(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第6416503号
(P6416503)
(45)発行日　平成30年10月31日(2018.10.31)　(24)登録日　平成30年10月12日(2018.10.12)

(51)Int.Cl.　F I
H02N 11/00 (2006.01)　H02N 11/00 Z

請求項の数 8　(全 9 頁)

(21)出願番号　特願2014-106996(P2014-106996)
(22)出願日　平成26年5月23日(2014.5.23)
(65)公開番号　特開2015-223049(P2015-223049A)
(43)公開日　平成27年12月10日(2015.12.10)
審査請求日　平成29年5月19日(2017.5.19)

(73)特許権者　504180239
国立大学法人信州大学
長野県松本市旭三丁目１番１号
(74)代理人　100117226
弁理士　吉村　俊一
(72)発明者　橋本　稔
長野県上田市常田三丁目１５番１号　国立大学法人信州大学繊維学部内
(72)発明者　土屋　陽一郎
長野県上田市常田三丁目１５番１号　国立大学法人信州大学繊維学部内

審査官　服部　俊樹

最終頁に続く

(54)【発明の名称】ゲルアクチュエータ

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
陰極と、メッシュ材を有する陽極と、前記陰極と前記メッシュ材との間に挟まれたゲルシートと、を備え、
前記メッシュ材は、経糸及び緯糸で構成され、前記経糸及び前記緯糸は、非導電性の線材と、前記線材の表面に設けられた導電性被膜とを有する、ことを特徴とするゲルアクチュエータ。
【請求項２】
前記線材は、複数本の非導電性の線をより合わせた撚糸からなる、請求項１記載のゲルアクチュエータ。
【請求項３】
前記メッシュ材は、複数本の前記線材を平織りしたものである、請求項１又は２記載のゲルアクチュエータ。
【請求項４】
前記線材が高分子化合物からなり、前記導電性被膜が銅めっきからなる、請求項１～３のいずれか一項に記載のゲルアクチュエータ。
【請求項５】
前記ゲルシートのゲル材は、誘電性材料で構成される、請求項１～４のいずれか一項に記載のゲルアクチュエータ。
【請求項６】

前記ゲルシートが、ＰＶＣゲルからなる、請求項１～５のいずれか一項に記載のゲルアクチュエータ。
【請求項７】
複数の前記陽極と、複数の前記陰極とを備え、前記陽極と前記陰極とが交互に積層されている、請求項１～６のいずれか一項に記載のゲルアクチュエータ。
【請求項８】
２つの前記ゲルシートを備え、前記メッシュ材は前記２つのゲルシートに挟まれている、請求項１～７のいずれか一項に記載のゲルアクチュエータ。

【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明はゲルアクチュエータに関し、より詳細には陽極にフレキシブルメッシュ材を使用したゲルアクチュエータに関する。
【背景技術】
【０００２】
高分子材料を用いたアクチュエータはソフトで小型軽量な次世代アクチュエータとして注目されおり活発に開発が行なわれている、中でもPVC ゲルを用いたアクチ ュエータは大気中で安定駆動が可能あるため比較的制御ししやすりといった利点を持つ。本出願人は、PVCゲルを用いて電場駆動可能な収縮型アクチュエータ を開発し、駆動特性について研究し、収縮率10％、発生力400Pa(250V)、応答特性7Hzという駆動特性を得ている（特許文献１、２、非特許文献１、２）。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００３】
【特許文献１】特開２０１２－２３８４３号公報
【特許文献２】特開２０１２－１３０２０１号公報
【非特許文献】
【０００４】
【非特許文献１】静井章朗、森崇、加藤龍、森下壮一郎、横井浩史、“収縮型PVCゲルアクチュエータの構造と駆動特性”、第28回日本ロボット学会学術講演会、RSJ2010AC2J1-8,2010
【非特許文献２】山野美咲、橋本稔、高崎緑、平井利博、“メッシュ電極を用いた伸縮型PVCゲルアクチュエータの駆動特性”、第26回日本ロボット学会学術講演会、2A1-02,2008
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００５】
しかしながら、従来の収縮型アクチュエータは陽極として、ステンレス等の硬質な金属メッシュ電極を使用しているため、本来PVCゲルのもつフレキシブルな特性が損なわれ、ゲルアクチュエータを人体に装着したときのフィット性に課題があった。
【０００６】
本発明は、ゲルを用いた収縮型ゲルアクチュエータのメッシュ電極として従来の硬質なメッシュ電極にかえて、フレキシブルなメッシュ電極を使用し、ソフトでフレキシブル性に優れたゲルアクチュエータを提供することを目的とする。
【課題を解決するための手段】
【０００７】
本発明に係るゲルアクチュエータは、ゲルシートと、該ゲルシートを厚さ方向に挟む陰極及びメッシュ材からなる陽極とを備えるゲルアクチュエータにおいて、前記メッシュ材が、可撓性を有する非導電性の線材と、前記線材の表面に設けられた導電性被膜とを有することを特徴とする。

可撓性を有する非導電性の線材には、PET等の高分子化合物からなる線材を使用することができる。

線材の表面に導電性被膜を設けるのは、メッシュ材に導電性を付与するためである。導電性被膜により線材の表面を被覆する方法としては、銅めっき等のめっき方法、導電性材をコーティングする方法等が利用できる。

メッシュ材に用いる線材の線径やピッチ間隔はとくには限定されない。

【０００８】

また、前記線材の材質、形態はとくには限定されないが、非導電性の線材を複数本より合わせた撚糸を用いることができる。

また、前記線材が、複数本の非導電性の線材を平織りしたものが好適に使用できる。

本発明に係るゲルアクチュエータは、前記ゲルシートを厚さ方向に挟む配置として、前記陽極と前記陰極とを交互に積層した積層構造とすることが可能であり、積層構造とすることにより、より大きな変位と回復応力を得ることができる。

前記ゲルシートを構成するゲル材には、電圧を印加したときにクリープ現象を生じる誘電性材が使用できる。クリープ現象を生じる誘電性材料には、、ポリ塩化ビニル（PVC)、ポリメタクリル酸メチル、ポリウレタン、ポリスチレン、ポリ酢酸ビニル、ナイロン６、ポリビニルアルコール、ポリカーボネイト、ポリエチレンテレフタレート、ポリアクリロニトリル、シリコーンゴム等がある。PVCは低廉であり、容易にクリープ変形する点で好適に利用できる。

【発明の効果】

【０００９】

本発明に係るゲルアクチュエータによれば、ゲルアクチュエータを構成するゲルシートの可撓性を損なうことなく、全体として可撓性を有するアクチュエータとして提供される。

【図面の簡単な説明】

【００１０】

【図１】収縮型のゲルアクチュエータの構成とその作用を示す説明図である。

【図２】ゲルアクチュエータの陽極に使用したメッシュ材の写真である。

【図３】サンプルA～Fの変位量を測定した結果を示すグラフである。

【図４】サンプルA～Fの収縮率を測定した結果を示すグラフである。

【図５】サンプルA～Fの回復応力を測定した結果を示すグラフである。

【図６】サンプルGに用いたメッシュ材の写真である。

【図７】サンプルEとGの変位量と収縮率を測定した結果を示すグラフである。

【図８】サンプルEとGの回復応力を測定した結果を示すグラフである。

【図９】サンプルEとGの応答特性を測定した結果を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【００１１】

（ゲルアクチュエータの原理）

図１は、収縮型のゲルアクチュエータの構成とその作用を示す。収縮型のゲルアクチュエータは、図１に示すように、メッシュ状の陽極１０をゲルシート１２で挟み、ゲルシート１２の外面に箔状の陰極１４を設けた構成を備える（図１(a)）。陽極と陰極との間に電圧を印加すると、厚さ方向に収縮し（図１(b)）、電圧の印加を解除すると元の状態に復帰する（図１(a)）作用をなす。したがって、印加電圧のON-OFFを繰り返すと、厚さ方向に収縮－復帰する作用を繰り返す。

【００１２】

陽極と陰極との間に電圧（電場）を印加するとアクチュエータが厚さ方向に収縮するのは、電場を印加すると、ゲルがメッシュの空隙内に引き込まれる（陽極にゲルが這い出す）ためで、これによってゲルアクチュエータが厚さ方向に収縮する。この作用は、クリープ作用と呼ばれる現象で、電場を印加すると電荷が陰極からゲル内部に注入され、陽極近傍に電荷が移動して蓄積され、ゲルが陽極に静電気的に付着する作用によりゲルが変形し

、陽極上に這い出すようになる。

【００１３】

収縮型のゲルアクチュエータは、図１に示すように、ゲルシートによりメッシュ電極を挟み、ゲルシートをメッシュ電極と箔状の陰極とで挟む配置としたものである。ゲルアクチュエータの基本単位は、ゲルシートと陽極（メッシュ電極）と陰極であり、ゲルシートを厚さ方向に挟む配置として、メッシュ電極と陰極とを交互に積層することにより、積層構造のゲルアクチュエータとすることができる。積層構造とすることにより、単位構造からなるゲルアクチュエータと比較して、より大きな変位量、回復応力（発生応力）を得ることができる。

【００１４】

（サンプルの構成）

実験では、表１に示す６種のメッシュ材を陽極とするゲルアクチュエータを作製し、それぞれの特性を評価した。表１のA、B、C、Dは、PETからなる線材から形成したフレキシブルメッシュであり、E、Fはステンレスメッシュである。

サンプルA、Bは、PETの線材（基材）の表面に膜厚約１μｍの銅めっきを施して導電性を付与し、さらに耐久性を向上させる目的で黒色合金（ニッケルベース）を約0.1μｍの厚さにコーティングしたものである。サンプルC、Dは、PETの線材の表面に約１μｍの厚さに銅めっきを施したものである。サンプルE、Fは従来のゲルアクチュエータで使用しているステンレスメッシュである。

【００１５】

【表１】

サンプル	線材	導電性被膜	線径（μｍ）	ピッチ（μｍ）
A	PET	銅めっき／黒色合金	38	180
B	PET	銅めっき／黒色合金	25	190
C	PET	銅めっき	22	182
D	PET	銅めっき	横線：180 縦線：130	横線：180 縦線：130
E	SUS	－	90	254
F	SUS	－	40	102

【００１６】

図２に、実験で使用したメッシュ材の写真を示す。図２に示したA～Fのサンプルは、表１のA～Fのサンプルに対応する。いずれのメッシュ材も線材を平織りしたものである。サンプルDを除いて、メッシュ材の線材は断面形状が円形である。サンプルDは扁平な線材を使用したもので、横方向の線材と縦方向の線材で線幅の異なるものを使用している。

【００１７】

実験では、ポリ塩化ビニル（PVC）を用いてゲルシートを作製し、上記サンプルA～Fのメッシュ材と組み合わせてゲルアクチュエータを作製した。

ゲルシートは、ポリ塩化ビニルと、可塑剤のアジピン酸ジブチル（DBA)とを、テトラヒドロフラン（THF)を溶媒として混合して混合液を作製し、混合液をシャーレにキャストし、放置乾燥して作製した。PVCとDBAの重合比は10：40とした。

ゲルアクチュエータは、上記方法によって作製したゲルシートの一方の面にステンレス箔を付着させ、A～Fのメッシュを２枚のゲルシートで挟んで形成した。サンプルA～Fという場合は、上記メッシュ材A～Fを陽極に使用したサンプルの意味である。

ゲルシートは10ｍｍ×50ｍｍの長方形状で、厚さ200μｍである。陽極（メッシュ電極）と陰極はゲルシートよりも若干小さいものの円形のシート体である。図１に示すように、陰極はゲルシートよりも若干小型のものを使用した。

【００１８】

（変位量と収縮率の測定）

表１に示すA～Fの６種類のメッシュ材を用いて作製したゲルアクチュエータについて、メッシュ電極（陽極）と陰極との間に印加する電圧を40Vから200Vまで段階的に変えて、

ゲルアクチュエータの厚さ方向の変化量（収縮量）を測定した。ゲルアクチュエータの厚さ方向の変化量は、レーザ変位計を用いて計測した。

図３は、印加した電圧に対する変位量の測定結果、図４は収縮率の測定結果を示す。

サンプルA,B、C、Dが、陽極としてフレキシブルメッシュを使用したもの、サンプルE、Fは従来のステンレスメッシュを陽極に使用したものである。

【００１９】

図３に示すように、メッシュ電極としてフレキシブルメッシュを使用したサンプルについては、ステンレスメッシュを使用したものと比較して、変位量が大幅に小さく、印加電圧を変えても変位量が変化する傾向が見られなかった。これに対して、ステンレスメッシュを陽極とした従来のゲルアクチュエーでは、印加電圧を大きくするにともなって、変位量が増大する傾向が見られた。

【００２０】

図４に示す収縮率についても、同様の傾向がみられる。収縮率は次式で定義される。

収縮率（％）＝変位量／（陽極の厚さ＋陰極の厚さ×２）×100

陽極にフレキシブルメッシュ材を使用したサンプルA、B、C、Dの収縮率は、いずれも、1％以下であり、ステンレスメッシュを使用したサンプルE、Fのアクチュエータの収縮率と比較すると、サンプルEについては、印加電圧160Vで1/10程度、サンプルFについては、印加電圧160Vで1/4程度となった。

【００２１】

（回復応力の測定）

ゲルアクチュエータの陽極と陰極とに電圧を印加して厚さ方向に収縮させ、この点を原点として電圧の印加を解除し、元の状態に戻るときの応力を回復応力という。上述したサンプルA～Fについて、印加する電圧を変えて、回復応力を測定した。回復応力の測定にはロードセルを用いた。

図５に回復応力の測定結果を示す。図５に示す測定結果は、フレキシブルメッシュを使用したサンプルA、B、C、Dのうち、サンプルAが、ステンレスメッシュを使用するサンプルE、Fと遜色のない回復応力を示す一方、サンプルB、C、Dについては、20Pa以下の小さな回復応力しか得られなかった。

【００２２】

上述した実験結果をみると、フレキシブルメッシュ材を使用したサンプルA、B、C、Dは、ステンレスメッシュを陽極としたものと比較して、変位量、収縮率について、明らかに劣っている。サンプルB、C、Dは線径が、ステンレスメッシュのサンプルE、Fと比較して細いために、大きな変位量をとることができなかったと推定される。しかしながら、サンプルA（線径38μｍ）は、サンプルF（線径40μｍ）と同程度の線径であるから、サンプルFと同程度の変位量が確保できると想像される。サンプルAがサンプルFに比べてはるかに変位量、収縮率が劣っている理由としては、メッシュのピッチ間隔が異なること、フレキシブルメッシュとステンレスメッシュの表面性状が相異することが可能性として考えられる。

【００２３】

（他のサンプル例）

図６は、ゲルアクチュエータの陽極に使用するフレキシブルメッシュ材の他の例である。このフレキシブルメッシュ材(G)は、上述した変位量、収縮率、回復応力の測定において最もすぐれた結果を示したサンプルE(ステンレスメッシュ電極）と同等の線径を有するものである。表２に、フレキシブルメッシュ材（G)の寸法を示す。フレキシブルメッシュ材(G)は、PETからなる細い繊維（径：５μｍ）を数十本束ね、外径82μｍの撚糸状としたものを線材としてメッシュ状とし、その表面に銅めっきを施したものである（めっき厚１μｍ）

【表２】

サンプル	線材	導電性被膜	線径（μｍ）	ピッチ（μｍ）
G	PET	銅めっき	82	500

【００２４】

図７は、図６に示すフレキシブルメッシュ材を陽極として作製したゲルアクチュエータ(サンプルG)について、印加電圧を80Vから400Vまで段階的に変えて印加したときの変位量と収縮率の測定結果を示す。G-Dis.とE-Dis.は、サンプルGとサンプルEについての変位量、G-Con.とE-Con.は、サンプルGとサンプルEの収縮率を示す。

図７に示す測定結果は、サンプルGについて、変位量、収縮率ともに印加電圧とともに増大し、印加電圧400Vで変位量約0.09ｍｍ、収縮率約16％となった。この変位量と収縮率はステンレスメッシュを陽極とするサンプルEに匹敵する。

【００２５】

図８は、サンプルGとサンプルEについて、印加電圧を変えたときの回復応力を測定した結果を示す。

サンプルGの回復応力は、印加電圧とともに増大し、ステンレスメッシュ電極を使用するサンプルEにくらべて若干、回復応力は劣るものの、実用には十分利用できるレベルである。

【００２６】

図９は、サンプルGとサンプルEについて、アクチュエータの応答性を試験した結果を示す。アクチュエータの応答性は、陽極と陰極との間に電圧を印加したとき（立ち上がり）、電圧を解除したとき（立下り）の変位量が、10％から90％に達するまでに要する時間とした。

図９で、G-riseとE-riseは立ち上がり時の応答時間、G-fallとE-fallは立下り時の応答時間である。

フレキシブルメッシュ材を陽極とするサンプルGについては、立下り時の応答性がステンレスメッシュのサンプルEに比べて劣っているが、立ち上がり時間については、サンプルEと同様の良い結果が得られた。

【００２７】

上述した各実験結果は、フレキシブルメッシュ材をゲルアクチュエータの陽極に使用することで、所要の変位量、回復応力が得られることを示している。フレキシブルメッシュ材には、使用する線材の線径、メッシュのピッチ間隔、線材の表面を被覆する導電性被膜の材質、メッシュの織り等を種々選択可能である。

また、ゲルアクチュエータに使用するゲルシートの材質や厚さ等も、ゲルアクチュエータの変形量、回復応力に影響を与える。

したがって、フレキシブルメッシュ材を陽極に使用するゲルアクチュエータについては、フレキシブルメッシュ材の線径等、また、ゲルシートの材質、厚さを適宜設定して作製する必要がある。

【００２８】

上述したフレキシブルメッシュ材を陽極に使用したゲルアクチュエータは、ゲルシート自体の柔軟性を妨げることがなく、シート状に形成されるゲルアクチュエータとして十分な可撓性、変形性を備えるものとなる。したがって、人の歩行補助等のアクチュエータとして、シート体に形成したゲルアクチュエータを人体に装着するといった場合に、人の体形にフィットするように装着することが容易に可能になり、アクチュエータの作用力を的確に人体に作用させることが可能になる。また、ゲルアクチュエータ自体が柔軟性を備えることから、リンク材等の機械部材を装着する場合と比較して、装着感が良好になり、装着者の負担を軽減することが可能になる。

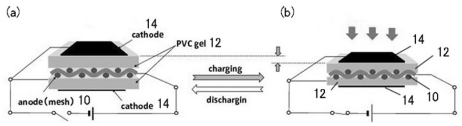
【符号の説明】

【００２９】

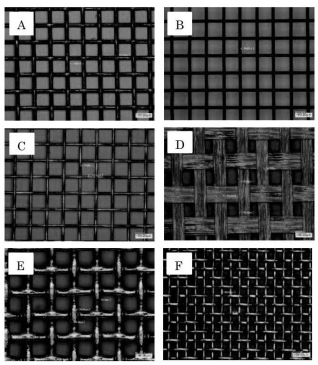
１０　陽極

１２　ゲルシート
１４　陰極

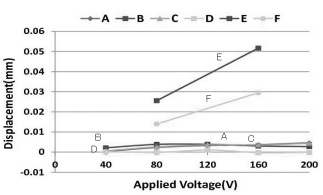
【図１】



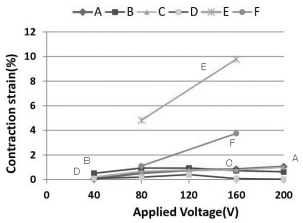
【図２】



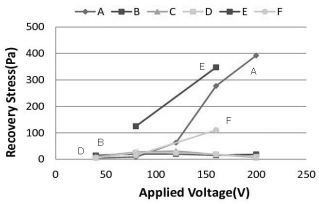
【図３】



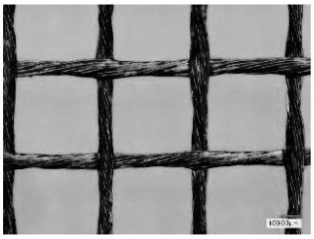
【図４】



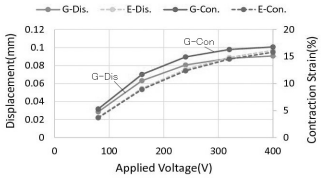
【図５】



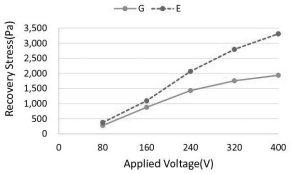
【図６】



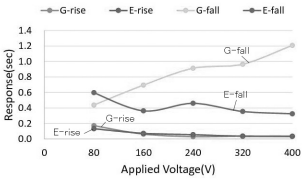
【図７】


G-Dis.
E-Dis.
G-Con.
E-Con.
Displacement(mm)
Contraction Strain(%)
G-Con
G-Dis
Applied Voltage(V)

【図８】


G
E
Recovery Stress(Pa)
Applied Voltage(V)

【図９】


G-rise
E-rise
G-fall
E-fall
Response(sec)
G-fall
E-fall
G-rise
E-rise
Applied Voltage(V)

フロントページの続き

(56)参考文献 特開２０１２－０２３８４３（ＪＰ，Ａ）
特開２０１２－０７９５３８（ＪＰ，Ａ）
特開２００８－１１３５４４（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｈ０２Ｎ　１１／００