

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2007 年 9 月 20 日 (20.09.2007)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2007/105489 A1

(51) 国際特許分類:
H02N 2/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2007/053808

(22) 国際出願日: 2007 年 2 月 28 日 (28.02.2007)

(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2006-067669 2006 年 3 月 13 日 (13.03.2006) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): フジ
ノン株式会社 (FUJINON CORPORATION) [JP/JP];
〒3319624 埼玉県さいたま市北区植竹町 1 丁目
3 2 4 番地 Saitama (JP). 国立大学法人室蘭工業大
学 (MURORAN INSTITUTE OF TECHNOLOGY)
[JP/JP]; 〒0508585 北海道室蘭市水元町 2 7 - 1
Hokkaido (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 石黒 稔 (ISHIG-
URO, Minoru) [JP/JP]; 〒3319624 埼玉県さいたま市
北区植竹町 1 丁目 3 2 4 番地 フジノン株式会
社内 Saitama (JP). 山本 慎一 (YAMAMOTO, Shinichi)
[JP/JP]; 〒3319624 埼玉県さいたま市北区植竹町 1 丁
目 3 2 4 番地 フジノン株式会社内 Saitama (JP). 青柳
学 (AOYAGI, Manabu) [JP/JP]; 〒0508585 北海道室蘭
市水元町 2 7 番 1 号室蘭工業大学内 Hokkaido (JP).

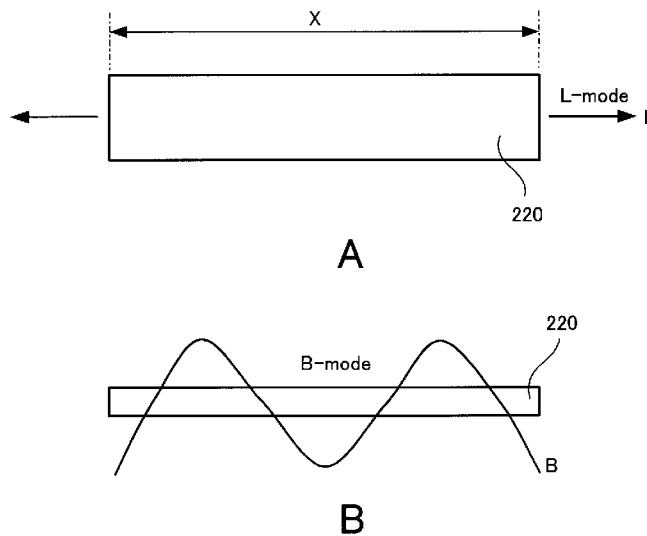
(74) 代理人: 山田 正紀, 外 (YAMADA, Masaki et al.); 〒
1050003 東京都港区西新橋 3 丁目 3 - 3 ペリカンビ
ル 4 階 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護
が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG,
BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,
DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,

[続葉有]

(54) Title: ULTRASONIC ACTUATOR

(54) 発明の名称: 超音波アクチュエータ



(57) Abstract: An ultrasonic actuator for rotating a rotor, small-sized and capable of being easily voltage-controlled. The ultrasonic actuator has a plate-like vibrator and piezoelectric elements. The plate-like vibrator is at one end in contact with the rotor, has a bent corner in the middle, and is extended until the other end is fixed to position. The piezoelectric elements are in contact with a portion between the one end and the corner, vibrates by receiving an AC voltage between either of two electrodes on both sides of the vibrator or a plate-like vibrator that doubles as the either of the two electrodes and the other electrode, and transmits the vibration to the vibrator.

(57) 要約: 小型で電圧制御が容易な超音波アクチュエータを提供することを目的とし、回転自在なロータに作用してロータを回転させる超音波アクチュエータにおいて、ロータに一端が接し途中に折れ曲がった角部を有

[続葉有]



WO 2007/105489 A1



HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

(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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG,

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

しさらに延在して他端側が固定された板状の振動子と、振動子の、上記一端と上記角部との間の一部分と接触し、両面の電極のうち一方の面の電極または一方の面の電極を兼ねた板状の振動子と他方の面の電極との間に交流電圧の印加を受けて振動してその振動を振動子に伝える圧電素子とを備えた。

明 細 書

超音波アクチュエータ

技術分野

[0001] 本発明は、回転自在なロータに作用して、そのロータを回転させる超音波アクチュエータに関する。

背景技術

[0002] 近年、携帯電話などの小型機器に、被写体を撮影する撮影装置を内蔵することが広範に行われている。日ごろから常に携帯している小型機器に撮影装置が備えられることによって、デジタルカメラやビデオカメラを持ち運ぶ手間をかけずに、いつでも手軽に撮影を行うことができる。また、これらの小型機器には、無線や赤外線などを使ったデータ通信機能が予め搭載されていることが一般的であり、撮影した撮影画像をその場ですぐに他の携帯電話やパーソナルコンピュータなどに送ることができるという利点もある。

[0003] しかし、携帯電話などといった小型機器に内蔵される撮影装置は、通常のデジタルカメラと比較してかなり小型なために、レンズやCCD(Charge Couple Device)撮像素子(以下、「撮像素子」は省略する)等の大きさや、それらを収納するスペースが大幅に制限される。このため、これらの小型機器は、デジタルカメラの代替機器として用いられるには撮影機能や撮影画像の画質等が不十分であり、メモ替わりに画像を得る場合や、携帯電話等の待ち受け画面用の画像を得る場合などのように、高画質を要求されない撮影用に用途が限定されることが多い。

[0004] これらの点に関し、近年では、画素数の多い小型CCDや、これに対応した小型レンズなどが開発されてきており、小型機器を使って撮影される撮影画像の高画質化が急速に進んでいる。残る課題である撮影機能の充実においては、特に、これらの小型機器に、デジタルカメラには標準的に搭載されているオートフォーカス機能やズーム機能が搭載されることが望まれている。

[0005] オートフォーカス機能やズーム機能は、モータの回転を利用し、レンズを光軸に沿う方向に移動させることによって実現されることが一般的である。通常、レンズを駆動す

るモータとしては、磁場によってロータを回転させる電磁モータが利用されることが多いが、電磁モータは消費電力が大きく、比較的大型であるため、撮影装置内に搭載しようとする、撮影装置全体の大きさや重量が大幅に増加してしまううえ、通常の撮影機能を実行する電力に加えて、電磁モータを駆動するのに十分な電力を確保する必要が生じる。したがって、電磁モータを利用したオートフォーカス機能やズーム機能は、小型化および軽量化が求められている携帯電話などには搭載することが困難である。

[0006] この点に関し、特許文献1および特許文献2には、電磁モータの代わりに圧電を用いたアクチュエータを使ってレンズを移動させる撮影装置について記載されており、特許文献3および特許文献4には、圧電を用いたアクチュエータの基本的な構成について記載されている。

[0007] 図1は、圧電を用いた超音波アクチュエータ10の概略構成図であり、図2は、超音波アクチュエータ10の動作原理を説明するための図である。

[0008] 図1に示すように、超音波アクチュエータ10には、電圧の印加を受けて振動する圧電素子11、圧電素子11の振動を受けて歪む弾性振動体12、弾性振動体12の振動変位によって回転するロータ13、圧電素子11および弾性振動体12を支持する支持部材14、弾性振動体12をロータ13に向けて付勢するばね15、およびばね15を弾性振動体12に押し当てる押当板16が備えられている。

[0009] 図2に示すように、弾性振動体12は、2枚の圧電素子11a, 11bに挟まれており、例えば、圧電素子11a, 11bそれぞれに同じ位相の交流電圧が印加されると、それら圧電素子11a, 11bが同じ方向に伸縮して弾性振動体12が変形し、弾性振動体12の先端がロータ13に押し付けられることによって、弾性駆動体12の先端が楕円を描いて駆動され、ロータ13が矢印A方向に回転されることとなる。

[0010] このような圧電を用いた超音波アクチュエータを撮影装置に搭載することによって、電磁モータよりも少ない電力でレンズを駆動することができ、さらに、撮影装置の軽量化や、レンズ駆動の静音化を図ることができる。

特許文献1:特開2004-294759号公報

特許文献2:特開2004-294580号公報

特許文献3:特開2005-218179号公報

特許文献4:特開2003-199371号公報

[0011] ところで、弾性振動体の歪みとしては、弾性振動体が伸縮する縦振動と、弾性振動体が波打つように屈曲する屈曲振動と、縦振動と屈曲振動とが結合された結合振動とが知られており、ロータを高速に回転させるためには、弾性振動体を結合振動させることが好ましい。しかし、上述した特許文献3および特許文献4に記載された技術などによると、弾性振動体を結合振動させるために、複数の圧電素子それぞれに相互に異なる位相の交流電圧を印加する必要がある、電圧制御が複雑化してしまうという問題がある。

[0012] また、従来の圧電を用いた超音波アクチュエータでは、弾性振動体12を支持する支持部材14に加えて、弾性振動体12をロータ13に押し付けるばね15や押当板16などといった予圧機構が必要となる。特に、予圧機構は、弾性振動体12の歪みには直接的には関係しない部品であるにも関わらず、それ以外の部分と同等のスペースを占めてしまっており、超音波アクチュエータの小型化におけるネックとなってしまう。

[0013] 以上のようなことから、圧電型の超音波アクチュエータを上述したような携帯電話用の撮影装置などに搭載するためには、超音波アクチュエータのさらなる小型化や、電圧制御の簡略化などが要求される。

[0014] また、このような問題は、撮影装置のみに限られた問題ではなく、電圧の印加を受けて駆動する超音波アクチュエータを用いる分野一般で生じる問題である。

[0015] 本発明は、上記事情に鑑み、小型で電圧制御が容易な超音波アクチュエータを提供することを目的とする。

発明の開示

[0016] 上記目的を達成する本発明の超音波アクチュエータは、回転自在なロータに作用してロータを回転させる超音波アクチュエータにおいて、

ロータに一端が接し途中で折れ曲がった角部を有しさらに延在して他端側が固定された板状の振動子と、

振動子の、上記一端と上記角部との間の一部分に接触し、交流電圧の印加を受け

て振動してその振動を振動子に伝える圧電素子とを備えたことを特徴とする。

- [0017] 本発明の超音波アクチュエータによると、板状の振動子の固定された側の端(他端側)によって圧電素子が支持され、その固定された側の端(他端側)と角部との間の部分の弾性によって、ロータと接触する側の端(一端側)がロータに押し付けられる。このため、図1に示す支持部材14や、ばね15や押当板16といった予圧機構が不要となり、超音波アクチュエータ全体を小型化することができる。また、本発明の超音波アクチュエータによると、圧電素子に交流電圧が印加されると、振動子が交流電圧の位相に応じた方向に歪んで、その歪みの一部の方向が角部で変換され、それら複数方向の歪みが結合されてロータに伝達される。したがって、圧電素子に単相の交流電圧を印加するだけで、上述した結合振動を実現することができ、電圧制御を簡略化することができる。
- [0018] また、本発明の超音波アクチュエータにおいて、上記圧電素子が、振動子の、上記一端と上記角部との間の一部分を挟んで複数設けられたことが好ましい。
- [0019] 圧電素子が振動子を挟んで複数設けられることによって、装置の大型化を抑えて、振動子を大きく歪ませることができ、ロータを高速に回転させることができる。
- [0020] また、本発明の超音波アクチュエータにおいて、上記振動子が金属板であって、複数の圧電素子それぞれの一方の電極を兼ねるものであることが好適である。
- [0021] 本発明の好適な超音波アクチュエータによると、振動子が圧電素子に電圧を印加する電極を兼ねるため、装置を小型化することができる。
- [0022] また、本発明の超音波アクチュエータにおいて、振動子の、上記一端側の一部分が、その一部分を除く部分よりも狭幅に形成されてなることが好ましい。
- [0023] 振動子の、ロータと接触する側の一部分が狭幅に形成されることによって、振動子の歪みが効率よくロータに伝達され、ロータを確実に回転させることができる。
- [0024] また、本発明の超音波アクチュエータにおいて、上記振動子は、異なる周波数の交流電圧の印加を受けた圧電素子の振動の伝達を受けて、ロータを異なる方向に回転させるように振動するものであることが好ましい。
- [0025] 圧電素子に印加される交流電圧の周波数を変えることにより、振動子で発生する縦振動および屈曲振動それぞれの成分比率や位相関係が変化し、振動子からロータ

に与えられる合力の方向が変わるため、ロータの回転方向を制御することができる。

[0026] また、本発明の超音波アクチュエータにおいて、上記振動子は、圧電素子に印加される交流電圧の周波数が、その振動子における縦振動と屈曲振動それぞれの共振周波数で切り替えられることによって、ロータを異なる方向に回転させるものであることが好適である。

[0027] 圧電素子に縦振動の共振周波数の交流電圧が印加されると、振動子は縦方向に大きく振動しながら屈曲方向にも振動し、圧電素子に屈曲振動の共振周波数の交流電圧が印加されると、振動子は屈曲方向に大きく振動しながら縦方向にも振動する。このように、本発明の好適な超音波アクチュエータによると、振動子を大きく振動させたままでロータに与えられる力の方向が切り替えられ、ロータを確実にかつ効率よく回転させることができるとともに、ロータの回転方向を容易に切り替えることができる。

[0028] また、本発明の超音波アクチュエータにおいて、上記振動子は、圧電素子に印加される交流電圧の周波数が、その振動子における縦振動の共振周波数のうちその振動子における屈曲振動の共振周波数に近い第1の周波数と、その振動子における屈曲振動の共振周波数のうちその振動子における縦振動の共振周波数に近い第2の周波数とで切り替えられることによって、ロータを異なる方向に回転させるものであることが好ましい。

[0029] 圧電素子に第1の共振周波数および第2の共振周波数それぞれの交流電圧を印加した場合、どちらの場合にも振動子において結合振動が励振されるが、縦振動と屈曲振動とが結合される際の成分比率や位相関係が相互に逆となり、ロータに与えられる合力の向きが相互に逆向きとなる。このため、圧電素子に印加される交流電圧の周波数を第1の周波数と第2の周波数とで切り替えることにより、ロータを効率よく回転させることができるとともに、ロータの回転方向を容易かつ確実に切り替えることができる。

[0030] 本発明によれば、小型で電圧制御が容易な超音波アクチュエータを提供することができる。

図面の簡単な説明

[0031] [図1]超音波アクチュエータの概略構成図である。

[図2]超音波アクチュエータの動作原理を説明するための図である。

[図3]従来の超音波アクチュエータの動作原理を説明するための図である。

[図4]振動板の歪みの方向を示す図である。

[図5]振動板の共振周波数を示すグラフである。

[図6]本発明の一実施形態である超音波アクチュエータの概略構成図である。

[図7]振動板および圧電素子拡大図である。

[図8]圧電素子の分極方向を示す図である。

[図9]振動板に発生する歪みの方向を示す図である。

[図10]振動板に発生する歪みの方向を示す図である。

[図11]振動板の共振周波数を示すグラフである。

[図12]ロータを正方向に回転させる動作原理を示す図である。

[図13]ロータを副方向に回転させる動作原理を示す図である。

[図14]2つの結合振動における振動板の速度を示すグラフである。

発明を実施するための最良の形態

[0032] まず、上述した従来の圧電を用いた超音波アクチュエータの問題点について詳しく分析する。

[0033] 図3は、従来の超音波アクチュエータの動作原理を説明するための図である。

[0034] 図3に示す超音波アクチュエータ200は、基本的には、金属製の振動板220と、振動板220を挟んだ2枚の圧電素子210と、圧電素子210に電圧を印加するための電極211とで構成されている。圧電素子210は、振動板220と直交する厚さ方向(矢印B方向)に分極されており、振動板220は、圧電素子210の振動を受けて歪む振動体としての役割と、電極211の対向電極としての役割とを兼ねている。実際には、超音波アクチュエータ200には、図3に示す各種部品の他にも、圧電素子210や振動板220を支持する支持部材や、振動板220を駆動対象物に押し付ける予圧機構などが備えられており、全体としては、本発明の超音波アクチュエータ(後述する)と比較して大型である。

[0035] 図4は、振動板220の歪みの方向を示す図であり、図5は、振動板220の共振周波数を示すグラフである。

[0036] 圧電素子210に電圧を印加すると、その印加電圧の位相に応じて、振動板220に、図4(A)に示すような伸縮方向の歪み(縦振動:L-mode)や、図4(B)に示すような曲げ方向の歪み(屈曲振動:B-mode)が発生する。

[0037] 図5は、横軸が振動板220の長さを示し、縦軸が振動板220の共振周波数を示している。振動板220の共振周波数は、振動板220の振動方向(縦振動:L-mode、屈曲振動:B-mode)によって異なり、振動板220の長さXによっても変化する。図5では、振動板220の長さ X' のときに、縦振動の共振周波数 f_L と屈曲振動の共振周波数 f_B とが交わっている(縮退)。

[0038] 図3に示す超音波アクチュエータ200を効率よく駆動させるためには、振動板220に、縦振動の共振周波数 f_L と屈曲振動の共振周波数 f_B とを近接させた共振周波数 f' の振動を印加して、縦振動と屈曲振動とを発生させることが好ましい。しかし、2枚の圧電素子210それぞれによって、振動板220に共振周波数 f' で同じ振動を印加しても、超音波アクチュエータ200の形状の対称性から、2枚の圧電素子210それぞれの振動によって発生する振動板220の曲げ方向の歪みがキャンセルされてしまい、結局は、振動板220が伸縮方向にのみ歪んでしまう。このため、振動板220を伸縮方向と曲げ方向の両方向に歪ませるためには、2枚の圧電素子210に印加される電圧の位相や大きさを個別に制御する必要があり、電圧制御が複雑化してしまうという問題がある。

[0039] 本発明は、上記のような詳しい分析に基づいたものである。

[0040] 以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。

[0041] 図6は、本発明の一実施形態である超音波アクチュエータの概略構成図である。

[0042] 図6に示すように、超音波アクチュエータ100には、交流電圧の印加を受けて振動する2枚の圧電素子110と、圧電素子110に交流電圧を印加するための電極111と、角部120aでL字形に折れ曲がり、上足121がロータ130と接触し、下足122が固定された振動板120と、回転駆動されるロータ130とが備えられている。振動板120は、本発明にいう振動子の一例にあたり、ロータ130は、本発明にいうロータの一例に相当する。また、圧電素子110は、本発明にいう圧電素子の一例に相当する。

[0043] 図7は、振動板120および圧電素子110の拡大図であり、図8は、圧電素子110の

分極方向を示す図である。

[0044] 本実施形態においては、振動板120は、ステンレス(例えば、SUS304)で構成されており、圧電素子110は、圧電セラミクス(例えば、PZT)で構成されている。尚、これら振動板120や圧電素子110を構成する材料は、これらには限らない。

[0045] 振動板120は、上足121の、ロータ130と接触する接触部分121aが狭幅に形成されている。また、2枚の圧電素子110は、振動板120の上足121を挟んで配置されており、金属製の振動板120が、圧電素子110の振動を受けて歪む振動体と、2枚の圧電素子110に備えられた2つの電極111それぞれに対する対向電極とを兼ねている。このように、振動板120が、振動体と対向電極とを兼ねることによって、超音波アクチュエータ100を小型化することができる。

[0046] 本実施形態における振動板120および圧電素子110の寸法について記載する。図7に示す例では、圧電素子110の長さ d_1 が3.0mm、振動板120の上足121の、接触部分121aを除く部分の長さ d_2 が3.4mm、圧電素子110および振動板120の厚さはともに0.2mmで、2枚の圧電素子110と振動板120とを合わせた厚さ d_3 が0.6mm、振動板120の接触部分121aの長さ d_4 が1.4mm、接触部分121aの幅 d_5 が0.5mm、振動板120の下足122の長さ d_6 が7.0mm、下足122の幅 d_7 が1.3mmの寸法に形成されている。

[0047] また、図8に示すように、2枚の圧電素子110は、厚さ方向(矢印C方向)にそれぞれ分極されており、それら2枚の圧電素子110に、同じ位相、同じ大きさ、同じ周波数の交流電圧が印加される。

[0048] 図9および図10は、振動板120に発生する変位の方向を示す図である。

[0049] 2枚の圧電素子110に交流電圧が印加されると、圧電素子110が励振し、振動板120の上足121に歪みが発生する。振動板120の上足121は、下足122の弾性によって図6に示すロータ130に押し付けられており、振動板120で発生した歪みは確実にロータ130に伝達される。このように、振動板120をL字に折り曲げることによって、圧電素子110を支持する支持部材や、振動板120をロータ130に押し付ける予圧機構が不要となり、部品数を減少させて製造コストを抑えることができるとともに、超音波アクチュエータ100を大幅に小型化することができる。

- [0050] また、上足121で発生した歪みの一部は、角部120aによって方向が変換される。その結果、振動板120には、複数方向の歪みが発生し、それら複数方向の歪みが結合されてロータ130に伝達される。尚、図9および図10に示す振動板120の振動モードの次数は一例であり、振動板120の長さを変えることなどによって調整することができる。
- [0051] 図11は、振動板120の共振周波数を示すグラフである。
- [0052] 図11は、横軸が振動板120の上足121の長さXを示し、縦軸が振動板120の共振周波数を示している。
- [0053] 本実施形態の超音波アクチュエータ100は、図3に示す従来の超音波アクチュエータ200と比較して、振動板120がL字形状に折れ曲がっていることによって形状の対称性が失われており、縦振動が発生すると、その縦振動の一部が屈曲振動に変換され、逆に、屈曲振動が発生すると、その屈曲振動の一部が縦振動に変換される。このように、超音波アクチュエータ100では、常に2つの振動が混在している。
- [0054] 図11に示すように、本実施形態の超音波アクチュエータ100では、縦振動(L-mode)の共振周波数と、屈曲振動(B-mode)の共振周波数とが一致することではなく、それら2つの振動の共振周波数が近づく領域Rにおいて、縦振動のグラフ上で屈曲振動のグラフに最も近づくときの最近共振周波数 f_{Low} と、屈曲振動のグラフ上で縦振動のグラフに最も近づくときの最近共振周波数 f_{High} が存在する。最近共振周波数 f_{Low} は、本発明にいう第1の共振周波数の一例にあたり、最近共振周波数 f_{High} は、本発明にいう第2の共振周波数の一例に相当する。
- [0055] 例えば、2枚の圧電素子110に、図11に示す縦振動(L-mode)のグラフ上の最近共振周波数 f_{Low} を有する交流電圧が印加されると、振動板120は、主に伸縮方向に歪んで縦振動(L-mode)が発生し、その縦振動が角部120aで曲げ方向の歪みに変換されて、屈曲振動(B-mode)が発生する。これら縦振動と屈曲振動が振動板120の先端部121で結合され、図9に示すように、振動板120の伸縮に振動板120自体の屈曲も加わった合力Tによってロータ130が回転される。
- [0056] また、2枚の圧電素子110に、図11に示す屈曲振動(B-mode)のグラフ上の最近共振周波数 f_{High} を有する交流電圧が印加されると、振動板120は、主に曲げ方向

に歪んで屈曲振動(B-mode)を発生し、その屈曲振動が角部120aで伸縮方向の歪みに変換されて、縦振動(L-mode)が発生する。これら縦振動と屈曲振動が振動板120の先端部121で結合されることにより、図10に示すように、図9とは逆方向の合力 T' によってロータ130が回転される。

[0057] 図12は、ロータ130を正方向に回転させる動作原理を示す図である。

[0058] 例えば、最近共振周波数 f_{Low} を有する交流電圧を印加して圧電素子110を振動させると、振動板120の変位の振幅は徐々に大きくなる。振動板120の曲げ変位が上方向に最大、伸縮変位が0に近づくと、振動板120の接触部分121aがロータ130と接触する(図12のステップS11)。このとき、伸縮速度が伸び方向に最大となる。

[0059] 続いて、振動板120が伸び、接触部分121aがロータ130の外周を突っつくことにより、ロータ130に回転トルクを与える。その結果、ロータ130が矢印M方向に回転する(図12のステップS12)。このとき、伸縮変位が最大、曲げ変位が0付近、下向きの速度が最大となる。

[0060] 振動板120が最大に伸びると、振動板120は縮む方向に変位するが、下向きの曲げ変位が生じており、接触部分121aはロータ130から離れる。(図12のステップS13)。このとき、伸縮変位が0、曲げ変位が下方向に最大、縮み方向の速度が最大となる。

[0061] 振動板120が最も縮んだ状態では、振動板120はステップS11とは逆方向に伸縮しているが、接触部分121aはロータ130から離れているため、接触部分121aがロータ130の回転を妨げず、ロータ130は慣性で回転し続ける(図12のステップS14)。

[0062] 以上のようにして、ロータ130が正方向(矢印M方向)に回転される。

[0063] 図13は、ロータ130を副方向に回転させる動作原理を示す図である。

[0064] 図12とは逆に、最近共振周波数 f_{High} を有する交流電圧を印加して圧電素子110を振動させると、振動板120の伸縮変位が伸び方向に最大のときは、曲げ変位によって振動板120の接触部分121aがロータ130とは接触しない(図13のステップS21)。このとき、伸縮方向の変位が最大、曲げ変位が0付近、上向きの速度が最大となる。

[0065] 続いて、振動板120が縮み、接触部分121aがロータ130の外周を手招きするよう

にこすることにより、ロータ130に回転トルクを与える。その結果、ロータ130が矢印M[′]方向に回転する(図13のステップS22)。このとき、伸縮変位が0、屈曲変位が0、縮み方向の速度が最大となる。

[0066] 曲げ方向の変位が上方向に最大となるときには、伸縮変位が最小となり、接触部分121aはロータ130から離れる。(図13のステップS23)。このとき、伸縮変位は最小、屈曲変位は上方向に最大となる。

[0067] 曲げ方向の変位が下方向に最大となるときには、伸縮変位が最大に近づくが、接触部分121aはロータ130から離れているため、接触部分121aがロータ130の回転を妨げず、ロータ130は慣性で回転し続ける(図13のステップS24)。

[0068] 以上のようにして、ロータ130が副方向(矢印M[′]方向)に回転される。

[0069] 図14は、2つの結合振動における振動板120の速度を示すグラフである。

[0070] 図14は、横軸が圧電素子110へ印加する交流電圧の周波数を示し、縦軸が振動板120の振動速度を示している。

[0071] 有限要素法解析結果によると、図7に示す本実施形態の超音波アクチュエータ100では、交流電圧の周波数が f_2 (567. 9kHz)のときに、伸縮方向の速度 M_L および曲げ方向の速度 M_B が、ロータ130を図12に示す正方向に回転させる方向に最大となり、交流電圧の周波数が f_1 (518. 5kHz)のときに、伸縮方向の速度 S_L および屈曲方向の速度 S_B が、ロータ130を図13に示す副方向に回転させる方向に最大となった。

[0072] このように、本実施形態の超音波アクチュエータ100によると、2枚の圧電素子110それぞれに同じ交流電圧(大きさ、位相、周波数)を単純に印加するだけで、振動板120に屈曲振動と縦振動との両方が発生するため、簡略な電圧制御でロータ130を高速に回転させることができる。また、圧電素子110に印加する交流電圧の周波数を2つの最近共振周波数 f_{High} 、 f_{Low} に切り替えることによって、ロータ130の回転方向を容易に切り替えることができるとともに、ロータ130を効率よく回転させることができる。

[0073] ここで、上記では、本発明の2枚の圧電素子を備えた超音波アクチュエータについて説明したが、本発明の超音波アクチュエータは、3枚以上の圧電素子を備えたものであってもよく、また、1枚の圧電素子を備えたものであってもよい。

[0074] また、上記では、L字に曲がった振動板を備えた超音波アクチュエータについて説明したが、本発明の超音波アクチュエータは、2つ以上の角を有する振動子を備えたものであってもよい。

[0075] また、上記では、圧電素子の電極を兼ねた金属製の振動板を備えた超音波アクチュエータについて説明したが、本発明の超音波アクチュエータは、例えば、プラスチック製の振動子を用いて、その振動子とは別に、圧電素子に電圧を印加するための電極を備えたものであってもよい。

請求の範囲

- [1] 回転自在なロータに作用して該ロータを回転させる超音波アクチュエータにおいて、
- 前記ロータに一端が接し途中で折れ曲がった角部を有しさらに延在して他端側が固定された板状の振動子と、
- 前記振動子の、前記一端と前記角部との間の一部分に接触し、交流電圧の印加を受けて振動して該振動を前記振動子に伝える圧電素子とを備えたことを特徴とする超音波アクチュエータ。
- [2] 前記圧電素子が、前記振動子の、前記一端と前記角部との間の一部分を挟んで複数設けられたことを特徴とする請求項1記載の超音波アクチュエータ。
- [3] 前記振動子が金属板であって、複数の圧電素子それぞれの一方の電極を兼ねるものであることを特徴とする請求項2記載の超音波アクチュエータ。
- [4] 前記振動子の、前記一端側の一部分が、該一部分を除く部分よりも狭幅に形成されてなることを特徴とする請求項1記載の超音波アクチュエータ。
- [5] 前記振動子は、異なる周波数の交流電圧の印加を受けた圧電素子の振動の伝達を受けて、前記ロータを異なる方向に回転させるように振動するものであることを特徴とする請求項1記載の超音波アクチュエータ。
- [6] 前記振動子は、前記圧電素子に印加される交流電圧の周波数が、該振動子における縦振動と屈曲振動それぞれの共振周波数で切り替えられることによって、前記ロータを異なる方向に回転させるものであることを特徴とする請求項1記載の超音波アクチュエータ。
- [7] 前記振動子は、前記圧電素子に印加される交流電圧の周波数が、該振動子における縦振動の共振周波数のうち該振動子における屈曲振動の共振周波数に近い第1の周波数と、該振動子における屈曲振動の共振周波数のうち該振動子における縦振動の共振周波数に近い第2の周波数とで切り替えられることによって、前記ロータを異なる方向に回転させるものであることを特徴とする請求項1記載の超音波アクチュエータ。

[図1]

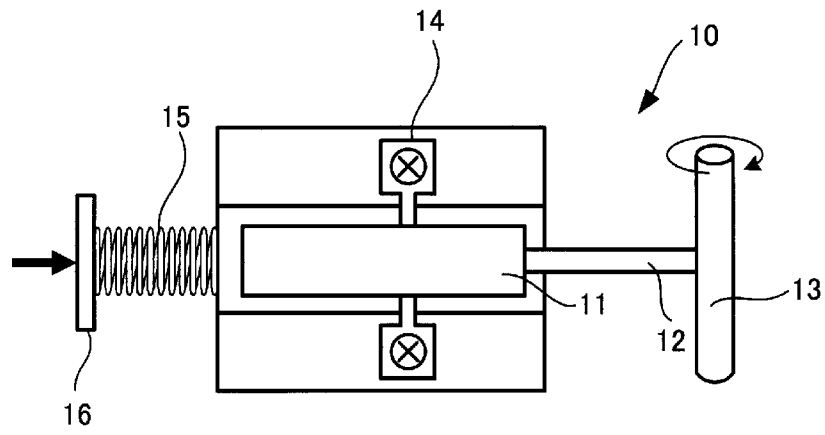


Fig. 1

[図2]

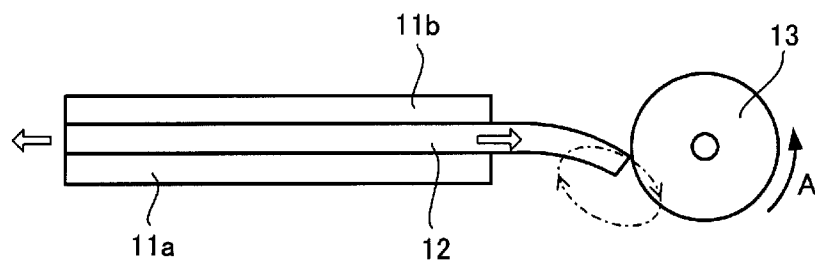


Fig. 2

[図3]

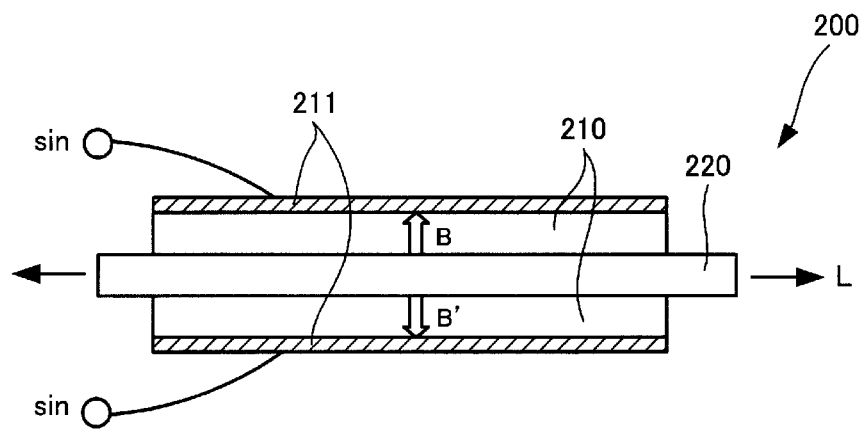


Fig. 3

[図4]

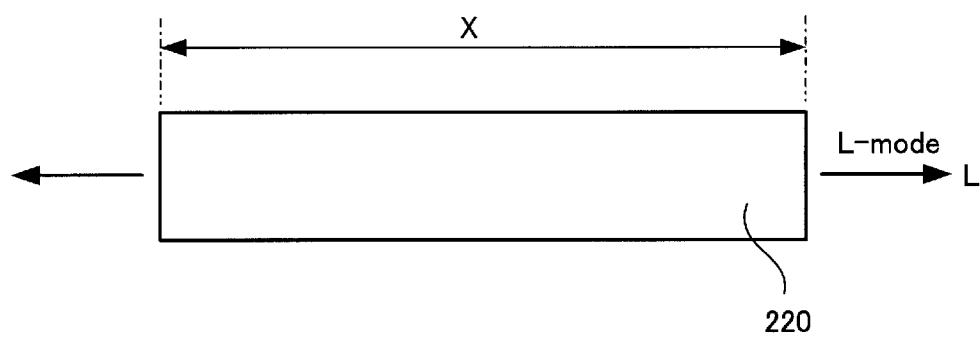


Fig. 4A

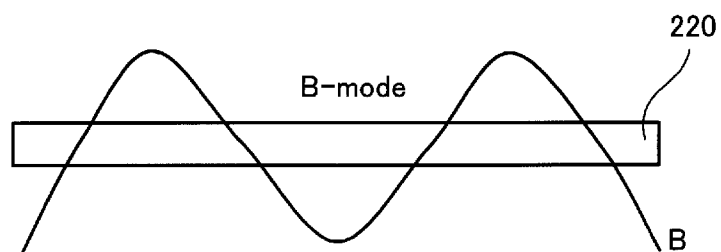


Fig. 4B

[図5]

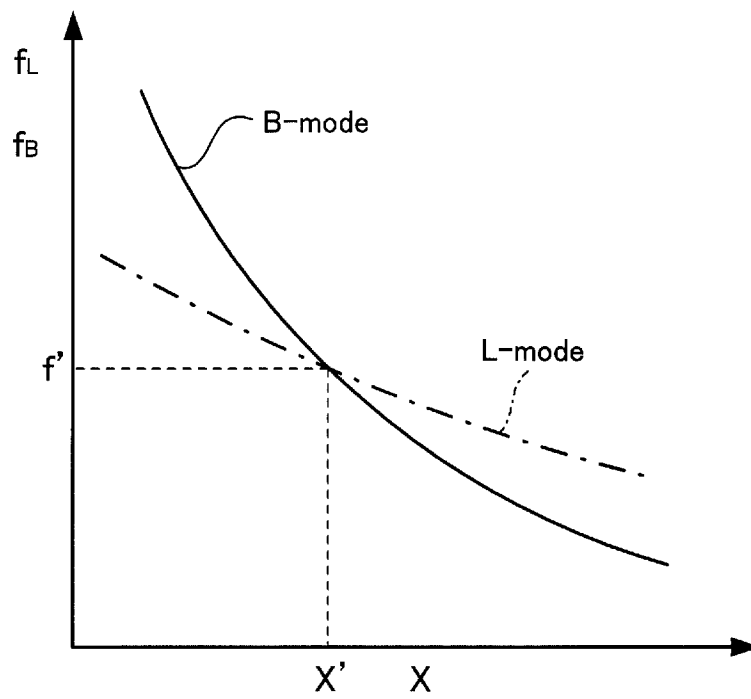


Fig. 5

[図6]

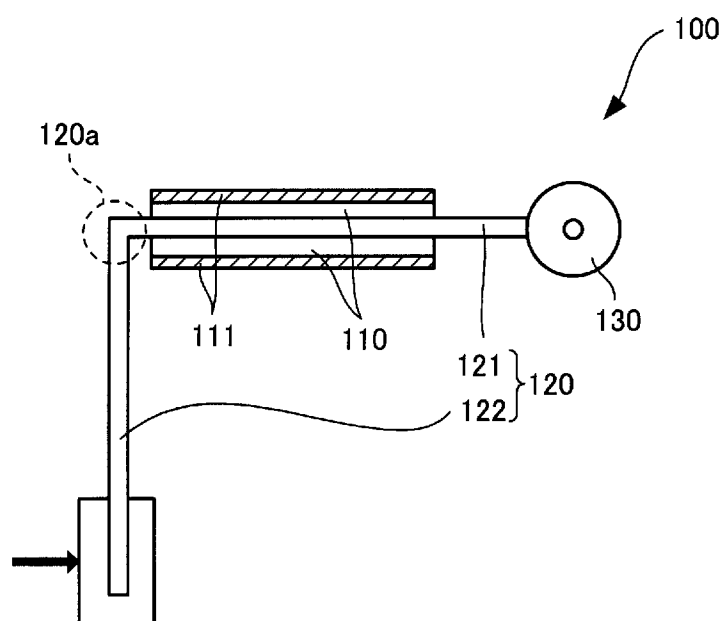


Fig. 6

[図7]

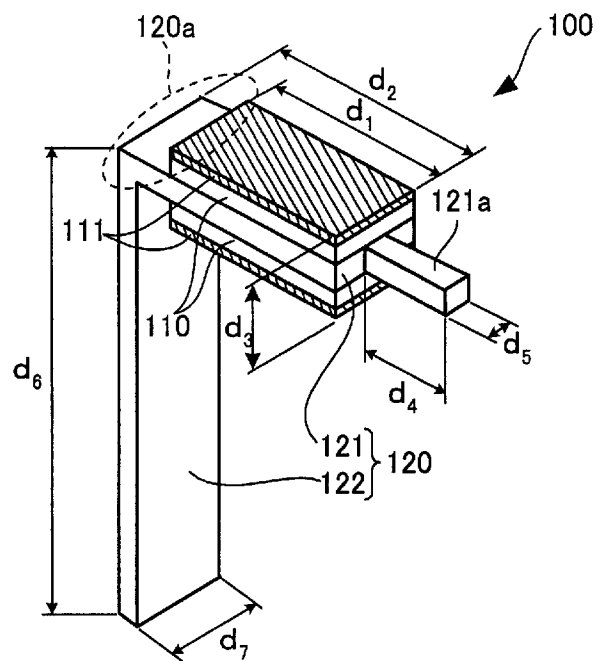


Fig. 7

[図8]

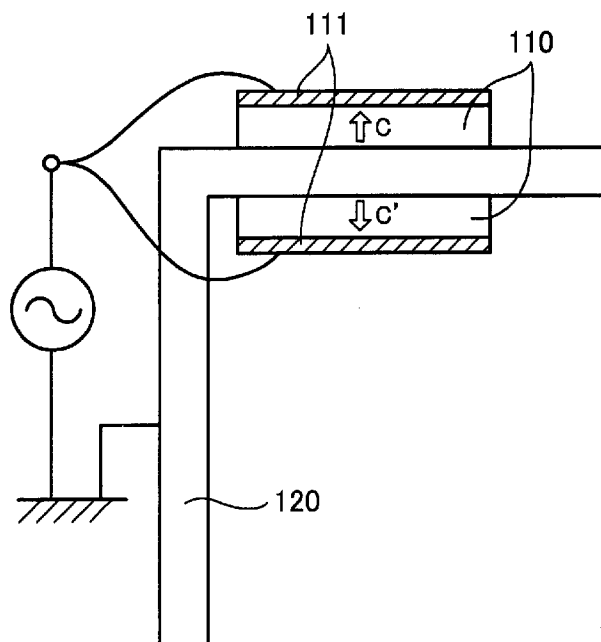


Fig. 8

[図9]

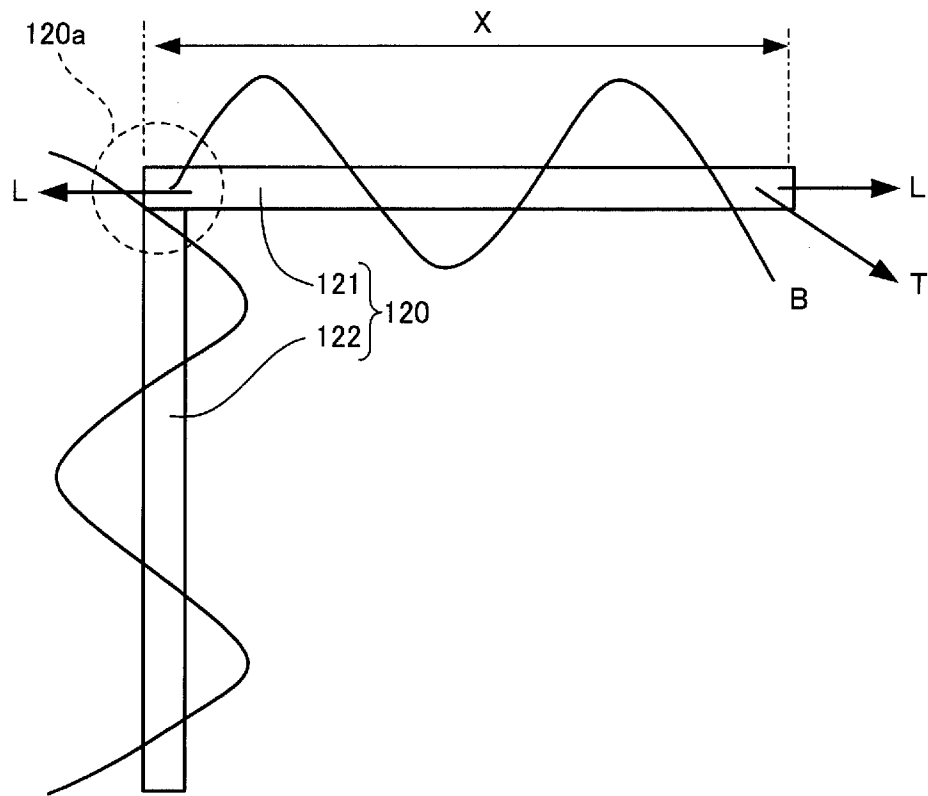


Fig. 9

[図10]

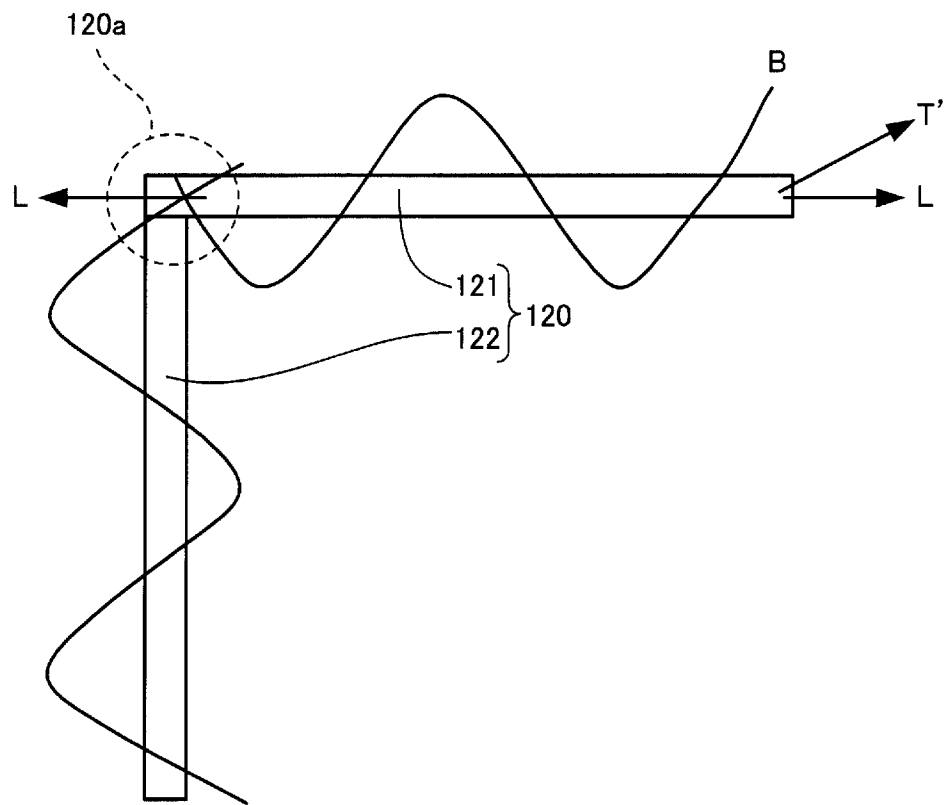


Fig. 10

[図11]

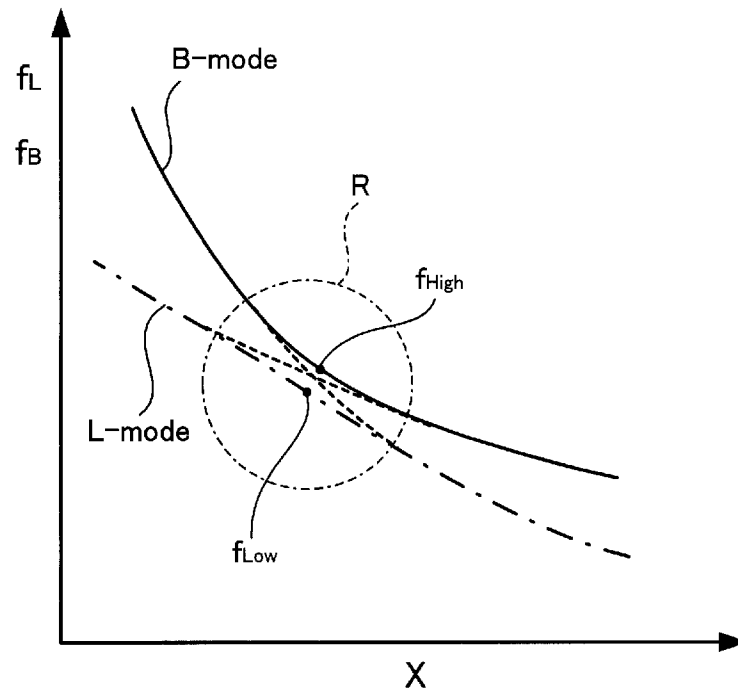


Fig. 11

[図12]

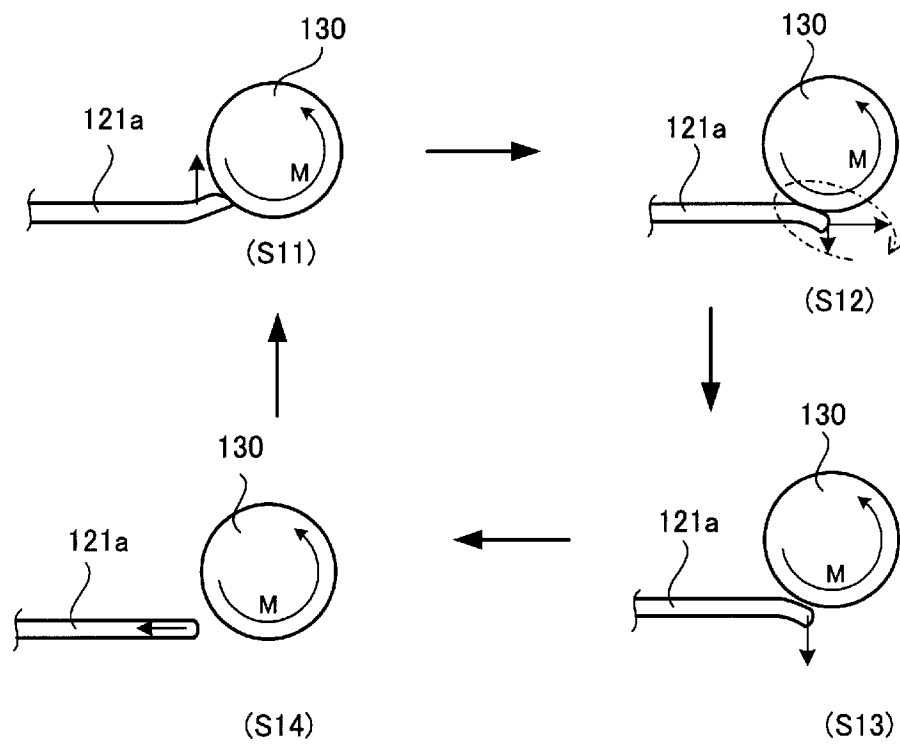


Fig. 12

[図13]

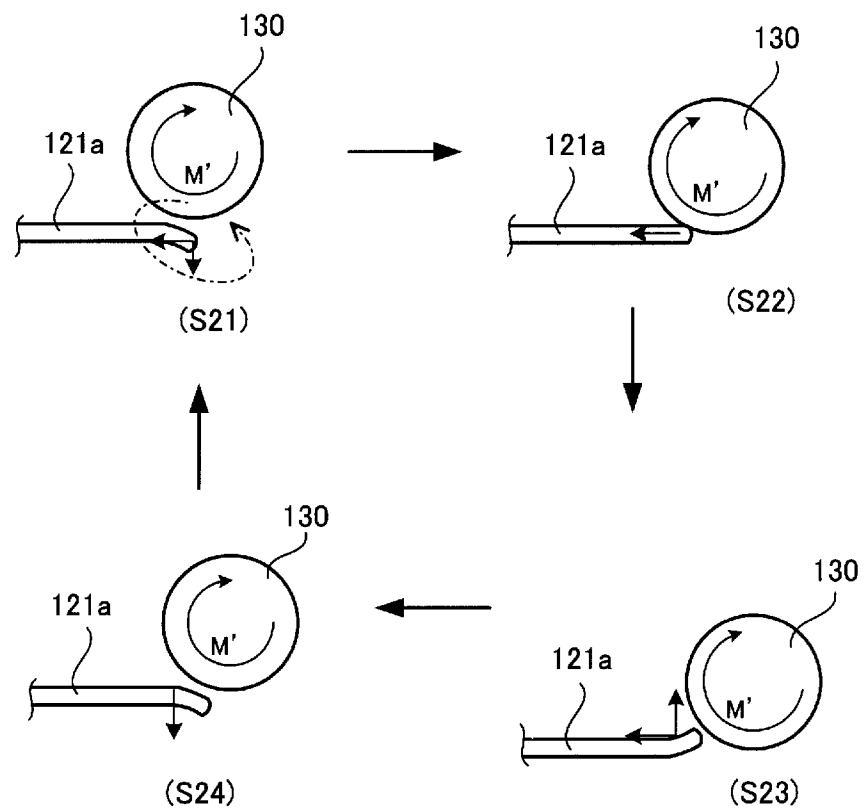


Fig. 13

[図14]

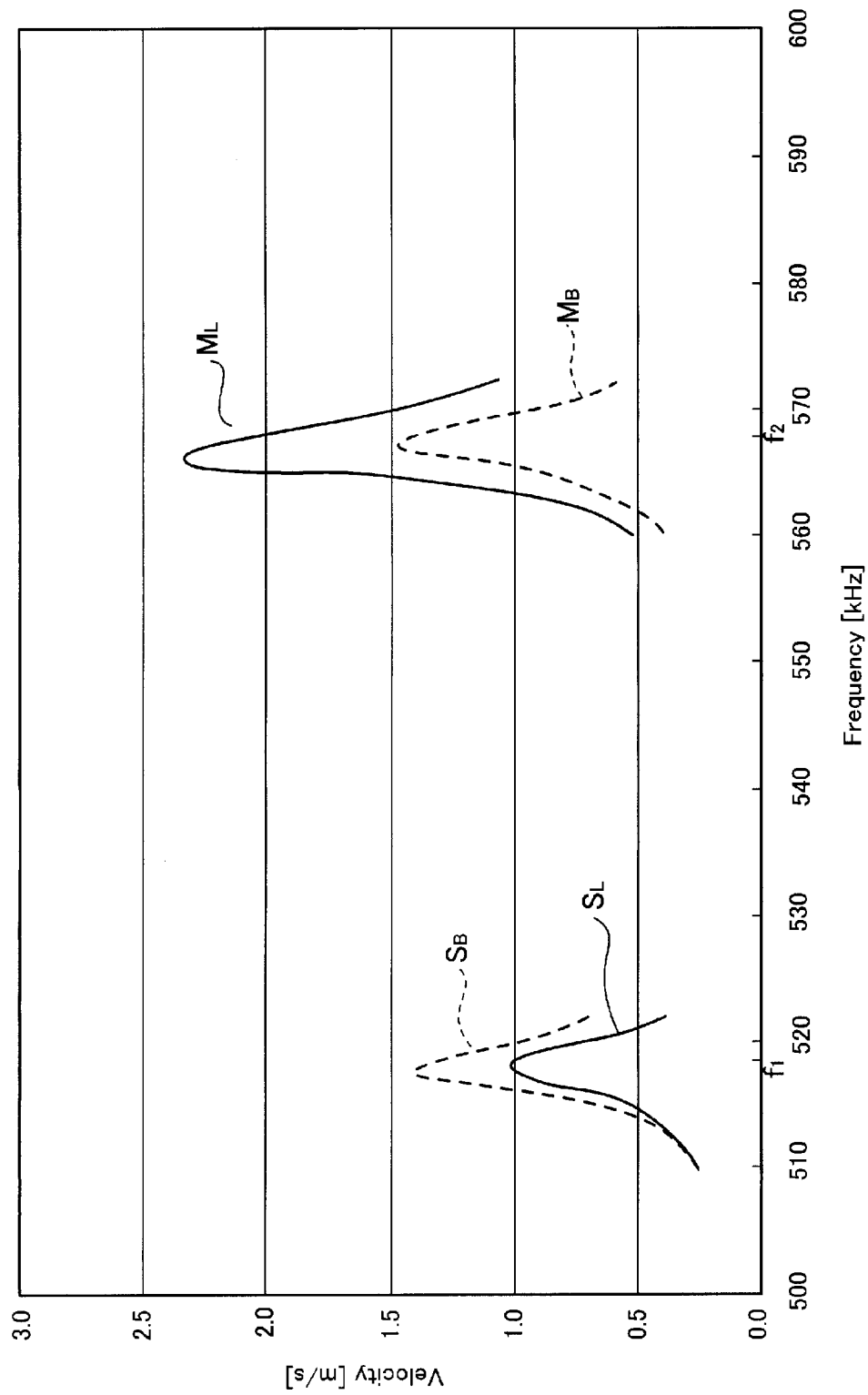


Fig. 14

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2007/053808

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	1996-2007
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2007	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2007

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

WPI

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 5-344765 A (Olympus Optical Co., Ltd.), 24 December, 1993 (24.12.93), Par. Nos. [0016] to [0020] (Family: none)	1-7
A	JP 2000-333480 A (Seiko Epson Corp.), 30 November, 2000 (30.11.00), Par. No. [0059] & US 2004/0156274 A1 & US 6885615 B1 & EP 1075079 A1 & WO 2000/038309 A1	1-7

☐ 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
08 May, 2007 (08.05.07)

Date of mailing of the international search report
15 May, 2007 (15.05.07)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

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 1971-2007年 日本国実用新案登録公報 1996-2007年 日本国登録実用新案公報 1994-2007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) WPI			
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 請求の範囲の番号	
A	J P 5-344765 A (オリンパス光学工業株式会社), 24.12.1993, 段落【0016】-【0020】 (ファミリーなし)	1-7	
A	J P 2000-333480 A (セイコーエプソン株式会社), 30.11.2000, 段落【0059】 & US 2004/0156274 A1 & US 6885615 B1 & EP 1075079 A1 & WO 2000/038309 A1	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 08.05.2007		国際調査報告の発送日 15.05.2007	
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) 牧 初	3V 9064
		電話番号 03-3581-1101 内線 3358	