

(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2005-23402

(P2005-23402A)

(43) 公開日 平成17年1月27日(2005.1.27)

(51) Int. Cl. ⁷	F I	テーマコード (参考)
C23C 18/16	C23C 18/16 A	2H096
C23C 18/20	C23C 18/20	4K022
C23C 18/44	C23C 18/44	4K044
C23C 30/00	C23C 30/00 E	
G03F 7/40	G03F 7/40 521	
審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 14 頁)		

(21) 出願番号	特願2003-270156 (P2003-270156)	(71) 出願人	301021533
(22) 出願日	平成15年7月1日 (2003.7.1)		独立行政法人産業技術総合研究所
			東京都千代田区霞が関1-3-1
		(71) 出願人	000222691
			東洋合成工業株式会社
			千葉県市川市上妙典1603番地
		(74) 代理人	100065215
			弁理士 三枝 英二
		(72) 発明者	安積 欣志
			大阪府池田市緑丘1丁目8番31号 独立行政法人産業技術総合研究所関西センター内
		(72) 発明者	池谷 武志
			千葉県印旛郡印旛村若萩4丁目2番1号
			東洋合成工業株式会社感光材研究所内
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高分子電解質構造体への導電性金属パターン形成方法及び当該形成方法を利用して得られたアクチュエーター素子

(57) 【要約】

【課題】 波打つような複雑な駆動が可能なアクチュエーター素子、併せて、このような複雑な駆動を可能とする微細構造素子の作製に適した、容易かつ生産性の高い、高分子電解質構造体への導電性金属パターン形成方法を提供する。

【解決手段】 (1) 高分子電解質構造体の主要面の全体又は一部に対して導電性金属パターンを形成するに際して、前記高分子電解質構造体の表面をマスクとして作用するフォトレジストによりパターン形成後、高分子電解質構造体表面であってフォトレジストで覆われていない部位にのみ金属を堆積させて導電性金属パターンを形成することを特徴とする、高分子電解質構造体への導電性金属パターン形成方法、並びに、

(2) 当該導電性金属パターン形成方法により導電性金属パターンが形成された高分子電解質構造体からなるアクチュエーター素子。

【選択図】 なし

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

高分子電解質構造体の主要面の全体又は一部に対して導電性金属パターンを形成するに際して、前記高分子電解質構造体の表面をマスクとして作用するフォトレジストによりパターン形成後、高分子電解質構造体表面であってフォトレジストで覆われていない部位にのみ金属を堆積させて導電性金属パターンを形成することを特徴とする、高分子電解質構造体への導電性金属パターン形成方法。

【請求項 2】

金属を堆積させる方法が、無電解メッキ、電解メッキ、真空蒸着、スパッタリング、塗布、圧着及び溶着から選ばれる少なくとも 1 種である、請求項 1 に記載の導電性金属パターン形成方法。 10

【請求項 3】

金属を堆積させる方法が、無電解メッキ法である請求項 1 に記載の導電性金属パターン形成方法。

【請求項 4】

無電解メッキ法が、高分子電解質構造体表面であってフォトレジストで覆われていない部位に金属錯体水溶液を接触させて金属錯体を吸着させた後、当該金属錯体を還元することにより 0 価の金属を析出させる方法である請求項 3 に記載の導電性金属パターン形成方法。

【請求項 5】

金属錯体を還元することにより 0 価の金属を析出させた後、当該金属部分をさらに化学めっき浴と接触させる請求項 4 に記載の導電性金属パターン形成方法。 20

【請求項 6】

フォトレジストが、エポキシ基を有する化合物及び光酸発生剤を含有する請求項 1 ～ 5 のいずれかに記載の導電性金属パターン形成方法。

【請求項 7】

金属錯体水溶液が、貴金属錯体水溶液である請求項 4 ～ 6 のいずれかに記載の導電性金属パターン形成方法。

【請求項 8】

高分子電解質構造体が、フッ素樹脂系高分子電解質構造体である請求項 1 ～ 7 のいずれかに記載の導電性金属パターン形成方法。 30

【請求項 9】

請求項 1 ～ 8 のいずれかに記載の導電性金属パターン形成方法により形成された導電性金属パターンを有するアクチュエーター素子であって、素子表面に少なくとも 2 対の導電性金属パターンを有しており、それらを電極対として電極間に電位差を与えることにより、当該電極対部分を中心として任意の湾曲及び変形を生じさせ得る、2 ヶ所以上に可動部位を有するアクチュエーター素子。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、高分子電解質構造体への導電性金属パターン形成方法及び当該形成方法を利用して得られたアクチュエーター素子に関する。 40

【背景技術】

【0002】

現在、医療機器、産業用ロボット、マイクロマシン等の分野において、軽量・小型であり、かつ柔軟性に富み、任意の場所で複雑な駆動が可能なアクチュエーターの必要性が高まっている。

【0003】

アクチュエーターを小型化した場合には、慣性力よりも摩擦力及び粘性力が支配的となるため、モーター又はエンジンのような慣性力を利用してエネルギーを運動に変える機構 50

を超小型アクチュエーターの動力とすることは困難である。そのため、超小型アクチュエーターの作動原理としては、例えば、静電引力型、圧電型、超音波式、形状記憶合金式、高分子伸縮式等が知られている。

【0004】

しかしながら、超小型アクチュエーターには、作動環境に制限があったり、応答性が不十分であったり、構造が複雑であったり、柔軟性が欠如している等の問題がある。また、駆動原理に起因して、その運動としては、往復又は回転など単純なものしか得られないという問題もある。アクチュエーター素子の局所でそれぞれ異なる駆動が可能な、例えば、波打つアクチュエーター素子、マニピュレーターに用いられるような、物を掴んで移動させるといった複雑な運動もできるアクチュエーター素子等の開発が望まれているが、未だそのような性能を発揮するものは得られていない。 10

【0005】

アクチュエーター素子に関して、例えば、特許文献1には、小型化が容易であり、かつ応答性が速く、小電力で作動し、柔軟な構造を有するアクチュエーター素子が開示されている。具体的には、高分子電解質構造体とその表面で接合した電極とからなり、高分子電解質構造体の含水状態において、高分子電解質構造体に電位差を与えて、高分子電解質構造体に湾曲及び変形を生じさせるアクチュエーター素子が開示されている。

【0006】

このアクチュエーター素子は、高分子電解質構造体とその表面に相互に絶縁状態で接合した金属電極とからなり、高分子電解質構造体の含水状態において、金属電極間に電位差を与えて、高分子電解質構造体に湾曲及び変形を生じさせることを特徴としている。 20

【0007】

特許文献1では、高分子電解質構造体表面の金属電極は無電解メッキにより形成される。そのため、構造体上の全面がメッキされるため、電極は1対しか形成できない。従って、アクチュエーター素子の運動は、電極間の電位差に起因する素子全体の湾曲による上下運動しか行えず、波打つような複雑な駆動を行わせることはできない。

【0008】

この技術をより改良したものとして、例えば、特許文献2には、アクチュエーターを単純な上下運動から、さらに複雑に任意方向に湾曲させるために、筒状の高分子電解質構造体の外周部表面に無電解メッキを施した後、レーザー光を照射して金属電極の一部を削り、電極間に絶縁帯を設けることにより、2対の電極を有するアクチュエーター素子を得る方法が開示されている。 30

【0009】

2対の電極を有するアクチュエーター素子は、カテーテルのガイドワイヤー先端部等に取り付けた場合には、その先端部が360度回転するため方向付けが容易である。これに関して、例えば、特許文献3には、2対の電極を有するアクチュエーター素子が、血管等の細管内での誘導体として有効に応用できる旨が示されている。

【0010】

しかしながら、当該2対の電極を有するアクチュエーター素子は、微細な高分子電解質構造体全面に無電解メッキを施した後、レーザーで金属電極の一部を直線状に削る方法により製造されており、対象が微細なため複雑な形状の電極形成が困難であるという問題がある。しかも、高分子電解質構造体を個々に加工するため大量生産にも不適であり、その結果、製造コストが増大するといった問題もある。 40

【0011】

さらに、特許文献2で開示されたアクチュエーター素子は、湾曲する軸が1軸から2軸に増え、上下運動のみならず素子先端の回転運動を可能としたが、これもまた波打つような複雑な駆動を可能にするには至っていない。

【0012】

特許文献4には、少なくとも一組の電極体からなるアクチュエーター素子が開示されている。しかしながら、特許文献4は、アクチュエーター素子の金属電極と電源からの導電 50

体との接合方法について詳細な開示があるものの、2組以上の電極作成方法について何ら開示していない。また、開示されたアクチュエーター素子についても、性能のばらつきを低減して安定した変形性能を発揮することは開示されているが、駆動様式等については、波打つような複雑な駆動が可能である旨の開示はない。

【0013】

このように、現在のところ、アクチュエーター素子としては、高分子電解質構造体の湾曲に起因する上下運動、及び可動軸を一つ増やした先端が回転する運動が可能なものしか得られておらず、マイクロマシン等の分野で期待される、波打つような複雑な駆動を可能としたものは未だ知られていない。また、高分子電解質構造体の任意の場所に電極を形成する方法としても、一般に、無電解メッキ後にメッキ表面をレーザーにより削ることが行われているが、より容易かつ生産性が高く、微細な構造の素子作製に適した技術の開発が望まれている。

10

【特許文献1】特開平4-275078号公報

【特許文献2】特開平11-235064号公報

【特許文献3】特開平8-19276号公報

【特許文献4】特開平8-275564号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0014】

本発明は、波打つような複雑な駆動が可能なアクチュエーター素子、併せて、このような複雑な駆動を可能とする微細構造素子の作製に適した、容易かつ生産性の高い、高分子電解質構造体への導電性金属パターン形成方法を提供することを主な目的とする。

20

【課題を解決するための手段】

【0015】

本発明者は、上記目的を達成すべく鋭意研究を重ねた結果、フォトレジストを用いたマスク処理工程を有する、特定の導電性金属パターン形成方法が上記目的を達成できることを見出し、本発明を完成するに至った。

【0016】

即ち、本発明は、下記の高分子電解質構造体への導電性金属パターン形成方法及び当該形成方法を利用して得られたアクチュエーター素子に係る。

30

1. 高分子電解質構造体の主要面の全体又は一部に対して導電性金属パターンを形成するに際して、前記高分子電解質構造体の表面をマスクとして作用するフォトレジストによりパターン形成後、高分子電解質構造体表面であってフォトレジストで覆われていない部位にのみ金属を堆積させて導電性金属パターンを形成することを特徴とする、高分子電解質構造体への導電性金属パターン形成方法。

2. 金属を堆積させる方法が、無電解メッキ、電解メッキ、真空蒸着、スパッタリング、塗布、圧着及び溶着から選ばれる少なくとも1種である、上記項1に記載の導電性金属パターン形成方法。

3. 金属を堆積させる方法が、無電解メッキ法である上記項1に記載の導電性金属パターン形成方法。

40

4. 無電解メッキ法が、高分子電解質構造体表面であってフォトレジストで覆われていない部位に金属錯体水溶液を接触させて金属錯体を吸着させた後、当該金属錯体を還元することにより0価の金属を析出させる方法である上記項3に記載の導電性金属パターン形成方法。

5. 金属錯体を還元することにより0価の金属を析出させた後、当該金属部分をさらに化学めっき浴と接触させる上記項4に記載の導電性金属パターン形成方法。

6. フォトレジストが、エポキシ基を有する化合物及び光酸発生剤を含有する上記項1～5のいずれかに記載の導電性金属パターン形成方法。

7. 金属錯体水溶液が、貴金属錯体水溶液である上記項4～6のいずれかに記載の導電性金属パターン形成方法。

50

8. 高分子電解質構造体が、フッ素樹脂系高分子電解質構造体である上記項1～7のいずれかに記載の導電性金属パターン形成方法。

9. 上記項1～8のいずれかに記載の導電性金属パターン形成方法により形成された導電性金属パターンを有するアクチュエーター素子であって、素子表面に少なくとも2対の導電性金属パターンを有しており、それらを電極対として電極間に電位差を与えることにより、当該電極対部分を中心として任意の湾曲及び変形を生じさせ得る、2ヶ所以上に可動部位を有するアクチュエーター素子。

【発明の効果】

【0017】

本発明に係る導電性金属パターンを形成させた高分子電解質構造体の製造法により、任意の場所に容易に複雑な形状の金属電極を形成させることが出来るため、より複雑な例えば波打つような駆動を可能としたアクチュエーター素子を簡便に作成することが可能となる。しかも、露光する際にマスクの形状を変更することにより、種々導電性金属パターンを付与した高分子電解質構造体の開発をも容易にする。本発明の導電性金属パターン形成方法を用いれば、構造が簡単であり、小型化が容易であり、応答が速く、大きな変位量が発生し、また大面積を一度に導電性金属パターンニングできるため、大量生産可能な、さらに1つの素子で波打つなど複雑な動きが可能なアクチュエーター素子を簡便に提供することができる。

【0018】

本発明は上記の構成により、構造が簡単で、小型化が容易であり、大量生産が可能で、小電力で作動し、例えば波打つような複雑な駆動を行うことが可能な高分子アクチュエーターを得ることが出来る。

【0019】

また本発明に係る高分子アクチュエーター素子をマイクロデバイスの案内部材本体の先端部に接合することで、操作制御部による操作によって、任意かつ積極的に湾曲（変形）することが可能となり、案内部材先端部に接続した、ハサミ、鉗子、スネア、レーザーメス、スパチュラ等のマイクロサージェリーの医療器具、各種センサー、工具等のマイクロデバイスの誘導性能を向上することができ、これによって目的部位へ任意の方向に向けることが可能となり、その操作が熟練を要することなく、迅速かつ容易に行うことが出来る。さらに他のアクチュエーターと異なり、金属のような高硬度な材料を用いておらず、また任意の形状に変形が可能なため、目的部位へ移動させる際に組織などの損傷を与える割合が相対的に小さくなる。

【0020】

従って、このようなマイクロデバイス及びそれを備えたマイクロマシンを、例えば、眼球手術、腹腔鏡下手術、微小血管縫合手術などのマイクロサージェリー技術において、ピンセット、ハサミ、鉗子、スネア、レーザーメス、スパチュラ、クリップなどの医療器具に適用すれば、検査や治療時における患者に与える苦痛を極力和らげ、患者に対する肉体的、精神的負担を低減する、いわゆるQOL（クオリティー・オブ・ライフ）の向上を図ることが可能となる。

【0021】

また、このようなマイクロデバイス及びそれを備えたマイクロマシンを、マイクロポンプ、マイクロバルブなどいわゆる μ -TAS（マイクロ・トータル・アナリシス・システム）の駆動部位に適応することにより、小電力で応答速度の速い、そして微小素子作成が可能になる。これまでのマイクロアクチュエーター素子は、前述したように往復、あるいは回転運動のみ行えるものであり、この素子でポンプを構成するとポンプ室など、一ヶ所で送液を行わなければならない。流路を細密化することで摩擦や粘性力など、慣性以外の寄与が大きくなり一ヶ所での送液は、送液圧をより高めなければならないため小型化が困難となる。それに対して、波打つような動きが可能なアクチュエーター素子を用いてポンプを構成することにより、流路全体の上壁に配置あるいは流路そのものをチューブ状のアクチュエーターで形成することが可能となり、このアクチュエーターを波打つように駆動

させることで、蠕動運動による送液が達成される。

【0022】

したがって、本発明によるマイクロアクチュエーターをマイクロポンプなどに適応することで、これまで困難であった、マイクロポンプの更なる小型化が可能となり、 μ -TASのさらなる小型化に貢献できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0023】

導電性金属パターン形成方法

本発明の導電性金属パターン形成方法は、高分子電解質構造体の主要面の全体又は一部に導電性金属パターンを形成するに際して、前記高分子電解質構造体の表面をマスクとして作用するフォトレジストによりパターン形成後、高分子電解質構造体表面であってフォトレジストで覆われていない部位にのみ金属を堆積させて導電性金属パターンを形成することを特徴とする。 10

【0024】

高分子電解質構造体としては特に限定されず、陽イオン又は陰イオンのいずれを高分子中に固定化しているものでもよい。高分子電解質構造体としては、例えば、解離基としてスルホン酸基、カルボン酸基等を有するフッ素樹脂系陽イオン交換樹脂、アンモニウム基を有する陰イオン交換樹脂等が挙げられる。これらの中でも、特にフッ素樹脂系高分子電解質構造体（陽イオン交換樹脂）が、解離基の酸強度が高く、また特有のクラスター構造に起因するイオンの移動度が大きいいため、アクチュエーター素子を構築した場合の変位量が大きくなるので、好ましい。 20

【0025】

高分子電解質構造体の形状は特に限定されず、例えば、フィルム状等の2次元形状；棒状、糸状、筒状等の3次元形状が挙げられる。3次元形状は、前記したものに限定されず、任意の3次元形状としてもよい。

【0026】

高分子電解質構造体の主要面とは、例えば、フィルム状であれば、相対的に大面積を有する面状の表裏2面を意味し、棒状、糸状等の3次元形状であれば、界面を形成している表面のうち、相対的に大面積を有する面（部分）を意味する。本発明の導電性金属パターン形成方法は、かかる高分子電解質構造体の主要面の全体又は一部に適用する。 30

【0027】

本発明の導電性金属パターン形成方法では、先ず高分子電解質構造体の主要面の全体又は一部に、フォトレジストによりパターンを形成する。

【0028】

フォトレジストとしては、フォトレジスト層が後工程の金属堆積時に十分なレジスト能を発揮でき、かつゲル状の高分子電解質構造体と十分な接着力を発揮できるものであればよい。この中でも、フォトレジスト層が、高分子電解質構造体の乾燥／湿潤状態による体積変化に良好な追随性を発揮するものが、特に好ましい。

【0029】

フォトレジストとしては特に限定されないが、例えば、 40

(1) 水系アルカリ現像型又は有機溶媒現像型ポジ型フォトレジスト [具体的には、アルカリ水溶性フェノール樹脂（ノボラック樹脂）－ナフトキノンジアジド系、ポリヒドロキシスチレン－光酸発生剤系、（メタ）アクリル酸誘導体－光酸発生剤系等]、

(2) 水系現像型又は有機溶媒現像型ネガ型フォトレジスト [具体的には、ポリケイ皮酸ビニル系、（メタ）アクリル酸誘導体－光ラジカル開始剤系、ポリp－アジド安息香酸ビニル系、ポリビニルp－アジドベンザル系、環化ゴム－ビスアジド系、エポキシ基含有化合物－光酸発生剤系等]、

(3) ドライフィルム型フォトレジスト [具体的には、ポリ（メタクリル酸メチルーアクリルニトリル－アクリル化グリシジルアクリル酸エステル）系等]

等が挙げられる。 50

【0030】

上記の中でも、有機溶媒現像型ネガ型フォトレジストが好ましく、特にエポキシ基を有する化合物及び光酸発生剤を含有するフォトレジストが好ましい。その他、環化ゴムビスアジド系のフォトレジストも好ましい。フォトレジストを選択する際には、後工程の金属堆積工程で用いられる金属錯体、還元剤等を吸収しないレジスト材料からなるものを選択することも重要である。

【0031】

パターンを形成するためには、先ず高分子電解質構造体表面にフォトレジスト溶液を塗付するか又はドライフィルムを接着することにより、フォトレジスト層を形成する。次いで、必要に応じて乾燥により溶媒を除去後、任意のパターンを形成させるためのマスクを介して露光する。マスクに覆われていない光が透過した部位のみが感光され、フォトレジスト層の物性が変化する。具体的には、ポジ型であれば現像液に可溶化し、ネガ型であれば現像液に不溶化する。露光終了後は、必要に応じて加熱後、現像することによりパターン像が得られる。即ち、現像により、フォトレジスト層であって物性が変化した部分が除去又は残存することにより、パターン像が得られる。

10

【0032】

フォトレジスト溶液を塗付し、フォトレジスト層を形成する方法は特に限定的ではないが、高分子電解質構造体の形状により適宜選択できる。例えば、フィルム状の2次元形状では、スピンコート法及びロールコーター法が好ましい。また棒状、糸状、筒状、任意の形状を有する3次元形状では、スプレー法、電着によるレジストコート法及び浸漬法が好ましい。スピンコート法では、容易に均一な膜厚のフォトレジスト層を作製できる。フォトレジスト層の厚みは限定されないが、通常10nm～500μm、好ましくは1μm～100μm程度である。

20

【0033】

フォトレジスト層を形成する前又は後に、高分子電解質構造体の対イオンを交換してもよい。これにより、導電性金属パターンを形成した高分子電解質構造体をアクチュエーター素子として用いる場合に、素子の変位量（可動範囲）を広げられる場合がある。例えば、陽イオン交換能を有する高分子電解質構造体の場合には、 Li^+ 、 Na^+ 、 K^+ 、アンモニウム塩類等の陽イオンに交換することが好ましい。

【0034】

任意のパターンを形成させるためのマスクとしては、形成したいパターンが切り抜かれているマスク又は形成したいパターンのみから構成されるマスクを使用できる。マスクの種類は、フォトレジスト溶液のネガ／ポジの種類に応じて使い分ければよい。なお、マスクとしては、露光の際に用いる光をできるだけ透過しないものが好ましい。

30

【0035】

露光する際の光源は、用いる感光成分を感光可能な光源であれば特に限定されない。例えば、感光成分が、光酸発生剤或いはビスアジドであれば、光源としてX線、電子線、エキシマレーザー（F2、ArF、KrFレーザー等）及び高圧水銀灯が使用できる。これらの光源のうち、使用するレジストの種類に応じて、感光効率の良い波長を適宜選択することができる。露光エネルギーは、フォトレジストの種類、用いる光源のエネルギー等に応じて適宜設定でき、通常0.1mJ/cm²～10J/cm²程度であり、1mJ/cm²～1J/cm²程度がより好ましい。

40

【0036】

露光によりフォトレジスト層の物性が変化した後、必要に応じて加熱後、現像処理を行う。加熱処理は任意であり特に条件はないが、通常は30～120℃で1分～10時間程度、好ましくは60～100℃で5分～1時間程度である。

【0037】

現像する際の現像液については、未露光部と露光部の溶解度差を十分に有しているものであれば特に限定されない。エポキシ基を有する化合物及び光酸発生剤を含有するフォトレジストを用いた場合に適用する現像液について非限定的に例示すると、例えば、プロピ

50

レングリコールモノメチルエーテルアセテート、 γ -ブチロラクトン等が挙げられる。これらを用いる場合には、現像残りのない良好なフォトレジストパターンを好適に作製できる。

【0038】

現像液は混合溶液であっても良く、その濃度は特に限定的ではないが、例えば、現像液がプロピレングリコールモノメチルエーテルアセテートと γ -ブチロラクトンとの混合溶液である場合には、 γ -ブチロラクトンの濃度を0～100%の間の任意の値とすることができる。現像は、露光後の被処理物を現像液に浸漬する方法、被処理液に現像液を塗付・スプレー等する方法などにより行える。現像によるパターン形成後は、必要に応じてリンス、乾燥工程等を加えることもできる。

10

【0039】

次いで、高分子電解質構造体表面であってフォトレジストで覆われていない部位（上記パターン）に金属を堆積させて導電性金属パターンを形成する。金属堆積方法は特に限定されないが、例えば、フォトレジストを破壊しない限り、無電解メッキ、電解メッキ、真空蒸着、スパッタリング、塗布、圧着、溶着等が挙げられる。この中でも、特に無電解メッキが好ましい。無電解メッキを用いることにより、フォトレジストによって被覆されていない、高分子電解質構造体が露出している領域のみに、マスク形状を良くトレースした金属パターン（電極）を容易に形成できる。

【0040】

無電解メッキ法としては、高分子電解質構造体表面であってフォトレジストで覆われていない部位に金属錯体水溶液を接触させて金属錯体金属錯体を吸着させた後、当該金属錯体を還元することにより0価の金属を析出させるが好ましい。

20

【0041】

金属の無電解メッキの方法については特に限定されない。例えば、金無電解メッキの化学メッキ浴としては、

- ・金-シアン化カリウム塩-ホウ水素化物、アミン・ボラン系浴、
 - ・金-シアン化カリウム塩-次亜リン酸塩系浴、
 - ・金-シアン化カリウム塩-ヒドラジン系浴、
 - ・金-シアン化カリウム塩-ヒドロキシルアミン系浴、
 - ・金-シアン化カリウム塩-三塩化チタン系浴、
 - ・金-シアン化カリウム塩-チオ尿素系浴、
 - ・金-シアン化カリウム塩-アスコルビン酸系浴、
 - ・塩化金錯塩-還元力の弱いアミン・ボラン系浴、
- 等が挙げられる。

30

【0042】

金属錯体水溶液を接触させる方法としては、例えば、浸漬、スプレー法等が挙げられる。吸着させた金属錯体の還元は、還元剤水溶液に浸漬することにより行えばよい。これにより金属錯体が還元されて0価の金属として析出する。還元剤水溶液としては特に限定されず、例えば、亜硫酸ナトリウム、ヒドラジン、水素化ホウ素カリウム等の水溶液が挙げられる。

40

【0043】

無電解メッキを行うに際してより好ましくは、高分子電解質構造体上の特定の領域に目的とする金属の錯体水溶液に接触させることで金属錯体を吸着させ、引き続き還元により0価の金属を付着させることで好適に表面抵抗の小さい電極形成が可能となる。

【0044】

前述の金属錯体の吸着・還元工程を繰り返すことにより、電極としてより緻密な金属膜（導電性金属パターン）が形成される。これにより、電極の表面抵抗値が低下し、電極に印加する電圧がより均一にかかることで、最終的にアクチュエーター素子としての変位量を増大させることが出来る。同様の効果は、錯体の吸着還元工程を行った後、即ち0価の金属を析出させた後、当該金属部分をさらに化学メッキ浴と接触させることによっても得

50

られる。化学メッキ浴としては特に限定されず、公知のもの又は市販品を使用できる。

【0045】

上記金属錯体としては、無電解メッキが可能な公知の金属錯体を用いることができるが、貴金属錯体が好ましく、金または白金の錯体がより好ましい。これらを用いる場合には、最終製品をアクチュエーター素子として用いる場合に、より素子の変位量を大きくすることができる。

【0046】

電極として導電性金属パターン形成後、マスクとして使用したフォトレジスト層を剥離する工程を含んでもよい。フォトレジスト層の剥離は、物理的な方法、化学的な方法のいずれも使用することができる。

10

【0047】

アクチュエーター素子

前記の導電性金属パターン形成方法により導電性金属パターンを形成した高分子電解質構造体は、アクチュエーターとして好適に使用できる。高分子電解質構造体が含水状態であれば、高分子電解質構造体中で対イオンが移動できる状態であり、電荷を加えることにより可動する。高分子電解質構造体を含水状態とするには、これを水中及び湿度の高い大気中に存在させればよい。

【0048】

アクチュエーター素子の態様（電極配置態様、構造体形状等）は特に限定されず、さまざまな構造のものが考えられるが、特に、前記形成方法により形成された導電性金属パターンを有するアクチュエーター素子であって、素子表面に少なくとも2対の導電性金属パターンを有しており、それらを電極対として電極間に電位差を与えることにより、当該電極対部分を中心として任意の湾曲及び変形を生じさせ得る、2ヶ所以上に可動部位を有するアクチュエーター素子であることが好ましい。このように2対以上の電極に同時又はある周期で電位を印加することにより、例えば、波打つなど今まで達成されなかった複雑な駆動を行うことが可能である。

20

【0049】

以下に本発明のアクチュエーター素子の態様を、シート状のアクチュエーター素子を例に挙げて図面に基づき説明する。図1に示すように、本発明のアクチュエーター素子1は高分子電解質構造体2と、この高分子電解質構造体2の片面に接した電極3、4及び5と

30

【0050】

電極3、3'対、4、4'対、5、5'対を独立に電源6、7、8に接続することでアクチュエーター素子が完成する。電源6、7、8は直流電源または交流電源のいずれでもよい。

【0051】

図2に示すように、各電極3、4、5に相互に異なった電荷をかけることで、アクチュエーター素子は波状の形態を取り、さらに各電極の電荷を入れかえることで、アクチュエーター素子は波打つように動く。

【0052】

また各電極3、4及び5を同時に同じ電荷をかけることで、アクチュエーター素子は湾曲する。さらに各電極の電荷を入れかえることで、アクチュエーター素子は反対側に湾曲する。

40

【0053】

本発明のアクチュエーター素子の作動機構あるいは原理は明確ではないが、高分子電解質構造体間に電位差がかかることで、図3に示すように、高分子電解質構造体2中の正イオン9が陰極3側に移動し、このイオンに伴われて水分子が高分子電解質構造体内で移動するために、陰極側と陽極側で水分量に差が出来ると推定される。従って含水率が高まれば高分子電解質構造体は膨潤し、含水率が低下すれば高分子電解質構造体は収縮するので、高分子電解質構造体の表裏で水分量に差があれば、高分子電解質構造体は湾曲すると考

50

えられる。

【実施例 1】

【0054】

以下、本発明について実施例に基づき説明するが、本発明はこれらの実施例に何ら限定されるものではない。

【0055】

実施例 1

膜厚 $183\ \mu\text{m}$ の膜状フッ素樹脂系高分子電解質構造体（商品名「Nafion 117」デュポン社製、イオン交換容量 $0.9\ \text{meq/g}$ ）を、水酸化ナトリウム水溶液（ $17\ \text{g/L}$ ）に 25°C 、48 時間浸漬し、遊離酸基をナトリウムイオンに塩交換した。水洗・乾燥後、中和乾燥膜を得た。この膜を $3\ \text{cm}$ 角状に切断し、金メッキ評価用高分子電解質膜とした。 10

【0056】

得られた高分子電解質膜上に、マスクとなる、エポキシ基含有化合物－光酸発生剤系フォトレジスト 1（商品名「TG-P」東洋合成工業社製）を滴下後、スピンコートにより製膜した。 95°C ホットプレート上で 15 分間乾燥後、 $100\ \mu\text{m}$ のライン&スペースを有するテストパターンを乗せ、高圧水銀灯にて露光（ $500\ \text{mJ/cm}^2$ ）を行った。 95°C ホットプレート上で 15 分間乾燥後、プロピレングリコールモノメチルエーテルアセテート（PGMEA）中で 1 分間現像を行った。PGMEA をリンス後、 80°C で 10 分間温風乾燥を行い、フォトレジストパターンが形成された高分子電解質構造体を得た。 20

【0057】

高分子電解質構造体を、超純水中に 3 時間浸漬後、フェナントリン金塩化物水溶液（濃度 $1.5\ \text{mg/g}$ ） $100\ \text{g}$ 中に 24 時間浸漬し、高分子電解質構造体のレジストパターンで覆われていない露出部位にフェナントリン金錯体を吸着させた。水洗浄後、亜硫酸ナトリウム水溶液（濃度 $0.3\ \text{mg/g}$ ）中、吸着したフェナントリン金錯体を還元して、高分子電解質構造体の露出部位に金属パターンを形成させた。還元の際、水溶液温度は 60°C とし、亜硫酸ナトリウムを徐々に添加しながら 5 時間かけてフェナントリン金錯体の還元を行った。還元終了後に水洗浄を行い、表面にレジストパターンで覆われていない、露出部位のみに金属パターンを形成させた高分子電解質構造体を得た。得られた金属電極の表面抵抗値は $30\ \Omega$ であった。 30

【0058】

実施例 2

実施例 1 において、 $100\ \mu\text{m}$ のライン&スペースを有するテストパターンの代わりに、 $2\ \text{mm}/10\ \text{mm}$ のライン&スペースを有するテストパターンを用いてレジストパターンを作製した以外は、実施例 1 と同様にして金属パターンを形成させた高分子電解質構造体を得た。得られた金属電極の表面抵抗値は $30\ \Omega$ であった。

【0059】

実施例 3

実施例 2 において、フォトレジスト 1 の代わりに、エポキシ基含有化合物－光酸発生剤系フォトレジスト 2（商品名「SU-8」、マイクロ・ケム社製）を用いた以外は、実施例 2 と同様にして金属パターンを形成させた高分子電解質構造体を得た。得られた金属電極の表面抵抗値は $20\ \Omega$ であった。 40

【0060】

実施例 4

実施例 2 において、フォトレジスト 1 の代わりに、環化ゴムービスアジド系フォトレジスト 3（商品名「ZPN 103-39」、日本ゼオン社製）を用いて、PGMEA の代わりに、現像液としてアセトンを用いた以外は、実施例 2 と同様にして金属パターンを形成させた高分子電解質構造体を得た。得られた金属電極の表面抵抗値は $80\ \Omega$ であった。

【0061】

実施例 5

実施例 1 において得られた金属パターンを形成させた高分子電解質構造体を、さらにフェナントリン金錯体水溶液中に 24 時間浸漬し、金が析出している部分のみに金錯体を吸着させた。水洗浄後、亜硫酸ナトリウム水溶液中で金錯体を還元させた。錯体吸着・還元工程は実施例 1 に記述の条件と同じとし、この工程を 2 回繰り返すことにより、より緻密な金属パターンを形成させた高分子電解質構造体を得た。得られた金属電極の表面抵抗値は 5Ω であった。

【0062】

実施例 6

実施例 1 において得られた金属パターンを形成させた高分子電解質構造体を、さらに建浴した化学メッキ浴（商品名「ニッシン・ゴールド 24-F」、日進化成社製）に浸漬した。メッキ浴温度 50°C で 2 時間メッキした後、水洗浄を行うことにより、より緻密な金属パターンを形成させた高分子電解質構造体を得た。得られた金属電極の表面抵抗値は 5Ω であった。

【0063】

実施例 7

実施例 1 において得られた、フォトレジストパターンを有する高分子電解質構造体を、白金・アミン錯体水溶液中（濃度 1 mg/g ）に 6 時間浸漬し、高分子電解質構造体のレジストパターンで覆われていない露出部位に白金・アミン錯体を吸着させた。水洗浄後、水素化ホウ素ナトリウム水溶液（濃度 0.5 mg/g ）中で、吸着した白金・アミン錯体を還元し、高分子電解質構造体の露出部位に金属パターンを形成させた。還元の際、水溶液温度 50°C で 5 時間かけて白金・アミン錯体の還元を行った。還元終了後、水洗浄を行うことにより、表面にレジストパターンで覆われていない、露出部位のみに金属パターンを形成させた高分子電解質構造体を得た。得られた金属電極の表面抵抗値は 40Ω であった。

【0064】

実施例 8

実施例 2 において得られた、金属パターンを形成させた高分子電解質構造体を用い、膜状の高分子電解質構造体の周囲 4 辺を、端から 5 mm 切り落として絶縁し、アクチュエーター素子を作製した。得られたアクチュエーター素子に図 4 に示すように結線を行い、 5 V 振幅の方形波を各電極に $0.5 \sim 3 \text{ Hz}$ の周波数で、位相が異なるように加えた（電極 3－電極 4 110° ；電極 4－電極 5 70° ；電極 3－電極 5 180° ）。その際、最も大きい部位の駆動変位量を、レーザー変位計を用いて測定した結果、素子長 10 mm 当たり 2 mm の変位量を観察した。また実際に電圧を印加している様子をビデオ撮影したところ、方形波の周波に依存して波打ち動き（進行波動作）していることを確認した。

【図面の簡単な説明】

【0065】

【図 1】本発明によるシート状のアクチュエーター素子の一例を示す断面図である。

【図 2】各電極に異なった電荷をかけた場合に波打つ様に動く本発明アクチュエーター素子の一例を示す断面図である。

【図 3】本発明によるアクチュエーター素子の推測される駆動機構を示す図面である。

【図 4】実施例 8 で作製したアクチュエーター素子の結線状態を示す図面である。

【符号の説明】

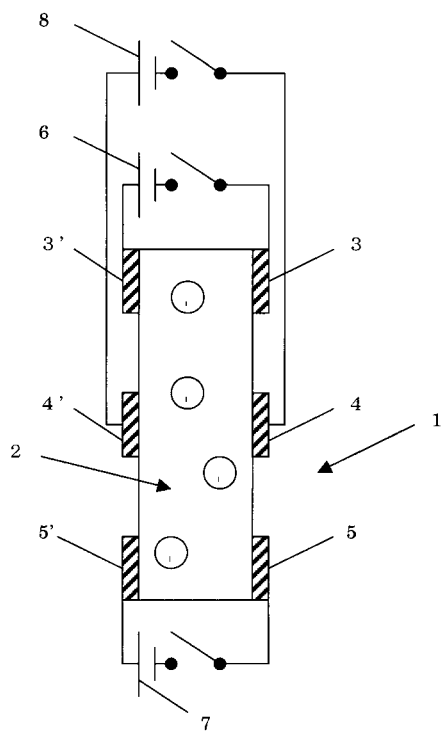
【0066】

1. シート状アクチュエーター素子
2. 高分子電解質構造体
3. 電極（1 組目）
4. 電極（2 組目）
5. 電極（3 組目）
6. 電源（1 組目）
7. 電源（2 組目）

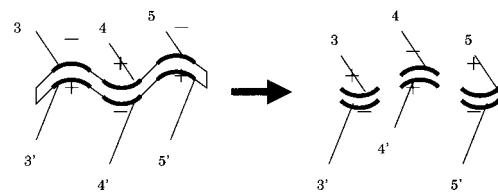
8. 電源 (3 組目)

9. 正イオン

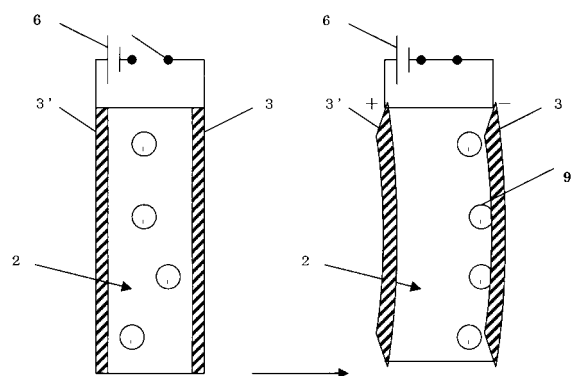
【図 1】



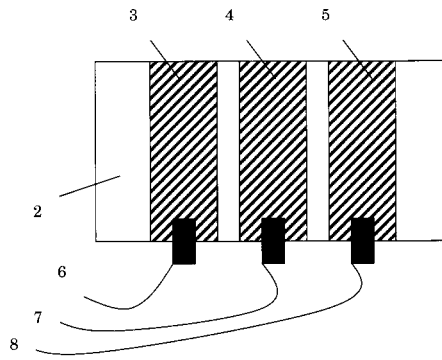
【図 2】



【図 3】



【 図 4 】



フロントページの続き

(72)発明者 坂井 信支

千葉県印旛郡印旛村若萩4丁目2番1号 東洋合成工業株式会社感光材研究所内

Fターム(参考) 2H096 AA27 CA05 HA27

4K022 AA13 BA03 BA18 BA31 BA35 CA04 CA15 CA23 CA26 DA03
DB04

4K044 AA16 AB10 BA08 BB01 BB10 BC01 CA07 CA11 CA13 CA15
CA18