(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
2008 年11 月13 日 (13.11.2008)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2008/136305 A1

(51) 国際特許分類:
H02N 2/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2008/057732

(22) 国際出願日: 2008 年4 月22 日 (22.04.2008)

(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2007-117655 2007 年4 月26 日 (26.04.2007) JP
特願2008-101368 2008 年4 月9 日 (09.04.2008) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): ＮＥＣトーキン株式会社 (NEC TOKIN CORPORATION) [JP/JP]; 〒9828510 宮城県仙台市太白区郡山六丁目７番１号 Miyagi (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 山崎 大輔 (YAMAZAKI, Daisuke) [JP/JP]; 〒9828510 宮城県仙台市太白区郡山六丁目７番１号ＮＥＣトーキン株式会社内 Miyagi (JP). 西宮 幸雄 (NISHIMIYA, Yukio) [JP/JP]; 〒9828510 宮城県仙台市太白区郡山六丁目７番１号ＮＥＣトーキン株式会社内 Miyagi (JP). 相澤 周二 (AISAWA, Syuji) [JP/JP]; 〒9828510 宮城県仙台市太白区郡山六丁目７番１号ＮＥＣトーキン株式会社内 Miyagi (JP).

(74) 代理人: 池田 憲保, 外(IKEDA, Noriyasu et al.); 〒1000011 東京都千代田区内幸町一丁目２番２号 日比谷ダイビル Tokyo (JP).

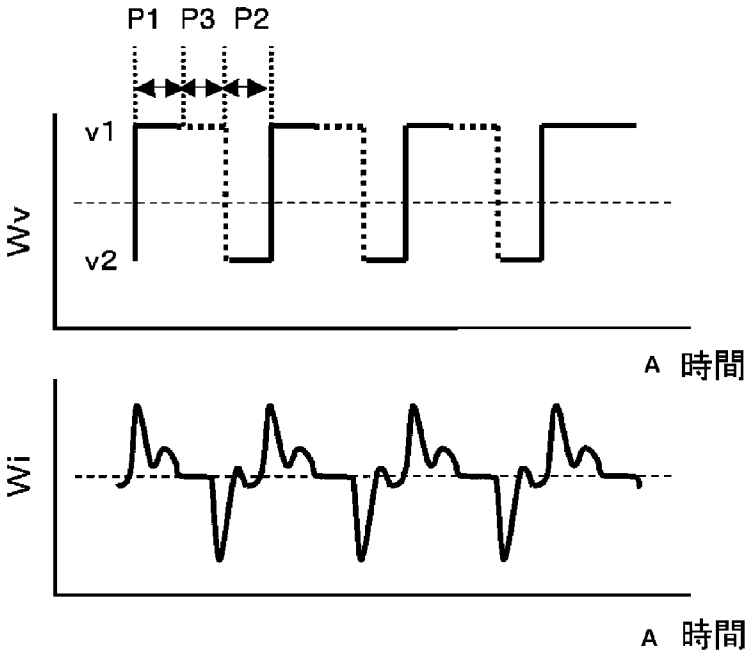
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG,

/続葉有/

(54) Title: PIEZOELECTRIC ACTUATOR

(54) 発明の名称: 圧電アクチュエータ

[図4]



(57) Abstract: A driving circuit section generates a voltage waveform for forming a transition period wherein a voltage is not applied between first and second voltage level periods different from each other, and a voltage applied to a piezoelectric element by the voltage waveform is controlled. Since power is not consumed by the piezoelectric element during the transition period, power consumption can be reduced.

(57) 要約: 互いに異なる第１及び第２の電圧レベル期間との間に、電圧が印加されない遷移期間を形成できるような電圧波形を駆動回路部で生成し、当該電圧波形によって圧電素子に印加される電圧を制御する。遷移期間中、圧電素子では電力が消費されないため、消費電力を低減できる。

WO 2008/136305 A1

SK, SL, SM, SV, SY, 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, 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, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, 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

明 細 書

圧電アクチュエータ

技術分野

[0001] 本発明は圧電素子をインパクト駆動する圧電アクチュエータ及びその駆動方法に関する。

背景技術

[0002] カメラにオートフォーカスやズーム機能を持たせるためには、光軸に沿って光学レンズを移動させる機構が必要であり、従来から電磁式のモータを用いた方法が知られている。近年、デジタルカメラやカメラ付き携帯電話にみられるように、機器の小型化が急速に進み、それに伴って電磁式のモータから、圧電素子に代表される電気－機械変換素子（以下圧電素子）を電圧駆動させる方法が提案されている。

[0003] 例えば、特許文献1には、圧電素子、当該圧電素子の一端に固定された摩擦部材、及び摩擦部材に圧接された移動子を含むリニアモータが開示されている。更に、特許文献1では、立ち上がりと立下りの時間が大きく異なる電圧（例えば、鋸歯状電圧）を圧電素子に印加することにより、圧電素子に固定された摩擦部材の一方向と逆方向への運動速度を大きく異ならせ、この結果、被駆動部材である移動子を特定の一方向にリニアに移動させている。即ち、特許文献1は、圧電素子と、静摩擦係数と動摩擦係数との差による摩擦力の差を利用して移動子を駆動すること、即ち、インパクト駆動について開示している。

[0004] 一方、特許文献2には、固定部材と駆動摩擦部材を圧電素子に接着し、駆動摩擦部材を振動させる圧電アクチュエータが開示されている。特許文献2では、矩形波を圧電素子に印加することにより、特許文献1の鋸歯状波と同様に、圧電素子に印加される矩形波と摩擦力の差を利用して被駆動部材を移動させている。即ち、特許文献2では、圧電素子の分極方向に充放電する時間と、上記分極方向とは逆方向に充放電する時間を異ならせることによって被駆動部材を移動させている。

[0005] 特許文献1：特開平3－289368号公報

特許文献2：特許第3171187号

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0006] 特許文献2に開示された圧電アクチュエータでは、分極方向への充放電と、分極方向とは逆方向への充放電とを、略同一の速度でかつ異なる駆動時間で行わせるため、圧電アクチュエータの伸長速度と伸縮速度とに大きな差を持たせるために必要な回路構成を簡略化することができ、この結果、圧電アクチュエータを小形化することができる。

[0007] しかし、この回路構成では、連続的に充放電が繰り返され、圧電素子に常時、電源電圧が印加されているので、圧電素子の自由振動により発生する電荷を打ち消す為に、電源から常時電流が供給されるため消費電力が大きくなる。このため、特許文献2の回路構成は、電池の消耗が大きく、携帯電話のように、小型化が要求される機器には適していない。

[0008] 本発明の課題は、圧電素子の自由振動により発生する電流を抑制し、消費電力を低減できる圧電アクチュエータ及びその駆動方法を提供することである。

課題を解決するための手段

[0009] 本発明の第1の態様によれば、圧電素子に電圧を与えることより被駆動部材をインパクト駆動する駆動方法において、断続的に変化する不連続な電圧波形を前記電圧として供給することによって前記被駆動部材をインパクト駆動することを特徴とする駆動方法が得られる。

[0010] 本発明の第2の態様によれば、第1の態様において、前記不連続電圧波形は、予め定められた第1の電圧レベル期間と、第1のレベルとは異なる第2の電圧レベル期間とを備え、第1及び第2の電圧レベル期間の間には、電圧が印加されない遷移期間が存在することを特徴とする駆動方法が得られる。

[0011] 本発明の第3の態様によれば、第1又は第2の態様において、前記第1の電圧レベル期間と、前記第2の電圧レベル期間が、略同一であることを特徴とする駆動方法が得られる。

[0012] 本発明の第4の態様によれば、圧電素子と、当該圧電素子に電圧を印加する電圧発生回路とを含み、前記電圧発生回路は、断続的に変化する不連続な電圧波形を

発生することを特徴とする圧電アクチュエータが得られる。

[0013] 本発明の第5の態様によれば、第4の態様において、前記電圧発生回路は、予め定められた第1の電圧レベル期間と、第1のレベルとは異なる第2の電圧レベル期間と、第1及び第2の電圧レベル期間の間に電圧が印加されない遷移期間を有する電圧波形を発生することを特徴とする圧電アクチュエータが得られる。

[0014] 本発明の第6の態様によれば、圧電素子と、上記圧電素子の一方端に固定された駆動部材と、上記圧電素子の他方端に固定された支持部材と、上記駆動部材に当該駆動部材の移動方向に相対的に移動可能に所定の摩擦力で係合された被駆動部材とを備え、上記駆動部材が上記圧電素子の伸縮により異なる速度で往復変位することによって上記被駆動部材を移動させる圧電アクチュエータにおいて、上記圧電素子に分極方向の一定電圧を印加して当該分極方向に充電するとともに、当該分極方向と逆方向に放電する第1の充放電時間と、当該分極方向に放電するとともに、分極方向と逆方向の一定電圧を印加して当該分極方向の逆方向に充電する第2の充放電時間と、両方向に電圧が印加および放電されない時間からなり、前記第1および第2の充放電時間が略同一である駆動電圧を発生する電圧発生回路を有していることを特徴とする圧電アクチュエータが得られる。

[0015] 本発明の第7の態様によれば、圧電アクチュエータの共振周波数をfr、反共振周波数をfaとし、前記第1の充放電時間をT1、前記第2の充放電時間をT2、前記両方向に電圧が印加および放電されない時間をT3としたとき、

$T1=T2=(2n-1)/(2fr)$, $(n=1, 2, 3\cdots)$

$T3=(2m-1)/(2fa)$, $(m=1, 2, 3\cdots)$

となるような駆動電圧を発生する電圧発生回路を有していることを特徴とする圧電アクチュエータが得られる。

[0016] 本発明の第8の態様によれば、圧電素子を伸縮させることにより、当該圧電素子に固定された駆動部材を移動させる圧電アクチュエータの駆動方法において、前記圧電アクチュエータの共振周波数及び反共振周波数によってそれぞれ定まる時間、前記圧電素子を伸縮させることにより前記駆動部材を移動させることを特徴とする駆動方法が得られる。

[0017] 本発明の第9の態様によれば、圧電素子を伸縮させることにより、当該圧電素子に固定された駆動部材を移動させる圧電アクチュエータにおいて、前記圧電アクチュエータの共振周波数をfr、反共振周波数をfaとし、前記圧電素子に予め定められた第1の電圧レベルを印加する時間をT1、前記圧電素子に前記第1の電圧レベルとは異なる第2の電圧レベルを印加する時間をT2、前記圧電素子に対する電圧の印加を停止する時間をT3としたとき、

T1＝T2＝(2n－1)／(2fr), (n＝1, 2, 3･･･)

T3＝(2m－1)／(2fa), (m＝1, 2, 3･･･)

となるように前記圧電素子に電圧を印加し、前記圧電素子を伸縮させることにより前記駆動部材を移動させることを特徴とする駆動方法が得られる。

[0018] 本発明の第10の態様によれば、圧電素子を伸縮させることにより、当該圧電素子に固定された駆動部材を移動させる圧電アクチュエータにおいて、前記圧電アクチュエータの共振周波数によって定まる時間、前記圧電素子に電圧を印加し、前記圧電アクチュエータの反共振周波数によって定まる時間、前記圧電素子に対する電圧の印加を停止する電圧発生回路を有することを特徴とする圧電アクチュエータが得られる。

[0019] 本発明の第11の態様によれば、圧電素子を伸縮させることにより、当該圧電素子に固定された駆動部材を移動させる圧電アクチュエータにおいて、前記圧電アクチュエータの共振周波数をfr、反共振周波数をfaとし、前記圧電素子に予め定められた第1の電圧レベルを印加する時間をT1、前記圧電素子に前記第1の電圧レベルとは異なる第2の電圧レベルを印加する時間をT2、前記圧電素子に対する電圧の印加を停止する時間をT3としたとき、

T1＝T2＝(2n－1)／(2fr), (n＝1, 2, 3･･･)

T3＝(2m－1)／(2fa), (m＝1, 2, 3･･･)

となるような電圧を発生する電圧発生回路を備えたことを特徴とする圧電アクチュエータが得られる。

発明の効果

[0020] 本発明によれば、電源から圧電素子に印加される充電時間が従来方法に比較して

短くなるため、消費電力を低減させることが可能となる。また、分極方向および逆方向の両方向に電圧が印加および放電されない時間を設けていることで、被駆動部材を良好に移動させることができる。本発明により、消費電力が小さい圧電アクチュエータの駆動方法を提供することが可能となり、機器の小型化、電池の消耗を低減することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0021] [図1]本発明に係る圧電アクチュエータの構造を示す図である。

[図2]図1に示された圧電アクチュエータの通常の駆動方法を説明するための図である。

[図3]本発明において使用されるスイッチ回路の構成を説明する図である。

[図4]本発明による駆動方式におけるスイッチ回路の出力電圧波形とアクチュエータの消費電流との関係を示す図である。

[図5]本発明による駆動方式におけるスイッチ回路の出力電圧波形と圧電素子の変位との関係を示す図である。

[図6]本発明による駆動方式におけるスイッチ回路の出力電圧波形と圧電素子の変位との関係を示す図である。

[図7]本発明の実施例に係る圧電アクチュエータの駆動周波数と移動体速度との関係を示す図である。

符号の説明

[0022] 1 圧電素子

2 磁石

3 移動リング

4 移動体

5 支持部材(ハウジング)

6 ガイドピン

10 アクチュエータ部

20 駆動回路部

21 制御回路

22 スイッチ回路

発明を実施するための最良の形態

[0023] 以下、本発明の実施の形態について詳細に説明する。図1は、本発明に用いられる圧電アクチュエータの構成図を示し、アクチュエータ部10と駆動回路部20とを備えている。アクチュエータ部10は、図1の上下方向に分極された圧電素子1、圧電素子の一端(ここでは上端)に固定された磁石2、磁石2に吸着された移動リング3、当該移動リング3を嵌め込まれ、移動リング3と共に移動可能なレンズユニット等の移動体4、圧電素子1の下端を支持する支持部材(ここでは、ハウジング)5、及び、移動体4をガイドするガイドピン6とによって構成されている。図示された例では、圧電素子1に固定された磁石2によって駆動部材が構成されており、移動リング3及び移動体4により被駆動部材が構成されている。

[0024] 一方、駆動回路部20は圧電素子1を駆動する為に必要な制御信号を発生する制御回路21と、当該制御回路21からの制御信号にしたがって圧電素子1を充放電させるスイッチ回路22とを含んでいる。

[0025] 図示された圧電素子1は、スイッチ回路22におけるスイッチのオン・オフによって制御される不連続な電圧にしたがって、分極方向(図の上下方向)に変位し、圧電素子1の上端に固定された磁石2を上下方向に移動させる。磁石2の移動に伴って、移動リング3及び移動体4も上下方向に移動する。尚、図示された例では、圧電素子1の上端に、磁石2がエポキシ樹脂などを用いて接着されている。

[0026] 圧電素子1は、所定の変位が発生できれば、材質や構造は適宜選択できるが、本発明においては、数V～十数V程度と低電圧で大きな変位出力が得られる積層型圧電セラミックを用いることが好ましい。

[0027] 積層型圧電セラミックの製造方法は、一般的な方法を用いればよい。たとえば、ドクターブレード法などの方法で所定の厚さのセラミックグリーンシートを製造し、スクリーン印刷法などで所定の形状にAg／PdペーストやCuペーストを内部電極として印刷した後、トリミングおよび所定枚数積層する。熱プレス後に所定の形状に打ち抜き、脱バインダー、焼結の工程により製造すればよい。

[0028] 磁石2の材質は特に限定されないが、小型化を進めた場合にも十分な吸着力を確

保するために、ネオジウム系磁石、あるいは、サマリウムーコバルト系磁石を用いることが好ましい。

[0029] ここで、移動リング3、移動体4は別の部材としたが、同一の材質として一体化することもできる。

[0030] 次に、本発明に係る駆動方法の理解を容易にするために、図1に示した圧電アクチュエータを従来の駆動方法で駆動する場合について図2を参照して説明する。図2では、圧電素子1単体の高さを1．5mm程度、磁石の高さを1mm程度とし、共振周波数が300kHz程度であるものとする。この場合、図2に示すように、圧電素子1に印加される電圧波形を矩形波とし、この矩形波状電圧波形の周波数、すなわち駆動周波数を200kHz程度、デューティ比を0．33または0．67程度とすると、高調波成分の変位と位相のズレにより、圧電素子1の出力変位波形が鋸波状となる。

[0031] 図2に示すように矩形波の入力電圧波形において、出力変位波形が鋸波状となることで、圧電素子は時間t1をかけてゆっくりと伸び、時間t2で急速に縮む。ここで、時間t2において移動リング3と磁石2との間に発生する最大静止摩擦力以上の加速度が得られるように入力電圧を設定すれば、時間t1では移動リング3と圧電素子1はともに移動し、時間t2では移動リング3と圧電素子1間ですべりが生じる。これを連続的に繰り返すことにより、移動リング3と移動体4は支持部材に対して一方向に移動する。即ち、インパクト駆動が行なわれる。また、時間t1、t2の双方において、移動リング3と磁石2との間に発生する最大静止摩擦力以上の加速度が得られるように入力電圧を設定した場合は、移動リング3は時間t1、時間t2のどちらにおいても圧電素子1との間ですべりを生じさせつつ移動するが、時間t1と時間t2を異ならせているため、これを連続的に繰り返すことにより、移動リング3と移動体4は支持部材に対して実質的に一方向に移動する。よって、この場合にもインパクト駆動が行われる。

[0032] また、いずれの場合においても、時間t1と時間t2の割合を変化させる、つまり圧電素子1への入力電圧波形のデューティ比を変化させることで移動体の速度や移動方向を制御することができる。

[0033] 次に、本発明の圧電アクチュエータにおける実施例について説明する。圧電素子1として、断面が1．0×1．0mm、高さ1．5mmの積層型圧電セラミック素子を準備した

。この積層型圧電セラミック素子は、±3Vの電圧印加に対して、大略0．1μmの変位を発生する。この圧電セラミック素子の一端に、1．0mm×1．4mm、高さ1．0mmのネオジウム系磁石を熱硬化性エポキシ樹脂で接着した。さらに、支持部材5としてポリカーボネートを材質とするハウジングを作製し、圧電セラミック素子の他端にエポキシ樹脂で接着した。

[0034] SUS430を材質とする、外形7．5mm、内径6．5mm、高さ1．5mmの移動体を作製し、ポリカーボネートを材質とするホルダーにエポキシ樹脂で接着した。また、SUS304を材質とするガイドピンにホルダーを支持すると同時に、磁石と移動体を磁力により吸着することで、図1に示した構造のアクチュエータを作製した。この場合、ホルダーの移動ストロークは約0．5mmとなるが、移動体の高さを大きくすることで、ストロークをさらに大きくすることも可能である。

[0035] また、アクチュエータを駆動する駆動回路部20のスイッチ回路22として、図3に示すような回路を作製した。このスイッチ回路は、圧電素子1（PA）の両端に接続された4つのスイッチQ1、Q2、Q3、及びQ4を備えており、これらのスイッチQ1～Q4が図1に示された制御回路21からの制御信号によってオン・オフされる。この実施例では、駆動回路部20は後述するように、制御回路21からの制御信号により制御されるスイッチ回路22から、時間的に不連続な電圧波形を発生する電圧発生回路として動作する。

[0036] ここで、本発明に係るスイッチ回路22を従来のスイッチ回路と比較する。まず、特許文献2に記載されたように、スイッチ回路22からの出力電圧が連続的に変化するように制御される場合について説明する。この場合、スイッチQ1、Q4がオン状態で、電源Vpから圧電素子1に対してスイッチQ1及びQ4を経由して電流経路を形成する場合を第1の駆動手段と呼び、他方、スイッチQ2、Q3がオン状態で、電源Vpから圧電素子1に対してスイッチQ2及びQ3を経由して電流経路を形成する場合を第2の駆動手段と呼ぶものとする。

[0037] 表1には、従来のスイッチ回路におけるスイッチQ1～Q4のオン、オフ状態が示されている。表1に示されるように従来のスイッチ回路においては、第1の駆動手段と第2の駆動手段を交互に駆動することにより圧電素子を駆動するため、常に圧電素子の

どちらか一方の電気端子が電源に接続された状態となっている。一方、圧電素子は第1および第2の駆動手段により駆動され、スイッチの状態が変化するたびに急激な充電又は放電が行われるため、急速伸長あるいは急速収縮した後に共振周波数frで振動する。ここで、frは圧電素子の一端を固定端とし他端に駆動部材と被駆動部材を固定した場合における共振周波数である。そのため、従来のスイッチ回路においては、圧電素子の自由振動により発生する電荷を打ち消して圧電素子への印加電圧が一定に保たれるように電源から電流が供給されるため、消費電力が増大してしまう。

[0038] [表1]

	第１の駆動手段	第２の駆動手段
Ｑ１	ＯＮ	ＯＦＦ
Ｑ２	ＯＦＦ	ＯＮ
Ｑ３	ＯＦＦ	ＯＮ
Ｑ４	ＯＮ	ＯＦＦ

[0039] 他方、本発明による駆動方法は、第1の電圧レベルv1の期間P1、第2の電圧レベルv2の期間P2、および期間P1と期間P2との間に遷移期間P3とを有する不連続な電圧波形を駆動回路部20から圧電素子に与えることによりインパクト駆動を行うことを特徴としており、スイッチ回路22は表2に従ってオン、オフ状態を取るように制御回路21により制御される。換言すれば、制御回路21はスイッチ回路22を表2に従って動作させるような制御信号（即ち、電圧波形）を生成する。このような制御信号を生成する制御回路21は、例えば、ユーザの操作に応答してパルスを発生するパルス発生回路、及び、発生したパルスを論理的に処理する論理回路等を組み合わせることによって容易に実現できるので、ここでは説明を省略する。

[0040] 表2に示されるように、第1の電圧レベル期間P1では、スイッチQ1、Q4がオン状態となり、電源Vpから圧電素子に対してスイッチQ1およびQ4を経由して電流経路が形成され、また、第2の電圧レベル期間P2では、スイッチQ2、Q3がオン状態となり、電源Vpから圧電素子に対してスイッチQ2およびQ3を経由して電流経路が形成され

る。また、第1および第2の電圧レベル期間との間の遷移期間P3においては、スイッチQ1～Q4が全てオフの状態に置かれ、圧電素子はスイッチ回路22から電気的に切り離された状態に置かれるが、圧電素子に充電された電荷は保存され変化しないため、圧電素子の電気端子間の電圧は直前の電圧レベルに保たれたままとなる。すなわち、遷移期間P3において圧電素子に印加されている電圧レベルは、直前の第1の電圧レベル期間P1における電圧レベルv1と実質的に等しくなる。従って、遷移期間P3においては、直前の電圧レベルを維持しながらも、電源からの充放電による電力消費を無くすことができる。よって、本発明の駆動方法によるスイッチ回路22からは、図4の電圧波形Wvに示されるような不連続な電圧波形が出力される。図示されているように、第1の電圧レベルv1は第2の電圧レベルv2と極性において異なっている。また、図4では、第1の電圧レベル期間P1と、第2の電圧レベル期間P2が略同一になるように制御されている。尚、第1の電圧レベル期間P1中、圧電素子1は、例えば、圧電素子1の分極方向に充電され、第2の電圧レベル期間P2中は、分極方向と逆方向に充電される。換言すれば、第1の電圧レベル期間P1及び第2の電圧レベル期間P2は圧電素子1の充放電期間を規定している。

[0041] このように、本発明による駆動方式は、第1および第2の電圧レベル期間の間に、圧電素子がスイッチ回路22から電気回路的に切り離されている遷移期間P3を設けているため、図4の電流波形Wiに示されるように、遷移期間P3の期間においては電源からの電流供給を一切無くすことができる。よって遷移期間P3においては圧電素子1で電力が消費されないため、消費電力の低減が可能となる。

[0042] [表2]

	第１の電圧レベル期間Ｐ１	遷移期間Ｐ３	第２の電圧レベル期間Ｐ２
Ｑ１	ＯＮ	ＯＦＦ	ＯＦＦ
Ｑ２	ＯＦＦ	ＯＦＦ	ＯＮ
Ｑ３	ＯＦＦ	ＯＦＦ	ＯＮ
Ｑ４	ＯＮ	ＯＦＦ	ＯＦＦ

[0043] 上記した本発明の駆動方法においては、第1および第2の電圧レベル期間P1およ

びP2においては、圧電素子が電界一定の条件下で振動し、また遷移期間P3においては電束密度一定の条件下で振動する。換言すれば、本発明に係る駆動方法は、圧電素子1に、駆動部材である磁石2を固定した圧電アクチュエータの共振周波数及び反共振周波数によってそれぞれ定まる時間、圧電素子を伸縮させることにより、駆動部材である磁石2を移動させていることになる。

[0044] 従って、磁石2が固着された状態での圧電素子1(即ち、圧電アクチュエータ)の共振周波数をfr、反共振周波数をfaとすると、その振動周期は期間P1およびP2では1／fr、また、期間P3においては1／faとなる。ここで、圧電アクチュエータに使用される圧電素子1の反共振周波数faは共振周波数frより高く且つ振幅において小さいのが普通である。

[0045] 上述した点を考慮して、本発明の駆動方法をより具体的に説明する。本発明に係る圧電アクチュエータの駆動周波数fdについては、圧電素子の共振振動を利用し効率よく移動体4を移動させるために、第1の電圧レベル期間P1、第2の電圧レベル期間P2および遷移期間P3とを、各期間における振動周期を考慮して、下記数1の関係を満たすように設定し、下記数2により導出される駆動周波数fd付近にて動作させることで、動作特性の良好な圧電アクチュエータが得られる。

[0046] [数1]

$$P1=P2=(2n-1)/(2fr), \quad (n=1, 2, 3\cdots)$$

$$P3=(2m-1)/(2fa), \quad (m=1, 2, 3\cdots)$$

[0047] [数2]

$$fd=1/(P1+P2+P3)$$

[0048] 図5に本発明の駆動方法における圧電アクチュエータの駆動電圧波形の一例として、上記数1においてn＝1、m＝3とした場合の約1周期分の駆動電圧波形と圧電素子の変位を示す。この場合、期間P1＝P2＝1／(2fr)、期間P3＝5／(2fa)となる。

[0049] 同図において、例えばa点で圧電素子に電圧v1が印加されると、圧電素子は共振周波数frで振動しながら高速で大きく伸長したあと、b点で縮小に転じる。次にb点でスイッチ回路22の全てのスイッチがオフになり遷移期間P3となるため、圧電素子は

反共振周波数faで引き続き振動を続ける。そして、縮小から伸長に転じるd点で圧電素子に電圧v2が印加されると、圧電素子はその変位位置から更にe点まで共振周波数frで振動しながら縮小動作を行う。そして、この縮小動作が終了して伸長に転じるe点で再び圧電素子に電圧v1が印加されると、圧電素子は再度高速で伸長動作を行い、以下、駆動電圧の波形に応じて上述の圧電素子の伸縮動作が繰り返される。上述の圧電素子の伸縮動作において、a－b間の伸長動作は高速で行われ、c－e間の縮小動作はそれよりも低速で行われるので、圧電素子の伸縮動作によって磁石が往復振動を繰り返すと、a－b間の高速伸長時は移動リングとの間に滑りを生じ、c－e間の低速縮小時は磁石と移動リングが共に移動することとなる。従って、移動リングが全体として一方向に移動する。あるいは、低速縮小時においても移動リングとの間に滑りを生じる場合においては、a－b間とc－e間の時間差によって移動リングの移動が行われる。更に、反共振周波数faで振動しているb－c間では、圧電素子の変位が小さいため、磁石と移動リングとの間に滑りが生じないため、移動リングは移動しない。

[0050] また、図5において、期間P1における電圧レベルをv2に、期間P2における電圧レベルをv1にそれぞれ変更した場合（即ち、図5に示された電圧波形を反転させた場合）、遷移期間P3の電圧レベルは直前の期間P1と実質的に等しい電圧レベルv2となる。このような駆動電圧を印加した場合は、上述の伸縮振動の関係が逆になり、圧電素子はa－b間で高速縮小し、c－e間で低速伸長を行うことになる。よって、上述とは逆の方向に移動リングが移動を行うことになる。

[0051] 図5は数1においてn＝1、m＝3の場合を示しているが、例えば図6に示されるように数1においてn＝2、m＝2とすると、図5に示される場合と比較して期間P1とP2にそれぞれ共振周波数frの1周期分の期間が加わり、遷移期間P3からは反共振周波数faの1周期分の期間が減らされることとなる。しかし、各期間が終了する時点での圧電素子の振動の位相は図5に示される場合と等しくなる。よって、図6に示される場合においても図5に示された場合と同様のメカニズムにより、a－b’間の高速伸長時とc－e’間の低速縮小時の速度差に起因して移動リングの移動が行われる。

[0052] このように、数1におけるn、mの任意の組合せにおいて、駆動波形と圧電素子の振動の位相関係が等しくなるので、移動リングの移動が安定に行われる。ただし、圧電

素子の高速伸長と低速縮小動作は駆動電圧波形の1周期(＝P1＋P2＋P3＝1／fd)につきそれぞれ1回ずつ行われるので、1周期の駆動時間が長くなると(駆動周波数が低くなると)移動リングの1周期あたりの駆動効率が低下するが、同時に消費電力も減少するので、必要とされる圧電アクチュエータの動作特性などを考慮して駆動波形を設定することとなる。

[0053] また、数1に示される条件は、圧電素子の高速伸長と低速縮小との速度差が最大となり、従って、移動体を効率よく動作させるための条件を示している。よって、駆動電圧波形の各駆動期間が数1に示される条件から離れるに従って、圧電素子の高速伸長と低速縮小との速度差が減少していくため、それに伴い移動体の移動効率が低下し、移動体の移動速度が減少していく。しかし、数1に示される条件を完全に満足しなくとも、数1に示される条件をある程度満たしていれば、実用上問題の無い動作特性が得られる。図7に、駆動電圧波形の各駆動期間の比率を、数1を満たす条件で一定に固定し(P1:P2:P3＝一定)、駆動周波数fdを変化させた場合の移動体の速度変化を示す。移動体の速度は数1の条件を満たす周波数fで最大となり、駆動周波数がfから離れるに従って減少していく特性を示す。図7より、移動体を駆動可能な周波数はおよそ0．75f≦fd≦1．5fの範囲であるが、駆動効率を考慮すると、駆動周波数がfのときの速度(最大速度)に対して50％以上の速度が得られる0．8f≦fd≦1．4fの範囲で駆動させることが望ましい。

[0054] 次に、表2に示される本発明による駆動方法における圧電アクチュエータと、表1に示される従来の駆動方法における圧電アクチュエータとで、アクチュエータにおける突入電流、消費電流および消費電力を測定した結果について示す。アクチュエータへの入力電圧は両者とも±3Vとした。また、駆動周波数fdは数1においてn＝1およびm＝3とした場合に相当する80kHzとした。表3には、本発明によるアクチュエータに対する突入電流、消費電流および消費電力と、従来方法による突入電流、消費電流および消費電力とが比較して示されている。表3からも明らかなように、本発明法によれば従来方法に比較して突入電流において19．0％、消費電流において22．4％、消費電力において16．5％低減されていることがわかる。

[0055] このように、本発明に係る圧電アクチュエータの駆動回路部20は、断続的に変化

する不連続な電圧波形を圧電素子1に供給することによりアクチュエータを駆動するので、連続的に変化する電圧パルスを印加する従来技術に比較して、消費電力を低減することができる。

[0056] [表3]

	突入電流	消費電流	消費電力
従来方法	770.8 mA	93.96 mA	236.1 mW
本発明法	624.2 mA	72.94 mA	197.2 mW

産業上の利用可能性

[0057] 本発明は、携帯電話等の携帯端末に使用される光学系を駆動する圧電アクチュエータだけでなく、精密ステージを駆動する圧電アクチュエータや磁気ヘッドを駆動する圧電アクチュエータ等にも適用できる。

請求の範囲

[1] 圧電素子に電圧を与えることにより被駆動部材をインパクト駆動する駆動方法において、断続的に変化する不連続な電圧波形を前記電圧として供給することによって前記被駆動部材をインパクト駆動することを特徴とする駆動方法。

[2] 請求項1において、前記不連続電圧波形は、予め定められた第1の電圧レベル期間と、第1のレベルとは異なる第2の電圧レベル期間とを備え、第1及び第2の電圧レベル期間の間には、電圧が印加されない遷移期間が存在することを特徴とする駆動方法。

[3] 請求項1又は2において、前記第1の電圧レベル期間と、前記第2の電圧レベル期間が略同一であることを特徴とする駆動方法。

[4] 圧電素子と、当該圧電素子に電圧を印加する電圧発生回路とを含み、前記電圧発生回路は、断続的に変化する不連続な電圧波形を発生することを特徴とする圧電アクチュエータ。

[5] 請求項4において、前記電圧発生回路は、予め定められた第1の電圧レベル期間と、第1のレベルとは異なる第2の電圧レベル期間と、第1及び第2の電圧レベル期間の間に電圧が印加されない遷移期間を有する電圧波形を発生することを特徴とする圧電アクチュエータ。

[6] 圧電素子と、上記圧電素子の一方端に固定された駆動部材と、上記圧電素子の他方端に固定された支持部材と、上記駆動部材に当該駆動部材の移動方向に相対的に移動可能に所定の摩擦力で係合された被駆動部材とを備え、上記駆動部材が上記圧電素子の伸縮により異なる速度で往復変位することによって上記被駆動部材を移動させる圧電アクチュエータにおいて、上記圧電素子に分極方向の一定電圧を印加して当該分極方向に充電するとともに、当該分極方向と逆方向に放電する第1の充放電時間と、当該分極方向に放電するとともに、分極方向と逆方向の一定電圧を印加して当該分極方向の逆方向に充電する第2の充放電時間と、両方向に電圧が印加および放電されない時間からなり、前記第1および第2の充放電時間が略同一である駆動電圧を発生する電圧発生回路を有していることを特徴とする圧電アクチュエータ。

[7] 前記圧電アクチュエータの共振周波数をfr、反共振周波数をfaとし、前記第1の充放電時間をT1、前記第2の充放電時間をT2、前記両方向に電圧が印加および放電されない時間をT3としたとき、

T1＝T2＝(2n－1)／(2fr)，　　(n＝1，2，3･･･)

T3＝(2m－1)／(2fa)，　　(m＝1，2，3･･･)

となるような駆動電圧を発生する電圧発生回路を有していることを特徴とする、請求項6に記載の圧電アクチュエータ。

[8] 圧電素子を伸縮させることにより、当該圧電素子に固定された駆動部材を移動させる圧電アクチュエータの駆動方法において、前記圧電アクチュエータの共振周波数及び反共振周波数によってそれぞれ定まる時間、前記圧電素子を伸縮させることにより前記駆動部材を移動させることを特徴とする駆動方法。

[9] 圧電素子を伸縮させることにより、当該圧電素子に固定された駆動部材を移動させる圧電アクチュエータにおいて、前記圧電アクチュエータの共振周波数をfr、反共振周波数をfaとし、前記圧電素子に予め定められた第1の電圧レベルを印加する時間をT1、前記圧電素子に前記第1の電圧レベルとは異なる第2の電圧レベルを印加する時間をT2、前記圧電素子に対する電圧の印加を停止する時間をT3としたとき、

T1＝T2＝(2n－1)／(2fr)，　　(n＝1，2，3･･･)

T3＝(2m－1)／(2fa)，　　(m＝1，2，3･･･)

となるように前記圧電素子に電圧を印加し、前記圧電素子を伸縮させることにより前記駆動部材を移動させることを特徴とする、請求項8に記載の駆動方法。

[10] 圧電素子を伸縮させることにより、当該圧電素子に固定された駆動部材を移動させる圧電アクチュエータにおいて、前記圧電アクチュエータの共振周波数によって定まる時間、前記圧電素子に電圧を印加し、前記圧電アクチュエータの反共振周波数によって定まる時間、前記圧電素子に対する電圧の印加を停止する電圧発生回路を有することを特徴とする圧電アクチュエータ。

[11] 圧電素子を伸縮させることにより、当該圧電素子に固定された駆動部材を移動させる圧電アクチュエータにおいて、前記圧電アクチュエータの共振周波数をfr、反共振周波数をfaとし、前記圧電素子に予め定められた第1の電圧レベルを印加する時間

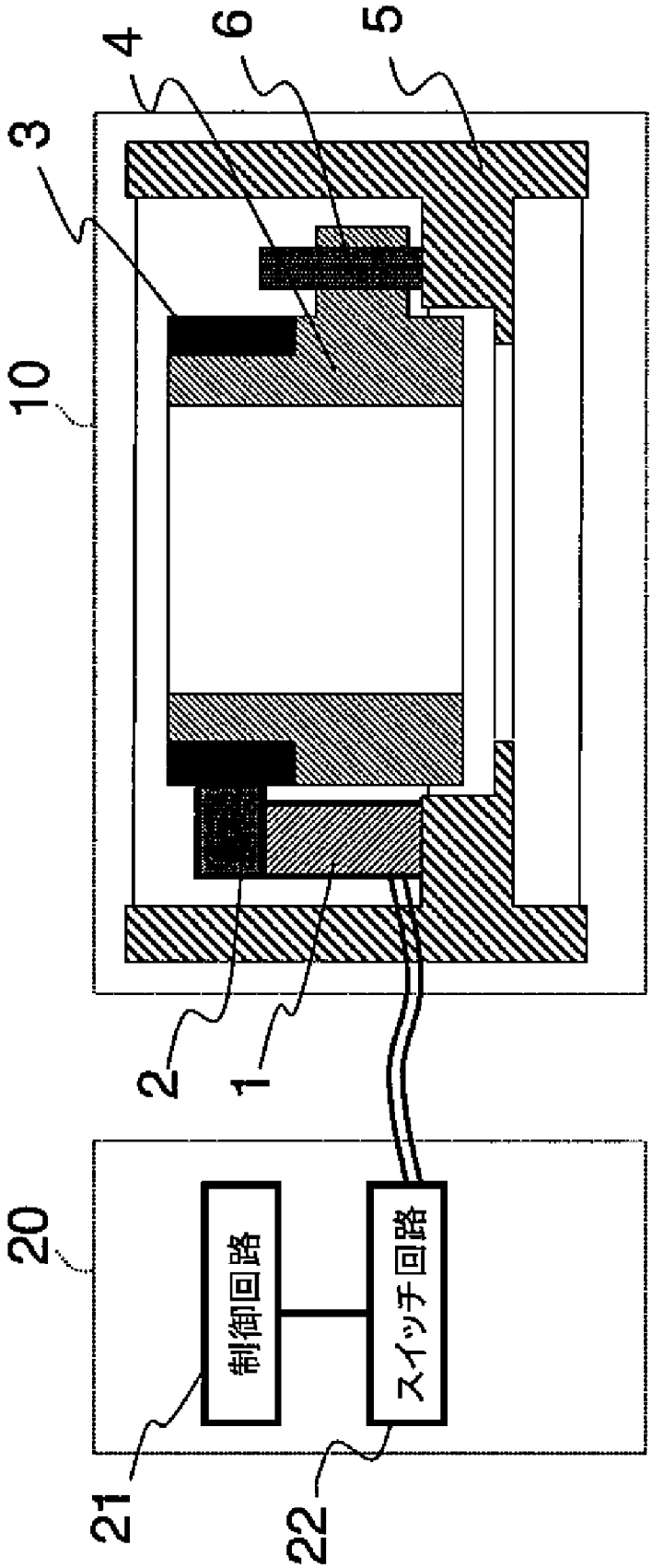
をT1、前記圧電素子に前記第1の電圧レベルとは異なる第2の電圧レベルを印加する時間をT2、前記圧電素子に対する電圧の印加を停止する時間をT3としたとき、

$T1=T2=(2n-1)/(2fr)$, $(n=1, 2, 3\cdots)$

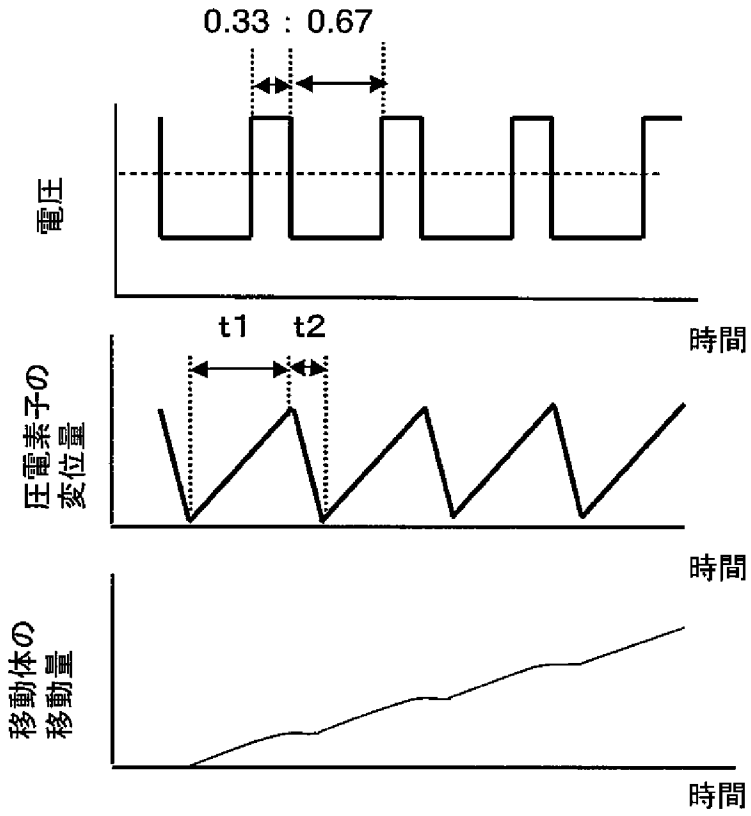
$T3=(2m-1)/(2fa)$, $(m=1, 2, 3\cdots)$

となるような電圧を発生する電圧発生回路を備えたことを特徴とする、請求項10に記載の圧電アクチュエータ。

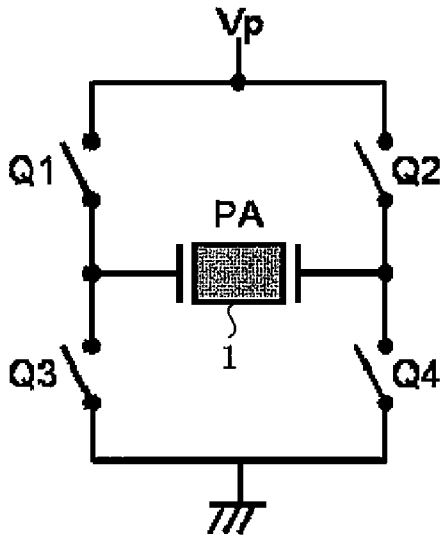
[図1]



[図2]

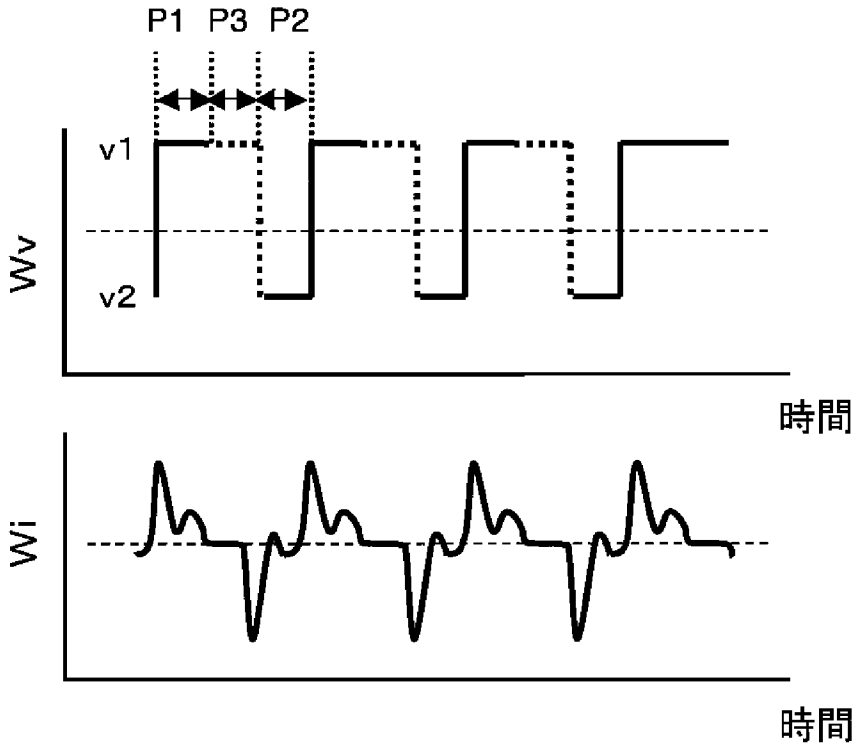


[図3]

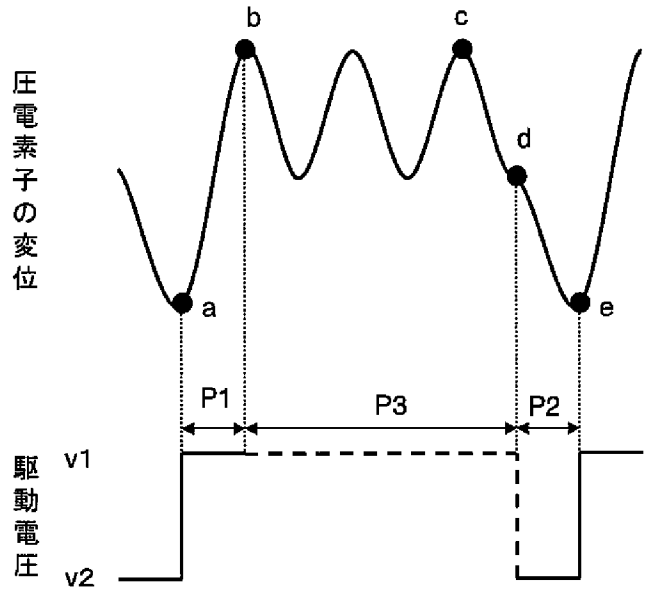


22

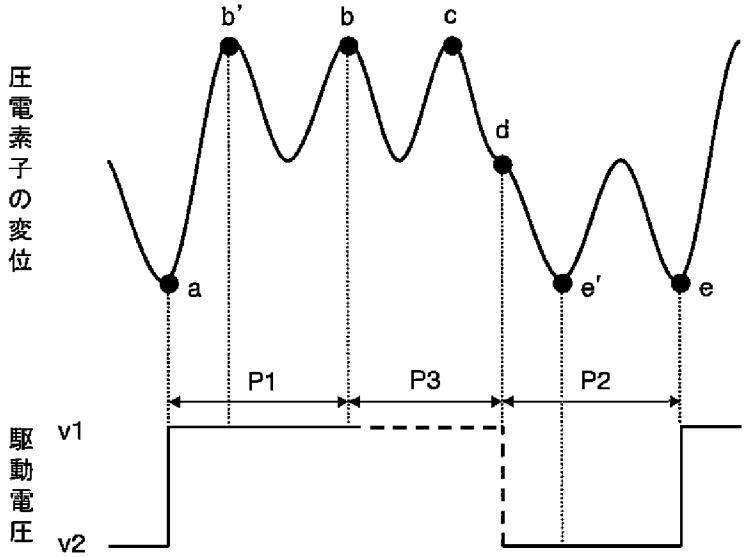
[図4]



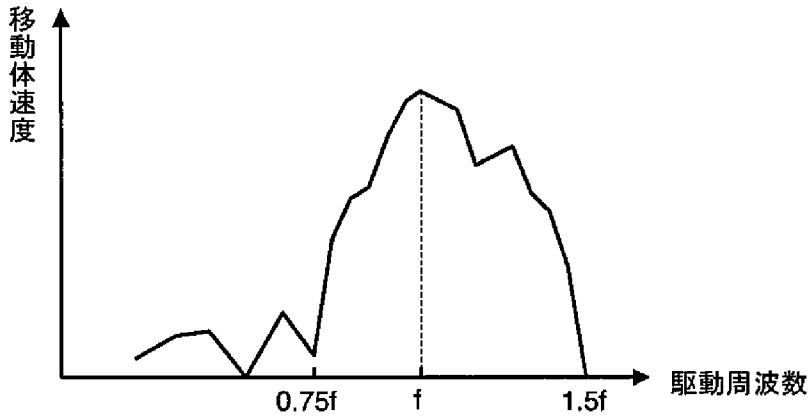
[図5]



[図6]



[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2008/057732

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 1996-2008
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2008 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2008

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.
X	JP 2004-254412 A (Minolta Co., Ltd.), 09 September, 2004 (09.09.04), Par. Nos. [0043] to [0059], [0106] (Family: none)	1,2,4,5
A	JP 2007-89384 A (Seiko Epson Corp.), 05 April, 2007 (05.04.07), Fig. 7 & US 2007/0040871 A1 & CN 001921282 A	3,6
A	JP 2002-218772 A (Minolta Co., Ltd.), 02 August, 2002 (02.08.02), Par. Nos. [0075] to [0077] (Family: none)	7-11

☐ 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	Date of mailing of the international search report
08 July, 2008 (08.07.08)	15 July, 2008 (15.07.08)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2008/057732

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:

The inventions in claims 1-7 and 9-11 have a technical feature of arranging a time for stopping voltage application.

The invention in claim 8, however, only has a technical feature on time for expanding and contracting a piezoelectric element and does not have the common technical feature of arranging the time for stopping voltage application.

Therefore, the inventions in claims 1-7 and 9-11 and the invention in claim 8 are not a group of inventions so linked as to form a single general inventive concept.

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

☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, 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.

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２００８／０５７７３２

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

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（ＩＰＣ））

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	１９７１－２００８年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２００８年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２００８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
X	JP 2004-254412 A（ミノルタ株式会社）2004.09.09, 段落【００４３】－【００５９】、段落【０１０６】（ファミリーなし）	１、２、４、５
A	JP 2007-89384 A（セイコーエプソン株式会社）2007.04.05, 図７ & US 2007/0040871 A1 & CN 001921282 A	３、６
A	JP 2002-218772 A（ミノルタ株式会社）2002.08.02, 段落【００７５】－【００７７】（ファミリーなし）	７－１１

☐　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 ０８．０７．２００８	国際調査報告の発送日 １５．０７．２００８
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ） 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）　３Ｖ　４４１４ 牧　初 電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３３５８

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２００８／０５７７３２

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（ＰＣＴ17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．☐ 請求の範囲＿＿＿＿＿＿＿＿ 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．☐ 請求の範囲＿＿＿＿＿＿＿＿ 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．☐ 請求の範囲＿＿＿＿＿＿＿＿ は、従属請求の範囲であってＰＣＴ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の国際調査機関は認めた。

請求の範囲１－７及び９－１１に係る発明は、電圧の印加を停止する時間を設けることを技術的特徴としている。

しかしながら、請求の範囲８に係る発明は、圧電素子を伸縮させる時間について技術的特徴を有しているのみで、電圧の印加を停止する時間を設けるという共通の技術的特徴を有していない。

したがって、請求の範囲１－７及び９－１１に係る発明と、請求の範囲８に係る発明は、単一の一般的概念を形成するように関連している一群の発明とすることはできない。

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の範囲について作成した。

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の範囲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の範囲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の範囲について作成した。

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。