

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2013-538963

(P2013-538963A)

(43) 公表日 平成25年10月17日(2013.10.17)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>F03G 3/00 (2006.01)</b>	F03G 3/00 A	3C707
<b>B60B 9/26 (2006.01)</b>	B60B 9/26	3H075
<b>F04B 9/00 (2006.01)</b>	F04B 9/00 B	3H130
<b>F04D 25/02 (2006.01)</b>	F04D 25/02 Z	3J030
<b>F16H 55/06 (2006.01)</b>	F16H 55/06	
審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 32 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2013-516780 (P2013-516780)  
 (86) (22) 出願日 平成23年6月23日 (2011. 6. 23)  
 (85) 翻訳文提出日 平成25年2月21日 (2013. 2. 21)  
 (86) 国際出願番号 PCT/US2011/041708  
 (87) 国際公開番号 W02011/163530  
 (87) 国際公開日 平成23年12月29日 (2011. 12. 29)  
 (31) 優先権主張番号 61/358, 439  
 (32) 優先日 平成22年6月25日 (2010. 6. 25)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 504306714  
 バテル・メモリアル・インスティテュート  
 BATTELLE MEMORIAL I  
 NSTITUTE  
 アメリカ合衆国 オハイオ州 43201  
 -2693 コロンブス キング アベニ  
 ュー 505  
 505 King Avenue, Co  
 lumbus, OH 43201-26  
 93 (US)  
 (74) 代理人 100091443  
 弁理士 西浦 ▲嗣▼晴  
 (74) 代理人 100130720  
 弁理士 ▲高▼見 良貴

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 エレクトロアクティブポリマー (EAP) をベースとした回転運動デバイス

## (57) 【要約】

回転運動デバイス(10)を提供する。1つの実施の形態では、回転運動デバイス(10)は、マス(12)と、外周構成部材(14)と、マス(12)と外周構成部材(14)とを接続し、少なくとも1つがエレクトロアクティブポリマーから構成されている複数のスポーク(16)とを備え、少なくとも1つのスポーク(16)は、少なくとも1つの入力電極を有し、且つ、少なくとも1つの入力電極に電圧を印加すると歪むように構成されており、回転運動デバイス(10)は、少なくとも1つのスポーク(16)が歪むことによって、マス(12)が動き、回転運動デバイス(10)が重力に対してバランスを崩し、回転するように構成されている。

【選択図】 図1

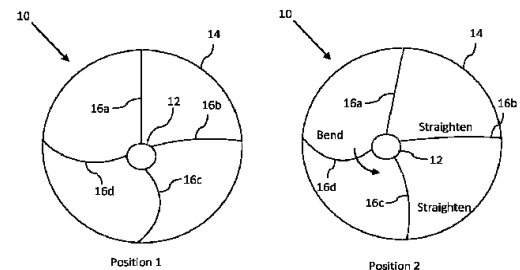


Figure 1

**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

マスと、

外周構成部材と、

前記マスと前記外周構成部材とを接続し、少なくとも 1 つがエレクトロアクティブポリマーから構成されている複数のスポークとを備え、

前記少なくとも 1 つのスポークは、少なくとも 1 つの入力電極を有し、且つ、前記少なくとも 1 つの入力電極に電圧を印加すると歪むように構成されており、

前記少なくとも 1 つのスポークが歪むことによって、前記マスが動き、重力に対してバランスを崩し、回転するように構成されていることを特徴とする回転運動デバイス。

10

**【請求項 2】**

前記エレクトロアクティブポリマーは、イオン性エレクトロアクティブポリマーからなる請求項 1 に記載の回転運動デバイス。

**【請求項 3】**

前記エレクトロアクティブポリマーは、イオンポリマーメタルコンポジットからなる請求項 1 に記載の回転運動デバイス。

**【請求項 4】**

前記マスは、ペイロードを支持するように構成されている請求項 1 に記載の回転運動デバイス。

**【請求項 5】**

20

前記複数のスポークは、2次元平面内を延び、

前記外周構成部材は、車輪を形成する請求項 1 に記載の回転運動デバイス。

**【請求項 6】**

前記複数のスポークは、3次元に延び、

前記外周構成部材は、球体を形成する請求項 1 に記載の回転運動デバイス。

**【請求項 7】**

前記マスが、それを中心として回転するように構成された軸をさらに備えている請求項 1 に記載の回転運動デバイス。

**【請求項 8】**

前記外周構成部材は、外側方向に向かって延びる複数のブレードを含む請求項 7 に記載の回転運動デバイス。

30

**【請求項 9】**

前記外周構成部材は、少なくとも 1 つのギヤの歯を含む請求項 7 に記載の回転運動デバイス。

**【請求項 10】**

前記外周構成部材は、ピンとクレセント・ガードとを備えており、

前記ピンを受け入れるように構成された少なくとも 1 つの凹部を有するクロス部をさらに備える請求項 7 に記載の回転運動デバイス。

**【請求項 11】**

前記外周構成部材の表面をトレースするように構成されたカムフォロアをさらに備え、

40

前記外周構成部材が回転すると、前記カムフォロアが前記外周構成部材の表面をトレースし、機構に対して前記外周構成部材の回転を伝達する請求項 7 に記載の回転運動デバイス。

**【請求項 12】**

軸と、

前記軸を中心として回転するように構成されたマスと、

外側方向に向かって延びる少なくとも 1 つのブレードを有する外周構成部材と、

前記マスと前記外周構成部材とを接続し、少なくとも 1 つがエレクトロアクティブポリマーから構成されている複数のスポークとを備え、

前記少なくとも 1 つのスポークは、少なくとも 1 つの入力電極を有し、且つ、前記少な

50

くとも1つの入力電極に電圧を印加すると歪むように構成されており、

前記少なくとも1つのスポークが歪むことによって、前記マスが動き、重力に対してバランスを崩し、前記軸を中心として回転するように構成されていることを特徴とするファン。

【請求項13】

マスと、

外周構成部材と、

前記マスと前記外周構成部材とを接続し、少なくとも1つがエレクトロアクティブポリマーから構成されている複数のスポークとを備え、

前記少なくとも1つのスポークは、少なくとも1つの入力電極を有し、且つ、前記少なくとも1つの入力電極に電圧を印加すると歪むように構成されており、

前記少なくとも1つのスポークが歪むことによって、前記マスが動き、重力に対してバランスを崩し、ロールするように構成されていることを特徴とするペイロード輸送システム。

10

【請求項14】

前記複数のスポークは、2次元平面内を延び、

前記外周構成部材は、車輪を形成する請求項13に記載のペイロード輸送システム。

【請求項15】

前記複数のスポークは、3次元に延び、

前記外周構成部材は、球体を形成する請求項13に記載のペイロード輸送システム。

20

【請求項16】

前記マスは、ペイロードを支持するように構成されている請求項13に記載のペイロード輸送システム。

【請求項17】

(1)少なくとも第1の車輪及び第2の車輪と、

(2)前記第1の車輪と前記第2の車輪を接続し、前記第1の車輪及び前記第2の車輪がそれを中心として回転する軸と、

(3)前記軸に接続され、ペイロードを支持するように構成されたプラットフォームとを備え、

前記第1の車輪及び前記第2の車輪のそれぞれは、

30

(a)マスと、

(b)外周構成部材と、

(c)前記マスと前記外周構成部材とを接続し、少なくとも1つがエレクトロアクティブポリマーから構成されている複数のスポークとを備え、

前記少なくとも1つのスポークは、少なくとも1つの入力電極を有し、且つ、前記少なくとも1つの入力電極に電圧を印加すると歪むように構成されており、

前記第1の車輪及び前記第2の車輪のそれぞれは、前記少なくとも1つのスポークが歪むことによって、前記マスが動き、前記第1の車輪及び前記第2の車輪のそれぞれが重力に対してバランスを崩し、ロールするように構成されていることを特徴とするペイロード輸送システム。

40

【請求項18】

(1)実質的に平らな板であり、少なくとも1つのギアの歯を有するラックと、

(2)ピニオンとを備え、

前記ピニオンは、

(a)軸と、

(b)前記軸を中心として回転するように構成されたマスと、

(c)少なくとも1つのギアの歯を有する外周構成部材と、

(d)前記マスと前記外周構成部材とを接続し、少なくとも1つがエレクトロアクティブポリマーから構成されている複数のスポークとを備え、

前記少なくとも1つのスポークは、少なくとも1つの入力電極を有し、且つ、前記少な

50

くとも１つの入力電極に電圧を印加すると歪むように構成されており、

前記ピニオンは、前記少なくとも１つのスポークが歪むことによって、前記マスが動き、前記ピニオンが重力に対してバランスを崩し、前記軸を中心として回転するように構成されていることを特徴とするラック・アンド・ピニオンシステム。

【請求項 １ ９】

前記マスが前記軸を中心として回転する場合に、前記ラックの前記少なくとも１つのギヤの歯と、前記外周構成部材の前記少なくとも１つのギヤの歯とが、噛み合うように構成されている請求項 １ ８に記載のラック・アンド・ピニオンシステム。

【請求項 ２ ０】

(1)ピストンと、

10

(2)ローラ部と、

(3)前記ローラ部を前記ピストンに接続する接続ロッドとを備え、

前記ローラ部は、

(a)軸と、

(b)前記軸を中心として回転するように構成されたマスと、

(c)外周構成部材と、

(d)前記マスと前記外周構成部材とを接続し、少なくとも１つがエレクトロアクティブポリマーから構成されている複数のスポークとを備え、

前記少なくとも１つのスポークは、少なくとも１つの入力電極を有しており、前記少なくとも１つの入力電極に電圧を印加すると歪むように構成されており、

20

前記ローラ部は、前記少なくとも１つのスポークが歪むことによって、前記マスが動き、前記ローラ部が重力に対してバランスを崩し、前記軸を中心として回転するように構成されていることを特徴とする回転運動と往復運動の間の変換を行うデバイス。

【請求項 ２ １】

前記軸を中心とする前記マスの回転により、前記接続ロッドが前記ピストンを往復運動させるように構成されている請求項 ２ ０に記載の回転運動と往復運動の間で変換を行うデバイス。

【請求項 ２ ２】

(1)枢軸点と、

(2)前記枢軸点を中心に枢動するように構成されたシャフトと、

30

(3)ローラ部と、

(4)前記ローラ部を、前記シャフトに接続する接続ロッドとを備え、

前記ローラ部は、

(a)軸と、

(b)前記軸を中心として回転するように構成されたマスと、

(c)外周構成部材と、

(d)前記マスと前記外周構成部材とを接続し、少なくとも１つがエレクトロアクティブポリマーから構成されている複数のスポークとを備え、

前記少なくとも１つのスポークは、少なくとも１つの入力電極を有し、且つ、前記少なくとも１つの入力電極に電圧を印加すると歪むように構成されており、

40

前記ローラ部は、前記少なくとも１つのスポークが歪むことによって、前記マスが動き、前記ローラ部が重力に対してバランスを崩し、前記軸を中心として回転するように構成されていることを特徴とするクランクシステム。

【請求項 ２ ３】

前記軸を中心とする前記マスの回転により、前記接続ロッドが前記シャフトを前記枢軸点を中心に枢動させるように構成されている請求項 ２ ２に記載のクランクシステム。

【請求項 ２ ４】

(1)少なくとも２つのローラと、

(2)回転可能なアーム部と、

(3)前記回転可能なアーム部を前記少なくとも２つのローラに接続する接続部とを備え

50

、  
前記少なくとも2つのローラのそれぞれは、

- (a) 軸と、
- (b) 前記軸を中心として回転するように構成されたマスと、
- (c) 外周構成部材と、
- (d) 前記マスと前記外周構成部材を接続し、少なくとも1つがエレクトロアクティブ

ポリマーから構成されている複数のスポークとを備え、

前記少なくとも1つのスポークは、少なくとも1つの入力電極を有し、且つ、前記少なくとも1つの入力電極に電圧を印加すると歪むように構成されており、

前記少なくとも2つのローラのそれぞれは、前記少なくとも1つのスポークが歪むことによって、前記マスが動き、前記少なくとも2つのローラのそれぞれが重力に対してバランスを崩し、前記軸を中心として回転するように構成されていることを特徴とするロボットアームシステム。

10

【請求項25】

前記少なくとも2つのローラの回転により、前記回転可能なアーム部が回転するように構成されている請求項24に記載のロボットアームシステム。

【請求項26】

- (1) ローラと、
- (2) クロス部とを備え、

前記ローラは、

20

- (a) 軸と、
- (b) 前記軸を中心として回転するように構成されたマスと、
- (c) ピン及びクレセント・ガードを有する外周構成部材と、
- (d) 前記マスと前記外周構成部材とを接続し、少なくとも1つがエレクトロアクティブ

ポリマーから構成されている複数のスポークとを備え、

前記クロス部は、前記ピンを受け入れるように構成された少なくとも1つの凹部を備え

、  
前記少なくとも1つのスポークは、少なくとも1つの入力電極を有し、且つ、前記少なくとも1つの入力電極に電圧を印加すると歪むように構成されており、

前記ローラは、前記少なくとも1つのスポークが歪むことによって、前記マスが動き、前記ローラが重力に対してバランスを崩し、前記軸を中心として回転するように構成されていることを特徴とするゼネバ装置。

30

【請求項27】

前記ローラの回転により、前記クロス部が回転するように構成されている請求項26に記載のゼネバ装置。

【請求項28】

- (1) ローラと、
- (2) 前記ローラの表面をトレースするように構成されたカムフォロアとを備え、

前記ローラは、

40

- (a) 軸と、
- (b) 前記軸を中心として回転するように構成されたマスと、
- (c) 外周構成部材と、
- (d) 前記マスと前記外周構成部材とを接続し、少なくとも1つがエレクトロアクティブ

ポリマーから構成されている複数のスポークとを備え、

前記少なくとも1つのスポークは、少なくとも1つの入力電極を有し、且つ、前記少なくとも1つの入力電極に電圧を印加すると歪むように構成されており、

前記ローラのそれぞれは、前記少なくとも1つのスポークが歪むことによって、前記マスが動き、前記ローラのそれぞれが重力に対してバランスを崩し、前記軸のそれぞれを中心として回転するように構成され、

前記ローラの回転により、前記カムフォロアが前記ローラの表面をトレースし、前記ロ

50

ーラの回転を機構に対して伝達することを特徴とする回転運動と変則運動の間の変換を行うデバイス。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

[関連出願の相互参照]

本願は、2010年6月25日出願の米国特許仮出願第61/358,439の優先権を主張するもので、この仮出願の開示内容は、本明細書での参照によって本明細書に明示的に組み込まれる。

【背景技術】

【0002】

回転運動デバイス (rotary motion device) は、様々な産業及び毎日の生活において一般的なものである。回転運動デバイスの一例は、回転モータ (rotary motor) である。回転モータは、入力エネルギー (input energy) (例: コイルに印加された電気エネルギー) を機械エネルギー (mechanical energy) に変換する。典型的には、機械エネルギーは、シャフトの回転運動として出力される。

【0003】

回転運動デバイスは、モータに限られるものではない。むしろ、回転運動は、単純に円運動として定義されてもよい。したがって、周知の回転運動デバイスは、例えば、複数の車輪またはラック・アンド・ピニオン等により回転運動を直線運動に; ピストン、ギア機構 (geared mechanism) またはカルダン・ギア (Cardan gear) 等により回転運動を往復運動 (reciprocating motion) に; クランク (crank) または早戻り (quick return) 等により回転運動を揺動運動 (oscillation motion) に; ゼネバ装置 (Geneva stop) 等により回転運動を間欠運動 (intermittent motion) に; カム (cam) 等により回転運動を変則運動 (irregular motion) に変換するデバイスを含んでいてもよい。回転運動デバイスは、例えば、医療、宇宙、ロボット及びバイオメディックのアプリケーション、微小電気機械素子 (MEMS)、娯楽機器 (entertainment device) 及び振動を検出する必要があるデバイス (devices requiring vibration sensing) 等、他の様々な用途においても一般的なものである。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

従来の回転運動デバイスは、多くの場合、重く、かさ高で、軽量であること若しくは継続的に出力できること、またはその両方を必要とする多くのアプリケーションに適していない。最近の進歩は、これらの欠点のうちいくつかのものについて対処しており、エレクトロアクティブポリマー (electroactive polymers) ("EAP"s) の使用を含むものである。EAPは、入力エネルギーと機械エネルギーとの間で変換を行う。回転モータとの関連で、EAPに接続された電極に電圧を印加すると、EAPは歪ませられる (deflect)。この歪みは、回転運動、すなわち、出力シャフト (power output shaft) の回転に変換される。ポリマーを繰り返し歪ませることによって、出力シャフトの継続的な回転を生じさせることができる。

【0005】

回転運動デバイスのためにEAPを用いる既知のものは、主に、EAPの線形的な歪み及び/または仕事 (work) が行われる物 (article) の抵抗 (resistance) (例: モータのシャフトの回転抵抗 [turning resistance]) 及び重力 (例: モータクランクアームの重量を重力に反して引っ張る) の両方を克服しなければならないデバイス構造のものに限られている。

【0006】

本発明の実施の形態は、従来の回転運動デバイス及び既知のEAPをベースとした回転運動デバイスの1以上の制限を克服することが可能なように、回転運動デバイスにおいて

10

20

30

40

50

EAPを用いることを開示している。

【課題を解決するための手段】

【0007】

1つの実施の形態では、回転運動デバイスを提供する。回転運動デバイスは、マス(mass)と、外周構成部材(circumferential component)と、マスを外周構成部材に接続し、少なくとも1つがエレクトロアクティブポリマーから構成されている複数のスポーク(spokes)とを備えており、少なくとも1つのスポークは、少なくとも1つの入力電極(at least one input electrode)を有し、且つ、少なくとも1つの入力電極に電圧を印加すると歪むように構成されており、回転運動デバイスは、少なくとも1つのスポークが歪むことによって、マスが動き、回転運動デバイスが重力に対してバランスを崩し、回転する(rotate)ように構成されている。

10

【0008】

他の実施の形態では、EAPを動力とするファンを提供する。ファンは、軸(axle)と、軸を中心として回転するように構成されたマスと、外側方向に向かって延びる少なくとも1つのブレードを有する外周構成部材と、マスと外周構成部材とを接続し、少なくとも1つがエレクトロアクティブポリマーから構成されている複数のスポークとを備えており、少なくとも1つのスポークは、少なくとも1つの入力電極を有し、且つ、少なくとも1つの入力電極に電圧を印加すると歪むように構成されており、ファンは、少なくとも1つのスポークが歪むことによって、マスが動き、ファンが重力に対してバランスを崩し、軸を中心として回転するように構成されている。

20

【0009】

他の実施の形態では、ペイロード輸送システム(payload transport systems)を提供する。1つの実施の形態のペイロード輸送システムは、マスと、外周構成部材と、マスと外周構成部材とを接続し、少なくとも1つがエレクトロアクティブポリマーから構成されている複数のスポークとを備えており、少なくとも1つのスポークは、少なくとも1つの入力電極を有し、且つ、少なくとも1つの入力電極に電圧を印加すると歪むように構成されており、ペイロード輸送システムは、少なくとも1つのスポークが歪むことによって、マスが動き、ペイロード輸送システムが重力に対してバランスを崩し、ロールする(roll)ように構成されている。

30

【0010】

他の実施の形態のペイロード輸送システムは、(1)少なくとも第1の車輪(wheel)及び第2の車輪と、(2)第1の車輪と第2の車輪を接続し、第1の車輪及び第2の車輪がそれを中心として回転する軸と、(3)軸に接続され、ペイロードを支持するように構成されたプラットフォームとを備え、第1の車輪及び第2の車輪のそれぞれは、(a)マスと、(b)外周構成部材と、(c)マスと外周構成部材とを接続し、少なくとも1つがエレクトロアクティブポリマーから構成されている複数のスポークとを備えており、少なくとも1つのスポークは、少なくとも1つの入力電極を有し、且つ、少なくとも1つの入力電極に電圧を印加すると歪むように構成されており、第1の車輪及び第2の車輪のそれぞれは、少なくとも1つのスポークが歪むことによって、マスが動き、第1の車輪及び第2の車輪のそれぞれが重力に対してバランスを崩し、ロールするように構成されている。

40

【0011】

さらに他の実施の形態では、ラック・アンド・ピニオンシステムを提供する。ラック・アンド・ピニオンシステムは、(1)実質的に平らな板であり、少なくとも1つのギアの歯を有するラックと、(2)ピニオンとを備え、ピニオンは、(a)軸と、(b)軸を中心として回転するように構成されたマスと、(c)少なくとも1つのギアの歯を有する外周構成部材と、(d)マスと外周構成部材とを接続し、少なくとも1つがエレクトロアクティブポリマーから構成されている複数のスポークとを備えており、少なくとも1つのスポークは、少なくとも1つの入力電極を有し、且つ、少なくとも1つの入力電極に電圧を印加すると歪むように構成されており、ピニオンは、少なくとも1つのスポークが歪むことによって、マスが動き、ピニオンが重力に対してバランスを崩し、軸を中心として回転するように構成

50

されている。1つの実施の形態では、ラック・アンド・ピニオンシステムは、マスが軸を中心として回転する場合に、1つのラックの少なくとも1つのギヤの歯と、外周構成部材の少なくとも1つのギヤの歯とが、噛み合うように構成されていてもよい。

【0012】

他の実施の形態では、回転運動と往復運動の間の変換を行うデバイスを提供する。回転運動と往復運動の間の変換を行うデバイスは、(1)ピストンと、(2)ローラ部と、(3)ローラ部をピストンに接続する接続ロッド (connecting rod) とを備え、ローラ部は、(a)軸と、(b)軸を中心として回転するように構成されたマスと、(c)外周構成部材と、(d)マスと外周構成部材とを接続し、少なくとも1つがエレクトロアクティブポリマーから構成されている複数のスポークとを備えており、少なくとも1つのスポークは、少なくとも1つの入力電極を有し、且つ、少なくとも1つの入力電極に電圧を印加すると歪むように構成されており、ローラ部は、少なくとも1つのスポークが歪むことによって、マスが動き、ローラ部が重力に対してバランスを崩し、軸を中心として回転するように構成されている。1つの実施の形態では、回転運動と往復運動の間の変換を行うデバイスは、軸を中心とするマスの回転により、接続ロッドがピストンを往復運動させてもよい。

【0013】

他の実施の形態では、クランクシステムを提供する。クランクシステムは、(1)枢軸点 (pivot point) と、(2)枢軸点を中心に枢動するように構成されたシャフトと、(3)ローラ部と、(4)ローラ部を、シャフトに接続する接続ロッドとを備え、ローラ部は、(a)軸と、(b)軸を中心として回転するように構成されたマスと、(c)外周構成部材と、(d)マスと外周構成部材とを接続し、少なくとも1つがエレクトロアクティブポリマーから構成されている複数のスポークとを備えており、少なくとも1つのスポークは、少なくとも1つの入力電極を有し、且つ、少なくとも1つの入力電極に電圧を印加すると歪むように構成されており、ローラ部は、少なくとも1つのスポークが歪むことによって、マスが動き、ローラ部が重力に対してバランスを崩し、軸を中心として回転するように構成されている。1つの実施の形態では、クランクシステムは、軸を中心とするマスの回転により、接続ロッドがシャフトを枢軸点を中心に枢動させる。

【0014】

他の実施の形態では、ロボットアームシステムを提供する。ロボットアームシステムは、(1)少なくとも2つのローラと、(2)回転可能なアーム部と、(3)回転可能なアーム部を少なくとも2つのローラに接続する接続部とを備え、少なくとも2つのローラのそれぞれは、(a)軸と、(b)軸を中心として回転するように構成されたマスと、(c)外周構成部材と、(d)マスと外周構成部材とを接続し、少なくとも1つがエレクトロアクティブポリマーから構成されている複数のスポークとを備えており、少なくとも1つのスポークは、少なくとも1つの入力電極を有し、且つ、少なくとも1つの入力電極に電圧を印加すると歪むように構成されており、少なくとも2つのローラのそれぞれは、少なくとも1つのスポークが歪むことによって、マスが動き、少なくとも2つのローラのそれぞれが重力に対してバランスを崩し、軸を中心として回転するように構成されている。1つの実施の形態では、少なくとも2つのローラの回転により、回転可能なアーム部が回転する。

【0015】

他の実施の形態では、ゼネバ装置を提供する。ゼネバ装置は、(1)ローラと、(2)クロス部 (cross) とを備え、ローラは、(a)軸と、(b)軸を中心として回転するように構成されたマスと、(c)ピン及びクレセント・ガード (crescent guard) を有する外周構成部材と、(d)マスと外周構成部材とを接続し、少なくとも1つがエレクトロアクティブポリマーから構成されている複数のスポークとを備え、クロス部は、ピンを受け入れるように構成された少なくとも1つの凹部を備えており、少なくとも1つのスポークは、少なくとも1つの入力電極を有し、且つ、少なくとも1つの入力電極に電圧を印加すると歪むように構成されており、ローラは、少なくとも1つのスポークが歪むことによって、マスが動き、ローラが重力に対してバランスを崩し、軸を中心として回転するように構成されている。1つの実施の形態では、ローラの回転により、クロス部が回転する。



## 【 0 0 1 6 】

他の実施の形態では、回転運動と変則運動の間の変換を行うデバイスを提供する。回転運動と変則運動の間の変換を行うデバイスは、(1)ローラと、(2)ローラの表面をトレースする ( trace ) ように構成されたカムフォロア ( cam follower ) とを備え、ローラは、(a) 軸と、(b) 軸を中心として回転するように構成されたマスと、(c) 外周構成部材と、(d) マスと外周構成部材とを接続し、少なくとも 1 つがエレクトロアクティブポリマーから構成されている複数のスポークとを備えており、少なくとも 1 つのスポークは、少なくとも 1 つの入力電極を有しており、少なくとも 1 つの入力電極に電圧を印加すると歪むように構成されており、ローラのそれぞれは、少なくとも 1 つのスポークが歪むことによって、マスが動き、ローラのそれぞれが重力に対してバランスを崩し、軸のそれぞれを中心として回転するように構成され、ローラの回転により、カムフォロアがローラの表面をトレースし、ローラの回転を機構に対して伝達する。

10

## 【 0 0 1 7 】

開示した回転運動デバイスは、可動部材が少なく静かに動作可能で、及び、小型化が可能な低消費電力のモビリティ機構を、さらに、提供することも可能である。

## 【 0 0 1 8 】

明細書に包含され及び一部を構成する添付の図面は、様々なシステム、方法、結果その他の例を図示するものであり、様々な実施例を示すために用いられるにすぎない。図に表現されている様々な構成要素は、正確には描かれておらず、また、図に表現されている様々な形状 ( 例 : 長方形、四角形 ) は、説明のためにのみ示されているものであり、何らかの方法で本発明を限定して解釈するために考慮されるものではない。

20

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 1 9 】

【 図 1 】 第 1 の位置及び第 2 の位置にある回転運動デバイス 1 0 の例を示す図である。

【 図 2 】 本実施の形態において使用するのに適した I P M C の詳細な実施例を示す図である。

【 図 3 】 アクチュエータ 3 0 、電極 3 2 及び電極クランプ 3 4 の配置の例を示す図である。

【 図 4 a 】 電圧を印加する前の、アクチュエータ 3 0 が初期の状態にある状態を示す図である。

30

【 図 4 b 】 電圧を印加している状態のアクチュエータ 3 0 を示す図である。

【 図 5 】 3 0 のタイプのアクチュエータとイオン性液体の溶媒の歪みに対する時間の関係を示すデータを示す図である。

【 図 6 】 ブロック負荷試験装置 ( blocked load test set-up ) に設置したアクチュエータ 3 0 、電極 3 2 及び電極クランプ 3 4 の配置の例を示す図である。

【 図 7 】 図 6 に示された配置の例によって生成されたブロック負荷試験のデータである。

【 図 8 】 ファン 8 0 の形態の回転運動デバイスの実施例を示す図である。

【 図 9 】 ペイロード輸送システム ( payload transport system ) 9 0 の形態の回転運動デバイスの例を示す図である。

【 図 1 0 a 】 ペイロード輸送システム 1 0 0 の形態の回転運動デバイスの例を示す側面図である。

40

【 図 1 0 b 】 ペイロード輸送システム 1 0 0 の形態の回転運動デバイスの例を示す平面図である。

【 図 1 1 】 ペイロード輸送システム 1 1 0 の形態の回転運動デバイスの例を示す図である。

【 図 1 2 】 ラック・アンド・ピニオンシステム 1 2 0 の一部である回転運動デバイスの例を示す図である。

【 図 1 3 a 】 ピストン機構 1 3 0 の一部である回転運動デバイスの例を示す正面斜視図である。

【 図 1 3 b 】 ピストン機構 1 3 0 の一部である回転運動デバイスの例を示す側面斜視図で

50

ある。

【図 1 4】クランクシステム 1 4 0 の一部である回転運動デバイスの例を示す図である。

【図 1 5】ゼネバ装置システム 1 5 0 の一部である回転運動デバイスの例を示す図である。

。

【図 1 6】カムシステム 1 6 0 の一部である回転運動デバイスの例を示す図である。

【図 1 7】ロボットアームシステム 1 7 0 の一部である回転運動デバイスの例を示す図である。

【図 1 8】フューエルを動力源とする (fuel powered) 人工筋肉 (artificial muscle) の例を示す概略図である。

【発明を実施するための形態】

10

【0 0 2 0】

本実施の形態は、EAP をベースにした回転運動デバイスを説明したものである。一般的に言えば、EAP とは、印加された電圧に応じて形状を変える、または、"歪む (deflect)" 素材のことである。

【0 0 2 1】

当該デバイスが遍在していること及び理解を容易にするために、本明細書においては、従来の機構の回転運動デバイスとの関係で、EAP をベースにした回転運動デバイスの複数の実施例を開示している。しかしながら、本明細書において開示されている回転運動を発生させる概念は、医療、宇宙、ロボット及びバイオメディックのアプリケーション、微小電気機械素子 (MEMS)、娯楽機器及び振動を検出する必要のあるデバイスに等しく適用可能であることが十分に予期される。

20

【0 0 2 2】

このようにして、図 1 に示した最も単純な形態において、回転運動デバイス 1 0 が開示されている。図 1 に示したように、回転運動デバイス 1 0 は、マス 1 2 と、外周構成部材 1 4 と、それぞれが回転可能な状態でマス 1 2 を外周構成部材 1 4 に接続し、少なくとも 1 つがエレクトロアクティブポリマーから構成されている複数のスポーク 1 6 a, 1 6 b, 1 6 c 及び 1 6 d とを備え、複数のスポーク 1 6 a, 1 6 b, 1 6 c 及び 1 6 d のうち、少なくとも 1 つのスポークは、少なくとも 1 つの入力電極 (図示せず; ただし、図 1 に示した実施の形態の目的からすると、スポーク 1 6 a, 1 6 b, 1 6 c 及び 1 6 d のそれぞれが対応する入力電極を有していると考えべきである) を有し、且つ、1 つまたは複数の入力電極に (input electrode(s)) 電圧を印加すると曲がるように構成されている。回転運動デバイス 1 0 は、さらにスポーク 1 6 a ~ d のうち少なくとも 1 つのスポークの曲げ (bending) 及び伸ばし (straightening) (以下、併せて「歪み」とする) によってマス 1 2 を動かし、回転運動デバイス 1 0 が重力に対してバランスを崩すように構成されている。重力によりマス 1 2 が平衡位置 (equilibrium position) に戻ることに伴い、回転運動が生じる。回転運動デバイス 1 0 の望まれる出力を得るために、マス 1 2 の形状及び重さ、EAP スポーク 1 6 a ~ d の数及び位置、外周構成部材 1 4 の直径、望まれる回転方向、及び、望まれる回転速度等の要因によって、1 以上の EAP スポーク 1 6 a ~ d を歪ませて (すなわち、曲げて及び / または伸ばして) 作動させる。1 つの実施の形態においては、回転運動デバイス 1 0 の動きは、1 以上の EAP スポーク 1 6 a ~ d を曲げて歪ませることによって得られる。他の実施の形態では、回転運動デバイス 1 0 の動きは、1 以上の EAP スポーク 1 6 a ~ d を伸ばして歪ませることによって得られる。さらに他の実施の形態では、回転運動デバイス 1 0 の動きは、1 以上の EAP スポーク 1 6 a ~ d を曲げて歪ませることと伸ばして歪ませることの組み合わせによって得られる。

30

40

【0 0 2 3】

さらに図 1 を参照すると、回転運動デバイス 1 0 は、最も単純な形態において、中心に配置されたマス 1 2 を移動させることによる重心 (center of gravity) の摂動 (perturbation) によって動かされる車輪 (wheel) として考えることもできる。"位置 1" は、回転運動デバイス (車輪) 1 0 が平衡位置にある状態を示している。平衡位置において、マス 1 2 は、EAP でできた 1 以上のスポーク (1 6 a ~ d) の配置によってつり下げられて

50

いる (suspended)。平衡位置においては、EAPスポーク16a～dは、マス12が外周構成部材14の重心(すなわち車輪のリム[rim]の中心線)と水平に並ぶように保持する。EAPスポーク16dを作動させて曲げると、マス12を中心線から引き離し("位置2")、回転運動デバイス10の重心を変化させる。さらに、スポーク16dがマス12を引っ張るために曲がるのに合わせて、スポーク16b及び16cが伸びるように、EAPスポーク16b及び16cも、スポーク16dと協調して作動することで寄与することができる。実施の形態に示すように、回転運動デバイス10は、位置1に示しているのと同様の基本的な配置になるように、マス12を平衡に戻そうと、その中心を中心にして反時計回りに回転する。したがって、回転を生じさせるために、重力と組み合わせてEAPを作動させる、1以上の実施の形態は、新規であり、且つ、独創的な特徴である。EAPを既定の方法(choreographed manner)で繰り返し作動させると、回転運動デバイス10は、継続的に回転する。EAPスポーク16a～dを既定の動きで作動させることで、回転速度及び回転方向も制御することができる。

10

20

30

40

50

#### 【0024】

別の実施の形態では、回転運動デバイス10は、マス12、外周構成部材14及び少なくとも1つのスポーク16a～dを備えている。マス12は、スポーク16a～dによってつり下げられており、スポーク16a～dのうち、少なくとも1つはEAPスポークであり、且つ、少なくとも1つはバネその他の付勢デバイスである。少なくとも1つのバネは、マス12を支持している際にテンションを与えられた状態になっており、マス12を外周構成部材14に向かって引っ張るように動作するように、付勢されていてもよい。この実施の形態では、EAPスポークによってマス12が平衡位置に保持されるように、少なくとも1つのEAPスポークは、作動したままに構成されていてもよい。EAPスポークの入力電極の電圧の印加を止めると、EAPスポークが伸びることが許容され、少なくとも1つのバネがマス12を中心線から引き離すようになる。結果として生じる不均衡(imbalance)により、回転運動デバイス10が動くことになる。他の別の実施の形態では、スポーク16a～dのそれぞれがEAPスポークであり、マス12が平衡位置にある間、動作状態で、テンションを与えられた状態にあるように構成されている。1以上のEAPスポークの入力電極の電圧の印加を止めると、EAPスポークが伸びることが許容され、残りの1以上のEAPスポークがマス12を中心線から引き離すことになり、回転運動デバイス10が動くことになる。

#### 【0025】

印加された電圧によって歪むことに加えて、EAPは、歪まされることによって、電極間に電圧を発生させることが可能である。この特徴により、EAPを歪みセンサーまたは力センサーとして使用することが可能である。この検知能力は、どのEAPスポークがどの位置にあるかを測定するために、回転運動デバイス10に用いることができる。例えば、"上部(top)"または12時の位置のEAPスポーク16aが完全に伸びている場合が基準であり、歪みが生じていないことを示す電位であり、12時の位置に存在することを示す。さらに、"下部(bottom)"または6時の位置のEAP16cが、最も収縮するEAPになり、基準を示す電位から最も異なる電位を生じるものである。このことにより、6時の位置に存在することを示す。これらの情報を全ていっしょに用いて、回転運動デバイス10の位置合わせに使用することができ、そして、望む方向に回転運動を生じさせるために、どのEAPをどの方向に作動させるかを決定することができる。

#### 【0026】

さらに、本明細書において開示された回転運動デバイスは、"反対に(reverse)"動作させた場合、発電機(generator)を構成することが期待される。例えば、1つの実施の形態では、単にモータを反対に動作させる発電機であり、シャフトを回転させることで、EAPが伸縮して、電力(power)を発生させるために電圧を発生させる。言い換えれば、本明細書で開示された回転運動デバイスでEAPの発電能力(voltage generating capability)を利用すると、EAPを歪ませる、または、EAPに力を加えることによって、エネルギーハーベスタ(energy harvester)のための有用なデバイスにすることが

できることが期待される。

【 0 0 2 7 】

[ E A P ]

典型的には、E A P は、2つのグループに分類される。第1のグループは、"イオン性の ( ionic ) "、"ウェットの ( wet ) "または"電気化学な" E A P として知られている。第1のグループは、印加された電圧によって、イオンマス ( ionic mass ) が移動することによって歪むものである。第2のグループは、"電子的な ( electronic ) "、"ドライの ( dry ) "、または"電界活性の ( field-activated ) " E A P として知られている。第2のグループは、印加された電圧によって生み出される電界によって歪むものである。

【 0 0 2 8 】

適切な電子的な E A P は、例えば、強誘電性ポリマー ( ferroelectric polymers ) ( 例：電子線照射した P ( V D F - T r F E ) [electron-radiated P(VDF-TrFE)]、P ( V D F - T r F E ) ターポリマー [P(VDF-TrFE) terpolymers]、及び、P ( V D F - T r F E - C T F E )、誘電性 E A P または電歪ポリマー ( electrostatically stricted polymers ) ( 例：シリコン [silicon]、ポリウレタン [poyurethane] 及びポリアクリレート [polyacrylate] )、電歪グラフトエラストマー ( electrostrictive graft elastomers ) ( 例：コポリマー - ポリ ( ビニリデン - フルオライド - トリフルオロエチレン [copolymer-poly(vinylidene-fluoride-trifluoroethylene)] ) 及び液晶エラストマー ( 例：ポリアクリレート [polyacrylate] 及びポリシロキサン [polysiloxane] ) を含む。

【 0 0 2 9 】

適切なイオン性 E A P は、例えば、イオン性ゲル ( ionic gels ) ( 例：P A M P S、ジメチルスルホキシド混合ポリ ( ビニルアルコール ) ゲル [poly(vinyl alcohol) gel with dimethyl sulfoxide] 及び導電繊維混合ポリアクリロニトリル [polyacrylonitrile with conductive fibers] )、導電性ポリマー ( conductive polymers ) ( 例：ポリピロール [polypyrrole]、ポリエチレンジオキシチオフェン [polyethylenedioxythiophene]、ポリ - ( p - フェニレンビニレン ) [poly-(p-phenylene vinylene)]、ポリアニリン [polyaniline] 及びポリチオフェン [polythiophene] )、カーボンナノチューブ ( carbon nanotubes ) ( 例：単層 [single-] 及び多層 [multi-walled] のカーボンナノチューブ ) 及び電気粘性流体 ( electro-rheological fluids ) ( 例：フルオロシリコーン基油中のポリマー粒子 [polymer particles in fluorosilicone base oil] ) を含む。

【 0 0 3 0 】

イオン性 E A P の特定のサブセット ( subset ) は、ポリマー中のカチオン移動度 ( cation mobility ) に帰因する、電気的活性化に対応して曲がるイオンポリマーメタルコンポジット ( ionic polymer metal composites ) ( I P M C s ) を含む。相互連結するクラスター ( interconnected clusters ) に固定された ( fixed ) 陰イオン ( negative ions ) のネットワーク内に、I P M C 内のベースポリマーが、陽イオン ( positive ions ) の移動のためのチャネル ( channels ) を提供する。静電力及び移動カチオンが曲げの原因である。I P M C のいくつかは、次の有利な特徴を有している：( 1 ) 必要とする電圧が低い ( 1 ~ 1 0 V )、( 2 ) 比較的到高応答である ( > 1 0 0 H z )、( 3 ) 可動部がない、( 4 ) 小型化できる可能性がある、及び、( 5 ) 繰り返しの曲げに対する耐久性がある。ベースポリマーは、例えば、ナフィオン ( Nafion ) ( 登録商標 ) ( デュポン社 [Dupont] ) により製造されたペルフルオロスルホンネート [perfluorosulfonate] )、フレミオン ( Flemion ) ( 登録商標 ) ( 日本の旭硝子社により製造されたペルフルオロカルボキシレート [perfluorocarboxylate] ) 及びアシプレックス ( Aciplex ) ( 登録商標 ) ( 旭化成社による製造 ) を含む。カチオンは、例えば、テトラ - n - ブチルアンモニウム ( tetra-n-butylammonium )、リチウムカチオン ( lithium cation ) 及びナトリウムカチオン ( sodium cation ) を含む。適切な金属は、例えば、白金 ( platinum ) 及び金 ( gold ) を含む。

【 0 0 3 1 】

図 2 は、本実施の形態において用いるのが適切な I P M C の詳細な実施の形態を示している。図示したように、I P M C 2 0 は、イオン交換膜層 ( ion exchange membrane layer )

10

20

30

40

50

r) 2 2、 $\text{RuO}_2$  / イオン導電バインダー層 ( $\text{RuO}_2$ /ion conducting binder layers) 2 4 及び電位分布層 (potential distributing layer) 2 6 を備えた積層体 (laminate) からなる。アクチュエータの製造の詳細は次のようになっている。

【0032】

電極インク (electrode ink) の調合 (formulation) : 0 . 3 g の酸化ルテニウム (I V) (Ruthenium(IV) oxide)、0 . 2 g の脱イオン水 ( $\text{di-H}_2\text{O}$ )、3 . 0 g の 5 w t % のナフィオン (登録商標) 溶液及び 1 . 5 g の t - ブチルアルコール (t-butyl alcohol) を混ぜ合わせ (combine)、攪拌プレート (stir plate) 上でオーバーナイト (overnight) で攪拌する。

【0033】

電極の製造 (fabrication) : 赤外線加熱の下で、ガラス強化されたポリテトラフルオロエチレン (polytetrafluoroethylene) (PTFE) のデカル (decal) に、およそ 1 2 層の電極インクを塗装する。各層は、次の層を塗布する前に乾燥されている。

【0034】

アクチュエータの製造 : 電極を、N 1 1 5  $\text{Na}^+$  型 (N115  $\text{Na}^+$  form) になるように、ホットプレス (hot press) を用いて華氏 4 1 0 度及び 5 0 0 p s i g で 3 分間、両面からプレスし、続いて、プレスの圧力の下で冷却する。冷却した時点で、プレスから取り除き、デカルをはがす。

【0035】

それから、バインダや溶剤 (solvent) を使用せずに、ホットプレスを用いて華氏 2 0 0 度で 3 0 秒間プレスして電極に直接、金箔 (gold leaf) を貼り付ける。代わりに、真空蒸着 (vacuum evaporation) によって電極の外表面を金でコーティング (coating) してもよい。第 1 に、電極をアルゴンイオンで前洗浄する (preclean)。E A P に 2 0 n m のクロム (chromium) を蒸着する。クロムの上に 1 0 0 n m の金を蒸着する。上記工程は、E A P の反対側の面にも繰り返される。

【0036】

1 ~ 4 V の電圧を印加する結果としての歪みの大きさ (magnitude) 及び速さを特徴付けるために、図 2 に示したタイプのアクチュエータの例で実験的試験 (experimental test) を行った。図 3 は、アクチュエータ 3 0、電極 3 2 及び電極クランプ 3 4 の配置の例を示す図である。図 4 a は、電圧を印加する前の、アクチュエータ 3 0 が初期の状態にある状態を示す図である。図 4 b は、電圧を印加している状態のアクチュエータ 3 0 を示す図である。図 5 は、3 0 のタイプのアクチュエータとイオン性液体の溶媒の歪みに対する時間の関係を示すデータを示す図である。イオン性液体は、歪みを促進させるのに特に適したものであってもよい。図 5 に示した結果を生じさせるのに使用したアクチュエータ 3 0 の大きさは、2 0 m m × 3 m m であった。

【0037】

図 6 は、ブロック負荷試験装置 (blocked load test set-up) におけるアクチュエータ 3 0、電極 3 2 及び電極クランプ 3 4 の配置の例を示す図である。この試験では、アクチュエータ 3 0 をロードセルセンサ (load cell sensor) 3 6 に対して静止させた状態にしてあり、アクチュエータ 3 0 が曲がってセンサ 3 6 を押すように、アクチュエータ 3 0 を作動させる。図 7 は、ブロック負荷試験のデータである。図 7 に示したように、1 5 m m × 6 m m のアクチュエータ 3 0 は、3 V で約 3 . 4 g の力を発揮する。

【0038】

他の適切な E A P は、全てを参照することにより本明細書に組み込まれる、Aliev, A.E.; Oh, J.; Kozlov M.E.; Kuznetsov, A.A.; Fang, S.; Fonseca, A.F.; Ovalle, R.; Lima, M.D.; Haque, M.H.; Gartstein, Y.N.; Zhang, M.; Zakhidov, A.A.; Baughman, R.H., Giant-Stroke, Superelastic Carbon Nanotube Aerogel Muscles. Science 2009, 323 (5921), 1575-1578 において、見つけることができるかもしれない。さらに、例えば、電磁アクチュエータ (electromagnetic actuator)、(熱エネルギーによって駆動される) 形状記憶合金 (shape memory alloy) 等を含めて、他のタイプのアクチュエータ技術も適切

10

20

30

40

50

である。

【 0 0 3 9 】

以下では、本明細書に開示した基本的なコンセプトの用途が見出されるであろう包括的ではない詳細な実施例のリストに注意を向ける。

【 0 0 4 0 】

[ 回転運動デバイス - ファン ]

図 8 を参照して、1 つの実施の形態では、E A P は、ファン 8 0 を駆動するのに適しているかもしれない。図 8 に示したように、ファン 8 0 は、マス 8 1 と、マス 8 1 がそれを中心として回転するように構成された軸 8 2 と、外周構成部材 8 3 と、それぞれが回転可能な状態でマス 8 1 を外周構成部材 8 3 に接続する複数のスポーク 8 4 とを備え、マス 8 1 と、軸 8 2 と、外周構成部材 8 3 と複数のスポーク 8 4 とでファン 8 0 のローラ部 (roller portion) を形成し、複数のスポーク 8 4 のうち少なくとも 1 つは、エレクトロアクティブポリマーからなり、複数のスポーク 8 4 のうち少なくとも 1 つは、少なくとも 1 つの入力電極 (図示せず; ただし、図 8 に示した実施の形態の目的からすると、スポーク 8 4 のそれぞれが対応する入力電極を有していると考えべきである) を有し、且つ、1 つまたは複数の入力電極に電圧を印加すると曲がるように構成されている。同様に、スポーク 8 4 のそれぞれは、1 つまたは複数の入力電極の電圧の印加を止めると伸びるように構成されていてもよい。ファン 8 0 のローラ部は、ファンベース (fan base) 8 5 によって支持されていてもよい。さらに、ファン 8 0 は、少なくとも 1 つのスポーク 8 4 の歪み (すなわち、曲げ及び/または伸び) によってマス 8 1 がローラ部の重心と並んだ位置から移動し、結果としてファン 8 0 のローラ部が重力に対してバランスを崩すように構成されている。重力の下で、マス 8 1 が平衡位置に戻ると、軸 8 2 を中心とする回転運動 (すなわち、ファン 8 0 のローラ部のスピン [spinning]) を生じる。ある 1 つの実施の形態では、複数の外側ブレード (outer blade) は傾斜している。ブレード 8 6 の傾斜した表面が空気中を移動すると、ファン 8 0 の前に存在する空気が前方に押し出される。繰り返し作動させ、したがって、既定の方法で E A P スポーク 8 4 を歪ませると、ファン 8 0 を継続的にスピンさせ、結果として、気流 (air stream) が動くことになる。本明細書において、ファンが軸を中心としてスピンまたは回転すると表現されまたは請求している部分は、ファンのローラ部が軸を中心として回転することを意味しているのであって、ファンベース (例えば、ファンベース 8 5) も軸を中心としてスピンする、ということではないことに注意する必要がある。

【 0 0 4 1 】

[ 回転運動デバイス - 回転運動を線形運動に ]

[ ペイロード輸送システム - 車輪 ]

図 9 を参照して、ある 1 つの実施の形態では、E A P は、車輪のハブ (hub) に積まれたマス (mass) / ペイロードを輸送するためのローラまたは車輪を駆動するのに適しているかもしれない。図 9 に示したように、マス輸送システム (mass transport system) 9 0 は、第 1 の場所から第 2 の場所に輸送する質量 (mass) を有する物体 (object) を収納する (contain) ハブ 9 1 と、外周構成部材 (例: 円形または円筒形の車輪のリム [rim]) 9 2 と、それぞれが回転可能な状態でハブ 9 1 を外周構成部材 9 2 に接続する複数のスポーク 9 3 とを備え、複数のスポーク 9 3 のうち少なくとも 1 つは、エレクトロアクティブポリマーからなり、複数のスポーク 9 3 のうち少なくとも 1 つは、少なくとも 1 つの入力電極 (図示せず; ただし、図 9 に示した実施の形態の目的からすると、スポーク 9 3 のそれぞれが対応する入力電極を有していると考えべきである) を有し、且つ、1 つまたは複数の入力電極に電圧を印加すると曲がるように構成されている。同様に、スポーク 9 3 のそれぞれは、1 つまたは複数の入力電極の電圧の印加を止めると伸びるように構成されていてもよい。さらに、マス輸送システム 9 0 は、少なくとも 1 つのスポーク 9 3 が歪むことによって、ペイロードを含むハブ 9 1 を動かし、結果としてマス輸送システム 9 0 が重力に対してバランスを崩すように構成されている。重力の下で、ペイロードを含むハブ 9 1 が平衡位置に戻ると、回転運動 (すなわち、マス輸送システム 9 0 のロール [rolling])

J)を生じる。既定の方法でEAPスポーク93を繰り返し作動させると、マス輸送システム90を継続的にロールさせる。

【0042】

ハブ91自体も質量を有していることに注意する必要がある。したがって、ハブ91が"空(empty)"であったとしても、すなわち、ハブ91が輸送する別のマス/ペイロードを収納していなかったとしても、EAPの作動によって誘発されるハブ91の動きは、マス輸送システム90が重力に対してバランスを崩し、上記のようにロールする。したがって、ハブ91は、第1の場所でマスを積んで、上記のように、EAPが作動して重力と協同(conjunction)することによって、第2の位置にロールして移動することができる。ハブ91は、第2の位置でマスを降ろして、上記のように、EAPが作動して重力と協同することによって、元の場所(または第3の場所)にロールして移動することができる。

10

【0043】

[ペイロード輸送システム - 自動車]

図10a及び10bを参照して、1つの実施の形態では、マス/ペイロードを輸送する自動車(automobile)の構成に用いることに適しているかもしれない。図10bに示すように、ペイロード輸送システム100は、4つの"車輪"101a, 101b, 101c及び101dを備えている。より多くの、または、より少ない車輪101も可能である。図10aに示すように、車輪101のそれぞれは、マス102と、外周構成部材(すなわち、車輪のリム)103と、それぞれが回転可能な状態でマスを外周構成部材103に接続する複数のスポーク104とを備え、複数のスポーク104のうち少なくとも1つは、エレクトロアクティブポリマーからなり、複数のスポーク104のうち少なくとも1つは、少なくとも1つの入力電極(図示せず;ただし、図10a及び10bに示した実施の形態の目的からすると、スポーク104のそれぞれが対応する入力電極を有していると考えべきである)を有し、且つ、1つまたは複数の入力電極に電圧を印加すると曲がるように構成されている。同様に、スポーク104のそれぞれは、1つまたは複数の入力電極の電圧の印加を止めると伸びるように構成されていてもよい。さらに、車輪101のそれぞれは少なくとも1つのスポーク104が歪むことによって、車輪101を動かし、重力に対して車輪101がバランスを崩すように構成されている。重力の下で、車輪101が平衡位置に戻ると、回転運動(すなわち、車輪101のロール)を生じる。既定の方法でEAPスポーク104を繰り返し作動させると、車輪101を継続的にロールさせる。

20

30

【0044】

図10bに示すように、ペイロード輸送システム100は、さらに、2つの軸106a及び106bを備えている。より多くのまたはより少ない軸106を用いることも可能である。図示したように、軸106aは、車輪101aと101bを繋ぎ、マス102a及び102bが軸106aに回転可能な状態で"固定"されている。また、軸106bは、車輪101cと101dを繋ぎ、マス102c及び102dが軸106aに回転可能な状態で"固定"されている。

【0045】

図10bにさらに図示したように、ペイロード輸送システム100は、さらに、デッキ(deck)またはフレーム(frame)107を備えており、軸106a及び106bの間に架かり(spanning)及び/または重なっている(overlapping)。デッキまたはフレーム107は、ペイロード(例:財物[property]、人など)を保護するように適していてもよい。既定の方法でEAPスポーク104を繰り返し作動させると、車輪101を継続的にそれぞれと調和してロールさせる。したがって、デッキまたはフレーム107にペイロードを積むことが可能であり、第1の場所から第2の位置に移動させることが可能である。

40

【0046】

さらに、図示しない1つの実施の形態では、図9に示した車輪90の例と同様に、1以上のマス102は、順にペイロードを収納可能なハブを備えてもよい。

【0047】

[ペイロード輸送システム - 球体ローラ]

50

図 1 1 を参照して、他の実施の形態では、E A P は、車輪のハブに積んだマス / ペイロードを輸送する球体の (spherical) ローラまたは車輪として用いることに適しているかもしれない。図 1 1 に示したように、マス輸送システム 1 1 0 は、第 1 の場所から第 2 の場所に輸送する質量を有する物体を収納するハブ 1 1 1 と、外周構成部材 (球体 [sphere]) 1 1 2 と、3 次元に放射線状に延びる複数のスポーク 1 1 3 とを備え、複数のスポーク 1 1 3 のうち少なくとも 1 つは、エレクトロアクティブポリマーからなり、複数のスポーク 1 1 3 のうち少なくとも 1 つは、少なくとも 1 つの入力電極 (図示せず; ただし、図 1 1 に示した実施の形態の目的からすると、スポーク 1 1 3 のそれぞれが対応する入力電極を有していると考えられるべきである) を有し、且つ、1 つまたは複数の入力電極に電圧を印加すると曲がるように構成されている。同様に、スポーク 1 1 3 のそれぞれは、1 つまたは複数の入力電極の電圧の印加を止めると伸びるように構成されていてもよい。さらに、ペイロード輸送システム 1 1 0 は、少なくとも 1 つのスポーク 1 1 3 の歪みによってペイロードを収納したハブ 1 1 1 が動き、ペイロード輸送システム 1 1 0 がペイロード輸送システム 1 1 0 の重心と並ばないようになるようにして、重力に対してバランスを崩すように構成されている。重力の下で、ペイロード輸送システム 1 1 0 が平衡位置に戻ると、回転運動 (すなわち、ペイロード輸送システム 1 1 0 のロール) を生じる。既定の方法で E A P スポーク 1 1 3 を繰り返し作動させると、ペイロード輸送システム 1 1 0 を継続的にロールさせ、いかなる方向にも移動でき、ペイロード輸送システム 1 1 0 を誘導し、障害物を避けるために方向転換を可能にする。

10

20

【0048】

ハブ 1 1 1 自体も質量を有していることに注意する必要がある。したがって、ハブ 1 1 1 が "空" であったとしても、すなわち、ハブ 1 1 1 が輸送する別のマス / ペイロードを収納していなかったとしても、E A P の作動によって誘発されるハブ 1 1 1 の動きは、ペイロード輸送システム 1 1 0 が重力に対してバランスを崩し、上記のようにロールする。したがって、ハブ 1 1 1 は、第 1 の場所でマスを積んで、上記のように、E A P が作動して重力と協同することによって、第 2 の位置にロールして移動することができる。ハブ 1 1 1 は、第 2 の位置でマスを降ろして、上記のように、E A P が作動して重力と協同することによって、元の場所 (または第 3 の場所) にロールして移動することができる。

【0049】

30

[ラック・アンド・ピニオンシステム]

図 1 2 を参照して、1 つの実施の形態では、E A P は、ラック・アンド・ピニオンシステム、例えば、1 2 0 に用いるのに適しているかもしれない。ラック・アンド・ピニオンシステムは、一般的に、車のハンドル (steering wheel) の回転運動を車輪の左右の運動に変換するのに用いられている。図 1 2 に示したように、ラック・アンド・ピニオンシステム 1 2 0 は、ピニオン部 1 2 1 及びラック部 1 2 2 を備えている。図示したように、ピニオン部 1 2 1 は、マス 1 2 3 と、マス 1 2 3 がそれを中心として回転するように構成された軸と、外周構成部材 1 2 5 と、それぞれが回転可能な状態でマス 1 2 3 を外周構成部材 1 2 5 に接続する複数のスポーク 1 2 6 とを備え、複数のスポーク 1 2 6 のうち少なくとも 1 つは、エレクトロアクティブポリマーからなり、複数のスポーク 1 2 6 のうち少なくとも 1 つは、少なくとも 1 つの入力電極 (図示せず; ただし、図 1 2 に示した実施の形態の目的からすると、スポーク 1 2 6 のそれぞれが対応する入力電極を有していると考えられるべきである) を有し、且つ、1 つまたは複数の入力電極に電圧を印加すると曲がるように構成されている。同様に、スポーク 1 2 6 のそれぞれは、1 つまたは複数の入力電極の電圧の印加を止めると伸びるように構成されていてもよい。さらに、ピニオン部 1 2 1 は、少なくとも 1 つのスポーク 1 2 6 の歪みによってマス 1 2 3 が動き、結果としてピニオン部 1 2 1 が重心に対してバランスを崩すように構成されている。重力の下で、マス 1 2 3 が平衡位置に戻ると、軸を中心とする回転運動 (すなわち、ピニオン部 1 2 1 のスピン) を生じる。ピニオン部 1 2 1 は、硬い歯 (rigid teeth) 1 2 7 を備えている。図示したように、ラック部 1 2 2 は、硬い歯 1 2 9 を有する平板 (flat bar) 1 2 8 を備えている。

40

50



## 【 0 0 5 0 】

ピニオン部 1 2 1 がラック部 1 2 2 と噛み合わされていると (engage)、すなわち、ピニオンの歯 1 2 7 とラックの歯 1 2 9 が噛み合わされていると (mesh)、上記のピニオン部 1 2 1 の既定の回転運動により、望ましいように、ラック部 1 2 2 を左右に動かすことができる。

## 【 0 0 5 1 】

[ 回転運動デバイス - 回転運動を往復運動に ]

[ ピストン機構 ]

図 1 3 a 及び 1 3 b を参照して、1 つの実施の形態では、E A P は、回転運動を往復運動に変換するピストン機構、例えば、ピストンポンプ (piston pump) 1 3 0 を動かすのに適しているかもしれない。図 1 3 a 及び 1 3 b に示したように、ポンプ 1 3 0 は、ローラ部 1 3 1 及びピストン (piston) 1 3 2 を備えており、接続ロッド 1 3 3 によって回転可能な状態で相互に接続されている。ローラ部 1 3 1 は、マス 1 3 4 と、マス 1 3 4 がそれを中心として回転するように構成された軸 1 3 5 と、外周構成部材 1 3 6 と、それぞれが回転可能な状態でマス 1 3 4 を外周構成部材 1 3 6 に接続する複数のスポーク 1 3 7 とを備え、複数のスポーク 1 3 7 のうち少なくとも 1 つは、エレクトロアクティブポリマーからなり、複数のスポーク 1 3 7 のうち少なくとも 1 つは、少なくとも 1 つの入力電極 (図示せず; ただし、図 1 3 a 及び 1 3 b に示した実施の形態の目的からすると、スポーク 1 3 7 のそれぞれが対応する入力電極を有していると考えべきである) を有し、且つ、1 つまたは複数の入力電極に電圧を印加すると曲がるように構成されている。同様に、スポーク 1 3 7 のそれぞれは、1 つまたは複数の入力電極の電圧の印加を止めると伸びるように構成されていてもよい。さらに、ローラ部 1 3 1 は、少なくとも 1 つのスポーク 1 3 7 の歪みによってマス 1 3 4 が動き、結果としてローラ部 1 3 1 が重心に対してバランスを崩すように構成されている。重力の下で、マス 1 3 4 が平衡位置に戻ると、軸 1 3 5 を中心とする回転運動 (すなわち、ローラ部 1 3 1 のスピン) を生じる。

## 【 0 0 5 2 】

図示したように、ピストン 1 3 2 は、ハウジング (housing) (例: チャンバ [chamber] またはシリンダ [cylinder]) 1 3 8 に収納されている。図示したように、ハウジング 1 3 8 は、接続ロッド用通路 (connecting rod passageway) 1 3 9 a と、(図 1 3 a ではバルブ不要な円錐ディフューザ [valve-less conical diffuser] として図示している) 入口部 (inlet) 1 3 9 b と、(図 1 3 a ではバルブ不要な円錐ディフューザとして図示している) 出口部 (outlet) 1 3 9 c とを備えている。

## 【 0 0 5 3 】

図示したように、上記のローラ部 1 3 1 の既定の回転運動により、接続ロッド 1 3 3 を回転させ、ピストン 1 3 2 を往復運動させる。図 1 3 a に示したように、例えば、ピストン 1 3 2 は、ローラ部 1 3 1 の回転及び対応する接続ロッド 1 3 3 の動きによって、位置 1 ~ 3 の間を循環する。ピストン水ポンプ (piston water pump) の場合には、ピストン 1 3 2 の上向きの動き (upstroke) により吸引力 (suction) が生じて入口部 1 3 9 b を通じてチャンバ 1 3 8 に水が入り、ピストン 1 3 2 の下向きの動き (downstroke) により出口部 1 3 9 c から水を押し出す。直前に示したコンセプトを往復運動をする内燃機関 (internal combustion engine) に適用可能であることは、当業者にとっては、容易にわかるものである。

## 【 0 0 5 4 】

[ 回転運動デバイス - 回転運動を揺動運動に ]

[ クランクシステム ]

図 1 4 を参照して、1 つの実施の形態では、E A P は、回転運動を揺動運動に変換するクランク 1 4 0 を動かすのに適しているかもしれない。揺動運動とは、枢軸点に対する往復運動 (back and forth motion) である。図 1 4 に示したように、クランク 1 4 0 はローラ部 1 4 1 及びシャフト 1 4 2 を備えており、接続ロッド 1 4 3 によって回転可能な状態で相互に接続されている。図示したように、ローラ部 1 4 1 は、マス 1 4 4 と、マス 1

4 4 がそれを中心として回転するように構成された軸（図示せず）と、外周構成部材 1 4 6 と、それぞれが回転可能な状態でマス 1 4 4 を外周構成部材 1 4 6 に接続する複数のスポーク 1 4 7 とを備え、複数のスポーク 1 4 7 のうち少なくとも 1 つは、エレクトロアクティブポリマーからなり、複数のスポーク 1 4 7 のうち少なくとも 1 つは、少なくとも 1 つの入力電極（図示せず；ただし、図 1 4 に示した実施の形態の目的からすると、スポーク 1 4 7 のそれぞれが対応する入力電極を有していると考えべきである）を有し、且つ、1 つまたは複数の入力電極に電圧を印加すると曲がるように構成されている。同様に、スポーク 1 4 7 のそれぞれは、1 つまたは複数の入力電極の電圧の印加を止めると伸びるように構成されていてもよい。さらに、ローラ部 1 4 1 は、少なくとも 1 つのスポーク 1 4 7 の歪みによってマス 1 4 4 が動き、結果としてローラ部 1 4 1 が重心に対してバランスを崩すように構成されている。重力の下で、マス 1 4 4 が平衡位置に戻ると、軸を中心とする回転運動（すなわち、ローラ部 1 4 1 のスピン）を生じる。図示したように、シャフト 1 4 2 は、枢軸点 1 4 8 に対して往復運動をする。図示したように、上記のローラ部 1 4 1 の既定の回転運動により、接続ロッド 1 4 3 を回転させ、シャフト 1 4 2 を枢軸点 1 4 8 に対して往復運動をさせるようになる。

10

#### 【0055】

[ 回転運動デバイス - 回転運動を間欠運動に ]

[ ゼネバ装置 ]

図 1 5 を参照すると、1 つの実施の形態では、回転運動を間欠運動に変換するゼネバ装置 1 5 0 を動かすのに適しているかもしれない。ゼネバ装置は、一般的に、例えば、一度に 1 フレームずつ進めるフィルム・プロジェクタ（film projector）に用いられている。

20

#### 【0056】

図 1 5 に示したように、ゼネバ装置 1 5 0 は、ローラ部 1 5 1 及びクロス部 1 5 2 を備えている。図示したように、ローラ部 1 5 1 は、マス 1 5 3 と、マス 1 5 3 がそれを中心として回転するように構成された軸（図示せず）と、外周構成部材 1 5 5 と、それぞれが回転可能な状態でマス 1 5 3 を外周構成部材 1 5 5 に接続する複数のスポーク 1 5 6 とを備え、複数のスポーク 1 5 6 のうち少なくとも 1 つは、エレクトロアクティブポリマーからなり、複数のスポーク 1 5 6 のうち少なくとも 1 つは、少なくとも 1 つの入力電極（図示せず；ただし、図 1 5 に示した実施の形態の目的からすると、スポーク 1 5 6 のそれぞれが対応する入力電極を有していると考えべきである）を有し、且つ、1 つまたは複数の入力電極に電圧を印加すると曲がるように構成されている。同様に、スポーク 1 5 6 のそれぞれは、1 つまたは複数の入力電極の電圧の印加を止めると伸びるように構成されていてもよい。さらに、ローラ部 1 5 1 は、少なくとも 1 つのスポーク 1 5 6 の歪みによってマス 1 5 3 が動き、結果としてローラ部 1 5 1 が重心に対してバランスを崩すように構成されている。重力の下で、マス 1 5 3 が平衡位置に戻ると、軸を中心とする回転運動（すなわち、ローラ部 1 5 1 のスピン）を生じる。

30

#### 【0057】

図示したように、ローラ部 1 5 1 は、さらに、外周構成部材 1 5 5 に接続されたピン 1 5 8 及び図示しない軸に固定され、外周構成部材 1 5 5 に接続されたクレセント・ガード 1 5 9 を備えている。図示したように、上記のローラ部 1 5 1 の既定の回転運動により、ローラ部 1 5 1 を継続的にターンさせ（turn）、クロス部 1 5 2 の凹部 1 5 2 a のうち 1 つにピン 1 5 8 が入り込むようになる。すると、図示したように、ピン 1 5 8 は、ローラ部 1 5 1 の各周期（each revolution）の四分の一だけクロス部 1 5 2 をターンさせる。クレセント・ガード 1 5 9 は、ピン 1 5 8 が凹部 1 5 2 a の 1 つに挿入されている場合にはクロス部 1 5 2 の先端部（points）が通過することを許容し、ピン 1 5 8 がいずれの凹部 1 5 2 a と噛み合わされていない場合にはクロス部 1 5 2 を所定の位置に固定する。

40

#### 【0058】

[ 回転運動デバイス - 回転運動を変則運動に ]

[ カムシステム ]

図 1 6 を参照して、1 つの実施の形態では、EAP は、回転運動を変則運動に変換する

50

カムシステム (cam system) 160 を動かすのに適しているかもしれない。図 16 に示したように、カムシステム 160 はローラ部 (カム) 161 とカムフォロア 162 とを備えている。図示したように、ローラ部 161 は、マス 163 と、マス 163 がそれを中心として回転するように構成された軸 (図示せず) と、外周構成部材 165 と、それぞれが回転可能な状態でマス 163 を外周構成部材 165 に接続する複数のスポーク 166 とを備え、複数のスポーク 166 のうち少なくとも 1 つは、エレクトロアクティブポリマーからなり、複数のスポーク 166 のうち少なくとも 1 つは、少なくとも 1 つの入力電極 (図示せず; ただし、図 16 に示した実施の形態の目的からすると、スポーク 166 のそれぞれが対応する入力電極を有していると考えべきである) を有し、且つ、1 つまたは複数の入力電極に電圧を印加すると曲がるように構成されている。同様に、スポーク 166 のそれぞれは、1 つまたは複数の入力電極の電圧の印加を止めると伸びるように構成されていてもよい。さらに、ローラ部 161 は、少なくとも 1 つのスポーク 166 の歪みによってマス 163 が動き、結果としてローラ部 161 が重心に対してバランスを崩すように構成されている。重力の下で、マス 163 が平衡位置に戻ると、軸を中心とする回転運動 (すなわち、ローラ部 161 のスピン) を生じる。

10

20

30

40

50

#### 【0059】

図示したように、上記のローラ部 161 の既定の回転運動により、ローラ部 161 を継続的にターンさせる。円運動 (circular motion) によって動かされることにより、ローラ部 161 がターンすると、カムフォロア 162 がローラ部 161 の表面をトレースし、要求される機構に対して、ローラ部 161 の動きを伝達する。他の実施の形態では、ローラ部 161 は、望ましい速度 (rate) で往復運動をするように (すなわち、単方向に継続的にターンするというよりは、むしろ、一方の方向に一部ターンし、それから他方の方向にターンするように) 構成されており、望ましい頻度 (frequency) 及び速度で、カムフォロア 162 が上下する (rise and fall) ようになる。

#### 【0060】

##### [ 回転運動デバイス - ロボットアーム ]

図 17 を参照して、1 つの実施の形態では、EAP は、ロボットアームシステム (robotic arm system) 170 を動かすのに適しているかもしれない。図 17 に示したように、ロボットアームシステム 170 は、例えば、ひも (string)、ワイヤ (wire)、チェーン (chain)、ロープ (rope)、コンポジット (composite) 等のコネクタ (connector) または滑車システム (pulley system) 173 を介して回転可能な状態で接続されたローラ部 171a, b とロボットアーム 172 とを備えている。図示したように、ローラ部 171a, b はそれぞれ、マス 174 と、マス 174 がそれを中心として回転するように構成された軸 (図示せず) と、外周構成部材 175 と、それぞれが回転可能な状態でマス 174 を外周構成部材 175 に接続する複数のスポーク 176 とを備え、複数のスポーク 176 のうち少なくとも 1 つは、エレクトロアクティブポリマーからなり、複数のスポーク 176 のうち少なくとも 1 つは、少なくとも 1 つの入力電極 (図示せず; ただし、図 17 に示した実施の形態の目的からすると、スポーク 176 のそれぞれが対応する入力電極を有していると考えべきである) を有し、且つ、1 つまたは複数の入力電極に電圧を印加すると曲がるように構成されている。同様に、スポーク 176 のそれぞれは、1 つまたは複数の入力電極の電圧の印加を止めると伸びるように構成されていてもよい。さらに、ローラ部 171a, b は、少なくとも 1 つのスポーク 176 の歪みによってマス 174 が動き、結果としてローラ部 171a, b が重心に対してバランスを崩すように構成されている。重力の下で、マス 174 が平衡位置に戻ると、軸を中心とする回転運動 (すなわち、ローラ部 171a, b のスピン) を生じる。

#### 【0061】

図示したように、ロボットアーム 172 は、ピン 178 を中心として回転する。したがって、上記のローラ部 171a, b の既定の回転運動により、ローラ部 171a, b を継続的にターンさせる。円運動によって動かされることにより、ローラ部 171a, b がターンすることと、摩擦やギアの歯のかみ合わせ (meshing gear teeth) 等によって、ロボ

ットアーム 172 は、ピン 178 を中心として回転する。他の実施の形態では、ローラ部 171 a, b は、望ましい速度で往復運動をするように（すなわち、単方向に継続的にターンするというよりは、むしろ、一方の方向に一部ターンし、それから他方の方向にターンするように）構成されており、望ましい頻度及び速度で、ロボットアーム 172 が時計回り・反時計回りに回転することになる。

#### 【0062】

[EAP に対する電力の供給]

本明細書に記述した様々な実施の形態では、ローラのマスの中心の変位 (displacement) を生じさせるために、アクチュエータ間 (across) に電圧を印加する電源 (power source) は、マスの中心に収納されたバッテリー (battery) を含んでいてもよい。図 1 を参照。他の電源を用いることも可能であり、全てを参照することにより本明細書に組み込まれる、Baughman, R.H., Fuel-Powered Actuators, 2006 及び Ebron, V.H.; Yang, Z.; Seyer, D.J.; Kozlov, M.E.; Oh, J.; Xie, H.; Razal, J.; Hall, L.J.; Ferraris, J.P.; MacDiarmid, A.G.; Baughman, R.H., Fuel-Powered Artificial Muscles. Science 2006, 311, 1580-83 に開示されているフューエル (fuel) 及び酸化剤 (oxidizer) を用いることも可能である。フューエル及び / または酸化剤により電力を供給するアクチュエータの場合、デバイスは、チャンバ (chamber) に分割されていてもよい。チャンバ内では、アクチュエータの材料 (material) がフューエル及び / または酸化剤にさらされており、アクチュエータを作動させ、及び / または作動を逆転させる。これらのタイプのアクチュエータは、同時に (simultaneously)、筋肉 (muscle)、燃料電池の電極 (fuel cell electrode) 及びスーパーキャパシタの電極 (supercapacitor electrode) としても機能する。

10

20

30

40

50

#### 【0063】

フューエルを動力源とする人工筋肉の概略図を図 18 に示している。図 18 の上部に示しているように、水に溶けた酸素が電荷 (charge) をカーボンナノチューブ製のペーパー (paper) に (白金触媒 [platinum catalyst] によって促進されて) 移動させる。帯電することにより (charging)、ナノチューブ・フィルム (nanotube film) が膨張し、白金 / カーボン / イオノマー (ionomer) 層よりも膨張するため、フィルムが曲がることになる。図 18 の下部に示しているように、回路を水素電極に対して閉じると、帯電が中和され、フィルムの曲がり元に戻る。対極 (counter electrode) は、カーボン二重層 (carbon bilayer) - 白金触媒 - ナフイオン膜 (Nafion membrane) のアセンブリ (assembly) である。全てを参照することにより本明細書に組み込まれる、Maddipati, J.D., Artificial Muscle Begins to Breathe. Science 2006, 311, 1559-60 を参照。

#### 【0064】

「含む」 ("include" or "including") の用語が明細書または特許請求の範囲において使用される範囲において、特許請求の範囲で移行語 (transitional word) として使用されるときに解釈される「具備する」 ("comprising") の用語と同等に、含まれることが意図されている。さらに、「または」 ("or") が使用される範囲において (例: A または B [A or B])、「A または B またはその両方」 ("A or B or both") が意図されている。出願人が「A または B のみであって、その両方ではない」ということを意図する場合には、「A または B のみであって、その両方ではない」という用語を用いる。したがって、本明細書において、「または」の用語は、包括的 (inclusive) な用法であって、排他的 (exclusive) な用法ではない。Bryan A. Garner, A Dictionary of Modern Legal Usage 624 (2d. Ed. 1995) を参照。また、「内で」 ("in") または「内に」 ("into") の用語が明細書または特許請求の範囲において使用される範囲において、追加的に、「上で」 ("on") または「上に」 ("onto") を意味することが意図されており、また、その逆も同様である。さらに、「接続する」 ("connect") の用語またはその用語のいかなる形態が明細書または特許請求の範囲において使用される範囲において、「直接的に接続されている」 ("directly connected to") を意味することが意図されているだけでなく、他の 1 つの部材 (component) または複数の部材 (components) を通して接続または接触 (contact) しているような「間接的に接続されている」 ("indirectly connected to") を意味するこ

とをも意図している。また、各例において明示的に述べられていないとしても、固定されたまたは静的な（static）接続だけでなく、回転可能な、または、動的な（dynamic）接続も含むことを意味する。いくつかの実施の形態では、「接続されている」（"connected"）とは、「作動的に接続されている」（"operatively connected"）を意味し、これは、ある物が他の物に対して、望まれた機能を発揮可能な方法で配置されていることである。

【 0 0 6 5 】

上記のように、本出願は実施の形態として説示し、且つ、実施の形態は、かなり詳細に述べているが、添付の特許請求の範囲の範囲を限定やどのような形でも制限する意図ではない。本出願の恩恵により、当業者によりさらなる効果及び改良を容易に行うことができる。したがって、本出願は、そのより広い側面において、詳細な説明、代表的な装置、及び、説示した実施例に制限されるものではない。したがって、概略的な発明のコンセプトの範囲から外れることなく、本出願の詳細な説明等に基づいて発展型を生み出すことが可能である。

10

【 図 2 】

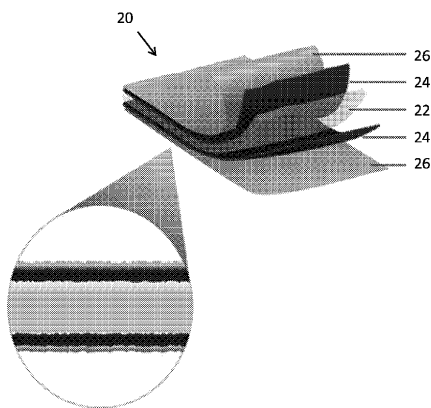


Figure 2

【 図 3 】

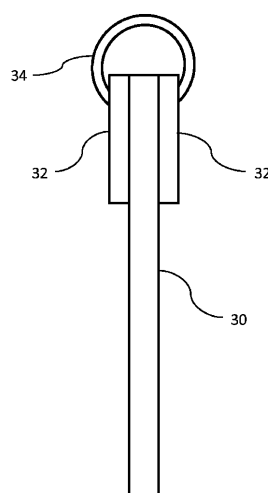


Figure 3

【 図 6 】

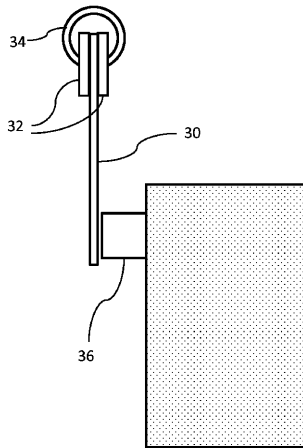


Figure 6

【 図 8 】

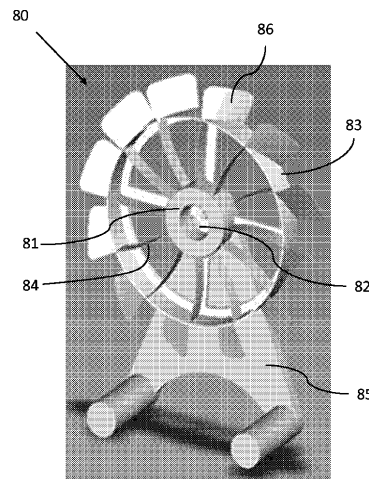


Figure 8

【 図 9 】

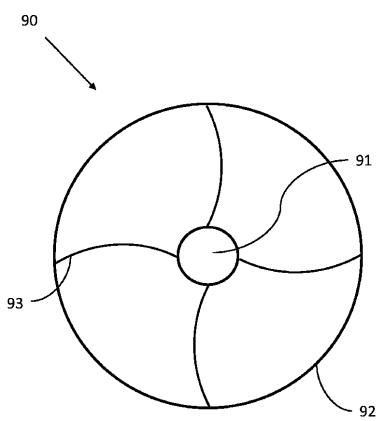


Figure 9

【 図 10 b 】

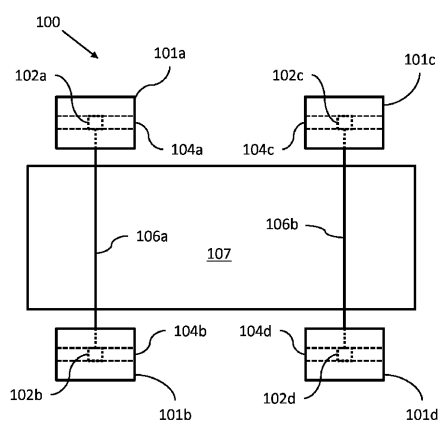


Figure 10b

【 図 10 a 】

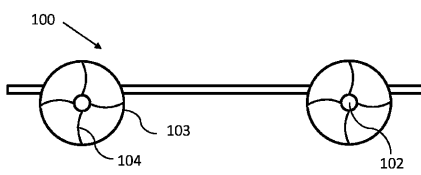


Figure 10a

【図 1 1】

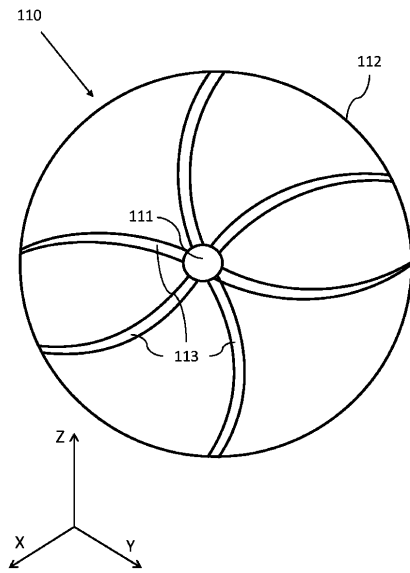


Figure 11

【図 1 2】

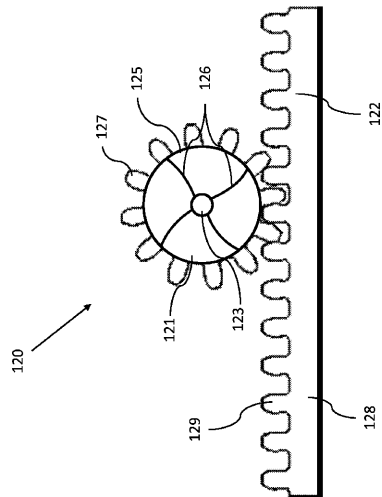
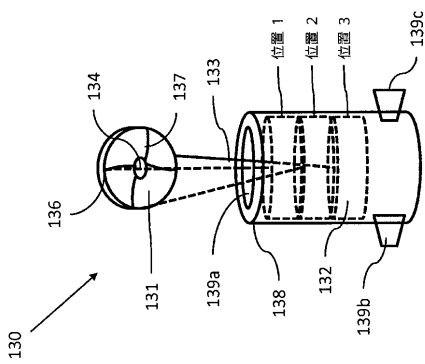
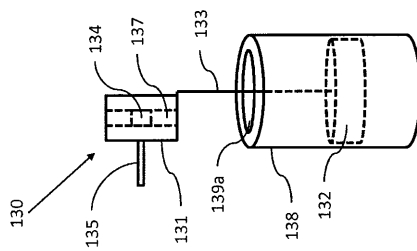


Figure 12

【図 1 3 a】



【図 1 3 b】



【図 1 4】

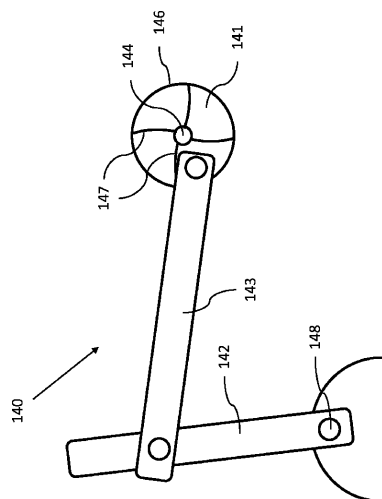


Figure 14

【図 15】

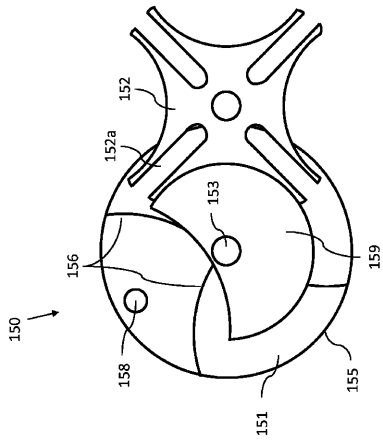


Figure 15

【図 16】

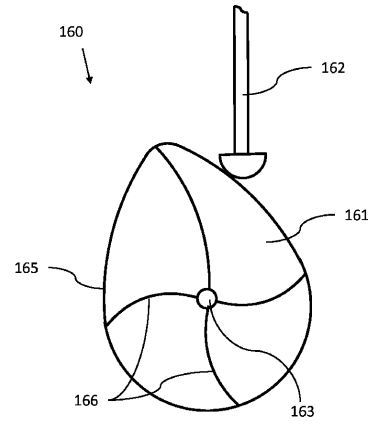


Figure 16

【図 17】

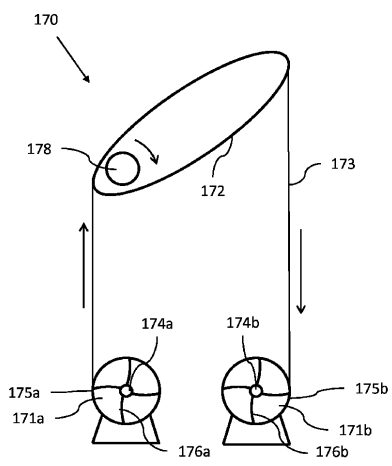
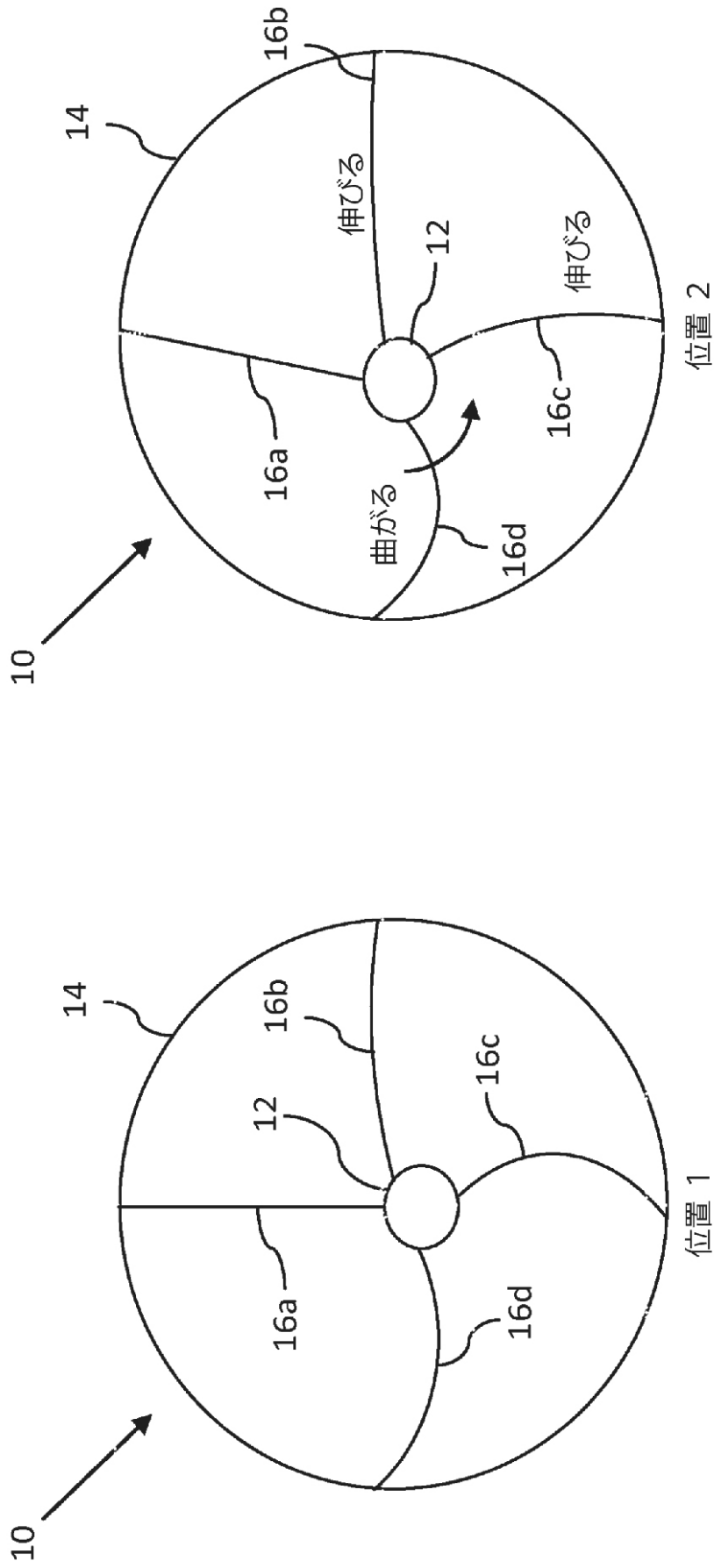


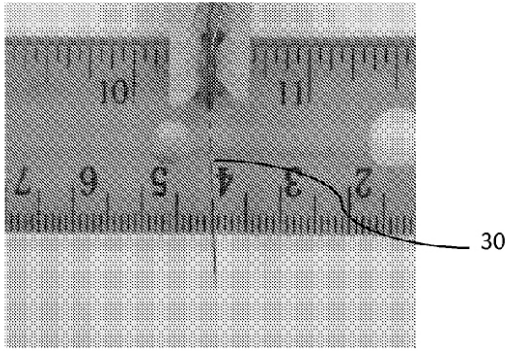
Figure 17



【図 1】

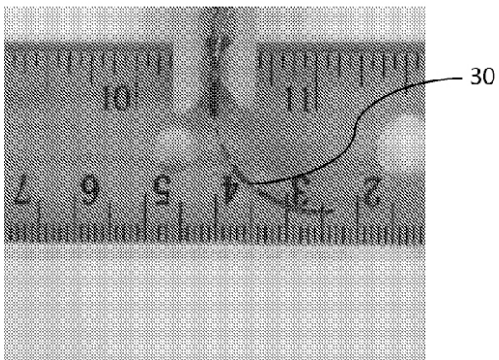


【図 4 a】



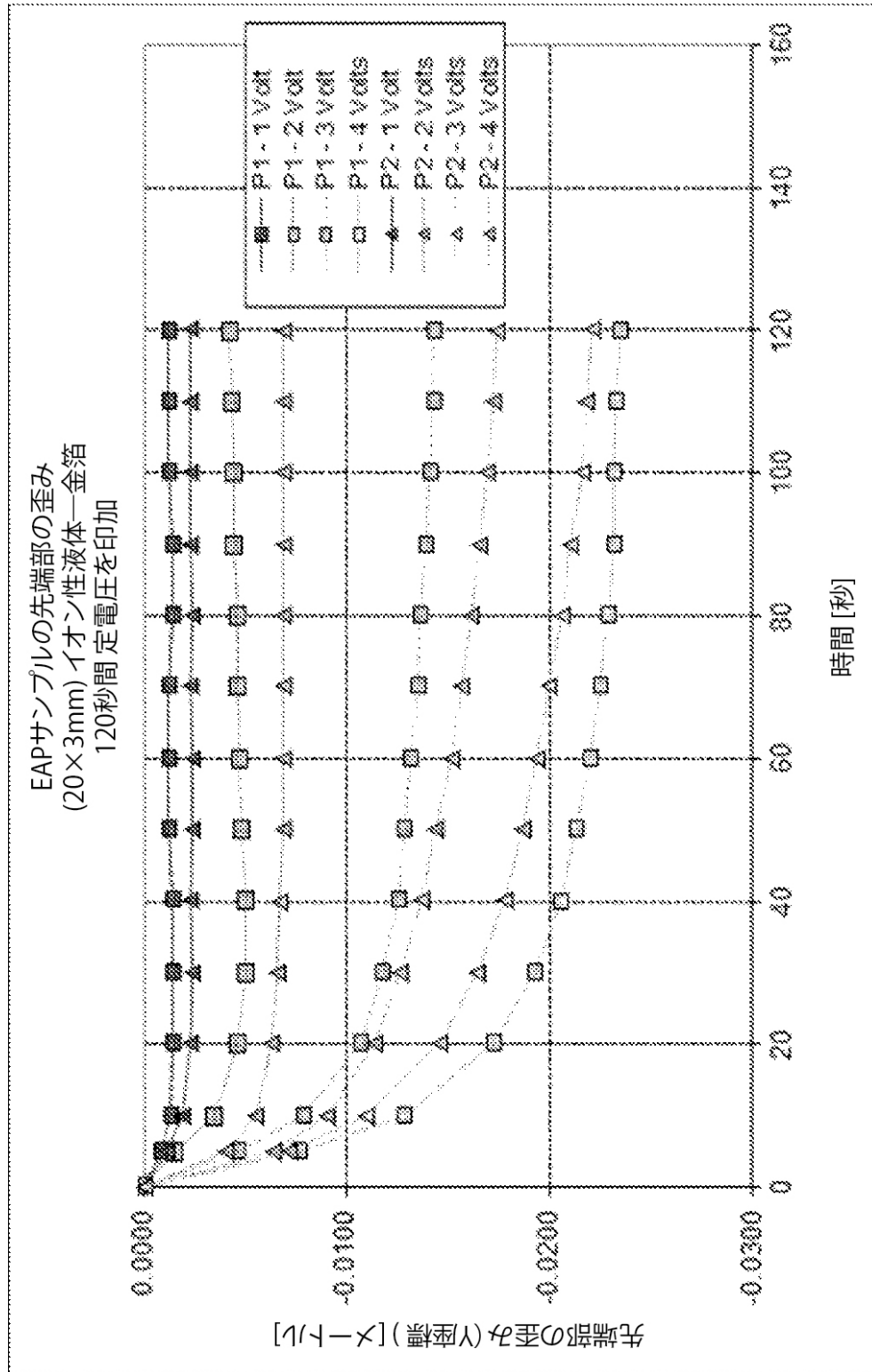
初期状態

【図 4 b】



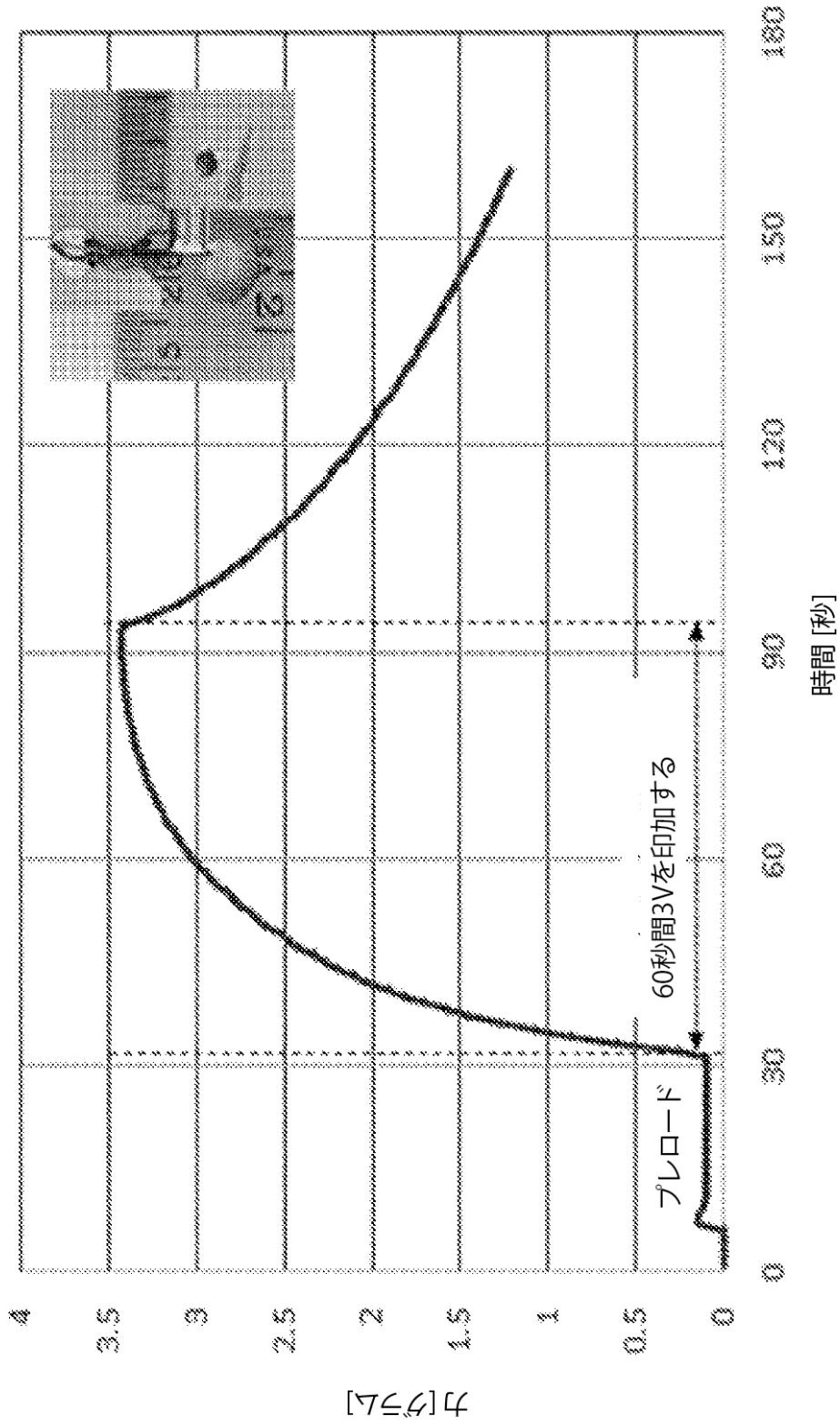
電圧印加状態

【図 5】

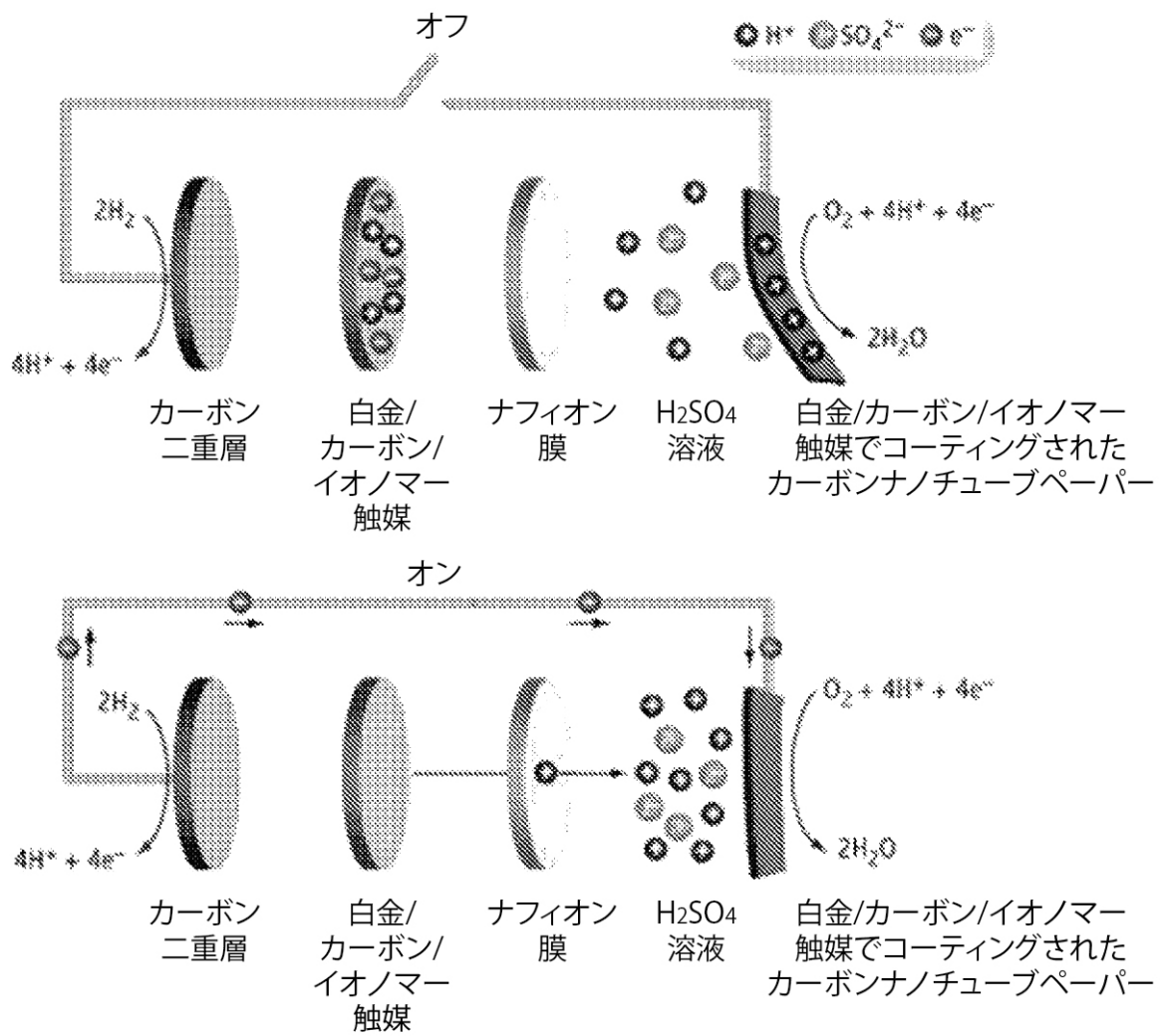


【図 7】

52875-2-16-P3 (バリエーション 2 (N115, 乾燥)、6×15mm, ストレート、3V)



【図 18】



## 【国際調査報告】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/US2011/041708

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
INV. B60B9/26 H01L41/09	B25J9/00 H02N11/00	F04D25/06 F16H19/00 F16H21/00
ADD. According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) B60B B25J F04D F16H H01L H02N		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2005/162049 A1 (KRILL JERRY A [US]) 28 July 2005 (2005-07-28) abstract; figures 1-5 -----	1-28
A	WO 2008/118983 A1 (RESILIENT TECHNOLOGIES LLC [US]) 2 October 2008 (2008-10-02) abstract; figures 1-30 -----	1-28
A	US 4 945 962 A (PAJTAS SCOTT R [US]) 7 August 1990 (1990-08-07) abstract; figures 1-9 -----	1-28
A	EP 1 894 748 A1 (YOKOHAMA RUBBER CO LTD [JP]) 5 March 2008 (2008-03-05) abstract; figures 1-4 -----	1-28
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 document 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 "Z" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search  25 October 2011		Date of mailing of the international search report  31/10/2011
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040 Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer  Bolte, Uwe

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International application No

PCT/US2011/041708

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2005162049	A1	28-07-2005	NONE
WO 2008118983	A1	02-10-2008	CN 101687433 A 31-03-2010 EP 2139701 A1 06-01-2010 JP 2010522666 A 08-07-2010 US 2009283185 A1 19-11-2009 WO 2008118983 A1 02-10-2008
US 4945962	A	07-08-1990	AT 102125 T 15-03-1994 BR 9002719 A 20-08-1991 CA 2016660 A1 09-12-1990 DE 69006917 D1 07-04-1994 DE 69006917 T2 09-06-1994 DK 0401564 T3 28-03-1994 EP 0401564 A2 12-12-1990 ES 2049859 T3 01-05-1994 JP 3025004 A 01-02-1991 MX 163565 B 01-06-1992 US 4945962 A 07-08-1990
EP 1894748	A1	05-03-2008	CN 101134420 A 05-03-2008 EP 1894748 A1 05-03-2008 JP 3966895 B1 29-08-2007 JP 2008055928 A 13-03-2008 US 2008053586 A1 06-03-2008

## フロントページの続き

(51)Int.Cl.	F I	テーマコード ( 参考 )
<b>F 1 6 H 53/02 (2006.01)</b>	F 1 6 H 53/02	B
<b>F 1 6 H 55/26 (2006.01)</b>	F 1 6 H 55/26	
<b>B 2 5 J 19/00 (2006.01)</b>	B 2 5 J 19/00	A

(81)指定国 AP(BW,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ,NA,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,MD,RU,TJ,TM),EP(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,RS,SE,SI,SK,SM,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,ML,MR,NE,SN,TD,TG),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

(74)代理人 100173657

弁理士 瀬沼 宗一郎

(72)発明者 セイヤー, ジェイ

アメリカ合衆国、オハイオ州 4 3 0 5 4、ニューアルバニー、スティール コート 5 4 8 6

(72)発明者 ステイシック, マーク

アメリカ合衆国、オハイオ州 4 3 2 1 4、コロンバス、リーランド アヴェニュー 1 3 2

(72)発明者 ブラキシコ, チャック

アメリカ合衆国、メイン州 0 4 2 2 1、キャントン、ステイプルズ ヒル ロード 1 5 6

(72)発明者 ムーア, ミーガン

アメリカ合衆国、オハイオ州 4 3 0 2 6、ヒリアード、ボナー ドライブ 5 3 1 1

(72)発明者 マクギニス, ヴィンス

アメリカ合衆国、オハイオ州 4 3 2 1 5、コロンバス、ウエスト スプリング ストリート 3 0 0、アパートメント 1 1 0 4

(72)発明者 ケネディ, ジェームス, ジュニア

アメリカ合衆国、オハイオ州 4 3 0 8 5、ウォーシントン、ラビーン サークル 6 9 3 2

F ターム(参考) 3C707 CV07 CV08 HS03 HS07 HT04

3H075 AA06 BB03 CC34 DB01 DB29

3H130 AA12 AB26 AB52 AC30 BA97G DD00X EC01G EC08G EC17G

3J030 BA08 BC01 EB04