

(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2007-318861

(P2007-318861A)

(43) 公開日 平成19年12月6日(2007.12.6)

(51) Int. Cl.

H02N 1/00 (2006.01)

F I

H02N 1/00

テーマコード (参考)

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2006-143875 (P2006-143875)
 (22) 出願日 平成18年5月24日 (2006.5.24)

(71) 出願人 304020177
 国立大学法人山口大学
 山口県山口市吉田1677-1
 (72) 発明者 南 和幸
 山口県宇部市常盤台2丁目16-1 国立
 大学法人山口大学工学部内

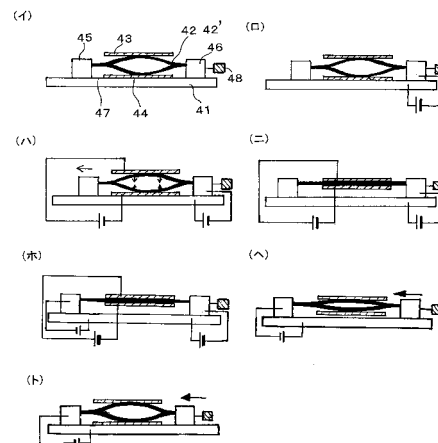
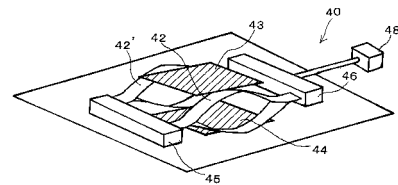
(54) 【発明の名称】 静電アクチュエータ

(57) 【要約】

【課題】 静電エネルギーを非線形ばねに蓄積することで、効率よく機械的仕事に変換でき、大きな変位を得ることができる静電アクチュエータを提供する。

【解決手段】 第1電極と、前記第1電極に対向し、相対的に前記対向する方向に移動可能に所定の間隔をもって配設された第2電極と、前記第1電極と前記第2電極との間に静電引力を生成させるための静電気力生成手段と、前記第1電極と前記第2電極との間の静電引力による仕事を弾性エネルギーとして蓄積するための弾性手段と、前記弾性手段の前記弾性エネルギーの開放により駆動される出力部とを備えた動作部と、前記動作部が表面上に配置された基板と、前記基板表面に沿っての前記動作部と前記基板との間欠的な相対的移動を制御する制御手段と、を備え、前記動作部と前記基板との相対的移動を可能とする。

【選択図】 図6



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第 1 電極と、前記第 1 電極に対向し、相対的に前記対向する方向に移動可能に所定の間隔をもって配設された第 2 電極と、前記第 1 電極と前記第 2 電極との間に静電引力を生成させるための静電気力生成手段と、前記第 1 電極と前記第 2 電極との間の静電引力による仕事を弾性エネルギーとして蓄積するための弾性手段と、前記弾性手段の前記弾性エネルギーの開放により駆動される出力部と、を備えた動作部と、前記動作部が表面上に配置された基板と、前記基板表面に沿っての前記動作部と前記基板との間欠的な相対的移動を制御する制御手段と、を備える静電アクチュエータ。

【請求項 2】

前記第 1 電極と前記第 2 電極が共に可動電極であることを特徴する請求項 1 記載の静電アクチュエータ。

10

【請求項 3】

前記第 1 電極と前記第 2 電極の一方が固定電極、他方が可動電極であることを特徴する請求項 1 記載の静電アクチュエータ。

【請求項 4】

前記弾性手段は、前記第 1 電極と前記第 2 電極との間に配設された非線形ばねであることを特徴する請求項 2 又は請求項 3 記載の静電アクチュエータ。

【請求項 5】

前記弾性手段は、前記可動電極の外方に付設された非線形ばねであることを特徴する請求項 2 記載の静電アクチュエータ。

20

【請求項 6】

前記弾性手段は、前記可動電極を挟んで前記固定電極と対向する支持部と前記可動電極との間に配設された非線形ばねであることを特徴する請求項 3 記載の静電アクチュエータ。

【請求項 7】

前記弾性手段が前記可動電極と一体的に形成されていることを特徴とする請求項 4 ないし請求項 6 のいずれか 1 項記載の静電アクチュエータ。

【請求項 8】

前記出力部が前記弾性手段に脱着可能に設けられていることを特徴とする請求項 4 記載の静電アクチュエータ。

30

【請求項 9】

前記出力部が前記動作部に接続されていることを特徴とする請求項 1 ないし請求項 7 のいずれか 1 項記載の静電アクチュエータ。

【請求項 10】

基板上に配された第 1 電極と、前記第 1 電極に対向し、前記対向する方向に移動可能に所定の間隔をもって配設された第 2 電極と、前記第 1 電極と前記第 2 電極との間に静電引力を生成させるための静電気力生成手段と、前記第 1 電極と前記第 2 電極との間に配され静電引力による仕事を弾性エネルギーとして蓄積するための弾性手段と、前記弾性手段の前記弾性エネルギーの開放により駆動される前記弾性手段に接続された出力部と、前記基板表面に沿っての前記弾性手段と前記基板との間欠的な相対的移動を制御する制御手段と、を備える静電アクチュエータ。

40

【請求項 11】

前記弾性手段と前記第 2 電極とが一体的に形成されていることを特徴とする請求項 10 記載の静電アクチュエータ。

【請求項 12】

所定の間隔をもって隔離され対向する下基板及び上基板と、前記下基板の中央開口に配した第 1 可動電極と、前記上基板の中央開口に配した前記第 1 可動電極に対向する第 2 可動電極と、前記第 1 可動電極と前記第 2 可動電極との間に静電引力を生成させるための静電気力生成手段と、前記第 1 可動電極と前記第 2 可動電極との間の静電引力による仕事を

50

弾性エネルギーとして蓄積するための弾性手段と、前記弾性手段の前記弾性エネルギーの開放により駆動される前記弾性手段に接続された出力部と、前記下基板表面に沿っての前記弾性手段と前記下基板との間欠的な相対的移動を制御する制御手段と、を備える静電アクチュエータ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電極間の静電引力を効率良く機械的工作に変換することができる超小型の静電アクチュエータに関する。

【背景技術】

【0002】

従来の電磁アクチュエータの場合には電流を流し放しの状態となるのに対し、静電アクチュエータの場合には、初期の充電時のみに電流が流れるため省エネルギーにも寄与するものである。

【0003】

また、静電アクチュエータは、半導体製造技術を適用した、いわゆる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】

従来の平行平板型静電アクチュエータは、固定電極Kと可動電極Mとを対向配置し、両者に電圧を印加して電極間隔を小さくする方向の静電駆動力を得るものである。この場合の静電駆動力 F_e は ϵ_0 を比誘電率、真空の誘電率を ϵ_0 、 d を電極間隔、 S を対向電極面積、 V を印加電圧とすれば、

$$F_e = \epsilon_0 \cdot S \cdot V^2 / 2 d^2 \quad \dots (1)$$

として表される。

【0005】

上記(1)式より明らかなように、静電引力は電極間隔が小さくなるにつれて、急激に増加していく特性を持っている。従来は静電引力を仕事に変換することができるポテンシャルを持ちながら、初期発生力が弱く、実際には十分な仕事量を取り出すことが出来ない問題を有していた。

【0006】

そして、変位量が極めて小さいためその適用範囲や用途が制限されていた。そこで、特許文献1では、大きな変位量を発生させることを目的として、ラチェット機構を含む板ばねのばね力を利用した静電式アクチュエータが開示されている。

【0007】

即ち、可動部材と、板ばねを持ち前記可動部材を第1の方向に変位させる1対の第1駆動部材と、板ばねを持ち前記可動部材を第2の方向に変位させる1対の第2駆動部材とを固定部材上に配置し、前記各駆動部材と固定部材との静電力を利用して可動部材を双方向に変位可能とし、前記固定部材と可動部材との間の静電力を利用して一定位置に保持させる静電式アクチュエータが開示されている。

【0008】

しかしながら、特許文献1の装置では、駆動力が、可動部材を支持する部材の変形(弾性エネルギー)に消費されているため、外部に取り出せる力はどんどん弱くなるものである。そして、単に大きな変位を得ようとしたものであり、駆動の為の発生力に関しては考慮されていなかった。

【特許文献1】特開平5-220680号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

本発明は、上記の問題点に鑑みてなされたもので、本発明の目的は、ばね、好ましくは

10

20

30

40

50

非線形ばね、非線形伸び縮みばね、ゴム等の弾性体を支持体としてだけでなく、機械的エネルギーを蓄積する部材として利用することにより、静電引力による仕事を弾性エネルギーに変換してから仕事をさせることを可能とし、静電引力を効率良く機械の仕事に変換でき、大きな力と仕事を生成する事ができる小型の静電アクチュエータを提供することである。更に垂直方向の静電引力をばねに蓄え、出力時は静電引力の働く方向と直交する方向への取り出しを可能とし、省スペース化を図ることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0010】

請求項1に係る発明は、第1電極と、前記第1電極に対向し、相対的に前記対向する方向に移動可能に所定の間隔をもって配設された第2電極と、前記第1電極と前記第2電極との間に静電引力を生成させるための静電気力生成手段と、前記第1電極と前記第2電極との間の静電引力による仕事を弾性エネルギーとして蓄積するための弾性手段と、前記弾性手段の前記弾性エネルギーの開放により駆動される出力部と、を備えた動作部と、前記動作部が表面上に配置された基板と、前記基板表面に沿っての前記動作部と前記基板との間欠的な相対的移動を制御する制御手段と、を備える静電アクチュエータである。

【0011】

請求項2に係る発明は、前記第1電極と前記第2電極が共に可動電極であることを特徴する請求項1記載の静電アクチュエータである。

【0012】

請求項3に係る発明は、前記第1電極と前記第2電極の一方が固定電極、他方が可動電極であることを特徴する請求項1記載の静電アクチュエータである。

【0013】

請求項4に係る発明は、前記弾性手段は、前記第1電極と前記第2電極との間に配設された非線形ばねであることを特徴する請求項2又は請求項3記載の静電アクチュエータである。

【0014】

請求項5に係る発明は、前記弾性手段は、前記可動電極の外方に付設された非線形ばねであることを特徴する請求項2記載の静電アクチュエータである。

【0015】

請求項6に係る発明は、前記弾性手段は、前記可動電極を挟んで前記固定電極と対向する支持部と前記可動電極との間に配設された非線形ばねであることを特徴する請求項3記載の静電アクチュエータである。

【0016】

請求項7に係る発明は、前記弾性手段が前記可動電極と一体的に形成されていることを特徴とする請求項4ないし請求項6のいずれか1項記載の静電アクチュエータである。

【0017】

請求項8に係る発明は、前記出力部が前記弾性手段に脱着可能に設けられていることを特徴とする請求項4記載の静電アクチュエータである。

【0018】

請求項9に係る発明は、前記出力部が前記動作部に接続されていることを特徴とする請求項1ないし請求項7のいずれか1項記載の静電アクチュエータである。

【0019】

また、請求項10に係る発明は、基板上に配された第1電極と、前記第1電極に対向し、前記対向する方向に移動可能に所定の間隔をもって配設された第2電極と、前記第1電極と前記第2電極との間に静電引力を生成させるための静電気力生成手段と、前記第1電極と前記第2電極との間に配され静電引力による仕事を弾性エネルギーとして蓄積するための弾性手段と、前記弾性手段の前記弾性エネルギーの開放により駆動される前記弾性手段に接続された出力部と、前記基板表面に沿っての前記弾性手段と前記基板との間欠的な相対的移動を制御する制御手段と、を備える静電アクチュエータである。

【0020】

請求項 1 1 に係る発明は、前記弾性手段と前記第 2 電極とが一体的に形成されていることを特徴とする請求項 1 0 記載の静電アクチュエータである。

【0021】

さらに、請求項 1 2 に係る発明は、所定の間隔をもって隔離され対向する下基板及び上基板と、前記下基板の中央開口に配した第 1 可動電極と、前記上基板の中央開口に配した前記第 1 可動電極に対向する第 2 可動電極と、前記第 1 可動電極と前記第 2 可動電極との間に静電引力を生成させるための静電気力生成手段と、前記第 1 可動電極と前記第 2 可動電極との間の静電引力による仕事を弾性エネルギーとして蓄積するための弾性手段と、前記弾性手段の前記弾性エネルギーの開放により駆動される前記弾性手段に接続された出力部と、前記下基板表面に沿っての前記弾性手段と前記下基板との間欠的な相対的移動を制御する制御手段と、を備える静電アクチュエータである。

10

【発明の効果】

【0022】

本発明により提供される静電アクチュエータによれば、静電引力による仕事をばね、特に非線形伸び縮みばね等を利用した弾性エネルギーに変換してから仕事をさせることが出来るため、静電引力を効率良く機械の仕事に変換でき、大きな力と仕事を生成する事ができ、しかも小型に作ることが可能である。

【0023】

上記(1)式において、電極面積を 1mm^2 、電圧 10V 、誘電率を空気の値にした場合の、電極間隔と仕事量との関係を図 1 に示す。通常構造の静電アクチュエータにおいては、図 1 のように例えば初期電極間隔 $d=5\mu\text{m}$ の時には初期発生力が $1.77 \times 10^{-5}\text{N}$ であり、これ以上の負荷は動かさないからこれが利用できる最大の発生力となる。従ってこの力で d が減少する方向にアクチュエータが動くので、静電アクチュエータだけでできる仕事量 W_1 は、領域 W_1 で示される。一方、本発明による静電アクチュエータにおける静電引力から弾性エネルギーへの変換を用いた場合には、たとえば $d=0.2\mu\text{m}$ から d が増加する方向にアクチュエータが動くことになるので、 $d=0.4\mu\text{m}$ まで動かす場合には $2.77 \times 10^{-3}\text{N}$ の負荷、 $d=1\mu\text{m}$ まで動かすなら $4.43 \times 10^{-4}\text{N}$ の負荷のものを動かすことが出来る。従って、その仕事量は、電極間隔の変化に応じて領域 W_2 、領域 W_3 のようになる。即ち、仕事量は $W_2 / W_1 = 4.16$ 倍、 $W_3 / W_1 = 6.5$ 倍となり、静電引力のみよりかなり大きな仕事をする事が出来る。また、発生力は、それぞれ 25 倍、156 倍にすることが出来る。

20

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0024】

以下に本発明の実施例について説明する。

【実施例 1】

【0025】

図 2 は本発明の静電アクチュエータを示すもので、図 2 (イ) は平面図、図 2 (ロ) は図 2 (イ) の A - A 断面図、図 2 (ハ) は分解図である。

【0026】

図 2 において、静電アクチュエータ 10 は、互いに所定間隔をもって配置された基板としての上固定部材 3 と下固定部材 4 にはそれぞれ中央部に可動電極 1 と可動電極 2 を備えた可動部材 15, 16 が支持部材 13, 14 (可動部材 16 に関する支持部材は図示していないがこれと同様である。) を介して取り付けられている。可動電極 1 と可動電極 2 の間または可動部材 15, 16 の間には、非線形ばね 5, 6 が配されている。

40

【0027】

非線形ばね 5, 6 は分解図にも示すように一对の 2 つの弓幹状ばねを逆向きに合わせた形状をしており、その両端部には静電吸着用電極 7, 8 を備えている。該静電吸着用電極 7 と対応する下固定部材 4 上には静電吸着用電極 11 が設けられている。

【0028】

非線形ばねは、変形(変位)量に従ってばね定数が変化するように変形形状、板厚変化

50

、ばね幅変化、複数のばねの組み合わせ等により実現出来る。図12のように、パンタグラフ式リンク機構などを利用して非線形伸び縮みばねを接続することも可能である。

【0029】

また、ポリイミドフィルム等からなる出力シート17が、上固定部材3と下固定部材4との間で、かつ弓幹状ばねの両端部の下方で下固定部材4との間に挿入配置され、図示で水平方向に移動可能に設けられている。そして、出力シート17の端部にも静電吸着用電極8に対応する静電吸着用電極18が設けられており、さらに静電吸着用電極18に対応する静電吸着用電極12が固定部材4上に設けられている。

【0030】

また、可動電極1と可動電極2として説明したが、どちらか一方を固定電極としても良いことは当然である。 10

【0031】

次に、出力シート17の動作を図3(イ)~図3(ト)を参照して詳述する。

【0032】

図3(イ)では、全ての電極には電圧は印加されておらず、この状態では何らの作用も生じない。図3(ロ)の如く、下固定部材4の静電吸着用電極12と出力シート17の静電吸着用電極18との間に電圧を印加すると、出力シート17は下固定部材4に固定される。この状態で、図3(ハ)の如く、可動電極1と可動電極2との間に電圧を印加すると両者間に静電引力が発生し、図3(ニ)の如く非線形ばね5,6は圧縮され、非線形ばねは弾性エネルギーを蓄積する。同時に非線形ばね5,6の両端部は左右に延びる。次に図3(ホ)の如く、非線形ばね5,6の両端部の静電吸着用電極7と下固定部材4の静電吸着用電極11の間、および非線形ばね5,6の両端部の静電吸着用電極8と出力シート17の静電吸着用電極18の間にも電圧を印加する。 20

【0033】

この時、非線形ばね5,6の出力シート17側の端部は、出力シート17、非線形ばねの両端部、下固定部材4の3者が同時に固定された状態にある。次に、図3(ヘ)の如く、静電吸着用電極7と11の間に電圧を印加した状態で、可動電極1と可動電極2との間の電圧を解放すると同時に、静電吸着用電極8と18の間には電圧を印加したままで、静電吸着用電極12と18の間の電圧の印加を解放する。すると、非線形ばね5,6に蓄積された弾性エネルギーが解放され、出力シート17を吸着した状態のまま、左方へ移動する。図3(ト)の状態では、出力シート17は1ステップ進行したことになる。この状態では、非線形ばね5,6の位置が左方にずれているが、可動電極1,2の範囲内で、図3(ロ)~図3(ト)の工程を繰り返すことにより、出力シート17はいわゆるラチエット運動を繰り返し間欠的に尺取り虫のように左方へ進行する。又は、非線形板ばねを連続的に連結してある板ばねを用いることにより、1つの非線形板ばねが可動電極間から出ていくと次の非線形板ばねが可動電極間に入ってくるように構成することで、前記と同様に出力シートはいわゆるラチエット運動を繰り返し間欠的に左方へ進行する。 30

【0034】

ここで、静電吸着用電極7,8,11,12,18は、いずれも弓幹状非線形板ばねおよび出力シート17を一時的に固定させる為に用いられ、弓幹状非線形板ばねおよび出力シート17にいわゆるラチエット運動を起こさせるためのもので、以下このような電極をラチエット電極と称する。 40

【実施例2】

【0035】

図4は、本発明の第2の実施例の静電アクチュエータ20を示すもので、基板21上には固定電極27がベタ付けで全面的に設置されている。非線形弓幹状板ばね22には、中央部の弓幹形状部分から右端部にかけて可動電極23が形成されており、弓幹状板ばねの左端部には、可動電極部分と分離した状態で弓幹状板ばねの端部を基板に固定する際に利用される静電吸着固定用の電極24が形成されている。

【0036】

そして、弓幹状板ばね 22 の右端には負荷として出力部 28 が固定されている。

【0037】

次に、出力部 28 の動作を図 4 (イ) ~ 図 4 (へ) を参照して詳述する。

【0038】

図 4 (イ) では、全ての電極には電圧は印加されておらず、この状態では何らの作用も生じない。図 4 (ロ) (ハ) の如く、可動電極 23 と基板上の固定電極 27 との間に電圧を印加すると、可動電極 23 の右端は基板上に固定され、出力部 28 は動かなくなる。同時に、可動電極 23 は電極 27 との間の静電引力により引っばられ、弓幹状板ばね 22 は左方側が滑りながらほぼ扁平状態になる。その後図 4 (ニ) の如く、左方進行方向端部のラチェット電極 24 と基板上の固定電極 27 との間に電圧を印加し、両者を吸着固定する。そして図 4 (ホ) の如く、可動電極 23 と基板上の固定電極 27 との間の電圧を解放すると弓幹状板ばね 22 に蓄積された弾性エネルギーが解放され、出力部 28 と共に左方へ移動する。その後は以上の図 4 (ロ) ~ (へ) の操作を繰り返すことにより、大きな力と仕事を生成する事が可能となる。

10

【0039】

この実施例の静電アクチュエータ 20 は、S D A (スクラッチドライブアクチュエータ) と呼ばれているものに近い動きをするものである。そして、図 4 (ロ) の状態から図 4 (ハ), (ニ) の状態に移行する際に電極 23 と 27 の間に摩擦力が働くことが若干問題となる。

【実施例 3】

20

【0040】

図 5 は、本発明の第 3 の実施例の静電アクチュエータ 30 を示すもので、基板 31 上には、実施例 2 と同様に固定電極 37 がベタ付けで全面的に設置されている。

【0041】

非線形板ばね 32 は、2 つの弓幹状板ばねを合わせた形状の中央部とそれから左右に延びる延長部からなる。中央部の弓幹状板ばねには可動電極 33, 34 が設けられ、左右の延長部には、可動電極とは分離した状態でそれぞれラチェット電極 35, 36 が設けられている。

【0042】

そして、弓幹状板ばねの右端には負荷として出力部 38 が固定されている。

30

【0043】

次に、出力部 38 の動作を図 5 (イ) ~ 図 5 (ト) を参照して詳述する。

【0044】

図 5 (イ) では、全ての電極には電圧は印加されておらず、この状態では何らの作用も生じない。図 5 (ロ) の如く、弓幹状板ばねの出力部 38 が固定されている側のラチェット電極 36 と固定電極 37 との間に電圧を印加すると、非線形板ばね 32 の右端は基板 31 上に固定され、出力部 38 は動かなくなる。その後可動電極 33, 34 の間に電圧を印加すると静電引力により引き合い、2 つの弓幹状板ばねは、扁平に押しつぶされ、非線形板ばね 32 の右方は固定されているので、非線形板ばね 32 は弾性エネルギーを蓄積しながら左方に移動する (図 5 (ハ)、(ニ))。この際の下方側の非線形板ばね 32 と基板 31 上の固定電極 37 との間の摩擦は無視できる。次に、図 5 (ホ) の如く、左方側のラチェット電極 35 と固定電極 37 との間に電圧を印加した後に、図 5 (へ) の如く、可動電極 33 と可動電極 34 との間、及び右方側のラチェット電極 36 と固定電極 37 との間の電圧を解放すると非線形の板ばね 32 に蓄積された弾性エネルギーが解放され、右方側の延長部が出力部 38 と共に左方へ移動する。次に図 5 の (ト) の如く、ラチェット電極 36 と固定電極 37 の間に再び電圧を印加して、固定する。その後は以上の操作を繰り返すことにより、大きな力と仕事を生成する事が可能となる。

40

【実施例 4】

【0045】

図 6 は、本発明の第 4 の実施例の静電アクチュエータ 40 を示すものである。この実施

50

例は、より大きな静電引力を取り出す為に、電極をばね要素と一体化せず、その面積を大きくしたものである。すなわち、実施例3と同様な2つの弓幹状板ばねを合わせた形状の中央部とそれから左右に延びる延長部からなる一对の非線形板ばね42, 42'、及び一对の非線形板ばね42, 42'間を橋渡しする形態で対向する可動電極43及び可動電極44が設けられる。基板41上には、実施例3と同様に固定電極47がベタ付けで全面的に設置されている。

【0046】

2つの非線形板ばね42, 42'の左右の延長部には、一对の非線形板ばね42, 42'と一体的に静電固定用電極(ラチエット電極)45, 46が設けられている。

【0047】

そして、静電固定用電極46の右端には負荷として出力部48が固定されている。

【0048】

次に、出力部48の動作を図6(イ)~図6(ト)を参照して詳述する。動作は実施例3と類似である。

【0049】

図6(イ)では、全ての電極には電圧は印加されておらず、この状態では何らの作用も生じない。図6(ロ)の如く、一对の非線形板ばね42, 42'の出力部48が固定されている側のラチエット電極46と固定電極47との間に電圧を印加すると、ラチエット電極46は基板41上に固定される。その後可動電極間43, 44に電圧を印加すると、一对の非線形板ばね42, 42'は、扁平に押しつぶされ、非線形板ばね42, 42'の右方は固定されているので、非線形板ばね42, 42'は弾性エネルギーを蓄積しながらつぶれてゆき、ラチエット電極45は左方に移動する(図6(ハ)、(ニ))。この際のラチエット電極45と基板41上の固定電極47との間の摩擦は無視できる。次に、図6(ホ)の如く、左方側のラチエット電極45と固定電極47との間に電圧を印加した後に、図6(ヘ)の如く、可動電極43と可動電極44との間、及び右方側のラチエット電極46と固定電極47との間の電圧を解放すると非線形板ばね42, 42'に蓄積された弾性エネルギーが解放され、右方側の延長部が出力部48と共に左方へ移動する。その後は以上の操作を繰り返すことにより、大きな力と仕事を生成する事が可能となる。

【実施例5】

【0050】

図7は、本発明の第5の実施例の静電アクチュエータ50を示すものである。この実施例の静電アクチュエータ50は非線形板ばねが斜めに支持された湾曲した板ばねからなるものである。原理的には図7(イ)に示すように、斜めに支持された板ばねは、上方に荷重を加えて移動させられると支持部と荷重点の水平距離が大きくなることから、ばね定数kは低下し、逆に下方に移動させられると支持部からの水平距離が小さくなることから、ばね定数kは増加する。

【0051】

静電アクチュエータ50には、基板51上の支持部52, 53から可動電極54, 55に向けて、非線形板ばね56, 56'及び57, 57'が設けられている。ここで、支持部52及び支持部53の下部と基板51には、それぞれ静電吸着用のラチエット電極(図示せず)が設けられている。支持部53には負荷としての出力部58が支持されている。

【0052】

次に、出力部58の動作を、図7(ロ)~図7(ニ)を参照して詳述する。

【0053】

図7(ロ)では、全ての電極には電圧は印加されておらず、この状態では何らの作用も生じない。図7(ハ)の如く、出力部58が接続された支持部53と基板51のラチエット電極に電圧を印加して支持部53を固定した状態で、可動電極54と可動電極55間に電圧を印加すると、両可動電極54, 55は静電引力により接近し、同時に弧状の非線形板ばね56, 56'及び弧状の非線形板ばね57, 57'は弾性エネルギーを蓄えながら変形する。このとき、板ばねの変形に伴って支持部52は右方に進行する。次に、図7(

10

20

30

40

50

二)の如く、進行方向後方の支持部52と基板51のラチエット電極に電圧を印加した後に、可動電極54と可動電極55間、および支持部53と基板51のラチエット電極の電圧を解放すると非線形板ばね56, 56', 57, 57'に蓄積された弾性エネルギーが解放され、可動電極54と可動電極55が離れると同時に、支持部53が出力部58を押しながら共に右方に移動進行する。その後は以上の操作を繰り返すことにより、大きな力と仕事を生成する事が可能となる。

【0054】

また、前記可動電極54, 55のいずれか一方を固定電極としても良いことは当然である。

【0055】

本実施例の場合には、この縦置きの状態の静電アクチュエータ50を水平面上で90度横に倒した状態で使用することもできる。

【実施例6】

【0056】

図8は、本発明の第6の実施例の静電アクチュエータ60を示すものである。この実施例の静電アクチュエータ60は、実施例5の静電アクチュエータ50を改良したもので、仕事をする際に発生する可能性のある非線形板ばねの座屈の問題を解決したものである。

【0057】

図8(イ)に示すように、基板67上に左右のコの字状枠体65, 66が滑動自在に配され、枠体65, 66の間に可動電極63, 64が設けられている。枠体65及び枠体66の下部と基板67には、それぞれ静電吸着用のラチエット電極(図示せず)が設けられている。可動電極63は枠体65の上部と斜めに支持された弧状の非線形板ばね61で接続され、同様に枠体66の上部と弧状の非線形板ばね61'で接続されている。また、可動電極64は同様にして枠体65の下部と弧状の非線形板ばね62で接続され、枠体66の下部と弧状の非線形板ばね62'で接続されている。そして、枠体66には負荷としての出力部68が接続されている。

【0058】

次に、出力部68の動作を図8(ロ)~図6(二)を参照して詳述する。動作は実施例5と類似である。

【0059】

図8(ロ)では、全ての電極には電圧は印加されておらず、この状態では何らの作用も生じない。図8(ハ)の如く、出力部68が接続された枠体66と基板67のラチエット電極に電圧を印加した状態で、可動電極63と可動電極64間に電圧を印加すると、両可動電極63, 64は静電引力で接近し、同時に弧状の非線形板ばね61, 61'及び弧状の非線形板ばね62, 62'は弾性エネルギーを蓄えながら変形する。このとき、進行方向の枠体65は左方に進行する。次に、図8(ニ)の如く、進行方向の枠体65と基板67のラチエット電極に電圧を印加した後に、可動電極63と可動電極64間の電圧および枠体66と基板67のラチエット電極の電圧を解放すると非線形板ばね61, 61', 62, 62'に蓄積された弾性エネルギーが解放され、可動電極63と可動電極64が離れると同時に、枠体66が出力部68と共に左方に移動進行する。その後は以上の操作を繰り返すことにより、大きな力と仕事を生成する事が可能となる。

【0060】

また、前記可動電極63, 64のいずれか一方を固定電極としても良いことは当然である。

【0061】

本実施例の場合にも、実施例5と同様に、縦置きの状態の静電アクチュエータ60を水平面上で90度横に倒した状態で使用することもできる。

【実施例7】

【0062】

図9は、本発明の第7の実施例の静電アクチュエータ70を示すものである。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 3 】

図 9 (イ) は静電アクチュエータ 7 0 の平面図である。図 9 (ロ) は図 9 (イ) の B - B 線断面図である。

【 0 0 6 4 】

図 9 (イ) に示すように、右枠体 7 2 及び左枠体 7 3 は、相互に連結されて中空移動体 7 4 を構成している。この中空移動体 7 4 は基板 7 1 上に配され、中空移動体 7 4 の左枠体 7 3 及び右枠体 7 2 に対向して可動電極 7 5 が設けられ、左枠体 7 3 と可動電極 7 5 の間には、く字状の一对の非線形板ばね 7 6 , 7 6 ' が配されている。ここで、右枠体 7 2 の下部と基板 7 1 には、それぞれ静電吸着用のラチエット電極 (図示せず) が設けられている。また、右枠体 7 2 は固定電極として作用し、左枠体 7 3 には負荷としての出力部 7 8 が取り付けられている。

10

【 0 0 6 5 】

ここで、非線形板ばね 7 4 , 7 4 ' をく字状とすることの理由は、図 1 0 に示すように、非線形板ばねに荷重が掛かった際に荷重点がずれることなく非線形性ができるからである。

【 0 0 6 6 】

次に、静電アクチュエータ 7 0 の動作を、図 9 (イ)、図 9 (ハ) ~ 図 9 (ト) を参照して詳述する。

【 0 0 6 7 】

図 9 (イ) では、全ての電極には電圧は印加されておらず、この状態では何らの作用も生じない。図 9 (ハ) の如く、右枠体 7 2 と基板 7 1 のラチエット電極間に電圧を印加し、右枠体 7 2 を基板 7 1 に固定する。この状態で、図 9 (ニ) の如く、右枠体 7 2 と可動電極 7 5 間に電圧を印加すると、静電引力で、可動電極 7 5 は一对の非線形板ばね 7 6 , 7 6 ' を伸張させながら右枠体 7 2 に引き寄せられる。その結果、図 9 (ホ) の如く、一对の非線形板ばね 7 6 , 7 6 ' には弾性エネルギーが蓄積される。次に、図 9 (ヘ) の如く、可動電極 7 5 と基板 7 1 間に電圧を印可して、可動電極 7 5 を基板 7 1 に固定した状態で可動電極 7 5 と右枠体 7 2 との間の電圧を開放すると共に、右枠体 7 2 と基板 7 1 のラチエット電極間の電圧を開放する。すると、図 9 (ト) の如く、一对の非線形板ばね 7 6 , 7 6 ' に蓄積された弾性エネルギーが開放され、中空移動体 7 4 が右方に移動するので、左枠体 7 3 に取り付けられた出力部 7 8 が移動する。その後は以上の操作を繰り返すことにより、大きな力と仕事を生成する事が可能となる。

20

30

【 0 0 6 8 】

図 9 では、左枠体 7 3 と可動電極 7 5 との間に一对の非線形板ばねが設けられている例で説明したが、右枠体 7 2 と可動電極 7 5 との間に圧縮ばねとして一对の非線形板ばねを設けてもよいことは当然である。この場合には、固定電極としての右枠体 7 2 と可動電極 7 5 との間の一对の非線形板ばねに蓄積される弾性エネルギーを利用することにより、上述と同様にして左枠体 7 3 に取り付けられた出力部 7 8 を移動させることができる。

【 0 0 6 9 】

図 1 1 に、図 9 に示した静電アクチュエータ 7 0 に使用され得る非線形ばねの例を示す。図 1 1 (イ) は、一对のく字状板ばねの両端部が互いに離れているタイプの例である。図 1 1 (ロ) は、一对のく字状板ばねの両端部が互いに結合され、いわゆる菱形形状のタイプの例である。図 1 1 (ハ) は、図 1 1 (ロ) の菱形の頂部に直線のばね部を設けたタイプのものである。図 1 1 (ニ) は、楕円形状の板ばねの長軸部の両端に直線のばね部を設けたタイプのものである。図 1 1 (ホ) は、楕円形状の板ばねのタイプのものである。

40

【 0 0 7 0 】

以上説明したように、本件発明によると、ラチエット機構を備えた板ばねの蓄積力を利用するようにしたので、簡単な構成で発生力、変位の大きい実用的で、かつ省エネルギー、超小型の静電アクチュエータを得ることが出来る。

【 0 0 7 1 】

さらに、弓幹状板ばねは、静電引力によりつぶれて行くに従い、該弓幹状板ばね両端部

50

と他部材との接触域が増加するので、ばねに非線形性が出るものである。

【0072】

また、非線形ばねを線形ばねとしても良いことは当然である。

【0073】

本発明の静電アクチュエータは、例えば、医療用機器における内視鏡等の多自由度可撓管の駆動部、情報機器におけるHDDのピックアップ、携帯機器における携帯電話のカメラのレンズ移動機構、シャッター移動機構等、各種のアクチュエータに使用可能である。

【図面の簡単な説明】

【0074】

【図1】本発明に係る静電アクチュエータの発生力を示す図である。

10

【図2】本発明に係る第1実施例の静電アクチュエータを示す図である。

【図3】第1実施例の静電アクチュエータの動作説明図である。

【図4】本発明に係る第2実施例の静電アクチュエータ、及びその動作を示す図である。

【図5】本発明に係る第3実施例の静電アクチュエータ、及びその動作を示す図である。

【図6】本発明に係る第4実施例の静電アクチュエータ、及びその動作を示す図である。

【図7】本発明に係る第5実施例の静電アクチュエータ、及びその動作を示す図である。

【図8】本発明に係る第6実施例の静電アクチュエータ、及びその動作を示す図である。

【図9】本発明に係る第7実施例の静電アクチュエータ、及びその動作を示す図である。

【図10】本発明に係る第7実施例の静電アクチュエータに使用される非線形板ばねを説明する図である。

20

【図11】本発明に係る第7実施例の静電アクチュエータに使用される非線形板ばねの例を示す図である。

【図12】本発明に用いられる非線形板ばねの例を示す図である。

【符号の説明】

【0075】

1, 2, 23, 33, 34, 43, 44, 54, 55, 63, 64, 75 可動電極

3 上固定部材

4 下固定部材

5, 6, 22, 32, 42, 42', 56, 56', 57, 57', 61, 61', 62, 62', 76, 76' 非線形板ばね

30

7, 8, 11, 12, 18 静電吸着用電極

10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 静電アクチュエータ

13, 14 支持部材

15, 16 可動部材

17 出力シート

21, 31, 41, 51, 67 基板

24 電極

27, 37, 47 固定電極

28, 48, 58, 68 出力部

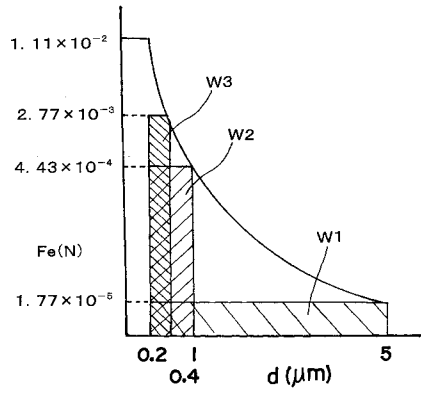
35, 36, 46, 45 静電固定用電極(ラチェット電極)

40

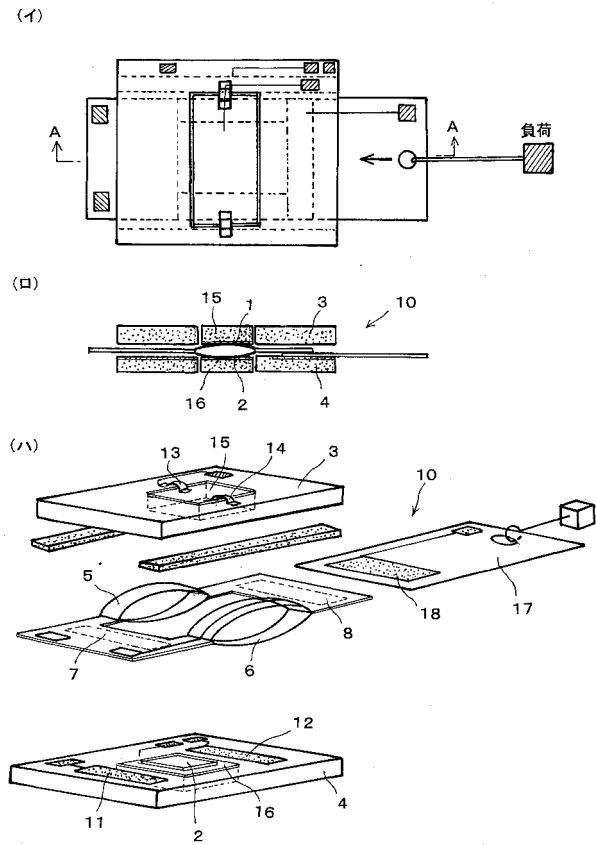
52, 53 支持部

65, 66 枠体

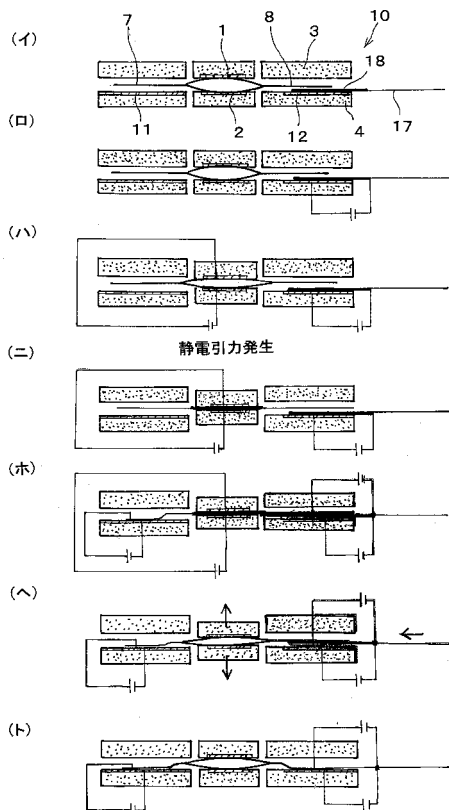
【図1】



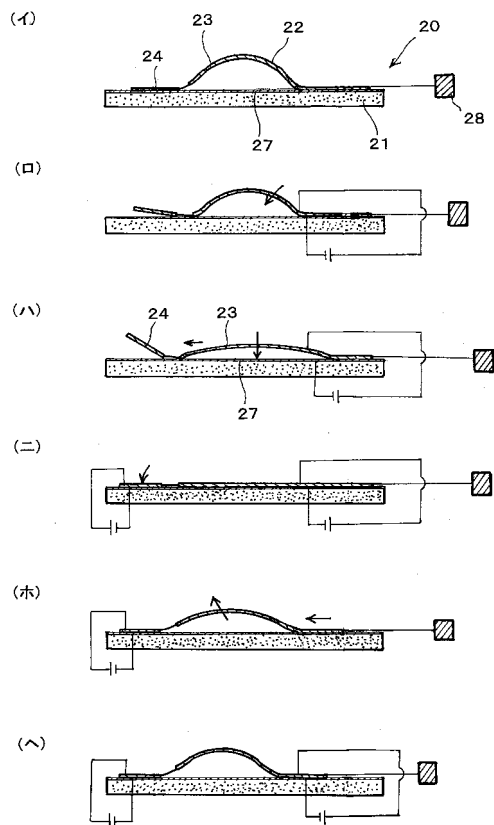
【図2】



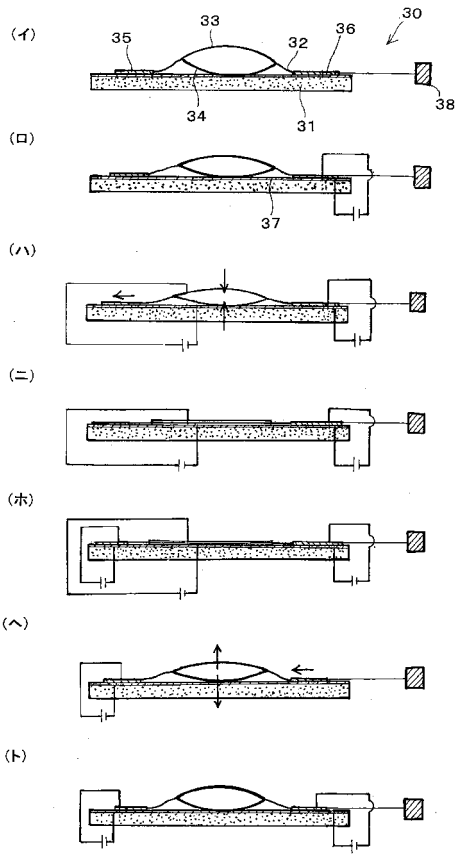
【図3】



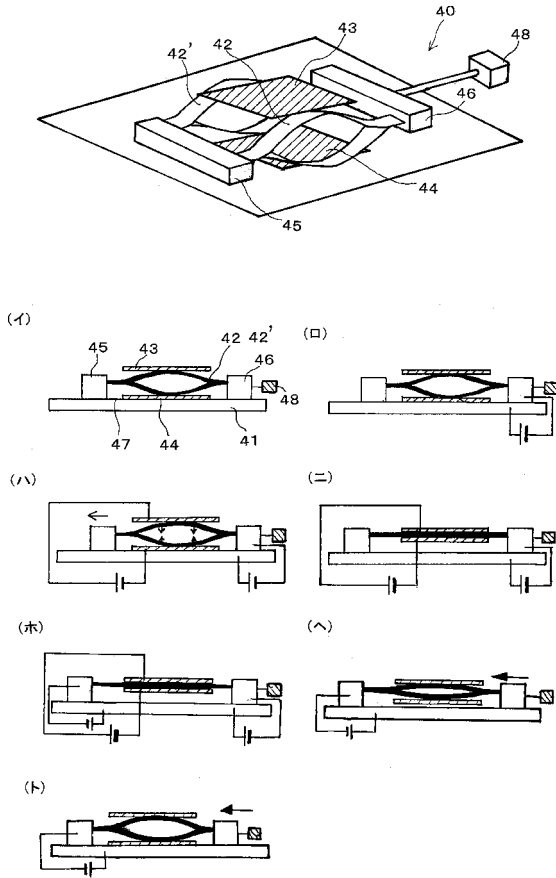
【図4】



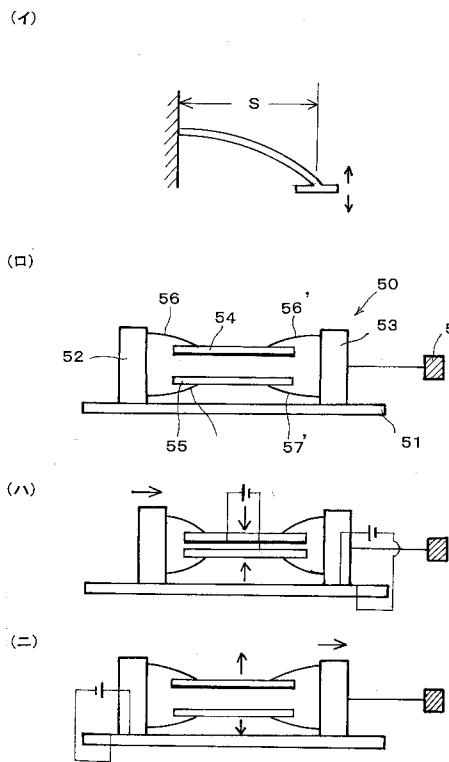
【図 5】



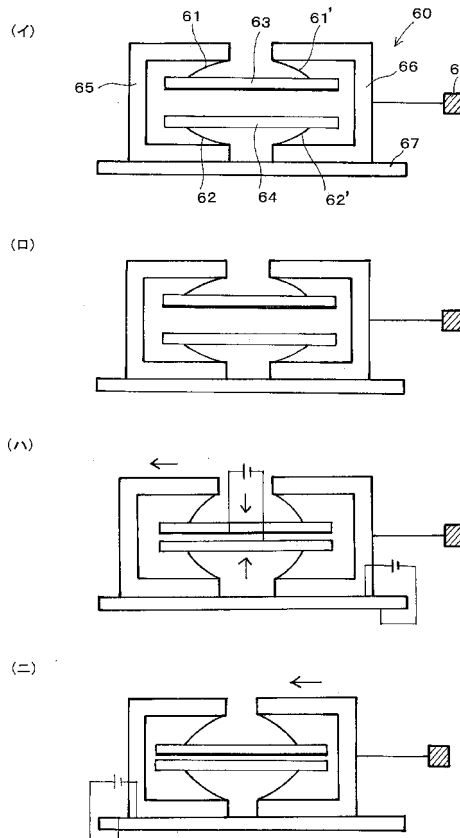
【図 6】



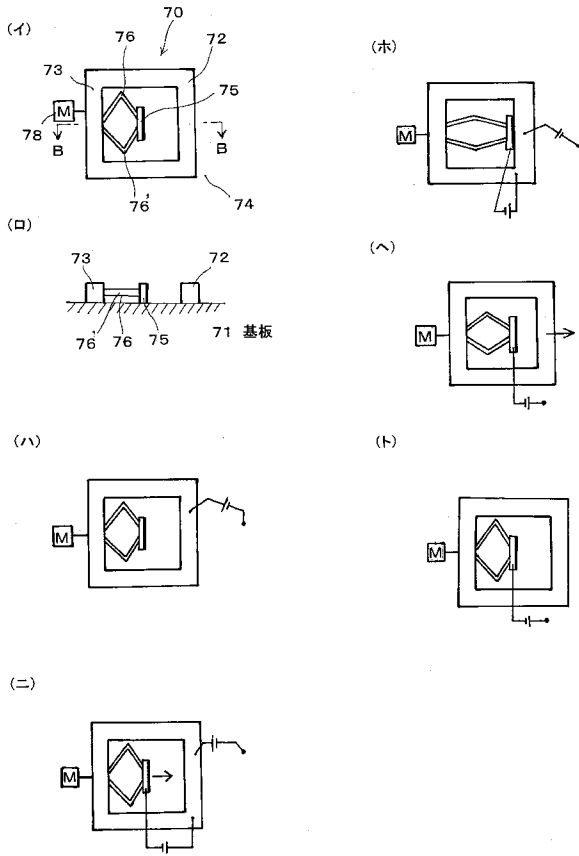
【図 7】



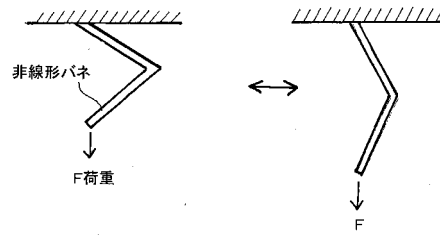
【図 8】



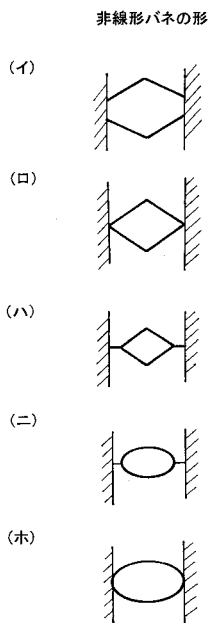
【図9】



【図10】



【図11】



【図12】

