

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2011 年 3 月 31 日(31.03.2011)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2011/036861 A1

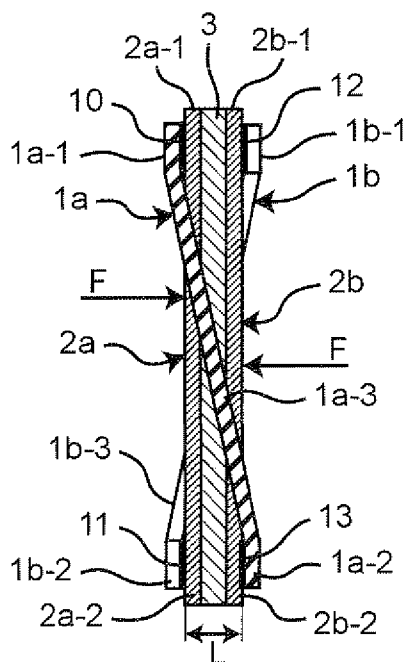
- (51) 国際特許分類:
H02N 11/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2010/005677
- (22) 国際出願日: 2010 年 9 月 17 日(17.09.2010)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2009-218963 2009 年 9 月 24 日(24.09.2009) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): パナソニック株式会社(PANASONIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒5718501 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 Osaka (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 長光 左男(NAGAMITSU, Sachio). 小野 敦(ONO, Atsushi).
- (74) 代理人: 田中 光雄, 外(TANAKA, Mitsuo et al.); 〒5400001 大阪府大阪市中央区城見 1 丁目 3 番 7 号 I M P ビル青山特許事務所 Osaka (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: FLAT LAMINATE-TYPE CONDUCTIVE POLYMER ACTUATOR

(54) 発明の名称: 平板積層型導電性高分子アクチュエータ

[図1F]



(57) Abstract: Disclosed is an actuator wherein: a first conductive polymer film (2a), a planar first porous member (3a), a second conductive polymer film (2b) and a planar second porous member (3b) are laminated together; the tips at either end of adjacent members are connected, forming a zigzag shape; and the first and second porous members also serve as an electrolyte holding layer when an ionic liquid is injected therein. The actuator is capable of always maintaining tension during operation both when expanded and contracted, and has rigidity and imparts driving force in both the contraction and extension directions.

(57) 要約: 第 1 導電性高分子膜 (2a) と板状の第 1 多孔質部材 (3a) と第 2 導電性高分子膜 (2b) と板状の第 2 多孔質部材 (3b) とが積層され、かつ、隣接する部材間でいずれかの方の端部同士が接続されてジグザク状に構成され、第 1 及び第 2 多孔質部材は、多孔質部材内にイオン液体が注入して電解質托体層を兼ねて、膨張と収縮の両方で常時テンションを維持して動作でき、収縮及び伸長方向の双方向において剛性及び駆動力を有する。



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称： 平板積層型導電性高分子アクチュエータ

技術分野

[0001] 本発明は、積層により変位を拡大できる平板積層型導電性高分子アクチュエータに関するものである。

背景技術

[0002] 少子高齢化のような社会背景に伴い、家庭用ロボット等の人の近傍にて動作する、或いは、人と協調して作業をする機械に対するニーズは高まっている。その際、複雑な作業へのしなやかな動き、及び、人との衝突時の安全性といった観点から、人間の筋肉のような柔軟な特性を有する人工筋肉アクチュエータへの期待が高まっている。人工筋肉アクチュエータとしては空圧を使用したもの等、種々の材料又は制御方式が提案されている。その中の一つとして近年、導電性高分子を用いたアクチュエータが考案されている。

[0003] 従来の導電性高分子を用いたアクチュエータの一例としては、バイモルフ型の変形を利用しているものがあった（例えば、特許文献１参照）。

[0004] 図１０Ａ、図１０Ｂ、図１０Ｃは、上記特許文献１に記載された従来の導電性高分子アクチュエータを示すものである。図１０Ａにおいて、導電性高分子膜であるポリアニリン膜体５０ａ、５０ｂにより固体電解質成形体５１を挟み込む構成となっている。スイッチ５２をオンすることで、電源５３において設定された電位差がポリアニリン膜体５０ａ、５０ｂ間に与えられ、図１０Ｂに示されるように、一方のポリアニリン膜体５０ｂには陰イオン５４が挿入されて伸長し、他方のポリアニリン膜体５０ａからは陰イオン５４が離脱して収縮し、結果としてバイモルフ型の変形が発生するようになる。電位差が逆の場合には、図１０Ｃに示すように、図１０Ｂとは逆方向に変形する。

[0005] この構成では、電極として作用する二つの導電性高分子膜５０ａ、５０ｂの変位量の差により変形が発生させているが、一方で、電解質托体層を液体

もしくはゲル状の物質とすることで、両電極の影響がお互いに影響しないようにし、片方の導電性高分子の変位のみを取り出して伸縮変形を行うアクチュエータとする構成も知られている。この場合、変形に利用しない電極については、導電性高分子である必要はなく、主に金属電極が用いられているが、金属電極上に導電性高分子を設けることも可能である。

[0006] このような導電性高分子アクチュエータは、1.5 V～3.0 Vの比較的低電圧で筋肉に匹敵するような応力を発生することから、人工筋肉としての実用化が期待されている。

[0007] なお、液体もしくはゲル状の電解質托体層としては、室温で溶融している塩として定義されるイオン液体が使用される。イオン液体は新たな機能性液体として注目されているが、1-ブチル-3-メチルイミダゾリウム又はビス(トリフルオロメチルスルホニル)イミドが知られており、陽イオンと陰イオンの電荷が非局在化することで両者間のクーロン力が小さく、室温で液体であり得る。蒸気圧が低く蒸発損失がほとんど無く、難燃性であり、熱及び酸化安定性に優れるものが多く、潤滑性能も高い。このイオン液体を絶縁シートに塗布する、或いは、イオン液体自身をゲル化することで、電解質托体層を形成させる。

[0008] また、導電性高分子が膜状であることから、導電性高分子膜を筒形状に構成することで導電性高分子膜の座屈を防止し、剛性を持たせることが提案されている(例えば、特許文献2参照)。図11Aに示すように、伸長と収縮の2種の導電性高分子膜60a及び60bを円周方向に交互に並べて、各々がクロスするように、内側筒状部材61aと外側筒状部材61bの端部に連結させることにより、2種の導電性高分子膜60a及び60bの導電性高分子膜の一方の導電性高分子膜の伸長時に片方の導電性高分子膜が負荷を負担することで、剛性を持たせている。図11Bには、円周方向の導電性高分子膜60a及び60bの配置の一例を示している。さらに、図11Cに示すように、この筒状部材を導電性高分子62a及び62bで構成して、変位量を増大させる方法も示されている。

[0009] さらに、図 1 2 に示すように、導電性高分子膜 7 0 a 及び 7 0 b をクロスして積層した構成において、一方の膨張方向変位を他方の収縮方向変位に相互変換するリンク機構 7 1 により接続することで、予圧を与える必要なく、伸長方向の駆動力と、収縮方向の剛性を持つアクチュエータが提案されている（例えば、特許文献 3 参照）。

[0010] さらに、図 1 3 A ～図 1 3 B に示すように、伸長と収縮の両方で、伸長方向及び収縮方向の剛性を維持して変位量を拡大できる圧電アクチュエータが開示されている（例えば、特許文献 4 参照）。

先行技術文献

特許文献

[0011] 特許文献 1：特開平 1 1－1 6 9 3 9 3 号公報

特許文献 2：特開 2 0 0 6－1 2 5 3 9 6 号公報

特許文献 3：特許第 3 8 1 7 2 5 9 号公報

特許文献 4：特開昭 6 3－2 8 9 9 7 5 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0012] しかしながら、前述した構成のアクチュエータにも課題がある。

[0013] 特許文献 1 の方法では、バイモルフ型の変形を利用するために、さらに導電性高分子膜を積層させることによる変位の拡大、或いは、応力の拡大を自由に変更することが困難である。変位の拡大には、導電性高分子膜の長さを変え、応力の拡大には導電性高分子膜の幅を拡大することは可能であるが、複数枚の導電性高分子膜を積層することは不可能である。隣接する導電性高分子膜の極性が反対のため電氣的ショートが生じ、また隣接する導電性高分子膜の伸縮が逆のため摩擦抵抗により応力と変位の低下が生じる等の理由から、積層が困難である構成である。

[0014] 特許文献 2 の方法では、導電性高分子膜を筒形状にして剛性を持たせた上で、図 1 1 A に示すように筒状部材 6 1 a, 6 1 b の円周方向に伸長と収縮

する２種類の膜 60a, 60b を幅方向に交互に並べた構成となっているため、特許文献１の図 10A に示すような導電性高分子膜が厚さ方向に面に対向して配置されている場合と大きく異なり、電解質托体層を介しての効率的なイオンの挿入及び離脱が困難であるという課題を有している。これは、図 11B に示すような配置ではなくて、もっと円周方向に高い密度で配置したと仮定しても、隣接する導電性高分子膜間でのイオンの移動は、高分子膜が面に対向する構成と比し、効率が低下する。従って、アクチュエータとして十分な応力と変位を出力することが困難である。また、図 11C に示された構成では、具体的な筒状部材に相当する支持体に関する記述がないため、導電性高分子膜 62a 及び 62b の座屈が発生するため、アクチュエータとしては機能しない。

[0015] 特許文献３の方法では、図 12 に示したように、伸長と収縮の両方で、予圧を与えることなく伸長方向の駆動力と収縮方向の剛性を実現できているが、駆動力の取り出せる方向が垂直に交差する２方向に分散している点、及び積層する導電性高分子の膜 70a 及び 70b の枚数を増加させても変位は増加しないという欠点がある。

[0016] 特許文献４の方法では、図 13A と図 13B に示したように、伸長と収縮の両方で、伸長方向および収縮方向の剛性を維持して変位量を拡大できている。しかし、これは圧電と呼ばれる固体を使用した場合であり、もし導電性高分子膜を用いて構成した場合には、図 13C に示したように、座屈するという欠点がある。導電性高分子膜が固体ではなく、膜状のため、両端から引張時はテンションが掛かるが、逆に両端から圧縮応力が掛かる場合には座屈してしまうためである。つまり、図 13A の構成では、伸張方向も収縮方向も剛性を維持できない。

[0017] 本発明の目的は、上記従来の課題を解決するもので、収縮方向及び伸長方向の双方向において剛性及び駆動力を有し、積層により、変位を拡大することができる平板積層型導電性高分子アクチュエータを提供することである。

課題を解決するための手段

[0018] 上記目的を達成するために、本発明は以下のように構成する。

[0019] 本発明の第1態様によれば、第1導電性高分子膜と、板状の第1多孔質部材と、第2導電性高分子膜と、板状の第2多孔質部材とが積層されて構成され、上記第1多孔質部材と上記第2多孔質部材は、それぞれ、多孔質部材内にイオン液体が注入することによって電解質托体層を兼ねる機能を有し、

対面する上記第1多孔質部材の第1端部と上記第2導電性高分子膜の第1端部とが接続され、

対面する上記第1導電性高分子膜の第1端部と上記第2多孔質部材の第1端部とがスペーサを介して接続され、

対面する上記第1多孔質部材の第2端部と上記第1導電性高分子膜の第2端部とが接続され、

対面する上記第2導電性高分子膜の第2端部と上記第2多孔質部材の第2端部とが接続されて、

上記第1導電性高分子膜と上記第2導電性高分子膜の間に電位差を与えることにより、酸化還元反応により上記第1導電性高分子膜と上記第2導電性高分子膜のうちの一方の導電性高分子膜が膨張或いは収縮し、他方の導電性高分子膜が収縮或いは膨張し、上記第1多孔質部材と上記第2多孔質部材との変位により外部へ駆動力を出すように構成する平板積層型導電性高分子アクチュエータを提供する。

[0020] 本発明の第5態様によれば、電解質托体層と、

上記電解質托体層を介して第1端部同士及び第2端部同士がそれぞれ対面するように配置された第1導電性高分子膜と第2導電性高分子膜と、

上記第1導電性高分子膜の上記第1端部の外面に固定される第1端部と、上記第2導電性高分子膜の上記第2端部の外面に固定される第2端部とを結合する第1固定部材と、

上記第2導電性高分子膜の上記第1端部の外面に固定される第1端部と、上記第1導電性高分子膜の上記第2端部の外面に固定される第2端部とを結合する第2固定部材とを備え、

上記第 1 導電性高分子膜と上記第 2 導電性高分子膜の間に電位差を与えることにより、酸化還元反応により上記第 1 導電性高分子膜と上記第 2 導電性高分子膜の一方が膨張、或いは収縮し、他方が収縮、或いは膨張し、上記第 1 固定部材と上記第 2 固定部材の変位により外部へ駆動力を出すように構成する平板積層型導電性高分子アクチュエータを提供する。

[0021] 本構成によって、変位の収縮方向及び伸長方向の双方向において剛性及び駆動力を有することができる。

発明の効果

[0022] 本発明の平板積層型導電性高分子アクチュエータによれば、変位の収縮方向及び伸長方向の双方向において剛性及び駆動力を有することができる。

図面の簡単な説明

[0023] 本発明のこれらと他の目的と特徴は、添付された図面についての好ましい実施形態に関連した次の記述から明らかになる。この図面においては、

[図1A]図 1 A は、本発明の第 1 実施形態における平板積層型導電性高分子アクチュエータの第 1 固定部材の構成を示した正面図であり、

[図1B]図 1 B は、図 1 A の B－B 線断面側面図であり、

[図1C]図 1 C は、本発明の上記第 1 実施形態における上記平板積層型導電性高分子アクチュエータの第 2 固定部材の構成を示した正面図であり、

[図1D]図 1 D は、図 1 C の D－D 線断面側面図であり、

[図1E]図 1 E は、本発明の上記第 1 実施形態における上記平板積層型導電性高分子アクチュエータの構成を示した正面図であり、

[図1F]図 1 F は、図 1 E の F－F 線断面側面図であり、

[図1G]図 1 G は、図 1 E の G－G 線断面側面図であり、

[図2A]図 2 A は、本発明の第 1 実施形態における平板積層型導電性高分子アクチュエータの電圧と変位の方向を説明するための図であり、

[図2B]図 2 B は、本発明の第 1 実施形態における平板積層型導電性高分子アクチュエータの電圧と変位の方向を示した図であり、

[図2C]図 2 C は、本発明の第 1 実施形態における平板積層型導電性高分子ア

クチュエータの電圧と変位の方向を示した図であり、

[図3A]図3Aは、本発明の第2実施形態における平板積層型導電性高分子アクチュエータの積層構成、電圧と変位を説明するための図であり、

[図3B]図3Bは、本発明の第2実施形態における平板積層型導電性高分子アクチュエータの積層構成、電圧と変位を示した図であり、

[図3C]図3Cは、本発明の第2実施形態における平板積層型導電性高分子アクチュエータの積層構成、電圧と変位を示した図であり、

[図4A]図4Aは、本発明の第2実施形態における平板積層型導電性高分子アクチュエータの駆動力の外部へ出す構成を示した図であり、

[図4B]図4Bは、本発明の第2実施形態における平板積層型導電性高分子アクチュエータの駆動力の外部へ出す構成を示した図であり、

[図4C]図4Cは、本発明の第2実施形態における平板積層型導電性高分子アクチュエータの駆動力の外部へ出す構成を示した図であり、

[図5A]図5Aは、本発明の第3実施形態における平板積層型導電性高分子アクチュエータの構成を示した図であり、

[図5B]図5Bは、図5AのB-B線断面側面図であり、

[図5C]図5Cは、本発明の第3実施形態における平板積層型導電性高分子アクチュエータの構成を示した図であり、

[図5D]図5Dは、図5CのD-D線断面側面図であり、

[図5E]図5Eは、本発明の第3実施形態における平板積層型導電性高分子アクチュエータの構成を示した図であり、

[図5F]図5Fは、図5EのF-F線断面側面図であり、

[図6A]図6Aは、本発明の第3実施形態における平板積層型導電性高分子アクチュエータの電圧と変位の方向を示した図であり、

[図6B]図6Bは、本発明の第3実施形態における平板積層型導電性高分子アクチュエータの電圧と変位の方向を示した図であり、

[図6C]図6Cは、本発明の第3実施形態における平板積層型導電性高分子アクチュエータの電圧と変位の方向を示した図であり、

[図7A]図7Aは、本発明の第3実施形態における平板積層型導電性高分子アクチュエータの駆動力の外部へ出す構成を示した図であり、

[図7B]図7Bは、本発明の第3実施形態における平板積層型導電性高分子アクチュエータの駆動力の外部へ出す構成を示した図であり、

[図7C]図7Cは、本発明の第3実施形態における平板積層型導電性高分子アクチュエータの駆動力の外部へ出す構成を示した図であり、

[図8A]図8Aは、本発明の第3実施形態における平板積層型導電性高分子アクチュエータの駆動力の外部へ出す構成を示した図であり、

[図8B]図8Bは、本発明の第3実施形態における平板積層型導電性高分子アクチュエータの駆動力の外部へ出す構成を示した図であり、

[図8C]図8Cは、本発明の第3実施形態における平板積層型導電性高分子アクチュエータの駆動力の外部へ出す構成を示した図であり、

[図9A]図9Aは、本発明の第2実施形態における平板積層型導電性高分子アクチュエータの実施例を示した図であり、

[図9B]図9Bは、本発明の第2実施形態における平板積層型導電性高分子アクチュエータの実施例を示した図であり、

[図9C]図9Cは、本発明の第2実施形態における平板積層型導電性高分子アクチュエータの実施例を示した図であり、

[図9D]図9Dは、本発明の第2実施形態における平板積層型導電性高分子アクチュエータの実施例を示した図であり、

[図10A]図10Aは、従来の導電性高分子アクチュエータの構成、電圧と変位の方向を示した図であり、

[図10B]図10Bは、従来の導電性高分子アクチュエータの構成、電圧と変位の方向を示した図であり、

[図10C]図10Cは、従来の導電性高分子アクチュエータの構成、電圧と変位の方向を示した図であり、

[図11A]図11Aは、従来の導電性高分子アクチュエータの構成、変位の方向を示した図であり、

[図11B]図 1 1 Bは、従来の導電性高分子アクチュエータの構成、変位の方
向を示した図であり、

[図11C]図 1 1 Cは、従来の導電性高分子アクチュエータの構成、変位の方
向を示した図であり、

[図12]図 1 2 は、従来の導電性高分子アクチュエータの構成を示した図であ
り、

[図13A]図 1 3 Aは、従来の積層型アクチュエータの構成を示した図であり、

[図13B]図 1 3 Bは、従来の積層型アクチュエータの構成を示した図であり、

[図13C]図 1 3 Cは、従来の積層型アクチュエータの構成を示した図である。

発明を実施するための形態

[0024] 本発明の記述を続ける前に、添付図面において同じ部品については同じ参
照符号を付している。

[0025] 以下に、本発明にかかる実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。

[0026] 以下、図面を参照して本発明における実施形態を詳細に説明する前に、本
発明の種々の態様について説明する。

[0027] 本発明の第 1 態様によれば、第 1 導電性高分子膜と、板状の第 1 多孔質部
材と、第 2 導電性高分子膜と、板状の第 2 多孔質部材とが積層されて構成さ
れ、上記第 1 多孔質部材と上記第 2 多孔質部材は、それぞれ、多孔質部材内
にイオン液体が注入することによって電解質托体層を兼ねる機能を有し、

対面する上記第 1 多孔質部材の第 1 端部と上記第 2 導電性高分子膜の第 1
端部とが接続され、

対面する上記第 1 導電性高分子膜の第 1 端部と上記第 2 多孔質部材の第 1
端部とがスペーサを介して接続され、

対面する上記第 1 多孔質部材の第 2 端部と上記第 1 導電性高分子膜の第 2
端部とが接続され、

対面する上記第 2 導電性高分子膜の第 2 端部と上記第 2 多孔質部材の第 2
端部とが接続されて、

上記第 1 導電性高分子膜と上記第 2 導電性高分子膜の間に電位差を与える

ことにより、酸化還元反応により上記第 1 導電性高分子膜と上記第 2 導電性高分子膜のうちの一方の導電性高分子膜が膨張或いは収縮し、他方の導電性高分子膜が収縮或いは膨張し、上記第 1 多孔質部材と上記第 2 多孔質部材との変位により外部へ駆動力を出すように構成する平板積層型導電性高分子アクチュエータを提供する。

[0028] 本発明の第 2 態様によれば、上記第 1 多孔質部材と上記第 2 導電性高分子膜とが同じ長さであり、

上記第 1 導電性高分子膜と上記第 2 多孔質部材とが同じ長さであり、

上記第 1 多孔質部材と上記第 2 導電性高分子膜との長さは、上記第 1 導電性高分子膜と上記第 2 多孔質部材との長さより短い、第 1 の態様に記載の平板積層型導電性高分子アクチュエータを提供する。

[0029] 本発明の第 3 態様によれば、上記多孔質部材の周辺部の少なくとも一部に硬化剤を含むように構成する、第 1 又は 2 の態様に記載の平板型導電性高分子アクチュエータを提供する。

[0030] 本発明の第 4 態様によれば、第 1 ～ 3 のいずれかの態様に記載の平板型導電性高分子アクチュエータを複数備え、隣接するアクチュエータの上記第 1 多孔質部材と上記第 2 多孔質部材同士をリンク部材で接続している、平板積層型導電性高分子アクチュエータを提供する。

[0031] 本発明の第 5 態様によれば、電解質托体層と、

上記電解質托体層を介して第 1 端部同士及び第 2 端部同士がそれぞれ対面するように配置された第 1 導電性高分子膜と第 2 導電性高分子膜と、

上記第 1 導電性高分子膜の上記第 1 端部の外面に固定される第 1 端部と、上記第 2 導電性高分子膜の上記第 2 端部の外面に固定される第 2 端部とを結合する第 1 固定部材と、

上記第 2 導電性高分子膜の上記第 1 端部の外面に固定される第 1 端部と、上記第 1 導電性高分子膜の上記第 2 端部の外面に固定される第 2 端部とを結合する第 2 固定部材とを備え、

上記第 1 導電性高分子膜と上記第 2 導電性高分子膜の間に電位差を与える

ことにより、酸化還元反応により上記第 1 導電性高分子膜と上記第 2 導電性高分子膜の一方が膨張、或いは収縮し、他方が収縮、或いは膨張し、上記第 1 固定部材と上記第 2 固定部材の変位により外部へ駆動力を出すように構成する平板積層型導電性高分子アクチュエータを提供する。

[0032] 本発明の第 6 態様によれば、上記第 1 及び第 2 の導電性高分子膜を同じ長さで構成している第 5 の態様に記載の平板積層型導電性高分子アクチュエータを提供する。

[0033] 本発明の第 7 態様によれば、第 5 又は 6 の態様に記載の平板型導電性高分子アクチュエータを複数備え、各々を、電解質托体層を介して接続している、導電性高分子膜の間に電位差を与えることによる酸化還元反応により、隣接する導電性高分子膜の一方が膨張或いは収縮し、他方が収縮或いは膨張するように構成し、

隣接する少なくとも二つ以上の上記平板型導電性高分子アクチュエータの一方のアクチュエータの第 2 固定部材と他方のアクチュエータの第 1 固定部材とを接続する接着剤を備え、

上記接着剤で接続することによって上記変位が加算されて増加する平板積層型導電性高分子アクチュエータを提供する。

[0034] (第 1 実施形態)

図 1 A～図 1 G は、本発明の第 1 実施形態における平板積層型導電性高分子アクチュエータ 1 4 の構成を示した図である。

[0035] 図 1 A～図 1 G において、前記平板積層型導電性高分子アクチュエータ 1 4 は、図 1 A と図 1 B の大略コ字状（C 字状）の板部材で構成される第 1 固定部材 1 a と、図 1 C と図 1 D の大略コ字状（C 字状）の板部材で構成される第 2 固定部材 1 b と、第 1 導電性高分子膜 2 a と、第 2 導電性高分子膜 2 b と、電解質托体層 3 とで構成されている。

[0036] 第 1 導電性高分子膜 2 a と第 2 導電性高分子膜 2 b とは、それぞれ、酸化還元反応に伴って膨張収縮変形する導電性高分子製の矩形、例えば長方形の伸縮体で、膜状の部材である。

[0037] 導電性高分子膜 2 a、2 b の厚みはそれぞれ $5\ \mu\text{m}$ から $30\ \mu\text{m}$ 程度であるのが望ましい。材質にも大きく依存するが、導電性高分子膜 2 a、2 b の厚みは、 $5\ \mu\text{m}$ より薄いと強度的に弱く、 $30\ \mu\text{m}$ より厚いと内部までイオンの出入りが困難となるため発生変位が小さくなり、同時に動作速度も低下するため、適切ではない。第 1 実施形態の 1 つの実例では、厚さ $15\ \mu\text{m}$ 、長さ 50mm 、幅 10mm の導電性高分子膜 2 a、2 b を使用している。また、前記実例において、電解質托体層 3 は厚さ $40\ \mu\text{m}$ であり、第 1 固定部材 1 a と第 2 固定部材 1 b は各々の厚さが $100\ \mu\text{m}$ のテフロン（登録商標）シートを使用した。さらに後述するが、数十 μm 程度の余裕が必要となることから、前記実例において、図 1 の構成で厚さは $290\ \mu\text{m}$ であった。

[0038] 図 1 E ～図 1 G において、上記電解質托体層 3 を介して第 1 導電性高分子膜 2 a と第 2 導電性高分子膜 2 b とが対面するように配置されている。ここで、図 1 E ～図 1 G に示すように、図 1 E ～図 1 G の上部側で、第 1 導電性高分子膜 2 a の第 1 端部 2 a - 1 と第 2 導電性高分子膜 2 b の第 1 端部 2 b - 1 が上記電解質托体層 3 を介して対向している。図 1 E ～図 1 G の下部側で、第 1 導電性高分子膜 2 a の第 2 端部 2 a - 2 と第 2 導電性高分子膜 2 b の第 2 端部 2 b - 2 が上記電解質托体層 3 を介して対向している。

[0039] 第 1 固定部材 1 a は、図 1 A と図 1 B に示すように、大略コ字状（C 字状）の板部材で構成されており、上端の横長の矩形の第 1 端部 1 a - 1 と、下端の横長の矩形の第 2 端部 1 a - 2 と、第 1 端部 1 a - 1 と第 2 端部 1 a - 2 とを連結する縦長の矩形の連結部 1 a - 3 とを有している。第 1 固定部材 1 a は、第 1 端部 1 a - 1 と第 2 端部 1 a - 2 と連結部 1 a - 3 とが同一平面に含まれる平面的な構造ではなく、第 1 端部 1 a - 1 と第 2 端部 1 a - 2 とは異なる平面内に位置し、第 1 端部 1 a - 1 と第 2 端部 1 a - 2 とを連結部 1 a - 3 で連結して構成している。より詳しくは、第 1 固定部材 1 a は、第 1 端部 1 a - 1 を含む平面よりも、少なくとも第 1 導電性高分子膜 2 a の厚さ T_{2a} と電解質托体層 3 の厚さ T_3 と第 2 導電性高分子膜 2 b の厚さ T_{2b} との合計寸法 T ($= T_{2a} + T_3 + T_{2b}$) よりも少し大きな寸法 L （例えば ΔT だ

け大きい場合には、 $L = T + \Delta T$) だけ、第1固定部材1aの厚さ方向に異なる平面に第2端部1a-2が位置し、かつ、第1端部1a-1と第2端部1a-2とを連結部1a-3で連結するように立体的に構成されている。一例として、 ΔT は後述するように、数十 μm 程度が好ましい。

[0040] さらに、図1E～図1Gにおいて、上端側の第1固定部材1aの第1端部1a-1は、上記第1導電性高分子膜2aの上記第1端部2a-1の外面に接着剤10を介して固定されている。下端側の第1固定部材1aの第2端部1a-2は、第1導電性高分子膜2aと電解質托体層3と第2導電性高分子膜2bとの積層体の側部を乗り越えて、上記第2導電性高分子膜2bの上記第2端部2b-2の外面に接着剤13を介して固定されている。

[0041] 同様に、第2固定部材1bは、図1Cと図1Dに示すように、第1固定部材1aとは逆方向に向いた大略コ字状（C字状）の板部材で構成されており、上端の横長の矩形の第1端部1b-1と、下端の横長の矩形の第2端部1b-2と、第1端部1b-1と第2端部1b-2とを連結する縦長の矩形の連結部1b-3とを有している。第2固定部材1bは、第1端部1b-1と第2端部1b-2と連結部1b-3とが同一平面に含まれる平面的な構造ではなく、第1端部1b-1と第2端部1b-2とは異なる平面内に位置し、第1端部1b-1と第2端部1b-2とを連結部1b-3で連結して構成している。より詳しくは、第2固定部材1bは、第1端部1b-1を含む平面よりも、少なくとも第1導電性高分子膜2aの厚さ T_{2a} と電解質托体層3の厚さ T_3 と第2導電性高分子膜2bの厚さ T_{2b} との合計寸法 T ($= T_{2a} + T_3 + T_{2b}$) よりも少し大きな寸法 L (例えば ΔT だけ大きい場合には、 $L = T + \Delta T$) だけ、第2固定部材1bの厚さ方向に異なる平面に第2端部1b-2が位置し、かつ、第1端部1b-1と第2端部1b-2とを連結部1b-3で連結するように立体的に構成されている。一例として、 ΔT は後述するように、数十 μm 程度が好ましい。

[0042] さらに、図1E～図1Gにおいて、上端側の第2固定部材1bの第1端部1b-1は、上記第2導電性高分子膜2bの上記第1端部2b-1の外面に

接着剤 12 を介して固定されている。下端側の第 2 固定部材 1b の第 2 端部 1b-2 は、第 1 導電性高分子膜 2a と電解質托体層 3 と第 2 導電性高分子膜 2b との積層体の側部を乗り越えて、上記第 1 導電性高分子膜 2a の上記第 2 端部 2a-2 の外面に接着剤 11 を介して固定されている。

[0043] 上記したように、第 1 固定部材 1a 及び第 2 固定部材 1b は、それぞれ、第 1 端部 1a-1, 1b-1 の内面（導電性高分子膜固定側の面）と第 2 端部 1a-2, 1b-2 の内面（導電性高分子膜固定側の面）との間の距離は、少なくとも第 1 導電性高分子膜 2a の厚さ T_{2a} と電解質托体層 3 の厚さ T_3 と第 2 導電性高分子膜 2b の厚さ T_{2b} との合計寸法 T ($= T_{2a} + T_3 + T_{2b}$) よりも少し大きな寸法 L （例えば ΔT だけ大きい場合には、 $L = T + \Delta T$ ）だけの間隔を確保するようにしている。その理由は、上記距離が上記合計寸法 T 以下の場合には、第 1 固定部材 1a と第 2 固定部材 1b とにより、第 1 導電性高分子膜 2a と第 2 導電性高分子膜 2b と電解質托体層 3 とに圧力が加わった状態で、第 1 導電性高分子膜 2a と第 2 導電性高分子膜 2b と電解質托体層 3 とが接することになり、第 1 導電性高分子膜 2a と第 2 導電性高分子膜 2b とがそれぞれ伸縮する際の抵抗が急増して、第 1 導電性高分子膜 2a と第 2 導電性高分子膜 2b とのそれぞれの変位量が低下することが発生する。それを防止するために、第 1 導電性高分子膜 2a と電解質托体層 3 との間及び第 2 導電性高分子膜 2b と電解質托体層 3 との間に、それぞれ又は合計数十 μm 程度の微小な間隙が存在する程度の接触が実現するように構成するのが望ましい。

[0044] ここで、電解質托体層 3 としては、隣接する第 1 導電性高分子膜 2a と第 2 導電性高分子膜 2b との電氣的短絡を防止するために、セパレータにイオン液体を含ませたものを使用することが多い。

[0045] 図 2A には、第 1 導電性高分子膜 2a の一端（例えば上端）及び他端（例えば下端）と、第 2 導電性高分子膜 2b の一端（例えば上端）及び他端（例えば下端）との間に、スイッチ 32 と可変直流電源 33 を備えて、アクチュエータ 14 を駆動可能に、すなわち、第 1 導電性高分子膜 2a と第 2 導電性

高分子膜 2 b との間に電位差を付与可能に構成している。アクチュエータ 1 4 の駆動前においては、第 1 固定部材 1 a と第 2 固定部材 1 b とのそれぞれの剛性により、第 1 導電性高分子膜 2 a と第 2 導電性高分子膜 2 b とがそれぞれ大略伸張された状態で保持されている。そのため、第 1 導電性高分子膜 2 a と第 2 導電性高分子膜 2 b は座屈することなく、また第 1 導電性高分子膜 2 a と第 2 導電性高分子膜 2 b の長手方向に対して垂直な方向（第 1 導電性高分子膜 2 a と第 2 導電性高分子膜 2 b の厚み方向）からの外力 F（図 1 G 参照）に対しても、第 1 導電性高分子膜 2 a と第 2 導電性高分子膜 2 b の張力により一定に保持されている。

[0046] このような構成では、図 2 B 及び図 2 C のように、スイッチ 3 2 をオンにすることにより、酸化還元反応により第 1 導電性高分子膜 2 a と第 2 導電性高分子膜 2 b のうちの一方の導電性高分子膜が膨張、或いは収縮し、他方の導電性高分子膜が収縮、或いは膨張する。その結果、第 1 固定部材 1 a と第 2 固定部材 1 b との変位により、アクチュエータ 1 4 の外部へ駆動力を出力することができる。例えば、図 2 B では、図 2 A の状態と比較して、第 1 導電性高分子膜 2 a がその長手方向沿いに膨張するとともに第 2 導電性高分子膜 2 b が長手方向沿いに収縮して、第 1 固定部材 1 a が上昇する一方、第 2 固定部材 1 b が下降している。逆に、図 2 C では、図 2 A の状態と比較して、第 1 導電性高分子膜 2 a がその長手方向沿いに収縮するとともに第 2 導電性高分子膜 2 b が長手方向沿いに膨張して、第 1 固定部材 1 a が下降する一方、第 2 固定部材 1 b が上昇している。よって、第 1 固定部材 1 a と第 2 固定部材 1 b との上昇又は下降による変位により、アクチュエータ 1 4 の外部へ駆動力を出力することができる。

[0047] なお、第 1 固定部材 1 a と第 2 固定部材 1 b とは、それぞれ絶縁材料であることが望ましく、ピーク材又はテフロン（登録商標）（ポリテトラフルオロエチレン）が適しており、後述する第 2 実施形態のように、複数のアクチュエータ 1 4 が隣接配置する構成を含めると、接触して動作する際の摩擦抵抗が小さいテフロン（登録商標）が最適である。また、後述するイオン液体

に溶ける性質を持つアクリル等は、第1固定部材1aと第2固定部材1bとの材料としては不適である。

[0048] また、第1導電性高分子膜2aと第2導電性高分子膜2bとは、それぞれ、膨張収縮の変位量が大きいため、ポリピロールが使用することが多いが、長期的には空気中の酸素で酸化して導電性能が低下することが懸念されるので、ポリピロールよりも、PEDOT（ポリエチレンジオキシチオフェン）等のチオフェン系材料が望ましい。チオフェン系材料の場合、成膜プロセスとしては、キャストイングと電解重合との2種類が存在する。前者ではPEDOT/PSS（スチレンスルホン酸のポリマー）を用いて水溶性の状態から乾燥することで成膜可能であり、後者ではEDOT（3,4-エチレンジオキシチオフェン）分子を含めた溶液中にて電気化学プロセスで合成して成膜が可能である。

[0049] また、接着剤10, 11, 12, 13には、普及しているエポキシ系接着剤が多用できる。

[0050] また、電解質托体層3として、セパレータには電気二重層キャパシタ等を使用されるセルロースをベースにしたものを使用できる。また、電解質托体層3のイオン液体としては、BMIM・TFSI、つまり、1-ブチル-3-メチルイミダゾリウム・ビス（トリフルオロメチルスルホニル）イミドがあるが、ポリピロール又はPEDOT（ポリエチレンジオキシチオフェン）での伸縮性能を向上するため、EMI・TFSI、つまり、1-エチル-3-メチルイミダゾリウム・ビス（トリフルオロメチルスルホニル）イミドを使用することができる。

[0051] また、可変直流電源33では、電解質托体層3の上記イオン液体の電位窓の関係で、±1.5V程度でを使用することができる。この電圧は、使用する導電性高分子膜又はイオン液体の種類によって、その耐久性を加味して変えるべきものである。

[0052] なお、以上の材料は、一例であって、本発明は、これらに限定するものではない。

- [0053] 上記した第1実施形態の構成によれば、第1導電性高分子膜2aと第2導電性高分子膜2bとの両端を第1固定部材1aと第2固定部材1bとで固定していることにより、膨張と収縮の両方で常時にテンションを維持しつつ動作することができおり、第1固定部材1aと第2固定部材1bとの変位に関して、収縮方向及び伸長方向の双方向において剛性及び駆動力を有することを可能とすることができる。
- [0054] なお、第1実施形態において、第1導電性高分子膜2aと第2導電性高分子膜2bとを同じ長さで構成しているが、第1導電性高分子膜2aと第2導電性高分子膜2bとの厚さ又は材料が異なる組み合わせによって、酸化還元反応による第1導電性高分子膜2aと第2導電性高分子膜2bとの膨張と収縮の変位が等しくなるように構成されていることとしても良い。
- [0055] なお、第1実施形態において、第1固定部材1aと第2固定部材1bと第1導電性高分子膜2aと第2導電性高分子膜2bとの接続には、接着剤10, 11, 12, 13を使用しているが、別途、接着剤を使用するのではなく、第1導電性高分子膜2aと第2導電性高分子膜2bのそれぞれの生成時のキャストイングプロセスにおける硬化時に、第1導電性高分子膜2aと第2導電性高分子膜2bと第1固定部材1aと第2固定部材1bとを接続するか、或いは、第1導電性高分子膜2aと第2導電性高分子膜2bとの電気化学重合プロセスにおける析出時に、これらの接続を行うこととしても良い。或いは、別途部材を設けて、第1導電性高分子膜2aと第2導電性高分子膜2bと第1固定部材1aと第2固定部材1bとを挟み込む等の機械的な接続方法でも良い。
- [0056] なお、電解質托体層3としては、隣接する第1導電性高分子膜2aと第2導電性高分子膜2bの電氣的短絡を防止するために、セパレータにイオン液体を含ませたものを使用すると説明したが、ビーズを混入させて潤滑性を維持しつつ電氣的短絡を防止したり、或いはゲル化したイオン液体を使用して、セパレータを省略したりする方法でも良い。ゲル化にはPDVF（ポリフッ化ビニリデン）を混入させる方法等が存在する。

[0057] (第2実施形態)

図3は、本発明の第2実施形態の平板積層型導電性高分子アクチュエータ16の構成を示した図である。図3において、図1A～図1G及び図2A～図2Cと同じ構成要素については同じ符号を用い、説明を省略する。

[0058] 図3Aにおいて、第2実施形態の平板積層型導電性高分子アクチュエータ16は、以下のような構成としている。

[0059] すなわち、第1実施形態に記載の平板型導電性高分子アクチュエータ14を1個の構成単位として、複数個のアクチュエータ14を並列的に配置して、アクチュエータ16を構成している。そして、複数個のアクチュエータ14の各々を、上記電解質托体層3と同じ構成の連結用電解質托体層3Aを介して接続している。さらに、隣接する少なくとも二つ以上の平板型導電性高分子アクチュエータ14の一方の平板型導電性高分子アクチュエータ14の第2固定部材1bの第1端部1b-1の外面と他方の平板型導電性高分子アクチュエータ14の第1固定部材1aの第1端部1a-1の外面とを接着剤17にて接続する。また、一方の平板型導電性高分子アクチュエータ14の第2固定部材1bの第2端部1b-2の外面と他方の平板型導電性高分子アクチュエータ14の第1固定部材1aの第2端部1a-2の外面とを接着剤17にて接続する。この接着剤17は、一例として、上記接着剤10～13と同じ接着剤である。

[0060] 図3Aには、各平板型導電性高分子アクチュエータ14の第1導電性高分子膜2aの他端（例えば下端）と第2導電性高分子膜2bの一端（例えば上端）との間に、スイッチ32と可変直流電源33を備えて、各アクチュエータ14、従ってアクチュエータ16を駆動可能に、すなわち、第1導電性高分子膜2aと第2導電性高分子膜2bとの間のそれぞれに電位差を付与可能に構成している。

[0061] このような構成では、図3B及び図3Cのように、スイッチ32をオンにすることにより、酸化還元反応により第1導電性高分子膜2aと第2導電性高分子膜2bとのうちの一方の導電性高分子膜が膨張、或いは収縮し、他方

の導電性高分子膜が収縮、或いは膨張する。その結果、第1固定部材1aと第2固定部材1bの変位により、アクチュエータ16の外部へ駆動力を出すことができる点は、第1実施形態と同様であるが、新しく隣接して、接着剤17にて接続することにより、電解質托体層3Aを介して対面する、隣接する2つのアクチュエータ14のうちの一方のアクチュエータ14の第2導電性高分子膜2bと他方のアクチュエータ14の第1導電性高分子膜2aとの間でも電位差による酸化還元反応が生じることによって、第1導電性高分子膜2aと第2導電性高分子膜2bとの膨張と伸縮の変位量を増加させることができる。ここでは、1つのアクチュエータ14の一对の第1導電性高分子膜2aと第2導電性高分子膜2bとの変位を δ とし、その4対のアクチュエータ14を接着剤17でそれぞれ接続したことによって、 $\delta \times 4 = 4\delta$ に増加した変位が得られている。

[0062] 図4A及び図4Bには、増加した変位をアクチュエータ16の外部へ駆動力として出すために、出力部4aを設けたケーシング34に、又は、出力部4aと4bとを設けたケーシング34に、それぞれアクチュエータ16を収納した場合を示している。変位の大きさは、出力部4a、4bを設ける第1固定部材1aと第2固定部材1bとにより異なる。

[0063] 図4Aでは、アクチュエータ16の一端部（図4Aでは左端部）のアクチュエータ14の第1固定部材1aの第1端部1a-1の外表面とケーシング34とを固定具35で固定し、アクチュエータ16の他端部（図4Aでは右端部）のアクチュエータ14の第2固定部材1bの第2端部1b-2の外表面に突出して固定した出力部4aを、ケーシング34の開口34aからケーシング34の外部に突出させている。よって、アクチュエータ16が駆動されると、アクチュエータ16の変位により、出力部4aがケーシング34に対して図4Aの上下方向に自在に移動する。

[0064] また、図4Bでは、アクチュエータ16の一端部（図では左端部）のアクチュエータ14の第1固定部材1aの第1端部1a-1の外表面とケーシング34とを固定具35で固定し、アクチュエータ16の他端部（図では右端部

）のアクチュエータ 1 4 の第 1 固定部材 1 a の第 2 端部 1 a - 2 の外面に突出して固定した出力部 4 a を、ケーシング 3 4 の開口 3 4 a からケーシング 3 4 の外部に突出させている。また、アクチュエータ 1 6 の一端部（図では左端部）から 2 番目のアクチュエータ 1 4 の第 1 固定部材 1 a の第 1 端部 1 a - 1 に厚さ方向と直交する長手方向沿いに突出して固定した出力部 4 b を、ケーシング 3 4 の開口 3 4 b からケーシング 3 4 の外部に突出させている。よって、アクチュエータ 1 6 が駆動されると、アクチュエータ 1 6 の変位により、出力部 4 a と出力部 4 b とがケーシング 3 4 に対してそれぞれ図 4 B の上下方向に自在に移動する。

[0065] なお、図 4 C には、1 つのアクチュエータ 1 4 の第 1 導電性高分子膜 2 a と第 2 導電性高分子膜 2 b の間に与える電位差の極性を、積層したアクチュエータ 1 8 の全体のうちの半分の位置で、変えた組み合わせの事例である。すなわち、アクチュエータ 1 8 は、上記したアクチュエータ 1 4 と、電位差の極性を変えたアクチュエータ 1 4 A とで構成されている。アクチュエータ 1 8 の一端部（図 4 C では左端部）のアクチュエータ 1 4 の第 1 固定部材 1 a の第 1 端部 1 a - 1 の外面とケーシング 3 4 とを固定具 3 5 で固定している。アクチュエータ 1 8 の他端部（図 4 C では右端部）のアクチュエータ 1 4 A の第 2 固定部材 1 b の第 1 端部 1 b - 1 の外面とケーシング 3 4 とを固定具 3 5 で固定している。また、図 4 C の左側の 3 個のアクチュエータ 1 4 と右側の 3 個のアクチュエータ 1 4 との連結部分である、左側から 3 番目のアクチュエータ 1 4 の第 2 固定部材 1 b の第 1 端部 1 b - 1 の外面と左側から 4 番目のアクチュエータ 1 4 の第 1 固定部材 1 a の第 1 端部 1 a - 1 の外面との接続部分に固定された出力部 4 c を、ケーシング 3 4 の開口 3 4 b からケーシング 3 4 の外部に長手方向沿いに突出させている。このように構成して、ケーシング 3 4 に対して上下方向に自在に移動可能としている。図 4 C に設けた全ての第 1 導電性高分子膜 2 a と第 2 導電性高分子膜 2 b の枚数が図 4 A と比して 2 倍ではあるが、変位の増加効果はその半分（すなわち、1 倍）となり、変位は図 4 A の出力部 4 a と同様である。しかし、出力部 4

cでの駆動力は出力部4 aの2倍である。このような使い方も可能である事例である。

[0066] かかる構成によれば、接着剤17で接続することによって、第1固定部材1 aと第2固定部材1 bの個々の変位が加算されることにより、全体の変位量が増加することとなり、大きな変位を有する平板積層型導電性高分子アクチュエータ18を提供することができる。

[0067] なお、第2実施形態において、1つの構成単位のアクチュエータ14同士を接続するための接着剤17として、接着剤を使用しているが、別途部材を設けて挟み込む等の機械的な接続方法でも良い。すなわち、接着剤の変形例としては、第1実施形態で説明したような変形例を第2実施形態にも適用することが可能である。

[0068] なお、電解質托体層3としては、隣接する第1導電性高分子膜2 aと第2導電性高分子膜2 bの電氣的短絡を防止するために、セパレータにイオン液体を含ませたものを使用したが、ビーズを混入させて潤滑性を維持しつつ電氣的短絡を防止したり、或いはゲル化したイオン液体を使用してセパレータを省略したりする方法でも良い。

[0069] (第3実施形態)

図5 A～図5 Fは、本発明の第3実施形態の平板積層型導電性高分子アクチュエータ46の構成を示した図である。図5 A～図5 Fにおいて、図1 A～図4 Cと同じ構成要素については同じ符号を用い、説明を省略する。

[0070] 図5 A、図5 B、図5 C、図5 Dにおいて、第1実施形態にて設けた第1固定部材1 aと第2固定部材1 bとが矩形板状の第1及び第2多孔質部材3 a、3 bでそれぞれ構成され、第1及び第2多孔質部材3 a、3 bの中にイオン液体がそれぞれ注入することによって電解質托体層3と同様な役割をそれぞれ果たす構成となっている。第1及び第2多孔質部材3 a、3 bの周辺部（例えば、長手方向沿いの長辺部分（図5 Aと図5 Cの両側縁部分））3 a s、3 b sには硬化剤をそれぞれ含ませて強度を増加させて、座屈等を防ぐ構成となっている。ここで、図5 A、図5 B、図5 C、図5 Dに示した、

第1及び第2多孔質部材3a、3bの幅方向の周辺部（例えば、幅方向沿いの短辺部分（図5A、図5B、図5C、図5Dの上端部分））3adと3bdには硬化剤を含ませており、この硬化剤については、後述する。

[0071] 次に、図5Fのように、第1及び第2多孔質部材3a、3bと第1導電性高分子膜2aと第2導電性高分子膜2bとのジクザク状の接続には、接着剤40、41、42を使用し、特に、第2多孔質部材3bと第1導電性高分子膜2aの接続では、その間隔を維持するために、スペーサ5を介して、接着剤43で接続している。すなわち、図5Fにおいて、第1導電性高分子膜2aの下端部の内面と第1多孔質部材3aの下端部の外面とを接着剤40を介して接続している。第1多孔質部材3aの上端部の硬化剤含有の幅方向の周辺部3adの内面と第2導電性高分子膜2bの上端部の対向面とを接着剤41を介して接続している。第2導電性高分子膜2bの下端部の外面と第2多孔質部材3bの下端部の内面とを接着剤42を介して接続している。スペーサ5と、第1多孔質部材3aの上端と第2導電性高分子膜2bの上端との間に隙間19を確保した上で、スペーサ5の一方の外面に第1導電性高分子膜2aの上端部の内面を接着剤43を介して接続している。スペーサ5の他方の外面に第2多孔質部材3bの上端部の内面を接着剤44を介して接続している。よって、第1多孔質部材3aと第2導電性高分子膜2bとは長手方向の寸法が大略同じであり、第2多孔質部材3bと第1導電性高分子膜2aとは長手方向の寸法が大略同じであり、第1多孔質部材3aと第2導電性高分子膜2bとの長手方向の寸法は、第2多孔質部材3bと第1導電性高分子膜2aとの長手方向の寸法より短く構成されている。第1多孔質部材3aと第2多孔質部材3bとの幅方向の寸法は同じであり、第1導電性高分子膜2aと第2導電性高分子膜2bとの幅方向の寸法は同じであり、第1導電性高分子膜2aと第2導電性高分子膜2bとの幅方向の寸法は、第1多孔質部材3aと第2多孔質部材3bとの幅方向の寸法より小さく構成している。スペーサ5の幅方向の寸法は第1多孔質部材3aと第2多孔質部材3bとの幅方向の寸法と同じに構成している。スペーサ5の厚さは、第1多孔質部材3aの

厚さと第2導電性高分子膜2bの厚さと接着剤40、41、42の厚さとの合計厚さと大略同じか、それ以上（例えば、数十 μm 程度だけ大きい寸法）としている。これについては、後述する。

[0072] また、図5Fにおいて、第1導電性高分子膜2aと第2導電性高分子膜2bの変位量が等しいことが重要である。そのために、各々の部材の材料、膜の厚さも、変位量に影響を受けるパラメータであるが、最も大きく影響するのは、第1及び第2多孔質部材3a、3bとの接触している長さである。図5Fに2本の破線Dで示した間隔DDが、第1導電性高分子膜2aと第2導電性高分子膜2bとが伸縮する部分（言い換えれば、接着剤で接着固定されてる部分を除く伸縮可能な部分）の長さを示している。接着剤40、41、42の存在する部分では、イオン液体の通過が困難であり、かつ、固定されているために伸縮も不可能である。また、第1及び第2多孔質部材3a、3bの、硬化剤を含む両側縁部分3as、3bsには、イオン液体が存在し得ない。そこで、間隔DD以外の部分での伸縮を防止するために、第1多孔質部材3aにおける第2導電性高分子膜2bとの接着剤41による接続部分（すなわち、第1多孔質部材3aの上端部の幅方向の周辺部）3ad内には、硬化剤を含ませている。その結果、間隔DDのみが、第1導電性高分子膜2aと第2導電性高分子膜2bとがイオン液体と接して伸縮することが可能な長さであり、この長さの部分の第1導電性高分子膜2aと第2導電性高分子膜2bの変位量で、第3実施形態の平板積層型導電性高分子アクチュエータ46が駆動することができるようになる。

[0073] さらに、この間隔DDでの伸縮作用を、後述する図7A～図7Cに示すように複数のアクチュエータ46を隣接して配置して1つのアクチュエータ47を構成する場合にも有効とするために、図5Fに示すように、第2多孔質部材3bにおける、第1多孔質部材3aと第2導電性高分子膜2bとを接着剤41で接続する部分（第2導電性高分子膜2bの上端部分）に対向する部分3bd内に硬化剤を含ませている。なお、図7A～図7Cに示すように複数のアクチュエータ46を隣接して配置しない場合には、図6Aなどに示す

ように、部分 3 b d 内に硬化剤を含ませる必要は無い。

[0074] 図 6 A には、スイッチ 3 2 と可変直流電源 3 3 とを備えて、図 5 F のアクチュエータ 4 6 の第 1 導電性高分子膜 2 a と第 2 導電性高分子膜 2 b との間に電位差を付与可能な構成を示している。すなわち、平板型導電性高分子アクチュエータ 4 6 の第 1 導電性高分子膜 2 a の長手方向の両端（例えば上下端）と第 2 導電性高分子膜 2 b の長手方向の両端（例えば上下端）との間に、スイッチ 3 2 と可変直流電源 3 3 とを備えて、アクチュエータ 4 6 を駆動可能に、すなわち、第 1 導電性高分子膜 2 a と第 2 導電性高分子膜 2 b との間のそれぞれに電位差を付与可能な構成している。

[0075] このような構成では、図 6 B 及び図 6 C のように、酸化還元反応により、第 1 導電性高分子膜 2 a と第 2 導電性高分子膜 2 b のうちの一方の導電性高分子膜が膨張、或いは収縮し、他方の導電性高分子膜が収縮、或いは膨張する。その結果、図 6 A ～図 6 C に示したように、第 1 及び第 2 多孔質部材 3 a、3 b の変位により、アクチュエータ 4 6 の外部へ駆動力を出力することができる点は、第 1 実施形態及び第 2 実施形態と同様である。

[0076] また、図 7 A ～図 7 C に示すように、複数のアクチュエータ 4 6 を並列して隣接して配置し、板状の剛性のあるリンク部材 6 にて、隣接する一対のアクチュエータ 4 6 のうちの一方のアクチュエータ 4 6 の第 2 多孔質部材 3 b と他方のアクチュエータ 4 6 の第 1 多孔質部材 3 a とを接続するように構成することもできる。

[0077] このような構成によつては、隣接する一対のアクチュエータ 4 6 のうちの一方のアクチュエータ 4 6（例えば、左端のアクチュエータ 4 6）の第 2 多孔質部材 3 b を介して対面する、一方のアクチュエータ 4 6（例えば、左端のアクチュエータ 4 6）第 2 導電性高分子膜 2 b と、他方のアクチュエータ 4 6（例えば、左端から 2 番目のアクチュエータ 4 6）の第 1 導電性高分子膜 2 a との間でも電位差による酸化還元反応が生じる。このことによつて、第 1 導電性高分子膜 2 a と第 2 導電性高分子膜 2 b との膨張と伸縮の変位量は増加する。ここでは、1 つのアクチュエータ 4 6 の一対の第 1 導電性高分子

子膜 2 a と第 2 導電性高分子膜 2 b との変位を δ とし、その 4 対のアクチュエータ 4 6 をリンク部材 6 でそれぞれ接続したことによって、 $\delta \times 4 = 4 \delta$ に増加した変位が得られている。

[0078] なお、図 7 A ～図 7 C の可変直流電源 3 3 からの配線においては、図 6 A ～図 6 C の場合と異なり、各アクチュエータ 4 6 の第 1 導電性高分子膜 2 a の長手方向の一端（例えば上端）と各アクチュエータ 4 6 の第 2 導電性高分子膜 2 b の長手方向の他端（例えば下端）との片方のみに、スイッチ 3 2 と可変直流電源 3 3 とを接続している。これは配線が増加することにより、+ 或いは- の各配線の短絡を防止するために行っているが、第 1 導電性高分子膜 2 a と第 2 導電性高分子膜 2 b とが十分な導電性を有するため、変位量への影響は小さい。

[0079] なお、第 1 及び第 2 多孔質部材 3 a、3 b のそれぞれの材料としては、P V D F（ポリフッ化ビニリデン）等をベースにした、 $0.1 \mu\text{m} \sim 0.5 \mu\text{m}$ の開口率を有するフィルタ材料等が使用可能である。ここでは、一例として、 $0.45 \mu\text{m}$ の開口率のものを使用することができる。また、同様なフィルタ材料としてはテフロン（登録商標）も存在するが、後述する硬化剤又は接着剤の選択が困難となってくる。

[0080] また、硬化剤を含む両側縁部分 3 a s、3 b s を形成するための硬化剤としては、接着剤 4 0、4 1、4 2、4 3 と同様に、前述した接着剤 1 0、1 1、1 2、1 3 と同じように、普及しているエポキシ系接着剤を使用することができる。第 1 及び第 2 多孔質部材 3 a、3 b の幅方向の周辺部 3 a d と 3 b d の硬化剤も同様に、エポキシ系接着剤を使用することができる。

[0081] また、接着剤 4 4 も同様に、エポキシ系接着剤を使用することができる。

[0082] また、スペーサ 5 及びリンク部材 6 としては、P V D F（ポリフッ化ビニリデン）の板材を使用することができるが、多孔質のフィルタでも代用可能である。

[0083] なお、第 1 実施形態と同じ材料については省略している。

[0084] 以上の材料は、一例であって、本発明は、これらに限定するものではない

。

[0085] かかる構成によれば、第1固定部材1aと第2固定部材1bとが第1及び第2多孔質部材3a、3bでそれぞれ構成され、第1及び第2多孔質部材3a、3bが電解質托体層3を兼ねることによって、電解質托体層3を無くすことができ、構成部品が減少することにより、アクチュエータ全体の厚さが減少することとなり、積層して大きな変位を有する構成でも、全体の厚さを薄くすることができる平板積層型導電性高分子アクチュエータ46を提供することができる。さらに、隣接する平板積層型導電性高分子アクチュエータを増加させることにより、個々の変位が加算されることにより、全体の変位量が増加することとなり、大きな変位を有する平板積層型導電性高分子アクチュエータ46を提供することができる。

[0086] その結果、第3実施形態での平板積層型導電性高分子アクチュエータ46の駆動力をアクチュエータ46の外部へ出す構成として図8A～図8Cに示す。すなわち、図8A～図8Cには、上記した大きな変位をアクチュエータ46の外部へ駆動力として出すために、出力部4a又は4b又は4cを設けたケーシング34に、それぞれアクチュエータ46を収納した場合を示している。変位の大きさは、出力部4aを設ける第2多孔質部材3aと、出力部4a及び4bを設ける第2多孔質部材3aと、出力部4cを設けるリンク部材6とにより異なる。

[0087] 図8Aでは、アクチュエータ47の一端部（図8Aでは左端部）のアクチュエータ46の第1導電性高分子膜2aの一端部（上端部）とケーシング34とを固定具35で固定し、アクチュエータ47の他端部（図8Aでは右端部）のアクチュエータ46の第2多孔質部材3bの他端部（下端部）の外面に突出して固定した出力部4aを、ケーシング34の開口34aからケーシング34の外部に突出させている。よって、アクチュエータ46が駆動されると、アクチュエータ46の変位により、出力部4aがケーシング34に対して図8Aの上下方向に自在に移動する。

[0088] また、図8Bでは、アクチュエータ46の一端部（図8Bでは左端部）の

アクチュエータ 46 の第 1 導電性高分子膜 2 a の一端部（上端部）とケーシング 3 4 とを固定具 3 5 で固定し、アクチュエータ 47 の他端部（図 8 B では右端部）のアクチュエータ 46 の第 2 多孔質部材 3 b の他端部（下端部）の外面に突出して固定した出力部 4 a を、ケーシング 3 4 の開口 3 4 a からケーシング 3 4 の外部に突出させている。また、アクチュエータ 47 の一端部（図 8 B では左端部）から 2 番目のアクチュエータ 46 の第 2 多孔質部材 3 b の一端部（図 8 B では上端）に厚さ方向と直交する長手方向沿いに突出して固定した出力部 4 b を、ケーシング 3 4 の開口 3 4 b からケーシング 3 4 の外部に突出させている。よって、アクチュエータ 47 が駆動されると、アクチュエータ 47 の変位により、出力部 4 a と出力部 4 b とがケーシング 3 4 に対してそれぞれ図 8 B の上下方向に自在に移動する。

[0089] 図 8 C には、アクチュエータ 46 の一端部（図 8 B では左端部）のアクチュエータ 46 の第 1 導電性高分子膜 2 a の一端部（上端部）とケーシング 3 4 とを固定具 3 5 で固定し、アクチュエータ 47 の他端部（図 8 B では右端部）のアクチュエータ 46 の第 2 多孔質部材 3 b の一端部（上端部）とケーシング 3 4 とを固定具 3 5 で固定している。また、アクチュエータ 47 の一端部（図 8 B では左端部）から 3 番目のアクチュエータ 46 のリンク部材 6 に厚さ方向と直交する長手方向沿いに突出して固定した出力部 4 c を、ケーシング 3 4 の開口 3 4 c からケーシング 3 4 の外部に下向きに突出させている。よって、アクチュエータ 47 が駆動されると、アクチュエータ 47 の変位により、出力部 4 c がケーシング 3 4 に対してそれぞれ図 8 C の上下方向に自在に移動する。

[0090] このように構成することにより、前述の第 2 実施形態における図 4 A ~ 図 4 C とは異なり、平板積層型導電性高分子アクチュエータ全体の厚さが薄くなっていることによって、ケーシング 3 4 も薄くなっていることも大きな特徴である。

[0091] なお、第 3 実施形態において、第 1 及び第 2 多孔質部材 3 a、3 b と第 1 導電性高分子膜 2 a と第 2 導電性高分子膜 2 b との接続には、接着剤 40、

4 1、4 2、4 3を使用しているが、別途、接着剤を使用するのではなく、第 1 導電性高分子膜 2 a と第 2 導電性高分子膜 2 b との生成時のキャストイングプロセスにおける硬化時に接続するか、或いは第 1 導電性高分子膜 2 a と第 2 導電性高分子膜 2 b の電気化学重合プロセスにおける析出時に接続することとしても良い。或いは、別途部材を設けて、第 1 導電性高分子膜 2 a と第 2 導電性高分子膜 2 b と第 1 及び第 2 多孔質部材 3 a、3 b とを挟み込む等の機械的な接続方法でも良い。

[0092] また、図 5 D に示したスペーサ 5 の厚さに関して記載するが、図 5 F の構成において、第 1 導電性高分子膜 2 a と第 2 多孔質部材 3 b との間に存在する第 1 多孔質部材 3 a と第 2 導電性高分子膜 2 b との合計厚さ以上が望ましい。その合計厚さ未満の場合には、第 1 導電性高分子膜 2 a と、第 1 多孔質部材 3 a と、第 2 導電性高分子膜 2 b と、第 2 多孔質部材 3 b とが、圧力が加わった状態で接することになり、伸縮する際の抵抗が急増して変位量が低下することが発生する。それを防止するために、各々の間隙として数十 μm 程度の微小な間隙が存在する程度の接触が実現するように構成するのが望ましい。

[0093] 第 3 実施形態の 1 つの実例では、第 1 実施形態と同様に、厚さ 15 μm の導電性高分子膜 2 a、2 b を使用している。また、多孔質部材 3 a、3 b には多孔質のテフロン（登録商標）材料を用いることで、厚さは約 100 μm である。つまり、第 1 導電性高分子膜 2 a と第 2 導電性高分子膜 2 b の各々の厚さは 15 μm である。さらに上記の数十 μm 程度の微小な間隙が存在するように配慮することから、図 5 E の構成で厚さは 230 μm に 20 μm 加えて、250 μm である。

[0094] なお、第 1 及び第 2 多孔質部材 3 a、3 b の周辺部の少なくとも一部に硬化剤を含ませて構成しているが、強度の向上による座屈の防止のために、別部材を第 1 若しくは第 2 多孔質部材 3 a 若しくは 3 b の表面に設けた構成としても良い。

実施例 1

- [0095] 図9Aには、ロボットハンド90に関する特許第3723818号における図3Aを引用したものである。駆動源となるアクチュエータ3-1、3-2、3-3が記載されているが、これらのアクチュエータの部品として、本発明の上記平板積層型導電性高分子アクチュエータの一例である前述の図4Aから図4Cで示したような構成、特に図4Cの組み合わせを基本的な構成で使用することで、導電性高分子膜の単膜では実現が困難な、大きな応力を提供することが省スペースで実現可能である。
- [0096] 具体的には、図9B及び図9Cに示した平面型多関節駆動機構のようにアクチュエータ3-1、3-2が伸縮することにより、指100を曲げたり伸ばしたり可能となる。この構成において、後述するように平板積層型導電性高分子アクチュエータとして応力又は変位量の増加が必要であるが、さらにここでは骨材1-1、1-2、1-3と、連結部材2を有しており、その厚さ方向のトルクにより、指100を屈曲させている。
- [0097] より詳細な説明として、図9Dに示したように、図9B及び図9Cの平面型多関節駆動機構をモデル化して実寸を記入している。このモデルにおいて、実際の設計数値の一例について説明する。このロボットハンドにより、軽重量物として100gfのものを把持するとする。この際に必要な把持力は、ロボットハンドの表面素材にも依存するが、約20grと想定した。その結果、荷重と支点間の距離50mmに対して、厚さ方向の支点間の距離2.5mmから平面型多関節駆動機構における変位拡大率は、20倍とみなせる。よって、応力は20分の一になるため、把持力20gfを出力するには、アクチュエータ3-2からは、400gfの応力が必要となる。逆に、把持するための必要変位量を1関節当たり10mm程度と仮定し、アクチュエータ3-2の変位量は20分の一の0.5mmだけでよい。
- [0098] 一方、平板積層型導電性高分子アクチュエータとしては、図4Cの構成を用いた。ただし、把持に必要な応力と変位量のために、図4Cにおいては図1の平板積層型導電性高分子アクチュエータ3個を図3Aの構成で、それら2組を図4Cの構成にすることで、変位量3倍、応力2倍にしていたが、図

9 Dにおいては、図 1 の平板積層型導電性高分子アクチュエータ 10 個を図 3 A の構成で、その 5 組を図 4 C の構成にすることで、変位量 10 倍の 0.5 mm、応力は 5 倍の 400 gf に設計した。なお、ここで導電性高分子膜の一例としての応力は幅 5 mm にて約 40 gf は得られるので、今回の図 9 A では幅が 2 倍の 10 mm を適用し約 80 gf とし、さらに電圧印加時の発生変位は約 2.0 % とし、図 1 の長さ 25 mm の場合に δ は約 500 μ m の変位量、つまり図 1 の平板積層型導電性高分子アクチュエータが一組で、変位量は δ の 0.05 mm の変位量が得られるものとした。なお、変位量に関しては、加えられる外力としての応力、および電圧印加する時間に依存するが、ここでは主に電圧印加する時間に大きく影響を受けたので、その時間は 1 秒以上 1 分以内で許容しつつ所定の変位量に達成した時間で制御することとして行った。

[0099] 以上の一例において、使用される平板積層型導電性高分子アクチュエータの概寸は、幅は 10 mm、長手方向は約 50 mm 強であるが、厚さ方向は 14 mm 程度となる。厚さに関しては、第 1 導電性高分子膜 2 a と第 2 導電性高分子膜 2 b の各々の厚さは 15 μ m、電解質托体層 3 は厚さ 40 μ m であり、第 1 固定部材 1 a と第 2 固定部材 1 b は各々の厚さが 100 μ m のテフロン（登録商標）シートを使用し、前述の数十 μ m 程度の余裕を加えてたことから、図 1 の構成で厚さは 290 μ m であった。その構成の厚さ 290 μ m のもの 10 個を 5 組、つまり 50 個使用するので、トータルの厚さは約 15 mm となっている。人の手のサイズと比し、少し長く太い指 100 にて、ロボットハンド 90 が実現できた。

[0100] また、平板積層型導電性高分子アクチュエータとしては、図 5 E の構成を用いた場合には、厚さ方向は薄くできた。第 1 及び第 2 多孔質部材 3 a、3 b には多孔質のテフロン（登録商標）材料を用いることで、厚さは約 100 μ m である。つまり、第 1 導電性高分子膜 2 a と第 2 導電性高分子膜 2 b の各々の厚さは 15 μ m である。さらに前述した数十 μ m 程度の微小な間隙が存在するように配慮することから、図 5 E の構成で厚さは 230 μ m に 20

μm 加えて、 $250\mu\text{m}$ であった。その構成の厚さ $250\mu\text{m}$ のもの10個を5組、つまり50個使用するので、トータルの厚さは約 13mm となった。

[0101] さらに、図9Aにおいて指100は2本が対面して計4本の構成であるが、人間の手のように親指と概略対面して4本の指が並んでおり、親指が変位は小さいが応力が必要となり、概略対面する4本は変位量は大きい場合が考えられる。この構成では、親指に応力重視の平板積層型導電性高分子アクチュエータを使用し、他の指は応力は4分の一で良いので変位量を4倍にして、手として全体をバランスさせることも考えられる。その場合にも、親指に概略対面する他の4本すべてが必ずしも同時に動作する必要性もなく、電圧制御により人差し指から小指に向けて順に電圧を印加することも可能である。さらに、各々の指においても関節があり、根元から順に先端を変位させることなども容易に実現可能である。

[0102] なお、親指等で指の幅に余裕があり、かつ非常に大きな応力が必要な場合には、平板積層型導電性高分子アクチュエータを、単純に導電性高分子膜の幅の方向に並列に設置することで、応力は設置数に応じ比例して増大できることは言うまでもない。

[0103] なお、上記様々な実施形態のうちの任意の実施形態を適宜組み合わせることにより、それぞれの有する効果を奏するようにすることができる。

産業上の利用可能性

[0104] 本発明にかかる平板積層型導電性高分子アクチュエータは、収縮方向及び伸長方向の双方向において剛性及び駆動力を有し、積層により変位を拡大、或いは応力を拡大できるもので、電解質托体層を介して収縮及び伸長する導電性高分子膜が面に対向する構成により省エネ、省スペースな効率的駆動が可能なアクチュエータを得ることができるものであり、人工筋肉アクチュエータ等として有用であるとともに、それを用いてロボットのロボットアーム又はロボットハンドの駆動部等として有用である。また、前述の特性に加えて、静音、軽量、省電力であることから、ノートパソコン又は携帯電話の冷

却用ポンプの駆動部として、或いはモバイル端末機器のレンズアクチュエータ等の用途にも応用できる。

[0105] 本発明は、添付図面を参照しながら好ましい実施形態に関連して十分に記載されているが、この技術の熟練した人々にとっては種々の変形又は修正は明白である。そのような変形又は修正は、添付した請求の範囲による本発明の範囲から外れない限りにおいて、その中に含まれると理解されるべきである。

請求の範囲

[請求項1]

第1導電性高分子膜と、板状の第1多孔質部材と、第2導電性高分子膜と、板状の第2多孔質部材とが積層されて構成され、上記第1多孔質部材と上記第2多孔質部材は、それぞれ、多孔質部材内にイオン液体が注入することによって電解質托体層を兼ねる機能を有し、

対面する上記第1多孔質部材の第1端部と上記第2導電性高分子膜の第1端部とが接続され、

対面する上記第1導電性高分子膜の第1端部と上記第2多孔質部材の第1端部とがスペーサを介して接続され、

対面する上記第1多孔質部材の第2端部と上記第1導電性高分子膜の第2端部とが接続され、

対面する上記第2導電性高分子膜の第2端部と上記第2多孔質部材の第2端部とが接続されて、

上記第1導電性高分子膜と上記第2導電性高分子膜の間に電位差を与えることにより、酸化還元反応により上記第1導電性高分子膜と上記第2導電性高分子膜のうちの一方の導電性高分子膜が膨張或いは収縮し、他方の導電性高分子膜が収縮或いは膨張し、上記第1多孔質部材と上記第2多孔質部材との変位により外部へ駆動力を出すように構成する平板積層型導電性高分子アクチュエータ。

[請求項2]

上記第1多孔質部材と上記第2導電性高分子膜とが同じ長さであり、

上記第1導電性高分子膜と上記第2多孔質部材とが同じ長さであり、

上記第1多孔質部材と上記第2導電性高分子膜との長さは、上記第1導電性高分子膜と上記第2多孔質部材との長さより短い、請求項1に記載の平板積層型導電性高分子アクチュエータ。

[請求項3]

上記多孔質部材の周辺部の少なくとも一部に硬化剤を含むように構成する、請求項1又は2に記載の平板型導電性高分子アクチュエータ

。

[請求項4] 請求項 1 又は 2 に記載の平板型導電性高分子アクチュエータを複数備え、隣接するアクチュエータの上記第 1 多孔質部材と上記第 2 多孔質部材同士をリンク部材で接続している、平板積層型導電性高分子アクチュエータ。

[請求項5] 電解質托体層と、

上記電解質托体層を介して第 1 端部同士及び第 2 端部同士がそれぞれ対面するように配置された第 1 導電性高分子膜と第 2 導電性高分子膜と、

上記第 1 導電性高分子膜の上記第 1 端部の外面に固定される第 1 端部と、上記第 2 導電性高分子膜の上記第 2 端部の外面に固定される第 2 端部とを結合する第 1 固定部材と、

上記第 2 導電性高分子膜の上記第 1 端部の外面に固定される第 1 端部と、上記第 1 導電性高分子膜の上記第 2 端部の外面に固定される第 2 端部とを結合する第 2 固定部材とを備え、

上記第 1 導電性高分子膜と上記第 2 導電性高分子膜の間に電位差を与えることにより、酸化還元反応により上記第 1 導電性高分子膜と上記第 2 導電性高分子膜の一方が膨張、或いは収縮し、他方が収縮、或いは膨張し、上記第 1 固定部材と上記第 2 固定部材の変位により外部へ駆動力を出すように構成する平板積層型導電性高分子アクチュエータ。

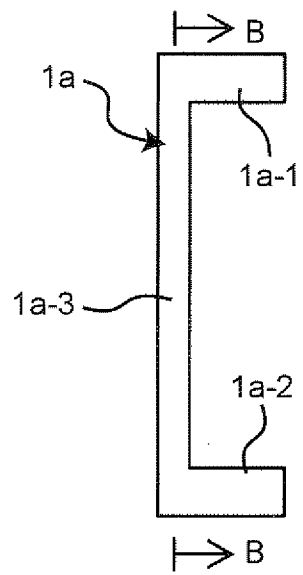
[請求項6] 上記第 1 及び第 2 の導電性高分子膜を同じ長さで構成している請求項 5 に記載の平板積層型導電性高分子アクチュエータ。

[請求項7] 請求項 5 又は 6 に記載の平板型導電性高分子アクチュエータを複数備え、各々を、電解質托体層を介して接続している、導電性高分子膜の間に電位差を与えることによる酸化還元反応により、隣接する導電性高分子膜の一方が膨張或いは収縮し、他方が収縮或いは膨張するように構成し、

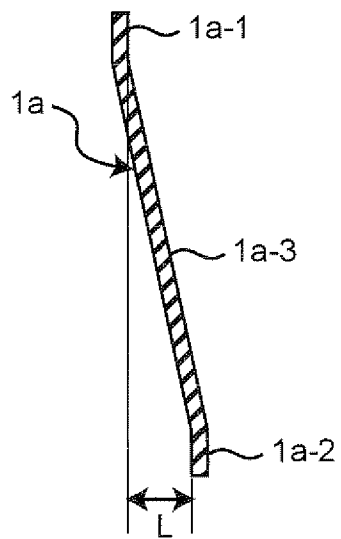
隣接する少なくとも二つ以上の上記平板型導電性高分子アクチュエータの一方のアクチュエータの第2固定部材と他方のアクチュエータの第1固定部材とを接続する接着剤を備え、

上記接着剤で接続することによって上記変位が加算されて増加する平板積層型導電性高分子アクチュエータ。

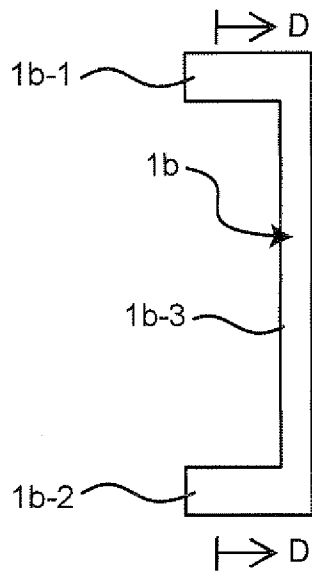
[図1A]



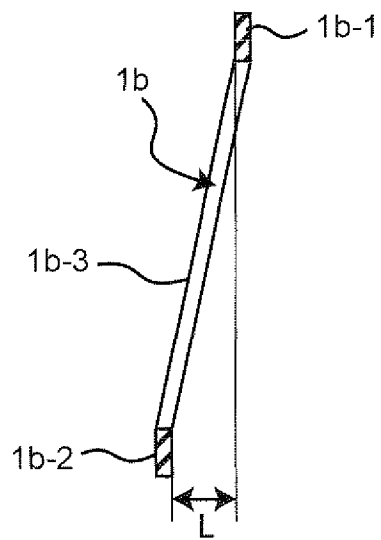
[図1B]



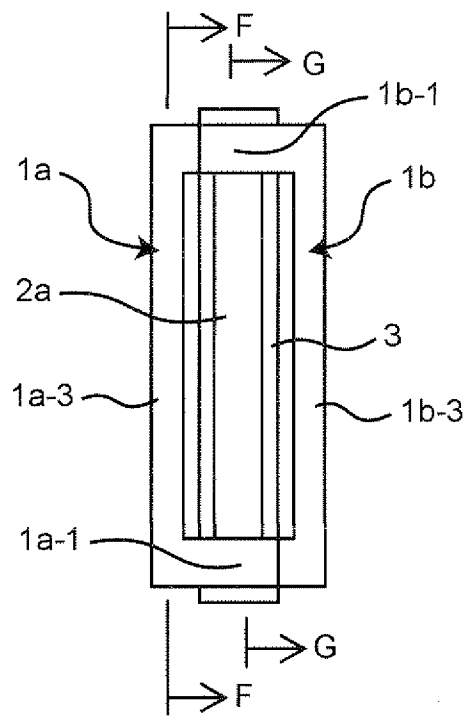
[図1C]



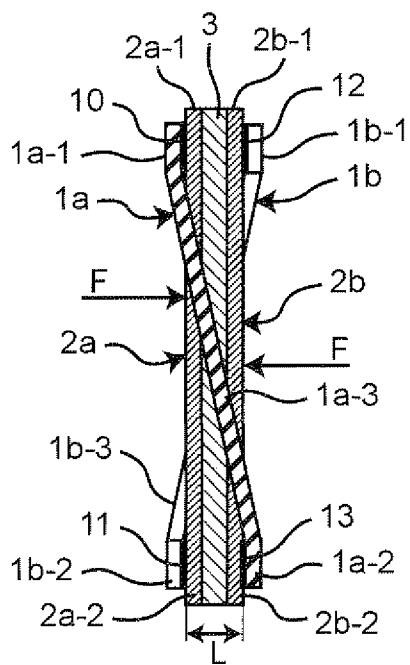
[図1D]



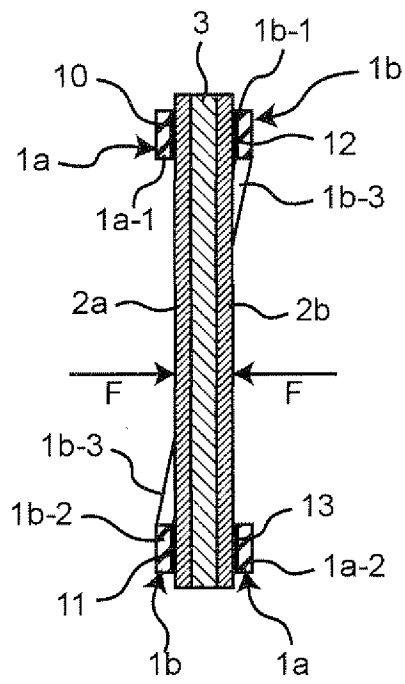
[図1E]



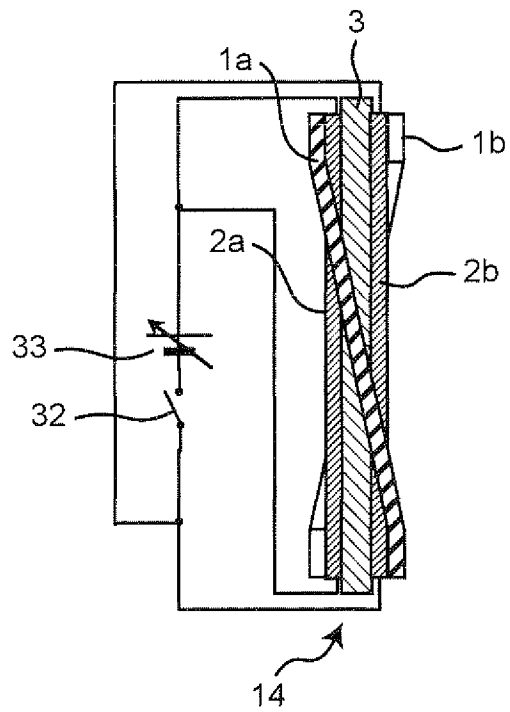
[図1F]



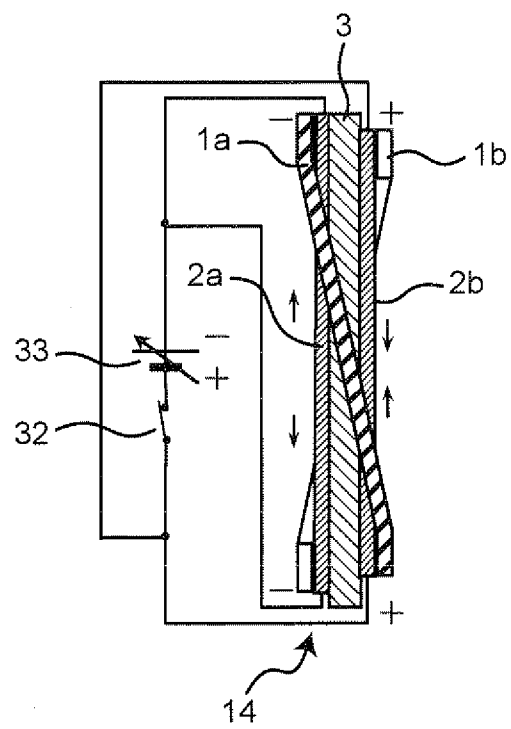
[図1G]



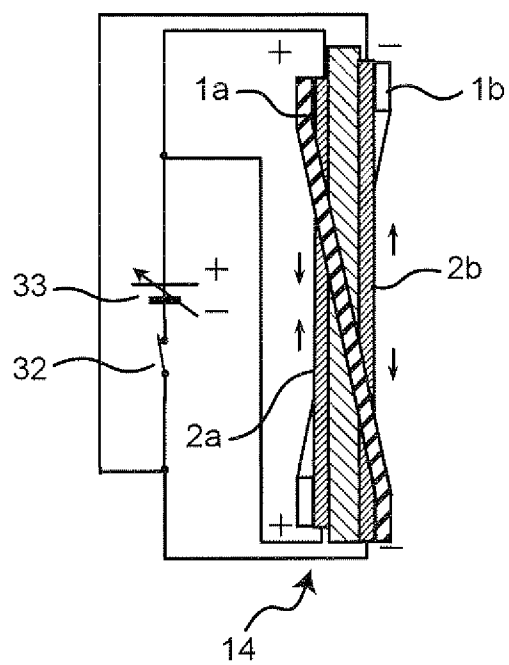
[図2A]



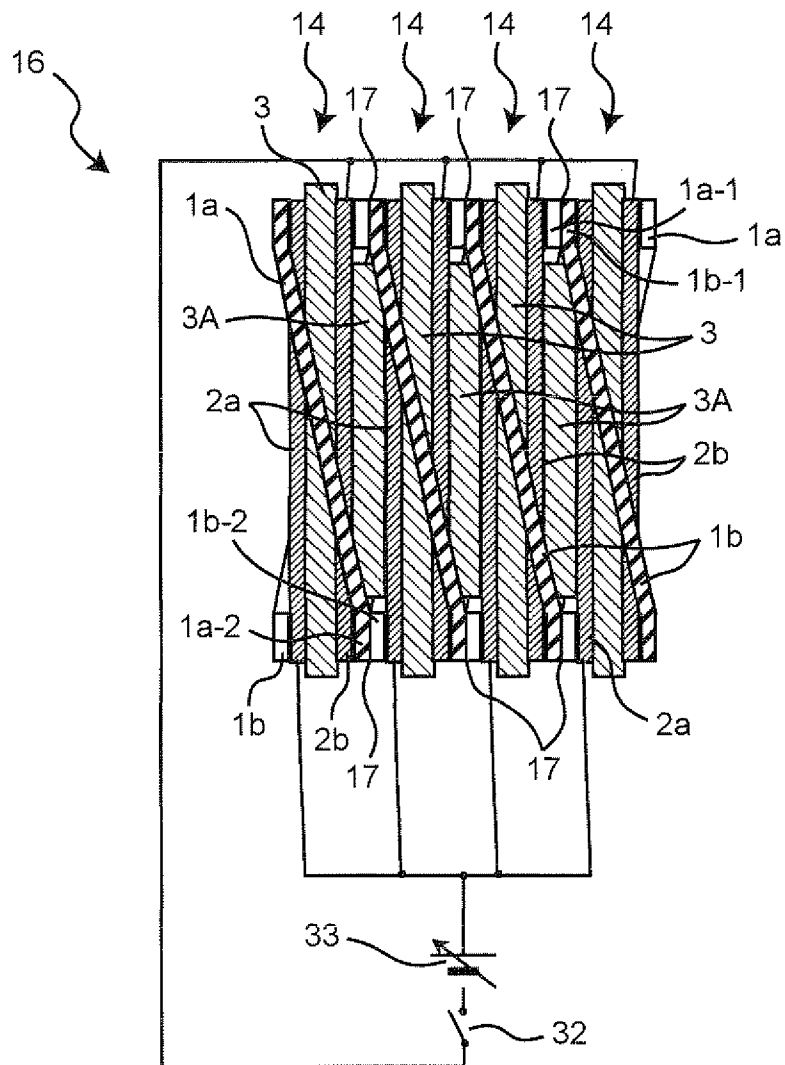
[図2B]



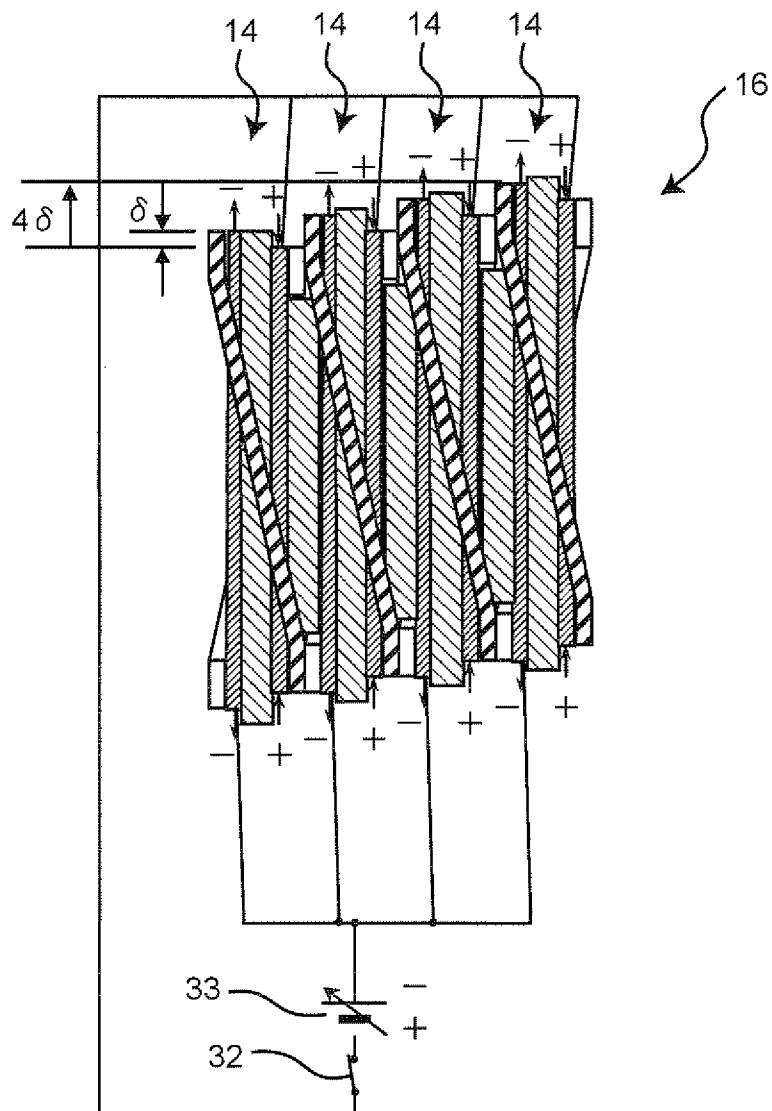
[図2C]



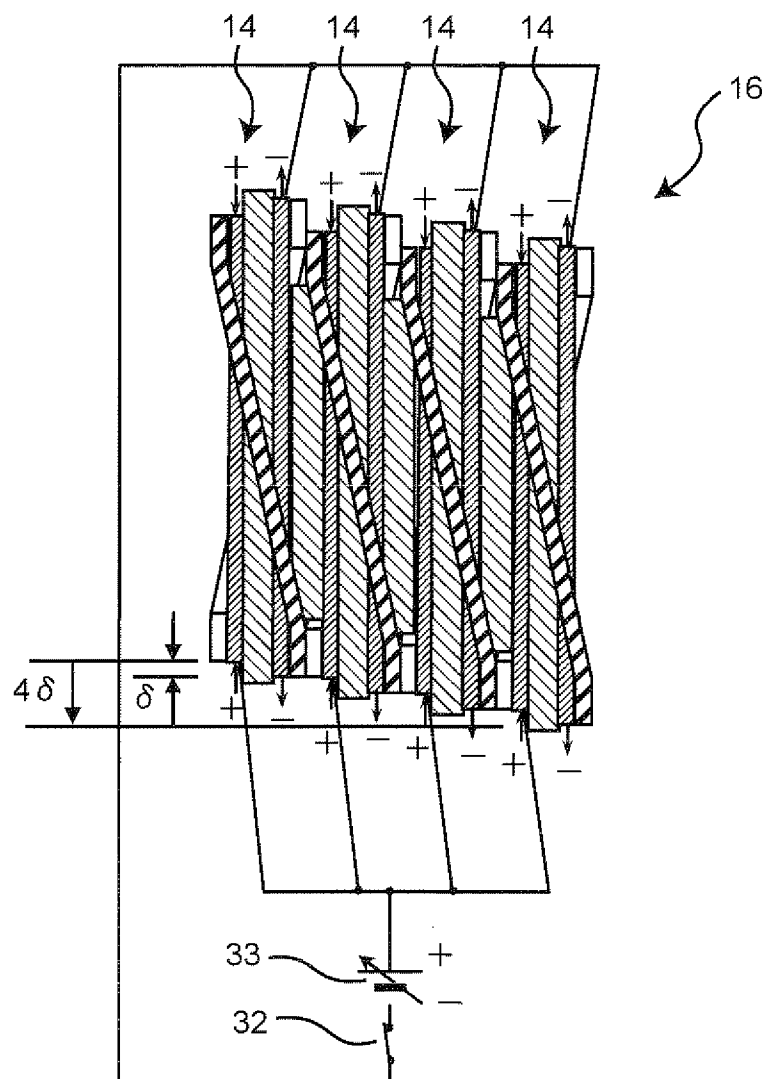
[図3A]



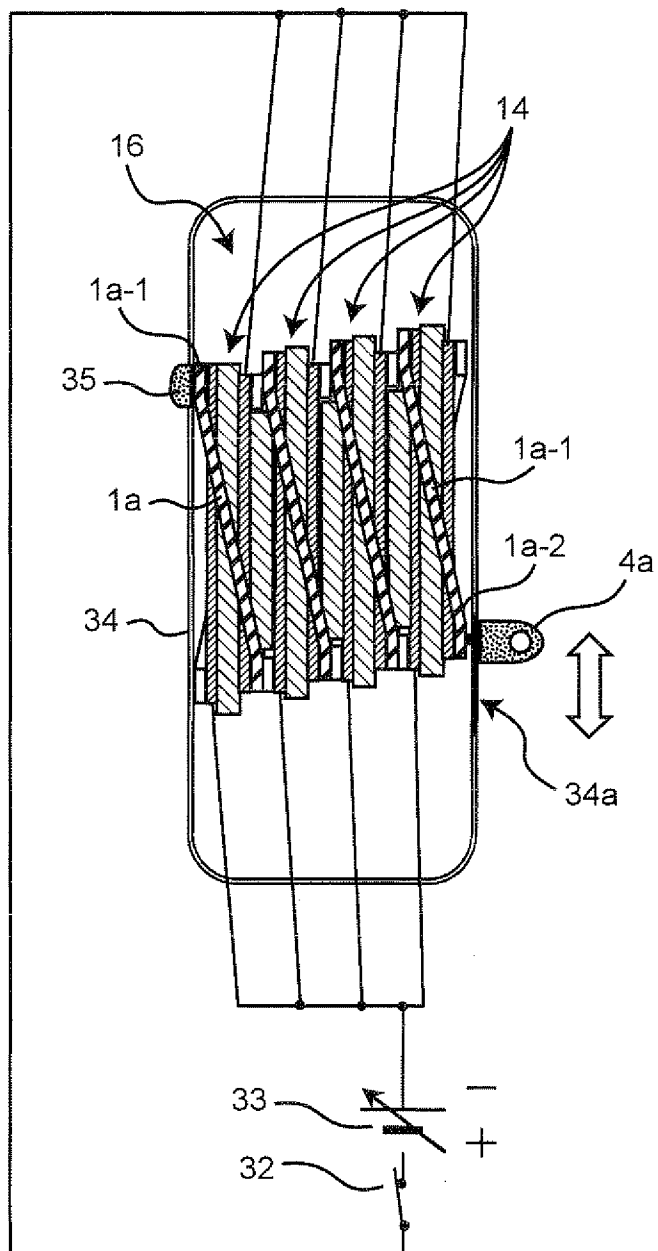
[図3B]



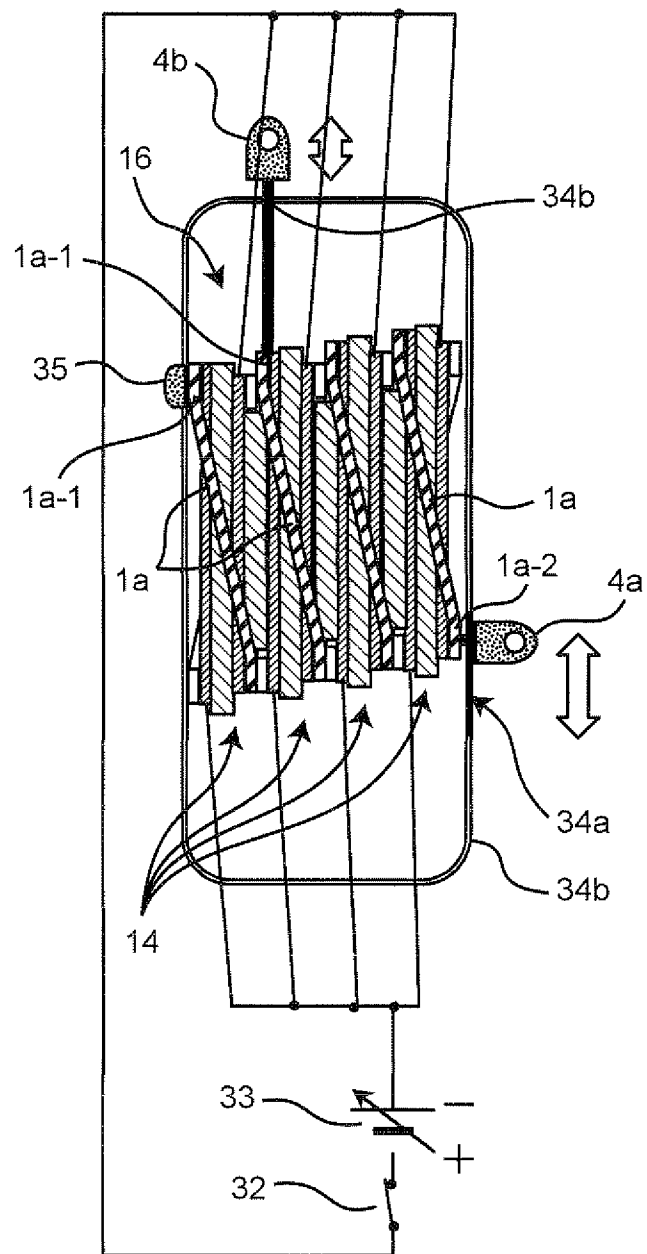
[図3C]



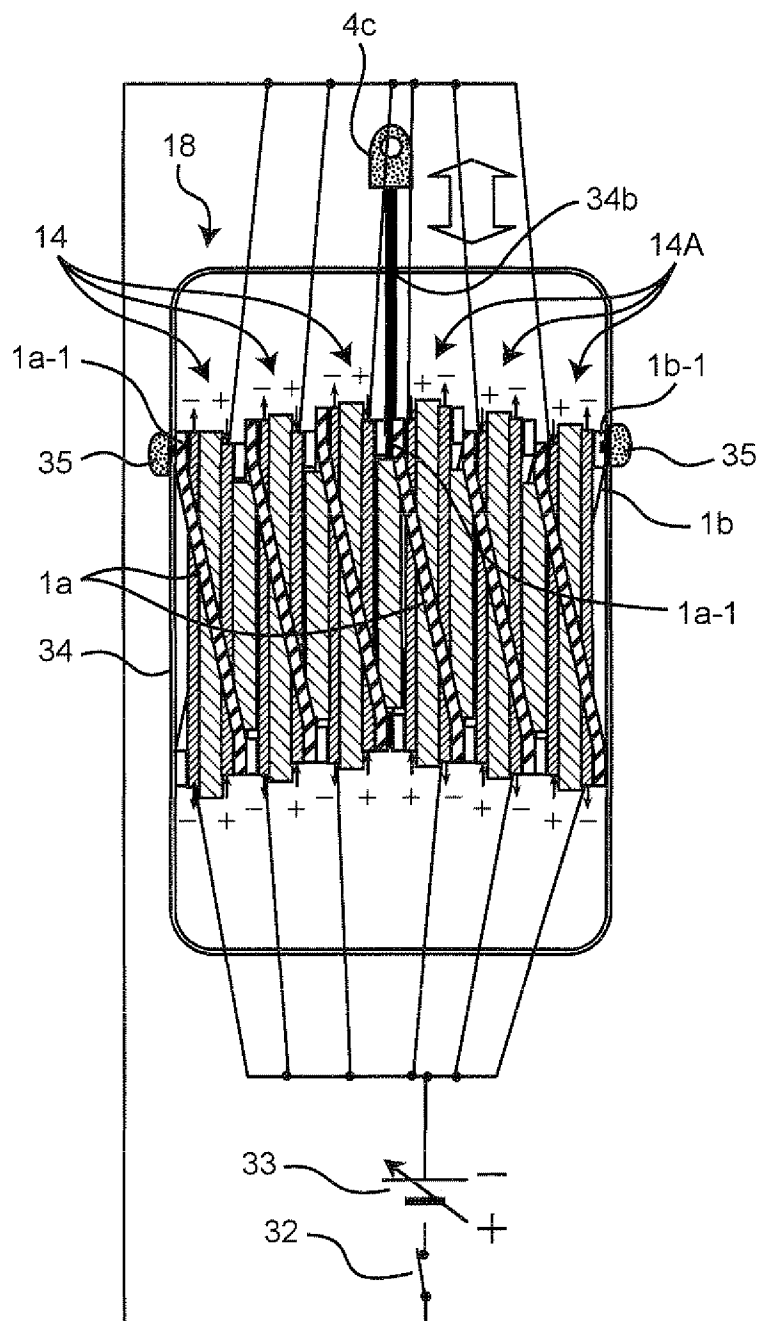
[図4A]



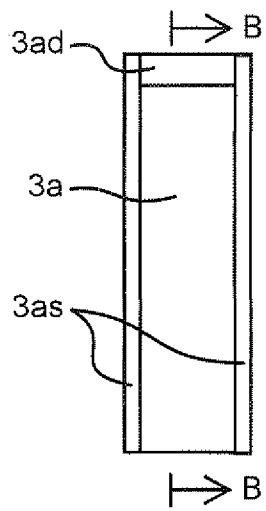
[図4B]



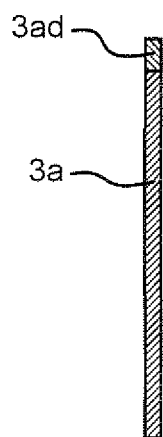
[図4C]



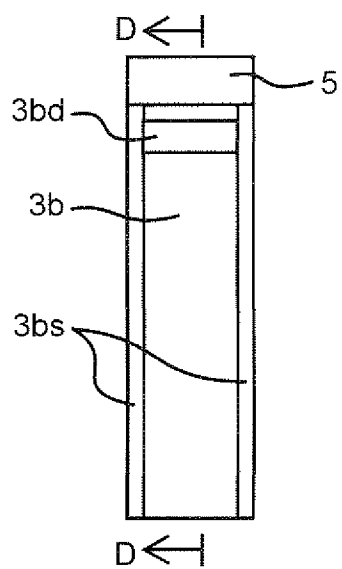
[図5A]



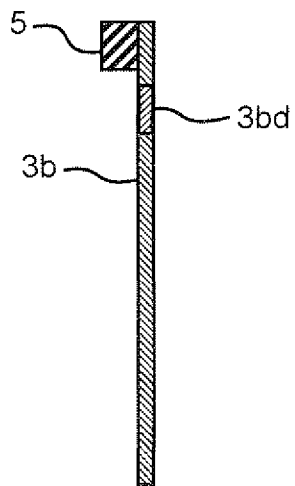
[図5B]



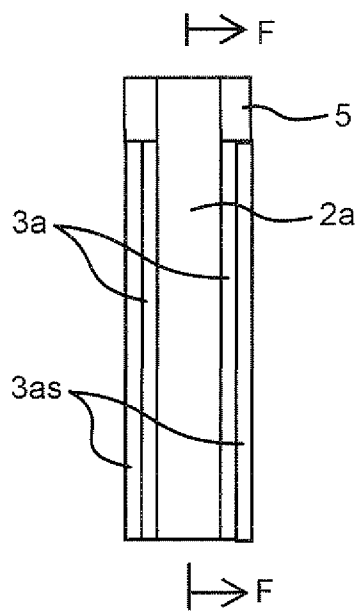
[図5C]



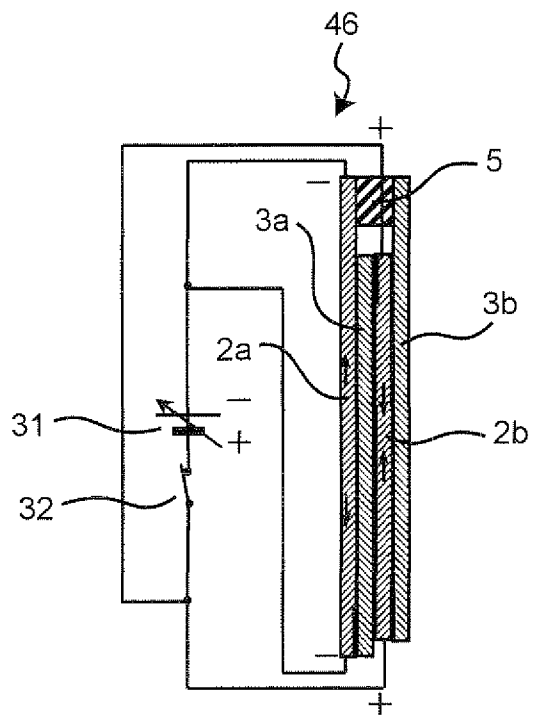
[図5D]



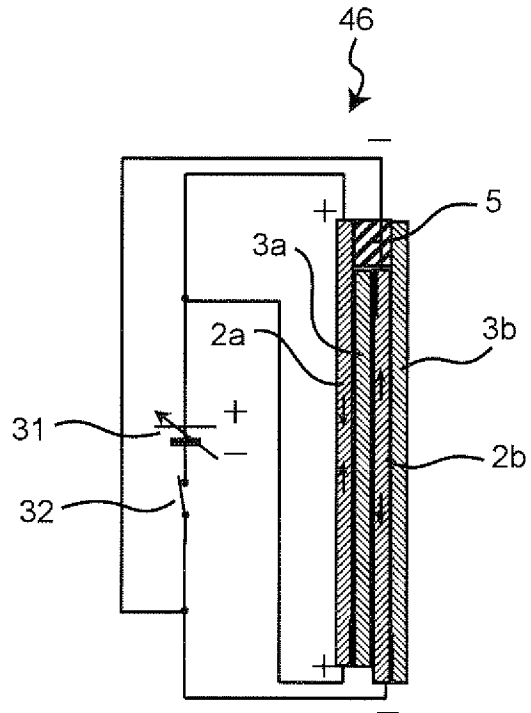
[図5E]



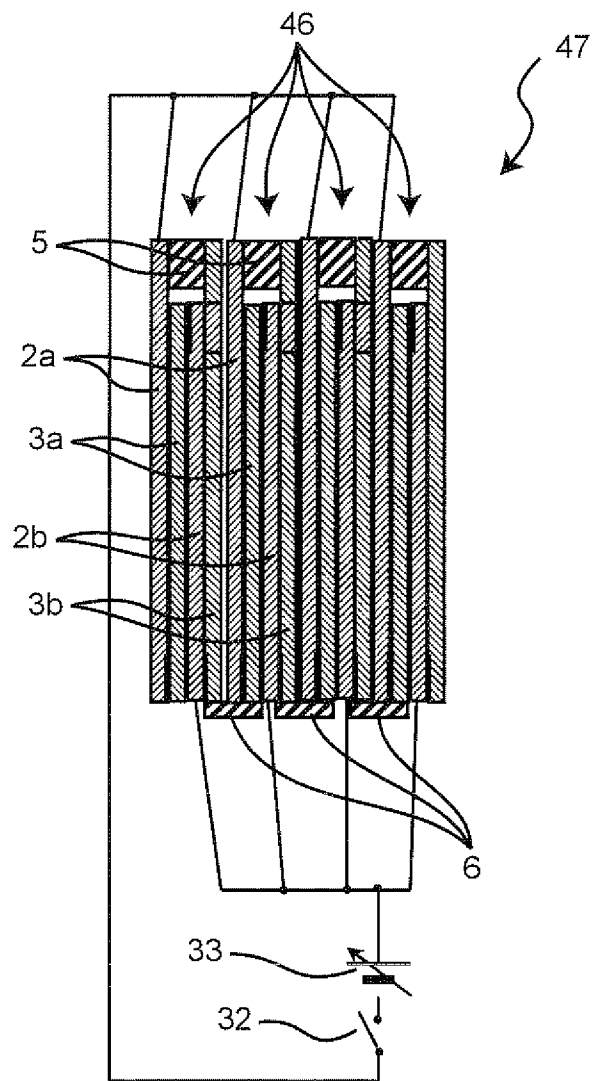
[図6B]



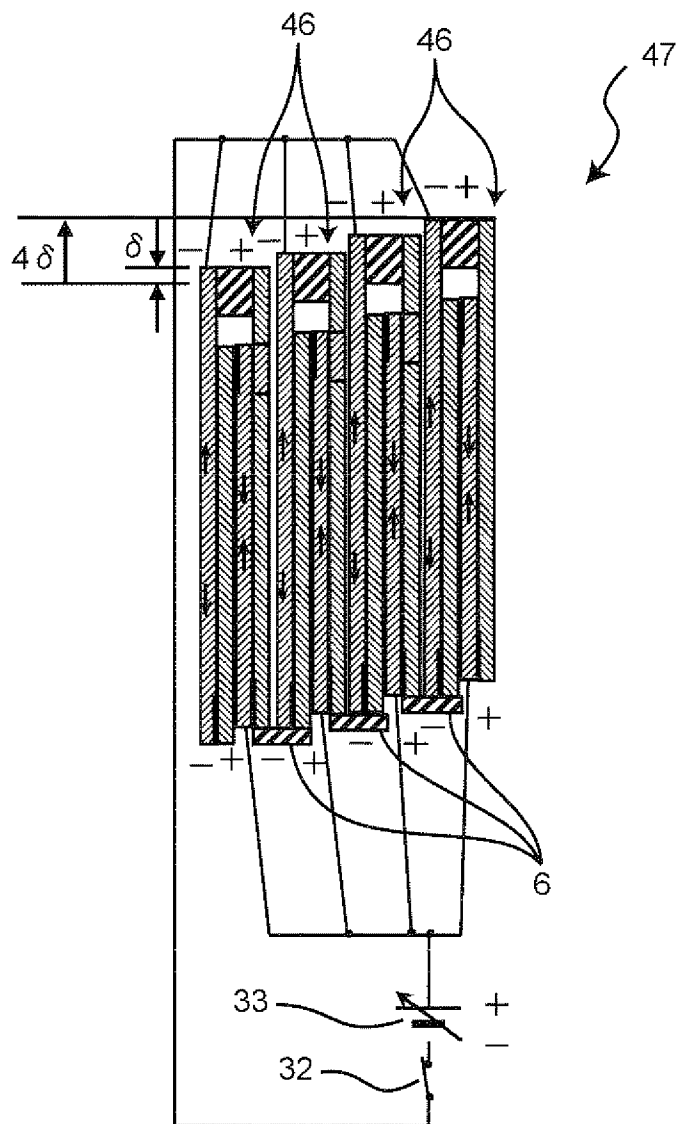
[図6C]



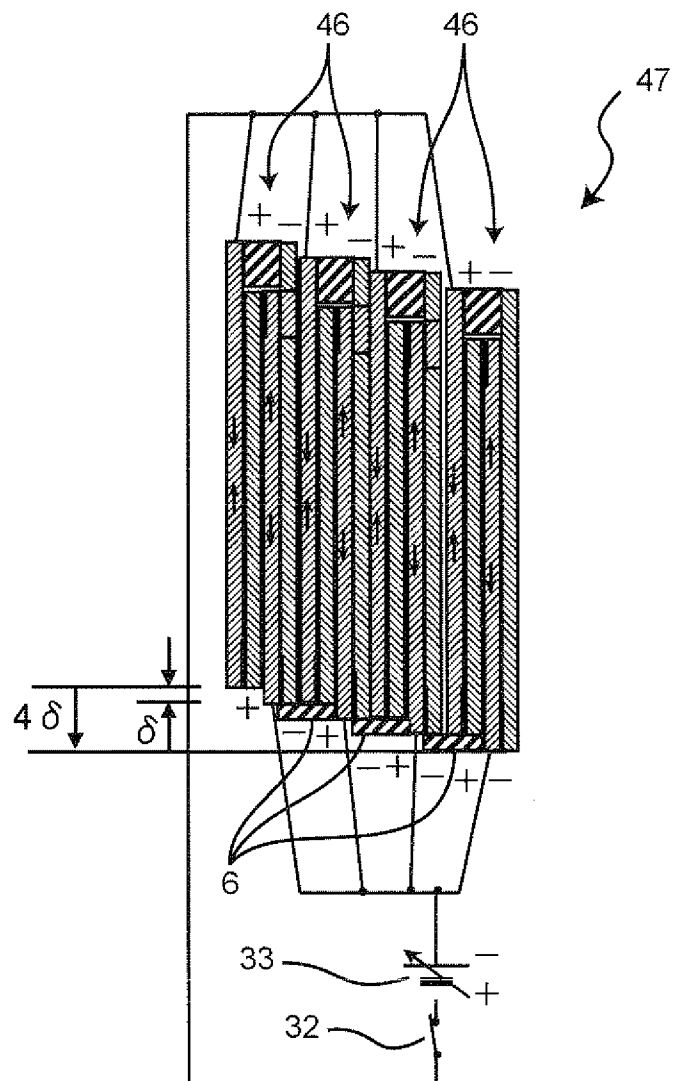
[図7A]



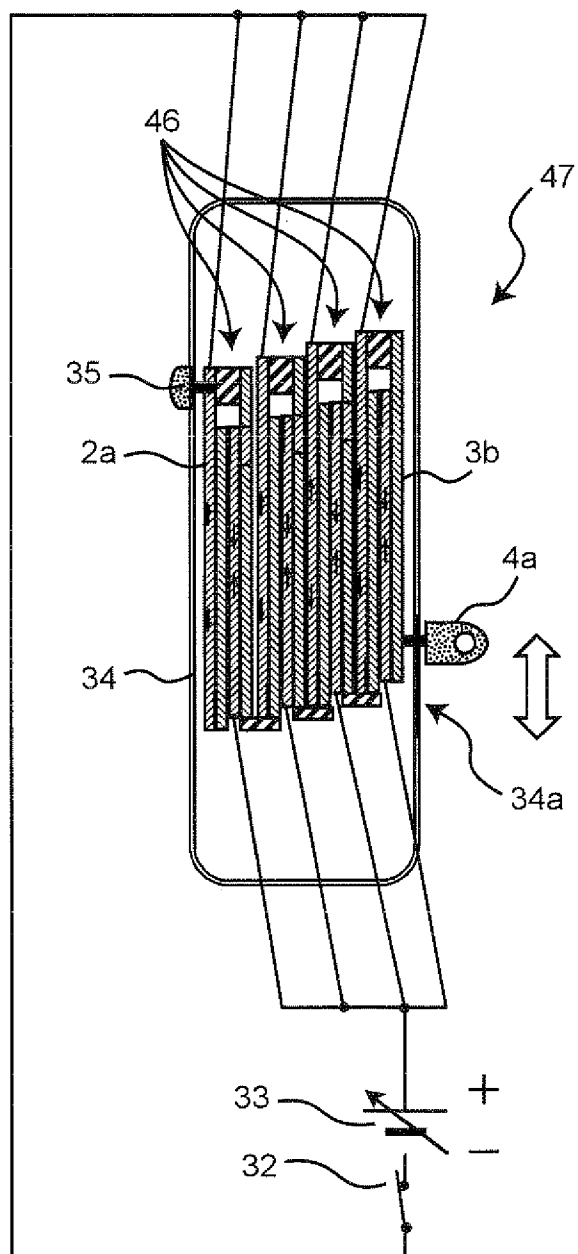
[図7B]



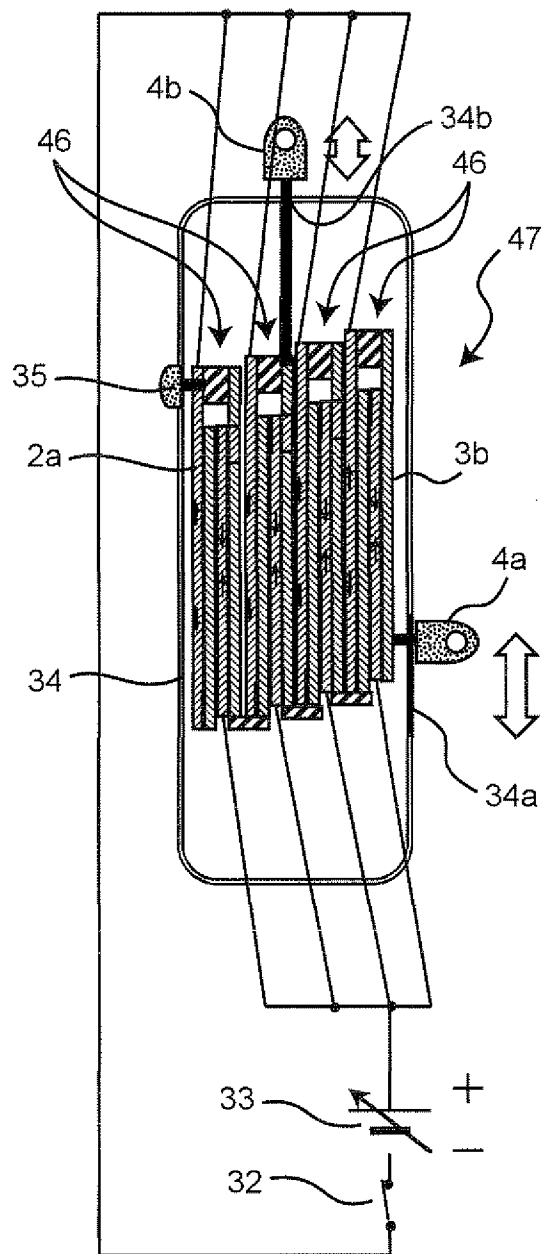
[図7C]



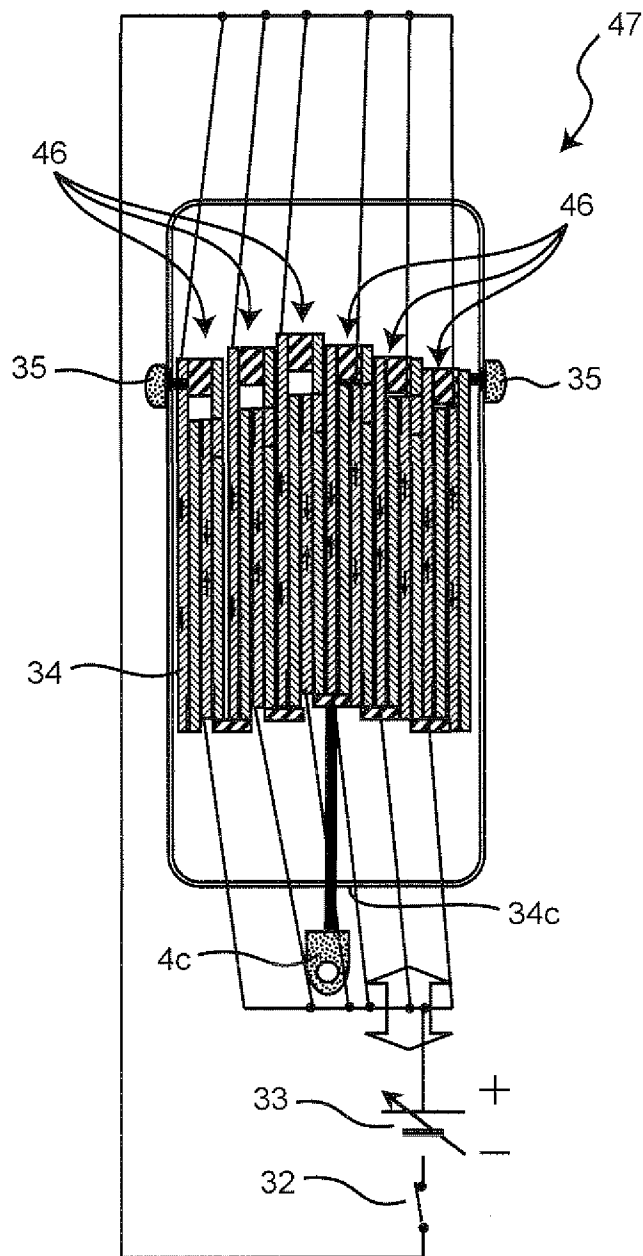
[図8A]



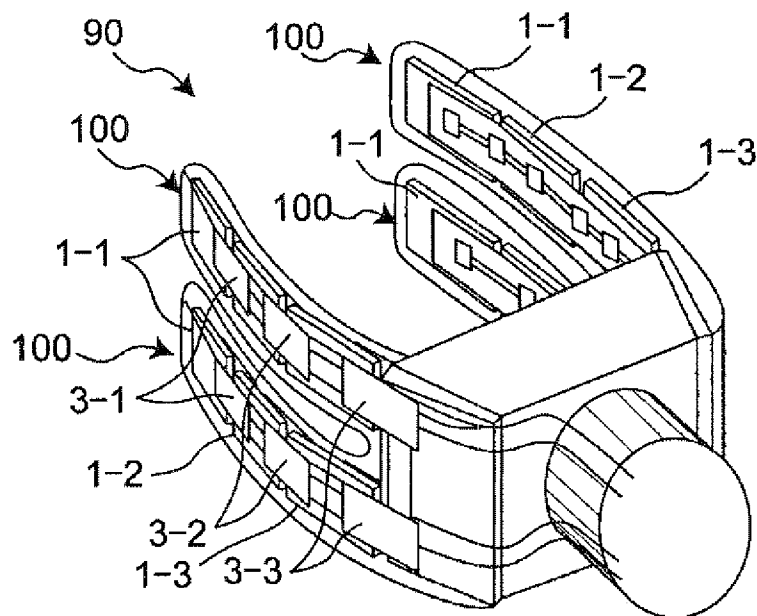
[図8B]



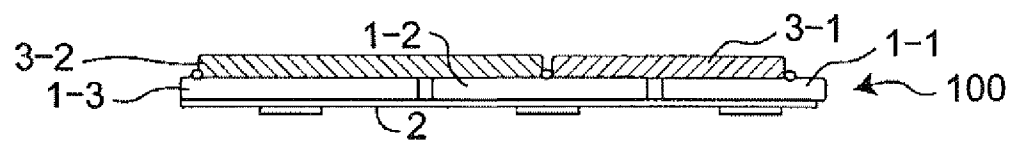
[図8C]



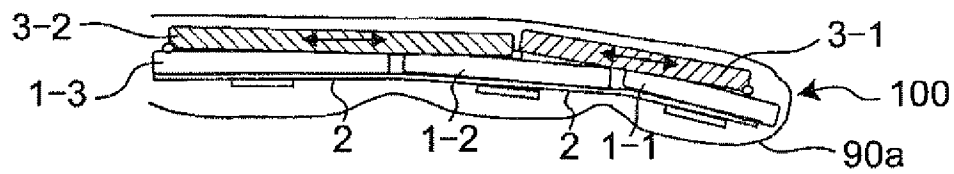
[図9A]



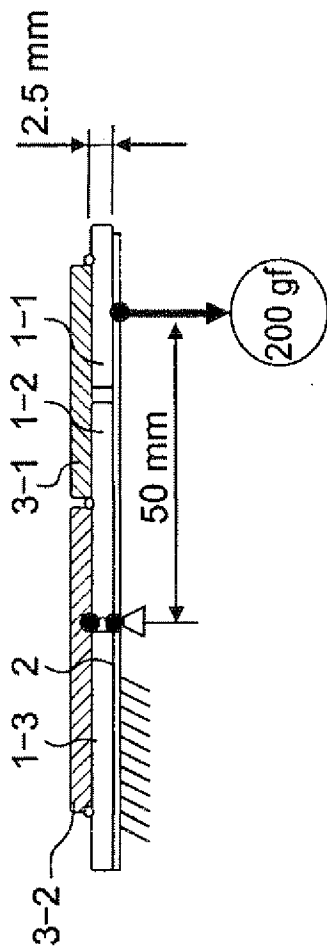
[図9B]



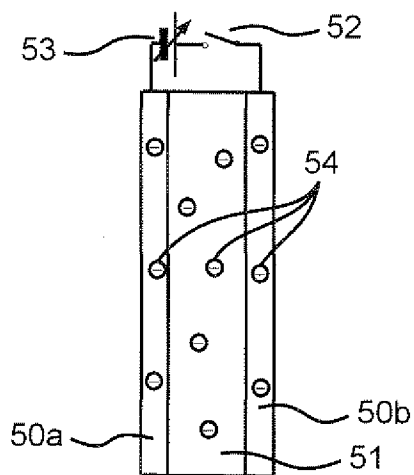
[図9C]



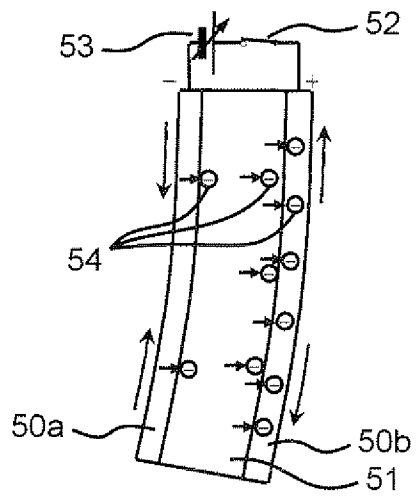
[図9D]



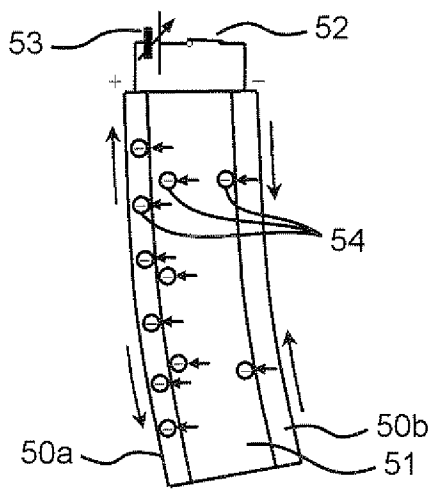
[図10A]



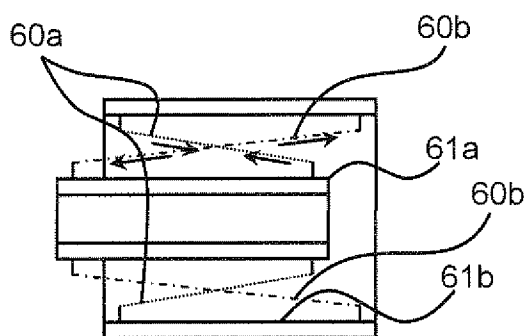
[図10B]



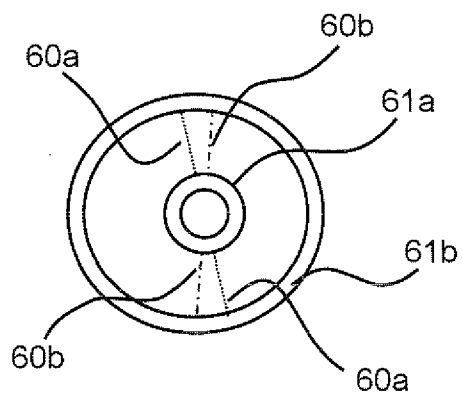
[図10C]



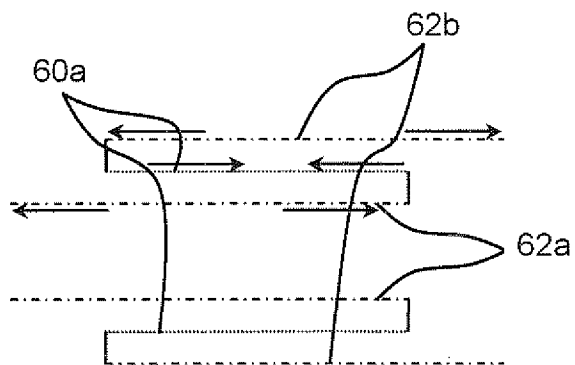
[図11A]



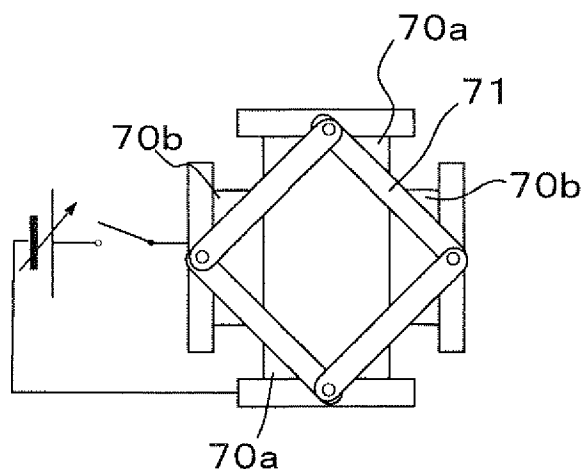
[図11B]



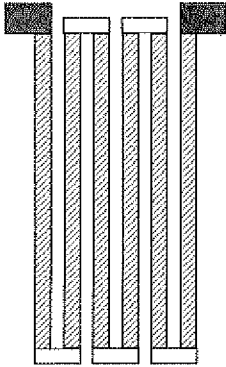
[図11C]



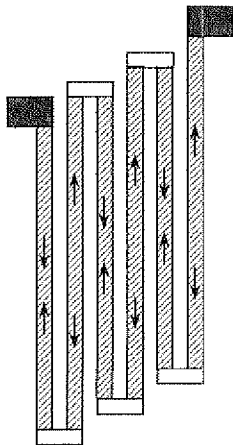
[図12]



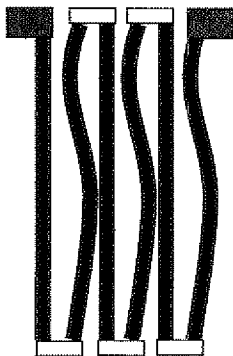
[図13A]



[図13B]



[図13C]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/005677

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02N11/00 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H02N11/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2010
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2010	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2010

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2006-125396 A (Toshiba Corp.), 18 May 2006 (18.05.2006), paragraphs [0050] to [0052]; fig. 6 to 7 (Family: none)	1-7
A	JP 2009-44898 A (Yamaha Corp.), 26 February 2009 (26.02.2009), paragraphs [0022] to [0029]; fig. 2 (Family: none)	1-7

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
17 December, 2010 (17.12.10)

Date of mailing of the international search report
28 December, 2010 (28.12.10)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H02N11/00 (2006.01) i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H02N11/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 0 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 0 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 0 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2006-125396 A（株式会社東芝）2006.05.18, 段落 0050-0052, 第 6-7 図（ファミリーなし）	1 - 7
A	JP 2009-44898 A（ヤマハ株式会社）2009.02.26, 段落 0022-0029, 第 2 図（ファミリーなし）	1 - 7

C 欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の 1 以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

1 7 . 1 2 . 2 0 1 0

国際調査報告の発送日

2 8 . 1 2 . 2 0 1 0

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）
郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5
東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号

特許庁審査官（権限のある職員）

平岩 正一

3 V

8 7 0 9

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 3 5 8