

(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
2015 年 6 月 4 日(04.06.2015)



(10) 国際公開番号
WO 2015/079736 A1

- (51) 国際特許分類:
H02N 2/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/069016
- (22) 国際出願日: 2014 年 7 月 17 日(17.07.2014)
- (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 2013-244599 2013 年 11 月 27 日(27.11.2013) JP
特願 2014-007586 2014 年 1 月 20 日(20.01.2014) 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 1 〇 番 1 号 Kyoto (JP).
- (72) 発明者: 後藤 征士郎 (GOTO, Seishiro); 〒6178555 京都府長岡京市東神足 1 丁目 1 〇 番 1 号 株式会社村田製作所内 Kyoto (JP). 大塚 愛美 (OTSUKA, Megumi); 〒6178555 京都府長岡京市東神足 1 丁目 1 〇 番 1 号 株式会社村田製作所内 Kyoto (JP). 野村 淳一 (NOMURA, Junichi); 〒6178555 京都府長岡京市東神足 1 丁目 1 〇 番 1 号 株式会社村田製作所内 Kyoto (JP). 林 宏一

(HAYASHI, Koichi); 〒6178555 京都府長岡京市東神足 1 丁目 1 〇 番 1 号 株式会社村田製作所内 Kyoto (JP).

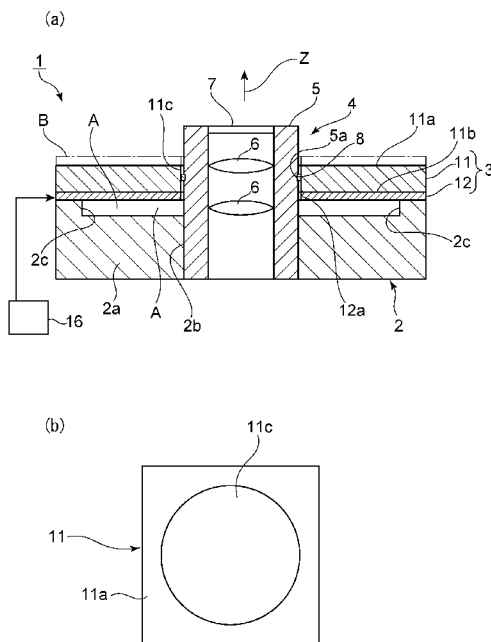
- (74) 代理人: 特許業務法人 宮▲崎▼・目次特許事務所 (MIYAZAKI & MITSUGI); 〒5400028 大阪府大阪市中央区常盤町 1 丁目 3 番 8 号 中央大通 F N ビル Osaka (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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, 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, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ

[続葉有]

(54) Title: DRIVE DEVICE

(54) 発明の名称: 駆動装置

図1



(57) Abstract: This drive device (1) is provided with a plate-shape drive unit (3) which comprises a plate-shape elastic body (11) and a piezoelectric element (12) joined to at least one primary surface of said plate-shape elastic body (11); and a moving body (4) which is inserted into an opening (11c) in the elastic body (11) and which is fed at a certain pitch by driving the drive unit (3). By driving the piezoelectric element (12), the drive unit (3) is configured to vibrate with flexural vibration, and either at least one other type of vibration mode other than flexural vibration or a combined mode vibration of flexural vibration and another vibration mode, and this vibration includes vibration forms that allow a moveable state, in which the inner wall of the opening (11c) in the elastic body (11) is frictionally engaged with the moving body (4) so as to allow movement of the moving body (4), and a release state in which the inner wall of the opening (11c) in the elastic body (11) is spaced away from the moving body (4) or contacts the moving body (4) with a frictional engagement force lower than that in the moveable state.

(57) 要約: 駆動装置 (1) は、板状の弾性体 (11) と、板状の弾性体 (11) の少なくとも一方主面に接合された圧電素子 (12) とを有する板状の駆動ユニット (3) と、弾性体 (11) の開口部 (11c) に挿入されており、駆動ユニット (3) を駆動することによりピッチ送りで移動される移動体 (4) とを備える。圧電素子 (12) を駆動することにより、駆動ユニット (3) が、屈曲振動と、屈曲振動とは異なる少なくとも 1 種の他の振動モードまたは屈曲振動と他の振動モードとの結合モードの振動で振動するように構成されており、前記振動が、移動体 (4) を移動させ得るように移動体 (4) に弾性体 (11) の開口部 (11c) の内壁が摩擦係合している移動可能状態と、弾性体 (11) の開口部 (11c) の内壁が移動体 (4) に対して隔てられておりあるいは移動可能状態よりも低い摩擦係合力で移動体 (4) に接触しているリリース状態とを実現する各振動姿態を有する。



(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))

明 細 書

発明の名称 : 駆動装置

技術分野

[0001] 本発明は、圧電素子を駆動して移動体を移動させる駆動装置に関し、より詳細には、複数の振動モードを利用した駆動装置に関する。

背景技術

[0002] 従来、レンズなどを移動させる駆動装置として、圧電素子を用いた駆動装置が種々提案されている。下記の特許文献1では、圧電体の伸縮動作に基づいて軸方向に変位する駆動部材が用いられている。この駆動部材に、被駆動部材が摩擦力で係合されて移動可能とされている。特許文献1では、圧電体に分極方向と同方向で電圧を印加して駆動する動作と、逆方向に電圧を印加して駆動する動作とを繰り返すことにより、被駆動部材を軸方向にピッチ送りしている。

[0003] 他方、下記の特許文献2には、屈曲振動と他の振動を利用した超音波モータが開示されている。ここでは、筒状のスライダーが、円板状の基体の貫通孔に挿入され、該スライダーがその軸方向に移動するように構成されている。円板状の基体の両面に圧電素子が設けられており、円板の屈曲振動と径方向振動との複合共振を基体に発生させている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特許第4492756号

特許文献2：特開平1-298968号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 特許文献1に記載の駆動装置では、駆動部材の軸の伸縮に、移動体が十分に追従できなかった。そのため、移動体を確実にピッチ送りすることができなかった。また、前方への移動期間で後退することがあった。よって、移動

体の移動速度を高めることが困難であり、かつ移動速度が不安定であった。

[0006] 他方、特許文献2では、屈曲振動と径方向振動の複合共振を利用している。この場合、屈曲振動と径方向の伸縮振動とを同一周期で発生させることは容易ではない。そのため、移動体をピッチ送りすることは困難であり、移動体の移動速度の安定化も困難であった。

[0007] 本発明の目的は、移動体を安定に移動させることができ、後退が生じ難く、かつ移動速度の安定化を図ることができる、駆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

[0008] 本発明に係る駆動装置は、対向し合う第1、第2の主面を有しかつ中央に第1の主面から第2の主面に向かって貫通している開口部を有する板状の弾性体と、該板状の弾性体の少なくとも一方の主面に接合された圧電素子とを有する板状の駆動ユニットと、前記板状の弾性体の開口部に挿入されており、前記駆動ユニットを駆動することにより前記板状の弾性体の第1の主面と第2の主面とを結ぶ方向に移動される移動体とを備え、前記圧電素子を駆動することにより前記板状の駆動ユニットが、屈曲振動と、前記屈曲振動とは異なる少なくとも一種の他の振動で、または屈曲振動と、前記屈曲振動とは異なる少なくとも一種の前記他の振動が結合してなる結合モードの振動で振動するように構成されており、前記他の振動または前記結合モードの振動が、前記移動体を移動させ得るように前記弾性体の前記開口部の内壁が移動体に摩擦係合している移動可能状態と、前記弾性体の前記開口部の内壁が前記移動体に対して隔てられておりあるいは前記移動可能状態よりも低い摩擦係合力で前記移動体に接触しているリリース状態とを実現する振動姿態を有し、前記駆動ユニットの前記屈曲振動及び前記他の振動により、または前記結合モードの振動により前記移動体を移動させる。

[0009] 本発明に係る駆動装置のある特定の局面では、前記圧電素子を駆動することにより前記板状の駆動ユニットが、前記屈曲振動と、前記屈曲振動とは異なる少なくとも一種の前記他の振動で振動するように構成されており、前記

他の振動が、前記屈曲振動によって前記移動体を移動させ得るように前記弾性体の前記開口部の内壁が移動体に摩擦係合している前記移動可能状態と、前記弾性体の前記開口部の内壁が前記移動体に対して隔てられておりあるいは前記移動可能状態よりも低い摩擦係合力で前記移動体に接触している前記リリース状態とを実現する振動状態とを有し、前記駆動ユニットの前記屈曲振動及び前記他の振動により前記移動体をピッチ送りにより移動させる。

[0010] 本発明に係る駆動装置のさらに他の特定の局面では、前記屈曲振動と、前記他の振動とが同一周期となるように駆動される。

[0011] 本発明に係る駆動装置のさらに他の特定の局面では、前記圧電素子を駆動することにより前記板状の駆動ユニットが、前記結合モードの振動で振動するように構成されており、前記結合モードの振動が、前記移動体を移動させ得るように前記弾性体の前記開口部の内壁が移動体に摩擦係合している移動可能状態と、前記弾性体の前記開口部の内壁が前記移動体に対して隔てられておりあるいは前記移動可能状態よりも低い摩擦係合力で前記移動体に接触しているリリース状態とを実現する振動状態を有し、前記駆動ユニットの前記結合モードの振動により前記移動体を移動させる。

[0012] 本発明に係る駆動装置のさらに他の特定の局面では、前記屈曲振動と、前記他の振動とが結合して前記結合モードが励振されるように、前記弾性体の寸法が調整されている。

[0013] 本発明に係る駆動装置の別の特定の局面では、前記移動体の平面形状が非円形の異方性を有する形状である。

[0014] 本発明に係る駆動装置のさらに他の特定の局面では、前記開口部の平面形状が非円形の異方性を有する形状である。

[0015] 本発明に係る駆動装置のさらに別の特定の局面では、前記移動体が、前記移動方向に延びかつ前記弾性体の開口部に摩擦係合し得る側面を有し、前記側面において、前記弾性体の前記開口部に対する摩擦係合力を高める圧接部材が設けられている。

[0016] 本発明に係る駆動装置のさらに他の特定の局面では、前記圧接部材が、前

記側面におい前記移動体の周方向に延び、常時よりも縮径した状態で取り付けられているリング状部材であり、前記移動体の側面に取り付けられた状態で該側面から外側に向かう弾発力を発現している。

[0017] 本発明に係る駆動装置のさらに他の特定の局面では、前記リング状部材が、リングの一部が切り欠かれた形状を有する。

[0018] 本発明に係る駆動装置のさらに別の特定の局面では、前記移動体の側面に溝が形成されており、前記圧接部材の一部が前記溝に嵌まり合っている。

[0019] 本発明の駆動装置のさらに他の特定の局面では、前記圧接部材が、第1の端部と、第1の端部とは反対側の第2の端部とを結ぶ方向が長さ方向である複数のバネ部材であり、各バネ部材は、第1の端部と第2の端部との間の部分が前記長さ方向と直交する方向に変位し得るように構成されており、前記移動体の前記側面に前記バネ部材の前記第1、第2の端部が固定されており、第1の端部と第2の端部との間のバネ部材部分が移動体の側面から遠ざかる方向に付勢するように撓まされており、撓んでいる部分の頂点が前記弾性体の前記開口部に圧接されている。

[0020] 本発明に係る駆動装置のさらに他の特定の局面では、前記板状の弾性体と前記圧電素子の平面形状が異なっている。

[0021] 本発明に係る駆動装置のさらに他の特定の局面では、前記圧電素子が中央に開口部を有し、圧電素子の開口部が前記弾性体の開口部よりも大きく、前記圧電素子が前記弾性体の開口部の周縁に至っていない。

[0022] 本発明に係る駆動装置のさらに別の特定の局面では、前記圧電素子が複数設けられている。

[0023] 本発明に係る駆動装置のさらに他の特定の局面では、前記他の振動が複数種の振動である。

[0024] 本発明に係る駆動装置のさらに他の特定の局面では、前記圧電素子が前記弾性体の第1及び第2の主面のうち一方の主面に設けられている。

[0025] 本発明に係る駆動装置のさらに他の特定の局面では、前記圧電素子に電氣的に接続されており、前記屈曲振動及び他の振動が同一周期で発現するよう

に前記圧電素子に駆動パルスを与える駆動パルス源をさらに備えられている。
。

[0026] 本発明の駆動装置の別の広い局面によれば、対向し合う第1、第2の主面を有しかつ中央に第1の主面から第2の主面に向かって貫通している開口部を有する板状の弾性体と、該板状の弾性体の少なくとも一方の主面に接合された圧電素子とを有する板状の駆動ユニットと、前記板状の弾性体の開口部に挿入されており、前記駆動ユニットを駆動することにより前記板状の弾性体の第1の主面と第2の主面とを結ぶ方向に移動される移動体とを備え、前記圧電素子を駆動することにより前記板状の駆動ユニットが、屈曲振動と、前記屈曲振動とは異なる少なくとも一種の他の振動によりまたは屈曲振動と、前記屈曲振動とは異なる少なくとも一種の前記他の振動が結合してなる結合モードの振動で振動するように構成されており、前記他の振動または前記結合モードの振動が、前記移動体を移動させ得るように前記弾性体の前記開口部の内壁が移動体に摩擦係合している移動可能状態と、前記弾性体の前記開口部の内壁が前記移動体に対して隔てられておりあるいは前記移動可能状態よりも低い摩擦係合力で前記移動体に接触しているリリース状態とを実現する振動姿態を有し、前記圧電素子に電氣的に接続されており、前記屈曲振動及び他の振動または前記結合モードの振動が生じるように、前記圧電素子に駆動パルスを与える駆動パルス源をさらに備え、前記駆動ユニットの前記屈曲振動及び前記他の振動により、または前記結合モードの振動により前記移動体を移動させる、駆動装置が提供される。

[0027] 本発明に係る駆動装置のさらに他の特定の局面では、前記板状の駆動ユニットが、前記屈曲振動と、前記屈曲振動とは異なる少なくとも一種の前記他の振動で振動するように構成されており、前記駆動パルス源が、前記屈曲振動及び前記他の振動が同一周期で発現するように前記圧電素子に前記駆動パルスを与え、それによって前記移動体を前記駆動ユニットの前記屈曲振動及び前記他の振動によりピッチ送りさせる。

[0028] 本発明に係る駆動装置のさらに別の特定の局面では、前記駆動ユニットが

、前記結合モードの振動により振動するように構成されており、前記駆動パルス源が、前記結合モードの振動が生じるように前記圧電素子に駆動パルスを与える。

[0029] 本発明に係る駆動装置のさらに他の特定の局面では、前記駆動ユニットの前記移動体の平面形状が非円形の異方性を有する形状である。

[0030] 本発明に係る駆動装置のさらに別の特定の局面では、前記駆動ユニットの前記弾性体の開口部の平面形状が非円形の異方性を有する形状である。

発明の効果

[0031] 本発明に係る駆動装置では、上記板状の駆動ユニットにおいて励振される屈曲振動及び他の振動により、または上記結合モードの振動により、移動体を、後退を招くことなく、安定にかつ確実に移動させることができ、移動速度の安定化も図ることが可能となる。

図面の簡単な説明

[0032] [図1]図1（a）及び図1（b）は、本発明の第1の実施形態に係る駆動装置の正面断面図及び駆動ユニットの平面図である。

[図2]図2は、本発明の第1の実施形態に係る駆動装置の外観を示す斜視図である。

[図3]図3（a）は、本発明の第1の実施形態で用いられている駆動ユニットの正面図であり、図3（b）は、圧電素子の詳細を示す断面図である。

[図4]図4は、本発明で用いられる駆動ユニットの変形例を示す正面断面図である。

[図5]図5は、本発明の第1の実施形態で用いられている支持台を示す斜視図である。

[図6]図6は、本発明の第1の実施形態で用いられている移動体を示す斜視図である。

[図7]図7は、本発明の第1の実施形態において移動体に取り付けられている圧接部材を示す斜視図である。

[図8]図8は、圧接部材の変形例を示す斜視図である。

[図9]図9は、本発明の第1の実施形態における駆動ユニットの共振特性を示す図である。

[図10]図10(a)及び図10(b)は、本発明の第1の実施形態において、初期状態及び移動体を把持した状態を示す各模式図である。

[図11]図11(a)及び図11(b)は、本発明の第1の実施形態の駆動装置において、ピッチ送りを果たした状態と、板状の弾性体を移動体から離脱させる工程をそれぞれ説明する各模式図である。

[図12]図12は、本発明の第1の実施形態の駆動装置において、駆動に際して印加される駆動パルス信号と、駆動ユニットの屈曲振動と、拡がり振動との関係を示す図である。

[図13]図13は、本発明の第1の実施形態の動作時において、印加される駆動パルス信号と、移動体の変位量との関係を示す図である。

[図14]図14は、本発明の第2の実施形態に係る駆動装置の外観を示す斜視図である。

[図15]図15は、本発明の第2の実施形態における駆動ユニットの模式的平面図である。

[図16]図16は、本発明の第3の実施形態に係る駆動装置における屈曲モードの振動姿態を示す模式的斜視図である。

[図17]図17は、本発明の第3の実施形態における駆動ユニットのうねり振動モードの振動姿態を説明するための模式的斜視図である。

[図18]図18は、本発明の第3の実施形態における駆動ユニットのインピーダンス特性を示す図である。

[図19]図19は、本発明の第4の実施形態に係る駆動装置で用いられる駆動ユニットを示す斜視図である。

[図20]図20は、本発明の第4の実施形態の駆動装置における駆動ユニットのインピーダンス特性を示す図である。

[図21]図21は、本発明の第5の実施形態に係る駆動装置の平面図である。

[図22]図22は、本発明の第5の実施形態の駆動装置の底面側からみた斜視

図である。

[図23]図23は、本発明の第5の実施形態で用いられている移動体と圧接部材とを示す斜視図である。

[図24]図24は、本発明の第5の実施形態で用いられている圧接部材の斜視図である。

[図25]図25は、比較例の動作時において、印加される駆動パルス信号と、屈曲振動の変位と、移動体の変位量との関係を示す図である。

[図26]図26は、本発明の第6の実施形態で用いられている移動体の斜視図である。

[図27]図27は、本発明の第6の実施形態で用いられている圧接部材を示す斜視図である。

[図28]図28は、本発明の第6の実施形態において、移動体に圧接部材が取り付けられている構造の正面断面図である。

[図29]図29は、本発明の第7の実施形態で用いられている移動体を示す斜視図である。

[図30]図30は、本発明の第7の実施形態において、移動体に4つの圧接部材が取り付けられている構造を示す正面断面図である。

[図31]図31は、本発明の第7の実施形態で用いられている移動体に、2つの圧接部材が取り付けられている構造を示す正面断面図である。

[図32]図32は、駆動ユニットの板状の弾性体の厚みと屈曲振動及び拵がり振動のインピーダンスとの関係を示す図である。

[図33]図33は、屈曲振動と拵がり振動の結合モードにより移動体を前進させる場合の駆動ユニットの振動姿態を示す図である。

[図34]図34は、屈曲振動と拵がり振動の結合モードにより移動体を後退させる場合の駆動ユニットの振動姿態を示す図である。

[図35]図35は、本発明の第8の実施形態における駆動ユニットの結合モードの振動のインピーダンスー周波数特性を示す図である。

[図36]図36は、本発明の第8の実施形態における結合モードの振動及び第

1の実施形態における駆動ユニットの振動における揺がり振幅と屈曲振幅との関係を示す図である。

[図37]図37は、本発明の第8の実施形態において、前進モード時の駆動パルスと、屈曲振動及び揺がり振動の変位量との関係を示す図である。

[図38]図38は、本発明の第8の実施形態において、後退モード時の駆動パルスと、屈曲振動及び揺がり振動の変位量との関係を示す図である。

[図39]図39は、本発明の第8の実施形態における駆動パルス電圧と移動体の移動量である変位量を示す図である。

[図40]図40は、本発明の第8の実施形態における駆動パルスの駆動周波数と、移動体の移動速度との関係を示す図である。

発明を実施するための形態

[0033] 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。

[0034] 図2は本発明の第1の実施形態に係る駆動装置の外観を示す斜視図であり、図1(a)は、その正面断面図である。

[0035] 本実施形態の駆動装置1は、支持台2を有する。支持台2上に、駆動ユニット3が固定されている。本実施形態では、駆動ユニット3により、移動体4が移動される。

[0036] 移動体4は、図2に斜視図で示すように、円筒状のホルダ5を有する。このホルダ5の内部には、複数のレンズ6、6が配置されている。また、ホルダ5の開口端面を封止するように透明板7が取り付けられている。

[0037] 本実施形態の駆動装置1は、レンズ6、6を有する移動体4を円筒状のホルダ5の軸方向に移動させる。このような駆動装置1は、例えばカメラのレンズを含むレンズ駆動装置として好適に用いることができる。なお、図1(a)における矢印Zが上記軸方向であり、駆動装置1では、移動体を軸方向Zにおいてピッチ送りすることが可能とされている。

[0038] 上記移動体4を構成するホルダ5の材料は特に限定されない。ホルダ5は、例えば金属、セラミックス、または合成樹脂などにより形成することがで

きる。

[0039] なお、図6に示すように、ホルダ5の側面には、溝5aが周方向に延びるように形成されている。この溝5aに嵌まり合うようにリング状の圧接部材8が取り付けられている。本実施形態では、図7に示すように、圧接部材8は、円環状のリングの一部を切り欠いた形状を有する。圧接部材8は、金属からなる。また、圧接部材8は、切欠きの部分を狭めるようにして常時より縮径された状態で、ホルダ5に取り付けられている。そのため、上記切欠きの部分が拡がる方向の力が作用し、圧接部材8は、拡径方向に弾発力を発現する。

[0040] 本実施形態では、上記圧接部材8の外周面が、後述する駆動ユニット3の弾性体11の開口部11cの内壁に摩擦係合する。

[0041] なお、図8に示すように、閉じた環状の圧接部材8を用いてもよい。このような閉じた環状の圧接部材8としては、円筒状または角筒状などの筒状の圧接部材8を挙げることができる。この場合においても、圧接部材8を、筒状のホルダ5に外挿し、固定すればよい。

[0042] 支持台2は、金属、セラミックスまたは合成樹脂からなる。支持台2は、図5に示すように、矩形板状のプレート部2aを有する。プレート部2aの中央に、貫通孔2bが設けられている。貫通孔2bは、図1(a)に示すように、移動体4を挿通させる部分である。

[0043] プレート部2aのコナー部分においては、上方に突出した支持突起2cが設けられている。複数の支持突起2cの上面に、駆動ユニット3が固定されている。従って、図1(a)に示すように、プレート部2aと駆動ユニット3との間に空間Aが設けられている。空間Aが設けられているため、駆動ユニット3の後述する振動が妨げられ難い。

[0044] 駆動ユニット3は、板状の弾性体11と、板状の弾性体11の下面に接合された圧電素子12とを有する。板状の弾性体11は、本実施形態では、ステンレスなどの金属板からなる。もっとも、金属板以外の板状の弾性材料により弾性体11が形成されていてもよい。

- [0045] なお、圧電素子 1 2 は、弾性体 1 1 の下面に接合されているが、図 1 (a) に一点鎖線 B で示すように、弾性体 1 1 の上面に圧電素子が接合されていてもよい。さらに、弾性体 1 1 の下面及び上面の双方に圧電素子 1 2 が接合されていてもよい。
- [0046] 好ましくは、圧電素子 1 2 は、弾性体 1 1 の上面及び下面のうち一方の面にのみ形成される。その場合には、コストを低減することができる。また、本実施形態では、他の振動として後述する拵がり振動を利用するが、圧電素子 1 2 が弾性体 1 1 の片面にのみ設けられている場合に拵がり振動が容易に励振される。
- [0047] なお、本実施形態では、弾性体 1 1 の下面に圧電素子 1 2 が設けられているが、移動体 4 を上方に移動させるには、弾性体 1 1 の上面にのみ圧電素子 1 2 を設けることが好ましい。もっとも、圧電素子 1 2 の外部との接触を防止するには、本実施形態のように圧電素子 1 2 は支持台 2 側に配置されることが望ましい。
- [0048] 上記板状の弾性体 1 1 は、第 1 の主面としての上面 1 1 a と、第 2 の主面としての下面 1 1 b とを有する。また、弾性体 1 1 は中央に上面 1 1 a から下面 1 1 b に貫通している開口部 1 1 c を有する。開口部 1 1 c は、移動体 4 を挿通させる部分であり、かつ開口部 1 1 c の内壁が、前述した移動体 4 に取り付けられている圧接部材 8 の外周面と摩擦係合する部分である。圧電素子 1 2 もまた、貫通孔 1 2 a を有する。
- [0049] 図 1 (a)、図 2 及び図 3 (a) では、圧電素子 1 2 の詳細は示していなかったが、図 3 (b) に示すように、実際には、圧電体 1 3 の両面に電極 1 4、1 5 が形成されている。この電極 1 4 側から弾性体 1 1 に圧電素子 1 2 が接合されている。なお、弾性体 1 1 が金属板の場合には、電極 1 4 を省略し、弾性体 1 1 を一方の電極として用いてもよい。
- [0050] なお、単層の圧電体 1 3 を用いた構成に代えて、従来より周知の積層型の圧電素子を用いてもよい。すなわち、複数の圧電体層と複数の内部電極とを有する積層型圧電素子を用いてもよい。

- [0051] 圧電素子 1 2 の平面形状は、弾性体 1 1 の平面形状と同一とされている。もっとも、圧電素子 1 2 の平面形状は弾性体 1 1 の平面形状と異なっているもよい。好ましくは、図 4 に示す変形例のように、圧電素子 1 2 A の貫通孔 1 2 a の径を、弾性体 1 1 の開口部 1 1 c の径よりも大きくすることが望ましい。この場合には、圧電素子 1 2 A の貫通孔 1 2 a の内周面が、開口部 1 1 c の開口縁よりも外側に位置する。従って、圧電素子 1 2 A と移動体 4 との接触をより一層確実に防止することができる。
- [0052] 上記圧電体 1 3 を構成する圧電セラミックスとして P Z T 系セラミックスなどの適宜の圧電セラミックスを用いることができる。電極 1 4, 1 5 は、適宜の金属もしくは合金により形成することができる。
- [0053] 本実施形態では、上記圧電素子 1 2 にパルス状の駆動電界を与えて圧電素子 1 2 を励振させる。それによって、駆動ユニット 3 において屈曲振動と他の振動とを発生させ、屈曲振動と他の振動とを利用する。
- [0054] すなわち、圧電素子 1 2 を励振すると、圧電素子 1 2 と弾性体 1 1 とを貼り合わせてなる駆動ユニット 3 が振動することとなる。この駆動ユニット 3 において、駆動ユニット 3 の主面中央が上下に変位する屈曲振動が生じる。同時に、上記開口部 1 1 c の径が大きくなったり、小さくなったりする拵がり振動も励振される。本実施形態では、屈曲振動とこの拵がり振動とが利用される。
- [0055] 本実施形態では、図 1 (a) に略図的に示す駆動パルス源 1 6 から駆動パルスを圧電素子 1 2 に与えた場合、同一周期の屈曲振動と拵がり振動とが励振される。
- [0056] 上記のように、屈曲振動と拵がり振動とを同一周期で発生させるには、両振動の共振周波数を同じにする、もしくは、駆動パルスに応じて両振動の共振周波数を特定の周波数間隔となるように調整すればよい。この周波数間隔は、弾性体 1 1 の材質や厚み、平面形状の寸法の変更により調整することができる。
- [0057] 図 9 は、本実施形態の駆動ユニット 3 の共振特性を示し、ここでは、矢印

Cで示す位置に屈曲振動の共振が、それより高い矢印Dで示す位置に拵がり振動の共振が現れている。その屈曲振動の共振周波数は0.059MHzであり、拵がり振動の共振周波数は0.169MHzである。この場合、後述する駆動パルス信号により同一周期で屈曲振動及び拵がり振動を発生させることができる。従って、屈曲振動と拵がり振動の周期が同一となるように容易に駆動ユニット3を駆動することができる。

[0058] 本実施形態の駆動装置1による移動体4のピッチ送り動作を図10及び図11を参照して説明する。

[0059] 上記のように、屈曲振動と拵がり振動とが用いられる。ここで、拵がり振動は、弾性体11の開口部11cの内壁が移動体4に摩擦係合している移動可能状態と、弾性体11の開口部11cの内壁が移動体4に対して隔てられており、あるいは移動可能状態よりも低い摩擦係合力で移動体4に接触しているリリース状態とを実現する各振動姿態を有する。

[0060] 図10(a)は、初期状態を示す。ピッチ送りに際し、まず、図10(b)に示すように、拵がり振動により、矢印で示すように開口部11cが狭まるように弾性体11が変位する。その結果、移動可能状態、すなわち弾性体11による移動体4を把持した把持状態が実現される。この状態で、駆動ユニット3が屈曲振動により同位相で変位するため、図11(a)に示すように、駆動ユニット3が変位し、移動体4が上方に移動される。

[0061] 次に、拵がり振動において、前述したリリース状態となるように弾性体11が変位し、弾性体11の開口部11cの内壁が移動体4に対して隔てられ、あるいは上記移動可能状態よりも低い摩擦係合力で移動体4に接触しているリリース状態となる。同時に、このリリース状態において、屈曲振動により図11(b)に示すように、駆動ユニット3において、弾性体11の開口部11c付近が下方に移動する。

[0062] しかる後、次の駆動パルスにより、再度把持状態となると共に、屈曲振動による変位により、図11(b)に示すように移動体4が再度上方に移動される。このようにして、移動体4が上方にピッチ送りされる。

[0063] 本実施形態では、上記屈曲振動の周期と、上記拵がり振動の周期が同一となるように駆動パルス源から駆動パルス信号が与えられる。これを、図 1 2 及び図 1 3 を参照してより具体的に説明する。図 1 2 は、上記ピッチ送りに際しての駆動パルス信号と、屈曲振動及び拵がり振動との関係を示す図である。実線が駆動パルス信号であり、破線が拵がり振動の変位量を、一点鎖線が屈曲振動の変位量を示す。駆動パルス信号の電界強度が実線で示す周期を有するように変化する。これに応じて、上記屈曲振動及び拵がり振動が励振されるが、図 1 2 から明らかなように、屈曲振動の周期と、拵がり振動の周期がほぼ一致している。

[0064] 図 1 3 は、上記駆動パルス信号を駆動ユニット 3 に与えた場合の移動体 4 の変位量すなわちピッチ送り状態を示す図である。実線が駆動パルス信号であり、破線が移動体の変位量を示す。

[0065] 図 1 3 から明らかなように、駆動パルスを駆動ユニット 3 に与えることにより、移動体 4 を確実にピッチ送りし得ることがわかる。特に、本実施形態では、移動体 4 のピッチ送りに際し、移動体 4 に対してリリース状態で弾性体 1 1 の開口部 1 1 c の内壁が後方すなわち下方に移動することとなる。従って、移動体 4 がピッチ送りに際して後退するおそれがほとんどない。従って、上方に移動体 4 を安定にピッチ送りすることができる。しかも、図 1 3 の破線から明らかなように、ピッチ送りに際しての 1 ピッチ毎の移動速度がほぼ一定であり、駆動速度の安定化も図ることができる。これは、移動体 4 を前方に移動させるための屈曲振動だけでなく、上記把持状態と、リリース状態とを実現するのに拵がり振動を利用しており、かつ上記屈曲振動と拵がり振動の周期が同一であることによる。

[0066] 比較のために、拵がり振動を用いず、屈曲振動のみを用いることを除いては、上記実施形態と同様にして構成した駆動装置を用意した。この比較例の動作を図 2 5 に示す。図 2 5 において、実線が駆動パルス信号であり、一点鎖線が屈曲振動の波形であり、破線が移動体の変位量を示す。図 2 5 の破線から明らかなように、比較例では、変位開始直後に移動体がさほど移動しな

い期間Xが存在する。従って駆動後の応答性が悪いことがわかる。加えて、矢印Yで示すように、ピッチ送りが始まった段階において、ピッチ毎に後退現象がみられる。

[0067] これに対して、図13の破線から明らかなように、本実施形態によれば、このような後退を引き起こすことなく移動体4を移動させることができる。しかも、駆動直後から速やかに移動体4をその軸方向に安定に移動させることができる。

[0068] なお、第1の実施形態では、駆動パルスのデューティーを逆転させれば、後退させることができる。

[0069] 図14は、本発明の第2の実施形態に係る駆動装置の斜視図であり、図15は第2の実施形態で用いられる駆動ユニットと移動体との関係を示す模式的平面図である。

[0070] 図14に示すように、駆動装置31は、支持台2と、支持台2上に固定されている駆動ユニット33とを有する。駆動ユニット33は、図15に示すように、平面形状が矩形枠状の形状を有している。駆動ユニット33では、矩形枠状の弾性体34の上面に、圧電素子35が接合されている。圧電素子35も矩形枠状の形状を有している。

[0071] また、矩形枠状の弾性体34の開口部34c内に移動体4が配置されている。移動体4は第1の実施形態と同様に構成されている。移動体4の外周面が、上記弾性体34の4つの内側壁の各中央に摩擦係合している。

[0072] 圧電素子35に交番電界を印加することにより、圧電素子35が励振される。そして、圧電素子35が弾性体34に張り付けられている駆動ユニット33は、第1の実施形態と同様に、屈曲振動と拡がり振動とで振動する。そして、本実施形態においても、第1の実施形態と同様に、屈曲振動により移動体4を前方に移動させることができ、拡がり振動により、移動体4を把持している把持状態と、前述したリリース状態とを実現することができる。

[0073] なお、図14及び図15では図示を省略しているが、第1の実施形態で用いた圧接部材8を本実施形態において採用してもよい。

[0074] 本実施形態では、屈曲振動の共振周波数と、拵がり振動の共振周波数のそれぞれを任意に調整することができる。これは、矩形枠状の弾性体 11 及び矩形枠状の圧電素子 35 を用いているため、この矩形枠状の形状における寸法を調整することにより、屈曲振動の共振周波数と、拵がり振動の共振周波数を容易に調整することができることによる。例えば、拵がり振動の共振周波数は、弾性体の平面形状における寸法を調整することにより容易に調整することができる。また、屈曲振動の共振周波数は、弾性体の枠状部分の寸法や厚みを調整することによって容易に調整することができる。例えば、8.5 mm×8.5 mm×厚み 1.2 mm の外形を有し、枠状部分の幅が 1.0 mm のステンレスを用いることにより、屈曲振動及び拵がり振動の共振周波数を 85 kHz 程度に容易に調整することができる。

[0075] 前述した第 1 の実施形態では、弾性体 11 の平面形状の外形が矩形であり、開口部 11c の平面形状が円形である。この場合には、開口部が等方性の形状を有するため、弾性体の材質や厚み、平面形状の寸法を調整することにより、屈曲振動と拵がり振動の共振周波数を調整することができる。これに対して、第 2 の実施形態では、弾性体 34 の平面形状の外形が矩形であり、かつ開口部 34c の平面形状が矩形である。この場合には、上記のように弾性体の材質や厚み、平面形状の寸法の変更によって、より一層容易に拵がり振動と屈曲振動の共振周波数を調整することができる。なお、弾性体の平面形状の外形が円形であり、かつ開口部の平面形状が円形である場合、弾性体の材質や厚さ、平面形状の寸法を調整しても、屈曲振動と拵がり振動の共振周波数を任意に調整することはできない。

[0076] 従って上記のように、弾性体の平面形状の外形及び開口部の平面形状は、非円形であることが好ましい。それによって、駆動パルス信号により同一周期で駆動されるように、拵がり振動の共振周波数と屈曲振動の共振周波数との周波数間隔に容易に調整することができる。

[0077] 第 2 の実施形態では、屈曲振動の共振周波数と拵がり振動の共振周波数とを、駆動パルス信号により同一周期で発生させるように、これらの共振周波

数を容易に調整することができる。従って、屈曲振動と拵がり振動とをより一層高精度に同一周期で発生させることができる。そのため、第1の実施形態に比べ、より低い駆動電圧で、移動体4をより確実にピッチ送りすることができる。さらに、ピッチ送りに際しての移動速度の安定性もより一層高めることができる。

[0078] 上記第1及び第2の実施形態では、屈曲振動と、他の振動として拵がり振動とを利用した。本発明においては、他の振動は、拵がり振動以外の振動であってもよい。

[0079] 図16～図18を参照して、第3の実施形態として、他の振動がうねり振動である駆動装置を説明する。

[0080] 第3の実施形態では、第2の実施形態と同様に、矩形棒状の駆動ユニット33を用いる。駆動ユニット33は、第2の実施形態と同様に構成されている。もっとも、本実施形態では、図16に振動姿態を示すように駆動ユニット33が屈曲モードで振動する。同時に、図17に振動姿態を示すように、駆動ユニット33はうねり振動でも振動する。本実施形態では、ある駆動パルス信号で駆動した場合に、屈曲振動及び拵がり振動が同一周期で発生するように両振動の共振周波数間隔が調整されている。よって、本実施形態においても、駆動ユニット33が設計されている。

[0081] 図18は、第3の実施形態の駆動ユニット33のインピーダンス特性を示す図である。矢印C1で示す位置に屈曲モードの応答が現れている。また、矢印D1に示す位置にうねり振動の応答が現れている。両者の共振周波数は、第2の実施形態と同様に、駆動ユニット33における弾性体の寸法や圧電素子の寸法を調整することにより容易に調整することができる。

[0082] また、第1～第3の実施形態では、他の振動モードとして拵がり振動またはうねり振動のような1つの振動を利用したが、他の振動として複数種の振動を利用してもよい。

[0083] さらに、他の振動は、幅方向振動や長さ方向の振動などであってもよい。

[0084] また、第1の実施形態では、弾性体11の片面に1つの圧電素子12が貼

り合わされていたが、図 19 に示す第 4 の実施形態のように、複数の圧電素子 42 が弾性体 41 に接合されていてもよい。本実施形態では板状の弾性体として矩形棒状の弾性体 41 が用いられている。この弾性体 41 の片面に、複数の圧電素子 42、42、42、42 が接合されている。各圧電素子 42 は、矩形棒状の一辺において、弾性体 41 の上面に接合されている。

[0085] 上記圧電素子 42 に交番電界を印加することにより圧電素子 42 を励振する。その結果、駆動ユニット 43 は、屈曲振動と、拡がり振動を生じる。

[0086] 図 20 は、駆動ユニット 43 のインピーダンス特性を示す図である。矢印 C2 で示す位置に屈曲振動の応答が現れており、矢印 D2 で示す位置に拡がり振動の応答が現れている。本実施形態においても、屈曲振動と拡がり振動とが同一周期で発生するように、両振動の共振周波数の間隔が選ばれている。従って、移動体を正確にピッチ送りすることが可能となる。このように、弾性体の片面または両面に複数の圧電素子が接合されていてもよい。

[0087] 図 21 は、本発明の第 5 の実施形態に係る駆動装置の平面図であり、図 22 はその底面側からみた斜視図である。

[0088] 駆動装置 51 は、駆動ユニット 53 を有する。本実施形態では、駆動ユニット 53 は、矩形棒状の平面形状を有する。図 21 及び図 22 では、弾性体 11 を含む駆動ユニット 53 の外形のみを略図的に図示してあることを指摘しておく。すなわち、弾性体 11 と移動体 54 と、圧接部材 58 のみを図示することとする。圧電素子等については、前述した第 1 ～ 第 4 の実施形態と同様に構成することができる。

[0089] 本実施形態においては、弾性体 11 の平面形状の外形が矩形であり、開口部 11c の平面形状も矩形である。この弾性体 11 の開口部 11c 内に、移動体 54 が配置されている。移動体 54 は、直方体状、より詳細には矩形板状の形状を有している。このように、本発明においては、移動体の形状は、筒状体や柱状体に限定されず、直方体状などの様々な形状とすることができる。

[0090] 図 23 に示すように、本実施形態では、移動体 54 の対向し合う一對の側

面に、それぞれ、圧接部材 5 8 が固定されている。図 2 4 に示すように、圧接部材 5 8 は、金属からなり、第 1 の端部 5 8 a と第 2 の端部 5 8 b とを有する。圧接部材 5 8 は、第 1 の端部 5 8 a 及び第 2 の端部 5 8 b において、移動体 5 4 の側面に固定されている。そして、第 1 の端部 5 8 a と第 2 の端部 5 8 b とを結ぶ長さ方向を有する。この長さ方向中央部が図 2 1 に示すように、移動体 5 4 の側面から遠ざかるように付勢されている。圧接部材 5 8 は、上記形状を有し、板バネとして作用する。

[0091] 上記第 1 の端部 5 8 a と第 2 の端部 5 8 b との間の弾発部 5 8 c が開口部 1 1 c の内側面に接触すなわち圧接されている。このように、本実施形態では、板バネ状の圧接部材 5 8 を用いてもよい。なお、板バネに限らず、直線状の弾性部材を中央部において弾発力を有するように形成してなる、線バネを用いてもよい。

[0092] 図 2 6 は本発明の第 6 の実施形態で用いられている移動体 6 1 の斜視図である。移動体 6 1 は、略矩形板状の形状を有する。もっとも、移動体 6 1 の一方の主面上には、長さ方向両端に突出部 6 1 a, 6 1 a が設けられている。他方主面上においても、長さ方向両端に突出部 6 1 b, 6 1 b が設けられている。

[0093] 図 2 7 は、本実施形態で移動体に取り付けられる圧接部材 6 2 を示す斜視図である。圧接部材 6 2 は金属板からなり、屈曲させることにより板バネとして作用する。

[0094] この圧接部材 6 2 の長さは、上記突出部 6 1 a と突出部 6 1 a との間の距離よりも長くされている。

[0095] 図 2 8 に示すように、上記圧接部材 6 2 を屈曲させ、突出部 6 1 a, 6 1 a 間に取り付ける。それによって、圧接部材 6 2 が板バネとして作用することとなる。突出部 6 1 b, 6 1 b 間にも、同様に板バネからなる圧接部材 6 2 が取り付けられている。

[0096] このような移動体 6 1 に圧接部材 6 2 を取り付けた構造は、例えば、第 5 の実施形態で用いた矩形棒状の開口部を有する弾性体 1 1 と組み合わせて用

いることができる。

[0097] また、図29は、本発明の第7の実施形態で用いられている移動体の斜視図である。移動体71は、直方体状の形状を有する。すなわち、平面形状がほぼ正方形である。移動体71の上面71Aにおいては、側面71C、71Dとのなす端縁に沿うように、突出部71a、71aが設けられている。突出部71a、71aは上面71Aよりも上方に突出している。また、突出部71a、71aは、側面71C、71Dよりも外側にも突出している。同様に、下面71Bにおいては、下面71Bと側面71C、71Dとのなす各端縁に沿うように、突出部71b、71bが設けられている。

[0098] 図29に示す移動体71のように、平面形状が正方形の移動体71を用いてもよい。ここでは、図27に示した圧接部材62が上記突出部71a、71aまたは突出部71b、71bを利用して取り付けられる。

[0099] 図30に示すように、上面71Aにおいて、突出部71a、71a間に圧接部材62を取り付けてもよい。さらに、下面71Bにおいても、突出部71b、71b間に圧接部材62を取り付けることができる。さらに、側面71C、71Dにおいても、突出部71aと突出部71bとの間に圧接部材62を取り付けることができる。

[0100] あるいは、図31に示すように、側面71C、71Dにおいてのみ圧接部材62、62を取り付けてもよい。

[0101] 第6及び第7の実施形態のように、圧接部材62を板バネで構成する場合、移動体61、71の形状を工夫するだけで、圧接部材を容易に移動体に取り付けることができる。

[0102] なお、図26における突出部61a、61a、61b、61bが設けられている構成は、表現を変えれば、矩形板状の移動体61の上面及び下面に凹部を形成した構造と表現することもできる。すなわち、一对の対向壁61a1、61a1を有するように上面に凹部を形成することにより、突出部61a、61aを形成してもよい。あるいは、前述したように、矩形板状の状態の上面から上方に突出するように突出部61a、61aが形成されていても

よい。

[0103] (結合モードを利用した第8の実施形態)

本発明の駆動装置では、板状の駆動ユニットは、屈曲振動と、前記屈曲振動とは異なる少なくとも一種の振動が結合してなる結合モードの振動で振動するように構成されてもよい。このような結合モードの振動を利用した第8の実施形態を以下において説明する。

[0104] なお、第8の実施形態に係る駆動装置では、図19に示した圧電素子を用いている。また、その他の構成については、板状の駆動ユニットにおいて結合モードが生じるように構成されていることを除いては、第1の実施形態の駆動装置と同様である。従って、第8の実施形態の説明において、第1の実施形態に係る駆動装置について示した、図1(a)及び図1(b)～図8、並びに図1～図8と、第4の実施形態について示した図19とを参照して説明した説明を援用することとする。

[0105] 具体的には、第8の実施形態では、板状の駆動ユニット3の弾性体11の寸法を調整することにより、屈曲振動と、拡がり振動とを結合してなる結合モードが励振されるように構成されている。その他の構成については、駆動方法を除いては、第1の実施形態と同様である。

[0106] 上記駆動ユニット3における弾性体11として、ステンレスからなり、8.5mm×8.5mm並びに矩形の開口縁と外周縁とを結ぶ幅方向の寸法が1.0mmの弾性体11を用意した。この弾性体11において、厚みを種々変化させ、弾性体表面に圧電素子12を貼り合せ、駆動ユニット3を構成した。この厚みが異なる駆動ユニット3の圧電素子を駆動し、振動させた。この場合の屈曲振動及び拡がり振動の共振周波数の変化を図32に示す。図32から明らかなように、弾性体の厚みが増加するにつれて、屈曲振動の共振周波数は厚みが増加してもさほど上昇しない。これに対して、拡がり振動の共振周波数は、弾性体11の厚みが増加するにつれて上昇し、厚みが1.2mm～1.5mmの範囲では、屈曲振動の共振周波数に近づいていることがわかる。特に、厚みが1.3mm～1.4mmにおいて、屈曲振動の共振周

波数と、拡がり振動の共振周波数がほぼ一致する程度に近接していることがわかる。このような場合、屈曲振動と拡がり振動が結合し、結合モードの振動が生じる。このような結合モードの振動が生じるように弾性体 11 の厚みを設定した。

[0107] より具体的には、厚みを 1.37 mm とし、駆動パルス信号を、周波数を変化させつつ印加した。この駆動ユニット 3 の共振特性を図 35 に示す。図 35 から明らかなように、駆動周波数が 90.2 kHz のところに共振周波数を有するモード 1 と、駆動周波数が 87 kHz の場合に共振周波数が現れるモード 2 とが存在することがわかる。図 33 は、モード 1 の場合の駆動ユニット 3 の振動姿態を示す斜視図である。図 34 は、モード 2 の場合の結合モードの振動姿態を示す斜視図である。

[0108] 上記屈曲振動と拡がり振動の結合モードの振動では、弾性体 11 の開口部 11c の内壁が移動体 4 に摩擦係合している移動可能状態と、開口部 11c の内壁が移動体に対して隔てられており、あるいは移動可能状態よりも低い摩擦係合力で移動体 4 に接触しているリリース状態とを実現する振動姿態を有する。このような振動姿態は、モード 1 及びモード 2 のいずれの場合においても生じる。但し、モード 1 では、移動可能状態において結合モードにより、移動体 4 が前進するように移動体 4 が移動されることになる。他方、モード 2 では、移動可能状態において、開口部 11c の内壁が移動体 4 を後退させる。

[0109] 言い換えれば、本実施形態では、上記結合モードがモード 1 の場合には、移動体 4 を上記結合モードの振動により前進させることができる。他方、後退させたい場合には、モード 2 が生じるように駆動周波数を切り替えることにより、移動体 4 を後退させることができる。

[0110] 上記結合モードの振動は、本実施形態では、屈曲振動と、拡がり振動とが結合することにより形成されている。結合させるには、好ましくは、屈曲振動の共振周波数と、拡がり振動の共振周波数が一致されておればよい。もっとも、双方の共振周波数は、完全に一致されておらずともよく、ほぼ一致さ

れておればよい。より具体的には、屈曲振動の共振周波数と、拡がり振動の共振周波数との差の絶対値が、モード 1 における共振周波数と、モード 2 における共振周波数との平均値 $\pm 15\%$ の範囲内、より好ましくは平均値 $\pm 5\%$ の範囲内であればよい。このような範囲内であれば、上記モード 1 及びモード 2 をより一層確実に発現させることができる。

[0111] 上記結合モードの振動を利用することにより、第 8 の実施形態では、第 1 の実施形態に比べて、屈曲振幅を大きくすることができる。これは、振動が単振動の形となるため、屈曲振幅を大きくすることができることによる。これを、図 36 を参照して説明する。図 36 の実線は、上記モード 1 の場合の変位ヒステリシスを示す図であり、破線は第 1 の実施形態の場合の変位ヒステリシスを示す図である。

[0112] 図 36 の破線で示すように、第 1 の実施形態では、拡がり振幅がマイナスの場合とプラスの場合とで、リリース状態及び移動可能状態が実現され、かつ屈曲振幅の大きさだけ移動体 4 を前進させることができる。

[0113] 他方、実線で示す第 8 の実施形態においては、結合モードにより、拡がり振幅がマイナスの場合のリリース状態と、拡がり振幅がプラス側である移動可能状態とが実現され、いずれにしても、屈曲振幅は非常に大きい。そのため、移動体を高速で移動させることができ、かつ大きな変位量を得ることができる。これを、図 37 ～図 40 を参照してより具体的に説明する。

[0114] 図 37 は、前述したモード 1 の場合の駆動パルスと、屈曲振動及び拡がり振動の変位量との関係を示す図である。なお、この屈曲振動の変位及び拡がり振動の変位が結合し、モード 1 の結合モードの振動が実現されている。モード 1 の場合には、屈曲振動と拡がり振動とがほぼ逆位相となるように、屈曲振動と拡がり振動とが結合されている。従って、移動体 4 を前進させることができる。

[0115] これに対して、図 38 に示すように、モード 2 の場合には、屈曲振動の位相と拡がり振動の位相がほぼ一致するように両者が結合されている。そのため、モード 2 では、移動体 4 を後退させることができる。

[0116] いずれにしても、屈曲振動の変位量が前進時及び後退時のいずれにおいてもかなり大きいため、また屈曲振動が正弦波の形で変位するため、大きな変位量の得られることがわかる。

[0117] 図39は、第8の実施形態の駆動装置における駆動パルス及び移動体4の変位量の時間的变化を示す図である。図39から明らかなように、第8の実施形態では、駆動開始当初から移動体4を移動させることができ、かつ高速で移動させ得ることがわかる。また、図39から明らかなように、第8の実施形態では、移動体4の後退も生じ難いことがわかる。

[0118] 図40は、上記駆動パルスの駆動周波数と、移動体の速度との関係を示す図である。

[0119] 第8の実施形態において、上記駆動パルスの周波数を変化させると、前述したように、モード1またはモード2の結合モードが強く励振される。図40は、モード1が生じる駆動周波数付近の駆動周波数と移動体速度との関係を示す図である。本実施形態では、93kHzとすれば、移動体4を最も高速で移動することができることがわかる。また、駆動周波数が90～97kHzの範囲内であれば、移動体4を十分に高速で移動させ得ることがわかる。このような周波数範囲では、モード1の結合モードが強く励振されるためである。

[0120] なお、図40では図示していないが、90kHzよりも低い周波数域では、前述したモード2の結合モードが強く励振される周波数範囲が現れる。従って、駆動周波数を変化させることにより、モード1あるいはモード2により、移動体4を高速で前進または後退させることができる。

[0121] 第8の実施形態では、屈曲振動と、拡がり振動との結合モードを用いたが、屈曲振動と結合される他の振動は拡がり振動に限定されない。すなわち、屈曲振動と結合し得る限り、前述した第1の実施形態における他の振動と同様の他の振動を用いることができる。

[0122] また、第8の実施形態では、弾性体11の厚みを調整することにより、結合モードの振動を生じさせていたが、弾性体11の厚みだけでなく、他の寸

法や材質などを考慮して、上記結合モードの振動を生じさせてもよい。

[0123] 前述したように、第8の実施形態は上記結合モードの振動を利用したことにおいて第1、第4の実施形態と異なるものであり、従って、その他の構成については、第1の実施形態及び第1の実施形態の変形例、並びに第2、第3、及び第5～第7の実施形態で示したように、適宜変形することができる。よって、第1の実施形態の変形例や第2、第3、及び第5～第7の実施形態についての説明も第8の実施形態の駆動装置の説明に援用することとする。

[0124] なお、上記第1～第8の実施形態から明らかなように、弾性体の開口部もしくは外形の平面形状は、円形であってもよく、矩形などの異方性を有する非円形の形状であってもよい。そして、非円形の異方性を有する形状である場合には、前述したように、弾性体の寸法を調整することにより、屈曲振動の共振周波数と、他の振動の共振周波数を容易に調整することができる。従って、弾性体の平面形状や開口部の平面形状は、非円形の異方性を有する形状であることが望ましい。より好ましくは、弾性体の外形の平面形状と、開口部の平面形状との双方が非円形であることが好ましい。

符号の説明

- [0125] 1…駆動装置
2…支持台
2 a…プレート部
2 b…貫通孔
2 c…支持突起
3…駆動ユニット
4…移動体
5…ホルダ
5 a…溝
6…レンズ
7…透明板

8…圧接部材
1 1…弾性体
1 1 a…上面
1 1 b…下面
1 1 c…開口部
1 2, 1 2 A…圧電素子
1 2 a…貫通孔
1 3…圧電体
1 4, 1 5…電極
1 6…駆動パルス源
3 1…駆動装置
3 3…駆動ユニット
3 4…弾性体
3 4 c…開口部
3 5…圧電素子
4 1…弾性体
4 2…圧電素子
4 3…駆動ユニット
5 1…駆動装置
5 3…駆動ユニット
5 4…移動体
5 8…圧接部材
5 8 a, 5 8 b…第 1, 第 2 の端部
5 8 c…弾発部
6 1, 7 1…移動体
6 1 a, 6 1 b, 7 1 a, 7 1 b…突出部
6 1 a 1…対向壁
6 2…圧接部材

7 1 A…上面

7 1 B…下面

7 1 C, 7 1 D…側面

請求の範囲

[請求項1]

対向し合う第1、第2の主面を有しかつ中央に第1の主面から第2の主面に向かって貫通している開口部を有する板状の弾性体と、該板状の弾性体の少なくとも一方の主面に接合された圧電素子とを有する板状の駆動ユニットと、

前記板状の弾性体の開口部に挿入されており、前記駆動ユニットを駆動することにより前記板状の弾性体の第1の主面と第2の主面とを結ぶ方向に移動される移動体とを備え、

前記圧電素子を駆動することにより前記板状の駆動ユニットが、屈曲振動と、前記屈曲振動とは異なる少なくとも一種の他の振動で、または屈曲振動と、前記屈曲振動とは異なる少なくとも一種の前記他の振動が結合してなる結合モードの振動で振動するように構成されており、

前記他の振動または前記結合モードの振動が、前記移動体を移動させ得るように前記弾性体の前記開口部の内壁が前記移動体に摩擦係合している移動可能状態と、前記弾性体の前記開口部の内壁が前記移動体に対して隔てられておりあるいは前記移動可能状態よりも低い摩擦係合力で前記移動体に接触しているリリース状態とを実現する振動状態を有し、

前記駆動ユニットの前記屈曲振動及び前記他の振動により、または前記結合モードの振動により前記移動体を移動させる、駆動装置。

[請求項2]

前記圧電素子を駆動することにより前記板状の駆動ユニットが、前記屈曲振動と、前記屈曲振動とは異なる少なくとも一種の前記他の振動で振動するように構成されており、前記他の振動が、前記屈曲振動によって前記移動体を移動させ得るように前記弾性体の前記開口部の内壁が前記移動体に摩擦係合している前記移動可能状態と、前記弾性体の前記開口部の内壁が前記移動体に対して隔てられておりあるいは前記移動可能状態よりも低い摩擦係合力で前記移動体に接触している

前記リリース状態とを実現する振動姿態とを有し、

前記駆動ユニットの前記屈曲振動及び前記他の振動により前記移動体をピッチ送りにより移動させる、請求項 1 に記載の駆動装置。

[請求項3] 前記屈曲振動と、前記他の振動とが同一周期となるように駆動される、請求項 1 または 2 に記載の駆動装置。

[請求項4] 前記圧電素子を駆動することにより前記板状の駆動ユニットが、前記結合モードの振動で振動するように構成されており、

前記結合モードの振動が、前記移動体を移動させ得るように前記弾性体の前記開口部の内壁が前記移動体に摩擦係合している移動可能状態と、前記弾性体の前記開口部の内壁が前記移動体に対して隔てられておりあるいは前記移動可能状態よりも低い摩擦係合力で前記移動体に接触しているリリース状態とを実現する振動姿態とを有し、

前記駆動ユニットの前記結合モードの振動により前記移動体を移動させる、請求項 1 に記載の駆動装置。

[請求項5] 前記屈曲振動と、前記他の振動とが結合して前記結合モードが励振されるように、前記弾性体の寸法が調整されている、請求項 4 に記載の駆動装置。

[請求項6] 前記移動体の平面形状が非円形の異方性を有する形状である、請求項 1 ～ 5 のいずれか 1 項に記載の駆動装置。

[請求項7] 前記開口部の平面形状が非円形の異方性を有する形状である、請求項 1 ～ 6 のいずれか 1 項に記載の駆動装置。

[請求項8] 前記移動体が、前記移動方向に延びかつ前記弾性体の開口部に摩擦係合し得る側面を有し、前記側面において、前記弾性体の前記開口部に対する摩擦係合力を高める圧接部材が設けられている、請求項 1 ～ 7 のいずれか 1 項に記載の駆動装置。

[請求項9] 前記圧接部材が、前記側面において前記移動体の周方向に延び、常時よりも縮径した状態に取り付けられているリング状部材であり、前記移動体の側面に取り付けられた状態で該側面から外側に向かう弾発

力を発現している、請求項 8 に記載の駆動装置。

[請求項10] 前記リング状部材が、リングの一部が切り欠かれた形状を有する、請求項 9 に記載の駆動装置。

[請求項11] 前記移動体の側面に溝が形成されており、前記圧接部材の一部が前記溝に嵌まり合っている、請求項 8 ～ 10 のいずれか 1 項に記載の駆動装置。

[請求項12] 前記圧接部材が、第 1 の端部と、第 1 の端部とは反対側の第 2 の端部とを結ぶ方向が長さ方向である複数のバネ部材であり、各バネ部材は、第 1 の端部と第 2 の端部との間の部分が前記長さ方向と直交する方向に変位し得るように構成されており、前記移動体の前記側面に前記バネ部材の前記第 1、第 2 の端部が固定されており、第 1 の端部と第 2 の端部との間のバネ部材部分が移動体の側面から遠ざかる方向に付勢するように撓まされており、撓んでいる部分の頂点が前記弾性体の前記開口部に圧接されている、請求項 8 に記載の駆動装置。

[請求項13] 前記板状の弾性体と前記圧電素子の平面形状が異なっている、請求項 1 ～ 12 のいずれか 1 項に記載の駆動装置。

[請求項14] 前記圧電素子が中央に開口部を有し、圧電素子の開口部が前記弾性体の開口部よりも大きく、前記圧電素子が前記弾性体の開口部の周縁に至っていない、請求項 1 ～ 13 のいずれか 1 項に記載の駆動装置。

[請求項15] 前記圧電素子が複数設けられている、請求項 1 ～ 14 のいずれか 1 項に記載の駆動装置。

[請求項16] 前記他の振動が複数種の振動である、請求項 1 ～ 15 のいずれか 1 項に記載の駆動装置。

[請求項17] 前記圧電素子が前記弾性体の第 1 及び第 2 の主面のうち一方の主面に設けられている、請求項 1 ～ 16 のいずれか 1 項に記載の駆動装置。

[請求項18] 前記圧電素子に電氣的に接続されており、前記屈曲振動及び他の振動が同一周期で発現するように前記圧電素子に駆動パルスを与える駆

動パルス源をさらに備える、請求項 1 ～ 17 のいずれか 1 項に記載の駆動装置。

[請求項19]

対向し合う第 1、第 2 の主面を有しかつ中央に第 1 の主面から第 2 の主面に向かって貫通している開口部を有する板状の弾性体と、該板状の弾性体の少なくとも一方の主面に接合された圧電素子とを有する板状の駆動ユニットと、

前記板状の弾性体の開口部に挿入されており、前記駆動ユニットを駆動することにより前記板状の弾性体の第 1 の主面と第 2 の主面とを結ぶ方向に移動される移動体とを備え、

前記圧電素子を駆動することにより前記板状の駆動ユニットが、屈曲振動と、前記屈曲振動とは異なる少なくとも一種の他の振動で、または屈曲振動と、前記屈曲振動とは異なる少なくとも一種の前記他の振動が結合してなる結合モードの振動で振動するように構成されており、

前記他の振動または前記結合モードの振動が、前記移動体を移動させ得るように前記弾性体の前記開口部の内壁が前記移動体に摩擦係合している移動可能状態と、前記弾性体の前記開口部の内壁が前記移動体に対して隔てられておりあるいは前記移動可能状態よりも低い摩擦係合力で前記移動体に接触しているリリース状態とを実現する振動状態を有し、

前記圧電素子に電氣的に接続されており、前記屈曲振動及び他の振動または前記結合モードの振動が生じるように、前記圧電素子に駆動パルスを与える駆動パルス源をさらに備え、

前記駆動ユニットの前記屈曲振動及び前記他の振動により、または前記結合モードの振動により前記移動体を移動させる、駆動装置。

[請求項20]

前記板状の駆動ユニットが、前記屈曲振動と、前記屈曲振動とは異なる少なくとも一種の前記他の振動で振動するように構成されており、前記駆動パルス源が、前記屈曲振動及び前記他の振動が同一周期で

発現するように前記圧電素子に前記駆動パルスを与え、それによって前記移動体を前記駆動ユニットの前記屈曲振動及び前記他の振動によりピッチ送りさせる、請求項 19 に記載の駆動装置。

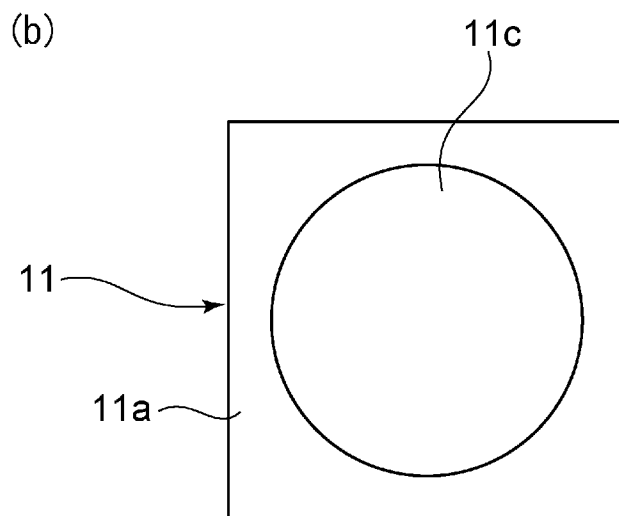
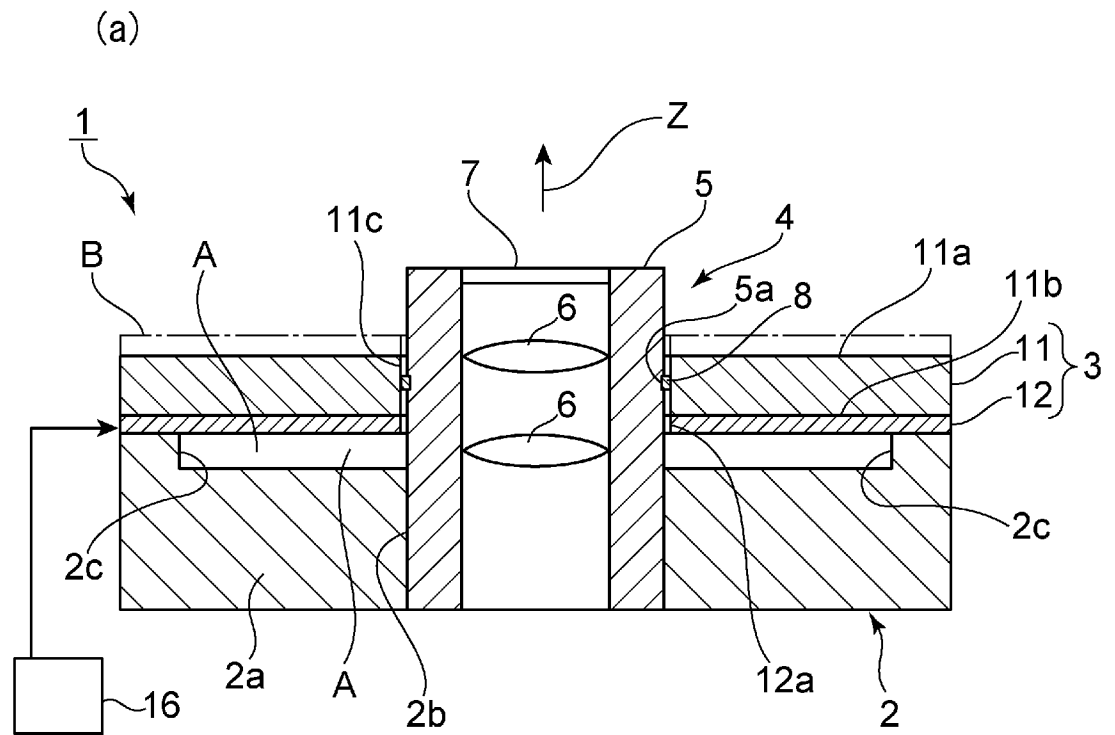
[請求項21] 前記駆動ユニットが、前記結合モードの振動により振動するように構成されており、前記駆動パルス源が、前記結合モードの振動が生じるように前記圧電素子に駆動パルスを与える、請求項 19 に記載の駆動装置。

[請求項22] 前記駆動ユニットの前記移動体の平面形状が非円形の異方性を有する形状である、請求項 19 ～ 21 のいずれか 1 項に記載の駆動装置。

[請求項23] 前記駆動ユニットの前記弾性体の開口部の平面形状が非円形の異方性を有する形状である、請求項 19 ～ 22 のいずれか 1 項に記載の駆動装置。

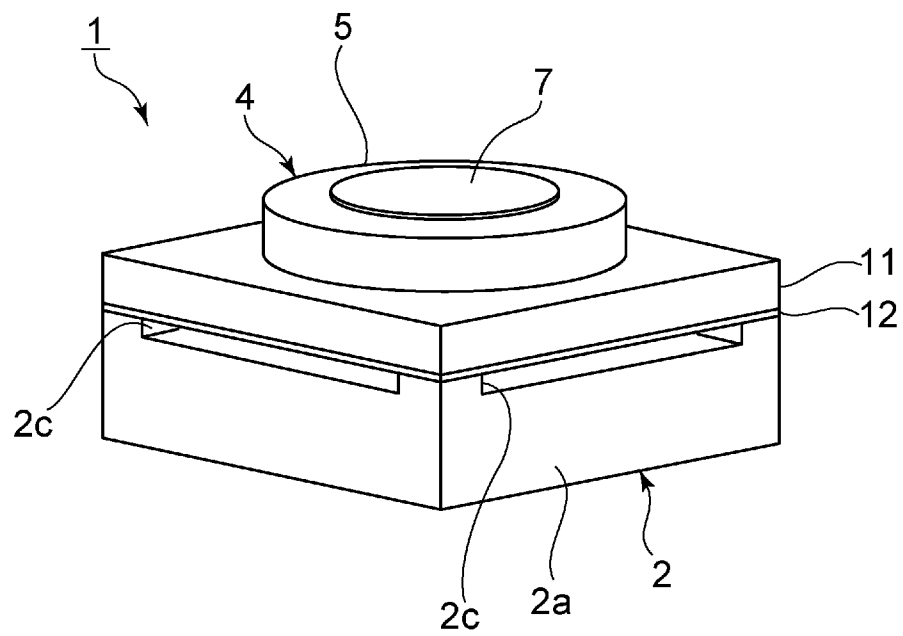
[図1]

図1



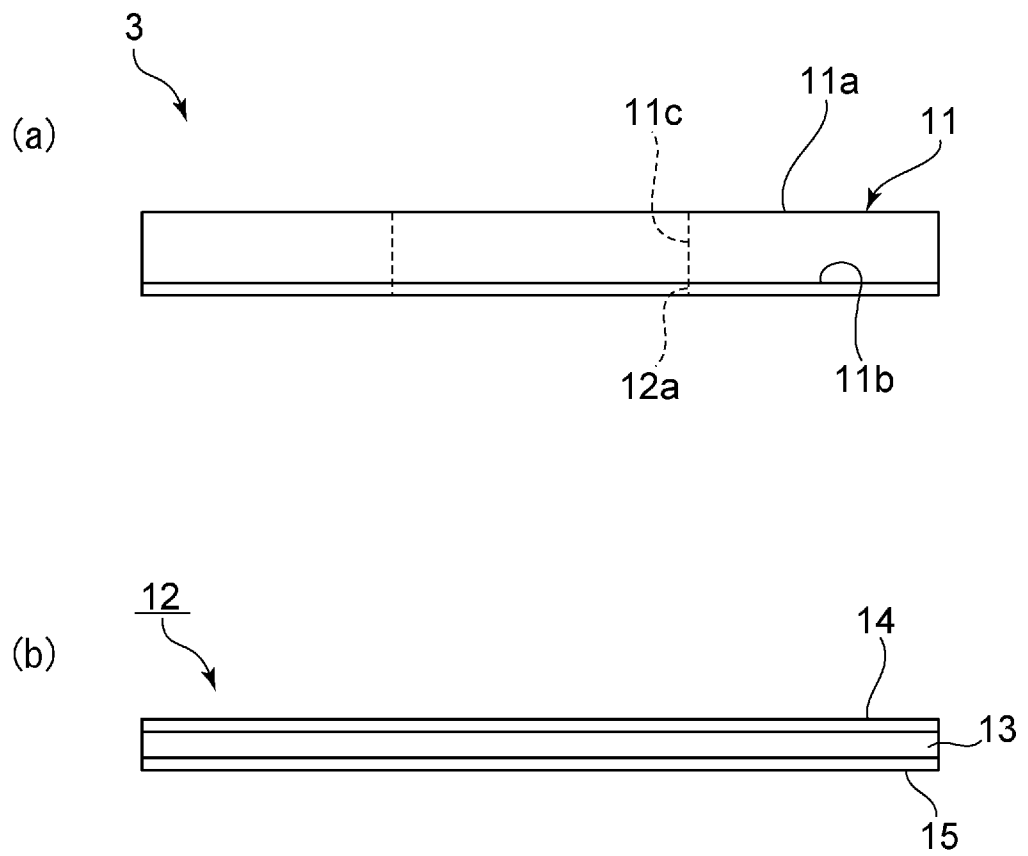
[図2]

図2



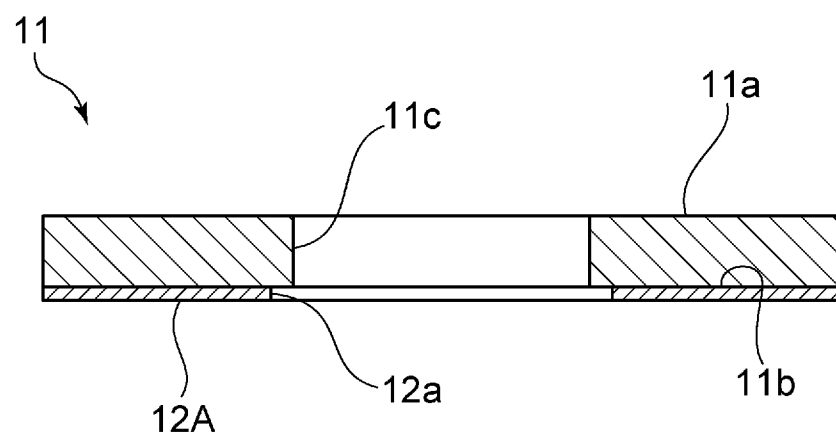
[図3]

図3



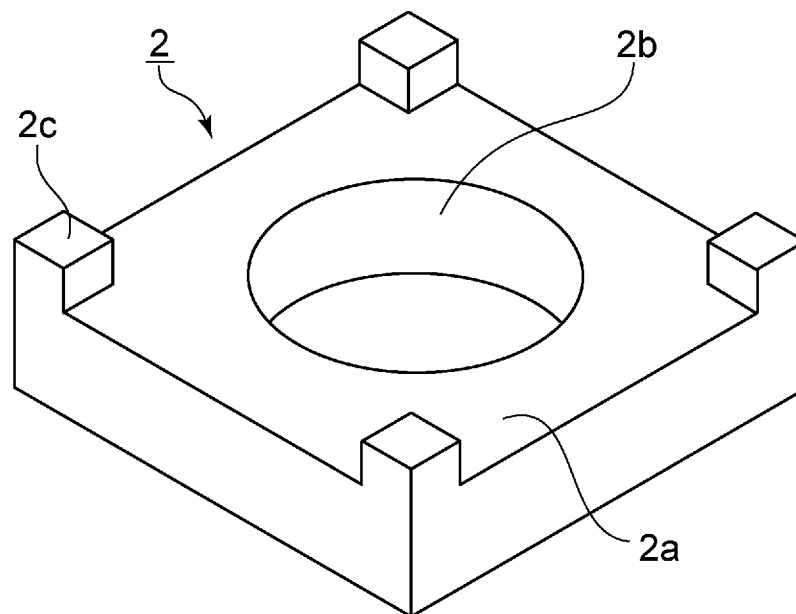
[図4]

図4



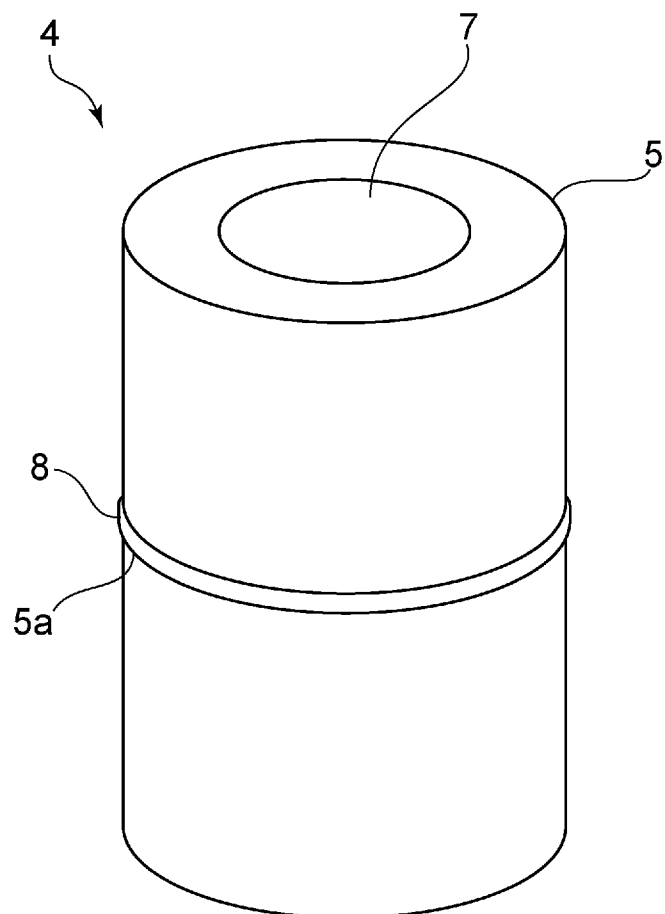
[図5]

図5



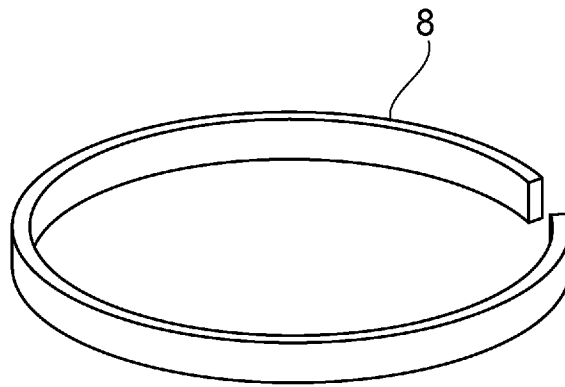
[図6]

図6



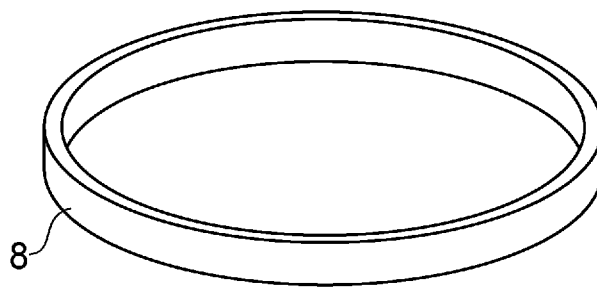
[図7]

図7



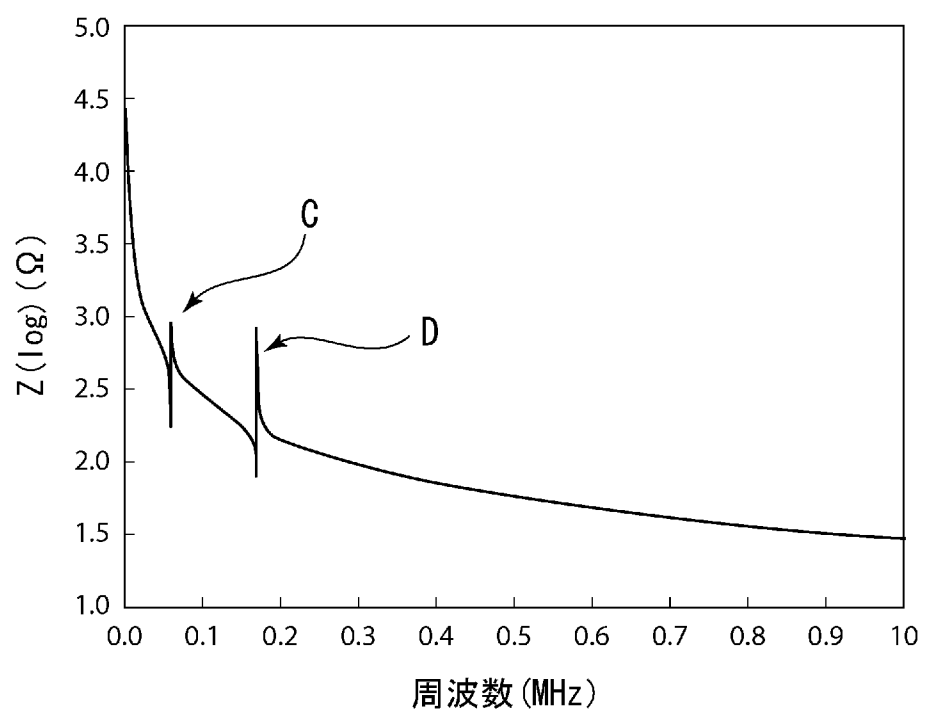
[図8]

図8



[図9]

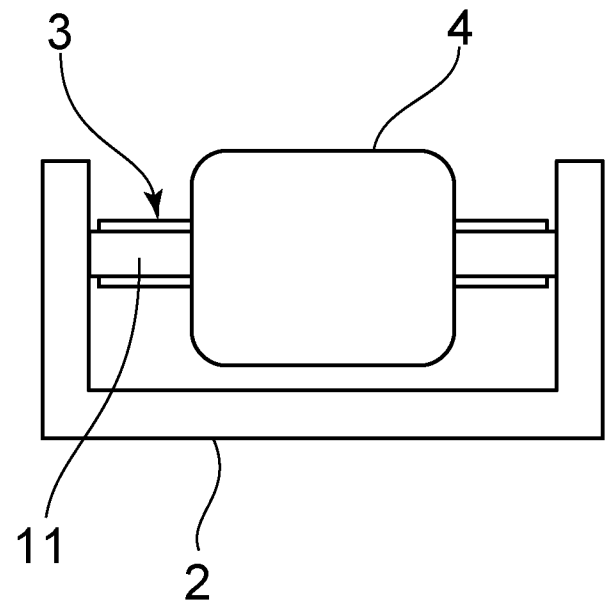
図9



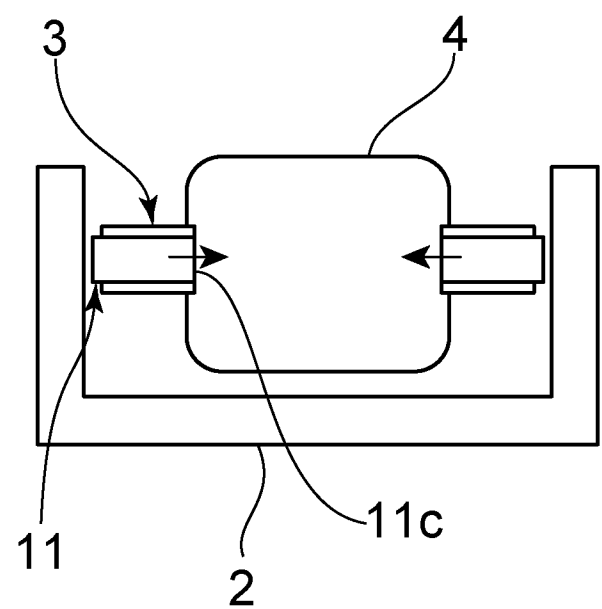
[図10]

図10

(a)

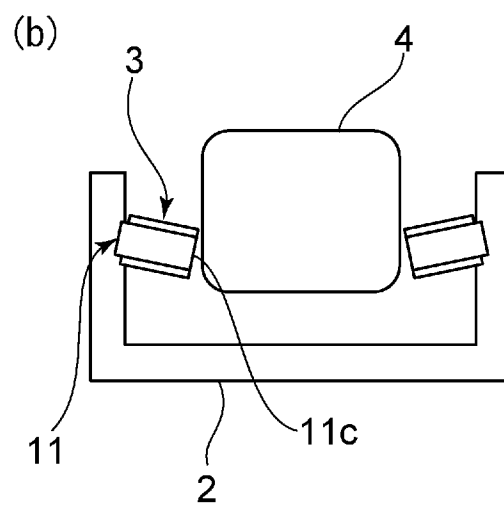
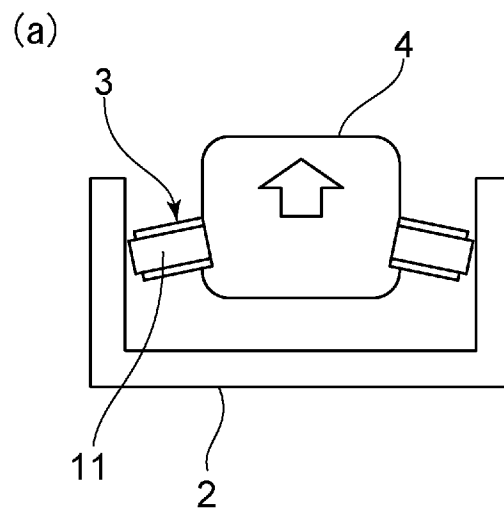


(b)



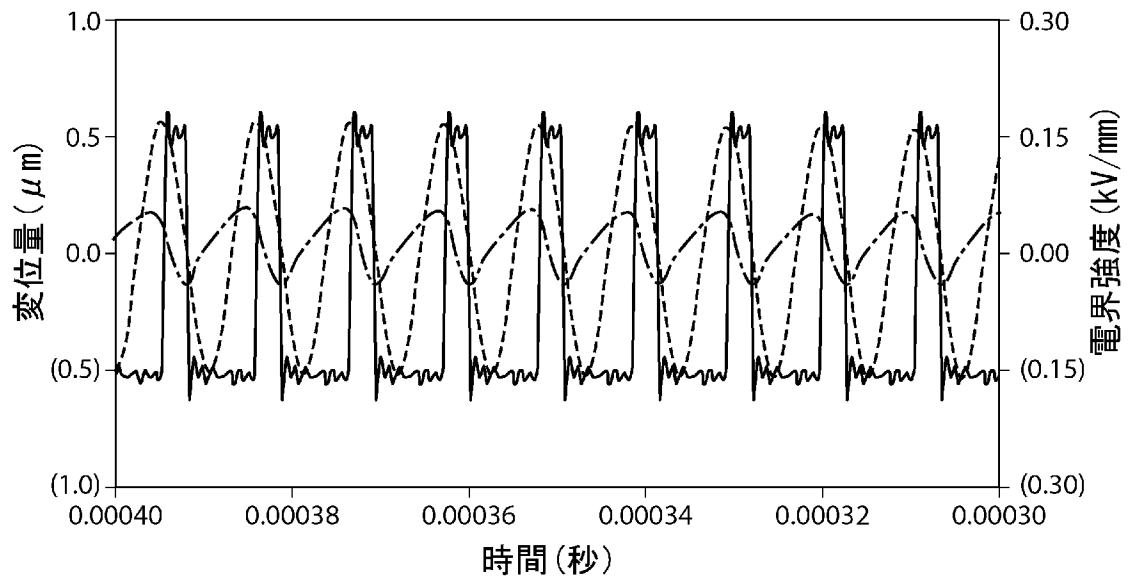
[図11]

図11



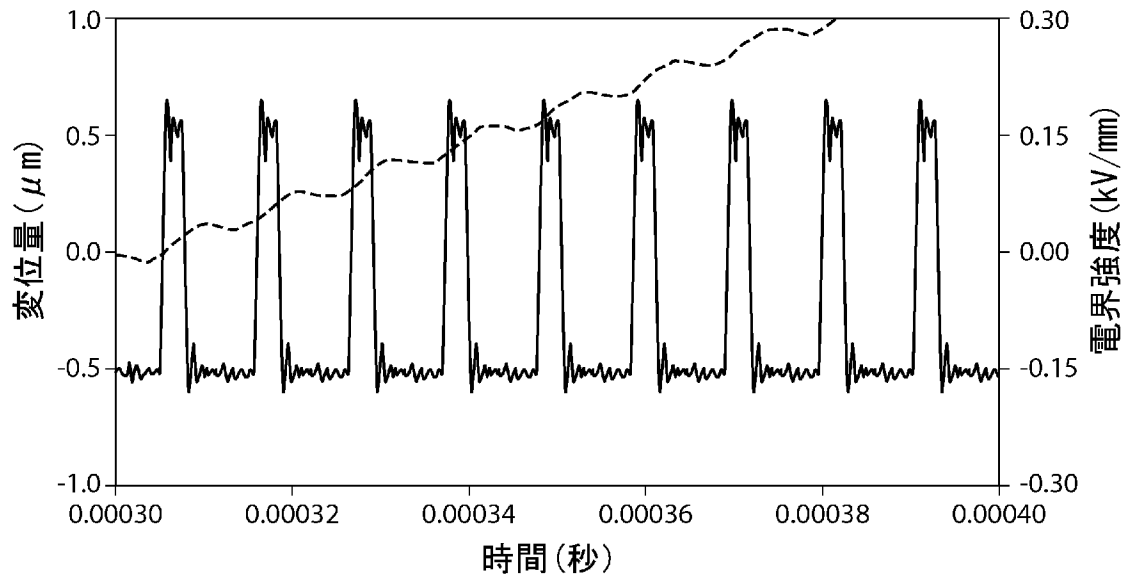
[図12]

図12



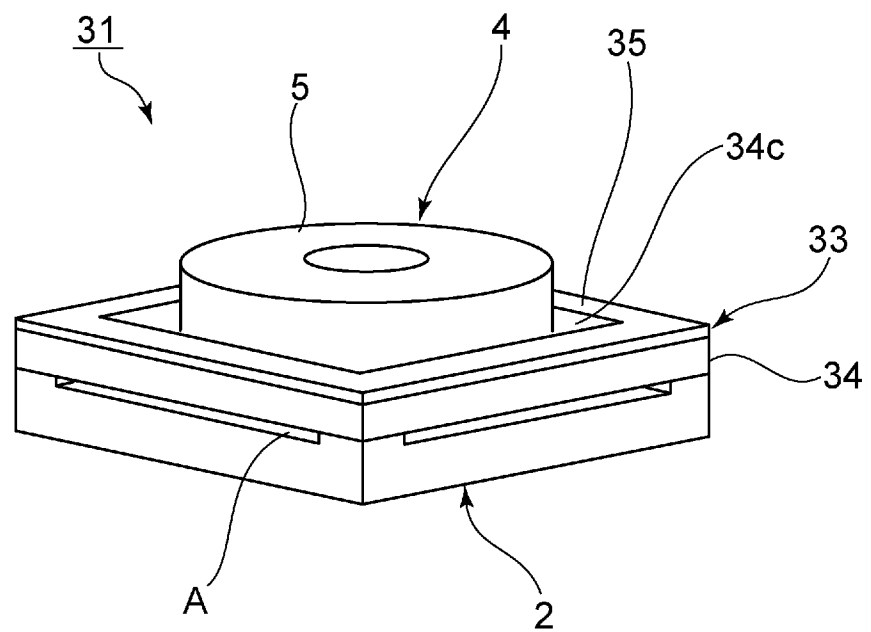
[図13]

図13



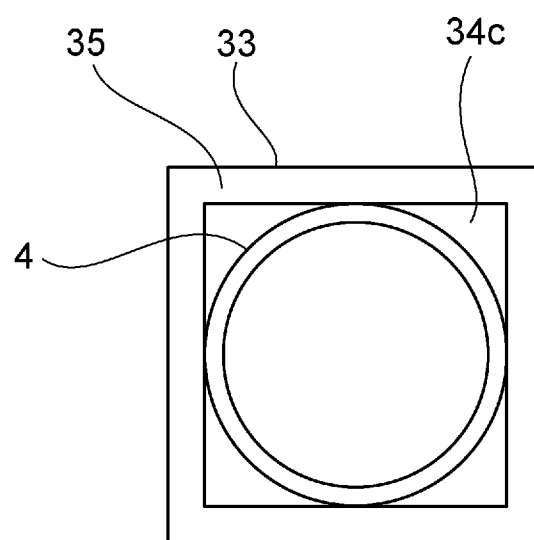
[図14]

図14



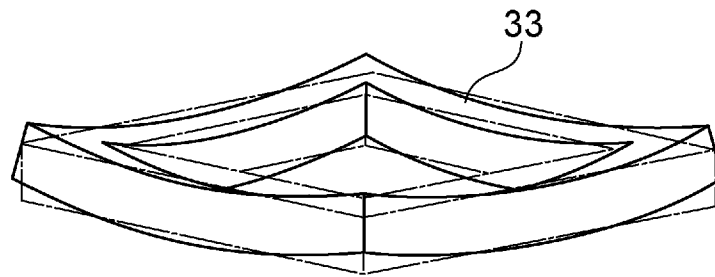
[図15]

図15



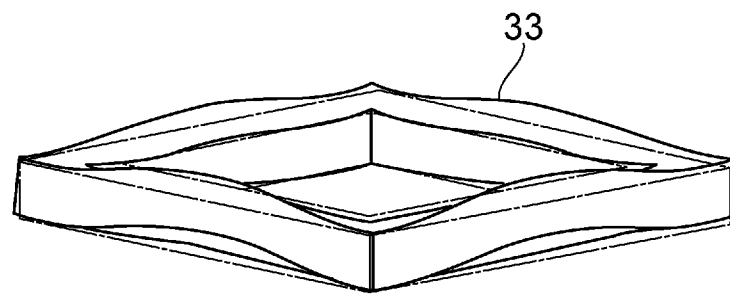
[図16]

図16



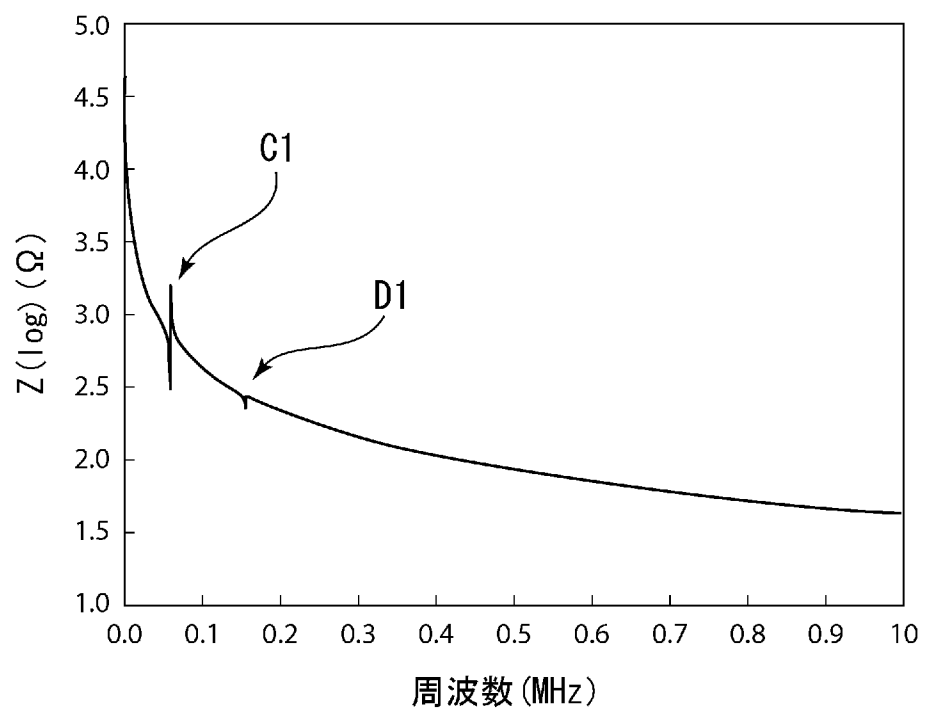
[図17]

図17



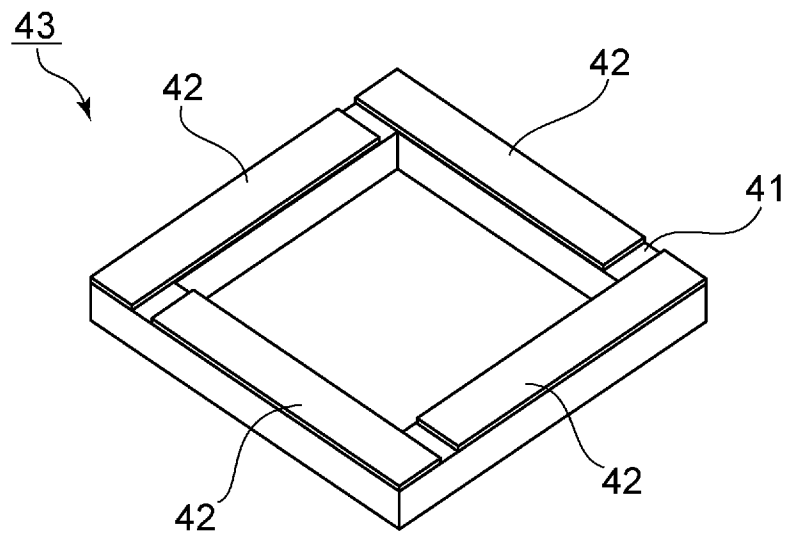
[図18]

図18



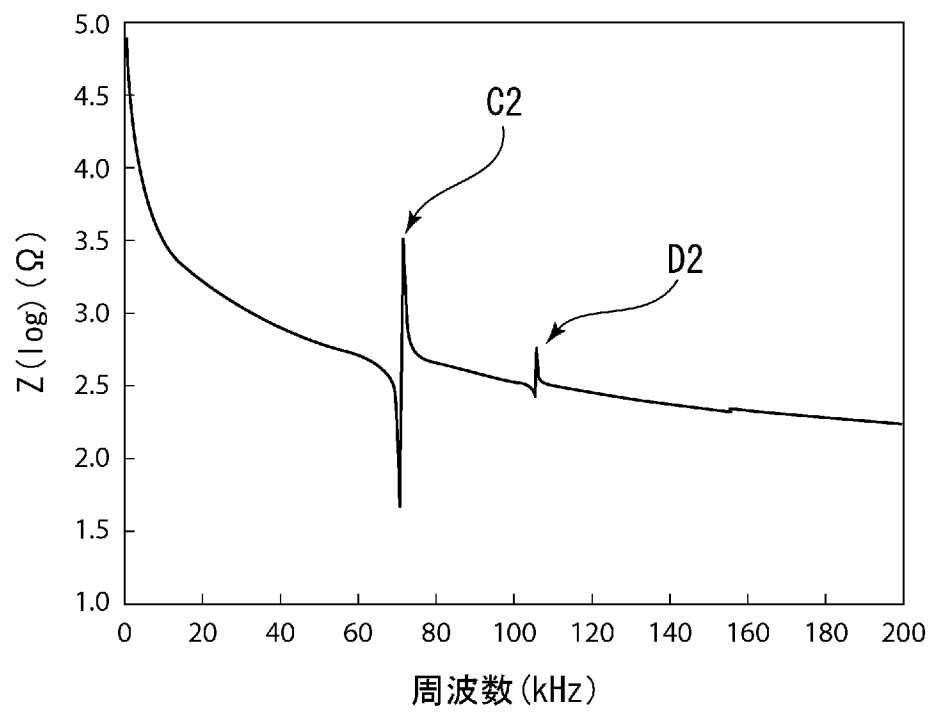
[図19]

図19



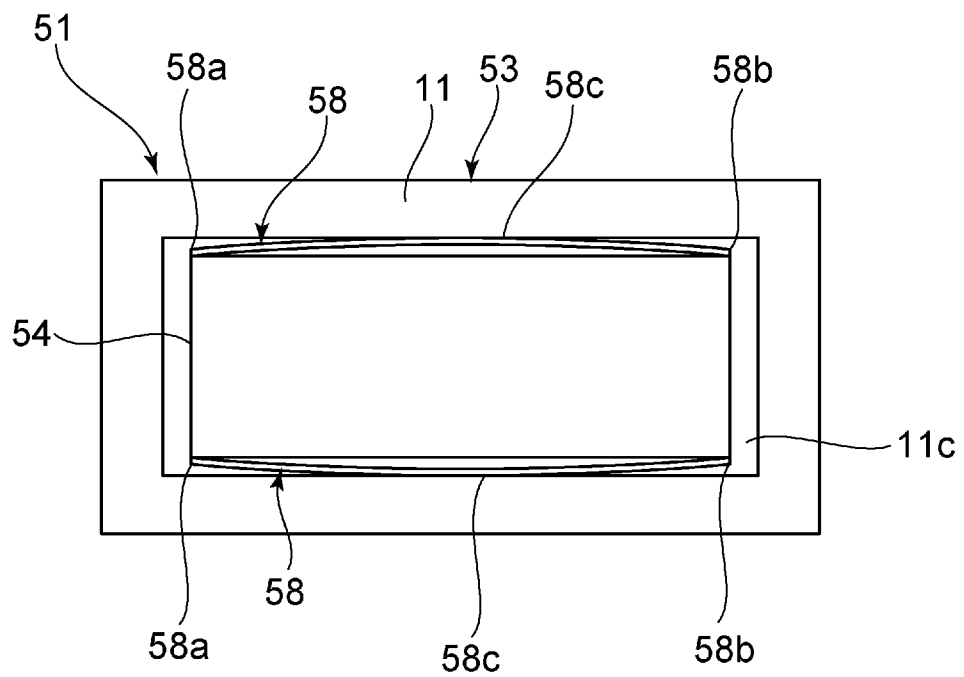
[図20]

図20



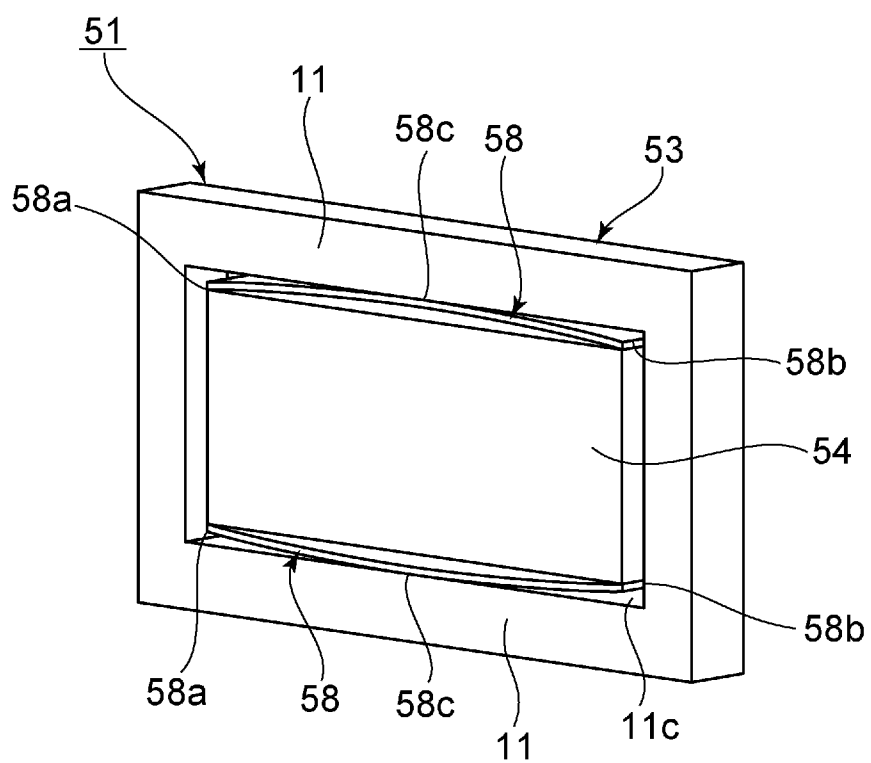
[図21]

図21



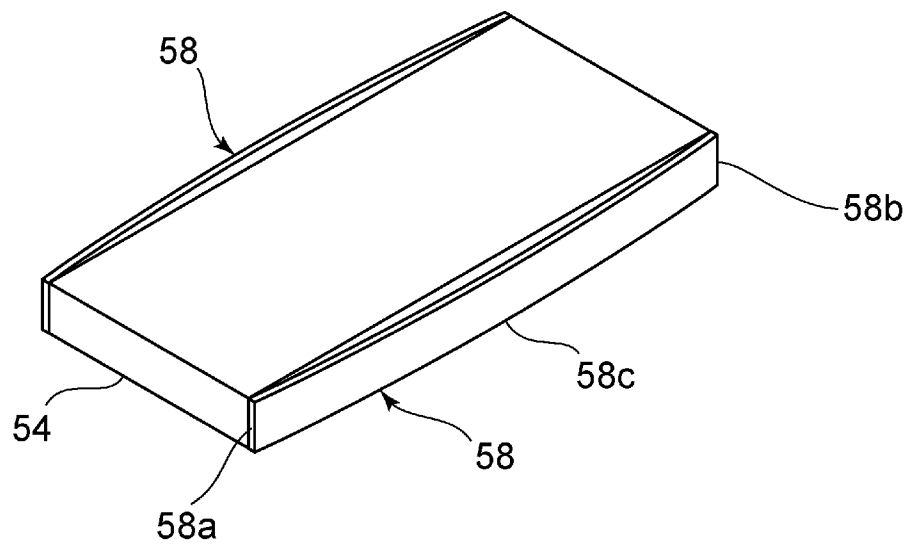
[図22]

图22



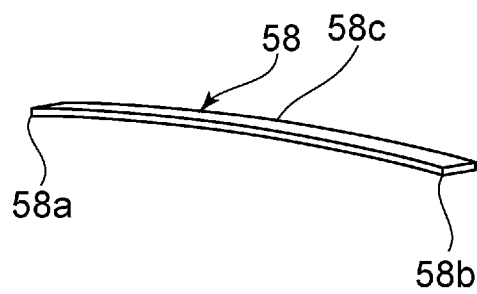
[図23]

図23



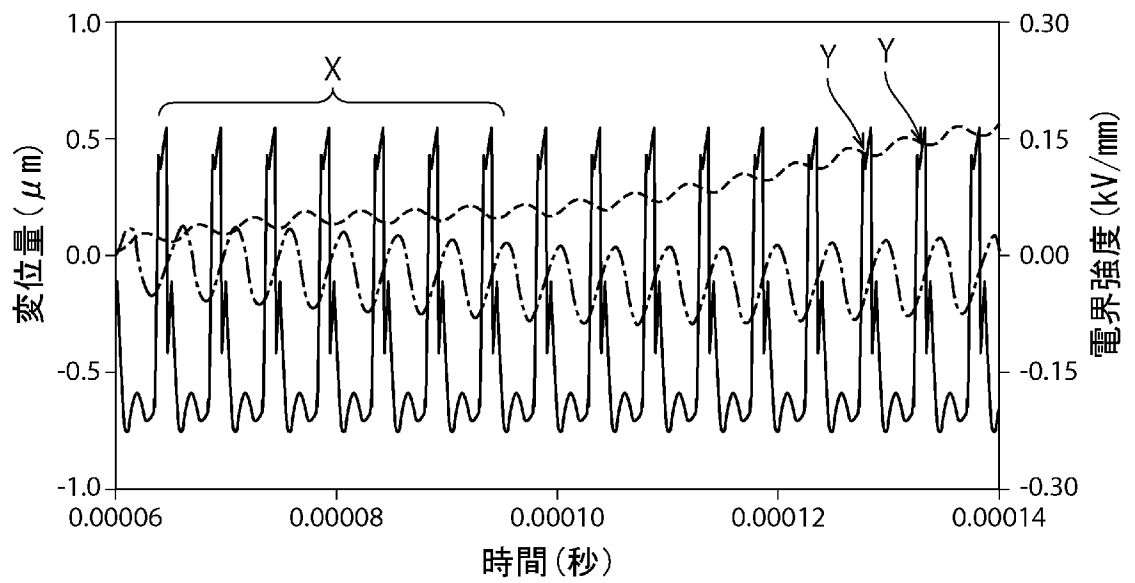
[図24]

図24



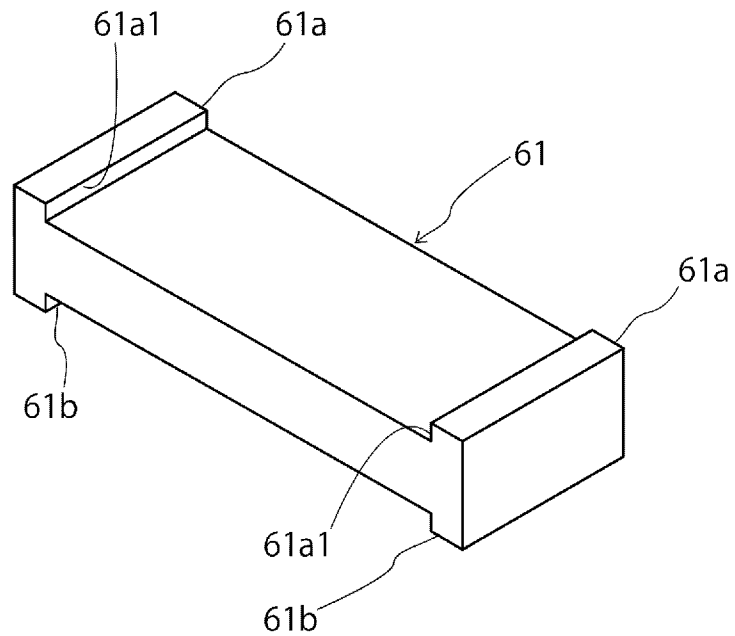
[図25]

図25



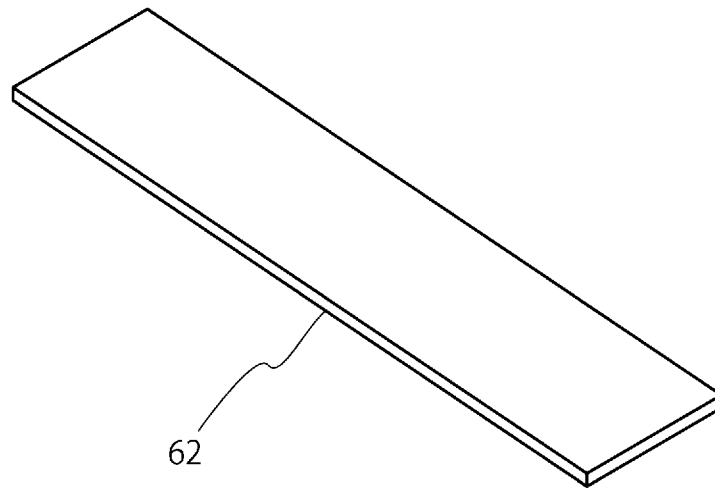
[図26]

図26



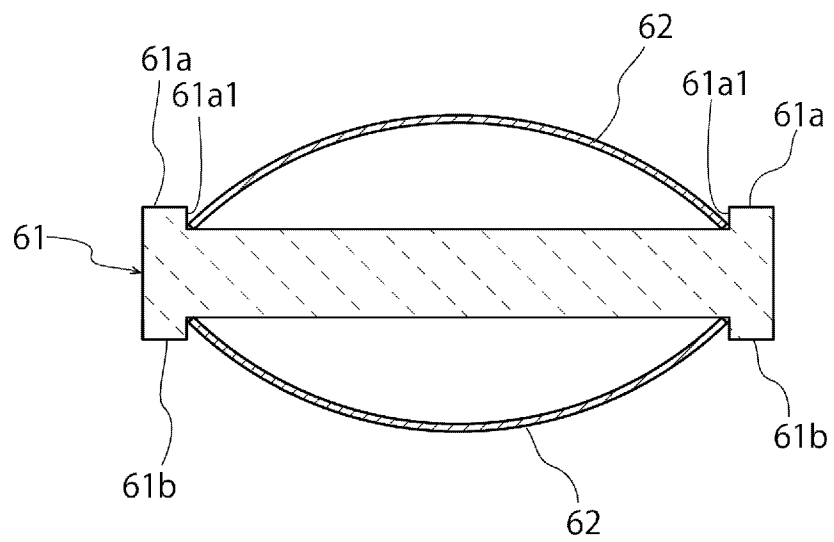
[図27]

図27



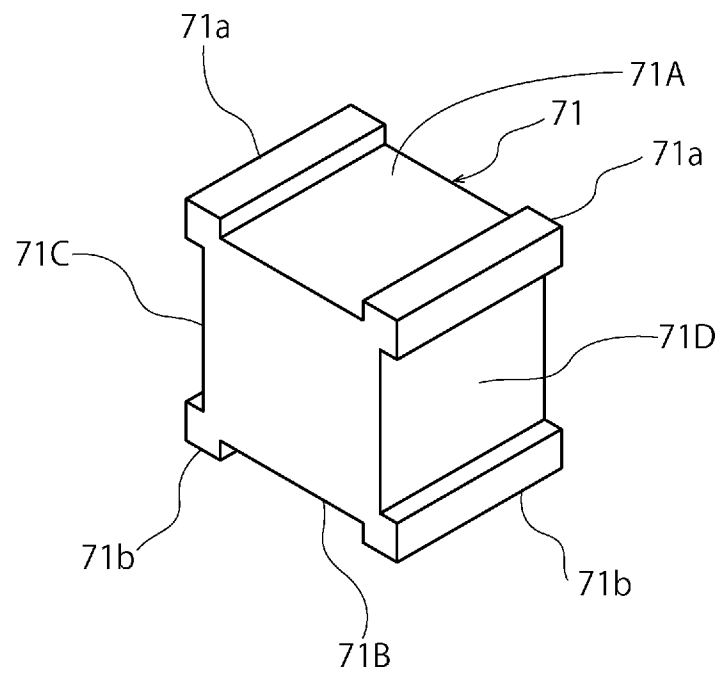
[図28]

図28



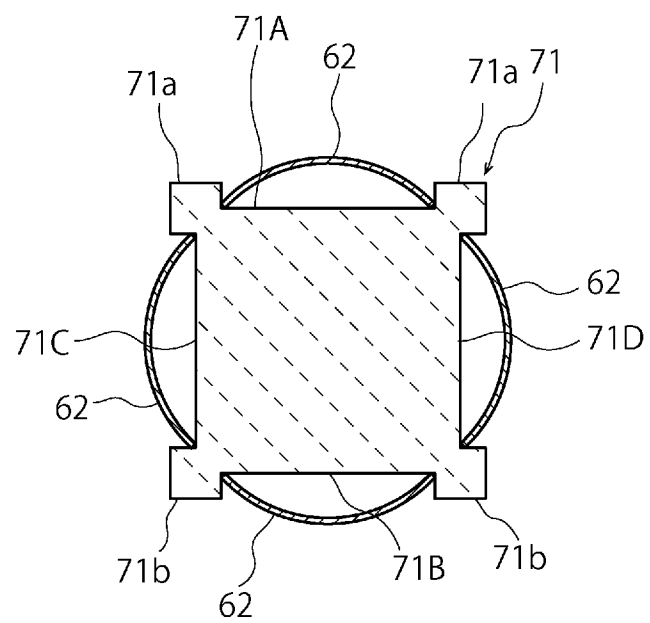
[図29]

図29



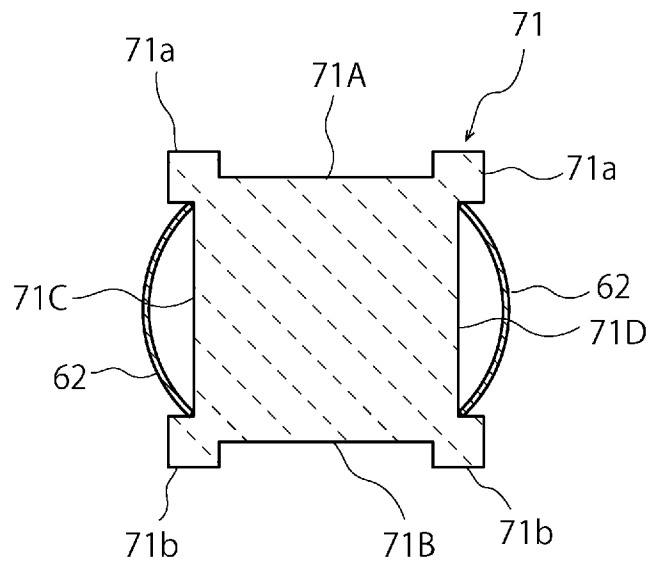
[図30]

図30



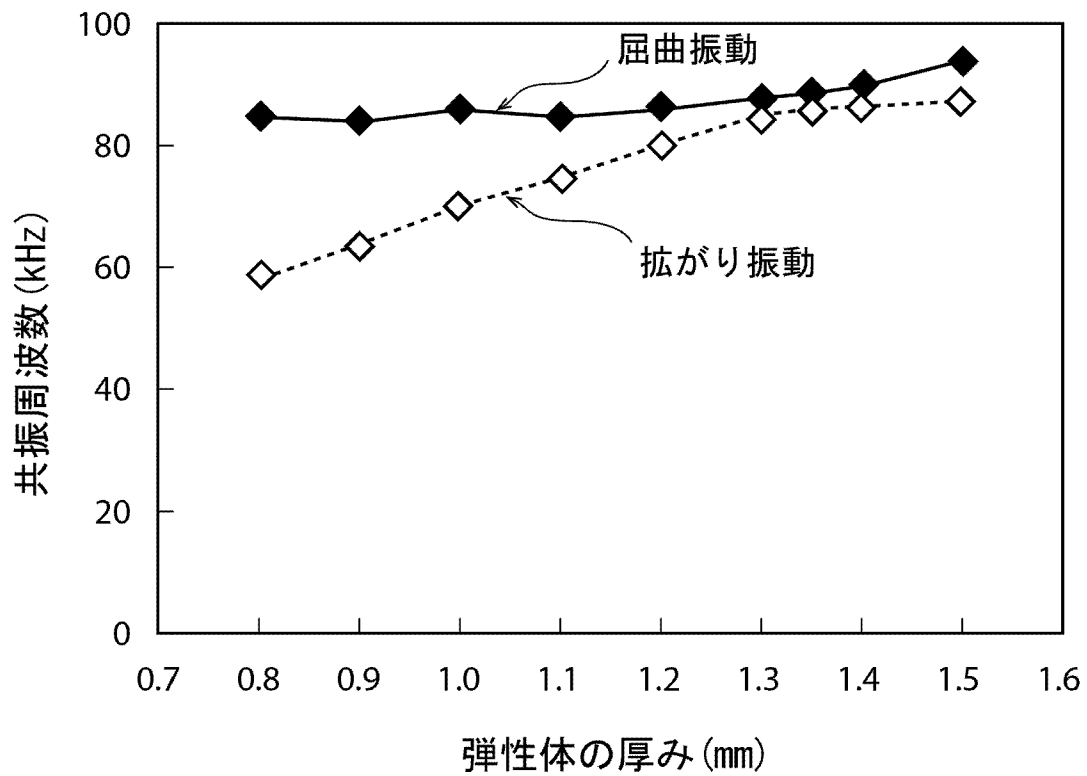
[図31]

図31



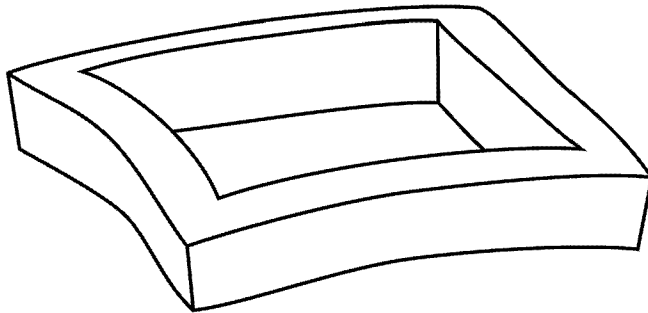
[図32]

図32



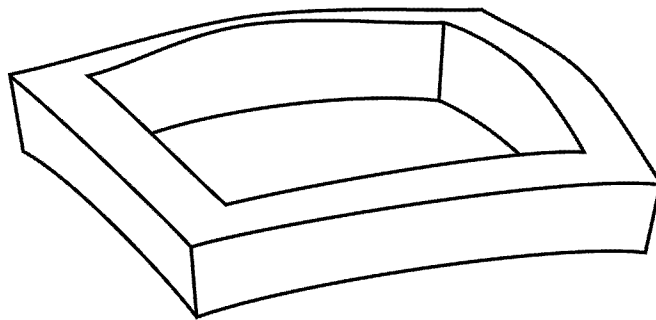
[図33]

図33



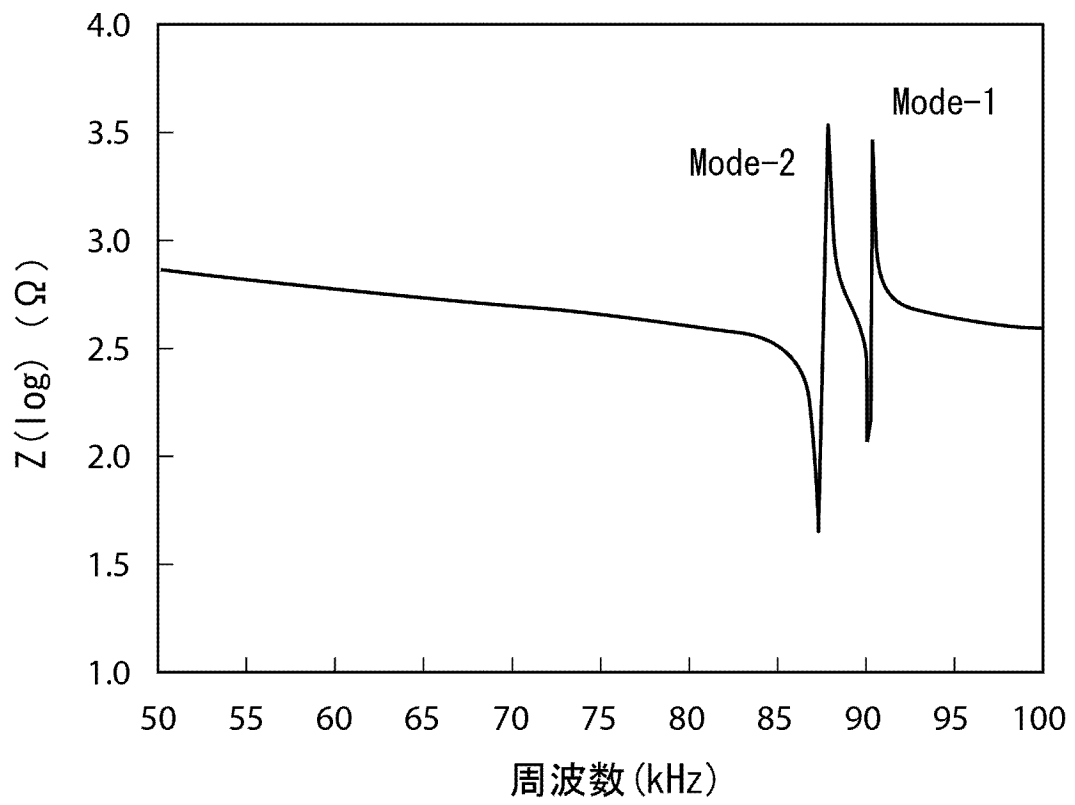
[図34]

図34



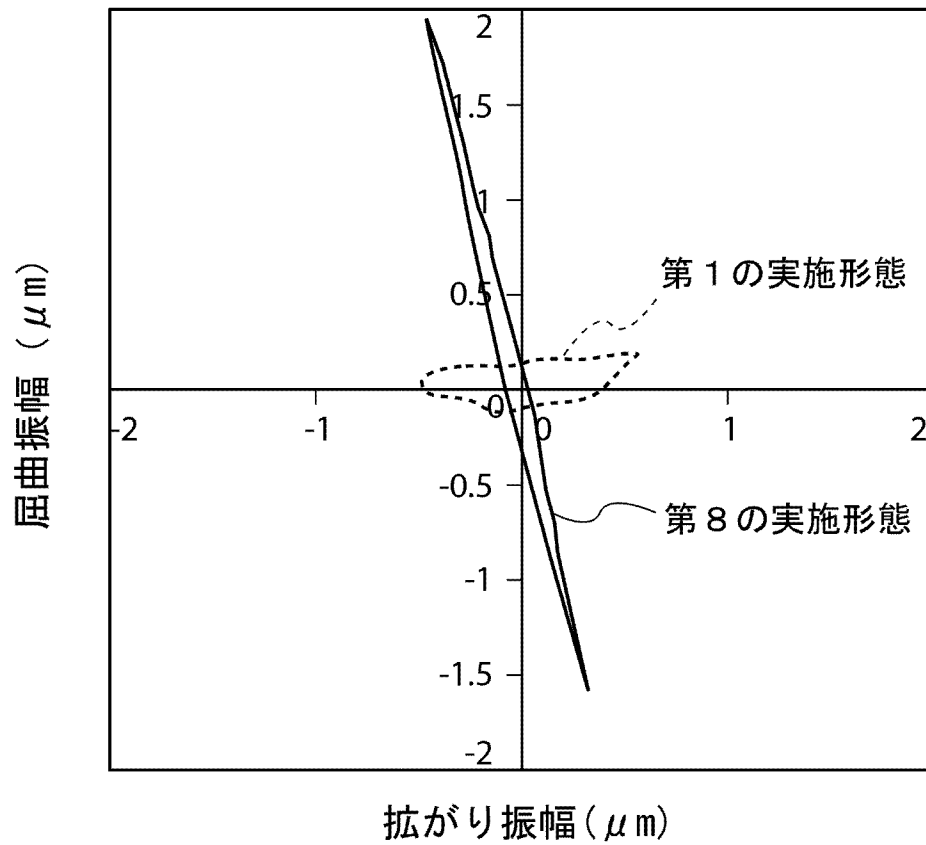
[図35]

図35



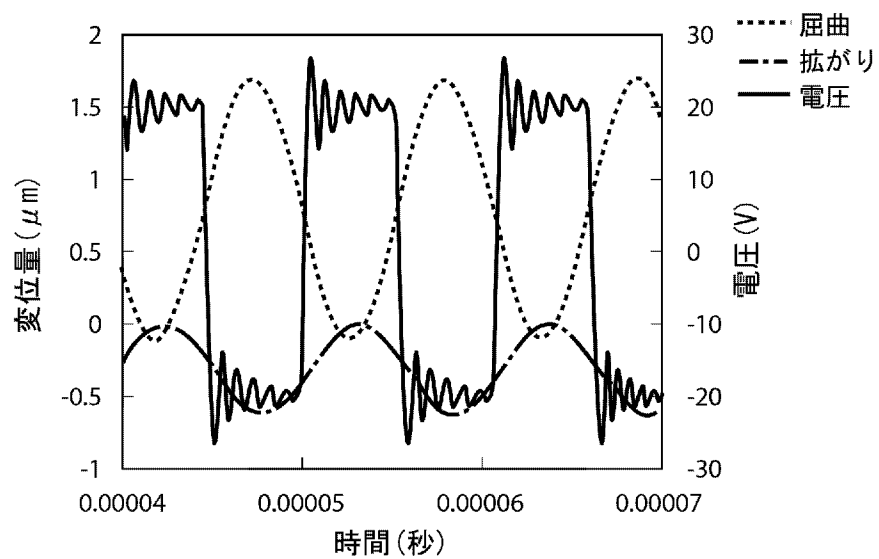
[図36]

図36



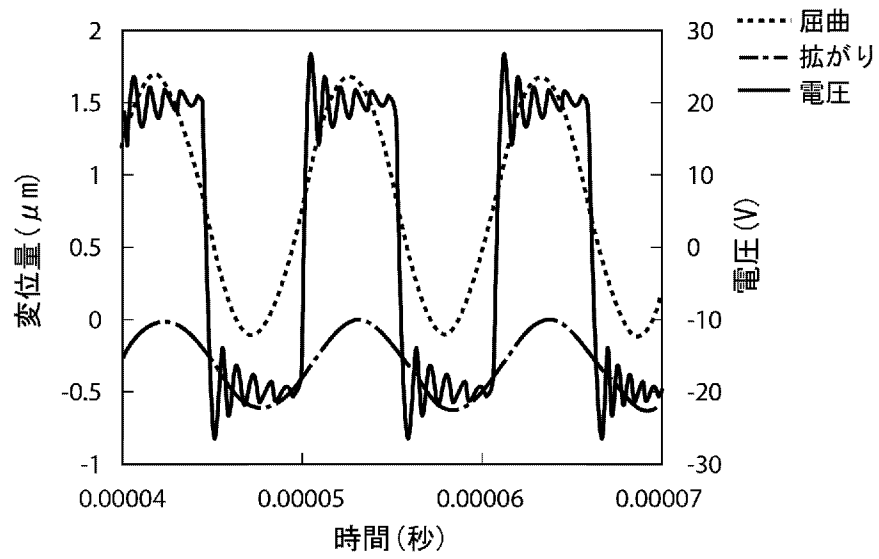
[図37]

図37



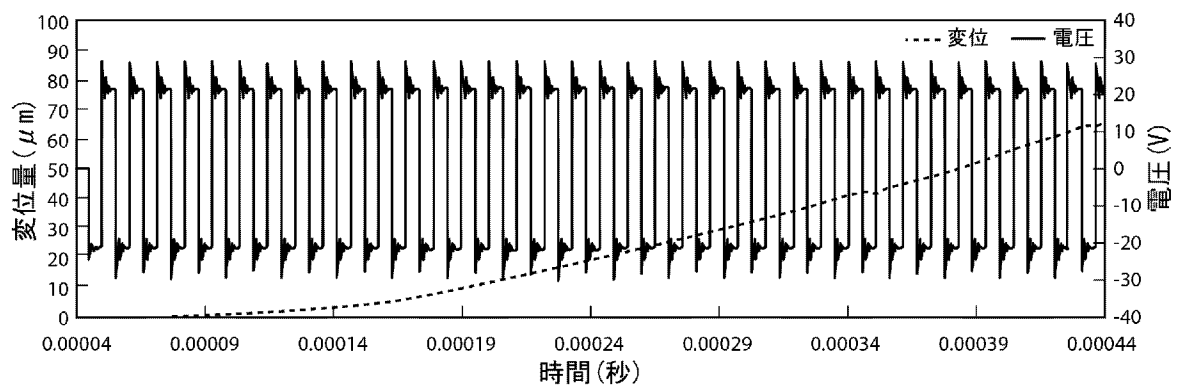
[図38]

図38



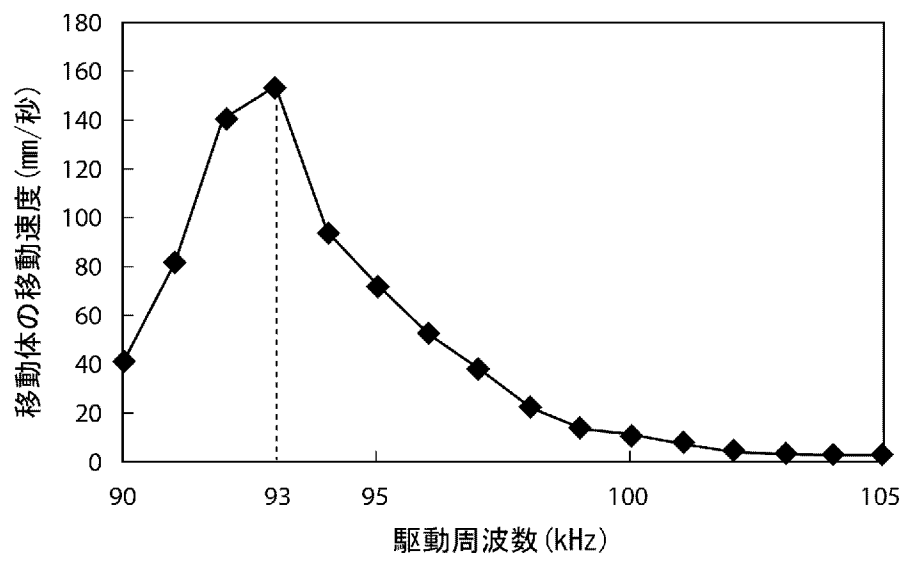
[図39]

図39



[図40]

図40



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/069016

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02N2/00(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)

H02N2/00

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 1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2014 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2014

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	JP 1-298968 A (Rion Co., Ltd.), 01 December 1989 (01.12.1989),	1-2, 4-5, 13-17, 19, 21
Y	page 2, upper right column, line 9 to page 3, upper right column, line 9; fig. 1 to 3 (Family: none)	1-23
Y	JP 63-114576 A (Taga Electric Co., Ltd.), 19 May 1988 (19.05.1988), page 2, lower left column, line 3 to page 3, lower right column, line 3; page 5, upper right column, line 18 to page 6, upper left column, line 11; fig. 5 to 10 (Family: none)	1-23

☒ 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
14 October, 2014 (14.10.14)

Date of mailing of the international search report
28 October, 2014 (28.10.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/069016

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 2011-41335 A (Nikon Corp.), 24 February 2011 (24.02.2011), paragraphs [0010] to [0031]; fig. 1 to 2 (Family: none)	1-23
Y	JP 63-220781 A (Marcon Electronics Co., Ltd.), 14 September 1988 (14.09.1988), page 4, upper right column, line 4 to lower left column, line 7; fig. 13 to 15 (Family: none)	6-18, 22-23
Y	JP 2009-219280 A (Fukoku Co., Ltd.), 24 September 2009 (24.09.2009), paragraphs [0021] to [0038], [0049] to [0050]; fig. 1 to 7 (Family: none)	6-18, 22-23

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. H02N2/00(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. H02N2/00			
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 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2014年 日本国実用新案登録公報 1996-2014年 日本国登録実用新案公報 1994-2014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	JP 1-298968 A（リオン株式会社）1989.12.01, 第2ページ右上欄第9行-第3ページ右上欄第9行, 第1-3図（ファミリーなし）		1-2, 4-5, 13-17, 19, 21
Y			1-23
Y	JP 63-114576 A（多賀電気株式会社）1988.05.19, 第2ページ左下欄第3行-第3ページ右下欄第3行, 第5ページ右上欄第18行-第6ページ左上欄第11行, 第5-10図（ファミリーなし）		1-23
☒ 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 14.10.2014		国際調査報告の発送日 28.10.2014	
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） 西山 智宏 電話番号 03-3581-1101 内線 3357	3V 3112

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 2011-41335 A (株式会社ニコン) 2011.02.24, 【0010】 - 【0031】, 第 1-2 図 (ファミリーなし)	1-23
Y	JP 63-220781 A (マルコン電子株式会社) 1988.09.14, 第 4 ページ 右上欄第 4 行-左下欄第 7 行, 第 13-15 図 (ファミリーなし)	6-18, 22-23
Y	JP 2009-219280 A (株式会社フコク) 2009.09.24, 【0021】 - 【0038】, 【0049】 - 【0050】, 第 1-7 図 (ファミリーなし)	6-18, 22-23