

(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2009-105031

(P2009-105031A)

(43) 公開日 平成21年5月14日(2009.5.14)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO1H 59/00 (2006.01)	HO1H 59/00	3C081
B81B 3/00 (2006.01)	B81B 3/00	
HO2N 1/00 (2006.01)	HO2N 1/00	

審査請求 未請求 請求項の数 14 O L (全 25 頁)

(21) 出願番号	特願2008-141706 (P2008-141706)	(71) 出願人	000003078 株式会社東芝 東京都港区芝浦一丁目1番1号
(22) 出願日	平成20年5月29日 (2008.5.29)	(74) 代理人	100108062 弁理士 日向寺 雅彦
(31) 優先権主張番号	特願2007-259188 (P2007-259188)	(72) 発明者	久保 悠 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
(32) 優先日	平成19年10月2日 (2007.10.2)	(72) 発明者	益永 孝幸 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	Fターム(参考)	3C081 AA13 BA30 BA45 BA46 BA48 BA53 EA23 EA41

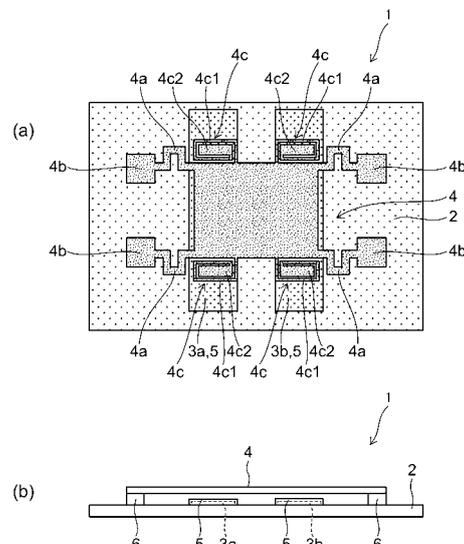
(54) 【発明の名称】 静電アクチュエータ、マイクロスイッチ、および電子機器

(57) 【要約】

【課題】本発明は、膜体の動作の安定化を図ることができる静電アクチュエータ、マイクロスイッチ、および電子機器を提供する。

【解決手段】基板に設けられた吸引電極と、前記吸引電極に対向して設けられた膜体と、前記膜体に設けられ、前記膜体を支持する第1の弾性梁と、前記膜体に設けられ、前記膜体を前記吸引電極に向けて牽引する牽引部と、を備え、前記牽引部は、前記吸引電極に向けて静電的に吸引される吸着部と、一端が前記吸着部に連接された第2の弾性梁と、を有し、前記第2の弾性梁の剛性は、前記第1の弾性梁の剛性よりも小さいこと、を特徴とする静電アクチュエータが提供される。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板に設けられた吸引電極と、
前記吸引電極に対向して設けられた膜体と、
前記膜体に設けられ、前記膜体を支持する第 1 の弾性梁と、
前記膜体に設けられ、前記膜体を前記吸引電極に向けて牽引する牽引部と、
を備え、
前記牽引部は、前記吸引電極に向けて静電的に吸引される吸着部と、一端が前記吸着部に
接続された第 2 の弾性梁と、を有し、
前記第 2 の弾性梁の剛性は、前記第 1 の弾性梁の剛性よりも小さいこと、を特徴とする
静電アクチュエータ。

10

【請求項 2】

前記第 1 の弾性梁と、前記第 2 の弾性梁と、は前記膜体の周縁部に設けられていること
、を特徴とする請求項 1 記載の静電アクチュエータ。

【請求項 3】

前記第 1 の弾性梁と、前記第 2 の弾性梁と、は接続していること、を特徴とする請求項
1 記載の静電アクチュエータ。

【請求項 4】

前記吸引電極は、前記吸着部に対する吸引力を制限する第 1 の吸引力制限手段を有する
こと、を特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 つに記載の静電アクチュエータ。

20

【請求項 5】

前記第 1 の吸引力制限手段は、前記吸引電極から前記吸着部に向けて突出してなること
、を特徴とする請求項 4 記載の静電アクチュエータ。

【請求項 6】

前記吸引電極は、前記膜体に対する吸引力を制限する第 2 の吸引力制限手段を有するこ
と、を特徴とする請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 つに記載の静電アクチュエータ。

【請求項 7】

前記第 2 の吸引力制限手段は、前記吸引電極から前記膜体に向けて突出してなること、
を特徴とする請求項 6 記載の静電アクチュエータ。

【請求項 8】

前記牽引部は、平面形状が渦巻き状を呈していること、を特徴とする請求項 1 記載の静
電アクチュエータ。

30

【請求項 9】

基板に設けられた吸引電極と、
前記吸引電極に対向して設けられた膜体と、
前記膜体に設けられ、前記膜体を支持する第 1 の弾性梁と、
前記吸引電極に設けられ、前記膜体に対する吸引力を制限する第 2 の吸引力制限手段と
、を備えること、を特徴とする静電アクチュエータ。

【請求項 10】

前記第 2 の吸引力制限手段は、前記吸引電極から前記膜体に向けて突出してなること、
を特徴とする請求項 9 記載の静電アクチュエータ。

40

【請求項 11】

請求項 1 ~ 10 のいずれか 1 つに記載の静電アクチュエータと、
前記基板上に設けられた少なくとも 1 対の入出力電極と、
を備え、
静電的に吸引された前記膜体を介して前記入出力電極が相互に接続されること、を特徴
とするマイクロスイッチ。

【請求項 12】

前記入出力電極と、前記静電アクチュエータと、を覆うカバーをさらに備え、
前記カバーの内部が、減圧されていること、を特徴とする請求項 11 記載のマイクロス

50

イッチ。

【請求項 1 3】

前記入出力電極と、前記静電アクチュエータと、を覆うカバーをさらに備え、前記カバーの内部が、不活性ガスで満たされていること、を特徴とする請求項 1 1 記載のマイクロスイッチ。

【請求項 1 4】

請求項 1 ~ 1 0 のいずれか 1 つに記載の静電アクチュエータを備えたこと、を特徴とする電子機器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0 0 0 1】

本発明は、静電気力で動作する静電アクチュエータ、マイクロスイッチ、および電子機器に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

アクチュエータを構成する固定子と可動子との間に静電気力を作用させ、その反発力、吸引力により可動子を駆動する静電アクチュエータが知られている。また、MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) 分野などにおいては、半導体製造技術等を用いて非常に小型の静電アクチュエータやマイクロスイッチなどが開発されている (例えば、特許文献 1 を参照)。

20

ここで、特許文献 1 に開示されているマイクロスイッチにおいては、膜体を剛性の異なる複数のバネ要素により懸架し、スイッチのオフ時には剛性の高いバネ要素側の膜体部分から離隔するようになっている。

【0 0 0 3】

しかしながら、吸引開始時に小さな力で膜体を吸引電極に吸引させることについての考慮がされておらず、吸引開始時の動作が不安定になるおそれがあった。

また、スイッチのオフ時には剛性の高いバネ要素側の膜体部分から離隔するため、離隔時間が長くなったり。離隔時の動作が不安定になるおそれがあった。

【特許文献 1】特開 2 0 0 7 - 3 5 6 4 1 号公報

【発明の開示】

30

【発明が解決しようとする課題】

【0 0 0 4】

本発明は、膜体の動作の安定化を図ることができる静電アクチュエータ、マイクロスイッチ、および電子機器を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0 0 0 5】

本発明の一態様によれば、基板に設けられた吸引電極と、前記吸引電極に対向して設けられた膜体と、前記膜体に設けられ、前記膜体を支持する第 1 の弾性梁と、前記膜体に設けられ、前記膜体を前記吸引電極に向けて牽引する牽引部と、を備え、前記牽引部は、前記吸引電極に向けて静電的に吸引される吸着部と、一端が前記吸着部に接続された第 2 の弾性梁と、を有し、前記第 2 の弾性梁の剛性は、前記第 1 の弾性梁の剛性よりも小さいこと、を特徴とする静電アクチュエータが提供される。

40

また、本発明の他の一態様によれば、基板に設けられた吸引電極と、前記吸引電極に対向して設けられた膜体と、前記膜体に設けられ、前記膜体を支持する第 1 の弾性梁と、前記吸引電極に設けられ、前記膜体に対する吸引力を制限する第 2 の吸引力制限手段と、を備えること、を特徴とする静電アクチュエータが提供される。

【0 0 0 6】

また、本発明の他の一態様によれば、上記の静電アクチュエータと、前記基板上に設けられた少なくとも 1 対の入出力電極と、を備え、静電的に吸引された前記膜体を介して前記入出力電極が相互に接続されること、を特徴とするマイクロスイッチが提供される。

50

【 0 0 0 7 】

また、本発明の他の一態様によれば、上記の静電アクチュエータを備えたこと、を特徴とする電子機器が提供される。

【 発明の効果 】

【 0 0 0 8 】

本発明によれば、膜体の動作の安定化を図ることができる静電アクチュエータ、マイクロスイッチ、および電子機器が提供される。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 0 9 】

以下、図面を参照しつつ、本発明の実施の形態について例示をする。

10

図 1 は、本発明の第 1 の実施の形態に係る静電アクチュエータを例示するための模式図である。

尚、図 1 (a) は、模式平面図、図 1 (b) は、模式側面図である。

【 0 0 1 0 】

図 1 に示すように、静電アクチュエータ 1 には、基板 2 と、基板 2 上に設けられた吸引電極 3 a、3 b と、吸引電極 3 a、3 b を覆うようにして設けられた絶縁層 5 と、吸引電極 3 a、3 b に対向して直上に配設された板状の膜体 4 と、が備えられている。

【 0 0 1 1 】

基板 2 は、例えば、ガラスのような絶縁性材料で形成されている。尚、導電性材料、シリコン (Si) のような半導電性材料からなる基板の表面を絶縁性材料で覆うようにすることもできる。

20

基板 2 上には、所定の間隔をあけて吸引電極 3 a と吸引電極 3 b とが隣接するように設けられている。吸引電極 3 a、3 b は、例えば、金属などの導電性材料で形成させることができる。尚、導電性材料の中でも抵抗値の低いものが好ましく、そのようなものとしては、例えば、アルミニウム (Al)、金 (Au)、銀 (Ag)、銅 (Cu)、白金 (Pt)、これらの合金などを例示することができる。

【 0 0 1 2 】

また、後述する静電気力の発生の観点からは、吸引電極 3 a、3 b の面積は大きい方が好ましい。そのため、吸引電極 3 a と吸引電極 3 b との間のスペースは狭い方が好ましい。尚、図 1 では、吸引電極が 2 個設けられる場合を例示したが、これに限定されるわけではなく、吸引電極は 1 個設けるようにしてもよく、3 個以上設けるようにしてもよい。また、その形状も、図示した矩形に限定されるわけではなく、適宜変更することができる。

30

【 0 0 1 3 】

吸引電極 3 a、3 b の主面は、絶縁層 5 で覆われている。絶縁層 5 は、例えば、酸化シリコン (SiO₂)、窒化シリコン (SiN)、樹脂材料などの絶縁性材料で形成させることができる。

【 0 0 1 4 】

吸引電極 3 a、3 b には、図示しない直流電源が接続されており、吸引電極 3 a、3 b に正電荷あるいは負電荷を与えられるようになっている。そのため、吸引電極 3 a、3 b は、膜体 4 を静電的に吸引可能となっている。

40

吸引電極 3 a、3 b による吸引がクーロン力、ジョンセン - ラーベック力を利用するものであるときは、膜体 4 の材質は導電性材料または半導電性材料とされる。導電性材料、半導電性材料としては、例えば、各種の金属材料、窒化タングステン、シリコン、ポリシリコンなどを例示することができる。尚、絶縁層 5 の材料の体積抵抗率を使用温度領域で 10^{14} cm 以上とすることでクーロン力を利用するものとすることができ、 $10^8 \sim 10^{11}$ cm とすればジョンセン - ラーベック力を利用するものとする事ができる。

【 0 0 1 5 】

また、吸引電極 3 a、3 b による吸引がグラジエント力を利用するものであるときは、膜体 4 の材質は導電性材料、半導電性材料のみならず絶縁性材料とすることもできる。グラジエント力を利用するものとするためには、吸引電極 3 a、3 b により吸引面上に不均

50

一電界を形成させるようにすればよい。例えば、吸引電極を複数設け、隣接する吸引電極同士が異極（正極／負極）となるように図示しない直流電源を接続するようにすればよい。

【0016】

膜体4の四隅には、弾性梁4a（第1の弾性梁）の一端が接続され、弾性梁4aの他端には接続部4bが接続されている。また、基板2上にはアンカ6が配設され、アンカ6の上端面には接続部4bが設けられている。すなわち、膜体4は、弾性梁4a（第1の弾性梁）により支持されることになる。そして、膜体4は、アンカ6、接続部4b、弾性梁4aを介して吸引電極3a、3bの直上となる位置に配設されている。

尚、膜体4の中央の略矩形の部分は作用部となる。作用部は、例えば、外部の部材に当接させるなどして、膜体4の変位（静電アクチュエータ1の動作）を外部に伝える役割をはたす部分である。

【0017】

吸引電極3a、3bに膜体4が吸引される際には、弾性梁4aが撓むことで、膜体4が基板2の法線方向に変位する。また、吸引が解除された際には、弾性梁4aの作用により、膜体4は吸引電極3a、3b直上の元の位置に復帰する。

【0018】

弾性梁4aの接続位置は、膜体4の四隅に限定されるわけではなく、膜体4の周縁部に設けられていればよい。ただし、膜体4の四隅に弾性梁4aを接続するようにすれば、ゆがみのない動作をさせることができるので、動作時における膜体4の水平方向のズレを抑制することができる。また、弾性梁4aの形状も図示したものに限定されるわけではなく、適宜変更することができる。ただし、図1(a)に例示をした蛇行形状の弾性梁4aを用いるものとするれば、小さな面積の中にパネ定数の小さい弾性梁4aを配設させることができる。

【0019】

吸引電極3a、3bの直上であって、膜体4の周縁部には、膜体4を吸引電極3a、3bに向けて牽引する牽引部4cが設けられている。また、牽引部4cには、弾性梁4c1（第2の弾性梁）と、吸引電極3a、3bに吸引される吸着部4c2とが備えられている。弾性梁4c1の一端は膜体4と接続され、他端は吸着部4c2と接続されている。弾性梁4c1（第2の弾性梁）の剛性は、弾性梁4a（第1の弾性梁）の剛性よりも小さいものとされている。この場合、例えば、図1(a)に例示をしたように、梁の幅寸法を変えるなどして、弾性梁4aの断面係数よりも弾性梁4c1の断面係数の方が小さいものとすることができる。また、弾性梁4c1と弾性梁4aの材質を変えることで、弾性梁4c1の剛性が弾性梁4aの剛性よりも小さくなるようにすることもできる。

【0020】

吸着部4c2の幅寸法は、弾性梁4c1の幅寸法よりも長いものとされ、その面積が大きくなるようにされている。このように、吸着部4c2の面積を大きくすれば、吸引電極3a、3bとの間でその分大きな静電気力を発生させることができる。図1(a)に例示をした吸着部4c2の形状は矩形であるが、これに限定されるわけではなく、適宜変更することができる。また、牽引部4cの形状も図示したものに限定されるわけではなく、適宜変更することができる。ただし、図1(a)に例示をした平面形状が渦巻き状を呈する牽引部4cとすれば、小さな面積の中にパネ定数の小さい牽引部4cを配設させることができる。

【0021】

また、牽引部4cの配設位置についても、膜体4の周縁部（外側）に設けられているものを例示したが、これに限定されるわけではなく適宜変更することができる。

図2は、牽引部の配設位置を例示するための模式部分拡大図である。

尚、図1で説明をしたものと同様の部分には同じ符号を付し、その説明は適宜省略する。本実施の形態においては、牽引部4cが膜体4の内側に設けられている。尚、説明の便宜上、一つの隅部を抜き出して図示したが、他の隅部においても同様に膜体4の内側に

10

20

30

40

50

牽引部 4 c を設けるようにすることができる。また、図 2 に例示をしたものは、牽引部 4 c を図 1 で説明をしたものと同じ側の辺に設けているが、これに限定されるわけではない。牽引部 4 c は、吸引電極 3 a、3 b の直上に設けられていけばよく、例えば、弾性梁 4 a が接続された側の辺に設けるようにすることもできるし、これらを組み合わせるようにすることもできる。ただし、図 1 に例示をしたもののように、膜体 4 の外側に牽引部 4 c を設けるようにすれば、膜体 4 の面積を大きくすることができるので、発生させる静電気力を大きくすることができる。

【0022】

次に、本実施の形態に係る静電アクチュエータ 1 の作用について説明をする。

図示しない直流電源より吸引電極 3 a、3 b に電圧が印加されると、吸引電極 3 a、3 b には正電荷あるいは負電荷が与えられ膜体 4 が吸引電極 3 a、3 b に静電的に吸引される。この際、膜体の撓み量（変形量）は、静電気力と、膜体 4 ・弾性梁 4 a の弾性力とにより決定され、双方が釣り合った時点で撓み（変形）は停止する。そして、図示しない直流電源からの電圧の印加が停止されると、膜体 4 ・弾性梁 4 a はその弾性力によりもとの形状（位置）に復元される。

10

【0023】

ここで、図 3 に例示をするような平行平板型静電アクチュエータにおいては、発生する力 F を (1) 式により表すことができる。

【数 1】

$$F = \frac{1}{2} \cdot \frac{\epsilon S}{d^2} \cdot V^2 \quad (1)$$

20

ここで、 F は発生する力、 d は電極間距離、 S は電極面積、 ϵ は誘電率、 V は印加電圧である。

【0024】

(1) 式から分かるように、発生する力 F は、電極間距離が大きくなるにつれて、急激に低下する特性を有している。そのため、特許文献 1 に開示されている技術のように吸引電極と膜体（特許文献 1 ではメンブレイン）とを略平行にすると、吸引開始時に膜体に対して均等な力を作用させることができるが、大きな力を作用させることができないという問題があった。この場合、弾性梁（特許文献 1 ではバネ）の剛性を下げて、小さな力でも容易に撓ませることができるようにすることもできるが、弾性梁の破損が発生しやすくなるという新たな問題が生ずるおそれがある。

30

【0025】

これに対し、本実施の形態に係る静電アクチュエータ 1 においては、膜体 4 と接続する牽引部 4 c を設けるようにしている。そして、弾性梁 4 c 1 の剛性は、弾性梁 4 a の剛性よりも小さいものとされている。そのため、吸引開始時においては、弾性梁 4 c 1 を備える牽引部 4 c の方が先に撓んで吸引電極 3 a、3 b に吸引されることになる。この際、弾性梁 4 c 1 の一端が膜体 4 と接続されているため、膜体 4 が吸引電極 3 a、3 b に向かって牽引され、この部分の電極間距離 d （膜体 4 と吸引電極 3 a、3 b との間の距離）が小さくなる。電極間距離 d が小さくなれば、大きな吸引力が発生するので、膜体 4 が容易に吸引できることになる。また、吸引開始後においても、膜体 4 が湾曲するように撓むので、大きな力が発生する部分が漸次拡大して行くことになる。

40

【0026】

その結果、静電アクチュエータ 1 の動作を大幅に安定させることができる。また、動作に必要な力を低減させることができることにもなるので、印加電圧を低減させたり、静電アクチュエータの小型化（吸引電極の小型化）を図ることができる。また、弾性梁 4 a の剛性を低下させる必要がなく、また、弾性梁 4 c 1 は拘束の少ない片持ち梁であり、作用させる力も小さくすることができるのでその破損を抑制することができる。そのため、静電アクチュエータ 1 の寿命を長くすることができる。尚、牽引部 4 c を吸引する力は、吸

50

着部 4 c 2 の面積や弾性梁 4 c 1 の剛性を調整することで適宜変更することができる。また、吸着部 4 c 2 を膜体 4 から突出させて吸引電極 3 a、3 b により近づけるような配設位置とすることで吸引力を大きくすることもできる。ただし、図 1、図 2 に示すように、牽引部 4 c を膜体 4 と同一の平面上に設けるようにすれば、容易に加工をすることができるので、生産性を向上させることができる。

【0027】

図 4 は、本発明の第 2 の実施の形態に係る静電アクチュエータを例示するための模式図である。

尚、図 2 (a) は、模式平面図、図 2 (b) は、模式側面図である。また、図 1 で説明をしたものと同様の部分には同じ符号を付し、その説明は適宜省略する。

10

【0028】

図 4 に示すように、静電アクチュエータ 1 a に備えられた吸引電極 3 a、3 b の上面には、吸着部 4 c 2 の先端部近傍における吸引力を制限する吸引力制限手段 7 が設けられている。吸引力制限手段 7 は突状を呈し、吸引電極 3 a、3 b から突出するようにして設けられている。また、吸引力制限手段 7 は、牽引部 4 c の吸着部 4 c 2 の直下に配設され、吸着部 4 c 2 が吸引電極 3 a、3 b に吸引された際には、吸着部 4 c 2 下面の先端近傍に当接可能とされている。

そして、吸着部 4 c 2 下面の先端近傍と吸引力制限手段 7 とを当接させることで、吸着部 4 c 2 下面と吸引電極 3 a、3 b との間に隙間を設け、吸引力を低下させるようにしている。

20

【0029】

吸引力制限手段 7 の形状は、特に限定されるものではなく、適宜変更することができる。ただし、図 4 に例示をしたように、当接面が曲面で構成されているようにすれば（例えば、半球状）、吸着部 4 c 2 が吸引力制限手段 7 に当接する際に無理な力がかからず、破損等を抑制することができる。

【0030】

また、図 4 に例示をした吸引力制限手段 7 は、突状を呈しているが、凹状とすることもできる。ただし、突状とした方が、吸着部 4 c 2 の先端近傍が吸引電極 3 a、3 b からより離れることになるので、後述する先端部近傍における吸引力をより制限することができる。

30

【0031】

ここで、突状の吸引力制限手段 7 の高さ寸法は、吸着部 4 c 2 を吸引電極 3 a、3 b に吸引する力に大きな影響を与える。すなわち、突状の吸引力制限手段 7 の高さ寸法を長くすれば、吸着部 4 c 2 を吸引電極 3 a、3 b に吸引する力を小さくすることができる。そのため、後述する吸着部 4 c 2 の離隔時間（応答時間）などを考慮して突状の吸引力制限手段 7 の高さ寸法を決めるようにすることが好ましい。

また、吸引力制限手段が凹状を呈している場合には、深さ寸法が、吸着部 4 c 2 を吸引電極 3 a、3 b に吸引する力に大きな影響を与える。すなわち、凹状の吸引力制限手段の深さ寸法を長くすれば、吸着部 4 c 2 を吸引電極 3 a、3 b に吸引する力を小さくすることができる。そのため、後述する吸着部 4 c 2 の離隔時間（応答時間）などを考慮して凹状の吸引力制限手段の深さ寸法を決めるようにすることが好ましい。

40

【0032】

次に、本実施の形態に係る静電アクチュエータ 1 a の作用について説明をする。

図 1 に例示をした静電アクチュエータ 1 と同様に、図示しない直流電源より吸引電極 3 a、3 b に電圧が印加されると、吸引電極 3 a、3 b には正電荷あるいは負電荷が与えられ、牽引部 4 c の吸着部 4 c 2 が吸引電極 3 a、3 b に静電的に吸引される。そして、牽引部 4 c に牽引されるようにして膜体 4 が吸引電極 3 a、3 b に静電的に吸引される。この際、膜体の撓み量（変形量）は、静電気力と、膜体 4 ・弾性梁 4 a の弾性力とにより決定され、双方が釣り合った時点で撓み（変形）は停止する。そして、図示しない直流電源からの電圧の印加が停止されると、膜体 4 ・弾性梁 4 a はその弾性力によりもとの形状（

50

位置)に復元される。

【0033】

この際、弾性梁4c1の剛性は、弾性梁4aの剛性よりも小さいものとされているため、膜体4の方が先に吸引電極3a、3bから離隔し、それに続いて吸着部4c2が吸引電極3a、3bから離隔する。

【0034】

本実施の形態においては、吸着部4c2下面の先端近傍に吸引力制限手段7を当接させるようにしているので、先端部近傍における吸引力を制限することができる。ここで、吸着部4c2の先端は、最後に吸引電極3a、3bから離隔する部分である。そのため、前述した静電アクチュエータ1の効果に加え、吸着部4c2の先端近傍の吸着力を制限することによって、吸着部4c2の離隔を容易にさせることができるとともに、離隔に要する時間を短縮することができる。

10

【0035】

図5は、吸引力制限手段の作用を例示するための模式斜視図である。

尚、図中の色の薄い部分ほど吸引電極3a、3bからの距離が長いことを表している。

【0036】

図5に示すように、膜体4が吸引電極3a、3bに吸引された場合には、牽引部4cの弾性梁4c1、吸着部4c2も吸引電極3a、3bに吸引されている。ただし、突状の吸引力制限手段7の作用により、吸着部4c2の先端近傍が吸引電極3a、3bから離隔されることになる。そのため、この部分における吸引力を制限することができるので、吸着部4c2の離隔を容易にさせることができるとともに、離隔に要する時間の短縮が図れることになる。

20

【0037】

図6は、比較例にかかる静電アクチュエータ100を例示するための模式図である。

図6(a)は、静電アクチュエータ100の模式平面図、図6(b)は、静電アクチュエータ100の作用を例示するための模式グラフ図である。

尚、図6(b)において、縦軸は膜体の変位量、横軸は駆動電圧(吸引電極に印加される電圧)を表している。また、図1で説明をしたものと同様の部分には同じ符号を付し、その説明は適宜省略する。

【0038】

図6(a)に示すように、静電アクチュエータ100に備えられた膜体104の周縁には、突部104cが設けられている。突部104cは、矩形状の外形を呈し、膜体104の周縁から突出するようにして設けられている。また、突部104cの外径寸法と、前述した牽引部4cの外径寸法とは、略同一となっている。

30

【0039】

このように、静電アクチュエータ100には牽引部4cが備えられていないので、吸引開始時に大きな力を必要とする。

すなわち、図6(b)中の矢印(1)のように、駆動電圧を上げていくと、膜体104は徐々に吸引電極3a、3b側に吸引されていく。そして、矢印(2)のように、所定の電圧に達すると、膜体104は吸引電極3a、3b上に吸引されることになるが、この際の電圧値は高いものとなる。

40

【0040】

また、矢印(3)のように駆動電圧を下げ所定の電圧に達すると、矢印(4)のように膜体104が吸引電極3a、3b上から離隔される。尚、駆動電圧を0V(ボルト)とする前であっても、弾性梁4aの弾性力が吸引電極3a、3bとの吸引力を上回った時点で膜体104が吸引電極3a、3b上から離隔される。

【0041】

図7は、図1に例示をした静電アクチュエータ1の作用を例示するための模式グラフ図である。

図8は、図4に例示をした静電アクチュエータ1aの作用を例示するための模式グラフ

50

図である。

尚、各図において、縦軸は膜体の変位置、横軸は駆動電圧（吸引電極に印加される電圧）を表している。

【0042】

図1に例示をした静電アクチュエータ1において、図7中の矢印(5)のように、駆動電圧を上げていくと、膜体4は徐々に吸引電極3a、3b側に吸引されていく。そして、矢印(6)のように、所定の電圧に達すると、膜体4は吸引電極3a、3b上に吸引されることになる。前述したように、静電アクチュエータ1には、牽引部4cが備えられているので、吸引電極3a、3b上に先に牽引部4cが吸引され、これに牽引されるようにして膜体4が吸引電極3a、3b上に吸引されることになる。そのため、図6(b)に例示をした比較例に係る静電アクチュエータ100の場合よりも、最大駆動電圧を15%程度低減させることができる。

10

このことは、少ない電圧上昇でも吸引を行うことができることを意味し、応答速度を向上させることができることをも意味する。

【0043】

また、矢印(7)のように駆動電圧を下げ所定の電圧に達すると、矢印(8)のように膜体4が吸引電極3a、3b上から離隔される。この場合、膜体4と接続している牽引部4cの吸着部4c2が最後に吸引電極3a、3b上から離隔されるため、矢印(9)のように、弾性梁4c1の弾性力が吸引電極3a、3bとの吸引力を上回った時点で膜体4が吸引電極3a、3b上から離隔されることになる。

20

【0044】

図4に例示をした静電アクチュエータ1aにおいて、図8中の矢印(10)のように、駆動電圧を上げていくと、膜体4は徐々に吸引電極3a、3b側に吸引されていく。そして、矢印(11)のように、所定の電圧に達すると、膜体4は吸引電極3a、3b上に吸引されることになる。前述したように、静電アクチュエータ1aにも、牽引部4cが備えられているので、吸引電極3a、3b上に先に牽引部4cが吸引され、これに牽引されるようにして膜体4が吸引電極3a、3b上に吸引されることになる。そのため、図6(b)に例示をした比較例に係る静電アクチュエータ100の場合よりも、最大駆動電圧を15%程度低減させることができる。

このことは、少ない電圧上昇でも吸引を行うことができることを意味し、応答速度を向上させることができることをも意味する。

30

【0045】

また、矢印(12)のように駆動電圧を下げ所定の電圧に達すると、矢印(13)のように膜体4が吸引電極3a、3b上から離隔される。この場合、膜体4と接続している牽引部4cの吸着部4c2が最後に吸引電極3a、3b上から離隔されることになるが、静電アクチュエータ1aには吸引力制限手段7が備えられているため、図7の矢印(9)のような動作をとまわずに膜体4が吸引電極3a、3b上から離隔されることになる。

このことは、少ない電圧降下でも離隔を行うことができることを意味し、応答速度を向上させることができることをも意味する。

【0046】

図9は、本発明の第3の実施の形態に係る静電アクチュエータを例示するための模式図である。

尚、図9(a)は、模式平面図、図9(b)は、模式側面図である。また、図1、図4で説明をしたものと同様の部分には同じ符号を付し、その説明は適宜省略する。

【0047】

図9に示すように、静電アクチュエータ10には、基板2と、基板2上に設けられた吸引電極3a、3bと、吸引電極3a、3bを覆うようにして設けられた絶縁層5と、吸引電極3a、3bに対向して直上に配設された板状の膜体4と、が備えられている。

また、吸引電極3a、3bの上面には、膜体4に対する吸引力を制限する吸引力制限手段7aが設けられている。吸引力制限手段7aは突状を呈し、吸引電極3a、3bから突

40

50

出するようにして設けられている。また、吸引力制限手段 7 a は、膜体 4 の直下に配設され、膜体 4 が吸引電極 3 a、3 b に吸引された際には、膜体 4 の下面に当接可能とされている。

そして、膜体 4 の下面と吸引力制限手段 7 a とを当接させることで、膜体 4 の下面と吸引電極 3 a、3 b との間に隙間を設け、吸引力を低下させるようにしている。

【0048】

吸引力制限手段 7 a の形状は、特に限定されるものではなく、適宜変更することができる。ただし、図 9 に例示をしたように、当接面が曲面で構成されているようにすれば（例えば、半球状）、膜体 4 が吸引力制限手段 7 a に当接する際に無理な力がかからず、破損等を抑制することができる。

10

【0049】

また、図 9 に例示をした吸引力制限手段 7 a は、突状を呈しているが、凹状とすることもできる。ただし、突状とした方が、膜体 4 の下面が吸引電極 3 a、3 b からより離れることになるので、吸引力をより制限することができる。

尚、吸引力制限手段 7 a と図 4 に例示をした吸引力制限手段 7 とを同じ形態にすることもできる。

また、吸引力制限手段 7 a の数、配列数、配列形態なども図示したものに限定されるわけではなく、適宜変更することができる。

【0050】

ここで、突状の吸引力制限手段 7 a の高さ寸法は、膜体 4 を吸引電極 3 a、3 b に吸引する力に大きな影響を与える。すなわち、突状の吸引力制限手段 7 a の高さ寸法を長くすれば、膜体 4 を吸引電極 3 a、3 b に吸引する力を小さくすることができる。そのため、後述する膜体 4 の離隔時間（応答時間）などを考慮して突状の吸引力制限手段 7 a の高さ寸法を決めるようにすることが好ましい。

20

また、吸引力制限手段が凹状を呈している場合には、深さ寸法が、膜体 4 を吸引電極 3 a、3 b に吸引する力に大きな影響を与える。すなわち、凹状の吸引力制限手段の深さ寸法を長くすれば、膜体 4 を吸引電極 3 a、3 b に吸引する力を小さくすることができる。そのため、後述する膜体 4 の離隔時間（応答時間）などを考慮して凹状の吸引力制限手段の深さ寸法を決めるようにすることが好ましい。

【0051】

次に、本実施の形態に係る静電アクチュエータ 10 の作用について説明をする。

図 1 に例示をした静電アクチュエータ 1 と同様に、図示しない直流電源より吸引電極 3 a、3 b に電圧が印加されると、吸引電極 3 a、3 b には正電荷あるいは負電荷が与えられる。そのため、膜体 4 が吸引電極 3 a、3 b に静電的に吸引される。この際、膜体 4 の撓み量（変形量）は、静電気力と、膜体 4 ・弾性梁 4 a の弾性力とにより決定され、双方が釣り合った時点で撓み（変形）は停止する。そして、図示しない直流電源からの電圧の印加が停止されると、膜体 4 ・弾性梁 4 a はその弾性力によりもとの形状（位置）に復元される。

30

【0052】

本実施の形態においては、膜体 4 の下面に吸引力制限手段 7 a を当接させるようにしているので、膜体 4 に対する吸引力を制限することができる。そのため、膜体 4 の離隔を容易にさせることができるとともに、離隔に要する時間を短縮することができる。その結果、応答速度を速めることができる。

40

【0053】

図 10 は、比較例にかかる静電アクチュエータ 110 を例示するための模式図である。

図 10 (a) は、静電アクチュエータ 110 の模式平面図、図 10 (b) は、静電アクチュエータ 110 の作用を例示するための模式グラフ図である。

尚、図 10 (b) において、縦軸は膜体の変位量、横軸は駆動電圧（吸引電極に印加される電圧）を表している。また、図 1 で説明をしたものと同様の部分には同じ符号を付し、その説明は適宜省略する。

50

【 0 0 5 4 】

図 1 0 (a) に示すように、静電アクチュエータ 1 1 0 に備えられた吸引電極 3 a、3 b には吸引力制限手段 7 a が設けられていない。そのため、膜体 4 が吸引電極 3 a、3 b から離隔する際に大きな力を必要とする。

図 1 0 (b) 中の矢印 (1 4) のように、駆動電圧を上げていくと、膜体 4 は徐々に吸引電極 3 a、3 b 側に吸引されていく。そして、矢印 (1 5) のように、所定の電圧に達すると、膜体 4 は吸引電極 3 a、3 b 上に吸引されることになるが、この際の電圧値は高いものとなる。

【 0 0 5 5 】

また、矢印 (1 6) のように駆動電圧を下げ所定の電圧に達すると、矢印 (1 7) のように膜体 4 が吸引電極 3 a、3 b 上から離隔される。尚、駆動電圧を 0 V (ボルト) とする前であっても、弾性梁 4 a の弾性力が吸引電極 3 a、3 b との吸引力を上回った時点で膜体 4 が吸引電極 3 a、3 b 上から離隔される。

10

【 0 0 5 6 】

図 1 1 は、図 9 に例示をした静電アクチュエータ 1 0 の作用を例示するための模式グラフ図である。

尚、縦軸は膜体の変位量、横軸は駆動電圧 (吸引電極に印加される電圧) を表している。

【 0 0 5 7 】

図 9 に例示をした静電アクチュエータ 1 0 において、図 1 1 中の矢印 (1 8) のように、駆動電圧を上げていくと、膜体 4 は徐々に吸引電極 3 a、3 b 側に吸引されていく。そして、矢印 (1 9) のように、所定の電圧に達すると、膜体 4 は吸引電極 3 a、3 b 上に吸引されることになる。

20

【 0 0 5 8 】

また、矢印 (2 0) のように駆動電圧を下げ所定の電圧に達すると、矢印 (2 1) のように膜体 4 が吸引電極 3 a、3 b 上から離隔される。この場合、膜体 4 の下面と吸着力制限手段 7 a とを当接させるようにしているので、図 1 0 (b) に例示をした吸着力制限手段 7 a を設けていない場合に比べて、高い駆動電圧値において離隔を行うことができる。このことは、少ない電圧降下でも離隔を行うことができることを意味し、応答速度を向上させることができることにもなる。

30

【 0 0 5 9 】

図 1 2 は、本発明の第 4 の実施の形態に係る静電アクチュエータを例示するための模式図である。

尚、図 1 2 (a) は、模式平面図、図 1 2 (b) は、模式側面図である。また、図 1、図 4、図 9 で説明をしたものと同様の部分には同じ符号を付し、その説明は適宜省略する。

【 0 0 6 0 】

図 1 2 に示すように、静電アクチュエータ 1 0 a には、図 1 において例示をした牽引部 4 c、図 4 において例示をした吸引力制限手段 7、図 9 において例示をした吸引力制限手段 7 a が設けられている。

40

そのため、前述した牽引部 4 c、吸引力制限手段 7、吸引力制限手段 7 a の作用、効果を楽しむことができるので、静電アクチュエータ 1 0 a の動作の安定や応答速度の向上などを図ることができる。

【 0 0 6 1 】

図 1 3 は、本発明の第 5 の実施の形態に係る静電アクチュエータを例示するための模式図である。

尚、図 1 3 (a) は、模式平面図、図 1 3 (b) は、模式側面図である。

【 0 0 6 2 】

図 1 3 に示すように、静電アクチュエータ 4 0 には、基板 4 2 と、基板 4 2 上に設けられた吸引電極 4 3 a、4 3 b と、吸引電極 4 3 a、4 3 b を覆うようにして設けられた絶

50

縁層 4 5 と、吸引電極 4 3 a、4 3 b に対向して直上に配設された板状の膜体 4 4 と、が備えられている。また、吸引電極 4 3 a と吸引電極 4 3 b とは、所定の間隔をあけて互いに隣接するように設けられている。

【0063】

吸引電極 4 3 a、4 3 b には、図示しない直流電源が接続されており、吸引電極 4 3 a、4 3 b に正電荷あるいは負電荷を与えられるようになっている。そのため、吸引電極 4 3 a、4 3 b は、膜体 4 4 を静電的に吸引可能となっている。

【0064】

膜体 4 4 は、外形が略円形を呈し、外周から中心に向かい互いに対向する溝部 4 4 d が設けられている。そして、溝部 4 4 d を設けることで形成される作用部 4 4 e を介して、略半円状の 2 つの膜体 4 4 f が接続されるようになっている。作用部 4 4 e は、例えば、外部の部材に当接させるなどして、膜体 4 4 の変位（静電アクチュエータ 4 0 の動作）を外部に伝える役割をはたす部分である。

10

【0065】

膜体 4 4 f は、同心円状に形成された溝 4 4 g により、内周部 4 4 h 1 と外周部 4 4 h 2 とに分割され、内周部 4 4 h 1 と外周部 4 4 h 2 とは弾性梁 4 4 i（第 2 の弾性梁）を介して接続されている。

【0066】

内周部 4 4 h 1 には、弾性梁 4 4 a（第 1 の弾性梁）、接続部 4 4 b、吸着部 4 4 j が設けられている。そして、絶縁層 4 5 を介して吸引電極 4 3 a、4 3 b 上に配設されたアンカ 4 6 の上端面には接続部 4 4 b が設けられている。また、絶縁層 4 5 を介して吸引電極 4 3 a、4 3 b 上に配設されたアンカ 4 6 a の上端面には、後述する弾性梁 4 4 c 1 の中央部分が設けられている。すなわち、膜体 4 4 は、アンカ 4 6、4 6 a を介して吸引電極 4 3 a、4 3 b の直上となる位置に配設されている。

20

また、接続部 4 4 b は弾性梁 4 4 a を介して外周部 4 4 h 2 の弾性梁 4 4 i と接続されている。すなわち、弾性梁 4 4 a（第 1 の弾性梁）と、弾性梁 4 4 i（第 2 の弾性梁）とは接続している。また、弾性梁 4 4 a は弾性梁 4 4 k を介して吸着部 4 4 j とも接続され、吸着部 4 4 j は作用部 4 4 e と接続されている。すなわち、膜体 4 4 は、弾性梁 4 4 a（第 1 の弾性梁）により支持されることになる。

【0067】

外周部 4 4 h 2 には、弾性梁 4 4 i と牽引部 4 4 c とが設けられている。牽引部 4 4 c には、弾性梁 4 4 c 1 と吸着部 4 4 c 2 とが設けられ、吸着部 4 4 c 2 同士はその一端において弾性梁 4 4 c 1 を介して接続されている。また、吸着部 4 4 c 2 の他端は、弾性梁 4 4 i、弾性梁 4 4 a を介して接続部 4 4 b と接続されている。

30

【0068】

牽引部 4 4 c に設けられた吸着部 4 4 c 2 を吸引電極 4 3 a、4 3 b に吸着させることで、膜体 4 4 が吸引電極 4 3 a、4 3 b に向けて牽引される。弾性梁 4 4 c 1、弾性梁 4 4 i（第 2 の弾性梁）の剛性は、弾性梁 4 4 a（第 1 の弾性梁）の剛性よりも小さいものとされている。また、吸着部 4 4 j に接続する弾性梁 4 4 k の剛性も弾性梁 4 4 a の剛性よりも小さいものとされている。

40

この場合、例えば、図 1 3 に例示をしたように、梁の幅寸法を変えるなどして、弾性梁 4 4 a の断面係数よりも弾性梁 4 4 c 1、4 4 i、4 4 k の断面係数の方が小さいものとする事ができる。また、弾性梁 4 4 c 1、4 4 i、4 4 k と、弾性梁 4 4 a との材質を変えることで、弾性梁 4 4 c 1、4 4 i、4 4 k の剛性が弾性梁 4 4 a の剛性よりも小さくなるようにすることもできる。

【0069】

以上のような構成により、吸引電極 4 3 a、4 3 b に膜体 4 4 が吸引される際には、弾性梁 4 4 a、4 4 i、4 4 k が撓むことで、膜体 4 4 が基板 4 2 の法線方向に変位する。また、吸引が解除された際には、弾性梁 4 4 a、4 4 i、4 4 k の作用により、膜体 4 4 は吸引電極 4 3 a、4 3 b 直上の元の位置に復帰する。

50

【0070】

弾性梁44iの配設位置は、特に限定されるわけではないが、接続部44b（アンカ46）を中心に対称な位置に設けるようにすれば、ゆがみのない動作をさせることができ、動作時における膜体44の水平方向の位置ズレを抑制することができる。また、吸着部44c2同士が弾性梁44c1を介して接続されているため、動作時における膜体44の水平方向の位置ズレをより抑制することができる。

【0071】

また、弾性梁44a、44c1、44i、44kの形状も図示したものに限定されるわけではなく、適宜変更することができる。ただし、図13に例示をした蛇行形状の弾性梁44c1、44iを用いるものとすれば、小さな面積の中にバネ定数の小さい弾性梁を配設させることができる。

10

【0072】

吸着部44c2、44jの幅寸法は、弾性梁44c1、44i、44kの幅寸法よりも長いものとされ、その面積が大きくなるようにされている。このように、吸着部44c2、44jの面積を大きくすれば、吸引電極43a、43bとの間でその分大きな静電気力を発生させることができる。尚、吸着部44jよりも吸着部44c2の方が面積が大きく、牽引が容易となるようにされている。図13に例示をした吸着部44c2の形状は扇形であるが、これに限定されるわけではなく、適宜変更することができる。また、吸着部44jの形状も図示したものに限定されるわけではなく、適宜変更することができる。また、牽引部44cの配設位置についても、膜体44の外周部44h2に設けられているものを例示したが、これに限定されるわけではなく適宜変更することができる。

20

【0073】

また、図示は省略するが図4、図9において例示をしたような吸引力制限手段7、7aを設けるようにすることもできる。吸引力制限手段は、牽引部44cの吸着部44c2の直下などに配設することができる。尚、吸引力制限手段7、7aに関しては前述したものと同様とすることができるためその説明は省略する。

【0074】

次に、本実施の形態に係る静電アクチュエータ40の作用について例示をする。

図14は、静電アクチュエータの作用を例示するための模式斜視図である。

尚、図中の色の薄い部分ほど吸引電極43a、43bからの距離が長いことを表している。

30

【0075】

図示しない直流電源より吸引電極43a、43bに電圧が印加されると、吸引電極43a、43bには正電荷あるいは負電荷が与えられ膜体44（吸着部44c2、44j）が吸引電極43a、43bに静電的に吸引される。この際、膜体の撓み量（変形量）は、静電気力と、弾性梁44a、44i、44kの弾性力とにより決定され、双方が釣り合った時点で撓み（変形）は停止する。そして、図示しない直流電源からの電圧の印加が停止されると、弾性梁44a、44i、44kの弾性力によりもとの形状（位置）に復元される。

【0076】

図14は、膜体44（吸着部44c2、44j）が吸引電極43a、43bに吸引された状態を表している。すなわち、膜体44が吸引電極43a、43bに吸引された場合には、吸着部44c2、弾性梁44i、吸着部44j、弾性梁44kが吸引電極43a、43bに吸引されている。

40

この場合、アンカ46、46aに支えられた部分（接続部44b、弾性梁44c1の中央部分）の高さ方向の位置は変わらず、吸着部44c2などに比べて高い位置となっている。

【0077】

本実施の形態においても、牽引部44c、すなわち、小さな剛性を有する弾性梁44iを介して吸着部44c2を備えるようにしているので、吸引開始時においては、弾性梁4

50

4 iの方が弾性梁4 4 aよりも先に撓むことになる。また、弾性梁4 4 aよりも小さな剛性を有する弾性梁4 4 kも先に撓むことになる。

【0078】

そのため、吸着部4 4 c 2、4 4 jが吸引電極4 3 a、4 3 bに向かって吸引され、この部分の電極間距離d（膜体4 4と吸引電極4 3 a、4 3 bとの間の距離）が小さくなる。電極間距離dが小さくなれば、大きな吸引力が発生するので、吸着部4 4 c 2、4 4 jが容易に吸引される。この際、面積の大きな吸着部4 4 c 2に作用する静電気力の方が、吸着部4 4 jに作用する静電気力よりも大きくなるので、牽引部4 4 c（吸着部4 4 c 2）に牽引されるようにして吸着部4 4 jが吸引されることになる。

また、吸引開始後においても、弾性梁4 4 i、4 4 kが湾曲するように撓むので、大きな力が発生する部分が漸次拡大して行くことになる。

10

【0079】

その結果、静電アクチュエータ4 0の動作を大幅に安定させることができる。また、動作に必要な力を低減させることができることにもなるので、印加電圧を低減させたり、静電アクチュエータの小型化（吸引電極の小型化）を図ることができる。また、弾性梁4 4 aの剛性を低下させる必要がないのでその破損を抑制することができる。そのため、静電アクチュエータ4 0の寿命を長くすることができる。尚、牽引部4 4 cを吸引する力は、吸着部4 4 c 2の面積や弾性梁4 4 i、4 4 c 1の剛性を調整することで適宜変更することができる。また、吸着部4 4 c 2を膜体4 4から突出させて吸引電極4 3 a、4 3 bにより近づけるような配設位置とすることで吸引力を大きくすることもできる。ただし、図1 3に示すように、牽引部4 cを膜体4 4と同一の平面上に設けるようにすれば、容易に加工をすることができるので、生産性を向上させることができる。

20

【0080】

また、吸着力制限手段を設けることで、その部分における吸引力を制限することもできる。その場合、吸着部4 4 c 2などの離隔を容易にさせることができるとともに、離隔に要する時間の短縮を図ることができる。

また、本実施の形態においては、弾性梁4 4 c 1の直下にアンカ4 6 aを設けているので、弾性梁4 4 c 1の弾性力を利用して吸着部4 4 c 2を引き上げるようにして離隔させることができる。そのため、離隔をさらに容易にすることができるとともに、離隔に要する時間をさらに短縮することができる。

30

また、膜体4 4の外形を略円形としているので、小型化を図ることもできる。

【0081】

次に、本発明の実施の形態に係るマイクロスイッチについて例示をする。

図1 5は、本発明の第6の実施の形態に係るマイクロスイッチについて例示をするための模式図である。

尚、図1 5（a）は、模式平面図、図1 5（b）は、模式側面図である。

また、図1で説明をしたものと同様の部分には同じ符号を付し、その説明は適宜省略する。

【0082】

図1 5に示すように、マイクロスイッチ2 0には、基板2と、基板2上に設けられた吸引電極3 a、3 bと、吸引電極3 a、3 bを覆うようにして設けられた絶縁層5と、吸引電極3 a、3 bに対向して直上に配設された板状の膜体4と、膜体4に接続するようにして設けられた牽引部4 cと、吸引電極3 a、3 bの上面に設けられた吸引力制限手段7と、吸引電極3 a、3 b間に設けられ、所定の間隔をあけて対峙する入出力電極2 6 a、2 6 bとが備えられている。

40

【0083】

入出力電極2 6 a、2 6 bは、例えば、金属などの導電性材料で形成されている。尚、導電性材料の中でも抵抗値の低いものが好ましく、そのようなものとしては、例えば、アルミニウム（Al）、金（Au）、銀（Ag）、銅（Cu）、白金（Pt）、これらの合金などを例示することができる。また、吸引電極3 a、3 bと同じ材料で形成させるもの

50

とすれば、同一の製造工程で形成させることができるので、生産性を向上させることができる。

【0084】

前述した静電気力の発生の観点からは、吸引電極3a、3bの面積は大きい方が好ましい。そのため、吸引電極3a、3bと入出力電極26a、26bとの間のスペースは狭い方が好ましい。ただし、このスペースを余り狭くすると、入出力電極26a、26b間を流れる高周波信号などが吸引電極3a、3b側に漏れるおそれがある。そのため、マイクロスイッチ20の用途などに応じて、吸引電極3a、3bと入出力電極26a、26bとの間のスペースが決定されることになる。

【0085】

次に、本実施の形態に係るマイクロスイッチ20の作用について例示をする。

図示しない直流電源より吸引電極3a、3bに電圧が印加されると、吸引電極3a、3bには正電荷あるいは負電荷が与えられ、牽引部4cの吸着部4c2が吸引電極3a、3bに静電的に吸引される。そして、牽引部4cに牽引されるようにして膜体4が吸引電極3a、3bに静電的に吸引される。そして、図示しない直流電源からの電圧の印加が停止されると、膜体4・弾性梁4aはその弾性力によりもとの形状(位置)に復元される。この際、吸着部4c2下面の先端近傍には吸引力制限手段7が設けられているので、この部分の吸着力が制限されて、吸着部4c2の離隔が容易に行われる。

【0086】

本実施の形態に係るマイクロスイッチ20においては、膜体4が撓んだ際に膜体4と入出力電極26a、26bとが当接するようになっている。すなわち、膜体4を介して入出力電極6aと入出力電極6bとが電氣的に接続されるようになっている。そのため、膜体4を撓ませることで、入出力電極26a、26b間に電気信号や電流を流すことができ、膜体4を復元させることで電気信号や電流を遮断させることができる。

【0087】

本実施の形態においても、牽引部4cに牽引されるようにして膜体4を吸引電極3a、3bに静電的に吸引させることができる。そのため、小さな吸引力で膜体4を吸引電極3a、3bに吸引させることができる。また、吸着部4c2下面の先端近傍に吸引力制限手段7を設けるようにしているので、先端部近傍における吸引力を制限することができる。そのため、吸着部4c2の離隔を容易にさせることができるとともに、離隔に要する時間を短縮することができる。

【0088】

その結果、マイクロスイッチ20の動作を大幅に安定させることができる。また、動作に必要な力を低減させることができることにもなるので、印加電圧を低減させたり、マイクロスイッチの小型化(吸引電極の小型化)を図ることができる。

尚、説明の便宜上、吸引力制限手段7を設ける場合を例示したが、これに限定されるわけではなく、例えば、図1に例示をしたように吸引力制限手段7を設けていないものとすることもできる。

また、図12に例示をしたように吸引力制限手段7と吸引力制限手段7aとを設けることもできる。また、図9に例示をしたように牽引部4cは設けないが吸引力制限手段7を設けるようにすることもできる。

【0089】

図16は、本発明の第7の実施の形態に係るマイクロスイッチについて例示をするための模式図である。

尚、図16(a)は、模式平面図、図16(b)は、模式側面図である。

また、図13、図15で説明をしたものと同様の部分には同じ符号を付し、その説明は適宜省略する。

本実施の形態に係るマイクロスイッチ20aは、図13で説明をした静電アクチュエータ40の各要素に加えて、図15で説明をした入出力電極26a、26bをさらに備えている。すなわち、吸引電極43a、43b間に設けられ、所定の間隔をあけて対峙する入

10

20

30

40

50

出力電極 26 a、26 b をさらに備えている。尚、図 4、図 9 で説明をした吸引力制限手段をさらに設けるようにすることもできる。

【0090】

本実施の形態においては、膜体 44 が撓んだ際に作用部 44 e と入出力電極 26 a、26 b とが当接するようになっている。すなわち、作用部 44 e を介して入出力電極 6 a と入出力電極 6 b とが電氣的に接続されるようになっている。そのため、膜体 44 を撓ませることで、入出力電極 26 a、26 b 間に電気信号や電流を流すことができ、膜体 44 を復元させることで電気信号や電流を遮断させることができる。

尚、静電アクチュエータ部分の作用や効果、入出力電極 26 a、26 b の材質などは前述したものと同様のためその説明は省略する。

10

【0091】

次に、本発明の実施の形態に係るマイクロ光スイッチ 30 について例示をする。

図 17 は、本発明の第 8 の実施の形態に係るマイクロ光スイッチについて例示をするための模式図である。

尚、図 1、図 4、図 9、図 12 で説明をしたものと同様の部分には同じ符号を付し、その説明は適宜省略する。

【0092】

図 17 に示すように、マイクロ光スイッチ 30 には、基板 2 と、基板 2 上に設けられた吸引電極 3 a、3 b と、吸引電極 3 a、3 b を覆うようにして設けられた絶縁層 5 と、吸引電極 3 a、3 b に対向して直上に配設された板状の膜体 4 と、膜体 4 に接続するようにして設けられた牽引部 4 c と、膜体 4 の表面に設けられた反射層 31 とが備えられている。尚、吸引電極 3 a、3 b の上面に吸引力制限手段 7 や吸引力制限手段 7 a をさらに設けるようにすることもできる。

20

また、反射層 31 は、膜体 4 の表面全体に設けられている必要はなく、後述する光を反射させる部分にのみ設けるようにすることもできる。

反射層 31 は、例えば、Al (アルミニウム) や Ni (ニッケル) などのように光を反射させやすい材料で形成させることができる。

【0093】

次に、本実施の形態に係るマイクロ光スイッチ 30 の作用について説明をする。

図示しない直流電源より吸引電極 3 a、3 b に電圧が印加されると、吸引電極 3 a、3 b には正電荷あるいは負電荷が与えられ、牽引部 4 c の吸着部 4 c 2 が吸引電極 3 a、3 b に静電的に吸引される。そして、牽引部 4 c に牽引されるようにして膜体 4 が吸引電極 3 a、3 b に静電的に吸引される。この際、膜体の撓み量 (変形量) は、静電気力と、膜体 4 ・弾性梁 4 a の弾性力とにより決定され、双方が釣り合った時点で撓み (変形) は停止する。そして、図示しない直流電源からの電圧の印加が停止されると、膜体 4 ・弾性梁 4 a はその弾性力によりもとの形状 (位置) に復元される。この際、吸着部 4 c 2 下面の先端近傍に吸引力制限手段 7 を設けるようにすれば、この部分の吸着力を制限することができるので、吸着部 4 c 2 の離隔を容易に行わせることができるようになる。

30

また、吸引力制限手段 7 a を設けるようにすれば、膜体 4 の離隔を容易に行わせることができるようになる。

40

そして、膜体 4 の表面に設けられた反射層 31 も膜体 4 といっしょに撓みと復元がされることになる。

【0094】

本実施の形態に係るマイクロ光スイッチ 30 においては、膜体 4 の撓みと復元をさせることでレーザー光などの光路を変更または制御をすることができる。すなわち、膜体 4 の復元時と撓み時に反射層 31 で反射する光の方向が変わることを利用して、光路を変更または制御することができる。

ここで、マイクロ光スイッチ 30 が備える反射層 31 は、PVD (Physical Vapor Deposition) 法、CVD (Chemical Vapor Deposition) 法などを用いて形成させることができる。

50

【0095】

本実施の形態においても、牽引部4cに牽引されるようにして膜体4を吸引電極3a、3bに静電的に吸引させることができる。そのため、小さな吸引力で膜体4を吸引電極3a、3bに吸引させることができる。また、吸着部4c2下面の先端近傍に吸引力制限手段7を設けるようにすれば、先端部近傍における吸引力を制限することができる。そのため、吸着部4c2の離隔を容易にさせることができるとともに、離隔に要する時間を短縮することができるようになる。

また、吸引力制限手段7aを設けるようにすれば、膜体4の離隔を容易に行わせることができるようになるるとともに、離隔に要する時間を短縮することができるようになる。

【0096】

本実施の形態によれば、マイクロ光スイッチ30の動作を大幅に安定させることができる。また、動作に必要な力を低減させることができることにもなるので、印加電圧を低減させたり、マイクロ光スイッチ30の小型化（吸引電極の小型化）を図ることができる。

【0097】

図18は、本発明の第9の実施の形態に係るマイクロ光スイッチシステムについて例示をするための模式図である。

尚、図1、図4、図9、図12、図17で説明をしたものと同様の部分には同じ符号を付し、その説明は適宜省略する。

【0098】

図17(a)に示すように、マイクロ光スイッチシステム35には、前述のマイクロ光スイッチ30と、投光素子32a、33a、受光素子32b、33bとが備えられている。投光素子32a、33aは、例えば、発光ダイオードやレーザーダイオードなどとしてことができ、外部からの信号などに応じて光を照射する。受光素子32b、33bは、受光に応じた電気信号を発することができる光電変換素子としてことができ、例えば、フォトダイオードなどとしてすることができる。

【0099】

図17(b)に示すように、本実施の形態に係るマイクロ光スイッチシステム35では、膜体4（反射層31）の撓み時には、投光素子32aからの光が受光素子32bに受光されるような投光素子32aと受光素子32bの配置となっている。この際、投光素子33aからの光が受光素子33bに受光されないような投光素子33aと受光素子33bの配置となっている。

【0100】

一方、膜体4（反射層31）の復元時には、投光素子33aからの光が受光素子33bに受光されるような投光素子33aと受光素子33bの配置となっている。この際、投光素子32aからの光が受光素子32bに受光されないような投光素子32aと受光素子32bの配置となっている。

このようにマイクロ光スイッチシステム35では、膜体4（反射層31）の撓みと復元を切り替えることで、受光素子32b、33bへの受光と遮光とを切り替えることができる。

【0101】

尚、マイクロ光スイッチシステム35のその他の作用についてはマイクロ光スイッチ30と同様のためその説明は省略する。

本実施の形態においても、牽引部4cに牽引されるようにして膜体4を吸引電極3a、3bに静電的に吸引させることができる。そのため、小さな吸引力で膜体4を吸引電極3a、3bに吸引させることができる。また、吸着部4c2下面の先端近傍に吸引力制限手段7を設けるようにすれば、先端部近傍における吸引力を制限することができるようになる。そのため、吸着部4c2の離隔を容易にさせることができるとともに、離隔に要する時間を短縮することができるようになる。

また、吸引力制限手段7aを設けるようにすれば、膜体4の離隔を容易に行わせることができるようになるるとともに、離隔に要する時間を短縮することができるようになる。

10

20

30

40

50

【0102】

その結果、マイクロ光スイッチシステム35の動作を大幅に安定させることができる。また、動作に必要な力を低減させることができることにもなるので、印加電圧を低減させたり、マイクロ光スイッチシステム35の小型化(吸引電極の小型化)を図ることができる。

【0103】

尚、説明の便宜上、図17、図18においては、図1や図4で説明をした静電アクチュエータの各要素を備える場合を例示したが、これに限定されるわけではない。例えば、図9、図12、図13に例示をした静電アクチュエータの各要素を備えるものであってもよい。

【0104】

本実施の形態に係る静電アクチュエータ1、1a、10、10a、40は、各種の電子機器にも用いることができる。

例えば、インクジェットヘッドのような液滴吐出ヘッドの液滴吐出動作、走査型プローブ顕微鏡のプローブの動作、その他各種マイクロマシンの動作などに利用することができる。尚、本実施の形態に係る静電アクチュエータ1、1a、10、10a、40以外の構成、作用などはそれぞれの場合における既知の技術を適用させることができるため、その説明は省略する。

【0105】

このような場合においても、それぞれのシステムの動作を大幅に安定させることができる。また、動作に必要な力を低減させることができることにもなるので、印加電圧を低減させたり、それぞれのシステムの小型化(吸引電極の小型化)を図ることができる。

【0106】

以上、本発明の実施の形態について例示をした。しかし、本発明はこれらの記述に限定されるものではない。

前述の実施の形態に関して、当業者が適宜設計変更を加えたものも、本発明の特徴を備えている限り、本発明の範囲に包含される。

例えば、静電アクチュエータ1、静電アクチュエータ1a、静電アクチュエータ10、静電アクチュエータ10a、静電アクチュエータ40、マイクロスイッチ20、マイクロスイッチ20a、マイクロ光スイッチ30、マイクロ光スイッチシステム35などが備える各要素の形状、寸法、材質、配置などは、例示したものに限定されるわけではなく適宜変更することができる。また、これらを覆うカバーを別途設け、カバー内を減圧したり不活性ガスで満たすようにすることもできる。

また、前述した各実施の形態が備える各要素は、可能な限りにおいて組み合わせることができ、これらを組み合わせたものも本発明の特徴を含む限り本発明の範囲に包含される。

【図面の簡単な説明】

【0107】

【図1】本発明の第1の実施の形態に係る静電アクチュエータを例示するための模式図である。

【図2】牽引部の配設位置を例示するための模式部分拡大図である。

【図3】平行平板型静電アクチュエータにおいて、発生する力を例示するための模式斜視図である。

【図4】本発明の第2の実施の形態に係る静電アクチュエータを例示するための模式図である。

【図5】吸引力制限手段の作用を例示するための模式斜視図である。

【図6】比較例にかかる静電アクチュエータを例示するための模式図である。

【図7】図1に例示をした静電アクチュエータの作用を例示するための模式グラフ図である。

【図8】図4に例示をした静電アクチュエータの作用を例示するための模式グラフ図であ

10

20

30

40

50

る。

【図 9】本発明の第 3 の実施の形態に係る静電アクチュエータを例示するための模式図である。

【図 10】比較例にかかる静電アクチュエータを例示するための模式図である。

【図 11】図 9 に例示をした静電アクチュエータの作用を例示するための模式グラフ図である。

【図 12】本発明の第 4 の実施の形態に係る静電アクチュエータを例示するための模式図である。

【図 13】本発明の第 5 の実施の形態に係る静電アクチュエータを例示するための模式図である。

【図 14】静電アクチュエータの作用を例示するための模式斜視図である。

【図 15】本発明の第 6 の実施の形態に係るマイクロスイッチについて例示をするための模式図である。

【図 16】本発明の第 7 の実施の形態に係るマイクロスイッチについて例示をするための模式図である。

【図 17】本発明の第 8 の実施の形態に係るマイクロ光スイッチについて例示をするための模式図である。

【図 18】本発明の第 9 の実施の形態に係るマイクロ光スイッチシステムについて例示をするための模式図である。

【符号の説明】

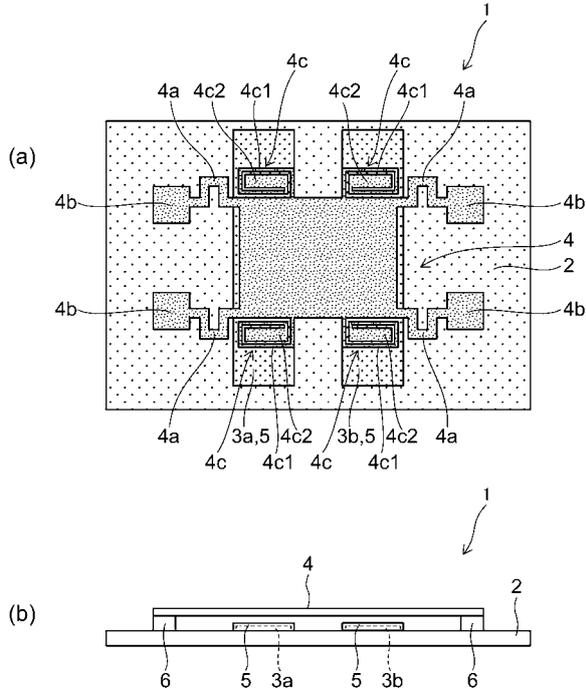
【0108】

1 静電アクチュエータ、1 a 静電アクチュエータ、10 静電アクチュエータ、10 a 静電アクチュエータ、2 基板、3 a 吸引電極、3 b 吸引電極、4 膜体、4 a 弾性梁、4 b 接続部、4 c 牽引部、4 c 1 弾性梁、4 c 2 吸着部、5 絶縁層、6 アンカ、7 吸引力制限手段、20 マイクロスイッチ、20 a マイクロスイッチ、26 a 入出力電極、26 b 入出力電極、30 マイクロ光スイッチ、31 反射層、32 a 投光素子、32 b 受光素子、33 a 投光素子、33 b 受光素子、35 マイクロ光スイッチシステム、40 静電アクチュエータ

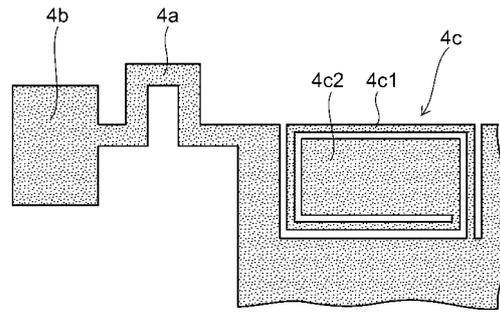
10

20

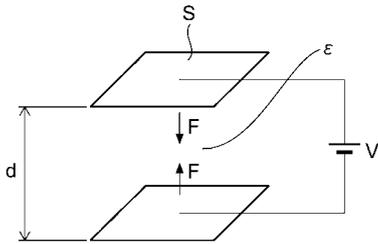
【 図 1 】



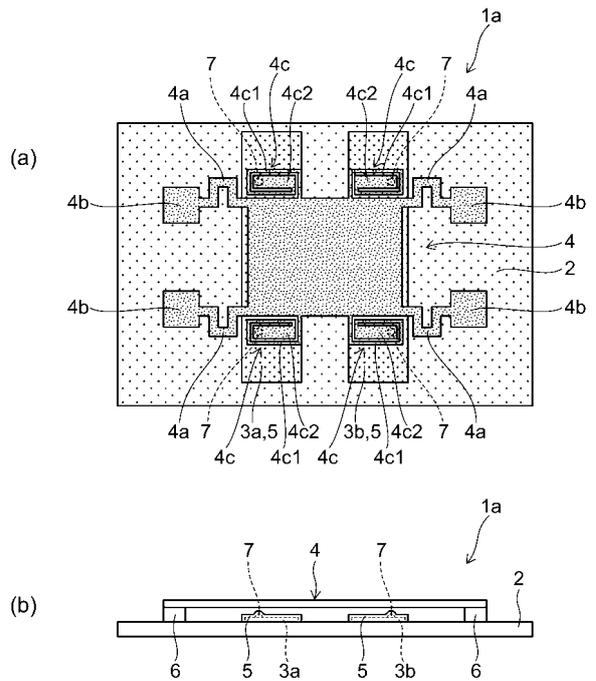
【 図 2 】



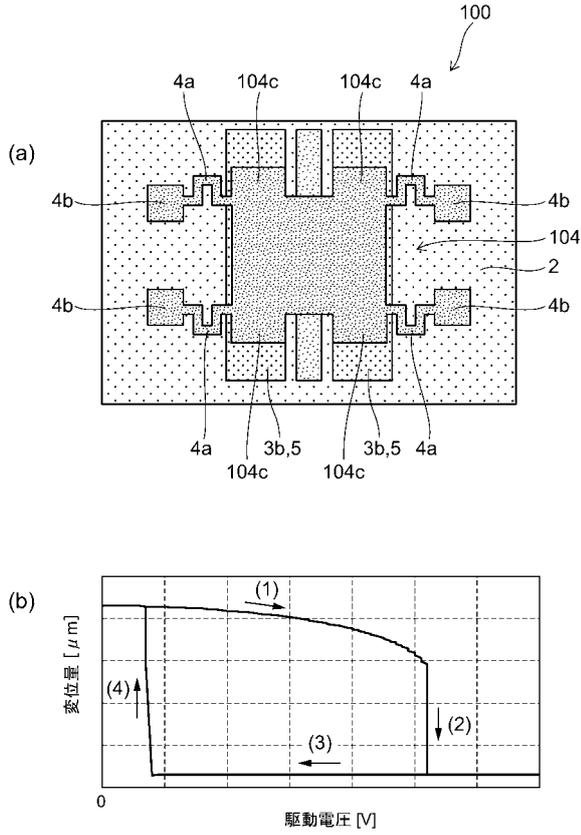
【 図 3 】



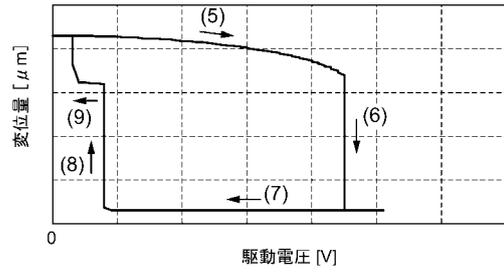
【 図 4 】



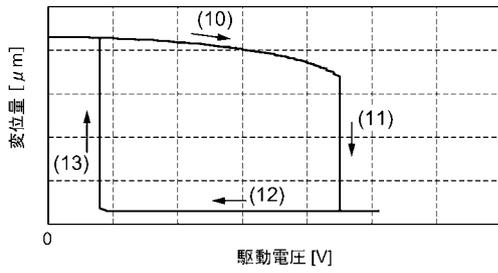
【 図 6 】



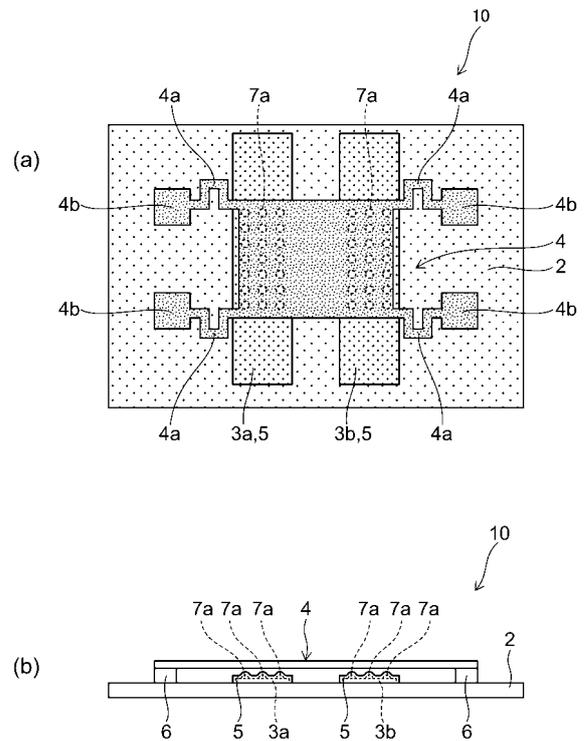
【 図 7 】



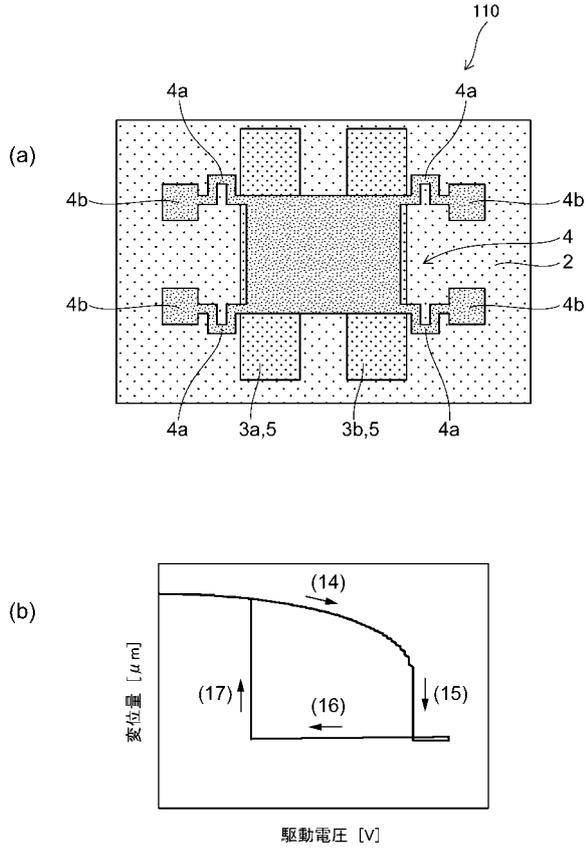
【 図 8 】



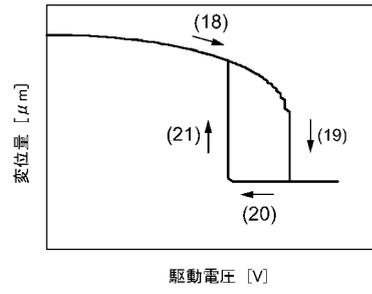
【 図 9 】



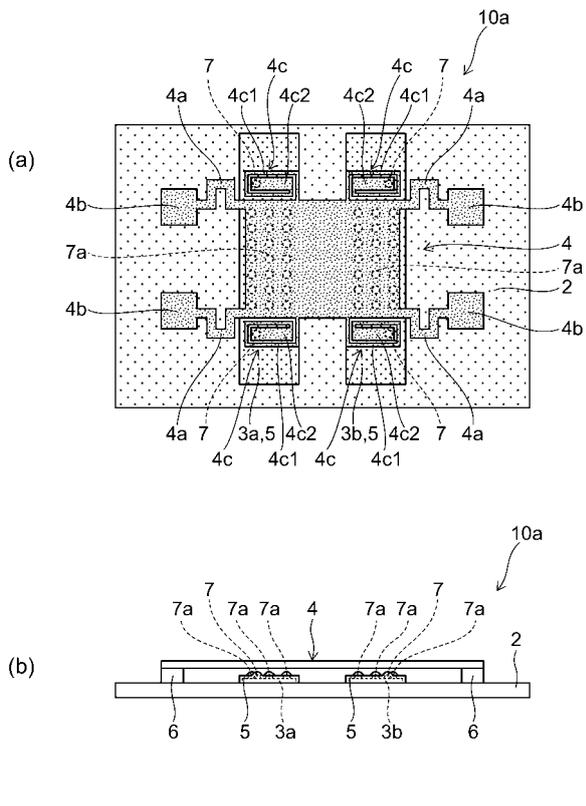
【 図 1 0 】



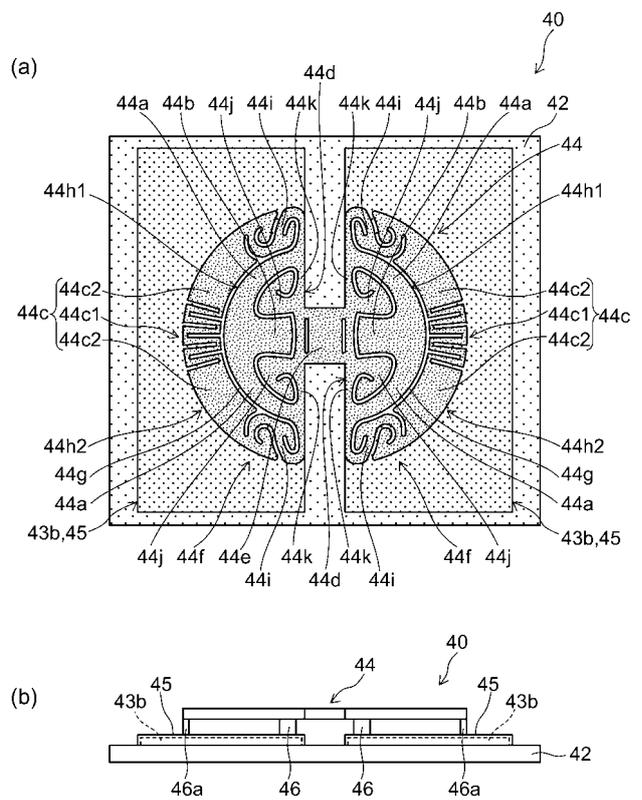
【 図 1 1 】



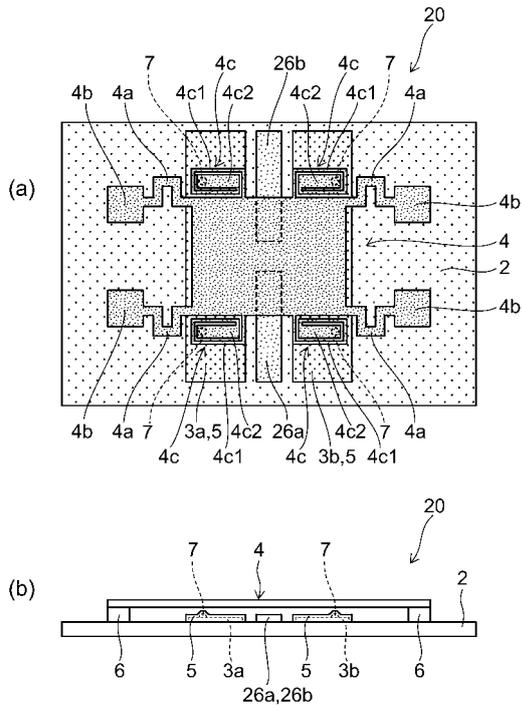
【 図 1 2 】



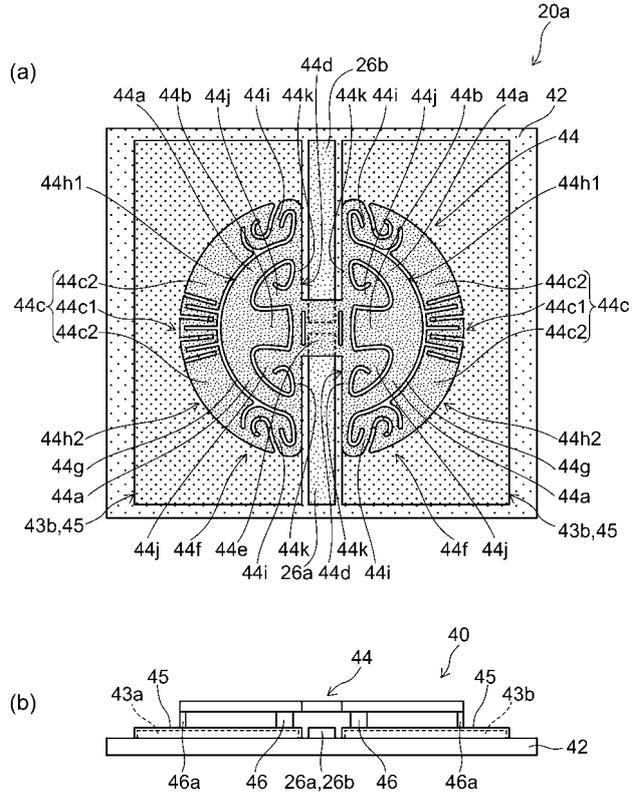
【 図 1 3 】



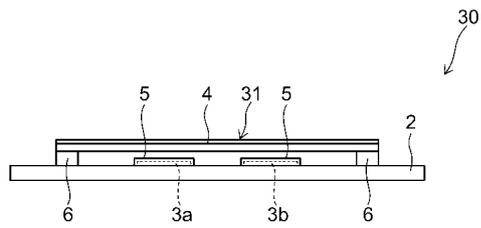
【 図 1 5 】



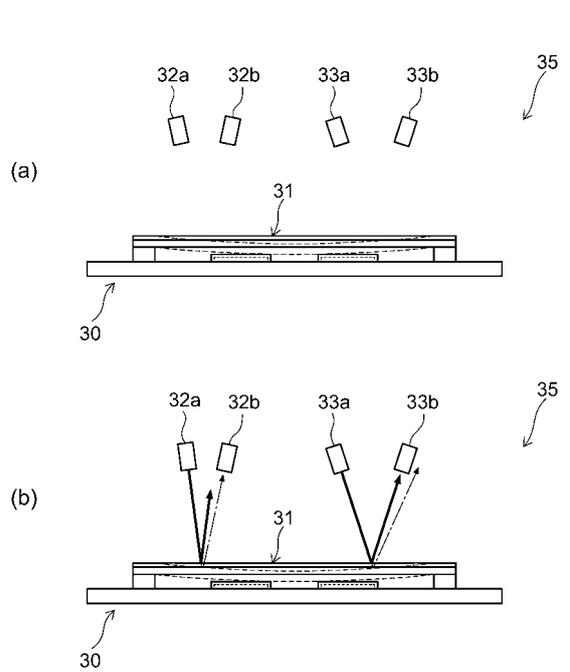
【 図 1 6 】



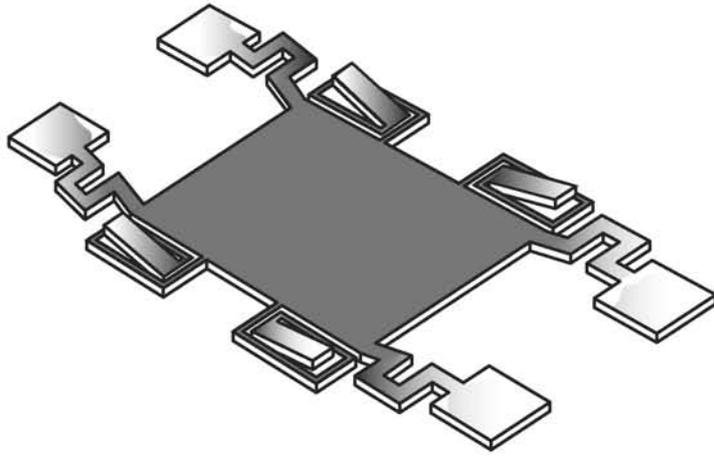
【 図 1 7 】



【 図 1 8 】



【 図 5 】



【 図 1 4 】

