

(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 1	テーマコード (参考)
<b>F03G 3/00</b> (2006.01)	F 03G 3/00	3 C 70 7
<b>B60B 9/26</b> (2006.01)	B 60B 9/26	3 H 07 5
<b>F04B 9/00</b> (2006.01)	F 04B 9/00	3 H 13 0
<b>F04D 25/02</b> (2006.01)	F 04D 25/02	3 J 03 0
<b>F16H 55/06</b> (2006.01)	F 16H 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)	(71) 出願人	504306714 バテル・メモリアル・インスティテュート B A T T E L L E M E M O R I A L I N S T I T U T E 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 (U.S)
(86) (22) 出願日	平成23年6月23日 (2011.6.23)	(74) 代理人	100091443 弁理士 西浦 ▲嗣▼晴
(85) 翻訳文提出日	平成25年2月21日 (2013.2.21)	(74) 代理人	100130720 弁理士 ▲高▼見 良貴
(86) 國際出願番号	PCT/US2011/041708		
(87) 國際公開番号	W02011/163530		
(87) 國際公開日	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)		

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

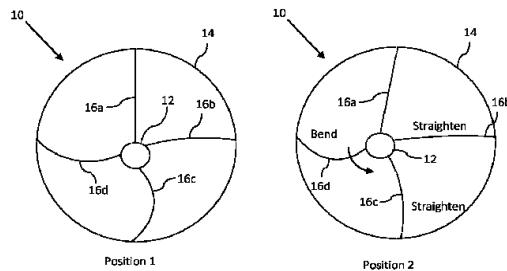


Figure 1

**【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。 20

**【請求項 5】**

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。 30

**【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、  
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。 40

**【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 つのスパ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 1 3】**

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パークとを備え、

前記少なくとも 1 つのスパークは、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 つのスパ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。

**【請求項 1 4】**

前記複数のスパークは、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 3 に記載のペイロード輸送システム。

**【請求項 1 5】**

前記複数のスパークは、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 3 に記載のペイロード輸送システム。

**【請求項 1 6】**

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 3 に記載のペイロード輸送システム。

**【請求項 1 7】**

(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、

(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パークとを備え、

前記少なくとも 1 つのスパークは、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 つのスパ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。

**【請求項 1 8】**

(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パークとを備え、

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

10

20

30

40

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 つのスパ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 19】

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 18 に記載のラック・アンド・ピニオンシステム。

【請求項 20】

(1) ピストンと、

(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パークとを備え、

前記少なくとも 1 つのスパークは、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、

前記ローラ部は、前記少なくとも 1 つのスパ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 21】

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 20 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 22】

(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、

(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パークとを備え、

前記少なくとも 1 つのスパークは、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、

前記ローラ部は、前記少なくとも 1 つのスパ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 23】

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 22 に記載のクランクシステム。

【請求項 24】

(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

10

20

30

40

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パークとを備え、

前記少なくとも1つのスパークは、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つのスパ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、

(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パークとを備え、

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つのスパークは、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つのスパ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、

(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パークとを備え、

前記少なくとも1つのスパークは、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つのスパ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40

10

20

30

40

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ミメテ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のあるデバイス (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。

【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。

【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。

【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。

【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

10

20

30

40

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パークとを備えており、少なくとも1つのスパークは、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つのスパ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よい。

10

#### 【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パークとを備えており、少なくとも1つのスパークは、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つのスパ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。

20

#### 【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パークとを備えており、少なくとも1つのスパークは、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つのスパ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。

30

#### 【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パークとを備え、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つのスパークは、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つのスパ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。

40

50

## 【0016】

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パークとを備えており、少なくとも1つのスパークは、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つのスパ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

## 【0017】

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。

## 【0018】

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】

## 【0019】

【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10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IPMCの詳細な実施例を示す図である。

【図3】アクチュエータ30、電極32及び電極クランプ34の配置の例を示す図である。

【図4a】電圧を印加する前の、アクチュエータ30が初期の状態にある状態を示す図である。

30

【図4b】電圧を印加している状態のアクチュエータ30を示す図である。

【図5】30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30、電極32及び電極クランプ34の配置の例を示す図である。

40

【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80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)90の形態の回転運動デバイスの例を示す図である。

【図10a】ペイロード輸送システム100の形態の回転運動デバイスの例を示す側面図である。

【図10b】ペイロード輸送システム100の形態の回転運動デバイスの例を示す平面図である。

【図11】ペイロード輸送システム110の形態の回転運動デバイスの例を示す図である。

【図12】ラック・アンド・ピニオンシステム120の一部である回転運動デバイスの例を示す図である。

【図13a】ピストン機構130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。

50

【図13b】ピストン機構130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ある。

ある。

【図14】クランクシステム140の一部である回転運動デバイスの例を示す図である。

【図15】ゼネバ装置システム150の一部である回転運動デバイスの例を示す図である。

【図16】カムシステム160の一部である回転運動デバイスの例を示す図である。

【図17】ロボットアームシステム170の一部である回転運動デバイスの例を示す図である。

【図18】燃料を動力源とする(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】

【0020】

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。

【0021】

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ミメティックのアプリケーション、微小電気機械素子(MEMS)、娛樂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。

【0022】

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10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10は、マス12と、外周構成部材14と、それぞれが回転可能な状態でマス12を外周構成部材14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パーク16a, 16b, 16c及び16dとを備え、複数のスパーク16a, 16b, 16c及び16dのうち、少なくとも1つのスパークは、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、スパーク16a, 16b, 16c及び16dのそれぞれが対応する入力電極を有していると考えるべきである)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10は、さらにスパーク16a～dのうち少なくとも1つのスパークの曲げ(bending)及び伸ばし(straightening)(以下、併せて「歪み」とする)によってマス12を動かし、回転運動デバイス10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12が平衡位置(equilibrium position)に戻ることにより、回転運動が生じる。回転運動デバイス10の望まれる出力を得るために、マス12の形状及び重さ、EAPスパーク16a～dの数及び位置、外周構成部材14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スパーク16a～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10の動きは、1以上のEAPスパーク16a～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10の動きは、1以上のEAPスパーク16a～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10の動きは、1以上のEAPスパーク16a～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。

【0023】

さらに図1を参照すると、回転運動デバイス10は、最も単純な形態において、中心に配置されたマス12を移動させることによる重心(center of gravity)の擾動(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)10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12は、EAPでできた1以上のスパーク(16a～d)の配置によってつり下げられて

10

20

30

40

50

いる (suspended)。平衡位置においては、EAPスパーク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スパーク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、スパーク16dがマス12を引っ張るために曲がるのに合わせて、スパーク16b及び16cが伸びるように、EAPスパーク16b及び16cも、スパーク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スパーク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つのスパーク16a～dを備えている。マス12は、スパーク16a～dによってつり下げられており、スパーク16a～dのうち、少なくとも1つはEAPスパークであり、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スパークによってマス12が平衡位置に保持されるように、少なくとも1つのEAPスパークは、作動したままに構成されていてもよい。EAPスパークの入力電極の電圧の印加を止めると、EAPスパ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、スパーク16a～dのそれぞれがEAPスパークであり、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スパークの入力電極の電圧の印加を止めると、EAPスパークが伸びることが許容され、残りの1以上のEAPスパークがマス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できる。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スパ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スパーク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、単純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・ハーベスター (energy harversters) のための有用なデバイスにすることができる。

できることが期待される。

【0027】

[EAP]

典型的には、EAP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"EAP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)"EAP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。

【0028】

適切な電子的なEAPは、例えば、強誘電性ポリマー(ferroelectric polymers)(例:電子線照射したP(VDF-TrFE)[electron-radiated P(VDF-TrFE)]、P(VDF-TrFE-CTFE)ターポリマー[P(VDF-TrFE) terpolymers]、及び、P(VDF-TrFE-CTFE)、誘電性EAPまたは電歪ポリマー(electrostatically stricted polymers)(例:シリコン[silicon]、ポリウレタン[polyurethane]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。

【0029】

適切なイオン性EAPは、例えば、イオン性ゲル(ionic gels)(例:PAMPS、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]及び導電纖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:单層[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。

【0030】

イオン性EAP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)(IPMCs)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、IPMC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。IPMC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(1~10V)、(2)比較的に高応答である(>100Hz)、(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。

【0031】

図2は、本実施の形態において用いるのが適切なIPMCの詳細な実施の形態を示している。図示したように、IPMC20は、イオン交換膜層/ion exchange membrane layer

10

20

30

40

50

r) 22、RuO<sub>2</sub> / イオン導電バインダー層 (RuO<sub>2</sub>/ion conducting binder layers) 24 及び電位分布層 (potential distributing layer) 26 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 (IV) (Ruthenium(IV) oxide)、0.2 g の脱イオン水 (di-H<sub>2</sub>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 12 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、N115 Na<sup>+</sup> 型 (N115 Na<sup>+</sup> form) になるように、ホットプレス (hot press) を用いて華氏 410 度及び 500 psig で 3 分間、両面からプレスし、繰り返して、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 200 度で 30 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)。EAP に 20 nm のクロム (chromium) を蒸着する。クロムの上に 100 nm の金を蒸着する。上記工程は、EAP 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 30、電極 32 及び電極クランプ 34 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 30 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 30 を示す図である。図 5 は、30 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 30 の大きさは、20 mm × 3 mm 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 30、電極 32 及び電極クランプ 34 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 30 をロードセルセンサ (load cell sensor) 36 に対して静止させた状態にしてあり、アクチュエータ 30 が曲がってセンサ 36 を押すように、アクチュエータ 30 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、15 mm × 6 mm のアクチュエータ 30 は、3 V で約 3.4 g の力を発揮する。

【0038】

他の適切な EAP 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。

【0039】

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。

【0040】

[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、EAPは、ファン80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80は、マス81と、マス81がそれを中心として回転するように構成された軸82と、外周構成部材83と、それぞれが回転可能な状態でマス81を外周構成部材83に接続する複数のスパーク84とを備え、マス81と、軸82と、外周構成部材83と複数のスパーク84とでファン80のローラ部(roller portion)を形成し、複数のスパーク84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、複数のスパーク84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、スパーク84のそれぞれが対応する入力電極を有していると考えるべきである)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、スパーク84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80のローラ部は、ファンベース(fan base)85によって支持されていてもよい。さらに、ファン80は、少なくとも1つのスパーク84の歪み(すなわち、曲げ及び/または伸び)によってマス81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80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81が平衡位置に戻ると、軸82を中心とする回転運動(すなわち、ファン80のローラ部のスピニング[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86の傾斜した表面が空气中を移動すると、ファン80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EAPスパーク84を歪ませると、ファン80を継続的にスピナセ、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ナ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85)も軸を中心としてスピナする、ということではないことに注意する必要がある。

【0041】

[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、EAP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)90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91と、外周構成部材(例：円形または円筒形の車輪のリム[rim])92と、それぞれが回転可能な状態でハブ91を外周構成部材92に接続する複数のスパーク93とを備え、複数のスパーク93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、複数のスパーク93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、スパーク93のそれぞれが対応する入力電極を有していると考えるべきである)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、スパーク93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90は、少なくとも1つのスパーク93が歪むことによって、ペイロードを含むハブ91を動かし、結果としてマス輸送システム90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91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90のロール[rolling

10

20

30

40

50

] ) を生じる。既定の方法で E A P スポーク 9 3 を繰り返し作動させると、マス輸送システム 9 0 を継続的にロールさせる。

【 0 0 4 2 】

ハブ 9 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 9 1 が "空 (empty)" であったとしても、すなわち、ハブ 9 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 9 1 の動きは、マス輸送システム 9 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 9 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 (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 9 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。

10

【 0 0 4 3 】

[ ペイロード輸送システム - 自動車 ]

図 10 a 及び 10 b 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 10 b に示すように、ペイロード輸送システム 10 0 は、4 つの "車輪" 10 1 a, 10 1 b, 10 1 c 及び 10 1 d を備えている。より多くの、または、より少ない車輪 10 1 也可能である。図 10 a に示すように、車輪 10 1 のそれぞれは、マス 10 2 と、外周構成部材 (すなわち、車輪のリム) 10 3 と、それが回転可能な状態でマスを外周構成部材 10 3 に接続する複数のスパーク 10 4 とを備え、複数のスパーク 10 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、複数のスパーク 10 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 10 a 及び 10 b に示した実施の形態の目的からすると、スパーク 10 4 のそれが対応する入力電極を有していると考えるべきである) 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、スパーク 10 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るともよい。さらに、車輪 10 1 のそれぞれは少なくとも 1 つのスパーク 10 4 が歪むことによって、車輪 10 1 を動かし、重力に対して車輪 10 1 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 10 1 が平衡位置に戻ると、回転運動 (すなわち、車輪 10 1 のロール) を生じる。既定の方法で E A P スパーク 10 4 を繰り返し作動させると、車輪 10 1 を継続的にロールさせる。

20

【 0 0 4 4 】

図 10 b に示すように、ペイロード輸送システム 10 0 は、さらに、2 つの軸 10 6 a 及び 10 6 b を備えている。より多くのまたはより少ない軸 10 6 を用いることも可能である。図示したように、軸 10 6 a は、車輪 10 1 a と 10 1 b を繋ぎ、マス 10 2 a 及び 10 2 b が軸 10 6 a に回転可能な状態で "固定" されている。また、軸 10 6 b は、車輪 10 1 c と 10 1 d を繋ぎ、マス 10 2 c 及び 10 2 d が軸 10 6 a に回転可能な状態で "固定" されている。

30

【 0 0 4 5 】

図 10 b にさらに図示したように、ペイロード輸送システム 10 0 は、さらに、デッキ (deck) またはフレーム (frame) 10 7 を備えており、軸 10 6 a 及び 10 6 b 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 10 7 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よい。既定の方法で E A P スパーク 10 4 を繰り返し作動させると、車輪 10 1 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 10 7 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

【 0 0 4 6 】

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 9 0 の例と同様に、1 以上のマス 10 2 は、順にペイロードを収納可能なハブを備えてよい。

【 0 0 4 7 】

[ ペイロード輸送システム - 球体ローラ ]

50

図11を参照して、他の実施の形態では、EAP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11に示したように、マス輸送システム110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111と、外周構成部材(球体[sphere])112と、3次元に放射線状に延びる複数のスパーク113とを備え、複数のスパーク113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、複数のスパーク113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11に示した実施の形態の目的からすると、スパーク113のそれぞれが対応する入力電極を有していると考えるべきである)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、スパーク113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110は、少なくとも1つのスパーク113の歪みによってペイロードを収納したハブ111が動き、ペイロード輸送システム110がペイロード輸送システム110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110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110のロール)を生じる。既定の方法でEAPスパーク113を繰り返し作動させると、ペイロード輸送システム110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110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

30

40

50

## 【0048】

ハブ111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111が"空"であったとしても、すなわち、ハブ111が輸送する別のマス／ペイロードを収納していないかったとしても、EAPの作動によって誘発されるハブ111の動きは、ペイロード輸送システム110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111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111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。

## 【0049】

## [ラック・アンド・ピニオンシステム]

図12を参照して、1つの実施の形態では、EAPは、ラック・アンド・ピニオンシステム、例えば、120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12に示したように、ラック・アンド・ピニオンシステム120は、ピニオン部121及びラック部122を備えている。図示したように、ピニオン部121は、マス123と、マス123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125と、それぞれが回転可能な状態でマス123を外周構成部材125に接続する複数のスパーク126とを備え、複数のスパーク126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、複数のスパーク126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12に示した実施の形態の目的からすると、スパーク126のそれぞれが対応する入力電極を有していると考えるべきである)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、スパーク126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121は、少なくとも1つのスパーク126の歪みによってマス123が動き、結果としてピニオン部121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123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121のスピンドル)を生じる。ピニオン部121は、硬い歯(rigid teeth)127を備えている。図示したように、ラック部122は、硬い歯129を有する平板(flat bar)128を備えている。

## 【0050】

ピニオン部121がラック部122と噛み合わされると(engage)、すなわち、ピニオンの歯127とラックの歯129が噛み合わされると(mesh)、上記のピニオン部121の既定の回転運動により、望ましいように、ラック部122を左右に動かすことができる。

## 【0051】

[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13a及び13bを参照して、1つの実施の形態では、EAP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)130を動かすのに適しているかもしれない。図13a及び13bに示したように、ポンプ130は、ローラ部131及びピストン(piston)132を備えており、接続ロッド133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131は、マス134と、マス134がそれを中心として回転するように構成された軸135と、外周構成部材136と、それぞれが回転可能な状態でマス134を外周構成部材136に接続する複数のスパーク137とを備え、複数のスパーク137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、複数のスパーク137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13a及び13bに示した実施の形態の目的からすると、スパーク137のそれぞれが対応する入力電極を有していると考えるべきである)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、スパーク137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131は、少なくとも1つのスパーク137の歪みによってマス134が動き、結果としてローラ部131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134が平衡位置に戻ると、軸135を中心とする回転運動(すなわち、ローラ部131のスピン)を生じる。

10

20

30

## 【0052】

図示したように、ピストン132は、ハウジング(housing)(例：チャンバー[chamber]またはシリンダ[cylinder])138に収納されている。図示したように、ハウジング138は、接続ロッド用通路(connecting rod passageway)139aと、(図13a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)139bと、(図13a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)139cとを備えている。

40

## 【0053】

図示したように、上記のローラ部131の既定の回転運動により、接続ロッド133を回転させ、ピストン132を往復運動させる。図13aに示したように、例えば、ピストン132は、ローラ部131の回転及び対応する接続ロッド133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132の上向きの動き(upstroke)により吸引力(suction)が生じて入口部139bを通じてチャンバー138に水が入り、ピストン132の下向きの動き(downstroke)により出口部139c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。

40

## 【0054】

[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14を参照して、1つの実施の形態では、EAPは、回転運動を揺動運動に変換するクランク140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14に示したように、クランク140はローラ部141及びシャフト142を備えており、接続ロッド143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141は、マス144と、マス1

50

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パーク 1 4 7 とを備え、複数のスパーク 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、複数のスパーク 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、スパーク 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、スパーク 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 つのスパーク 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

## 【0 0 5 5】

[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

## 【0 0 5 6】

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パーク 1 5 6 とを備え、複数のスパーク 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、複数のスパーク 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、スパーク 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、スパーク 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 つのスパーク 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

## 【0 0 5 7】

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 とも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

## 【0 0 5 8】

[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、E A P 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パーク166とを備え、複数のスパーク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、複数のスパーク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、スパーク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、スパーク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もよい。さらに、ローラ部161は、少なくとも1つのスパーク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

## 【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。

20

## 【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パーク176とを備え、複数のスパーク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、複数のスパーク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、スパーク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、スパーク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もよい。さらに、ローラ部171a, bは、少なくとも1つのスパーク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。

30

## 【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

40

50

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 171a, 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。

#### 【 0 0 6 2 】

##### [ E A P 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 (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。

#### 【 0 0 6 3 】

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、フィルムの曲がりは元に戻る。対極 (counter electrode) は、カーボン二重層 (carbon bilayer) - 白金触媒 - ナフィオン膜 (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、Madded, J.D., Artificial Muscle Begins to Breathe. Science 2006, 311, 1559-60 を参照。

#### 【 0 0 6 4 】

「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、含めら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

10

20

30

40

50

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。

【0065】

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】

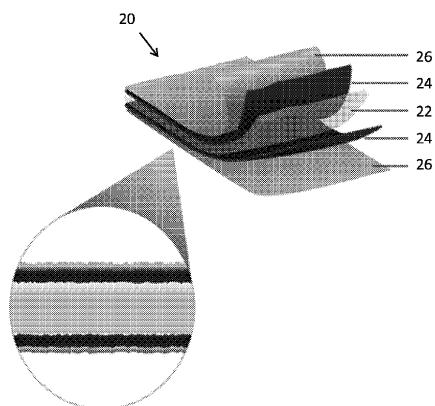


Figure 2

【図3】

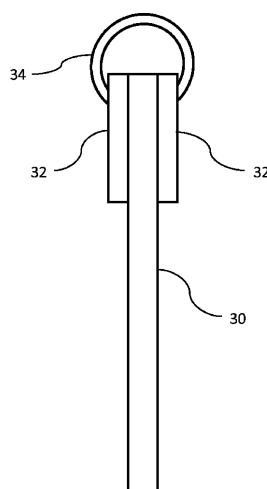


Figure 3

【図 6】

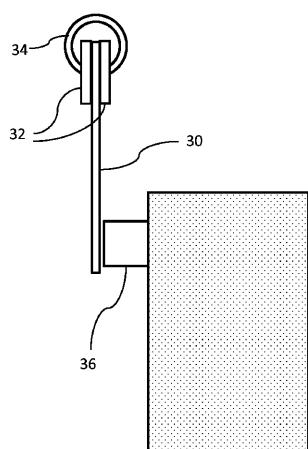


Figure 6

【図 8】

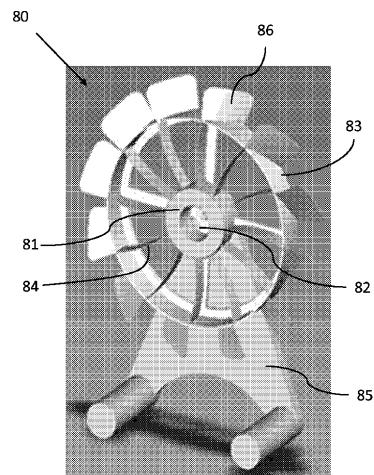


Figure 8

【図 9】

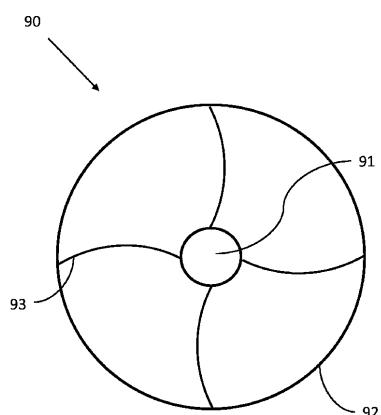


Figure 9

【図 10b】

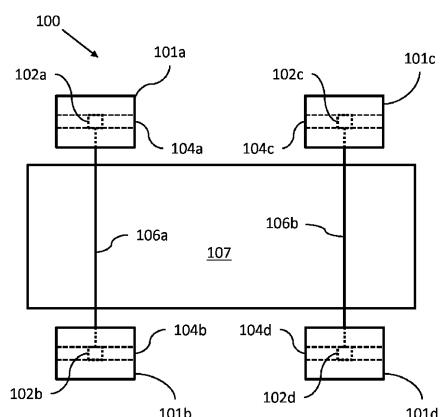


Figure 10b

【図 10a】

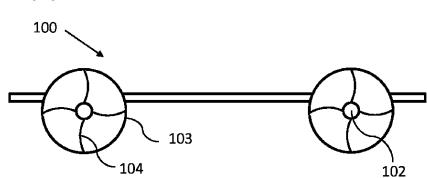


Figure 10a

【図 1 1】

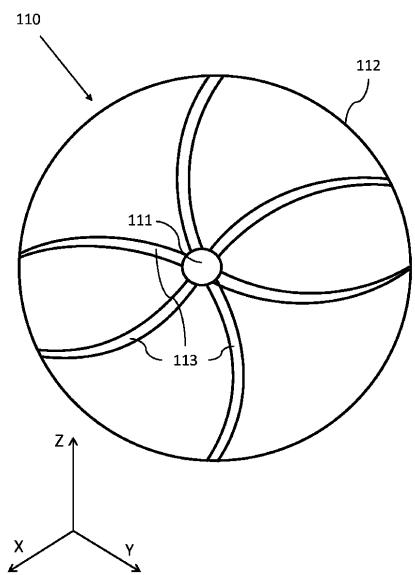


Figure 11

【図 1 2】

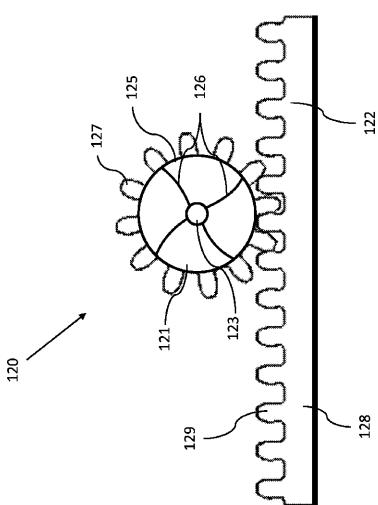
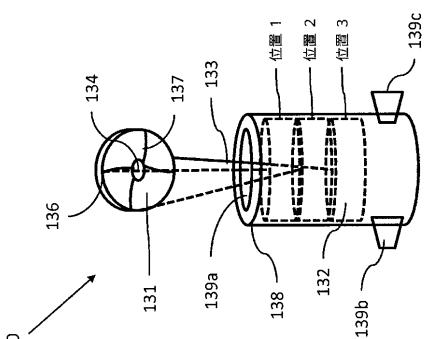
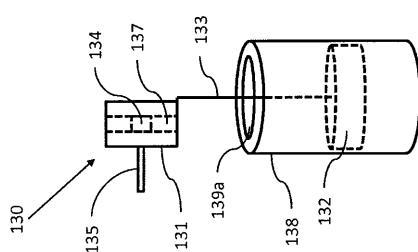


Figure 12

【図 1 3 a】



【図 1 3 b】



【図 1 4】

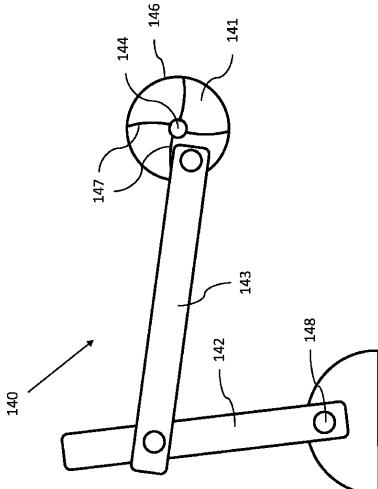


Figure 14

【図 1 5】

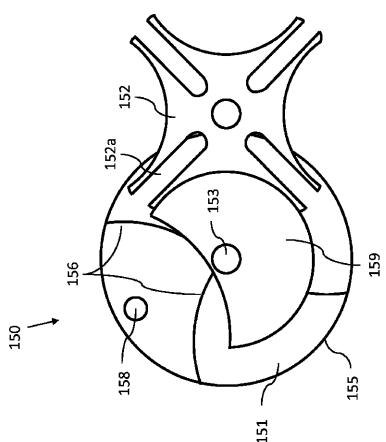


Figure 15

【図 1 6】

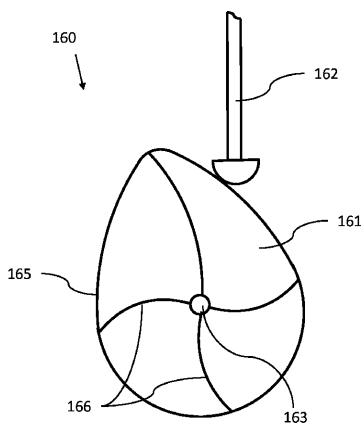


Figure 16

【図 1 7】

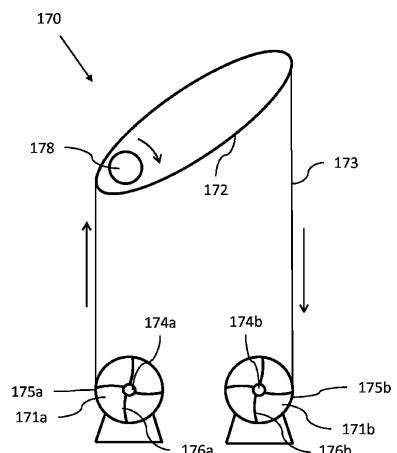
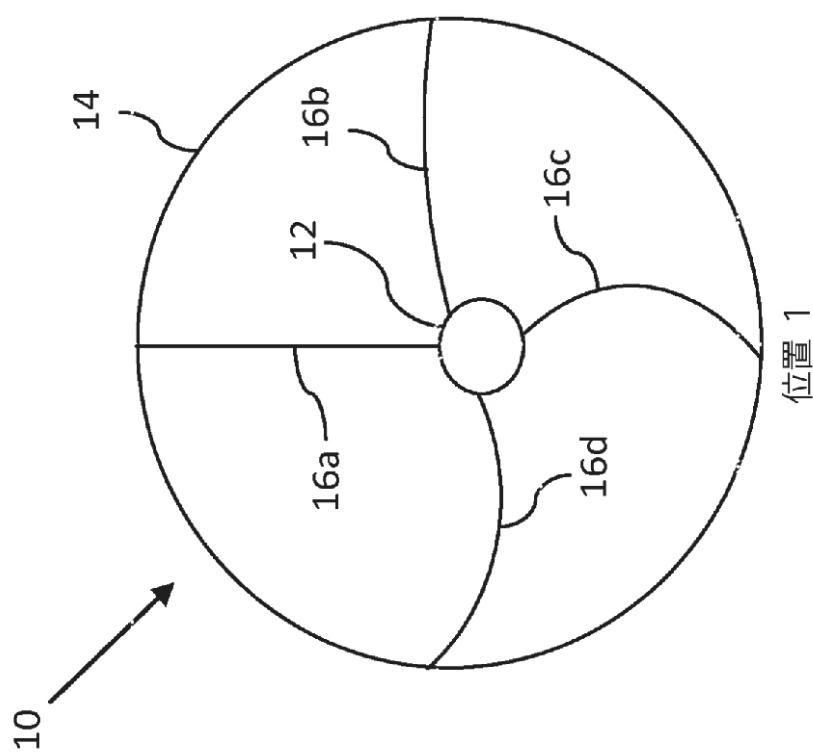
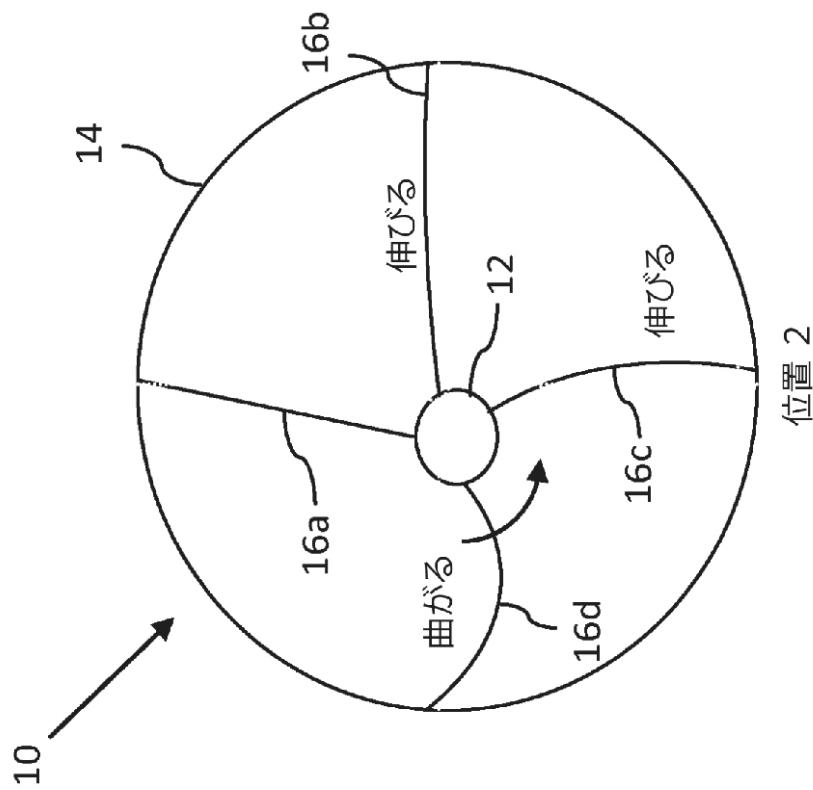
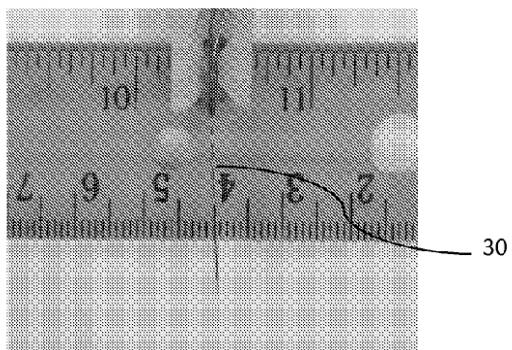


Figure 17

【図 1】

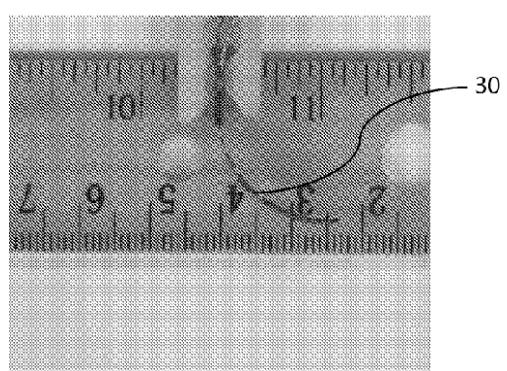


【図4 a】



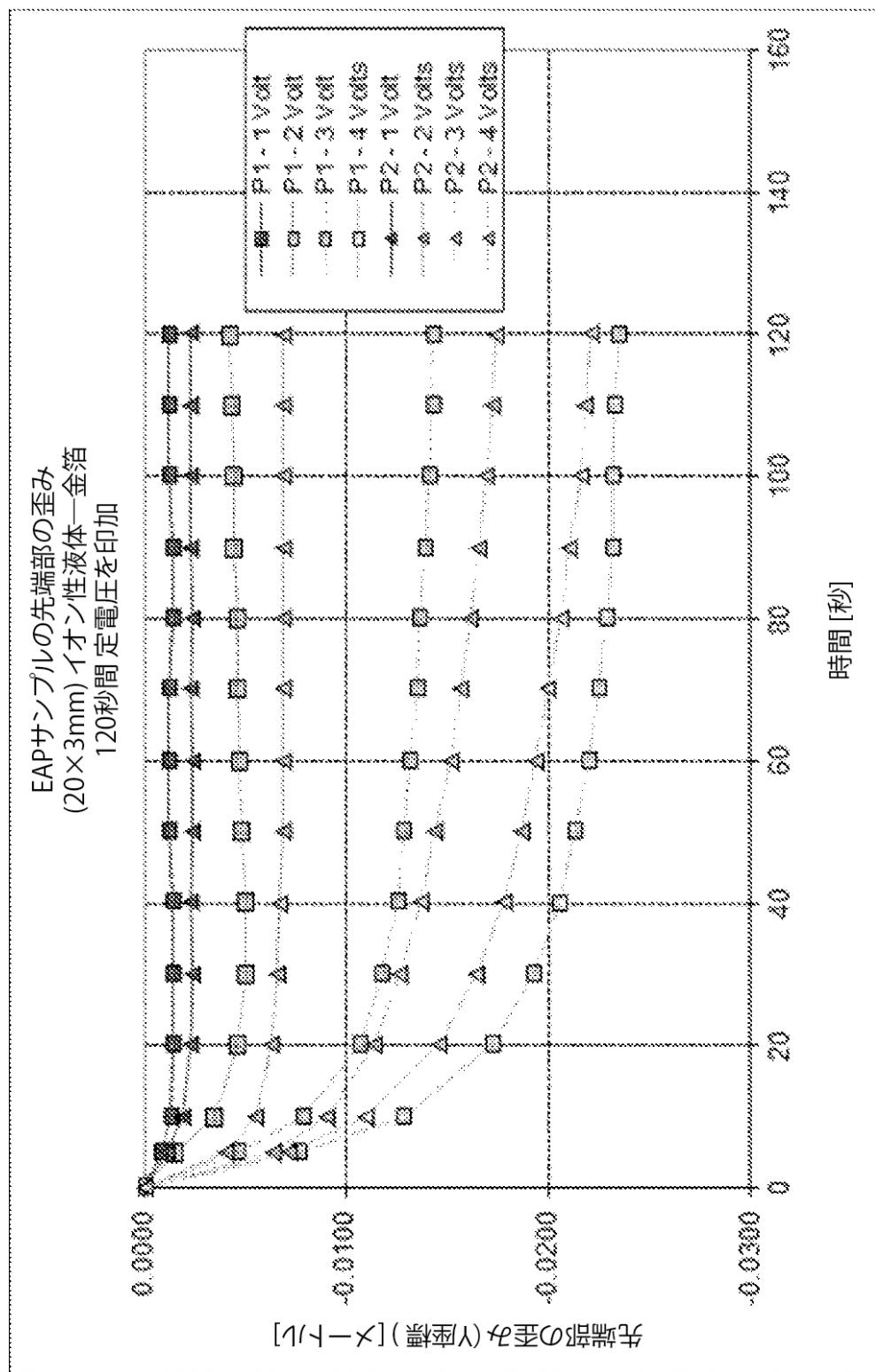
初期状態

【図4 b】



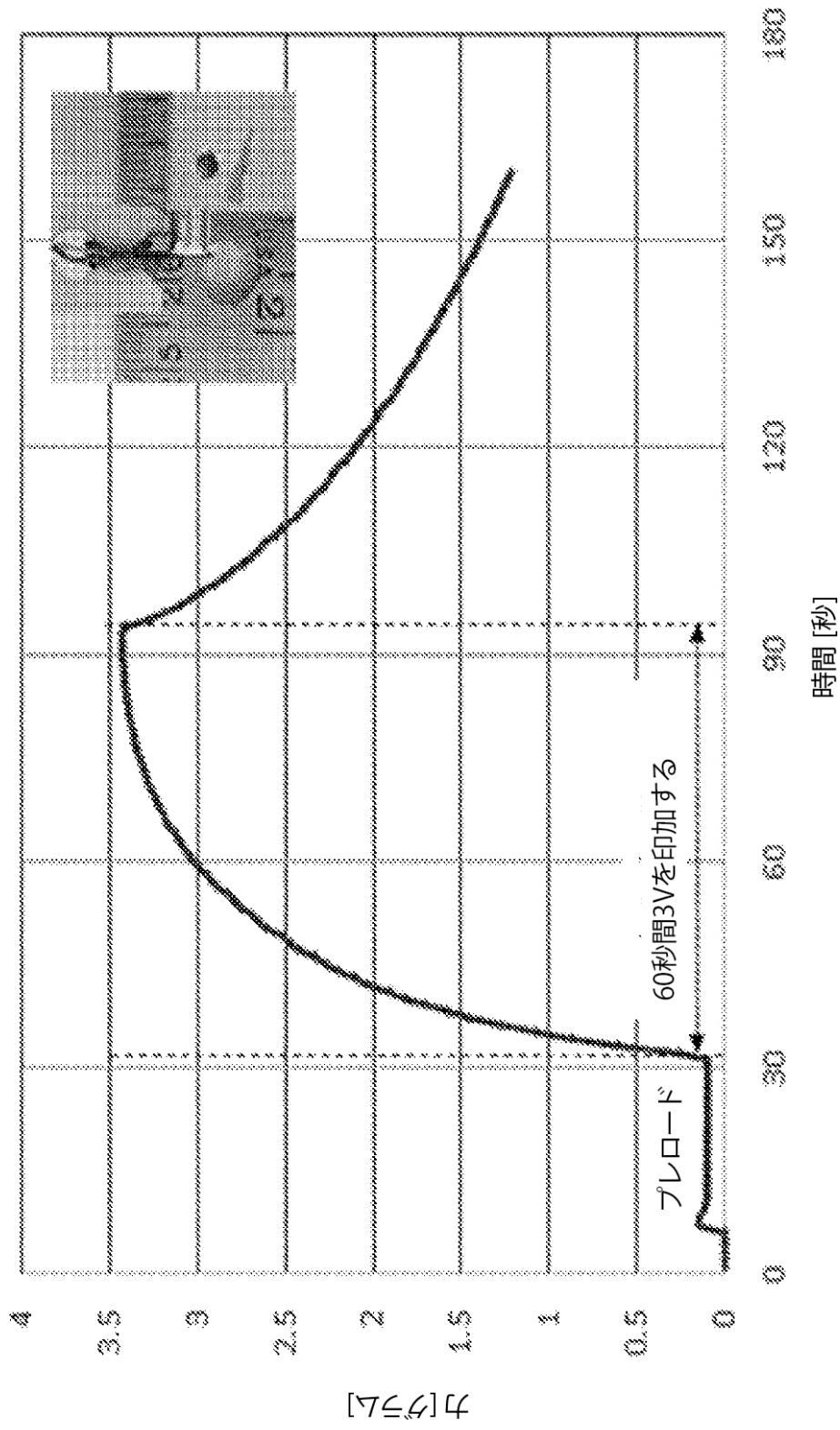
電圧印加状態

【図5】

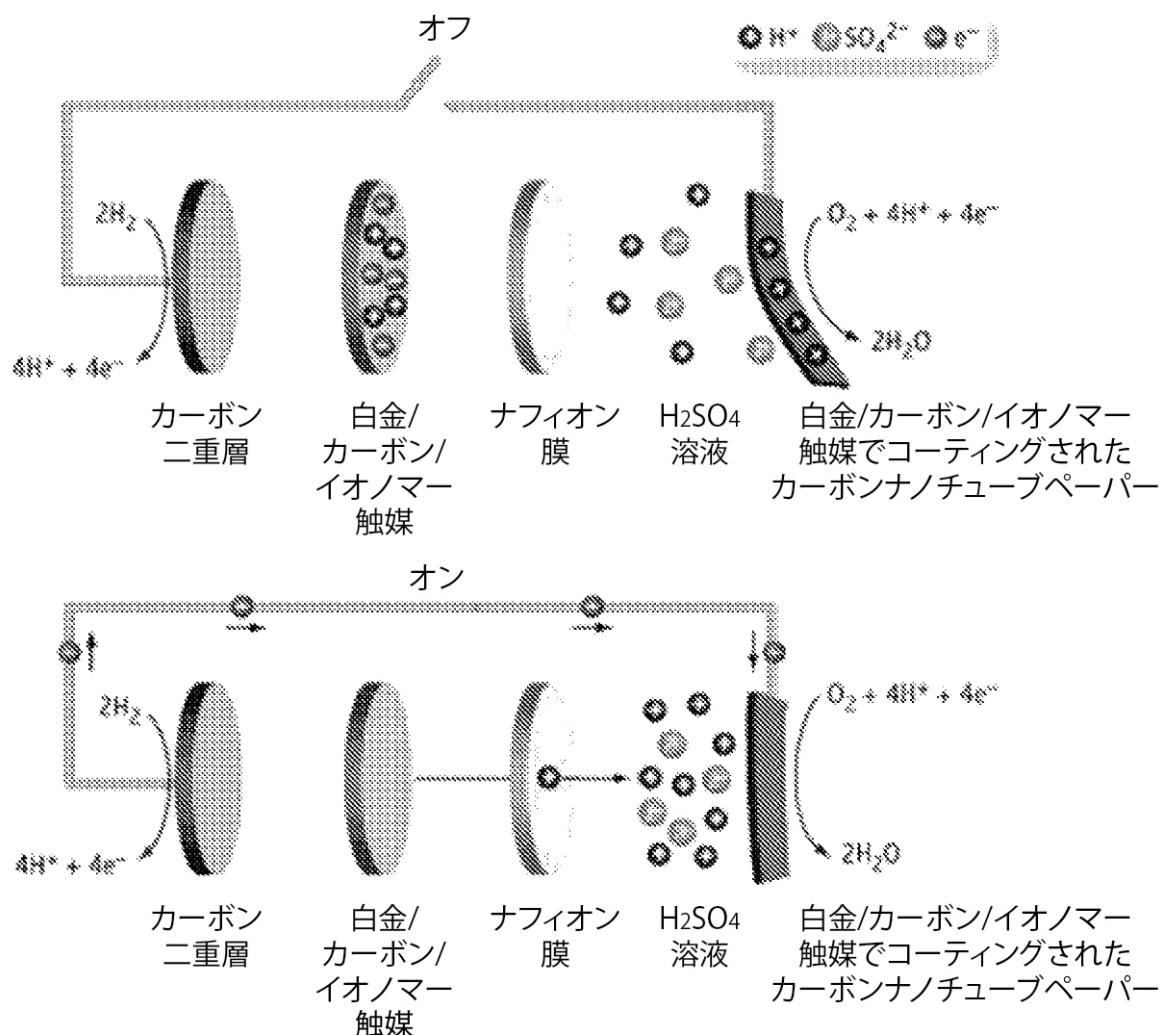


【図7】

52875-2-16-P3 (バリエーション2 (N115, 乾燥)、6×15mm, 2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 B25J9/00 F04D25/06 F16H19/00 F16H21/00 H01L41/09 H02N11/00		
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.
<p>* Special categories of cited documents :</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"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)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"A" document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report	
25 October 2011	31/10/2011	
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5018 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</b> (2006.01)	F 1 6 H 53/02	B
<b>F 1 6 H 55/26</b> (2006.01)	F 1 6 H 55/26	
<b>B 2 5 J 19/00</b> (2006.01)	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, R, S, 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 濑沼 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 43054、ニューアルバニー、スティール コート 5486

(72) 発明者 スティッシュ, マーク

アメリカ合衆国、オハイオ州 43214、コロンバス、リーランド アヴェニュー 132

(72) 発明者 プラキシコ, チャック

アメリカ合衆国、メイン州 04221、キャントン、ステイブルズ ヒル ロード 156

(72) 発明者 ムーア, ミーガン

アメリカ合衆国、オハイオ州 43026、ヒリアード、ボナー ドライブ 5311

(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 43215、コロンバス、ウエスト スプリング ストリート 300、アパートメント 1104

(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 43085、ウォーシントン、ラビーン サークル 6932

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