

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5804374号
(P5804374)

(45) 発行日 平成27年11月4日(2015.11.4)

(24) 登録日 平成27年9月11日(2015.9.11)

(51) Int.Cl. F1
H02N 1/00 (2006.01) H02N 1/00

請求項の数 13 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2011-257356 (P2011-257356)	(73) 特許権者	304020177 国立大学法人山口大学
(22) 出願日	平成23年11月25日(2011.11.25)		山口県山口市吉田1677-1
(65) 公開番号	特開2013-115854 (P2013-115854A)	(74) 代理人	100093687 弁理士 富崎 元成
(43) 公開日	平成25年6月10日(2013.6.10)	(74) 代理人	100106770 弁理士 円城寺 貞夫
審査請求日	平成26年8月11日(2014.8.11)	(74) 代理人	100139789 弁理士 町田 光信
		(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
		審査官	小林 紀和

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 静電アクチュエータ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

弾性変形により位置および形状が変化可能な可動電極(2)と、
前記可動電極(2)と距離を隔てて固定位置に配置された固定電極(3)と、
前記可動電極(2)と前記固定電極(3)との電気的接触を防止するように前記可動電極(2)の移動を制限する移動制限手段(4)と、

前記可動電極(2)と前記固定電極(3)との間に電圧を印加し、静電力により前記可動電極(2)を前記固定電極(3)方向に変位させる駆動電源(9)とを有し、

前記可動電極(2)は、前記移動制限手段(4)を介する前記固定電極(3)との接触によって移動が終端位置に達した移動終端領域(2a)において、弾性的な曲げ変形による弾性エネルギーを蓄積するものであり、

前記駆動電源(9)は、前記可動電極(2)に対して前記移動制限手段(4)による移動制限が開始される電圧より大きな電圧を前記可動電極(2)と前記固定電極(3)との間に印加するものである静電アクチュエータ。

【請求項2】

請求項1に記載した静電アクチュエータであって、

前記可動電極(2)は、周辺部が固定位置に固定されており、弾性変形により中央部近傍が変位可能なものである静電アクチュエータ。

【請求項3】

請求項2に記載した静電アクチュエータであって、

10

20

前記可動電極(2)は、厚さが一定ではなく位置に応じて異なる形状である静電アクチュエータ。

【請求項4】

請求項1～3のいずれか1項に記載した静電アクチュエータであって、

前記可動電極(2)は、前記可動電極(2)と前記固定電極(3)との間に印加する電圧が増大するにつれて前記移動終端領域(2a)が連続的に増加する形状である静電アクチュエータ。

【請求項5】

請求項1～4のいずれか1項に記載した静電アクチュエータであって、

前記可動電極(2)および固定電極(3)は、前記駆動電源(9)による電圧印加がないときの前記可動電極(2)と前記固定電極(3)との間の距離が一定ではなく位置に応じて連続的に変化するような形状のものである静電アクチュエータ。

10

【請求項6】

弾性変形により位置および形状が変化可能な可動部材(21)と、

前記可動部材(21)に一体的に設けられた可動電極(2)と、

前記可動部材(21)と距離を隔てて固定位置に配置された固定電極(3)と、

前記可動電極(2)と前記固定電極(3)との間に電圧を印加し、静電力により前記可動電極(2)を前記固定電極(3)方向に変位させる駆動電源(9)とを有し、

前記可動部材(21)は、前記可動電極(2)に対して前記固定電極(3)側に配置され、前記可動電極(2)と前記固定電極(3)との電氣的接触を防止するとともに、前記

20

固定電極(3)との接触により前記可動電極(2)の移動を制限するものであり、
前記可動部材(21)は、前記固定電極(3)との接触によって移動が終端位置に達した移動終端領域(2a)において、弾性的な曲げ変形による弾性エネルギーを蓄積するもの

であり、
前記駆動電源(9)は、前記可動部材(2)と前記固定電極(3)との接触による移動制限が開始される電圧より大きな電圧を前記可動電極(2)と前記固定電極(3)との間に印加するものである静電アクチュエータ。

【請求項7】

請求項6に記載した静電アクチュエータであって、

前記可動部材(21)は、周辺部が固定位置に固定されており、弾性変形により中央部近傍が変位可能なものである静電アクチュエータ。

30

【請求項8】

請求項7に記載した静電アクチュエータであって、

前記可動部材(21)は、厚さが一定ではなく位置に応じて異なる形状である静電アクチュエータ。

【請求項9】

請求項6～8のいずれか1項に記載した静電アクチュエータであって、

前記可動部材(21)は、前記可動電極(2)と前記固定電極(3)との間に印加する電圧が増大するにつれて前記移動終端領域(2a)が連続的に増加する形状である静電アクチュエータ。

40

【請求項10】

請求項6～9のいずれか1項に記載した静電アクチュエータであって、

前記可動部材(21)および固定電極(3)は、前記駆動電源による電圧印加がないときの前記可動部材(21)と前記固定電極(3)との間の距離が一定ではなく位置に応じて連続的に変化するような形状のものである静電アクチュエータ。

【請求項11】

弾性変形により位置および形状が変化可能な可動部材(21)と、

前記可動部材(21)と距離を隔てて固定位置に配置された固定電極(3)と、

前記可動部材(21)に対して前記固定電極(3)側に一体的に設けられた可動電極(2)と、

50

前記可動電極(2)と前記固定電極(3)との電氣的接觸を防止するように前記可動電極(2)の移動を制限する移動制限手段(4)と、

前記可動電極(2)と前記固定電極(3)との間に電圧を印加し、静電力により前記可動電極(2)を前記固定電極(3)方向に変位させる駆動電源(9)とを有し、

前記可動部材(21)は、前記可動電極(2)および前記移動制限手段(4)を介する前記固定電極(3)との接觸によって移動が終端位置に達した移動終端領域(2a)において、弾性的な曲げ変形による弾性エネルギーを蓄積するものであり、

前記駆動電源(9)は、前記可動部材(2)に対して前記移動制限手段(4,21)による移動制限が開始される電圧より大きな電圧を前記可動電極(2)と前記固定電極(3)との間に印加するものである静電アクチュエータ。

10

【請求項12】

請求項11に記載した静電アクチュエータであって、

前記可動部材(21)は、前記可動電極(2)と前記固定電極(3)との間に印加する電圧が増大するにつれて前記移動終端領域(2a)が連続的に増加する形状である静電アクチュエータ。

【請求項13】

請求項11,12のいずれか1項に記載した静電アクチュエータであって、

前記可動部材(21)および固定電極(3)は、前記駆動電源による電圧印加がないときの前記可動部材(21)と前記固定電極(3)との間の距離が一定ではなく位置に応じて連続的に変化するような形状のものである静電アクチュエータ。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は電極間に印加した電圧による静電力を利用した静電アクチュエータに関し、さらに詳しくは、可動電極等の形状を工夫することにより静電エネルギーを効率よく機械的な弾性エネルギーとして蓄積し、その弾性エネルギーによって高效率の機械的な動作を行う静電アクチュエータに関するものである。

【背景技術】

【0002】

電極間に電圧を印加し、それらの電極間に作用する静電力を利用した静電アクチュエータは、インクジェットプリンタの印字ヘッドやその他の微小ポンプ、微小駆動機構として使用されている。このような静電アクチュエータとしては、下記の特許文献1、特許文献2に記載されたようなものがある。特許文献1には、可動電極と固定電極がともに平行な平板状の電極で構成されたインクジェットの記録ヘッドが記載されている。特許文献2には、可動電極と固定電極がともに平板状の電極で構成され、それらの電極が非平行に配置されたインクジェット記録装置の記録ヘッドが記載されている。

30

【0003】

このような平板状の電極による静電アクチュエータの動作を説明する。図11は静電アクチュエータを利用したポンプ10の構成を示す断面図である。可動電極2は、周辺部が固定されているが、中央部は弾性変形により上下の変位が可能である。ポンプ10の底部には固定電極3が固定されている。また、固定電極3の上面には絶縁被膜4が形成されており、可動電極2と固定電極3とが電氣的に短絡してしまうことを防止している。駆動電源9は断続的な直流電圧を可動電極2と固定電極3とに印加するものである。

40

【0004】

可動電極2と固定電極3に電圧が印加されていない状態では、可動電極2は実線で示すように固定電極3と平行な状態となっている。可動電極2と固定電極3間に電圧が印加されると、可動電極2は印加電圧による静電引力により固定電極3側に引き寄せられて弾性変形し、二点鎖線で示された位置に移動する。このように、駆動電源9から断続的な直流電圧を可動電極2と固定電極3間に印加することにより、可動電極2は上下方向の矢印で示すように上下方向に振動する。

50

【 0 0 0 5 】

可動電極 2 が振動することにより、ポンプ 10 の流体収容室 11 の容積が変動するため、流体が流入路 12 から流入し、次いで、流体が流出路 13 から流出する。なお、流入路 12 および流出路 13 には、逆止弁を設けたり、流体抵抗に差を設けたりすることで、流体が矢印で示すように一定方向に駆動されるようになっている。このようにして、静電アクチュエータによりポンプ 10 の動作が実現されている。

【 0 0 0 6 】

図 11 のような静電アクチュエータにおいては、印加電圧による静電引力により可動電極 2 が弾性変形し、弾性エネルギーが可動電極 2 に蓄積される。次に、可動電極 2 と固定電極 3 間への電圧印加を停止すれば、可動電極 2 に蓄積された弾性エネルギーにより、可動電極 2 を元の位置に戻すような力が作用して、その力によりアクチュエータとしての動作が実現されるのである。すなわち、可動電極 2 に蓄積される弾性エネルギーが大きいほど、アクチュエータとしての性能も向上する。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 7 】

【 特許文献 1 】 特開平 2 - 2 8 9 3 5 1 号公報

【 特許文献 2 】 特許第 3 4 3 2 3 4 6 号公報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 8 】

図 11 のような静電アクチュエータにおいて、アクチュエータの動作範囲を拡大するために、可動電極 2 と固定電極 3 間に印加する電圧を増大させた場合を考える。図 12 は可動電極 2 と固定電極 3 間の電圧を増大させた状態を示す図である。可動電極 2 はさらに固定電極 3 側に引き寄せられ、可動電極 2 の中央部分が固定電極 3 上面の絶縁被膜 4 に接触している。この絶縁被膜 4 は可動電極 2 の移動を制限する手段（移動制限手段）として機能している。

【 0 0 0 9 】

可動電極 2 において絶縁被膜 4 との接触によりそれ以上の移動を制限された領域、言い換えれば、移動が終端位置に達した領域を移動終端領域 2 a と呼ぶことにする。図 12 に示すように、移動終端領域 2 aにおける可動電極 2 は平坦な形状となっている。この部分の可動電極 2 の形状は電圧を印加しない時の形状とほぼ同様である。すなわち、可動電極 2 全体に作用する引っ張り力による弾性変形を除けば、移動終端領域 2 aでは曲げ変形による形状変化がなくなっている。

【 0 0 1 0 】

したがって、この場合、可動電極 2 に蓄積される弾性エネルギーは、移動終端領域 2 aではかえって減少し、その分が可動電極 2 の周辺部分に集中して蓄積されることになる。このように、従来の静電アクチュエータにおいては、電極間に印加する電圧を増大させても、移動終端領域 2 aに蓄積される弾性エネルギーは減少してしまい、静電エネルギーを効率よく弾性エネルギーに変換して蓄積できないことが分かる。また、弾性エネルギーは可動電極 2 の周辺部分に集中して蓄積されることになるので、弾性ひずみもその部分に集中してしまい、可動電極 2 の強度および耐久性の観点からも問題がある。弾性ひずみの集中する部分で電極の疲労破壊等が発生しやすくなってしまい、静電アクチュエータとしての信頼性が低下してしまう。

【 0 0 1 1 】

そこで、本発明は、可動電極等の形状を工夫することにより静電エネルギーを効率よく機械的な弾性エネルギーとして蓄積し、その弾性エネルギーによって高効率の機械的な動作を行う静電アクチュエータを提供することを目的とする。また、可動電極に蓄積する弾性エネルギーを可動電極全体に分散して蓄積するようにして、疲労破壊等を減少させ、信頼性の高い静電アクチュエータを提供することを目的とする。

10

20

30

40

50

【課題を解決するための手段】

【0012】

上記目的を達成するために、本発明の静電アクチュエータは、弾性変形により位置および形状が変化可能な可動電極と、前記可動電極と距離を隔てて固定位置に配置された固定電極と、前記可動電極と前記固定電極との電氣的接触を防止するように前記可動電極の移動を制限する移動制限手段と、前記可動電極と前記固定電極との間に電圧を印加し、静電力により前記可動電極を前記固定電極方向に変位させる駆動電源とを有する。前記可動電極は、前記移動制限手段を介する前記固定電極との接触によって移動が終端位置に達した移動終端領域において、弾性的な曲げ変形による弾性エネルギーを蓄積するものであり、前記駆動電源は、前記可動電極に対して前記移動制限手段による移動制限が開始される電圧より大きな電圧を前記可動電極と前記固定電極との間に印加するものである。

10

【0013】

また、上記の静電アクチュエータにおいて、前記可動電極は、周辺部が固定位置に固定されており、弾性変形により中央部近傍が変位可能なものであることが好ましい。

【0014】

また、上記の静電アクチュエータにおいて、前記可動電極は、厚さが一定ではなく位置に応じて異なる形状とすることができる。

【0015】

また、上記の静電アクチュエータにおいて、前記可動電極は、前記可動電極と前記固定電極との間に印加する電圧が増大するにつれて前記移動終端領域が連続的に増加する形状であることが好ましい。

20

【0016】

また、上記の静電アクチュエータにおいて、前記可動電極および固定電極は、前記駆動電源による電圧印加がないときの前記可動電極と前記固定電極との間の距離が一定ではなく位置に応じて連続的に変化するような形状のものであることが好ましい。

【0017】

また、本発明の静電アクチュエータは、弾性変形により位置および形状が変化可能な可動部材と、前記可動部材に一体的に設けられた可動電極と、前記可動部材と距離を隔てて固定位置に配置された固定電極と、前記可動電極と前記固定電極との間に電圧を印加し、静電力により前記可動電極を前記固定電極方向に変位させる駆動電源とを有する。前記可動部材は、前記可動電極に対して前記固定電極側に配置され、前記可動電極と前記固定電極との電氣的接触を防止するとともに、前記固定電極との接触により前記可動電極の移動を制限するものであり、前記可動部材は、前記固定電極との接触によって移動が終端位置に達した移動終端領域において、弾性的な曲げ変形による弾性エネルギーを蓄積するものであり、前記駆動電源は、前記可動部材と前記固定電極との接触による移動制限が開始される電圧より大きな電圧を前記可動電極と前記固定電極との間に印加するものである。

30

【0018】

また、上記の静電アクチュエータにおいて、前記可動部材は、周辺部が固定位置に固定されており、弾性変形により中央部近傍が変位可能なものであることが好ましい。

【0019】

また、上記の静電アクチュエータにおいて、前記可動部材は、厚さが一定ではなく位置に応じて異なる形状とすることができる。

40

【0020】

また、上記の静電アクチュエータにおいて、前記可動部材は、前記可動電極と前記固定電極との間に印加する電圧が増大するにつれて前記移動終端領域が連続的に増加する形状であることが好ましい。

【0021】

また、上記の静電アクチュエータにおいて、前記可動部材および固定電極は、前記駆動電源による電圧印加がないときの前記可動部材と前記固定電極との間の距離が一定ではなく位置に応じて連続的に変化するような形状のものであることが好ましい。

50

【 0 0 2 2 】

また、本発明の静電アクチュエータは、弾性変形により位置および形状が変化可能な可動部材と、前記可動部材と距離を隔てて固定位置に配置された固定電極と、前記可動部材に対して前記固定電極側に一体的に設けられた可動電極と、前記可動電極と前記固定電極との電氣的接触を防止するように前記可動電極の移動を制限する移動制限手段と、前記可動電極と前記固定電極との間に電圧を印加し、静電力により前記可動電極を前記固定電極方向に変位させる駆動電源とを有する。前記可動部材は、前記可動電極および前記移動制限手段を介する前記固定電極との接触によって移動が終端位置に達した移動終端領域において、弾性的な曲げ変形による弾性エネルギーを蓄積するものであり、前記駆動電源は、前記可動部材に対して前記移動制限手段による移動制限が開始される電圧より大きな電圧を前記可動電極と前記固定電極との間に印加するものである。

10

【 0 0 2 3 】

また、上記の静電アクチュエータにおいて、前記可動部材は、前記可動電極と前記固定電極との間に印加する電圧が増大するにつれて前記移動終端領域が連続的に増加する形状であることが好ましい。

【 0 0 2 4 】

また、上記の静電アクチュエータにおいて、前記可動部材および固定電極は、前記駆動電源による電圧印加がないときの前記可動部材と前記固定電極との間の距離が一定ではなく位置に応じて連続的に変化するような形状のものであることが好ましい。

【発明の効果】

20

【 0 0 2 5 】

本発明は、以上のように構成されているので、以下のような効果を奏する。

【 0 0 2 6 】

静電アクチュエータの可動電極または可動部材の移動終端領域に弾性的な曲げ変形を生じさせて弾性エネルギーを蓄積することにより、弾性エネルギーを広い領域に分散して蓄積することができ、蓄積する弾性エネルギーを増大させることができる。そして、静電アクチュエータの動作効率や性能を向上させることができる。また、可動電極または可動部材の疲労破壊等を減少させ、静電アクチュエータの信頼性を向上させることができる。

【 0 0 2 7 】

印加する電圧が増大するにつれて可動電極または可動部材の移動終端領域が連続的に増加するものでは、静電アクチュエータの動作量を印加電圧によって容易に制御することができる。

30

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 8 】

【図 1】図 1 は、本発明の静電アクチュエータを利用したポンプ 1 の構成を示す断面図である。

【図 2】図 2 は、本発明の静電アクチュエータの動作を示す図である。

【図 3】図 3 は、本発明の他の形態の静電アクチュエータを利用したポンプ 1 a の構成を示す断面図である。

【図 4】図 4 は、他の形態の静電アクチュエータの動作を示す図である。

40

【図 5】図 5 は、本発明の静電アクチュエータの変形例を示す図である。

【図 6】図 6 は、本発明の静電アクチュエータの変形例を示す図である。

【図 7】図 7 は、本発明の静電アクチュエータの変形例を示す図である。

【図 8】図 8 は、本発明の静電アクチュエータの変形例を示す図である。

【図 9】図 9 は、本発明の静電アクチュエータの変形例を示す図である。

【図 10】図 10 は、本発明の静電アクチュエータの変形例を示す図である。

【図 11】図 11 は、従来の静電アクチュエータを利用したポンプ 10 の構成を示す断面図である。

【図 12】図 12 は、従来の静電アクチュエータの動作を示す図である。

【発明を実施するための形態】

50

【 0 0 2 9 】

本発明の実施の形態について図面を参照して説明する。図 1 は、本発明の静電アクチュエータを利用したポンプ 1 の構成を示す断面図である。可動電極 2 は、周辺部がポンプ 1 の本体に固定されているが、中央部は弾性変形により上下の変位が可能である。ポンプ 1 の底部には固定電極 3 が固定されている。また、固定電極 3 の上面には絶縁被膜 4 が形成されており、可動電極 2 と固定電極 3 とが電氣的に短絡してしまうことを防止している。可動電極 2 は下方方向に変位しても、絶縁被膜 4 に接触するとそれ以上は変位できない。このように、絶縁被膜 4 は可動電極 2 の移動を制限する移動制限手段として機能する。

【 0 0 3 0 】

可動電極 2 は、外力が作用しない状態で、図示のような断面形状となるように形成されている。すなわち、上面は平面形状であるが、下面は凹面となるような曲面形状に形成されている。したがって、可動電極 2 の周辺部の厚さは中央部の厚さよりも大きくなっている。また、固定電極 3 の上面は平面形状であるので、可動電極 2 と固定電極 3 の両電極間の距離も一定ではない。可動電極 2 の周辺部における両電極間の距離は、中央部における両電極間の距離よりも小さくなっている。

【 0 0 3 1 】

駆動電源 9 は断続的な直流電圧を可動電極 2 と固定電極 3 との間に印加するものである。可動電極 2 と固定電極 3 間に電圧が印加されていない状態では、可動電極 2 に静電引力は働かず、可動電極 2 は図 1 に示すような状態となっている。可動電極 2 と固定電極 3 間に電圧が印加されると、可動電極 2 は印加電圧による静電引力により固定電極 3 側に引き寄せられ弾性変形して変位する。このように、駆動電源 9 から断続的な直流電圧を可動電極 2 と固定電極 3 間に印加することにより、可動電極 2 は上下方向の矢印で示すように上下方向に振動する。

【 0 0 3 2 】

なお、駆動電源 9 が電極間に印加する電圧は、断続的な直流電圧には限らず、極性が交互に変化する交流電圧であってもよい。可動電極 2 と固定電極 3 は、電極間に電圧が印加されるとその極性には無関係に電極間に静電引力が作用する。したがって、電極間に交流電圧を印加することによっても可動電極 2 を振動させることができる。

【 0 0 3 3 】

可動電極 2 が振動することにより、ポンプ 1 の流体収容室 1 1 の容積が変動するため、流体が流入路 1 2 から流入し、次いで、流体が流出路 1 3 から流出する。なお、流入路 1 2 および流出路 1 3 には、逆止弁を設けたり、流体抵抗に差を設けたりすることで、流体が矢印で示すように一定方向に駆動されるようになっている。このようにして、静電アクチュエータによるポンプ 1 が実現できる。

【 0 0 3 4 】

図 1 のような静電アクチュエータにおいては、印加電圧による静電引力により可動電極 2 が弾性変形し、弾性エネルギーが可動電極 2 に蓄積される。次に、可動電極 2 と固定電極 3 間への電圧印加を停止すれば、可動電極 2 に蓄積された弾性エネルギーにより、可動電極 2 を元の位置に戻すような力が作用して、その力によりアクチュエータとしての動作が実現されている。一般的に、可動電極 2 に蓄積される弾性エネルギーが大きいほど、アクチュエータとしての性能も向上する。

【 0 0 3 5 】

この静電アクチュエータにおいて、アクチュエータの動作範囲を拡大するために、可動電極 2 と固定電極 3 間に印加する電圧を増大させた場合を説明する。図 2 は可動電極 2 と固定電極 3 間の電圧を増大させた状態を示す図である。可動電極 2 は固定電極 3 側に引き寄せられ、可動電極 2 の中央部分が固定電極 3 上面の絶縁被膜 4 に接触している。この絶縁被膜 4 は可動電極 2 の移動を制限する手段（移動制限手段）として機能している。

【 0 0 3 6 】

可動電極 2 において絶縁被膜 4 との接触によりそれ以上の移動を制限された領域、言い換えれば、移動が終端位置に達した領域を移動終端領域 2 a と呼ぶことにする。図 2 に示

10

20

30

40

50

すように、移動終端領域 2 aにおける可動電極 2 の下面は平面形状となっている。静電引力が作用しないときの可動電極 2 の形状は、上面が平面、下面が凹面であったので、移動終端領域 2 aにおける可動電極 2 は弾性的な曲げ変形を受けている。すなわち、可動電極 2 全体に作用する引っ張り力による弾性変形に加えて、移動終端領域 2 aでは曲げ変形による形状変化が生じている。

【 0 0 3 7 】

したがって、可動電極 2 に蓄積される弾性エネルギーは、移動終端領域 2 aにおいても曲げ変形による弾性エネルギーが蓄積されることになる。このように、本発明の静電アクチュエータにおいては、可動電極 2 の移動終端領域 2 aにおいても曲げ変形による弾性エネルギーが蓄積されるため、弾性エネルギーを可動電極 2 の広い領域に分散して蓄積することができ、蓄積可能な弾性エネルギーを増大させることができる。また、可動電極 2 の疲労破壊等を減少させ、静電アクチュエータの信頼性を向上させることができる。

10

【 0 0 3 8 】

なお、この実施の形態においては、絶縁被膜 4 を固定電極 3 の上面に設けるようにしているが、必ずしもこのような構成とする必要はなく、絶縁被膜 4 を可動電極 2 の下面に設けるようにしてもよい。または、絶縁被膜 4 を固定電極 3 の上面と可動電極 2 の下面の両方に設けてもよい。

【 0 0 3 9 】

次に、本発明の他の形態の静電アクチュエータについて説明する。図 3 は、本発明の他の形態の静電アクチュエータを利用したポンプ 1 a の構成を示す断面図である。図 1 の静電アクチュエータでは可動電極 2 自体に弾性エネルギーを蓄積するようにしていたが、図 3 の静電アクチュエータは、可動電極 2 および可動部材 2 1 とを一体的に設け、これらの可動電極 2 および可動部材 2 1 に弾性エネルギーを蓄積するようにしたものである。

20

【 0 0 4 0 】

可動電極 2 は薄板平板状の金属板であり、可動部材 2 1 の上面に一体的に固定されている。可動部材 2 1 は電気絶縁性の弾性材料からなっている。この場合、可動部材 2 1 自体が可動電極 2 の移動を制限する移動制限手段として機能する。この可動電極 2 および可動部材 2 1 は、周辺部がポンプ 1 a の本体に固定されているが、中央部は弾性変形により上下の変位が可能である。ポンプ 1 a の底部には固定電極 3 が固定されている。

【 0 0 4 1 】

30

可動部材 2 1 は、静電引力が作用しない状態で、図示のような断面形状となるように形成されている。すなわち、上面は平面形状であるが、下面は凹面となるような曲面形状に形成されている。したがって、可動部材 2 1 の周辺部の厚さは中央部の厚さよりも大きくなっている。また、固定電極 3 の上面は平面形状であるので、可動部材 2 1 と固定電極 3 の両部材間の距離も一定ではない。可動部材 2 1 の周辺部における両部材間の距離は、中央部における両部材間の距離よりも小さくなっている。

【 0 0 4 2 】

ポンプ 1 a の動作すなわち静電アクチュエータの動作は、図 1 のポンプ 1 と同様であるため説明を省略する。アクチュエータの動作範囲を拡大するために、可動電極 2 と固定電極 3 間に印加する電圧を増大させた場合は、図 4 に示されている。可動電極 2 および可動部材 2 1 は固定電極 3 側に引き寄せられ、可動部材 2 1 の中央部分が固定電極 3 の上面に接触している。

40

【 0 0 4 3 】

移動終端領域 2 aにおける可動部材 2 1 の下面は平面形状となっている。静電引力が作用しないときの可動部材 2 1 の形状は、上面が平面、下面が凹面であったので、移動終端領域 2 aにおける可動部材 2 1 は弾性的な曲げ変形を受けている。すなわち、可動部材 2 1 全体に作用する引っ張り力による弾性変形に加えて、移動終端領域 2 aでは曲げ変形による形状変化が生じている。

【 0 0 4 4 】

したがって、この形態の静電アクチュエータにおいても、可動電極 2 および可動部材 2

50

1に蓄積される弾性エネルギーは、可動電極2および可動部材21の広い領域に分散して蓄積することができ、蓄積可能な弾性エネルギーを増大させることができる。また、可動部材21の疲労破壊等を減少させ、静電アクチュエータの信頼性を向上させることができる。

【0045】

次に、可動電極2、可動部材21、固定電極3の種々の変形例について説明する。図5に示すポンプ1bの静電アクチュエータは、図3の静電アクチュエータと類似した構成である。可動電極2と可動部材21とが一体的に設けられているが、可動電極2は可動部材21の上面ではなく下面に設けられている。また、固定電極3の上面には絶縁被膜4が形成されている。

10

【0046】

図6に示すポンプ1cの静電アクチュエータは、可動電極2の形状が図1の静電アクチュエータとは異なっている。静電引力が作用しない状態の可動電極2は、上面は平面形状であり、下面が凸面となるような曲面形状に形成されている。したがって、可動電極2の周辺部の厚さは中央部の厚さよりも小さくなっている。また、固定電極3の上面は平面形状であるので、可動電極2の周辺部における電極間の距離は、中央部における電極間の距離よりも大きくなっている。

【0047】

図7に示すポンプ1dの静電アクチュエータは、可動電極2の下面形状が曲面であると同時に、固定電極3の上面形状も曲面としたものである。可動電極2の下面を凸面となるような曲面形状とし、固定電極3の上面も凸面となるような曲面形状とした。図8に示すポンプ1eの静電アクチュエータは、可動電極2を従来のような平板状としたものである。その代わりに、固定電極3の上面形状を凸面となるような曲面形状とした。

20

【0048】

図9に示すポンプ1fの静電アクチュエータは、可動電極2の上面形状は平面であるが、下面形状が複数の凹凸部を有する曲面となっているものである。図10に示すポンプ1gの静電アクチュエータは、可動電極2の上面形状および下面形状が複数の凹凸部を有する曲面となっている。すなわち可動電極2は波板状となっている。図9または図10に示すように凹凸部の数を増やすことにより、可動電極2における曲げ変形による弾性エネルギーの蓄積量が増大する。

30

【0049】

図5から図10に示す変形例においても、移動終端領域における可動電極2および可動部材21は弾性的な曲げ変形を受けて、曲げ変形による弾性エネルギーを蓄積する。それにより弾性エネルギーを広い領域に分散して蓄積することができ、蓄積する弾性エネルギーを増大させることができる。なお、図6から図10に示す変形例は、可動電極2自体に弾性エネルギーを蓄積するものであるが、図3または図5のように可動部材21を可動電極2と一体的に設けて、可動電極2および可動部材21に弾性エネルギーを蓄積するようにしてもよい。

【0050】

以上の実施の形態および変形例に示すように、可動電極2または可動部材21の形状と、固定電極3の形状は種々の形態が可能である。可動電極2または可動部材21が移動終端領域において弾性的な曲げ変形を受けることが重要である。したがって、静電引力が作用しない状態での可動電極2または可動部材21の下面形状と、固定電極3の上面形状とは互いに異なる形状である。また、可動電極2または可動部材21の下面と固定電極3の上面との間の距離は一定ではなく位置によって異なるものとなる。

40

【0051】

以上のように、本発明の静電アクチュエータでは、可動電極2または可動部材21の移動終端領域に弾性的な曲げ変形を生じさせて弾性エネルギーを蓄積することにより、弾性エネルギーを広い領域に分散して蓄積することができ、蓄積する弾性エネルギーを増大させることができる。そして、静電アクチュエータの動作効率や性能を向上させることがで

50

きる。また、可動電極 2 または可動部材 2 1 の疲労破壊等を減少させ、静電アクチュエータの信頼性を向上させることができる。

【 0 0 5 2 】

さらに、可動電極 2 または可動部材 2 1 の形状は、両電極間に印加する電圧を徐々に増大させた場合に、印加する電圧が増大するにつれての移動終端領域 2 a が連続的に増加するような形状となっている。したがって、静電アクチュエータの動作量（例えば、ポンプの容量）を印加電圧によって容易に制御することができる。

【産業上の利用可能性】

【 0 0 5 3 】

本発明の静電アクチュエータにより、弾性エネルギーを広い領域に分散して蓄積することができ、蓄積する弾性エネルギーを増大させて、静電アクチュエータの動作効率や性能を向上させることができる。また、静電アクチュエータの可動電極または可動部材の疲労破壊等を減少させ、静電アクチュエータの信頼性を向上させることができる。

10

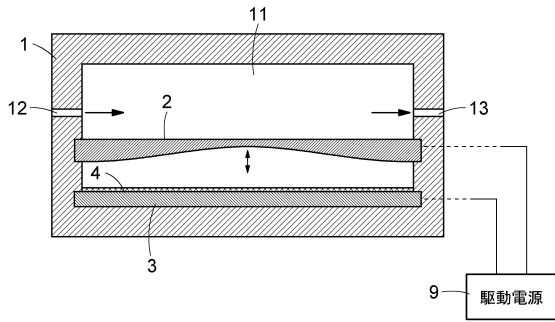
【符号の説明】

【 0 0 5 4 】

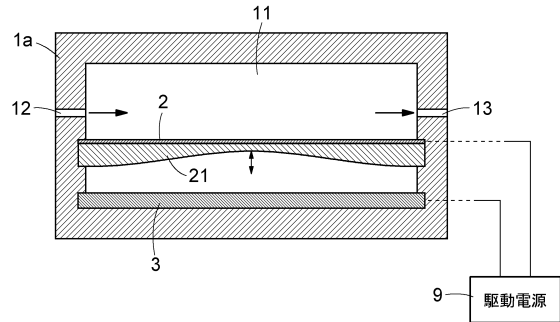
- 1 , 1 a ポンプ
- 2 可動電極
- 2 a 移動終端領域
- 3 固定電極
- 4 絶縁被膜
- 9 駆動電源
- 1 0 ポンプ
- 1 1 流体収容室
- 1 2 流入路
- 1 3 流出路
- 2 1 可動部材

20

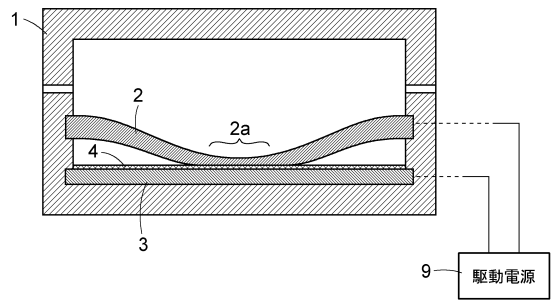
【図1】



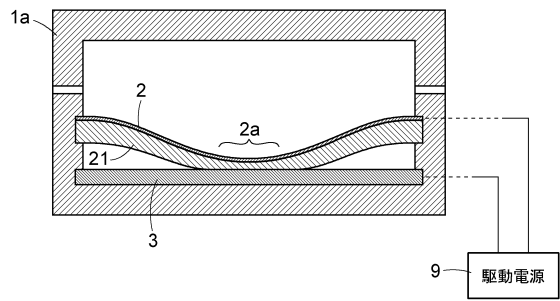
【図3】



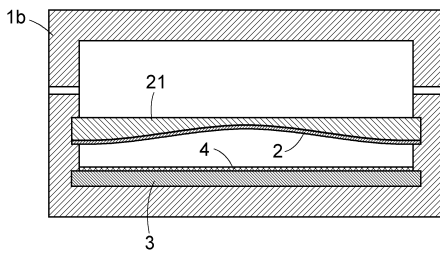
【図2】



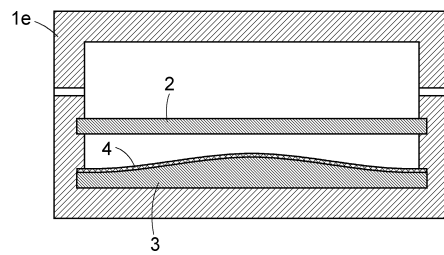
【図4】



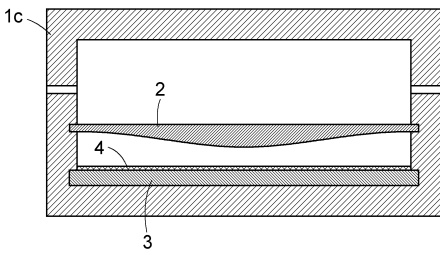
【図5】



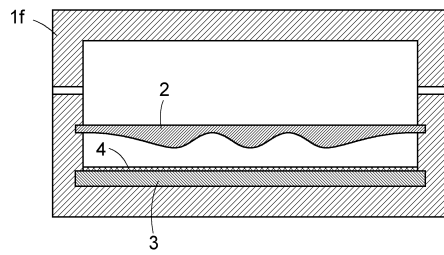
【図8】



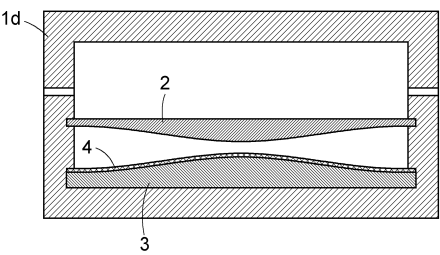
【図6】



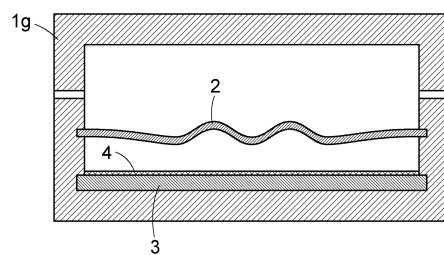
【図9】



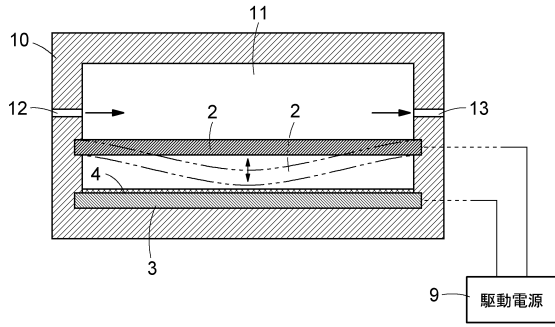
【図7】



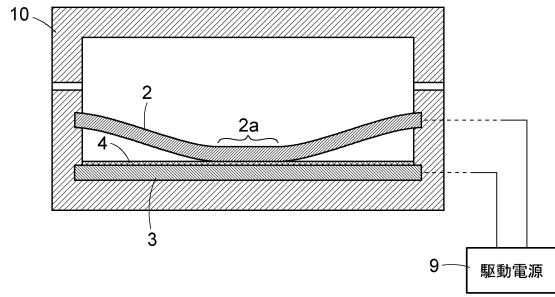
【図10】



【図 1 1】



【図 1 2】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2005-341673(JP,A)
特開2005-184903(JP,A)
特開2004-209874(JP,A)
米国特許第07517064(US,B2)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02N 1/00
B41J 2/045