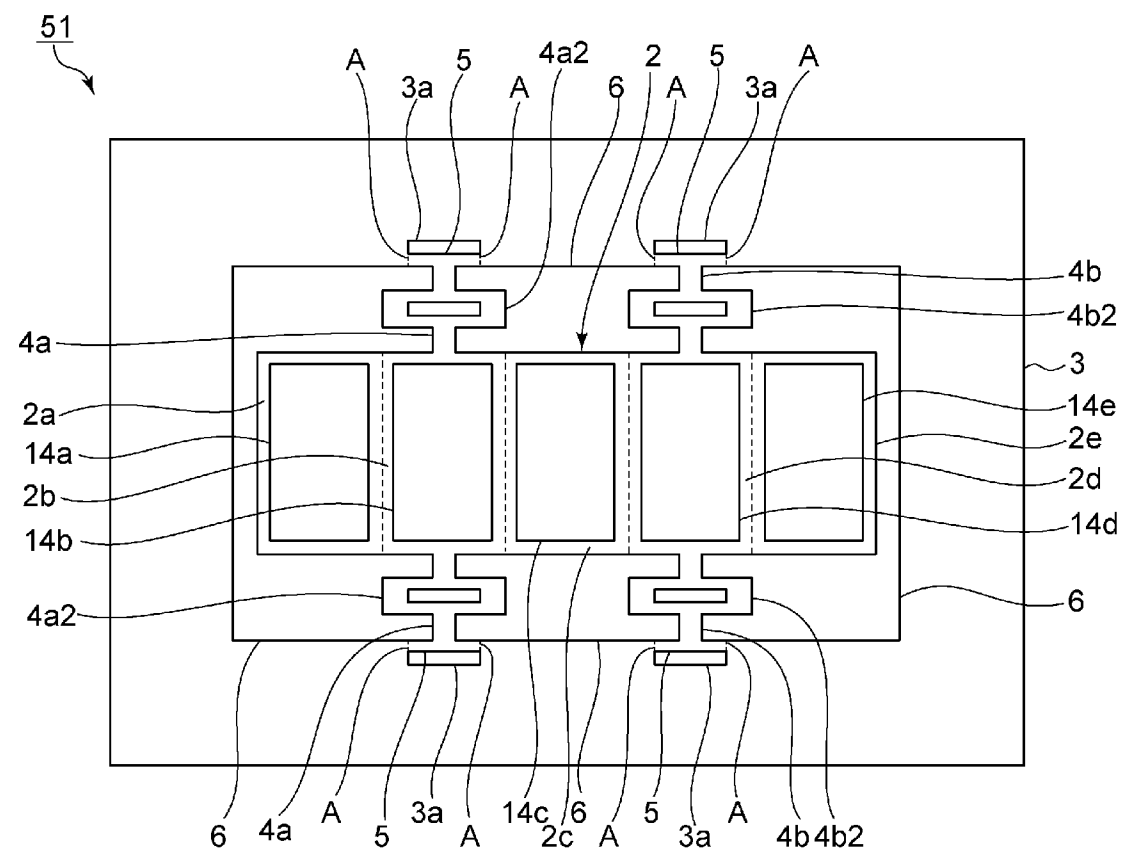
[図8]

図8



[図9]

図9



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/067974

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	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

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

IEEE Xplore

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2010/110918 A1 (SAND9, INC.), 30 September 2010 (30.09.2010), paragraphs [0023], [0030] to [0032], [0035], [0040] to [0042], [0049], [0050]; fig. 1, 2, 5 & US 2010/0314969 A1	1-4, 6, 7
Y	US 2012/0092082 A1 (COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENE ALT), 19 April 2012 (19.04.2012), paragraphs [0066] to [0075], [0085] to [0090]; fig. 1, 2 & WO 2010/142643 A1 & FR 2946479 A1	1-3, 5, 7

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

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

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

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

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

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

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

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

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

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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
18 August 2015 (18.08.15)

Date of mailing of the international search report
25 August 2015 (25.08.15)

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/JP2015/067974

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2010/0156566 A1 (ABDOLVAND REZA, HARRINGTON BRANDON), 24 June 2010 (24.06.2010), paragraphs [0019], [0032] to [0041]; fig. 3, 4 (Family: none)	1-7
Y	H.Fatemi, High-Frequency Thin-Film AlN-on-Diamond Lateral Extensional Resonators, Journal of Microelectromechanical Systems, 2013.06, Vol.22, No.3, pp.678-686	1-7
Y	JP 2001-168675 A (Mitsubishi Electric Corp.), 22 June 2001 (22.06.2001), paragraphs [0003] to [0005]; fig. 5 (Family: none)	3
Y	JP 2010-147875 A (Panasonic Electric Works Co., Ltd.), 01 July 2010 (01.07.2010), paragraphs [0002], [0003]; fig. 6 (Family: none)	3
Y	JP 10-117120 A (Toyo Communication Equipment Co., Ltd.), 06 May 1998 (06.05.1998), paragraph [0005]; fig. 3 (Family: none)	4
E,X	WO 2015/002261 A1 (Murata Mfg. Co., Ltd.), 01 August 2015 (01.08.2015), entire text; all drawings (Family: none)	1-7
A	US 7990232 B1 (RF MICRO DEVICES, INC.), 02 August 2011 (02.08.2011), column 7, line 10 to column 8, line 28; fig. 7 to 10 & US 7586239 B1 & US 7750759 B1	1-7

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	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 5 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 5 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 5 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）

IEEE Xplore

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	WO 2010/110918 A1 (SAND9, INC.) 2010.09.30, [0023], [0030]-[0032], [0035], [0040]-[0042], [0049], [0050], Fig. 1, 2, 5 & US 2010/0314969 A1	1-4, 6, 7
Y	US 2012/0092082 A1 (COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENE ALT) 2012.04.19, 段落[0066]-[0075], [0085]-[0090], FIG. 1, 2 & WO 2010/142643 A1 & FR 2946479 A1	1-3, 5, 7
Y	US 2010/0156566 A1 (ABDOLVAND REZA, HARRINGTON BRANDON)	1-7

☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的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 8 . 0 8 . 2 0 1 5

国際調査報告の発送日

2 5 . 0 8 . 2 0 1 5

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）

鬼塚 由佳

5 W

5 2 8 8

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 5 7 6

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
	2010.06.24, 段落[0019], [0032]-[0041], FIG. 3, 4 (ファミリーなし)	
Y	H.Fatemi, High-Frequency Thin-Film AlN-on-Diamond Lateral Extensional Resonators, Journal of Microelectromechanical Systems, 2013.06, Vol.22, No.3, pp.678 - 686	1-7
Y	JP 2001-168675 A (三菱電機株式会社) 2001.06.22, 段落[0003]-[0005], 図5 (ファミリーなし)	3
Y	JP 2010-147875 A (パナソニック電工株式会社) 2010.07.01, 段落[0002], [0003], 図6 (ファミリーなし)	3
Y	JP 10-117120 A (東洋通信機株式会社) 1998.05.06, 段落[0005], 図3 (ファミリーなし)	4
E, X	WO 2015/002261 A1 (株式会社村田製作所) 2015.08.01, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-7
A	US 7990232 B1 (RF MICRO DEVICES, INC.) 2011.08.02, 第7欄第10行-第8欄第28行, FIG.7-10 & US 7586239 B1 & US 7750759 B1	1-7