

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-253187

(P2005-253187A)

(43) 公開日 平成17年9月15日(2005.9.15)

(51) Int.CI.<sup>7</sup>H02N 1/00  
GO2B 26/08

F 1

H02N 1/00  
GO2B 26/08

テーマコード(参考)

2 H04 L

E

審査請求 未請求 請求項の数 13 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号

特願2004-59820 (P2004-59820)

(22) 出願日

平成16年3月3日 (2004.3.3.)

(71) 出願人 000000376

オリンパス株式会社

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号

(71) 出願人 599159679

下河辺 明

東京都町田市つくし野2-24-7

(71) 出願人 599158856

秦 誠一

東京都町田市成瀬台2-32-3 ポプラ

が丘コーポ20-303

(74) 代理人 100058479

弁理士 鈴江 武彦

(74) 代理人 100091351

弁理士 河野 哲

最終頁に続く

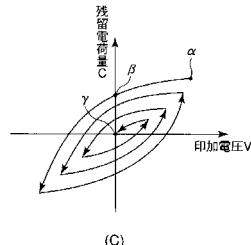
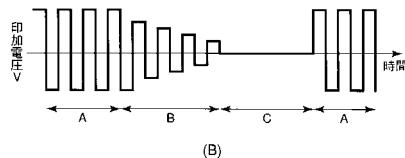
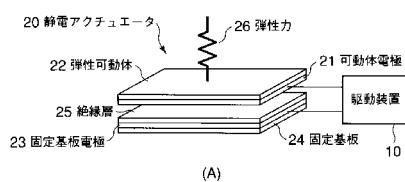
(54) 【発明の名称】 静電アクチュエータの駆動装置及び駆動方法

## (57) 【要約】

【課題】交流電圧を印加したとしても必要以上に消費電力を増加させることの無い静電アクチュエータの駆動装置及び駆動方法を提供すること。

【解決手段】可動体電極21を形成した弾性可動体22と、固定基板電極23を形成した固定基板24と、上記固定基板電極23と上記可動体電極21とを電気的に絶縁する絶縁層25とを備えた静電アクチュエータ20の上記可動体電極21と固定基板電極23間に交流電圧を印加することで、上記弾性可動体22の変位量を制御する静電アクチュエータ20を駆動する駆動装置10は、弾性可動体22の変位量を減少させる際(Bの期間)に、上記交流電圧の振幅を次第に減少させて上記可動体電極21と固定基板電極23間に印加する。

【選択図】 図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

可動体電極を形成した弾性可動体と、固定基板電極を形成した固定基板と、上記固定基板電極と上記可動体電極とを電気的に絶縁する絶縁層とを備えた静電アクチュエータの上記可動体電極と固定基板電極間に電圧を印加することで、上記弾性可動体の変位量を制御する静電アクチュエータを駆動する駆動装置であって、

上記弾性可動体の変位量を減少させる際に、上記可動体電極と固定基板電極間に交流電圧を印加して、且つ、上記交流電圧の振幅を次第に減少させることを特徴とする静電アクチュエータの駆動装置。

**【請求項 2】**

交流電圧を出力する交流電圧源と、  
上記交流電圧源から出力された交流電圧の振幅を次第に減少させる電圧調整手段と、  
を具備することを特徴とする請求項 1 に記載の静電アクチュエータの駆動装置。

**【請求項 3】**

上記交流電圧源が、任意の波高値の交流電圧を出力する機能を有することを特徴とする請求項 2 に記載の静電アクチュエータの駆動装置。

**【請求項 4】**

直流電圧を出力する直流電圧源と、  
上記直流電圧源から出力された直流電圧の電圧値を次第に減少させる電圧調整手段と、  
上記電圧調整手段によって電圧値が次第に減少される直流電圧を 2 つに分岐して入力し  
、それら 2 入力の電圧を切り替えて出力することで、上記交流電圧を生成する電圧切り替え手段と、  
を具備することを特徴とする請求項 1 に記載の静電アクチュエータの駆動装置。

**【請求項 5】**

上記直流電圧源は、単一の極性の直流電圧を出力する機能を有し、  
上記電圧切り替え手段は、同期して電圧の切り替えを行う一対のスイッチ手段からなる  
ことを特徴とする請求項 4 に記載の静電アクチュエータの駆動装置。

**【請求項 6】**

上記直流電圧源は、極性の異なる一対の直流電圧を同期して出力する機能を有し、  
上記電圧調整手段は、各々の直流電圧の電圧値を次第に減少させる電圧値調整手段から  
なることを特徴とする請求項 4 に記載の静電アクチュエータの駆動装置。

**【請求項 7】**

上記電圧切り替え手段は、上記直流電圧源の出力状態が変化する時にのみ切り替え動作  
を行うことを特徴とする請求項 4 乃至 6 の何れかに記載の静電アクチュエータの駆動装置  
。

**【請求項 8】**

上記電圧切り替え手段は、上記直流電圧源の出力状態が、上記直流電圧を出力する状態  
から非出力状態へ移行する時にのみ切り替え動作を行うことを特徴とする請求項 4 乃至 6 の  
何れかに記載の静電アクチュエータの駆動装置。

**【請求項 9】**

上記電圧切り替え手段が切り替え動作を停止している際は、上記可動体電極と固定基板  
電極間に印加する電圧の極性が一定となるように、上記電圧切り替え手段の接続パターン  
を設定することを特徴とする請求項 4 乃至 8 の何れかに記載の静電アクチュエータの駆動  
装置。

**【請求項 10】**

上記電圧切り替え手段は、一定周期で電圧切り替え動作を行うことを特徴とする請求項  
4 乃至 9 の何れかに記載の静電アクチュエータの駆動装置。

**【請求項 11】**

上記直流電圧源は、任意の電圧値を出力する機能を有することを特徴とする請求項 4 乃  
至 10 の何れかに記載の静電アクチュエータの駆動装置。

10

20

30

40

50

**【請求項 1 2】**

上記電圧切り替え手段は、上記弹性可動体の機械的共振周波数以上で電圧切り替え動作を行うことを特徴とする請求項 4 乃至 11 の何れかに記載の静電アクチュエータの駆動装置。

**【請求項 1 3】**

可動体電極を形成した弹性可動体と、固定基板電極を形成した固定基板と、上記固定基板電極と上記可動体電極とを電気的に絶縁する絶縁層とを備えた静電アクチュエータの上記可動体電極と固定基板電極間に電圧を印加することで、上記弹性可動体の変位量を制御する静電アクチュエータを駆動する駆動方法であって、

上記弹性可動体の変位量を減少させる際に、上記可動体電極と固定基板電極間に交流電圧を印加して、且つ、上記交流電圧の振幅を次第に減少させることを特徴とする静電アクチュエータの駆動方法。 10

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、可動体電極を形成した弹性可動体と、固定基板電極を形成した固定基板と、上記固定基板電極と上記可動体電極とを電気的に絶縁する絶縁層とを備えた静電アクチュエータを駆動する静電アクチュエータの駆動装置及び駆動方法に関する。

**【背景技術】****【0002】**

近年、小型の携帯機器が普及し、さらに携帯機器に駆動部品を搭載する要望が高まるに連れ、小型且つ低消費電力のアクチュエータが望まれている。これに伴い、従来の電磁式アクチュエータに替えて静電式アクチュエータが提案されている。静電式アクチュエータは、比較的簡単な構成で、静電気力により駆動力を得るため、小型化、低消費電力化に向いている。

**【0003】**

また、半導体製造技術を適用した、所謂MEMS (Micro Electro-Mechanical System) 技術を適用することによって、低コスト・高精度の製作が期待できる。

**【0004】**

このような静電アクチュエータを安定に駆動する方法として、例えば特許文献 1 に挙げられる駆動方法が提案されている。なお、ここに挙げた先行技術は、静電気力により変形可能なミラーに関する出願であるが、このような変形可能ミラーは静電アクチュエータの一つの形態である。 30

**【0005】**

即ち、図 12 に示すように、変形可能ミラー 1 は、大きく分けるとミラー基板 2、参照基板 3、及び電圧印加部 4 から構成されており、ミラー基板 2 は、弹性変形可能な可撓性部材 5 と、その表面に形成された反射膜 5a を含み、参照基板 3 は、参照面 7 の表面に形成された対向電極 8 と、対向電極 8 の表面に形成された絶縁部材 9 を含む。このような変形可能ミラー 1 の可撓性部材 5 と対向電極 8 間に電圧を印加することで、両者間に静電引力が発生し、可撓性部材 5 が参照面 7 に吸引されて、この参照面 7 に沿った形状に変形する。また、電圧の印加を停止すると、可撓性部材 5 と対向電極 8 間には静電引力が働くくなり、可撓性部材 5 が初期形状に戻る。 40

**【0006】**

しかし、従来行われていたように、可撓性部材 5 と対向電極 8 間に直流電圧を印加し、可撓性部材 5 を絶縁部材 9 に吸着した状態にすると、電荷注入や接触帶電によって絶縁部材 9 に帶電が生じ、可撓性部材 5 と対向電極 8 間の静電引力の低下、また、電圧の印加を停止した後も、可撓性部材 5 が絶縁部材 9 から分離しない等の不都合が生じていた。

**【0007】**

そこで、特許文献 1 では、絶縁部材 9 の帶電を防止するために、可撓性部材 5 と対向電極 8 間に印加する電圧を、直流電圧ではなく、極性の変化する交流電圧にし、絶縁部材 9 50

が正あるいは負のどちらかの極性に帯電する以前に、電圧の極性を切り替えることにより、絶縁部材9が一方の極性に帯電することを防ぐことを提案している。

【特許文献1】特開平11-14919号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

しかしながら、上記特許文献1に開示されるように可撓性部材5と対向電極8間に交流電圧を印加した場合でも、絶縁部材9に発生する残留分極等の影響により、可撓性部材5と絶縁部材9間に僅かに残留引力が残る。特に、可撓性部材5が絶縁部材9に吸着している状態では、その影響が顕著に現れ、僅かな残留引力でも可撓性部材5が絶縁部材9から剥離しない、また、剥離するのに遅延が生じる等の現象が生じる。これら残留分極の影響を低減させるためには、交流電圧の周波数を上げる必要があるが、静電アクチュエータの消費電力は、印加する交流電圧の周波数に比例するため、消費電力が増加してしまう。

【0009】

また、常に交流電圧を印加すると、可撓性部材5と対向電極8間に過渡電流が流れ、必要以上に消費電力を増加することになる。

【0010】

上述のように、静電アクチュエータを駆動するために交流電圧を印加する場合、その周波数を高く設定する必要が生じたり、また、交流電圧を印加すること自体が、本来静電アクチュエータの持つ低消費電力という特徴を悪化させることになる。これは、特に携帯機器のような乾電池やバッテリを用いるために電源容量が限られた装置では致命的な問題となる。

【0011】

本発明は、上記の点に鑑みてなされたもので、交流電圧を印加したとしても必要以上に消費電力を増加させることの無い静電アクチュエータの駆動装置及び駆動方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0012】

上記の目的を達成するために、本発明の一態様による静電アクチュエータの駆動装置は、可動体電極を形成した弾性可動体と、固定基板電極を形成した固定基板と、上記固定基板電極と上記可動体電極とを電気的に絶縁する絶縁層とを備えた静電アクチュエータの上記可動体電極と固定基板電極間に電圧を印加することで、上記弾性可動体の変位量を制御する静電アクチュエータを駆動する駆動装置であって、上記弾性可動体の変位量を減少させる際に、上記可動体電極と固定基板電極間に交流電圧を印加して、且つ、上記交流電圧の振幅を次第に減少させることを特徴とする。

【0013】

また、上記の目的を達成するために、本発明の一態様による静電アクチュエータの駆動方法は、可動体電極を形成した弾性可動体と、固定基板電極を形成した固定基板と、上記固定基板電極と上記可動体電極とを電気的に絶縁する絶縁層とを備えた静電アクチュエータの上記可動体電極と固定基板電極間に電圧を印加することで、上記弾性可動体の変位量を制御する静電アクチュエータを駆動する駆動方法であって、上記弾性可動体の変位量を減少させる際に、上記可動体電極と固定基板電極間に交流電圧を印加して、且つ、上記交流電圧の振幅を次第に減少させることを特徴とする。

【発明の効果】

【0014】

本発明によれば、弾性可動体と絶縁層間に発生する残留引力の影響を低減させ、また、印加電圧を弾性可動体の動作状態に応じて切り替えることで、交流電圧を印加したとしても必要以上に消費電力を増加させることの無い静電アクチュエータの駆動装置及び駆動方法を提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

10

20

30

40

50

## 【0015】

まず、本発明に係る駆動装置が適用される静電アクチュエータの構成について説明する。

## 【0016】

図1(A)は、本発明に係る駆動装置10の適用される静電アクチュエータ20の構成を模式的に示す図である。即ち、静電アクチュエータ20は、可動体電極21を形成した弾性可動体22と、固定基板電極23を形成した固定基板24と、固定基板電極23と可動体電極21を電気的に絶縁する絶縁層25とからなる。なお、弾性力26は、弾性可動体22の機械的復元力を示す弾性成分を模式的に示している。また、上述の可動体電極21及び固定基板電極23は金属である必要は無く、電極として作用する場合は半導体等でも構わない。

## 【0017】

以下、静電アクチュエータ20の基本動作について説明する。

本発明に係る駆動装置10により可動体電極21と固定基板電極23間に電圧を印加すると、両電極間に静電引力が発生し、弾性可動体22は固定基板24側へ引き寄せられる。弾性可動体22の変位量(変形量)は、両電極間にかかる静電引力と弾性可動体22の弾性力26とにより決定され、両力が釣り合った時点で変形は停止する。また、静電引力が弾性力26を上回ると、弾性可動体22は固定基板24に接触するが、可動体電極21と固定基板電極23間に絶縁層25が存在するため、両電極が電気的に短絡することは無く、両電極間に印加した電圧を低減させることで静電引力が弾性力26を下回るまで弾性可動体22は固定基板24に接触した状態を保つ。

## 【0018】

図1(A)に示されるような模式図で表されたような静電アクチュエータ20としては、例えば図2(A)に示すような可撓性薄膜(弾性可動体22A)上に金属膜27を蒸着して反射鏡とし、この金属膜27及び金属膜27と対向配置した電極(固定基板電極23A)間に電圧を印加することで、可撓性薄膜の形状を変形させる変形可能ミラー、図2(B)に示すようなヒンジ28に支持されたミラー部材29及びミラー部材29と対向配置した固定基板電極としての分割電極(図示せず)間に電圧を印加することで、ミラー部材29をチルト駆動する光偏向器、図2(C)に示すような可動体電極21Bと固定基板電極23B間に電圧を印加することで弾性可動体22Bを変形させ、電極パッド30に接触電極31を接触させることでON-OFFを行う静電スイッチ、等、様々な形態が考えられる。

## 【0019】

次に、静電アクチュエータ20を駆動するために、本発明に係る駆動装置10によって可動体電極21と固定基板電極23間に印加する電圧波形について説明する。なお実際は、可動体電極21と固定基板電極23間にかかる静電引力は、両電極間の電位差に依存するため、電極の接地状態や駆動電圧を印加する電極等には依存しない。しかし、以降は説明を簡略化するため、可動体電極21を接地し、固定基板電極23に電圧波形を印加するように統一するが、必ずしもこの様な形態に限られる物ではない。

## 【0020】

図1(A)に示す静電アクチュエータ20を駆動する電圧波形として、駆動装置10は、図1(B)に示すような交流電圧を固定基板電極23に印加する。

## 【0021】

ここで、図1(B)に示すAの期間においては、駆動装置10は、固定基板電極23に、波高値が一定の交流電圧を印加する。この期間は、常に、可動体電極21と固定基板電極23間に静電引力が発生する。この状態は、印加する交流電圧の波形形状や弾性可動体22の機械的共振周波数に対する交流電圧の周波数等を適当に設定することにより、弾性可動体22の変位量は一定に保持される。さらに詳しく述べると、印加する交流電圧が矩形波の場合、可動体電極21と固定基板電極23間に常に一定の静電引力がかかる。また、印加する交流電圧が正弦波の場合、可動体電極21と固定基板電極23間に正弦波

の自乗特性を持つ静電引力がかかる。しかしながら、交流電圧の周波数を弾性可動体22の機械的共振周波数以上に設定したり、弾性可動体22にエアーダンピングをかける等により、弾性可動体22の振動が抑制され、巨視的に見ると弾性可動体22の変位量は一定に保持される。また、両電極間にかかる静電引力が弾性可動体22の弾性力26を上回る場合、弾性可動体22は固定基板24側に接触した状態を保つ。

#### 【0022】

一方、図1(B)に示すCの期間は、固定基板電極23に電圧が印加されない期間である。この期間は、可動体電極21と固定基板電極23間に静電引力がかからないので、弾性可動体22は変形しない初期の状態に保持される。

#### 【0023】

そして、本発明では、駆動装置10は、図1(B)に示すBの期間において、固定基板電極23に、波高値が次第に低減する交流電圧を印加する。

#### 【0024】

ここで、弾性可動体22が変形状態にあるAの期間と変形しない初期の状態にあるCの期間との間に、Bの期間のような波高値が次第に低減する交流電圧が印加させる期間を設けた場合と設けない場合との、弾性可動体22の動作比較を図1(C)を用いて説明する。なお、この図1(C)は、固定基板電極23に印加する電圧Vに対する絶縁層25に残留する電荷Cの関係を示したグラフである。

#### 【0025】

即ち、図1(B)に示すAの期間のように、交流電圧を印加して弾性可動体22を変形させると、直流電圧を印加して弾性可動体22を変形させた場合に比べ、電荷量は減少するものの残留電荷が絶縁層25に発生する。この状態で、Bの期間を設けずにCの期間のように固定基板電極23に印加する交流電圧を切ると、印加電圧と残留電荷の関係は、図1(C)に示す 点から 点への軌跡を通り、 点で留まるため、残留電荷が存在することになる。この残留電荷により、可動体電極21と絶縁層25間に静電引力がかかり、弾性可動体22が絶縁層25から剥離しない、また、剥離するのに遅延が生じる等の問題が生じる。この残留電荷は、固定基板電極23に印加する交流電圧の周波数を上げることで発生を抑制させることができるが、静電アクチュエータ20の消費電力は、交流電圧の周波数に比例するため、そのようにすると消費電力が増加することになる。

#### 【0026】

一方、本発明のようにBの期間を設けた場合には、印加電圧と残留電荷の関係は図1(C)に示す 点から 点を通り、さらに矢印で示された軌跡を通って、最終的には 点に到達する。この状態では、絶縁層25に残留電荷が存在しないので、上述のような問題は生じない。

#### 【0027】

つまり、固定基板電極23に波高値が一定の交流電圧が印加されるAの期間と電圧が印加されないCの期間の間に、波高値が次第に低減する交流電圧が印加されるBの期間を設けることで、確実に素早く絶縁層25に発生する残留電荷の影響を除去し、安定して弾性可動体22の変形制御を行うことができるようになる。

#### 【0028】

上述の説明では、固定基板電極23に印加する交流電圧の波高値を低下させる場合にのみBの期間を設けているが、これは交流電圧の波高値を低下させる場合、つまり弾性可動体22の変形量を低減させる場合に、残留電荷の影響を大きく受けるためである。勿論、交流電圧の波高値を増加させる場合にも、波高値を次第に増加させる期間を設けても構わないが、その場合は不用意に可動体電極21の変形を遅らせる結果となる。これは、以降の説明においても同様のことが言える。

#### 【0029】

また、静電アクチュエータ20を駆動する電圧波形としては、図3に示すような電圧を固定基板電極23に印加するようにしても良い。即ち、同図に示すBの期間及びCの期間は、図1(B)で示した電圧波形のそれと同じであり、同様の効果が得られる。一方、図

10

20

30

40

50

3に示すAの期間は、固定基板電極23に直流電圧を印加する。この期間は、一定の静電引力が可動体電極21と固定基板電極23間に働くため、弾性可動体22の変位量は一定に保持される。また、静電引力が弾性可動体22の弾性力26を上回る場合、弾性可動体22は固定基板24側に接触した状態を保つ。このようにAの期間に直流電圧を印加すると、可動体電極21と固定基板電極23間に過渡電流が流れないので、交流電圧を印加した場合と比較して消費電力を大幅に低減することができる。

#### 【0030】

あるいは、静電アクチュエータ20を駆動する電圧波形として、図4に示すような電圧を固定基板電極23に印加するようにしても良い。即ち、同図に示すAの期間は、図1(B)に示した電圧波形のAの期間と同様に固定基板電極23に波高値が一定の交流電圧を印加するものであるが、その波高値を任意な値に可変設定している。このように交流電圧を捉えると、図1(B)の電圧波形におけるCに示す期間は、固定基板電極23に印加する交流電圧の波高値を零に設定したことになり、図4ではAの期間に含まれる。前述したように、弾性可動体22の変位量(変形量)は、可動体電極21と固定基板電極23間に発生する静電引力と弾性可動体22の弾性力26とにより決定され、両力が釣り合った時点で変形が停止するため、このように交流電圧の波高値を任意に設定することで、弾性可動体22の変位量を連続的に設定することが可能となる。図4に示すBの期間は、上述の図1(B)及び図3に示したBの期間と同様に、固定基板電極23に波高値が次第に低減する交流電圧が印加される。なお、図4に示すDの期間は、固定基板電極23に印加する交流電圧の波高値を増加させ、弾性可動体22の変形量を増大させる点であり、この点では前述のように急激に交流電圧の波高値を増加させても、次第に増加させても構わない。

#### 【0031】

また、静電アクチュエータ20を駆動する電圧波形として、図5に示すような電圧を固定基板電極23に印加するようにしても良い。即ち、図5に示すBの期間及びDの期間は図4で示した電圧波形のそれと同じであり、同様の効果が得られる。図5に示すAの期間は、図3に示すAの期間と同様に固定基板電極23に直流電圧を印加するが、この電圧値を任意な値に可変設定している。このように直流電圧を捉えると、図3におけるCに示す期間は固定基板電極23に印加する直流電圧の電圧値を零に設定したことになり、図5ではAの期間に含まれる。前述のように弾性可動体22の変位量(変形量)は、両電極間に発生する静電引力と弾性可動体22の弾性力26とにより決定され、両力が釣り合った時点で変形は停止するため、直流電圧の電圧値を任意に設定することで、弾性可動体22の変位量を連続的に設定することが可能となる。また、このようにAの期間に直流電圧を印加すると可動体電極21と固定基板電極23間に過渡電流が流れないので、交流電圧を印加した場合と比較して消費電力を大幅に低減することができる。

#### 【0032】

以上説明したような図1(B)、図3、図4、または図5に示したような電圧波形を静電アクチュエータに印加するための、本発明に係る駆動装置及び駆動方法を実施するための最良の形態を、以下に図面を参照して説明する。

#### 【0033】

##### [第1実施形態]

図6は、本発明の第1実施形態に係る駆動装置10の構成を示す図である。

#### 【0034】

即ち、本実施形態においては、駆動装置10は、駆動電圧出力部11と電圧調整部12とからなる。ここで、駆動電圧出力部11は、例えば、交流電圧源11Aにより構成され、図7(A)に示すような交流電圧Aを出力する。また、電圧調整部12は、入力された交流電圧のゲインを次第に減少させるアッテネータ等により構成されるもので、停止状態では交流電圧源11Aからの交流電圧をそのまま出力し、作動状態では交流電圧を次第に減少させ出力する。

#### 【0035】

上述の構成を用いて、駆動装置10からの出力Bを、図7(B)のような波形とするこ

10

20

30

40

50

とができる。このような駆動電圧出力部11及び電圧調整部12により成形された交流電圧が静電アクチュエータ20に印加される。

【0036】

上述の構成において、静電アクチュエータ20の弾性可動体22を変形させる場合には、電圧調整部12を停止状態として、駆動電圧出力部11から交流電圧を出力すると、静電アクチュエータ20には、その駆動電圧出力部11から出力された交流電圧がそのまま印加され、弾性可動体22が変形する。

【0037】

次に、この状態から弾性可動体22の変形を初期の状態に戻す場合には、電圧調整部12を作動状態として、駆動電圧出力部11からの交流電圧の振幅を次第に減少させていき、該駆動装置10からの出力が零となったところで、駆動電圧出力部11からの交流電圧の出力を停止させる。

【0038】

このような動作により、駆動装置10は、図1(B)に示すような電圧波形を出力することができる。

【0039】

また、駆動電圧出力部11として、交流電圧の振幅を任意に設定できる可変交流電圧源を用いることで、図4に示すような電圧波形を出力することができる。

【0040】

さらには、駆動電圧出力部11として、交流電圧と直流電圧とを切り替えて出力することができる、交流・直流電圧源を用いることで、図3に示すような電圧波形を出力することができる。

【0041】

また、駆動電圧出力部11として、交流電圧と直流電圧とを切り替え、さらに交流の振幅及び直流の電圧値を任意に設定して出力することができる、可変交流・直流電圧源を用いることで、図5に示すような電圧波形を出力することができる。

【0042】

[第2実施形態]

図8は、本発明の第2実施形態に係る駆動装置10の構成を示す図である。

【0043】

即ち、本実施形態に係る駆動装置10は、駆動電圧出力部11を、直流電圧源11Bと、電圧切り替え部として機能する、同期して電圧の切り替えを行う一対の電圧切り替えスイッチ11Cとから構成したものである。また、電圧調整部12は、ローパスフィルタで構成される。

【0044】

例えば、直流電圧源11Bにより図9(A)に示すような直流電圧Aを出力する。この電圧波形をローパスフィルタで構成される電圧調整部12に通すことによって、図9(B)に示すような電圧波形Bとする。この電圧波形を電圧波形B側と接地側を逆相で同期して切り替えを行う一対の電圧切り替えスイッチ11Cにより周期的に切り替える。これら電圧切り替えスイッチ11Cの出力電圧は、図9(C)に示す電圧波形C及び図9(D)に示す電圧波形Dのようになる。これらの電圧波形C及びDを、静電アクチュエータ20の可動体電極21及び固定基板電極23にそれぞれ印加する。

【0045】

静電アクチュエータ20の片方の電極、例えば可動体電極21を基準にとると、固定基板電極23に印加される電圧の可動体電極21に対する電位差は、図9(E)に示す電圧波形Eのようになる。

【0046】

このように、駆動電圧出力部11及び電圧調整部12により成形された交流電圧が静電アクチュエータ20に印加される。

【0047】

10

20

30

40

50

上述の構成において、静電アクチュエータ20の弾性可動体22を変形させる場合には、直流電圧源11Bから直流電圧を出力し、一対の電圧切り替えスイッチ11Cの切り替え動作を行う。すると、静電アクチュエータ20には、交流電圧が印加され、弾性可動体22が変形する。次に、この状態から弾性可動体22の変形を初期の状態に戻す場合には、直流電圧源11Bからの直流電圧の出力を停止させると共に、引き続き上記一対の電圧切り替えスイッチ11Cの切り替え動作を行う。すると、電圧調整部12を構成するローパスフィルタで設定された時定数に従い、静電アクチュエータ20に印加される交流電圧の振幅は、次第に減少する。なお、この交流電圧の振幅が零となった後は、上記一対の電圧切り替えスイッチ11Cの切り替え動作を停止しても構わない。

## 【0048】

10

以上の動作をすることで、本実施形態に係る駆動装置10は、図1(B)に示すような電圧波形を出力することができる。

## 【0049】

また、直流電圧源11Bとして、出力電圧値を任意に制御することができる可変直流電源を用いることで、図4に示すような電圧波形を出力することができる。

## 【0050】

20

あるいは、次のような動作をすることで、図3に示すような電圧波形を出力することができる。即ち、静電アクチュエータ20の弾性可動体22を変形させる場合、直流電圧源11Bから直流電圧を出力し、一対の電圧切り替えスイッチ11Cの切り替え動作を行わない。すると、静電アクチュエータ20には直流電圧が印加され、弾性可動体22が変形する。次に、この状態から弾性可動体22の変形を初期の状態に戻す場合は、直流電圧源11Bからの直流電圧の出力を停止させると共に、一対の電圧切り替えスイッチ11Cの切り替え動作を行う。すると、電圧調整部12を構成するローパスフィルタで設定された時定数に従い、静電アクチュエータ20に印加される交流電圧の振幅は次第に減少する。なお、交流電圧の振幅が零となった後は、一対の電圧切り替えスイッチ11Cの切り替え動作を停止しても構わない。

## 【0051】

30

また、直流電圧源11Bとして、出力電圧値を任意に制御することができる可変直流電源を用いることで、図5に示すような電圧波形を出力することができる。

## 【0052】

## [第3実施形態]

図10は、本発明の第3実施形態に係る駆動装置10の構成を示す図である。

## 【0053】

即ち、本実施形態に係る駆動装置10は、駆動電圧出力部11を、極性の異なる直流電圧を同期して出力する一対の直流電圧源11B-1及び11B-2と、電圧切り替え部として機能する電圧切り替えスイッチ11Cとから構成したものである。また、ローパスフィルタで構成される電圧調整部についても、直流電圧源11B-1, 11B-2からの電圧値をそれぞれ次第に減少させるため、一対の電圧調整部12-1及び12-2として構成している。

## 【0054】

40

例えば、正電圧を出力する直流電圧源11B-1により図11(A)に示すような直流電圧Aを出力し、負電圧を出力する直流電圧源11B-2により図11(B)に示すような直流電圧Bを出力する。それぞれの直流電源の出力波形をローパスフィルタで構成される電圧調整部12-1及び12-2に通すことによって図11(C)及び図11(D)に示すような電圧波形C及びDとする。これらの電圧波形を電圧波形C側とD側で電圧切り替えスイッチ11Cにより周期的に切り替える。電圧切り替えスイッチ11Cの出力電圧は、図11(E)に示す電圧波形Eのようになる。この電圧波形Eを、静電アクチュエータ20の可動体電極21または固定基板電極23に印加し、他方を接地する。

## 【0055】

このように、駆動電圧出力部11及び電圧調整部12により成形された交流電圧が静電

50

アクチュエータ20に印加される。

【0056】

上述の構成において静電アクチュエータ20の弾性可動体22を変形させる場合、両直流電圧源11B-1, 11B-2から極性の異なる直流電圧を出力し、電圧切り替えスイッチ11Cの切り替え動作を行う。すると、静電アクチュエータ20には交流電圧が印加され、弾性可動体22が変形する。次に、この状態から弾性可動体22の変形を初期の状態に戻す場合は、両直流電圧源11B-1, 11B-2からの直流電圧の出力を停止させると共に、引き続き電圧切り替えスイッチ11Cの切り替え動作を行う。すると、電圧調整部12-1及び12-2を構成するローパスフィルタで設定された時定数に従い、静電アクチュエータ20に印加される交流電圧の振幅は、次第に減少する。なお、交流電圧の振幅が零となった後は、電圧切り替えスイッチ11Cの切り替え動作を停止しても構わない。

【0057】

以上の動作をすることで、本実施形態に係る駆動装置10は、図1(B)に示すような電圧波形を成形することができる。

【0058】

また、両直流電圧源11B-1, 11B-2として、出力電圧値を任意に制御することができる可変直流電源を用いることで、図4に示すような電圧波形を出力することができる。

【0059】

あるいは、次のような動作をすることで、図3に示すような電圧波形を出力することができる。即ち、静電アクチュエータ20の弾性可動体22を変形させる場合、両直流電圧源11B-1, 11B-2から極性の異なる直流電圧を出力し電圧切り替えスイッチ11Cの切り替え動作を行わない。すると、静電アクチュエータ20には単極性の直流電圧が印加され、弾性可動体22が変形する。次に、この状態から弾性可動体22の変形を初期の状態に戻す場合は、両直流電圧源11B-1, 11B-2からの直流電圧の出力を停止させると共に電圧切り替えスイッチ11Cの切り替え動作を行う。すると、電圧調整部12-1及び12-2を構成するローパスフィルタで設定された時定数に従い、静電アクチュエータ20に印加される交流電圧の振幅は次第に減少する。なお、交流電圧の振幅が零となった後は、電圧切り替えスイッチ11Cの切り替え動作を停止しても構わない。また、弾性可動体22を変形させる場合に、何れか一方の極性の直流電圧源11Bからのみ直流電圧を出力し、電圧切り替えスイッチ11Cを、直流電圧を出力している電源側に設定して、弾性可動体22の変形を初期の状態に戻す直前に出力を停止していた直流電圧源11Bから直流電圧を出力するようにしても良い。

【0060】

また、直流電圧源11B-1, 11B-2として、出力電圧値を任意に制御することができる可変直流電源を用いることで、図5に示すような電圧波形を出力することができる。

【0061】

以上実施形態に基づいて本発明を説明したが、本発明は上述した実施形態に限定されるものではなく、本発明の要旨の範囲内で種々の変形や応用が可能なことは勿論である。

【0062】

(付記)

上記の具体的実施形態から、以下のような構成の発明を抽出することができる。

【0063】

(1) 可動体電極を形成した弾性可動体と、固定基板電極を形成した固定基板と、上記固定基板電極と上記可動体電極とを電気的に絶縁する絶縁層とを備えた静電アクチュエータの上記可動体電極と固定基板電極間に電圧を印加することで、上記弾性可動体の変位量を制御する静電アクチュエータを駆動する駆動装置であって、

上記弾性可動体の変位量を減少させる際に、上記可動体電極と固定基板電極間に交流電

10

20

30

40

50

圧を印加して、且つ、上記交流電圧の振幅を次第に減少させることを特徴とする静電アクチュエータの駆動装置。

【0064】

(対応する実施形態)

この(1)に記載の静電アクチュエータの駆動装置に関する実施形態は、第1乃至第3実施形態が対応する。

【0065】

(作用効果)

この(1)に記載の静電アクチュエータの駆動装置は、弾性可動体の変位量を減少させる際に、交流信号の振幅を次第に減少させて出力する。

10

【0066】

従って、この(1)に記載の静電アクチュエータの駆動装置によれば、確実に素早く絶縁層に発生する残留電荷の影響を除去することで、弾性可動体が絶縁層から剥離しない、または剥離するのに遅延が生じる等の問題を回避し、安定して弾性可動体の変形制御を行うことができる。

【0067】

(2) 交流電圧を出力する交流電圧源と、

上記交流電圧源から出力された交流電圧の振幅を次第に減少させる電圧調整手段と、  
を具備することを特徴とする(1)に記載の静電アクチュエータの駆動方法。

20

【0068】

(対応する実施形態)

この(2)に記載の静電アクチュエータの駆動装置に関する実施形態は、第1実施形態が対応する。

【0069】

(作用効果)

この(2)に記載の静電アクチュエータの駆動装置は、交流電圧源とゲインを任意に設定できるアッテネータを用いて、弾性可動体の変位量を減少させる際に交流信号の振幅を次第に減少させて出力する。

【0070】

従って、この(2)に記載の静電アクチュエータの駆動装置によれば、確実に素早く絶縁層に発生する残留電荷の影響を除去することで、弾性可動体が絶縁層から剥離しない、または剥離するのに遅延が生じる等の問題を回避し、安定して弾性可動体の変形制御を行うことができる。

30

【0071】

(3) 上記交流電圧源が、任意の波高値の交流電圧を出力する機能を有することを特徴とする(2)に記載の静電アクチュエータの駆動装置。

【0072】

(対応する実施形態)

この(3)に記載の静電アクチュエータの駆動装置に関する実施形態は、第1実施形態が対応する。

40

【0073】

(作用効果)

この(3)に記載の静電アクチュエータの駆動装置は、可変交流電圧源とゲインを任意に設定できるアッテネータを用いて、弾性可動体の変位量を減少させる際に交流信号の振幅を次第に減少させて出力する。

【0074】

従って、この(3)に記載の静電アクチュエータの駆動装置によれば、確実に素早く絶縁層に発生する残留電荷の影響を除去することで、弾性可動体が絶縁層から剥離しない、または剥離するのに遅延が生じる等の問題を回避し、安定して弾性可動体の変形制御を行うことができる。また、弾性可動体の変形量を連続的に制御することができる。

50

## 【0075】

(4) 直流電圧を出力する直流電圧源と、  
上記直流電圧源から出力された直流電圧の電圧値を次第に減少させる電圧調整手段と、  
上記電圧調整手段によって電圧値が次第に減少される直流電圧を2つに分岐して入力し、  
それら2入力の電圧を切り替えて出力することで、上記交流電圧を生成する電圧切り替え手段と、

を具備することを特徴とする(1)に記載の静電アクチュエータの駆動装置。

## 【0076】

(対応する実施形態)

この(4)に記載の静電アクチュエータの駆動装置に関する実施形態は、第2及び第3  
実施形態が対応する。 10

## 【0077】

(作用効果)

この(4)に記載の静電アクチュエータの駆動装置は、直流電圧源とローパスフィルタ  
と電圧切り替え手段とを用いて、弾性可動体の変位量を減少させる際に交流信号の振幅を  
次第に減少させて出力する。

## 【0078】

従って、この(4)に記載の静電アクチュエータの駆動装置によれば、確実に素早く絶  
縁層に発生する残留電荷の影響を除去することで、弾性可動体が絶縁層から剥離しない、  
または剥離するのに遅延が生じる等の問題を回避し、安定して弾性可動体の変形制御を行  
うことができる。 20

## 【0079】

(5) 上記直流電圧源は、単一の極性の直流電圧を出力する機能を有し、  
上記電圧切り替え手段は、同期して電圧の切り替えを行う一対のスイッチ手段からなる  
ことを特徴とする(4)に記載の静電アクチュエータの駆動装置。

## 【0080】

(対応する実施形態)

この(5)に記載の静電アクチュエータの駆動装置に関する実施形態は、第2実施形態  
が対応する。

## 【0081】

(作用効果)

この(5)に記載の静電アクチュエータの駆動装置は、単一極性出力の直流電圧源とロ  
ーパスフィルタと一対の電圧切り替えスイッチとを用いて、弾性可動体の変位量を減少さ  
せる際に交流信号の振幅を次第に減少させて出力する。

## 【0082】

従って、この(5)に記載の静電アクチュエータの駆動装置によれば、確実に素早く絶  
縁層に発生する残留電荷の影響を除去することで、弾性可動体が絶縁層から剥離しない、  
または剥離するのに遅延が生じる等の問題を回避し、安定して弾性可動体の変形制御を行  
うことができる。

## 【0083】

(6) 上記直流電圧源は、極性の異なる一対の直流電圧を同期して出力する機能を有  
し、

上記電圧調整手段は、各々の直流電圧の電圧値を次第に減少させる電圧値調整手段から  
なることを特徴とする(4)に記載の静電アクチュエータの駆動装置。

## 【0084】

(対応する実施形態)

この(6)に記載の静電アクチュエータの駆動装置に関する実施形態は、第3実施形態  
が対応する。

## 【0085】

(作用効果)

10

20

30

40

50

この(6)に記載の静電アクチュエータの駆動装置は、極性が異なる一对の直流電圧源とローパスフィルタと電圧切り替えスイッチとを用いて、弾性可動体の変位量を減少させる際に交流信号の振幅を次第に減少させて出力する。

#### 【0086】

従って、この(6)に記載の静電アクチュエータの駆動装置によれば、確実に素早く絶縁層に発生する残留電荷の影響を除去することで、弾性可動体が絶縁層から剥離しない、または剥離するのに遅延が生じる等の問題を回避し、安定して弾性可動体の変形制御を行うことができる。また、常に電位の固定された接地電位を出力することができる。

#### 【0087】

(7) 上記電圧切り替え手段は、上記直流電圧源の出力状態が変化する時にのみ切り替え動作を行うことを特徴とする(4)乃至(6)の何れかに記載の静電アクチュエータの駆動装置。10

#### 【0088】

##### (対応する実施形態)

この(7)に記載の静電アクチュエータの駆動装置に関する実施形態は、第2及び第3実施形態が対応する。

#### 【0089】

##### (作用効果)

この(7)に記載の静電アクチュエータの駆動装置は、直流電圧源の出力状態が変化しない期間は電圧切り替え手段を停止させる。20

#### 【0090】

従って、この(7)に記載の静電アクチュエータの駆動装置によれば、直流電圧源の出力状態が変化しない期間は可動体電極及び固定基板電極間に定電圧が印加されるので、両電極間に過度電流が流れず、消費電力を低下させることができる。

#### 【0091】

(8) 上記電圧切り替え手は、上記直流電圧源の出力状態が、上記直流電圧を出力する状態から非出力状態へ移行する時にのみ切り替え動作を行うことを特徴とする(4)乃至(6)の何れかに記載の静電アクチュエータの駆動装置。20

#### 【0092】

##### (対応する実施形態)

この(8)に記載の静電アクチュエータの駆動装置に関する実施形態は、第2及び第3実施形態が対応する。

#### 【0093】

##### (作用効果)

この(8)に記載の静電アクチュエータの駆動装置は、直流電圧源の出力状態が減少する時にのみ電圧切り替え手段を駆動させる。

#### 【0094】

従って、この(8)に記載の静電アクチュエータの駆動装置によれば、直流電圧源の出力状態が増加する場合、つまり弾性可動体の変位量を増大させる時は可動体電極及び固定基板電極間に印加される電圧が瞬時に増加するので、応答性が良くなる。40

#### 【0095】

(9) 上記電圧切り替え手段が切り替え動作を停止している際は、上記可動体電極と固定基板電極間に印加する電圧の極性が一定となるように、上記電圧切り替え手段の接続パターンを設定することを特徴とする(4)乃至(8)の何れかに記載の静電アクチュエータの駆動装置。

#### 【0096】

##### (対応する実施形態)

この(9)に記載の静電アクチュエータの駆動装置に関する実施形態は、第2及び第3実施形態が対応する。

#### 【0097】

10

20

30

40

50

(作用効果)

この(9)に記載の静電アクチュエータの駆動装置は、電圧切り替え手段が切り替え動作を停止する際に出力電圧の極性が一定となるような接続パターンで停止する。

【0098】

従って、この(9)に記載の静電アクチュエータの駆動装置によれば、可動体が変形している際に可動体電極及び固定基板電極に印加されている電圧の極性を常に単一の極性に設定することができる。

【0099】

(10) 上記電圧切り替え手段は、一定周期で電圧切り替え動作を行うことを特徴とする(4)乃至(9)の何れかに記載の静電アクチュエータの駆動装置。

10

【0100】

(対応する実施形態)

この(10)に記載の静電アクチュエータの駆動装置に関する実施形態は、第2及び第3実施形態が対応する。

【0101】

(作用効果)

この(10)に記載の静電アクチュエータの駆動装置は、電圧切り替え手段が電圧を切り替える周期を一定にする。

【0102】

従って、この(10)に記載の静電アクチュエータの駆動装置によれば、可動体電極及び固定基板電極に印加される交流電圧の周波数を一定にすることができる。

20

【0103】

(11) 上記直流電圧源は、任意の電圧値を出力する機能を有することを特徴とする(4)乃至(10)の何れかに記載の静電アクチュエータの駆動装置。

【0104】

(対応する実施形態)

この(11)に記載の静電アクチュエータの駆動装置に関する実施形態は、第2及び第3実施形態が対応する。

【0105】

(作用効果)

この(11)に記載の静電アクチュエータの駆動装置は、可変直流電圧源とローパスフィルタと電圧切り替え手段とを用いて弾性可動体の変位量を減少させる際に、交流信号の振幅を次第に減少させて出力する。

30

【0106】

従って、この(11)に記載の静電アクチュエータの駆動装置によれば、弾性可動体の変形量と連続的に制御することができる。

【0107】

(12) 上記電圧切り替え手段は、上記弾性可動体の機械的共振周波数以上で電圧切り替え動作を行うことを特徴とする(4)乃至(11)の何れかに記載の静電アクチュエータの駆動装置。

40

【0108】

(対応する実施形態)

この(12)に記載の静電アクチュエータの駆動装置に関する実施形態は、第2及び第3実施形態が対応する。

【0109】

(作用効果)

この(12)に記載の静電アクチュエータの駆動装置は、切り替え手段が電圧を切り替える周期を弾性可動体の機械的共振周波数以上にする。

【0110】

従って、この(12)に記載の静電アクチュエータの駆動装置によれば、弾性可動体が

50

振動するのを防ぐことができる。

【0111】

(13) 可動体電極を形成した弾性可動体と、固定基板電極を形成した固定基板と、上記固定基板電極と上記可動体電極とを電気的に絶縁する絶縁層とを備えた静電アクチュエータの上記可動体電極と固定基板電極間に電圧を印加することで、上記弾性可動体の変位量を制御する静電アクチュエータを駆動する駆動方法であって、

上記弾性可動体の変位量を減少させる際に、上記可動体電極と固定基板電極間に交流電圧を印加して、且つ、上記交流電圧の振幅を次第に減少させることを特徴とする静電アクチュエータの駆動方法。

【0112】

(対応する実施形態)

この(13)に記載の静電アクチュエータの駆動方法に関する実施形態は、第1乃至第3実施形態が対応する。

【0113】

(作用効果)

この(13)に記載の静電アクチュエータの駆動方法は、弾性可動体の変位量を減少させる際に、交流信号の振幅を次第に減少させて出力する。

【0114】

従って、この(13)に記載の静電アクチュエータの駆動方法によれば、確実に素早く絶縁層に発生する残留電荷の影響を除去することで、弾性可動体が絶縁層から剥離しない、または剥離するのに遅延が生じる等の問題を回避し、安定して弾性可動体の変形制御を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【0115】

【図1】(A)は本発明に係る駆動装置の適用される静電アクチュエータの構成を模式的に示す図、(B)は本発明に係る駆動装置の出力波形の一例を示す図であり、(C)は静電アクチュエータの固定基板電極に印加する電圧に対する絶縁層に残留する電荷の関係を示す図である。

【図2】(A)乃至(C)はそれぞれ本発明に係る駆動装置の適用される静電アクチュエータの形態を示す図である。

【図3】本発明に係る駆動装置の出力波形の別の例を示す図である。

【図4】本発明に係る駆動装置の出力波形の更に別の例を示す図である。

【図5】本発明に係る駆動装置の出力波形の別の例を示す図である。

【図6】本発明の第1実施形態に係る駆動装置の構成を示す図である。

【図7】(A)及び(B)はそれぞれ第1実施形態に係る駆動装置における各部の電圧波形を示す図である。

【図8】本発明の第2実施形態に係る駆動装置の構成を示す図である。

【図9】(A)乃至(D)はそれぞれ第2実施形態に係る駆動装置における各部の電圧波形を示す図であり、(E)は静電アクチュエータ可動体電極を基準にとったときの固定基板電極に印加される電圧の可動体電極に対する電位差を表す電圧波形を示す図である。

【図10】本発明の第3実施形態に係る駆動装置の構成を示す図である。

【図11】(A)乃至(E)はそれぞれ第3実施形態に係る駆動装置における各部の電圧波形を示す図である。

【図12】従来の静電アクチュエータの一形態としての変形可能ミラーの構成を示す図である。

【符号の説明】

【0116】

10...駆動装置、11...駆動電圧出力部、11A...交流電圧源、11B, 11B-1, 11B-2...直流電圧源、11C...電圧切り替えスイッチ、12, 12-1, 12-2...電圧調整部、20...静電アクチュエータ、21...可動体電極、22,

10

20

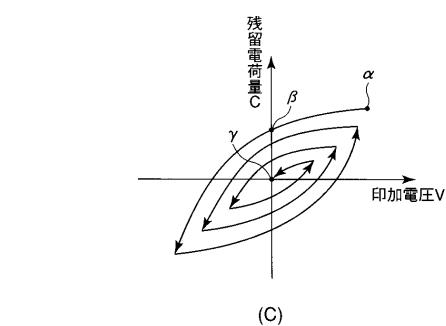
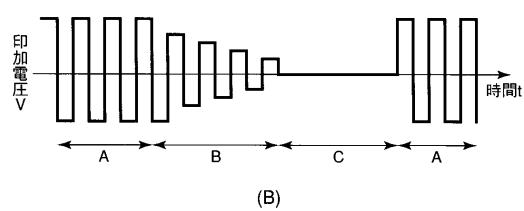
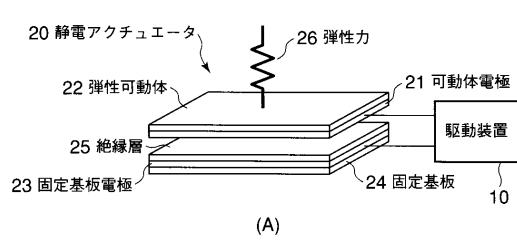
30

40

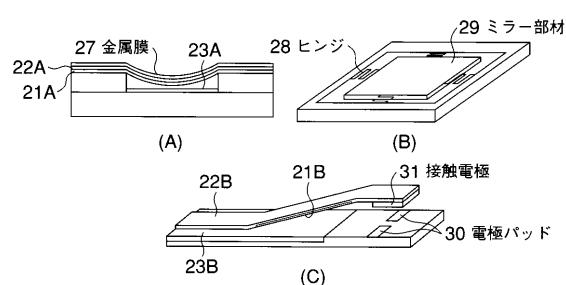
50

22A, 22B...弹性可動体、23, 23A, 23B...固定基板電極、24...固定基板、  
 25...絶縁層、26...弾性力、27...金属膜、28...ヒンジ、29...ミラー部材、  
 30...電極パッド、31...接触電極。

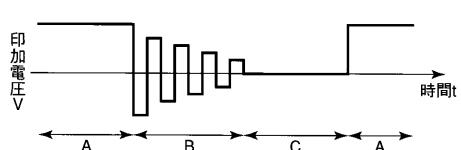
【図1】



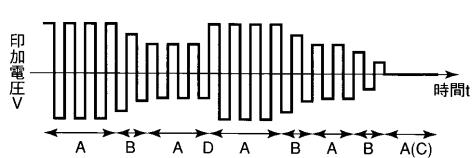
【図2】



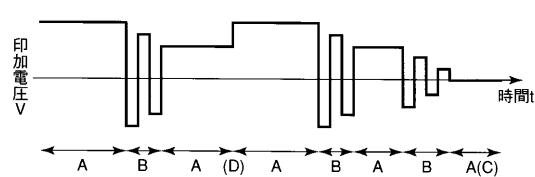
【図3】



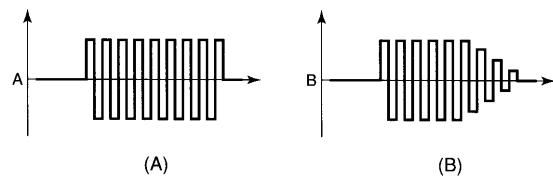
【図4】



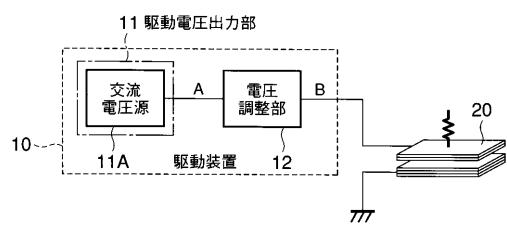
【図5】



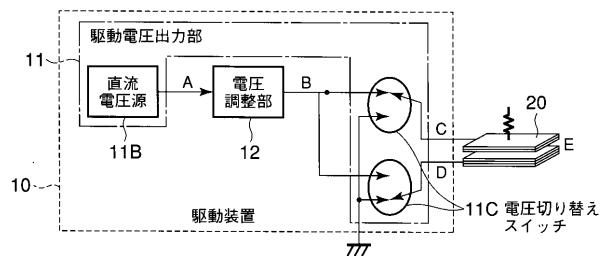
【図7】



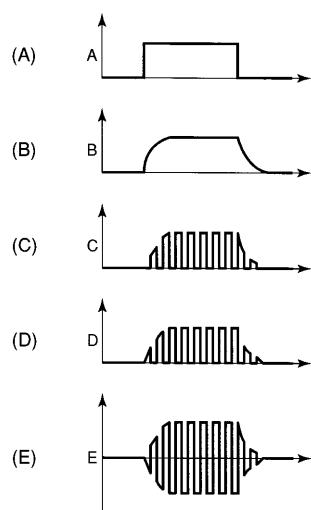
【図6】



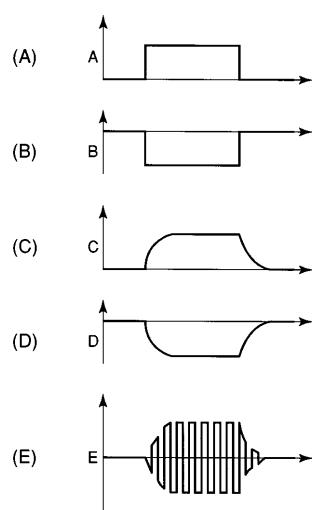
【図8】



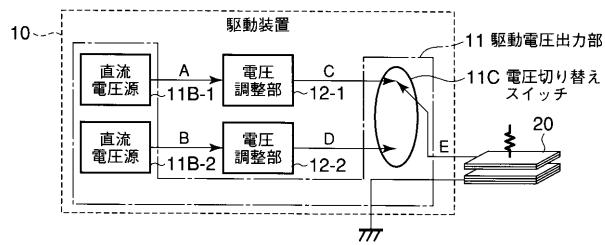
【図9】



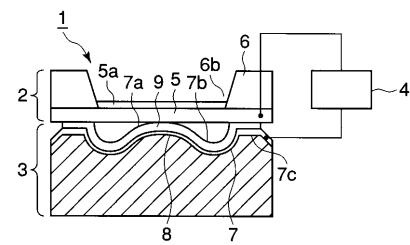
【図11】



【図10】



【図12】



---

フロントページの続き

(74)代理人 100084618  
弁理士 村松 貞男

(74)代理人 100100952  
弁理士 風間 鉄也

(72)発明者 井出 隆之  
東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリンパス株式会社内

(72)発明者 下河辺 明  
東京都町田市つくし野2-24-7

(72)発明者 秦 誠一  
東京都町田市成瀬台2-32-3 ポプラガ丘コーポ20-303

(72)発明者 福重 孝志  
東京都立川市一番町4-59-1 セザール308

F ターム(参考) 2H041 AA12 AB14 AB38 AC06 AZ02 AZ05 AZ08