

(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2020-521927
(P2020-521927A)

(43) 公表日 令和2年7月27日 (2020.7.27)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
F 1 6 H 1/28 (2006.01)	F 1 6 H 1/28	3 J 0 2 7
F 1 6 H 55/06 (2006.01)	F 1 6 H 55/06	3 J 0 3 0
F 1 6 H 55/08 (2006.01)	F 1 6 H 55/08	Z 5 H 6 0 7
H 0 2 K 7/116 (2006.01)	H 0 2 K 7/116	

審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願2020-515792 (P2020-515792)	(71) 出願人 519014073 ジェネシス ロボティクス アンド モー ション テクノロジーズ カナダ アンリ ミテッド ライアビリティ カンパニー カナダ ヴィ2ワイ 1 エヌ1 プリティ ッシュ コロンビア ラングリー トゥー ハンドレッドアンドセカンド ストリート 6 2 7 9 ユニット 1
(86) (22) 出願日 平成30年5月31日 (2018. 5. 31)	(74) 代理人 100094569 弁理士 田中 伸一郎
(85) 翻訳文提出日 令和1年11月26日 (2019. 11. 26)	(74) 代理人 100103610 弁理士 ▲吉▼田 和彦
(86) 国際出願番号 PCT/CA2018/050646	(74) 代理人 100109070 弁理士 須田 洋之
(87) 国際公開番号 W02018/218363	
(87) 国際公開日 平成30年12月6日 (2018. 12. 6)	
(31) 優先権主張番号 62/513, 431	
(32) 優先日 平成29年5月31日 (2017. 5. 31)	
(33) 優先権主張国・地域又は機関 米国 (US)	

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 減速機を有するアクチュエータ

(57) 【要約】

減速機を有する電磁式アクチュエータは、ステータと、ステータに対して回転するように配置されたローターとを有する。駆動ギアがローターに固定されている。少なくとも3つの遊星ギアがステータに取り付けられ、少なくとも3つの遊星ギアのそれぞれが駆動ギアによって係合されている。環状ギアが第1のステータに回転可能に取り付けられており、環状ギアが少なくとも3つの遊星ギアのそれぞれによって係合される。

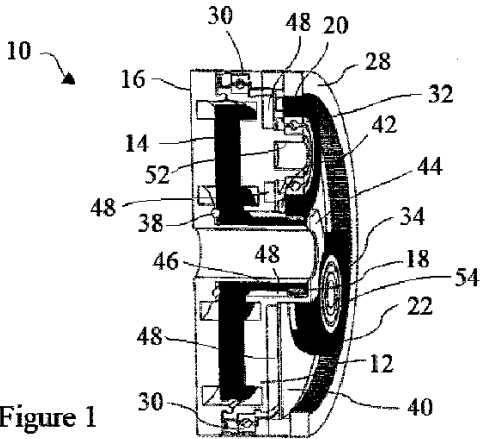


Figure 1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

減速機を有する電磁式アクチュエータであって、
第 1 のステーターと、
前記第 1 のステーターに対して回転するように配置されたローターと、
前記ローターに固定された駆動ギアと、
前記第 1 のステーターに取り付けられた少なくとも 3 つの遊星ギアであって、前記少なくとも 3 つの遊星ギアのそれぞれが前記駆動ギアによって係合されている、少なくとも 3 つの遊星ギアと、
前記第 1 のステーターに回転可能に取り付けられた環状ギアであって、前記少なくとも 3 つの遊星ギアのそれぞれによって係合される環状ギアとを備える、電磁式アクチュエータ。

10

【請求項 2】

前記少なくとも 3 つの遊星ギアが、それぞれ、前記第 1 のステーターと同じモノリシック材料の一部として形成された少なくとも 3 つのポストのうちの 1 つに取り付けられている、請求項 1 に記載のアクチュエータ。

【請求項 3】

前記第 1 のステーターが、互いに固定された 2 つのステーターのうちの 1 つであり、前記ローターが、前記 2 つのステーターの間に配置され、前記 2 つのステーターのそれぞれに対して回転運動する、請求項 1 又は 2 に記載のアクチュエータ。

20

【請求項 4】

前記環状ギアが、軸受によって前記第 1 のステーターに固定されている、請求項 3 に記載のアクチュエータ。

【請求項 5】

前記少なくとも 3 つの遊星ギアが、それぞれ、複数の歯を有し、前記歯のそれぞれが長さを有し、前記歯のそれぞれが、前記長さに沿ってテーパー状になっている、請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載のアクチュエータ。

【請求項 6】

前記少なくとも 3 つの遊星ギアのそれぞれが、軸方向に予圧される、請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載のアクチュエータ。

30

【請求項 7】

前記少なくとも 3 つの遊星ギアのそれぞれが、前記少なくとも 3 つの遊星ギアのそれぞれと前記第 1 のステーターとの間の対応する軸受に作用する対応するバネによって軸方向に予圧される、請求項 6 に記載のアクチュエータ。

【請求項 8】

前記少なくとも 3 つの遊星ギアのそれぞれが、対応する磁石によって軸方向に予圧される、請求項 7 に記載のアクチュエータ。

【請求項 9】

前記少なくとも 3 つの遊星ギアに隣接する前記第 1 のステーターに固定的に取り付けられ、前記駆動ギア及び前記環状ギアに対する前記少なくとも 3 つの遊星ギアの軸方向の動きを提供する少なくとも 3 つの電磁コイルを更に備える、請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載のアクチュエータ。

40

【請求項 10】

前記少なくとも 3 つの電磁コイルが、パルス幅変調制御通電により設定される第 1 の電流により作動される、請求項 9 に記載のアクチュエータ。

【請求項 11】

前記第 1 のステーターが、第 2 の電流によって作動される複数の電磁コイルを備え、前記ローターが、複数の永久磁石を備え、前記少なくとも 3 つの電磁コイルが、前記第 2 の電流に比例する前記第 1 の電流によって作動される、請求項 10 に記載のアクチュエータ。

50

【請求項 1 2】

前記駆動ギアが、スピノードル青銅を更に含む、請求項 1 から 1 0 のいずれか一項に記載のアクチュエータ。

【請求項 1 3】

前記環状ギアが、スピノードル青銅を更に含む、請求項 1 から 1 2 のいずれか一項に記載のアクチュエータ。

【請求項 1 4】

前記ステーターが、作動中に前記アクチュエータを通る流体の流れを導く開口を更に含む、請求項 1 から 1 3 のいずれか一項に記載のアクチュエータ。

【請求項 1 5】

前記少なくとも 3 つの遊星ギアのそれぞれが、前記少なくとも 3 つの遊星ギアのうちの 1 つの内径と、前記少なくとも 3 つのポストのうちの 1 つの外径との間に位置する少なくとも 3 つの遊星軸受のうちの対応する 1 つによって前記少なくとも 3 つのポストのそれぞれに接続される、請求項 2 に記載のアクチュエータ。

【請求項 1 6】

前記少なくとも 3 つの遊星軸受のそれぞれが、前記少なくとも 3 つのポストのそれぞれの外径と一体の内側溝と、前記少なくとも 3 つの遊星軸受のそれぞれの内径と一体の外側溝とに位置する玉軸受の列を備える、請求項 1 5 に記載のアクチュエータ。

【請求項 1 7】

前記少なくとも 3 つの遊星軸受のそれぞれが、前記少なくとも 3 つの遊星ギアのそれぞれに対して半径方向に少量の動きを可能にするように配置されている、請求項 1 5 に記載のアクチュエータ。

【請求項 1 8】

ギアアセンブリであって、

第 1 及び第 2 のギアを備え、前記第 1 及び第 2 のギアのそれぞれが、複数の歯を有し、前記複数の歯のそれぞれが、長さ、各歯の前記長さに沿って画定される歯先とを有し、各歯が、その長さに沿ってテーパ状になっており、前記歯先が、各歯の前記長さに沿ってテーパに関連して変化し、

前記第 1 のギアの正のシフト面が前記第 2 のギアの負のシフト面と係合すると、前記第 1 のギア及び前記第 2 のギアが係合位置に嵌合する、ギアアセンブリ。

【請求項 1 9】

各歯の前記長さに沿った前記歯先のシフトが、前記歯の長さに沿った前記テーパと線形的に相関がある、請求項 1 8 に記載のギアアセンブリ。

【請求項 2 0】

前記第 1 及び第 2 のギアが、互いに接触するように軸方向に予圧される、請求項 1 8 に記載のギアアセンブリ。

【請求項 2 1】

前記第 1 及び第 2 のギアのうちの少なくとも 1 つが、それぞれの予圧されたギアに隣接して配置された電磁コイルを使用して軸方向に予圧される、請求項 1 8 から 2 0 のいずれか一項に記載のギアアセンブリ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

減速機を有する電磁式アクチュエータ

【0 0 0 2】

(関連出願の相互参照)

この出願は、2017年5月31日に提出された「トルク増幅器」という名称の米国仮特許出願第 62/513,431 号から優先権を主張する非仮出願である。本出願は、その全体が参照により本明細書に組み込まれる。

【背景技術】

【0003】

従来のギア同士をしっかりと予圧すると、熱膨張中にそれらを結合させる可能性があるとともに、バネ同士のギアのロードは常に最大トルクの予圧を必要とし、低負荷状態では高い摩擦及び摩擦耗につながることから、ギアボックスからのバックラッシュをなくすことは、非常に困難である。

【発明の概要】

【0004】

実施形態では、高レベルの逆駆動性と高比率ギアボックスよりも高速出力とを可能にするため、ロボット又はモーション制御の用途に有益でとすることができる、高トルクモーターと組み合わせた低比率減速機が開示されている。例えば国際公開第2017/024409号及び関連出願に開示されているLive Drive（商標）モーターなどの高トルクモーターと対にすると、それはまた、高トルク対慣性比を有する非常に高トルクを提供することもできる。

10

【0005】

実施形態では、高トルク中であっても常にバックラッシュがゼロであり、低負荷状態中に高い逆駆動性及び低摩擦を提供するギア減速装置が開示されている。

【0006】

実施形態では、ステーターの背面に1つ以上の遊星ギア及び環帯出力ギアを回転可能に固定する2つのステーターの間に挟持された軸方向磁束ローターがある。このステーターに固体材料を使用すると、ステーターと一体として遊星軸（又は遊星軸孔）を有するステーターを製造することができる。これは、トルク、精度及びコスト削減の点で利点を有する。遊星ギアは、一般的な遊星ギアボックスのように公転しない。代わりに、遊星ギア軸は、ステーターに対して固定されており、太陽ギア入力と環状リングギア出力との間のアイドルプーリーとして機能する。これは、回転する遊星キャリアの必要性、それに関連するコスト、複雑さ、及びロスモーションの可能性をなくす。

20

【0007】

実施形態では、減速機を有する電磁式アクチュエータがある。第1のステーターと、第1のステーターに対して回転運動するように配置されたローターとがある。駆動ギアがローターに固定されている。少なくとも3つの遊星ギアが第1のステーターに取り付けられており、少なくとも3つの遊星ギアのそれぞれが駆動ギアによって係合されている。環状ギアが第1のステーターに回転可能に取り付けられており、環状ギアが少なくとも3つの遊星ギアのそれぞれによって係合される。

30

【0008】

他の実施形態では、第1のギア及び第2のギアを有するギアアセンブリがあり、第1及び第2のギアのそれぞれは、複数の歯を有し、複数の歯のそれぞれは、長さで各歯の長さに沿った歯先とを有する。各歯は、その長さに沿ってテーパ状になっており、各歯の長さに沿ったテーパに対して歯先が変化する。第1のギアの正のシフト面が第2のギアの負のシフト面と係合すると、第1のギア及び第2のギアは、係合位置に嵌合する。

【0009】

ここで、同様の参照文字が同様の要素を示す図面を参照して、減速機を有する電磁式アクチュエータの実施形態を、例として説明する。

40

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】環帯ギアを有する電磁式アクチュエータのギアを示す破断図である。

【図2】電磁式アクチュエータの遊星ギア及び環状ギアの等角側面図である。

【図3】テーパ状のギア本体の断面図である。

【図4】一定の直径ピッチを有するテーパ状のギア本体のギア歯形の等角図である。

【図5】図4の断面5-5を通るギア歯の断面図である。

【図6】図4の断面6-6を通るギア歯の断面図である。

【図7】図4の断面7-7を通るギア歯の断面図である。

50

【図 8】 バネ付勢遊星ギアの部分破断図である。

【図 9】 遊星ギアを予圧するための磁石を有するアクチュエータの断面図である。

【図 10】 冷却を可能にするための開口を有するアクチュエータの部分破断図である。

【図 11】 テーパー状のギアの等角図である。

【図 12】 テーパー状のギアの等角正面図である。

【図 13】 ギアの歯の正の歯先シフトプロファイルの代表的なスケッチである。

【図 14】 歯の後部の歯先プロファイルを示すテーパー状のギアの等角正面図である。

【図 15】 歯の中央の歯先プロファイルを示すテーパー状のギアの等角正面図である。

【図 16】 歯の前部の歯先プロファイルを示すテーパー状のギアの等角正面図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

図 1 及び図 2 に示すように、減速機を有する電磁式アクチュエータ 10 は、少なくとも第 1 のステーター 12 と、第 1 のステーター 12 に対して回転するように配置されたローター 14 とを含む。図示のように、第 1 のステーター 12 は、互いに固定された 2 つのステーター 12、16 のうちの 1 つであってよく、ローター 14 は、2 つのステーターの間に配置され、2 つのステーターのそれぞれに対して回転運動する。ローター 14 及びステーター 16 は、軸受 38 に取り付けられることができる。図 1 には、両方のステーターが示されているが、単一のステーターのみを使用することも可能である。「第 1 のステーター」という用語は、環状ギア、又は環帯ギア 28 を支持するステーターを記載するために使用される。特許請求の範囲において、「第 1 のステーター」という用語は、単一のステーターのみが存在する可能性を排除するものではない。駆動ギア 18 又は太陽ギアは、ローターのシャフト 46 に固定されている。3 つの遊星ギア 20、22、24 は、第 1 のステーター 12 に取り付けられており、3 つの遊星ギアのそれぞれは、駆動ギア 18 によって係合されている。他の実施形態では、4 つ以上を含む他の数の遊星ギアを使用することができる。環状ギア 28 は、第 1 のステーター 12 に回転可能に取り付けられている。環状ギア 28 は、3 つの遊星ギア 20、22、24 のそれぞれによって係合されている。3 つの遊星ギア 20、22、24 は、それぞれ、第 1 のステーター 12 と同じモノリシック材料の一部として形成された 3 つのポスト 52、54、56 のうちの 1 つに取り付けられている。環状ギア 28 は、軸受 30 によって第 1 のステーター 12 に固定されている。駆動ギア 18 は、キャップ 44 の下に隠れていてもよい。

【0012】

3 つの遊星ギア 20、22、24 は、それぞれ、環状ギア 28 及び駆動ギア 18 上の対応する歯と係合する複数の歯を有する。歯 50 (図 4) のそれぞれは、長さを有し、歯のそれぞれは、図 4 に示すように、その長さに沿ってテーパー状になっている。3 つの遊星ギアのそれぞれは、軸方向に予圧されることができる。

【0013】

図 8 に示すように、3 つの遊星ギア 20、22、24 は、それぞれ、3 つの遊星ギア 20 と第 1 のステーター 12 との間の対応する軸受 32 に作用するバネ 60 などの対応するバネによって軸方向に予圧されることができる。

【0014】

図 9 に示すように、遊星ギア 20 などの 3 つの遊星ギアは、対応する磁石 66 によって軸方向に予圧されることができる。

【0015】

図 1 を参照すると、磁気コイル 42 などの 3 つの電磁コイルがステーター 12 に固定的に取り付けられ、駆動ギア 18 及び環状ギア 28 に対する 3 つの遊星ギア 20、22、24 の軸方向の移動を提供することができる。遊星ギア 20 に対する電磁コイル 42 の位置は、遊星ギア 22 及び 24 に対する他の 2 つの電磁コイルの位置と同じである。3 つの電磁コイル 42 は、パルス幅変調制御通電により設定される第 1 の電流により作動されることができる。ステーター 12 及びローター 14 は、複数の電磁コイル及び永久磁石によって作動される軸方向磁束モーターを形成する。例えば、第 1 のステーター 12 は、第 2 の

10

20

30

40

50

電流によって作動される複数の電磁コイルを含むことができ、ローター 14 は、複数の永久磁石を含むことができる。3つの電磁コイル 42 は、第2の電流に比例する第1の電流によって作動されることができる。駆動ギア 18 は、スピノーダル青銅又は他の適切な材料から作製されることができる。環状ギア 28 もまた、スピノーダル青銅又は他の適切な材料から作製されることができる。

【0016】

図 10 に示すように、第1のステーター 12 は、作動中にアクチュエータ 10 を通して空気流を導く開口 68 を更に備える。

【0017】

3つの遊星ギア 20、22、24 は、3つの遊星ギアのそれぞれの内径と3つのポストのそれぞれの外径との間に位置する3つの遊星軸受 32、34、36 によって3つのポスト 52、54、56 のそれぞれに接続される。3つの遊星軸受 32、34、36 は、それぞれ、少なくとも3つのポストのそれぞれの外径と一体の内側溝と、少なくとも3つの遊星軸受のそれぞれの内径と一体の外側溝とに位置する玉軸受の列を備える。玉軸受の列はまた、3つの遊星ギア 20、22、24 及び3つのポスト 52、54、56 のスリーブの間に配置されることもできる。

【0018】

3つの遊星軸受 32、34、36 は、少なくとも3つの遊星ギア 20、22、24 のそれぞれに対して半径方向に少量の動きを可能にするように配置される。

【0019】

環状リングギア 28 は、OD 及び／又は ID の周りの軸受 30 によりステーター 12 に回転可能に取り付けられている。ローター 14 の回転は、ローター構造 12 に固定された太陽ギア 18 を回転させる。太陽ギア 18 の回転は、アイドラ遊星ギア 20、22、24 を回転させ、これにより環状ギア、又は環帯ギア 28 を回転させる。

【0020】

このギア駆動系では、直線又は螺旋カットギアを使用することができる。バックラッシュを低減又は排除するために、様々な既知のギアインターフェースの予圧構成を使用することができる。ここに開示されているのは、駆動部を介して伝達されるトルク負荷に応じて予圧が調整されることができる、独自のギア予圧構成である。

【0021】

実施形態では、太陽、遊星及び環帯の歯先及び歯元は、アスペクト比を変更することなくテーパ状の歯の効果が達成されるように調整される。この詳細は、以下のように及び図 3 から図 7 に示されるように説明される。テーパの上部及びテーパの下部の太陽、遊星、及び環帯の歯元及び歯先は、規定のテーパ角及びギア本体の厚さに必要な直径の変化を使用して決定された。図 5 は、歯 50 の前部の断面を示している。図 6 は、歯 50 の中央の断面を示している。図 7 は、歯 50 の後部の断面を示している。歯及び予圧は、ともに機能してバックラッシュを排除する。バネ、磁石若しくは電磁気又は他の付勢手段によって形成されたかどうかにかかわらず、予圧は、対応する歯のテーパが係合接触するように歯を引っ張る。予圧は、対応するテーパの向きに応じて、遊星ギアをステーター及び他のギアから遠ざけるように押圧したり、遊星ギアをステーター及び他のギアに向かうように引っ張ったりすることができる。組み立ての目的で、ステーターに向かって引っ張られる遊星ギアを有することが望ましい。

【0022】

本体のテーパ角は、テーパ角が可能な最高の軸方向荷重を確保するが、自己ロックと見なされる領域の外側に留まるように、ギアを構成する材料と協調して選択された。

【0023】

太陽、遊星、及び環帯ギアのピッチ直径は、それぞれ、ギア本体の厚さにわたって一定であった。歯のプロファイルの結果としてゼロのバックラッシュが発生することを保証するために、純粋な数学的インポリュートがギアのそれぞれの歯に使用された。

【0024】

10

20

30

40

50

太陽、遊星、及び環帯ギアのそれぞれについて、ギア本体のテーパーによる歯先及び歯元の変化は、数学的インボリュートの異なるセクションが使用されたため、歯のプロファイルの変化をもたらした。

【0025】

図2及び図3に示す構成では、遊星20、22、24に対する軸方向の力は、テーパー状のギアインターフェース上の軸方向予圧を増加させ、装置からのバックラッシュを除去する。

【0026】

図8に示すように、この予圧は、軸受に作用するバネによって提供されることができる。

10

【0027】

図9に示すように、この予圧は、遊星に作用する永久磁石によって提供されることができる。これは、鉄系遊星材料と、ハウジングに取り付けられた固定永久磁石によるものとする。これはまた、ハウジング又は他の部材の鉄材料に引き付けられるギアに埋め込まれた永久磁石によっても達成されることができる。

【0028】

環帯28及び太陽18は、好ましくは、軸方向に固定されているが、いくつかの構成では軸方向に移動可能とすることができる。

【0029】

図1に示すように、好ましい実施形態では、磁気コイル42を使用して、遊星ギア20、22、24を軸方向に引っ張る。この実施形態では、ギアのテーパー角は、太陽ギアによって提供される最大トルクが、吸引コイル42と遊星との間の最大電磁力よりも小さい軸方向の力を遊星20、22、24にもたらすようなものである。テーパー角が小さいほど、必要な磁力は小さくなる。しかしながら、テーパー角が小さすぎる場合、遊星の軸方向の位置を一定に維持するには、精度が高すぎる必要があり得る。

20

【0030】

バネ又は磁気予圧を使用して、電力が供給されていないときにバックラッシュがゼロの動作を維持し、吸引コイルに必要な電力及び磁力を減らすことができる。

【0031】

ギアのうちの1つ以上へのスピノーダル青銅の使用は、潤滑の必要性をなくすことが望ましい。スピノーダル青銅は、摩擦及び摩耗を減らす半固体潤滑剤によって接合面をコーティングするという独自の特性を有する。太陽ギア及び場合によっては環帯ギアにスピノーダル青銅を使用することにより（これは、より高価になるが）、無潤滑ギアボックス用の固体潤滑剤によって鋼製遊星ギアをコーティングすることを可能にすることができる。

30

【0032】

本装置は、バックラッシュを吸収するために遊星ギアが軸方向に動くことを可能にされる必要がある。これらのギアの軸方向に摺動する機構は、トルクが反転したときにロストモーションにつながる負荷経路にクリアランスを導入するため、これは困難を生み出す。装置の実施形態は、遊星ギア20、22、24及びそれらの軸受32、34、36の軸方向の動きを可能にしつつ、負荷経路におけるいかなる遊びも排除する転動要素軸受構成を使用する。この軸受構成はまた、太陽ギア及び環状リングギアに対する遊星ギアの歯の一貫した予圧を提供するために必要な遊星ギアの少量の半径方向の動きも可能にする。この軸受構成では、遊星軸受シャフトの接線方向両側の軸受溝は、溝と遊星ギアの内側軸受レース（又は軸受レース内のスリーブ）のIDとの間を転動する玉軸受の列を有する。遊星シャフトの円周側だけに球面転動要素を使用すると、遊星ギアが太陽ギアから軸方向に且つ少量の半径方向外側に移動することを可能にする。転動要素を使用することにより、全ての遊びがこのインターフェースから取り出されるように、これらの軸受に予圧をかけることができる。ギアIDに圧入されることができる遊星ギアカートリッジ軸受はまた、全ての遊びがカートリッジ軸受から周方向に取り出されるが、（太陽ギアに対して）半径方向には取り出されないように、2つの場所（太陽ギア軸に対して周方向に）に外側に強制

40

50

されることが出来る内側レースの弾性変形によって予圧されることもできる。これは、カートリッジ軸受及び2組の周方向に配置された軸受の両方が周方向の遊びを減少又は排除し、リングギアへの遊星及び遊星軸受を介して太陽ギアからの負荷経路におけるバックラッシュ及びロストモーションをゼロにする状況を提供する。同時に、カートリッジ軸受及び2組の周方向に配置された軸受は、遊星ギアが適切な半径方向位置に落ち着くことを可能にする（太陽ギアに対して）半径方向における少量の動きを可能にするため、（バネや磁力などの任意の手段によって提供される）遊星における軸方向の力は、負荷の全範囲にわたる太陽ギア及びリングギアとの遊星の相互作用から全てのバックラッシュを取り除く。

【0033】

10

電磁遊星ギアの予圧によって上記装置を作動させるために、所定の電磁力及び対応する電流（PWM制御通電により設定可能）が遊星予圧コイル42に送られる。この予圧電流は、モーターに送られる電流レベルに比例するため、バックラッシュを防止するための遊星の軸方向予圧は、常に、ギアボックスを介して伝達されるトルクに起因する遊星の逆方向の軸方向の動きを引き起こす軸方向の力よりも高くなる（ただし、僅かに高いことが好ましい）。このようにして、例えば高トルク負荷で摩擦の増加をもたらす遊星の軸方向の予圧は、高トルクがそれらから必要な場合にのみギアが軸方向に高度に予圧されることから、低トルク負荷で非常に低い摩擦レベルまで低減し、摩擦が低減された高度に逆駆動可能なギアボックスを達成することができる。

【0034】

20

アセンブリ内で熱を放散させるために、空気などの流体を部品によって囲まれた領域内を移動させ、磁気コイル上に導くことができる。いくつかの実施形態では、セパレータプレート40又は一連のセパレータプレートを使用して、アセンブリ内及びアセンブリを通る流れを導くことができる。必要に応じて、冷却流体の流れは、アセンブリに押し込まれたり又は引かれたりすることができ、各シナリオにおいてオリフィス開口68（図8）の特定の構成を適用し、アセンブリ内の流れ方向及び静圧に基づいて空気流をマニホールドすることができる。オリフィス開口は、任意の冷却領域48（図1）において冷却が発生することを可能にすることができる。冷却領域の任意の配置は、電磁コイルに隣接し、ローターシャフト46に隣接し且つステーター12とセパレータプレート40との間に含むことができる。

30

【0035】

図11から図16は、テーパ状のギア歯のプロファイルの実施形態及び設計を示している。示されているギアの設計は、図1に示されているアクチュエータによって又は他の用途において使用されることができる。

【0036】

図11及び図12に示すように、複数の歯102を有するギア100がある。歯は、各歯の後端106が各歯の前端104よりも更にギアの中心軸から半径方向外側に延びるようにテーパ状になっている。同様に、各歯間の間隙108は、テーパ状になっている。各間隙の後端110は、各間隙の前端112よりも更にギアの中心軸から半径方向外側に延びている。その側面114及び116によって画定される各歯の歯先は、図14から図16により詳細に示されるように、テーパに応じてシフトされる。

40

【0037】

図13は、正の歯先シフトプロファイルと、歯先、ピッチ、基部及び歯元の直径を含むラベル付けされた注目すべき直径の例示的なスケッチを示している。

【0038】

図14から図16は、歯の長さに沿った3点でのギア歯のプロファイルを示している。図14は、各歯の後部106を通る線A及びBによって画定される歯先の形状を示している。図15は、各歯102の中央を通る線A及びBによって画定される歯先の形状を示している。図16は、各歯の前部104を通る線A及びBによって画定される歯先の形状を示している。中間面は、その標準構成における歯のプロファイルを定義するために使用さ

50

れる。ギアの軸方向の両端において、歯先のシフトが完了し、ギア歯が上方向又は下方向にシフトする。これらの3つの平面間には、ギア歯の線形補間がある。

【0039】

通常、ギアの長さ全体にわたって歯先のシフトが完了する。歯の長さによって歯先のシフトを変化させ、ギア歯体の円錐形のテーパを組み合わせるにより、テーパ状のギアが形成される。同じ歯先のシフトを使用して、第2のテーパ状のギアと組み合わせると、2つのギアは、1つのギアの正のシフト面が他のギアの負のシフト面と交差したときに噛合する。

【0040】

テーパ状のギアは、ギアに軸方向負荷をかけることで予圧することができる。これは、ギア間のバックラッシュを排除する効果を有する。更に、それは、ギアがより容易に射出成形されることを可能にする。

【0041】

先の説明は本発明の好ましい実施形態に関して行われてきたが、多くの変形及び改変が可能であることは、当業者によって理解されるであろう。これらの変形のいくつかは上で考察してきたものであり、他の変形は当業者にとって明らかであろう。例えば、様々なコンポーネントが特定の他のコンポーネントに固定される又は取り付けられる又は固定的に取り付けられると本明細書において記載される場合、それらのコンポーネントは、記載されたコンポーネントに直接的に又は間接的に固定されることが理解されよう。コンポーネント間にも固定される介在接続部品の追加は、元の2つのコンポーネントが互いに固定されていると見なされるかどうかを変化させない。例えば、図1に示すように、遊星ギア20、22及び24は、セパレータプレート40に固定されて示されているが、それにもかかわらず、遊星ギアは、セパレータプレート40がそれ自体ステーターに固定されており且つステーターの一部であるかのように機能するため、ステーターに取り付けられていると記載される。

【0042】

特許請求の範囲では、「含む (comprising)」という用語は、その包含的意味で使用されており、他の要素が存在する可能性を排除するものではない。請求項の特徴の前にある不定冠詞「1つ (a/an)」は、1つのみの要素が意図されていることが文脈から明らかでない限り、2つ以上のこの特徴が存在することを排除するものではない。

10

20

30

【図 8】

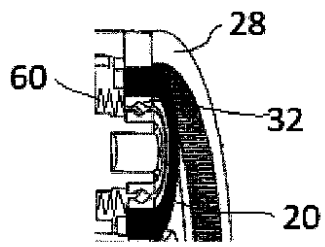


Figure 8

【図 9】

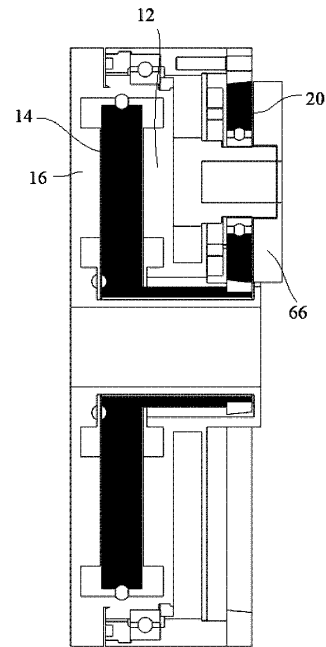


Figure 9

【図 10】

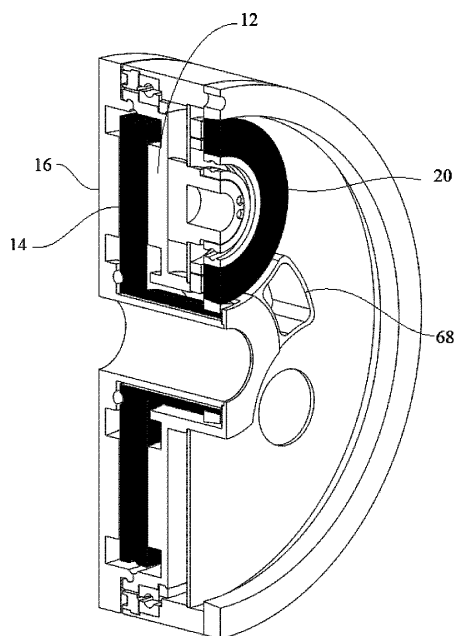


Figure 10

【図 11】

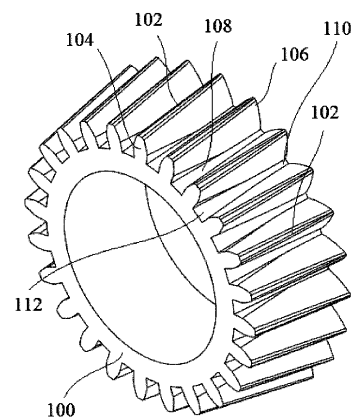


Figure 11

【図 12】

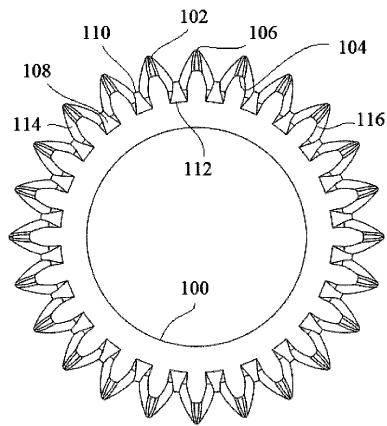
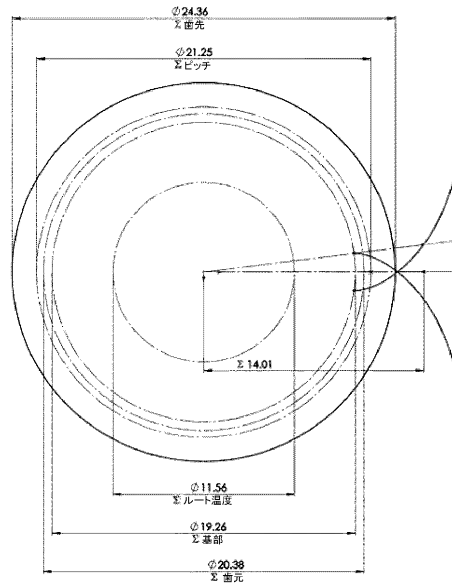


Figure 12

【図 13】



【図 14】

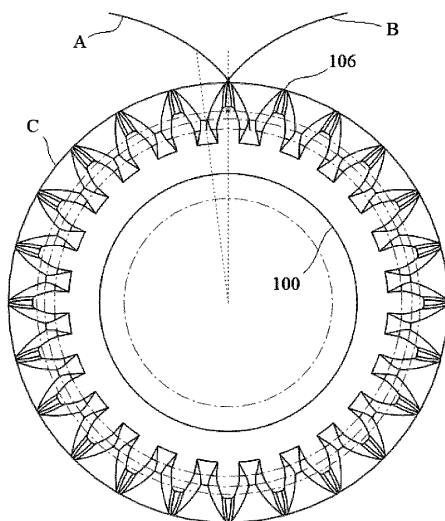


Figure 14

【図 15】

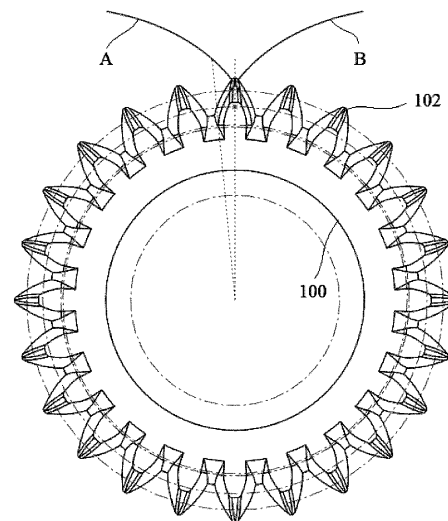


Figure 15

【図 16】

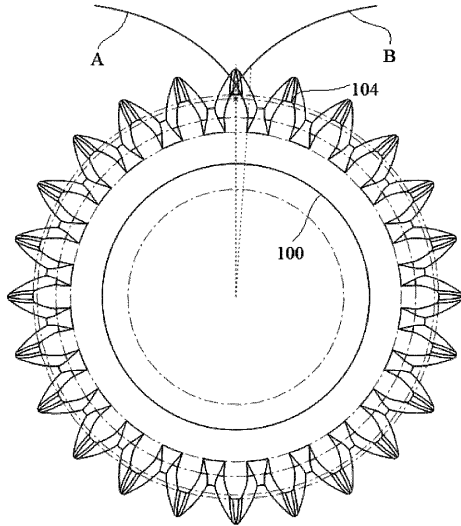


Figure 16

【手続補正書】

【提出日】 令和1年11月26日 (2019.11.26)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】 特許請求の範囲

【補正対象項目名】 全文

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

減速装置を備えた電磁アクチュエータであって、第 1 のステーターと、
前記第 1 のステーターに対して回転運動するように配置されたローターと、
ローターに固定された駆動ギアと、

前記第 1 のステーターに取り付けられた少なくとも 3 つの遊星ギアであって、前記少なくとも 3 つの遊星ギアのそれぞれが、前記駆動ギアによって係合される、少なくとも 3 つの遊星ギアと、前記第 1 のステーターに回転可能に取り付けられた環状ギアであって、前記環状ギアが、前記少なくとも 3 つの遊星ギアのそれぞれによって係合される、環状ギアと、を備え、前記少なくとも 3 つの遊星ギアは、それぞれ、前記第 1 のステーターと同じモノリシック材料の一部として形成される少なくとも 3 つのポストのうちの 1 つに取り付けられる、電磁アクチュエータ。

【請求項 2】

前記第 1 のステーターが、互いに固定された 2 つのステーターのうちの 1 つであり、前記ローターが、前記 2 つのステーターの間に配置され、前記 2 つのステーターのそれぞれに対して回転運動する、請求項 1 に記載のアクチュエータ。

【請求項 3】

前記環状ギアが、軸受によって前記第 1 のステーターに固定されている、請求項 2 に記

載のアクチュエータ。

【請求項 4】

前記少なくとも 3 つの遊星ギアが、それぞれ、複数の歯を有し、前記歯のそれぞれが長さを有し、前記歯のそれぞれが、前記長さに沿ってテーパ状になっている、請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載のアクチュエータ。

【請求項 5】

前記少なくとも 3 つの遊星ギアのそれぞれが、軸方向に予圧される、請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載のアクチュエータ。

【請求項 6】

前記少なくとも 3 つの遊星ギアのそれぞれが、前記少なくとも 3 つの遊星ギアのそれぞれと前記第 1 のステーターとの間の対応する軸受に作用する対応するバネによって軸方向に予圧される、請求項 5 に記載のアクチュエータ。

【請求項 7】

前記少なくとも 3 つの遊星ギアのそれぞれが、対応する磁石によって軸方向に予圧される、請求項 6 に記載のアクチュエータ。

【請求項 8】

前記少なくとも 3 つの遊星ギアに隣接する前記第 1 のステーターに固定的に取り付けられ、前記駆動ギア及び前記環状ギアに対する前記少なくとも 3 つの遊星ギアの軸方向の動きを提供する少なくとも 3 つの電磁コイルを更に備える、請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載のアクチュエータ。

【請求項 9】

前記少なくとも 3 つの電磁コイルが、パルス幅変調制御通電により設定される第 1 の電流により作動される、請求項 8 に記載のアクチュエータ。

【請求項 10】

前記第 1 のステーターが、第 2 の電流によって作動される複数の電磁コイルを備え、前記ローターが、複数の永久磁石を備え、前記少なくとも 3 つの電磁コイルが、前記第 2 の電流に比例する前記第 1 の電流によって作動される、請求項 9 に記載のアクチュエータ。

【請求項 11】

前記駆動ギアが、スピノーダル青銅を更に含む、請求項 1 から 9 のいずれか一項に記載のアクチュエータ。

【請求項 12】

前記環状ギアが、スピノーダル青銅を更に含む、請求項 1 から 11 のいずれか一項に記載のアクチュエータ。

【請求項 13】

前記ステーターが、作動中に前記アクチュエータを通る流体の流れを導く開口を更に含む、請求項 1 から 12 のいずれか一項に記載のアクチュエータ。

【請求項 14】

前記少なくとも 3 つの遊星ギアのそれぞれが、前記少なくとも 3 つの遊星ギアのうちの 1 つの内径と、前記少なくとも 3 つのポストのうちの 1 つの外径との間に位置する少なくとも 3 つの遊星軸受のうちの対応する 1 つによって前記少なくとも 3 つのポストのそれぞれに接続される、請求項 1 に記載のアクチュエータ。

【請求項 15】

前記少なくとも 3 つの遊星軸受のそれぞれが、前記少なくとも 3 つのポストのそれぞれの外径と一体の内側溝と、前記少なくとも 3 つの遊星軸受のそれぞれの内径と一体の外側溝とに位置する玉軸受の列を備える、請求項 14 に記載のアクチュエータ。

【請求項 16】

前記少なくとも 3 つの遊星軸受のそれぞれが、前記少なくとも 3 つの遊星ギアのそれぞれに対して半径方向に少量の動きを可能にするように配置されている、請求項 14 に記載のアクチュエータ。

【請求項 17】

ギアアセンブリであって、

第 1 及び第 2 のギアを備え、前記第 1 及び第 2 のギアのそれぞれが、複数の歯を有し、前記複数の歯のそれぞれが、長さ、各歯の前記長さに沿って画定される歯先とを有し、各歯が、その長さに沿ってテーパ状になっており、前記歯先が、各歯の前記長さに沿ってテーパに関連して変化し、

前記第 1 のギアの正のシフト面が前記第 2 のギアの負のシフト面と係合すると、前記第 1 のギア及び前記第 2 のギアが係合位置に嵌合する、ギアアセンブリ。

【請求項 18】

各歯の前記長さに沿った前記歯先のシフトが、前記歯の長さに沿った前記テーパと線形的に相関がある、請求項 17 に記載のギアアセンブリ。

【請求項 19】

前記第 1 及び第 2 のギアが、互いに接触するように軸方向に予圧される、請求項 17 に記載のギアアセンブリ。

【請求項 20】

前記第 1 及び第 2 のギアのうちの少なくとも 1 つが、それぞれの予圧されたギアに隣接して配置された電磁コイルを使用して軸方向に予圧される、請求項 17 から 19 のいずれか一項に記載のギアアセンブリ。

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/CA2018/050646
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC: <i>F16H 55/08</i> (2006.01), <i>F16H 1/20</i> (2006.01), <i>F16H 55/18</i> (2006.01), <i>H01F 5/00</i> (2006.01), <i>H02K 7/116</i> (2006.01) According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC: <i>F16H 55/08</i> (2006.01), <i>F16H 1/20</i> (2006.01), <i>F16H 55/18</i> (2006.01), <i>H01F 5/00</i> (2006.01),		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic database(s) consulted during the international search (name of database(s) and, where practicable, search terms used) Questel Orbit (FAMPAT), Canadian Patent database, Google Patent Keywords: stator, rotor, planet*, pinion?, star, sun, idl*, actuator, robotic*, addendum, taper*, electromagnetic, speed reducer, backlash, motor carrier, fixed, integrated, rotary,		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN202535213U (CHENG, M. et al), 14-11-2012 (14 November 2012) *Fig. 1; abstract*	1 to 17
X	GB2373304 (PARSONS B.), 18-09-2002 (18 September 2002) *Fig. 2; abstract*	18 to 21
A	JP2012223081A (SAITO, A. et al.), 12 November 2012 (12-11-2012) *Whole document*	1 to 17
A	CN203883613U (ZHU, R.), 15 October 2014 (15-10-2014) *Whole document*	1 to 17
☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family	
Date of the actual completion of the international search 31 August 2018 (31-08-2018)	Date of mailing of the international search report 31 August 2018 (31-08-2018)	
Name and mailing address of the ISA/CA Canadian Intellectual Property Office Place du Portage I, C114 - 1st Floor, Box PCT 50 Victoria Street Gatineau, Quebec K1A 0C9 Facsimile No.: 819-953-2476	Authorized officer Christine Lord (819) 639-7867	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CA2018/050646

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US8033942B2 (TESAR, D.), 11 October 2011 (11-10-2011) *Whole document*	1 to 17
A	CN205901557U (ZHANG, W. et al.), 18 January 2017 (18-01-2017) *Whole document*	1 to 17

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CA2018/050646

Box No. II	Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of the first sheet)
This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons: 1. ☐ Claim Nos.: because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely: 2. ☐ Claim Nos.: because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically: 3. ☐ Claim Nos.: because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).	
Box No. III	Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)
This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows: The claims are directed to a plurality of inventive concepts as follows: Group A - Claims 1 to 17 are directed to an electromagnetic actuator Group B - Claims 18 to 21 are directed to a gear assembly with tapered teeth The claims must be limited to one inventive concept as set out in Rule 13 of the PCT. 1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims. 2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees. 3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claim Nos.: 4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claim Nos.: Remark on Protest ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee. ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation. ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
 Information on patent family members

 International application No.
PCT/CA2018/050646

Patent Document Cited in Search Report	Publication Date	Patent Family Member(s)	Publication Date
CN202535213U	14 November 2012 (14-11-2012)	None	
GB2373304A	18-09-2002 (18 September 2002)	GB0104114D0	11 April 2001 (11-04-2001)
JP2012223081A	12 November 2012 (12-11-2012)	None	
CN203883613U	15 October 2014 (15-10-2014)	None	
US8033942B2	11 October 2011 (11-10-2011)	US2008257088A1	23 October 2008 (23-10-2008)
		US8033942B2	11 October 2011 (11-10-2011)
		AU2003293077A1	18 June 2004 (18-06-2004)
		CN1742175A	01 March 2006 (01-03-2006)
		EP1565673A2	24 August 2005 (24-08-2005)
		EP1565673A4	09 April 2008 (09-04-2008)
		JP2006507464A	02 March 2006 (02-03-2006)
		KR20050086773A	30 August 2005 (30-08-2005)
		US2004102274A1	27 May 2004 (27-05-2004)
		US7081062B2	25 July 2006 (25-07-2006)
		US2007249457A1	25 October 2007 (25-10-2007)
		US7431676B2	07 October 2008 (07-10-2008)
		US2009075771A1	19 March 2009 (19-03-2009)
		US7722494B2	25 May 2010 (25-05-2010)
		US2014224064A1	14 August 2014 (14-08-2014)
		US9879760B2	30 January 2018 (30-01-2018)
		US2012088622A1	12 April 2012 (12-04-2012)
		US2013217530A1	22 August 2013 (22-08-2013)
		US2014228162A1	14 August 2014 (14-08-2014)
		WO2004048824A2	10 June 2004 (10-06-2004)
		WO2004048824A3	26 August 2004 (26-08-2004)
		WO2008101235A1	21 August 2008 (21-08-2008)
CN205901557U	18 January 2017 (18-01-2017)	None	

フロントページの続き

(81)指定国・地域 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, 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, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT

(74)代理人 100067013

弁理士 大塚 文昭

(74)代理人 100086771

弁理士 西島 孝喜

(74)代理人 100109335

弁理士 上杉 浩

(74)代理人 100120525

弁理士 近藤 直樹

(74)代理人 100139712

弁理士 那須 威夫

(74)代理人 100121979

弁理士 岩崎 吉信

(72)発明者 クラッセン ジェイムズ ブレント

カナダ ヴィ４エヌ６ケイ３ プリティッシュ コロンビア サレー シックスティーエイトエイ
アベニュー １９５０５ #５８

Fターム(参考) 3J027 FA02 FA04 FA05 FA12 FA13 FB40 FC20 GA01 GB03 GC01

GC22 GD04 GD07 GD13 GE07 GE14 GE25 GE30

3J030 AA14 AB05 BA01 BB06 BC00

5H607 BB01 BB07 BB13 CC03 DD03 DD08 DD19 EE33 GG01 GG02

GG08 JJ06