

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7688490号
(P7688490)

(45)発行日 令和7年6月4日(2025.6.4)

(24)登録日 令和7年5月27日(2025.5.27)

(51)国際特許分類		F I		
H 0 1 F	7/127(2006.01)	H 0 1 F	7/16	Q
H 0 1 F	7/16 (2006.01)	H 0 1 F	7/16	K
H 0 1 F	7/126(2006.01)			
請求項の数 22 (全27頁)				
(21)出願番号	特願2020-562655(P2020-562655)	(73)特許権者	511083156	
(86)(22)出願日	令和1年5月7日(2019.5.7)		ジー・ダブリュ・リスク カンパニー、	
(65)公表番号	特表2021-531642(P2021-531642		インク。	
	A)		アメリカ合衆国 1 4 4 3 2 ニューヨー	
(43)公表日	令和3年11月18日(2021.11.18)		ク州 クリフトン・スプリング トゥー・	
(86)国際出願番号	PCT/US2019/031143		サウス・ストリート	
(87)国際公開番号	WO2019/217439	(74)代理人	100073184	
(87)国際公開日	令和1年11月14日(2019.11.14)		弁理士 柳田 征史	
審査請求日	令和3年5月13日(2021.5.13)	(74)代理人	100175042	
審査番号	不服2023-13640(P2023-13640/J		弁理士 高橋 秀明	
	1)	(72)発明者	タイラー, ジェフリー	
審査請求日	令和5年8月14日(2023.8.14)		アメリカ合衆国 ニューヨーク州 1 4 5	
(31)優先権主張番号	62/667,945		1 3 ニューアーク エルムウッド アヴ	
(32)優先日	平成30年5月7日(2018.5.7)		ェニュー 2 2 5	
(33)優先権主張国・地域又は機関		合議体		
最終頁に続く		最終頁に続く		

(54)【発明の名称】 単一コイル装置および方法

(57)【特許請求の範囲】
【請求項1】

ソレノイドアセンブリであって、

(a) 長手方向軸に沿って延在するコア管であって、第2の対向端部を有する第2の強磁性端部セクションから長手方向に離間された第1の対向端部を有する第1の強磁性端部セクションと、前記第1の対向端部に隣接する第1の非強磁性セクションおよび前記第2の対向端部に隣接する第2の非強磁性セクションと、前記第1の非強磁性セクションと前記第2の非強磁性セクションとの長手方向中間にある第1の強磁性スペーサと、を有する、コア管と、

(b) 前記コア管の外側に位置する第1の磁石および第2の磁石であって、前記第1の磁石は、前記第2の磁石から長手方向軸に沿って離間され、第2の強磁性スペーサは、前記第1の磁石と前記第2の磁石との長手方向中間にあり、前記第1の非強磁性セクションは、前記第1の磁石の半径方向内側にあり、前記第2の非強磁性セクションは、前記第2の磁石の半径方向内側にあり、前記第1の強磁性スペーサは、前記第2の強磁性スペーサの半径方向内側にある、第1の磁石および第2の磁石と、

(c) 前記第1の磁石および前記第2の磁石の半径方向外側に配置された励磁コイルと、

(d) 前記コア管内に摺動可能に配置された強磁性アーマチュアと

を備え、

前記第1の非強磁性セクションは、前記コア管の前記第1の強磁性端部セクションの第1の部分が前記第1の磁石の端部と同じ長手方向位置にある前記第1の非強磁性セクショ

ンに接触し、および前記コア管の前記第 1 の強磁性端部セクションの第 2 の部分が前記第 1 の非強磁性セクションの一部分の半径方向下側にあるように、前記コア管の前記第 1 の強磁性端部セクションの前記第 1 の対向端部に接触し、

前記第 1 の対向端部を有する前記第 1 の強磁性端部セクションは、前記強磁性アーマチュアの移動に対する物理的停止部を提供し、および前記第 2 の対向端部を有する前記第 2 の強磁性端部セクションは、前記強磁性アーマチュアの移動を可能にするコア管のギャップに隣接する、ソレノイドアセンブリ。

【請求項 2】

前記第 1 の強磁性スペーサは、前記第 2 の強磁性スペーサと同じ長手方向位置に位置する、請求項 1 に記載のソレノイドアセンブリ。

【請求項 3】

前記第 1 の磁石および前記第 2 の磁石の近位極は、同種である、請求項 1 に記載のソレノイドアセンブリ。

【請求項 4】

前記第 1 の非強磁性セクションは、前記コア管の前記第 1 の強磁性端部セクションの前記第 1 の対向端部に接触する、請求項 1 に記載のソレノイドアセンブリ。

【請求項 5】

前記第 2 の非強磁性セクションは、前記コア管の前記第 2 の強磁性端部セクションの前記第 2 の対向端部に接触する、請求項 1 に記載のソレノイドアセンブリ。

【請求項 6】

前記第 2 の非強磁性セクションは、前記コア管の前記第 2 の強磁性端部セクションの一部分が前記第 2 の非強磁性セクションの一部分の半径方向下側にあるように、前記コア管の前記第 2 の強磁性端部セクションの前記第 2 の対向端部に接触する、請求項 1 に記載のソレノイドアセンブリ。

【請求項 7】

前記コア管は、封止された内側表面を画定する、請求項 1 に記載のソレノイドアセンブリ。

【請求項 8】

前記コア管は、流体密封封止された内側表面を画定する、請求項 1 に記載のソレノイドアセンブリ。

【請求項 9】

前記第 1 の磁石および前記第 2 の磁石は、前記コア管を摺動可能に受容する、請求項 1 に記載のソレノイドアセンブリ。

【請求項 10】

前記励磁コイルは、前記第 1 および第 2 の磁石を摺動可能に受容する、請求項 1 に記載のソレノイドアセンブリ。

【請求項 11】

前記コア管内に摺動可能に配置された強磁性アーマチュアをさらに備え、前記強磁性アーマチュアは、プッシュプルロッドによって担持され、第 1 のベアリングは、前記プッシュプルロッドと前記第 1 の強磁性端部セクションとの間に位置し、かつ第 2 のベアリングは、前記プッシュプルロッドと前記第 2 の強磁性端部セクションとの間に位置して、動作空洞を画定し、前記動作空洞は、ある体積の流体を保持する、請求項 1 に記載のソレノイドアセンブリ。

【請求項 12】

前記ある体積の流体は、液体および気体のうち的一方である、請求項 11 に記載のソレノイドアセンブリ。

【請求項 13】

前記励磁コイルは、単一の励磁コイルからなり、前記単一の励磁コイルは、第 1 の極性を有する第 1 の磁界と、第 2 の極性を有する第 2 の磁界とを生成するように動作可能である、請求項 1 に記載のソレノイドアセンブリ。

10

20

30

40

50

【請求項 1 4】

前記第 1 の非強磁性セクションと、前記第 1 の磁石の一部分は、前記長手方向軸に沿った共通位置を占める、請求項 1 に記載のソレノイドアセンブリ。

【請求項 1 5】

前記第 2 の非強磁性セクションと、前記第 2 の磁石の一部分は、前記長手方向軸に沿った共通位置を占める、請求項 1 に記載のソレノイドアセンブリ。

【請求項 1 6】

前記コア管内に摺動可能に配置された強磁性アーマチュアをさらに備え、前記強磁性アーマチュアは、プッシュ／プルロッドによって担持され、第 1 のベアリングは、前記プッシュ／プルロッドと前記第 1 の強磁性端部セクションとの間に位置し、かつ第 2 のベアリングは、前記プッシュ／プルロッドと前記第 2 の強磁性端部セクションとの間に位置して、動作空洞を画定し、前記動作空洞は、ある体積の気体媒体を保持する、請求項 1 に記載のソレノイドアセンブリ。

10

【請求項 1 7】

前記励磁コイルは、パルス幅変調信号によって動作可能である、請求項 1 に記載のソレノイドアセンブリ。

【請求項 1 8】

前記ソレノイドアセンブリによって生成される力は、前記励磁コイルへの入力電流信号に比例する、請求項 1 に記載のソレノイドアセンブリ。

【請求項 1 9】

前記第 1 の強磁性スペーサは、前記第 1 の強磁性スペーサの半径方向外側表面から前記第 1 の強磁性スペーサの半径方向内側表面まで延在するギャップを備え、前記ギャップは、前記第 1 の磁石および前記第 2 の磁石から長手方向で離間されている、請求項 1 に記載のソレノイドアセンブリ。

20

【請求項 2 0】

前記第 1 の非強磁性セクションは、前記コア管の半径方向外側表面と前記第 1 の磁石の半径方向内側表面との間にギャップを形成するチャンネルによって画定され、前記第 2 の非強磁性セクションは、前記コア管の前記半径方向外側表面と前記第 2 の磁石の半径方向内側表面との間にギャップを形成するチャンネルによって画定される、請求項 1 に記載のソレノイドアセンブリ。

30

【請求項 2 1】

前記第 1 の強磁性端部セクション、前記第 2 の強磁性端部セクション、前記第 1 の非強磁性セクションおよび前記第 2 の非強磁性セクションを有する前記コア管は、単一の一体ピースを備える、請求項 1 に記載のソレノイドアセンブリ。

【請求項 2 2】

前記第 1 の非強磁性セクションは、前記コア管と、前記第 1 の磁石と、前記第 1 の強磁性スペーサとの間の第 1 の空間によって画定された第 1 のギャップであり、前記第 2 の非強磁性セクションは、前記コア管と、前記第 2 の磁石と、前記第 1 の強磁性スペーサとの間の第 2 の空間によって画定された第 2 のギャップである、請求項 1 に記載のソレノイドアセンブリ。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本開示は、単一コイル装置および方法に関する。本開示は、より具体的には、単一コイルソレノイドアセンブリ装置および方法に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

電気機械的ソレノイドは、可動性の鋼または鉄アーマチュアの周囲に巻かれた電磁誘導コイルを含む。コイルは、アーマチュアが中心の内外へ動いてコイルのインダクタンスを変化させ、それによって電磁体になり得るような形状である。アーマチュアは、アクチュ

50

エータなどの何らかの機構に機械的な力を提供するために使用される。ソレノイドは、コントローラ回路によって直接制御され得、したがって、応答時間が非常に速い。

【発明の概要】

【0003】

前述を鑑み、単一コイル装置および方法を提供することが、本開示の目的である。

【0004】

本開示の第1の例示的实施形態は、装置を提供する。装置は、長手方向軸に沿って延在するコア管であって、第2の対向端部を有する第2の強磁性端部セクションから長手方向に離間された第1の対向端部を有する第1の強磁性端部セクションと、第1の対向端部に隣接する第1の非強磁性セクションおよび第2の対向端部に隣接する第2の非磁性セクションと、第1の非強磁性セクションと第2の非強磁性セクションとの長手方向中間にある第1の強磁性スペーサと、を有するコア管を含む。装置は、コア管の外側に位置する第1の磁石および第2の磁石であって、第1の磁石は第2の磁石から長手方向軸に沿って離間され、第2の強磁性スペーサは、第1の磁石と第2の磁石との長手方向中間にあり、第1の非強磁性セクションは、第1の磁石の半径方向内側にあり、第2の非強磁性セクションは、第2の磁石の半径方向内側にあり、第1の強磁性スペーサは、第2の強磁性スペーサの半径方向内側にあり、励磁コイルが、第1の磁石および第2の磁石の半径方向外側に配置されている、第1の磁石および第2の磁石をさらに含む。

【0005】

本開示の第2の例示的实施形態は、形成方法を提供する。方法は、長手方向軸に沿って延在するコア管を提供することであって、コア管は、第2の対向端部を有する第2の強磁性端部セクションから長手方向に離間された第1の対向端部を有する第1の強磁性端部セクションと、第1の対向端部に隣接する第1の非強磁性セクションおよび第2の対向端部に隣接する第2の非強磁性セクションと、第1の非強磁性セクションと第2の非強磁性セクションとの長手方向中間にある第1の強磁性スペーサとを有する、提供することを含む。方法は、コア管の外側に位置する第1の磁石および第2の磁石を提供することであって、第1の磁石は第2の磁石から長手方向軸に沿って離間され、第2の強磁性スペーサは、第1の磁石と第2の磁石との長手方向中間にあり、第1の非強磁性セクションは、第1の磁石の半径方向内側にあり、第2の非強磁性セクションは、第2の磁石の半径方向内側にあり、第1の強磁性スペーサは、第2の強磁性スペーサの半径方向内側にある、提供することをさらに含む。方法は、第1の磁石および第2の磁石の半径方向外側に配置された励磁コイルを提供することをさらに含む。

【0006】

以下は、本開示の実施形態を説明するが、本開示は、記載される実施形態に限定されず、本発明のさまざまな変更が、基本原理から逸脱することなく可能であることを理解されたい。したがって、本開示の範囲は、添付の特許請求の範囲によってのみ決定されるべきである。

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図1】本開示の例示的实施形態を実施する際の使用に好適なデバイスの断面図を表す。

【図2】本開示の例示的实施形態を実施する際の使用に好適なデバイスの一部分の拡大断面図を表す。

【図3】本開示の例示的实施形態を実施する際の使用に好適なデバイスのストローク曲線を示すグラフを表す。

【図4】本開示の例示的实施形態を実施する際の使用に好適なデバイスの別のストローク曲線を示すグラフを表す。

【図5】本開示の例示的实施形態を実施する際の使用に好適なデバイスの代替実施形態の断面図を表す。

【図6】本開示の例示的实施形態を実施する際の使用に好適な、プッシュ方向におけるデバイスの代替実施形態の断面図を表す。

【図 7】本開示の例示的实施形態を実施する際の使用に好適な、ギャップを有するデバイスの別のストローク曲線を示すグラフを表す。

【図 8】本開示の例示的实施形態を実行するための方法および装置に従う論理フロー図を表す。

【図 9】本開示の例示的实施形態を実施する際の使用に好適な、プッシュ方向における逆極性を有するデバイスのストローク曲線を示すグラフを表す。

【図 10】本開示の例示的实施形態を実施する際の使用に好適な、プル方向における逆極性を有するデバイスの別のストローク曲線を示すグラフを表す。

【図 11】本開示の例示的实施形態を実施する際の使用に好適な例示的可撓性ベアリングを表す。

10

【図 12】本開示の例示的实施形態を実施する際の使用に好適なデバイスの別の代替実施形態の例示的断面図を表す。

【図 13】本開示の例示的实施形態を実施する際の使用に好適なデバイスのさらに別の代替実施形態の例示的断面図を表す。

【図 14】本開示の例示的实施形態を実施する際の使用に好適なデバイスのさらなる代替実施形態の例示的断面図を表す。

【図 15】本開示の例示的实施形態を実施する際の使用に好適なデバイスのさらに別の代替実施形態の例示的断面図を表す。

【図 16】本開示の例示的实施形態を実施する際の使用に好適なデバイスの別の代替実施形態の例示的断面図を表す。

20

【図 17】本開示の例示的实施形態を実施する際の使用に好適な逆向き内腔を有する例示的デバイスの例示的断面図を表す。

【図 18】本開示の例示的实施形態を実施する際の使用に好適な例示的デバイスの例示的断面図を表す。

【図 19】本開示の例示的实施形態を実施する際の使用に好適な例示的デバイスの例示的拡大断面図を表す。

【図 20】本開示の例示的实施形態を実施する際の使用に好適な、スペーサを有する例示的デバイスの例示的断面図を表す。

【図 21】本開示の例示的实施形態を実施する際の使用に好適な、磁束線を伴う例示的デバイスの例示的断面図を表す。

30

【図 22】本開示の例示的实施形態を実施する際の使用に好適な例示的円筒形磁石の斜視図を表す。

【図 23】本開示の例示的实施形態を実施する際の使用に好適な例示的磁石の斜視図を表す。

【発明を実施するための形態】

【0008】

現在のソレノイド設計品は、限られたストローク範囲能力を有する。加えて、現在のソレノイド設計品は、多くの異なる構成要素から構成される。これにより、ソレノイド製品を製造することが困難になり、または単純に、よりコストがかかる可能性がある。さらに、現在のソレノイド設計品は、その短いストローク能力のために、ソレノイドが相互作用または嵌合するすべてのバルブを調整する必要があるため、それらの用途が限定される。また、ソレノイドを駆動するアクチュエータは、短い動作ストローク範囲のために、ストロークを調整する必要があるため、製品の大量生産を面倒にしている。最後に、現在のソレノイド設計品の構成には、大きなコア直径が必要であり、コア空洞内で非常に低い圧力を有する設計品に制限される。本開示の実施形態は、現在のソレノイド設計品を用いて、これらの問題を是正することを目的とする。

40

【0009】

本開示の実施形態は、中心から+/-2.5mmのストローク長を有するプッシュプル単一コイルソレノイドを提供する。実施形態は、以下に記載されるように構築されるとして、中心から+/-2.5mmよりも大きいまたは小さいストローク長を有する単一コイ

50

ルソレノイドを含むことを理解されたい。プッシュプルという用語は、ソレノイドのコア管の長手方向軸を通る２つの反対方向におけるアーマチュアの動きを指すことを理解されたい。実施形態は、コア管の半径方向外側に位置する磁石を有する単一コイルを有するソレノイドを提供し、それにより、より高い内部コア流体圧力を可能にする。実施形態は、磁石が、コア管の半径方向外側に取り付け、結合、または固定されるので、より高い内部コア流体圧力を可能にする。したがって、この構成は、コア管の直径をより小さくすることを可能にし、より高い内部流体圧力を可能にする。実施形態は、コア管を囲む非磁性セクション、中断部またはスペーサを有するコア管をさらに提供する。この構成の実施形態は、コイルを流れる電流によって生成される磁束が、アーマチュアを通してコア管壁内に進んで、ソレノイドのストローク範囲全体にわたって比例的同種力を提供することを可能にする。

10

【００１０】

本開示の実施形態は、固定磁石と、単一の固定励磁コイルと、固定磁石および固定励磁コイルに対してソレノイドの長手方向軸を通して可動である鉄アーマチュアとを有するソレノイドを提供する。実施形態は、アーマチュアの動きの方向が、単一励磁コイルに印加された電気信号の極性と、単一励磁コイルの巻線の方向（例えば、時計回りまたは反時計回り）と、組み立てられたときの磁石の極性の配向（例えば、 $N-S \sim S-N$ 、または $S-N \sim N-S$ ）とによって決定されることを提供する。

【００１１】

ソレノイドのコア管の実施形態は、加圧流体に耐えることができるコア管空洞を形成するように動作可能であるように、ろう付け、溶接などによって一緒に接着される鉄材料および非鉄材料のマルチピース設計を利用する。実施形態は、内部流体圧力を内包するために磁気シャントとともに利用することができる磁石の半径方向内側にギャップを有する単一の鉄材料で作製されたコア構造を含む。

20

【００１２】

実施形態は、アーマチュアが、コア内壁とアーマチュアとの間の低摩擦ベアリング材料上にそれに沿って可動であることを提供する。実施形態は、アーマチュアが、停止端部上に位置するベアリングまたは可撓性ベアリングを有するコア管の半径方向中心に維持されたロッド上に懸吊されていることを含む。（蛇行ばねとも称される）可撓性ベアリングは、コイルが給電されていないときに、ばねがアーマチュアをゼロ位置にセンタリングまたは促すことを助ける。代替実施形態では、ソレノイドは、いかなるベアリングも含まなくてもよいが、摩擦コアライナはアーマチュアとコア管の内壁との間に位置することを含む。さらに別の実施形態では、ベアリングまたは低摩擦コーティングを、コア管の内壁に接触するアーマチュアの部分に適用することができる。

30

【００１３】

ソレノイドの実施形態は、コア管の半径方向外側に配置された２つの円筒形磁石を含む。長手方向軸に沿った２つの円筒形磁石の間には、ギャップによって分離された２つの鉄金属スペーサがある。実施形態は、磁石およびスペーサ（単数または複数）が、コア管から半径方向外側で、かつ励磁コイルから半径方向内側に固定されることを含む。磁石の実施形態は、均一な円筒形磁石、または組み合わせると円筒を形成するセグメント化磁石を含む。一実施形態では、組み合わせられたときのセグメント化磁石は、完全な円筒を形成する。別の実施形態では、組み合わせられたときのセグメント化磁石は、完全な円筒を形成しない。むしろ、この実施形態では、実際のセグメント化磁石は、コア管の周りに均等に離間される。セグメント磁石の数は、ソレノイドによって生成される所望の力に依存する。したがって、磁石セグメント間の離間は、コア管の外周に対する、利用されるセグメントの数およびそれらのサイズに依存する。

40

【００１４】

本開示の実施形態は、励磁コイルをソレノイドの一端に向かって中心からずらすことによって、ソレノイドによって生成される力を、一方の方向において、他方の方向とは対照的に増大させることを可能にする。実施形態は、励磁コイルおよび強磁束経路コイルアセ

50

ンブリが、コア管アセンブリを取り囲んで、保持ナットまたは同様のデバイスによって所定の位置に保持されることを可能にする。したがって、実施形態は、コア管から流体を漏出させる可能性のあるコア管の分解を必要とせずに、コイルが故障した場合にコイルを取り外すことを可能にする。

【0015】

図1を参照すると、示されているのは、本開示の例示的实施形態を実施する際の使用に好適なデバイス100の断面図である。概して、ソレノイドアセンブリの構成においてなど、デバイス100は、コア管105、固定磁石アセンブリ、単一の固定励磁コイルアセンブリ、および強磁性アーマチュアアセンブリを含む。強磁性アーマチュアアセンブリは、コア管内に摺動可能に受容され、コア管は、固定磁石アセンブリ内に受容され、次いで、磁石アセンブリが、コイルアセンブリ内に摺動可能に受容される。強磁性という用語は、鉄材料を含み、磁化に高感受性を有する材料を含み、その強度は、印加された磁界の強度に依存し、印加された磁界の除去後も持続し得る。実施形態は、本明細書に記載の任意の強磁性材料は、鉄ベースの鋼材、鉄、および鋳鉄からなる任意の材料で置き換えられることを含むことを理解されたい。これは、鉄によって表される種類の磁性であり、隣接する原子の平行磁気整列と関連付けられる。

【0016】

図1に示されているのは、長手方向軸に沿って延在する中空コア112を画定するコア管105を有するデバイス100である。コア管105は、対向端部131を有する第1の強磁性端部セクションまたはピース130と、対向端部133を有する第2の強磁性端部セクションまたはピース132とを含み、対向端部は、長手方向軸に沿って長手方向に離間されている。コア管105はまた、対向端部133に隣接する第1のスペーサ124などの第1の非強磁性セクションと、対向端部131に隣接して接触するスペーサ126などの第2の非強磁性セクションとを含む。コア管105は、非強磁性スペーサ124と非強磁性スペーサ126との長手方向中間にある中央強磁性スペーサ122を含む。コア管105は、ろう付け、溶接、接着などによって一緒に固定、結合、または接続される強磁性および非強磁性材料のマルチピース設計品で構成することができる。

【0017】

一構成では、第1および第2の強磁性端部ピース130、132の各々は、それぞれ第1および第2の非強磁性セクション126、124の対応する軸方向肩部139、141と嵌合するそれぞれの軸方向延在突起または肩部138、140を含み、肩部138、140は、肩部139、141の半径方向内側にあり、コア管105の内側表面の一部分を形成する。これに関して、強磁性端部ピース130は、非強磁性セクション126の一部分の半径方向下側にあり、強磁性端部ピース132は、非強磁性セクション124の一部分の半径方向下側にある。

【0018】

したがって、第1および第2の非強磁性セクション、スペーサ126、124は、内側長手方向寸法および外側長手方向寸法を有し、外側長手方向寸法は、内側長手方向寸法よりも大きい。

【0019】

アーマチュアアセンブリは、巻線コイル106によって生成される磁束に応答して、中空コア112内でデバイス100の長手方向軸に沿って動くように動作可能である。アーマチュアアセンブリは、プッシュプルロッド118およびアーマチュア108を含む。アーマチュア108を担持するプッシュプルロッド118は、中空コア112の少なくとも一部分内に配置される。プッシュプルロッド118は、中空コア112内で長手方向軸に沿って可動である。

【0020】

アーマチュア108は、プッシュプルロッド118上に配置され、プッシュプルロッド118の隣接部分よりも大きい外径を規定する。

【0021】

第1のベアリング114は、プッシュアップロッド118と第1の強磁性端部ピース130との間に位置することができ、第2のベアリング116は、プッシュアップロッド118と第2の強磁性端部ピース132との間に位置することができ、（空洞とも称される）中空コア112が、それによって部分的に画定される。一構成では、第1および第2のベアリング114、116は、プッシュアップロッド118を支持する。ソレノイドアセンブリは、第1および第2のベアリング114、116を伴って示されているが、プッシュアップロッド118（およびアーマチュア）とコア管105との間の相対運動を可能にするために、代替機構を採用することができることが理解される。ベアリング116、114は、強磁性材料または非磁性材料で作製することができることが理解される。

【0022】

代替構造では、低摩擦コアラライナ120はコア管105の内側表面上に配置することができることが企図される。したがって、コアラライナとアーマチュアの外径（表面）とは、アーマチュアとコア管105との間に滑り界面を提供することができる。低摩擦コアラライナ120は、セラミックなどのさまざまな材料、ならびにフェノール、アセタール、ポリテトラフルオロエチレン（PTFE）、超高分子量ポリエチレン（UHMWPE）、およびナイロンなどの高分子材料とすることができる。

【0023】

さらなる構成では、低摩擦コーティングが、アーマチュア108の外側表面、またはコア管105の内側表面、またはその両方に適用されて、2つの構成要素の間にベアリング面を提供することができる。

【0024】

図1に描かれたように、コイルアセンブリが給電されていないとき、プッシュアップロッド118は、永久磁石102、104から半径方向内側で、かつ永久磁石102、104から等しく離間された、ゼロまたはニュートラルまたは中心位置にある。プッシュアップロッド118は、（例えば、スプリングセンタースプールバルブを有する）ハードストップまたは第1および第2の強磁性端部セクション130、132に対して圧縮される圧縮ばね（例えば、蛇行ばね103）からの機械的位置決めまたは力によって、ゼロ、ニュートラル、または中心位置にセンタリングされる。アーマチュア108を有するプッシュアップロッド118は、励磁コイルへの電気入力極性に応じて、長手方向軸に沿って左または右に動くように動作可能である。

【0025】

第1のベアリング114および第2のベアリング116の代わりに、またはそれと併せて、プッシュまたは蛇行ばねを使用することができ、その場合、ばねは、プッシュアップロッドに、ロッドをゼロまたはニュートラル位置にセンタリングしやすい付勢を与えることが企図される。

【0026】

中空コア112は、油圧流体を含むがこれに限定されない液体または気体など、ある体積の流体を保持するように動作可能である。

【0027】

磁石アセンブリは、コア管105の半径方向外側に位置する。磁石アセンブリは、概して円筒状の形状とされ、コア管105を摺動可能に受容し、かつ励磁コイルアセンブリ内に摺動可能に受容されるようにサイズ決定される。

【0028】

磁石アセンブリは、円筒形とされた第1の永久磁石102と、第2の永久磁石104と、少なくとも1つの強磁性スペーサ128とを含み、強磁性スペーサは、第1の永久磁石と第2の永久磁石との軸方向中間にある。図22を参照すると、示されているのは、例示的な円筒形永久磁石2200（例えば、第1または第2の永久磁石102、104）である。図22に描かれた実施形態では、永久磁石2200は、永久磁石2200がコア管105を囲むように動作可能であるような1つの単位ピースである。代替実施形態では、永久磁石2200は、単一の単位ピースでなくてもよく、（図23に示すような）組み合わ

10

20

30

40

50

せたときにコア管 105 の外側表面全体を囲む複数のピース 2302 を備えることができることを理解されたい。図 23 は、各ピース 2302 間に空間を描いているが、実際には、各ピース 2302 は、隣接するピースと接触して、ピース 2302 間に空間がないようにコア管 105 の外側表面を囲むことを理解されたい。参照文字 2304 で示されたさらに別の実施形態では、永久磁石 2200 は、組み合わせたときにコア管 105 の外側表面を完全には囲まない複数のピース 2306 を備える。この実施形態では、各ピース 2306 は、コア管 105 の外側表面の周りで互いに離間される。図 23 は、4 個のピース 2306 のみを示しているが、実施形態は、4 個よりも多いまたは少ないピース 2306 を含むことを理解されたい。一実施形態では、ピース 2306 は、コア管 105 の外側表面の周りに均等に離間される。別の実施形態では、ピース 2306 は、コア管 105 の外側表面の周りに均等に離間されない。磁石アセンブリは、磁石 102、104 および強磁性スペーサをコア管 105 の外径の外側に位置するようにサイズ決定される。磁石アセンブリの構成要素は、コア管 105 の周りの動作可能位置と一緒に接続もしくは接着させるか、または組み立ておよび保持させることができる。少なくとも 1 つの強磁性スペーサ 128 は、図 1 に示すように、磁石 102、104 に接触し、強磁性スペーサ 122 の上にほぼセンタリングされて位置する。強磁性スペーサ 122 の実施形態は、強磁性スペーサ 122 の長手方向軸に沿って中間にある非鉄セクションを含む。この実施形態では、(図 12 に示された) 強磁性スペーサ 122 は、強磁性スペーサ 1208 および強磁性スペーサ 1210 を含む。強磁性スペーサ 1208 と強磁性スペーサ 1210 との長手方向中間にあるのは、非鉄スペーサ 1212 である。非鉄スペーサ 1212 は、非鉄金属などの任意の非鉄材料から作製することができる。非鉄スペーサ 1212 は、強磁性スペーサ 1208 および強磁性スペーサ 1210 に接着または固着されて、強磁性スペーサ 1208 と、非鉄スペーサ 1212 と、強磁性スペーサ 1210 との間に封止された界面を作り出して、流体が封止された界面を通過するのを防止するように動作可能である。

【0029】

図 1 に示したように、磁石 102、104 は、磁石の同種の極が互いに最も近い、または対向するように、長手方向軸に沿って配向される。図 1 を参照すると、各磁石 102、104 の S 極が、互いに対向している。代替実施形態は、各磁石 102、104 の N 極が互いに対向することを含む。磁石 102、104 は、少なくとも 1 つの強磁性スペーサ 128 によって、長手方向軸に沿って互いに長手方向離間されている。これに関して、磁石 102、104 は、同種の磁極が互いに対向し、少なくとも 1 つの強磁性スペーサ 128 によって分離されるように配置される。換言すると、少なくとも 1 つの強磁性スペーサ 128 は、磁石 102 と磁石 104 との長手方向中間にある。図 1 に示したように、少なくとも 1 つの強磁性スペーサ 128 は、強磁性スペーサ 122 と同じまたは共通の長手方向位置に位置し、かつ同じ概算長手方向寸法を有する。実施形態は、長手方向で磁石 102、104 の間に位置する 2 つ以上の強磁性スペーサ 128 を含む。実施形態は、強磁性スペーサ 128 が、強磁性スペーサ 128 間にギャップを含むことをさらに含む。例えば、図 12 に示すように、強磁性スペーサ 128 は、各々が長手方向軸に沿ってギャップ 1206 だけ互いに離間された強磁性スペーサ 1202 および 1204 を含む。実施形態は、ギャップ 1206 が、真空を有すること、空気、非磁性気体材料、または非磁性材料で作製されることを含む。これに関して、互いに対向する強磁性スペーサ 128 の内側対向側面は、真空、空気、または他の非磁性気体材料と接触しているであろう。この実施形態では、強磁性スペーサ 1202 および 1204 の互いに対する位置は、ギャップ 1206 のサイズまたは容積が一定のままであるように、ばね 1214 によって維持される。ばね 1214 は、互いに対向する強磁性スペーサ 1202、1204 の面に接触しており、強磁性スペーサ 1202、1204 を互いに遠ざけて、ギャップ 1206 を維持する。ばね 1214 の実施形態は、波形ばね、O リング、または任意の他の非磁性ばねを含む。別の実施形態では、ギャップ 1206 は、金属などの非鉄材料で置き換えることができる。この実施形態では、互いに対向する強磁性スペーサ 128 の内側対向側面は、非鉄金属などの非鉄材料と接触しているであろう。

10

20

30

40

50

【0030】

磁石102、104およびスペーサ128は、接着または機械的保持によって動作可能に保持することができることが企図される。例えば、一構成では、磁石102、104は、接合剤の使用によって所定の位置に維持することができる。一実施形態では、結合剤は、エポキシである。接着剤の実施形態は、動作中、コア管105に対する磁石102、104の位置を維持するように動作可能な任意のタイプの接着剤を含む。あるいは、以下に説明するように、磁石102、104は、図2に示したようなばねによるなど、付勢機構によって動作可能に保持することができる。

【0031】

強磁性スペーサ128の実施形態は、強磁性材料で作製される。強磁性材料のいくつかの非限定的な実施形態としては、合金低炭素鋼およびフェライト系ステンレス鋼が挙げられる。

【0032】

コア管105に関して、磁石102、104は、図1に示すように中空コア112の内側表面から半径方向外側に、2つの非強磁性スペーサ124、126によってそれぞれ離間される。強磁性スペーサ122は、磁石102、104の半径方向内側で、かつ磁石102、104の長手方向中間に、中空コア112の内側表面に沿って位置する。非強磁性スペーサ124は、磁石102の半径方向内側にそれに隣接して、コア管105の内側表面に沿って位置する。換言すると、非強磁性スペーサ124および磁石102の一部分は、デバイス100の長手方向軸に沿って共通位置を占める。非強磁性スペーサ126は、磁石104の半径方向内側にそれに隣接して、コア管105の内側表面に沿って位置する。換言すると、非強磁性スペーサ126および磁石104の一部分は、デバイス100の長手方向軸に沿って共通位置を占める。

【0033】

それぞれの強磁性端部ピース130、132の肩部138、140は、中空コア112の内側表面に沿ってそれぞれの非強磁性セクション124、126内まで軸方向に延在し、したがって、強磁性端部ピース130、132の半径方向外側部分は、ほぼ磁石102、104の長手方向端部で長手方向に終端し、一方、肩部（突起部）138、140は、磁石102、104の側縁を超えて延在して、それぞれの磁石の長手方向寸法内で終端する。突起138、140は、長手方向に沿って、それぞれ磁石102、104の全長よりも遠くに延在しない。デバイス100の実施形態は、アーマチュア108に作用する磁力を変化させるように意図される、アーマチュア108のストローク長の端部に位置する磁石を必要としない。

【0034】

励磁コイルアセンブリは、ハウジングと、ハウジング内のフレームと、フレームの周りに配置された巻線コイル106とを含み、アセンブリは、磁石102、104から半径方向外側に配置され、したがって、磁石およびコア管105の周りに配置され、それらを包囲する。巻線コイル106は、コイルに電流を流して磁束を生成するように動作可能である。巻線コイル106のいくつかの非限定的な実施形態は、銅またはアルミニウム絶縁磁石ワイヤで作製することができる。実施形態はまた、巻線コイル106が、パルス幅変調信号によって電流を伝導するように動作可能であることを含む。アーマチュア108の動きの方向は、巻線コイル106に印加される電流の極性、巻線コイルの巻回方向、および磁石102、104の極性の配向によって決定される。

【0035】

アーマチュア108は、図1に描かれた、磁石102、104に対するほぼゼロ、中心、またはニュートラル位置を有する。アーマチュア108のゼロ、中心、またはニュートラル位置は、アーマチュアが磁石および少なくとも1つの強磁性スペーサ122に対して長手方向で対称的にセンタリングされて位置するときである。実施形態は、強磁性スペーサ122が2つ以上の強磁性スペーサを含むことを含む。アーマチュア108は、図1に示すような、ゼロ、中心、またはニュートラル位置から、デバイス100の長手方向軸に

10

20

30

40

50

沿って左または右から、コア管 105 の中空コア 112 を通して長手方向に動くように動作可能である。アーマチュア 108 が動く方向は、巻線コイル 106 を流れる電流の極性および磁石 102、104 の配向に依存する。

【0036】

一実施形態では、ベアリング 114、116 は、(図 11 に示された) 蛇行ばね 103 で置き換えられる。蛇行ばね 103 の実施形態は、電流が巻線コイル 106 を流れていないときに、アーマチュア 108 を、磁石 102、104 および強磁性スペーサ 122 に対するゼロ、中心、またはニュートラル位置へセンタリングする助けとなるよう動作可能である。したがって、蛇行ばね 103 は、アーマチュア 108 を有するロッド 118 をそのゼロ、中心、またはニュートラル位置に物理的に促し、動かすことによって、アーマチュア 108 をセンタリングする助けとなるように動作可能である。

10

【0037】

図 2 を参照すると、示されているのは、本開示の例示的实施形態を実行するのに好適なデバイス 100 の代替実施形態である。図 2 に示されているのは、巻線コイル 206 を有する固定励磁コイルアセンブリと、磁石 202、204、強磁性スペーサ 228 を有する固定磁石アセンブリと、コア管 205 と、強磁性アーマチュアアセンブリとを有するソレノイドの構成のデバイス 200 である。

【0038】

コア管 205 は、非強磁性スペーサ 224、226 の長手方向中間にある強磁性スペース 222 を含み、そして、非強磁性スペーサ 224、226 は、それぞれ第 1 および第 2 の強磁性端部ピース 223、225 によって境界が定められている。

20

【0039】

この実施形態の固定磁石アセンブリでは、強磁性スペーサ 228 が、磁石 202、204 の長手方向中間にあり、そして、磁石 202、204 は、強磁性端部ピース 236、238 によって長手方向の境界がそれぞれ定められている。

【0040】

この構成では、第 1 および第 2 の強磁性端部ピース 223、225 の各々は、それぞれの第 1 および第 2 の非強磁性セクション 224、226 の対応する軸方向肩部 339、341 と嵌合する、それぞれの軸方向延在突起または肩部 338、340 を含み、肩部 338、340 は、肩部 339、341 の半径方向内側にあり、コア管 205 の内側表面の一部分を形成する。これに関して、強磁性端部ピース 223 は、非強磁性セクション 224 の一部分の半径方向下側にあり、強磁性端部ピース 225 は、非強磁性セクション 226 の一部分の半径方向下側にある。半径方向外側の磁石に対する肩部の長手方向寸法は、磁石の軸方向寸法の約 20%~80% である。

30

【0041】

したがって、第 1 および第 2 の非強磁性セクション、スペーサ 224、226 は、内側長手方向寸法および外側長手方向寸法を有し、外側長手方向寸法は、内側長手方向寸法よりも大きい。

【0042】

強磁性スペーサ 228 と、ひいては強磁性端部ピース 236、238 によって長手方向の境界が定められている境界画定磁石 202、204 との軸方向保持は、ばね 234 などの付勢機構によって達成することができる。ばね 234 は、コイルアセンブリの一部分と強磁性端部ピース 236 および／または 238 の 1 つとの間に位置し、ばねが磁石 202、204、強磁性スペーサ 228、および強磁性端部 236 に力を促し、維持するように動作可能である。一実施形態では、ばね 234 は、ベルビルばねである。

40

【0043】

この実施形態では、巻線コイルアセンブリ、磁石 202、204、強磁性スペーサ 228、および強磁性端部 230、236 は、強磁性スペーサ 222、および非強磁性スペーサ 224、226 を含むコア管 205 にわたって長手方向軸に沿って摺動可能に動くよう動作可能であり、(例えば、巻線コイル 206 の故障の場合に) コイルアセンブリは、コ

50

ア管 205 を分解する必要なく取り外すことができる。したがって、この実施形態は、中空コア 212 から流体が漏れるリスクなしに、巻線コイル 206 および／または磁石 202、204 の交換を可能にする。

【0044】

これに関して、コア管 205 は、封止された表面である内側表面を画定する。実施形態は、コア管 205 が、そこを通る流体の通過を実質的に防止する流体密封表面である内側表面を画定することをさらに含む。加えて、磁石 202、204 は、それらがコア管 205 の一体性を損なうことなく交換することができるように取り外し可能である。磁石 202、204 は、コア管 205 の O.D. に対してぴったり合った磁石の滑り嵌め I.D. で取り付けられる。実施形態は、（非強磁性セクションまたはスペーサ、および中間強磁性スペーサを含む）コア管 205 が、エンドナットまたは同様の機械的保持デバイスによって所定の位置に保持されることを含む。したがって、（非鉄スペーサ 224、226、および鉄スペーサ 222 を含む）コア管 205 は手つかずのままであるので、流体が中空コア 212 から漏出することなく、巻線コイル 206 を取り外すことができる。この実施形態では、磁石 202、204 鉄スペーサ 228、236 およびばね 234 は、コア管 205 を摺動可能に受容するように動作可能であり、巻線コイル 206 を含む巻線コイルアセンブリは、磁石 202、204 鉄スペーサ 228、236 およびばね 234 を摺動可能に受容するように動作可能である。

【0045】

デバイス 200 およびデバイス 100 の実施形態は、コア管 105、205 が 0～30、000PSIA の高い内部流体圧力を維持するように動作可能であることを提供する。しかしながら、実施形態は、30、000PSIA よりも大きいコア管 105 内部流体圧力を含むことを理解されたい。実施形態は、コア管 105 が 0.25～1.250 インチの範囲の直径を有することを提供する。しかしながら、実施形態は、0.25 インチよりも小さい、または 1.250 インチよりも大きい直径を有するコア管 105 を含むことを理解されたい。実施形態は、コア管 105 が、磁石 102、104（または 202、204）の配置の故に本コアよりも概して小さい内径を有し、それにより、中空コア 112 内により高い作動圧力を維持するように動作可能である、より薄いコア管 105 の壁を可能にすることを提供する。磁石 102、104（および 202、204）の実施形態は、各々が単一の磁石で構成されることを含み、互いに積み重ねられる複数の磁石から形成され得る。

【0046】

したがって、磁石は、非強磁性セクションと長手方向で整列され、非強磁性セクションの外側表面の長手方向寸法と一致する。コア管の非強磁性セクションの長手方向中間にあるコア管の強磁性スペーサは、そのスペーサが第 1 および第 2 の磁石の長手方向中間にある磁石アセンブリの強磁性スペーサと長手方向で整列される。したがって、コア管は、それらの間の強磁性スペーサの境界を定め、次いで、強磁性端部ピースによって長手方向の境界が定められる、2つの非強磁性セクションを含み、構成要素は一緒に融合されて、圧力容器を形成する。図 1～図 2 に記載の実施形態は、別個の非強磁性セクションおよび強磁性スペーサを有するコア管を含むが、実施形態は、コア管が、均質な強磁性部分によって分離される非強磁性部分を有する単一の均質管であることを含むことを理解されたい。これに関して、実施形態は、コア管が、単一の均質コアであることと、各非強磁性セクションおよび強磁性スペーサが非均質な別個の要素であるコア管であることとの両方を含む。

【0047】

デバイス 100 およびデバイス 200 の実施形態は、電流が巻線コイル 106 を流れるときに磁界または磁束が生成されるように動作可能である。磁束は、アーマチュア 108 が（ロッド 118 とともに）中空コア 112 の長手方向軸を通して動くように促すか、またはそれを引き起こす。アーマチュア 108 が動く距離は、ストローク長と称される。本開示の実施形態は、0.01～0.25 インチの増大されたストローク長を提供する。本開示の実施形態は、0.25 インチよりも大きい増大ストローク長を提供する。実施形態

は、デバイス100が、第1の極性を有する巻線コイル106を流れる電流に応答して、アーマチュア108がデバイス100の長手方向軸に沿ってコア管105を通して1つの方向に動くようにするか、またはそれを促すように動作可能であることを提供する。実施形態は、デバイス100が、第2の極性を有する巻線コイル106を流れる電流に応答して、アーマチュア108がデバイス100の長手方向軸に沿ってコア管105を通して反対方向に動くようにするか、またはそれを促すように動作可能であることを提供する。この実施形態では、第1の極性は、第2の極性とは異なる。これに関して、デバイス100の実施形態は、アーマチュア108を、コア管105の長手方向軸を通して両方（プッシュおよびプル）の方向に動かすように動作可能である。すなわち、ソレノイドアセンブリは、単一巻線コイルへの極性を逆転させることによって、双方向の動きを提供することができる。

10

【0048】

図3を参照すると、示されているのは、本開示の例示的实施形態を実施する際の使用に好適なデバイスのプル方向におけるストローク曲線を示すグラフである。図3に示されたグラフは、x軸に沿ってストローク長をインチで、y軸に沿って力をポンドで示す。グラフ上の各曲線は、特定の電流（すなわち、アンペア）が巻線コイル106を流れる間に、デバイス100からの力が、プル方向の所与のストローク長にわたってどのように変化するかを示す。描かれたように、100ミリアンペア、200ミリアンペア、300ミリアンペア、400ミリアンペア、500ミリアンペア、600ミリアンペア、700ミリアンペア、800ミリアンペア、900ミリアンペア、1000ミリアンペア、および11000ミリアンペアに対するカストローク曲線が示されている。実施形態は、コア管105に対するアーマチュア108の特定の位置を、少なくとも2.5mmのストローク長まで、巻線コイル106を通る電流の流れによって制御することができることを提供する。ストローク長とは、単一方向におけるコア管105に対するアーマチュア108の、デバイス100の長手方向軸に沿って動く総距離を指す。図3に示されたカストローク曲線は、磁石のS極が互いに対向する磁石102、104を有するデバイス100に関することを理解されたい。ばね234に関連付けられたばね定数は、ばね234のばね定数により、ばね234が、巻線コイルに印加されたミリアンペアに基づくアーマチュア108の運動力に対抗することを可能にする程度まで、ストローク長に影響を与える。

20

【0049】

図4を参照すると、示されているのは、本開示の例示的实施形態を実施する際の使用に好適なデバイスのプッシュ方向における別のストローク曲線を示すグラフである。図4に示されたグラフは、x軸に沿ってストローク長をインチで、y軸に沿って力をポンドで示す。グラフ上の各曲線は、特定の電流（すなわち、アンペア）が巻線コイル106を流れる間に、デバイス100からの力が、プッシュ方向の所与のストローク長にわたってどのように変化するかを示す。描かれたように、100ミリアンペア、200ミリアンペア、300ミリアンペア、400ミリアンペア、500ミリアンペア、600ミリアンペア、700ミリアンペア、800ミリアンペア、900ミリアンペア、1000ミリアンペア、および11000ミリアンペアに対するカストローク曲線が示されている。実施形態は、コア管105に対するアーマチュア108の特定の位置を、少なくとも2.5mmのストローク長まで、巻線コイル106を通る電流の流れによって制御することができることを提供する。図3に示されたカストローク曲線は、磁石のS極が互いに対向する磁石102、104を有するデバイス100に関することを理解されたい。

30

40

【0050】

図9を参照すると、示されているのは、本開示の例示的实施形態を実施する際の使用に好適な逆極性を有するデバイスのプッシュ方向におけるストローク曲線を示すグラフである。図10は、逆極性を有するデバイスのプル方向におけるストローク曲線を示すグラフである。逆極性とは、磁石のN極が互いに対向する磁石102、104を有するデバイス100を指す。図9および図10に示されたグラフは、x軸に沿ってストローク長をインチで、y軸に沿って力をポンドで示す。グラフ上の各曲線は、特定の電流（すなわち、ア

50

ンペア)が巻線コイル106を流れる間に、デバイス100からの力が、所与のストローク長にわたってどのように変化するかを示す。描かれたように、100ミリアンペア、200ミリアンペア、300ミリアンペア、400ミリアンペア、500ミリアンペア、600ミリアンペア、700ミリアンペア、800ミリアンペア、900ミリアンペア、1000ミリアンペア、および1100ミリアンペアに対するカストローク曲線が示されている。

【0051】

図5を参照すると、本開示の例示的实施形態を実施する際の使用に好適なデバイスの代替実施形態の断面図が示されている。図5に示されているのは、磁石502、504、巻線コイル506、強磁性スペーサ508、510、非強磁性スペーサ512、514、強磁性端部516、518、およびアーマチュア520を有するデバイス500である。この実施形態では、(線522によって示された)プル方向に沿ったアーマチュア520の動きに対する物理的停止部は存在しない。この実施形態は、鉄端部518が、プッシュ方向におけるアーマチュア520に対する物理的停止部を提供するので、アーマチュア520がプッシュ方向よりもプル方向においてより大きな移動範囲を有することを可能にするギャップ524を含む。実施形態は、ギャップ524により、プル方向に沿ったアーマチュア520の動きを、アーマチュア520のゼロ位置から0.125インチよりも大きくすることを可能にすることを提供する。実施形態は、ギャップ524により、プル方向に沿ったアーマチュア520の動きをより大きくすることを可能にすることを提供する。デバイス500の実施形態は、巻線コイル506が、コア管505の長手方向軸を通してアーマチュア520を促す、または動かすように動作可能である磁束を生成する電流を流すように動作可能であることを提供する。巻線コイル506を流れる電流によって生成される磁束は、同心線526によって示される。ギャップ524のために、同心線526は、デバイス500の中空コア528内まで延在しない。実施形態は、コア管505が、中空コア528を通るアーマチュア520の動きを可能にする流体(例えば、液体および/または気体)を維持するように動作可能であることを提供する。実施形態は、コア管505が、中空コア528を通るアーマチュア520の動きを可能にする気体媒体を維持するように動作可能であることを提供する。

【0052】

図6を参照すると、示されているのは、本開示の例示的实施形態を実施する際の使用に好適なプッシュ方向におけるデバイスの代替実施形態の断面図である。図6に示されているのは、磁石602、604、巻線コイル606、鉄スペーサ608、610、非鉄スペーサ612、614、鉄端部616、618、およびアーマチュア620を有するデバイス600である。この実施形態はまた、鉄端部618がアーマチュア620に対する物理的停止部を提供するので、アーマチュア620が(線622によって示された)プッシュ方向よりも(図5に示された)プル方向においてより大きな移動範囲を有することを可能にするギャップ624を含む。デバイス600の実施形態は、巻線コイル606が、コア管605の長手方向軸を通してアーマチュア620を促す、または動かすように動作可能である磁束を生成する電流を流すように動作可能であることを提供する。巻線コイル606を流れる電流によって生成される磁束は、同心線626によって示される。

【0053】

カストローク性能有限要素解析(FEA)曲線の例示的グラフを示す図7をここで参照する。このグラフは、プル方向における磁気回路経路内に位置するベアリングのないデバイス500の実施形態の性能を示す。換言すると、アーマチュア520のプル方向でのより大きな移動範囲を可能とするギャップ524が存在する。明らかなように、図7に示された力曲線性能は、アーマチュアのプル方向に位置するギャップのないデバイスについて図3に示されたものと比較的同じである。デバイス500の実施形態は、プル方向に位置するベアリング(例えば、線形圧縮ばねまたは蛇行ばねなどの可撓性機械的センタリングデバイス)が、ベアリングが磁束経路内に入らないように、巻線コイル506からある距離に配置されることを提供する。

【0054】

図8を参照すると、表されているのは、本開示の例示的实施形態を実行するための方法および装置に従う例示的論理フロー図である。ブロック800は、長手方向軸に沿って延在するコア管を提供することであって、コア管は、第2の対向端部を有する第2の強磁性端部セクションから長手方向に離間された第1の対向端部を有する第1の強磁性端部セクションと、第1の対向端部に隣接する第1の非磁性セクションおよび第2の対向端部に隣接する第2の非磁性セクションと、第1の非磁性セクションと第2の非磁性セクションとの長手方向中間にある第1の鉄スペーサとを有する、提供することと、コア管の外側に位置する第1の磁石および第2の磁石を提供することであって、第1の磁石は、第2の磁石から長手方向軸に沿って離間され、第2の鉄スペーサは、第1の磁石と第2の磁石との長手方向中間にあり、第1の非磁性セクションは、第1の磁石の半径方向内側にあり、第2の非磁性セクションは、第2の磁石の半径方向内側にあり、第1の鉄スペーサは、第2の鉄スペーサの半径方向内側にある、提供することと、第1の磁石および第2の磁石の半径方向外側に配置された励磁コイルを提供することと、を表す。ブロック802は、第1の鉄スペーサが、第2の鉄スペーサとほぼ同じ長手方向位置に位置することに関する。

10

【0055】

上記で詳述された非限定的な実施態様のいくつかもまた、図8にブロック802に続いて要約される。ブロック804は、第1の磁石および第2の磁石の近位極が同種であることを特定する。ブロック806は、第1の非磁性セクションが、コア管の第1の強磁性端部セクションの第1の対向端部に接触することを述べる。次いで、ブロック808は、第2の非磁性セクションが、コア管の第2の強磁性端部セクションの第2の対向端部に接触することに関する。次に、ブロック810は、第1の非磁性セクションが、コア管の第1の強磁性端部セクションの一部分が第1の非磁性セクションの一部分の半径方向下側にあるように、コア管の強磁性端部セクションの第1の対向端部に接触することに関する。次いで、ブロック812は、第2の非磁性セクションが、コア管の第2の強磁性端部セクションの一部分が第2の非磁性セクションの一部分の半径方向下側にあるように、コア管の第2の強磁性端部セクションの第2の対向端部に接触することを述べる。

20

【0056】

図8の論理図は、コンピュータ可読媒体に記憶されたコンピュータプログラム命令の実行の結果である方法の動作を示すとみなされ得る。図8の論理図はまた、そのようなデバイスがソレノイド、または他のデバイス、またはその1つ以上の構成要素であるかどうかにかかわらず、デバイスが形成される具体的な様式とみなされ得る。

30

【0057】

本開示の実施形態は、ソレノイドを通る磁束を生成してアーマチュアを動かす電流を伝導するように動作可能である単一の巻線コイル（または励磁コイル）を有するソレノイドを提供する。実施形態は、半径方向で、半径方向外側の巻線コイルと半径方向内側のコア管との間にある2つの磁石を有する、単一コイルソレノイドをさらに含む。実施形態は、2つの磁石が強磁性材料によって長手方向で互いに離間された、単一コイルソレノイドを含む。実施形態は、2つの磁石が2つの非強磁性材料から半径方向外側にある、単一コイルソレノイドを含む。本開示の実施形態は、ソレノイドコア管の一部分を形成する2つのベアリング間で、ソレノイドの長手方向軸に沿ってプッシュ方向およびプル方向の両方に動くように動作可能な強磁性アーマチュアを有する単一コイルソレノイドを含む。本開示の実施形態は、アーマチュアの1つの方向の動きは遮られ、アーマチュアの反対の方向の動きは遮られない、単一コイルソレノイドを提供する。実施形態は、ばねによってコア管に対して所定の位置に維持される2つの磁石を有し、2つの磁石はコア管から取り外し可能である、単一コイルソレノイドを含む。

40

【0058】

本開示の実施形態は、プッシュ方向およびプル方向の動きを可能にする管状ソレノイドアセンブリを提示する。実施形態は、アーマチュアの中心位置に対して+/-2.5mmのアーマチュアの動きを提供する。本開示の実施形態は、その中心位置に対するアーマチュ

50

アの動きを $+/-2.5\text{ mm}$ よりも小さくまたは大きくすることができることを理解されたい。本開示の実施形態は、アーマチュアが存在するソレノイドのコア管内の高い内部流体圧力を提供する。実施形態は、 $0\sim30,000\text{ PSIA}$ のコア管内部流体圧力を提供する。しかしながら、実施形態は、 $30,000\text{ PSIA}$ よりも大きいコア管内部流体圧力を提供する。実施形態は、磁束がアーマチュアを通過してコア壁内に入ることを可能にする非磁性中断部を備えて構成された磁性コア管を有し、アーマチュアの動きを遮ることなく、そのストローク範囲にわたって印加された電流変化により、比例的同種力出力性能を提供するデバイスを提供する。実施形態は、ブッシュアップロードによるアーマチュアの動きから生成された力の量が、ストローク長にわたって、巻線コイルに印加されたミリアンペアに基づいて比例的に変化する管状ソレノイドアセンブリを提供する。すなわち、コア管は、大部分は強磁性であるが、長手方向軸に沿って2つの非強磁性中断部を含み、非強磁性中断部は、磁束がアーマチュアを通過してコア管の壁内に入り、従来技術で用いられる固定停止ギャップを必要とすることなく、設計されたストローク範囲にわたって比例的同種力出力性能を提供することを可能にする。本管状ソレノイド設計品は、可動磁石アクチュエータの欠点なしに、可動磁石アクチュエータと同様の動きを提供する。

【0059】

別の例示的デバイス1300の断面図を示す図13をここで参照する。図13に示されているのは、強磁性スペーサ1322および非強磁性スペーサ1324、1326を含むコア管1305を有するデバイス1300である。コア管1305の半径方向外側にあるのは、強磁性スペーサ1328によって分離された磁石1302、1304である。図13に示された実施形態では、強磁性スペーサ1328は、ギャップ1330を含むが、実施形態は、強磁性スペーサ1328がギャップのない単一の固体材料で作製されることを含むことを理解されたい。磁石1302、1304の半径方向外側にあるのは、巻線コイル1306である。

【0060】

図13には、アーマチュア1308も示されている。アーマチュア1308は、その長手方向軸に沿ったアーマチュア1308の各半径方向端部が円錐形となるように成形された、半径方向内側に傾斜した側面1350、1352を含む。コア管1305は、傾斜側面1350、1352に対応するように半径方向内側傾斜肩部1338、1340を含む。傾斜肩部1338、1340は、中空コア1312内の非強磁性スペーサ1324、1326の半径方向下側に延在する。しかしながら、傾斜肩部1338、1340は、非強磁性スペーサ1324、1326の全長の下側に延在しない。これに関して、傾斜肩部1338、1340は、非強磁性スペーサ1324、1326の一部分の下側にのみ存在する。

【0061】

別の例示的デバイス1400の断面図を示す図14を参照する。図14に示されているのは、強磁性スペーサ1422および非強磁性スペーサ1424、1426を含むコア管1405を有するデバイス1400である。コア管1405の半径方向外側にあるのは、強磁性スペーサ1428によって分離された磁石1402、1404である。図14に示された実施形態では、強磁性スペーサ1428は、ギャップ1430を含むが、実施形態は、強磁性スペーサ1428がギャップ1430のない単一ピースであることを含むことを理解されたい。磁石1402、1404の半径方向外側にあるのは、巻線コイル1406である。中空コア1412を通して動くように動作可能なアーマチュア1408も示されている。アーマチュア1408は、アーマチュア1408の長端部に位置するくぼみ1450、1452を含む。コア管1405は、アーマチュア1408の両側に突出面1438、1440を含む。突出面1438、1440は、アーマチュア1408の長手方向軸端部に位置するくぼみ1450、1452に対応して、突出面1438、1440はくぼみ1450、1452に嵌め込まれる。実施形態は、突出面1438、1440が円錐形であり、くぼみ1450、1452が、突出面1438、1440の形状に対応するような形状とされた内向き円錐形であることを含む。

【0062】

図15をここで参照すると、示されているのは、別の例示的デバイス1500の断面図である。図15に示されているのは、強磁性スペーサ1522および非強磁性スペーサ1524、1526を含むコア管1505を有するデバイス1500である。コア管1505の半径方向外側にあるのは、強磁性スペーサ1528によって分離された磁石1502、1504である。図15に示された実施形態では、強磁性スペーサ1528は、ギャップ1530を含む。実施形態は、強磁性スペーサ1528が、ギャップ1530のない単一ピースで作製されることを含むことを理解されたい。磁石1502、1504の半径方向外側にあるのは、巻線コイル1506である。

【0063】

デバイス1500はまた、中空コア1512を通して動くように動作可能なアーマチュア1508を含む。アーマチュア1508は、アーマチュア1508の長端部に位置する平坦縁部1550、1552を含む。コア管1505は、アーマチュア1508の両側に平坦端部1538、1540を含む。平坦端部1538、1540は、平坦縁部1550、1552に対応する表面形状を有する。実施形態は、平坦縁部1550、1552が、アーマチュア1508の半径方向表面から実質的に90度であることを含む。この実施形態では、平坦端部1538、1540は、平坦端部1538、1540が平坦縁部1550、1552に実質的に平行であるように、平坦縁部1550、1552に対応するように配置される。この実施形態では、コア管1505は、一緒に溶接される多数の強磁性および非強磁性材料ピースを有するのではなく、むしろステンレス鋼の単一の単位ピース（例えば、クロム-ニッケル-アルミニウム、オーステナイト系ステンレス鋼17-7PH）で作製される。この実施形態では、コア管1505は、コア管1505の部分のうちの一部分（例えば、スペーサ1524、1526）が非磁性になるようにアニーリングされる。換言すると、コア管1505の実施形態は、均一な一体ピース設計品を有し、次いで、磁石1502、1504から半径方向内側のコア管1505の部分をアニーリングして、それらのアニーリングされた領域が非強磁性または非磁性を示すようにすることを含む。

【0064】

示されているのは、別の例示的デバイス1600の断面図である図16をここで参照する。図16に示されているのは、非強磁性スペーサ1624を含むコア管1605を有するデバイス1600である。コア管1605の半径方向外側にあるのは、強磁性スペーサ1628によって分離された磁石1602、1604である。図16に示された実施形態では、強磁性スペーサ1628は、ギャップ1630を含む。実施形態は、強磁性スペーサ1628がギャップ1630のない単一ピースであることを含む。磁石1602、1604の半径方向外側にあるのは、巻線コイル1606である。図16に示されたように、コア管1605は、コア管1605内にいかなる強磁性スペーサも含まないので、単一の非強磁性材料で作製される。したがって、磁石1602、1604は、非強磁性コア管1605から半径方向外側に位置する。同様に、ギャップ1630を有する強磁性スペーサ1628が、非強磁性コア管1605の半径方向外側に位置する。この実施形態では、コイル1606を流れる電流によって生成された磁束は、上述の実施形態ほど容易にコア管1605を通過せず、それにより、アーマチュア1608の動きによって生成される力が他の実施形態で見られるものよりも小さくなり得ることを理解されたい。

【0065】

デバイス1600はまた、中空コア1612を通して動くように動作可能なアーマチュア1608を含む。アーマチュア1608は、アーマチュア1508の半径方向縁部上に位置するステップ1650、1652を含み、ステップ1650、1652は、アーマチュア1608の半径方向縁部を囲む。コア管1605は、アーマチュア1508の両側に隆起部1638、1640を含む。隆起部1638、1640は、ステップ1650、1652に対応する形状を有し、したがって、隆起部1638、1640は、それぞれステップ1650、1652内に嵌め込まれるようにサイズ決定される。実施形態は、ステップ1650、1652がアーマチュア1608の長軸の一部分のみを通して延在するよう

10

20

30

40

50

に、ステップ１６５０、１６５２が長軸に沿って延在することを含む（長軸は、アーマチュア１６０８が動くように動作可能であるのと同じ軸である）。これに関して、ステップ１６５０、１６５２は、アーマチュア１６０８の全長に延在しない。実施形態は、コア管１６０５の端部ピースがステップ１６５０、１６５２に対して実質的に９０度であるように、ステップ１６５０、１６５２がコア管１６０５の端部ピースに対して配置されることを含む。同様に、実施形態は、隆起部１６３８、１６４０が、アーマチュア１６０８の長軸縁部に対して実質的に９０度に配置されることを含む。

【００６６】

図１７を参照すると、示されているのは、別の例示的デバイス１７００の断面図である。図１７に示されているのは、単一の単位非強磁性材料で作製されたコア管１７０５を有するデバイス１７００である。コア管１７０５の半径方向外側にあるのは、強磁性スペーサ１７２８によって分離された磁石１７０２、１７０４である。強磁性スペーサ１７２８は、ギャップ１７３０を含む。ギャップ１７３０を有するとして示されるが、実施形態は、強磁性スペーサ１７２８が、ギャップ１７３０のない単一ピースであることを含む。磁石１７０２、１７０４の半径方向外側にあるのは、巻線コイル１７０６である。図１７にやはり示されているのは、デバイス１７００の長手方向軸を通して動くように動作可能なアーマチュア１７０８である。アーマチュア１７０８は、アーマチュア１７０８の長手方向端部に位置する内腔１７５０、１７５２を含む。内腔１７５０、１７５２は、半径方向縁部１７５４が長手方向軸に沿って内腔１７５０、１７５２よりもさらに延在するように、アーマチュア１７０８の半径方向縁部１７５４によって画定される。コア管１７０５は、アーマチュア１７０８に向かって長手方向内側に延在する延長部１７３８、１７４０を含む。延長部１７３８、１７４０は、コア管１７０５の半径方向内側表面から離間される。したがって、延長部１７３８、１７４０の半径方向縁部とコア管１７０５の半径方向内側表面とは、それぞれ空間１７６０、１７６２を画定する。空間１７６０、１７６２は、半径方向縁部１７５４を維持または収容するようにサイズ決定されている。同様に、内腔１７５０、１７５２は、延長部１７３８、１７４０を維持または収容するようにサイズ決定されている。

【００６７】

別の例示的デバイス１８００の断面図を示す図１８をここで参照する。図１８に示されているのは、励磁コイル１８０６と、アーマチュア１８０８と、強磁性スペーサ１８２２および非強磁性スペーサ１８２４、１８２６を含むコア管１８０５とを有するデバイス１８００である。コア管１８０５の半径方向外側にあるのは、強磁性スペーサ１８２８によって分離された磁石１８０２、１８０４である。アーマチュア１８０８は、励磁コイル１８０６を流れる電流に応答してプッシュ方向またはプル方向のいずれかに、コア管１８０５によって画定された空洞１８０３を通して動くように動作可能である。強磁性スペーサ１８２８は、ギャップ１８３０を含む。ギャップ１８３０を有するとして示されているが、実施形態は、強磁性スペーサ１８２８が、ギャップ１８３０のない単一ピースであることを含む。図１８に示された実施形態では、ギャップ１８３０は、スペーサ１８２８のほぼ中央部または真ん中に位置する。しかしながら、ギャップ１８３０は、スペーサ１８２８の中央部に隣接して位置することができることを理解されたい。磁石１８０２、１８０４の半径方向外側にあるのは、巻線コイル１８０６である。デバイス１８００はまた、デバイス１８００の（線１８０９によって示されたような）長手方向軸を通して動くように動作可能なアーマチュア１８０８を含む。

【００６８】

デバイス１８００の拡大断面図を示す図１９をここで参照する。図１８と同様に、図１９は、磁石１８０２、１８０４、強磁性コア管１８０５、強磁性スペーサ１８２２、ギャップ１８３０を有する強磁性スペーサ１８２８、および非強磁性スペーサ１８２４、１８２６を示す。コア管１８０５は、コア管１８０５の半径方向外側表面を囲む２つのチャンネル１８１１、１８１３を含む。チャンネル１８１１、１８１３は各々、少なくとも、スペーサ１８２２に向かって半径方向内側に（例えば、コア管１８０５の表面から５度～６０度

で) 傾斜された第1の表面1815、1817と、スペーサ1828に向かって半径方向外側に傾斜された第2の表面1819、1821とを含む。各チャネル1811、1813は、それぞれスペーサ1824、1826を形成する非強磁性材料で構成される。換言すると、スペーサ1824、1826は、長手方向に沿って均一に同じ半径方向の厚さではない。むしろ、スペーサ1824、1826の半径方向の厚さは、長手方向に沿って変化する。図19に示されているように、非強磁性スペーサ1824、1826は、長手方向軸に沿って磁石1802、1804と同じ長さを有さない。むしろ、実施形態は、スペーサ1824、1826が、スペーサ1822と接触している磁石1802、1804の部分と同延であるが、長手方向において磁石1802、1804の全長に延在しないことを含む。換言すると、スペーサ1824、1826は、終端する(すなわち、コア管1805の直径は同じ均一な直径に戻る)か、または長手方向において磁石1802、1804よりも短い長さを有する。これはまた、コア管1805が、磁石1802、1804の一部分の半径方向下側に延在することを意味する。実施形態は、コア管1805が、長手方向において磁石1802、1804の長さの25%~50%、半径方向下側に延在することを含む。

10

【0069】

図20を参照すると、示されているのは、本開示の実施形態を実施するのに好適なデバイス2000の別の実施形態の断面図である。図20に示されているのは、磁石2002、2004、強磁性コア管2005、強磁性スペーサ2022、アーマチュア2008、ギャップ2030を有する強磁性スペーサ2028、およびチャネルギャップ2024、2026を有するデバイス2000の断面図である。図20に示されているように、スペーサ2022は、スペーサ2022の一部分が磁石2002、2004から半径方向内側にあるように、長手方向においてスペーサ2028とほぼ同じ長さである。図20に示された実施形態において、チャネルギャップ2024、2026は、コア管2005の半径方向外側表面(すなわち、シャントまたはチャネルによって作られる)と、磁石2002、2004の半径方向内側表面との間の空間によってそれぞれ画定されることを理解されたい。チャネルギャップ2024、2026は、傾斜表面2032、2034に沿って(例えば、コア管2005の半径方向外側表面に対して5度~60度で)減少し、次いで傾斜表面2036、2038に沿って増大する、コア管2005の外径によって作られる。チャネルギャップ2024、2026の実施形態は、コア管2005の半径方向外側表面を囲むチャネルが形成されるように、磁石2002、2004から半径方向内側にあるコア管2005の一部分を除去することによって形成することができる。厚さ(すなわち、コア管2005の半径方向外側表面とチャネルギャップ2024、2026の半径方向外側表面との間の距離)は、コア管2005の壁厚よりも小さいことを理解されたい。換言すると、チャネルギャップ2024、2026は、コア管2005の内側と外側との間の通路を作らない。むしろ、コア管2005の一部分は、磁石2002、2004から半径方向内側に留まる。図20に示されているように、チャネルギャップ2024、2026は、長手方向において磁石2002、2004と同じ長さを有さない。したがって、コア管2005の一部分は、磁石2002、2004から半径方向内側に延在する。実施形態は、チャネルギャップ2024、2026が、長手方向において磁石2002、2004に等しい長さを有し、したがって、チャネルギャップ2024は磁石2002と同延であり、チャネルギャップ2026は磁石2004と同延であることを含むことを理解されたい。図20に示されているように、チャネルギャップ2024、2026は、スペーサ2028の半径方向内側に、それに隣接して位置するが、実施形態は、チャネルギャップ2024、2026が、長手方向においてスペーサ2028から離間して位置することを含む。この実施形態では、コア管2005は、コア管2005の構造的な一体性と、コア管2005がより高い内部コア圧力を維持する能力とを維持する助けとなる、強磁性材料または鋼材の単一ピースで作製される。

20

30

40

【0070】

図20に示したようなアーマチュア2008は、コイル2006に対して中心位置にあ

50

る。アーマチュアは、鉄材料で作製され、コア管 2005 の長手方向軸 2009 を通して両方向に動くように動作可能である。アーマチュア 2008 の動きは、端部 2040、2042 によって制限される。

【0071】

図 21 をここで参照すると、示されているのは、本開示の例示的实施形態を実施する際の使用に適したデバイスの代替实施形態の断面図である。図 21 に示されているのは、磁石 2102、2104、巻線コイル 2106、強磁性スペーサ 2122、強磁性スペーサ 2128、ギャップ 2124、2126、強磁性端部 2116、2118、およびアーマチュア 2108 を有するデバイス 2100 である。この実施形態では、強磁性スペーサ 2128 は、強磁性スペーサ 2128 の半径方向外側表面から強磁性スペーサ 2128 の半径方向内側表面まで延在するギャップ 2130 を含む。この実施形態では、ギャップ 2124、2126 は、長手方向 2109 において磁石 2102、2104 と同じ長さであることを理解されたい。しかしながら、実施形態は、ギャップ 2124、2126 が、長手方向において磁石 2102、2104 と同延ではないこと、または同じ長さを有さないことを含むことも理解されたい。デバイス 2100 の実施形態は、巻線コイル 2106 が、コア管 2105 の長手方向軸 2109 を通してアーマチュア 2108 を促す、または動かすように動作可能である磁束を生成する電流を流すように動作可能であることを提供する。巻線コイル 2106 を流れる電流によって生成される磁束は、同心線 2125 によって示されている。図 21 に示されているように、電流がコイル 2106 を流れると、磁束が生成され、磁石 2102、2104、強磁性スペーサ 2128、2122、コア管 2105、アーマチュア 2108、およびギャップ 2124、2126 の一部分を通過する。ギャップ 2124、2126 の一部分は、それを通過する磁束を有さないことに留意されたい。換言すると、同心線 2125 は、部分的にのみ、ギャップ 2124、2126 内まで延在する。

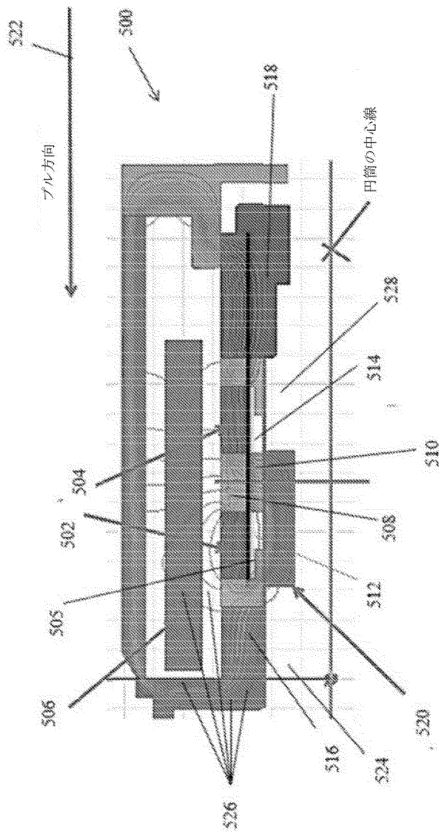
【0072】

コイル 2106 は、磁石 2124、2126、およびスペーサ 2128 の長手方向の中心に位置しないことを理解されたい。むしろ、コイル 2106 は、コイル 2106 が主に、磁石 2106 の半径方向外側で、かつスペーサ 2128 の右側に位置するように配置される。この実施形態では、電流がコイル 2106 を流れるとき、アーマチュア 2108 の動きによって生成される力は、コイル 2106 が配置されている方向においてより大きい。換言すると、図 21 に描かれた実施形態は、右方向においてより大きな力を提供する。同様に、実施形態は、コイル 2106 が、主に磁石 2104 の半径方向外側に配置され、したがって、反対の左側において、より大きな力をアーマチュア 2108 の動きによって生成することができることを含む。

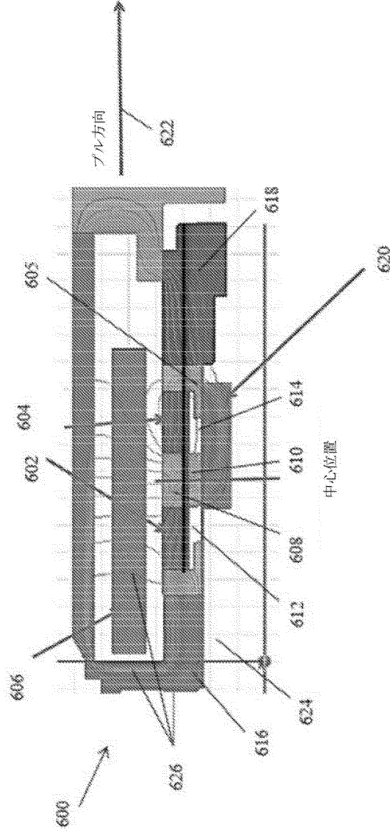
【0073】

任意の 1 つの実施形態に関連して記載された任意の特徴は、任意の他の実施形態の 1 つ以上の特徴と一緒にまたは併せて使用され得ることを理解されたい。したがって、本開示の実施形態は、あらゆる点において、例示的であって、限定的ではないと見なされる。さらに、上述されなかった等価物および変更も、添付の特許請求の範囲に定義される本開示の範囲から逸脱することなく、採用され得る。

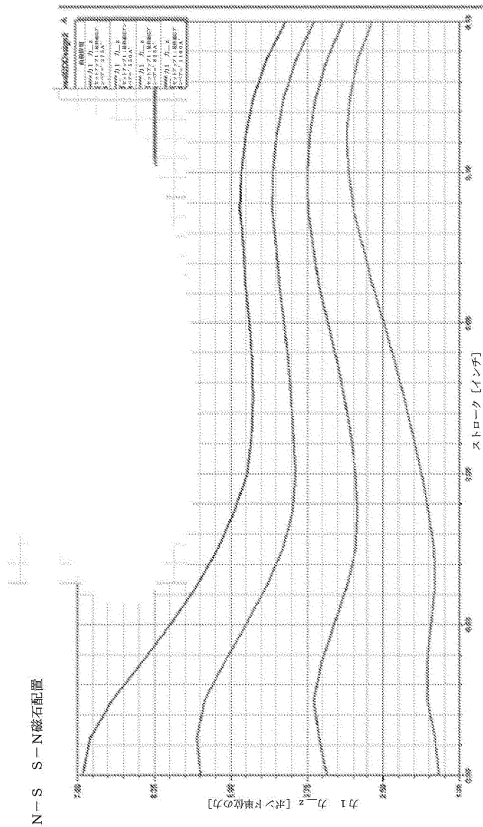
【図 5】



【図 6】



【図 7】

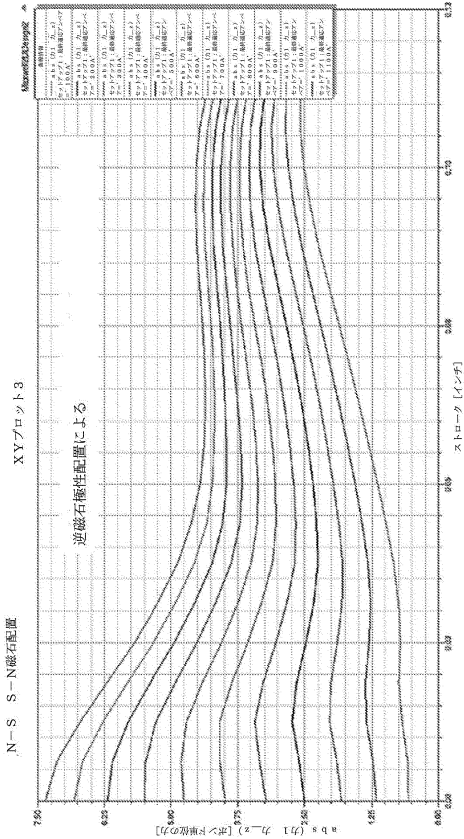


【図 8】

- 800：長手方向軸に沿って延在するコア管を提供することであって、コア管は、第2の対向端部を有する第2の強磁性端部セクションから長手方向に離間された第1の対向端部を有する第1の強磁性端部セクションと、第1の対向端部に隣接する第1の非磁性セクションおよび第2の対向端部に隣接する第2の非磁性セクションと、第1の非磁性セクションと第2の非磁性セクションとの長手方向中間にある第1の鉄スベーサとを有する、提供することと、コア管の外側に位置する第1の磁石および第2の磁石を提供することであって、第1の磁石は、第2の磁石から長手方向軸に沿って離間され、第2の鉄スベーサは、第1の磁石の半径方向内側にあり、第2の非磁性セクションは、第2の磁石の半径方向内側にあり、第1の鉄スベーサは、第2の鉄スベーサの半径方向内側にあり、第1の磁石の半径方向外側に配置された励磁コイルを提供する
- 802：第1の鉄スベーサは、第2の鉄スベーサと同じ長手方向の位置に位置する
- 804：前記第1の磁石および前記第2の磁石の近位極は、同様である
- 806：第1の非磁性セクションは、コア管の第1の強磁性端部セクションの第2の対向端部に接触する
- 808：第2の非磁性セクションは、コア管の第2の強磁性端部セクションの第2の対向端部に接触する
- 810：コア管の第1の強磁性端部セクションの一部分が第1の非磁性セクションの一部分の半径方向下側にあるように、第1の非磁性セクションは、コア管の強磁性端部セクションの第1の対向端部に接触する
- 812：コア管の第2の強磁性端部セクションの一部分が第2の非磁性セクションの一部分の半径方向下側にあるように、第2の非磁性セクションは、コア管の第2の強磁性端部セクションの第2の対向端部に接触する

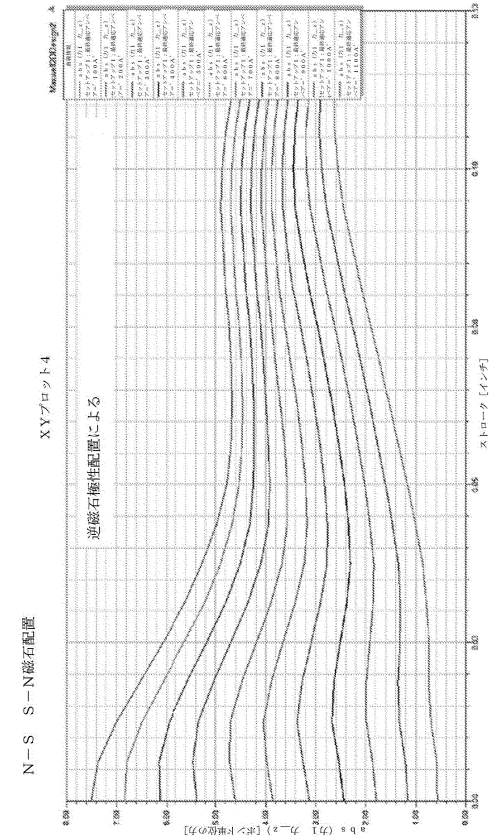
【図 9】

スライド2のLISK設計のブッシュ方向におけるFEAカストローク曲線。

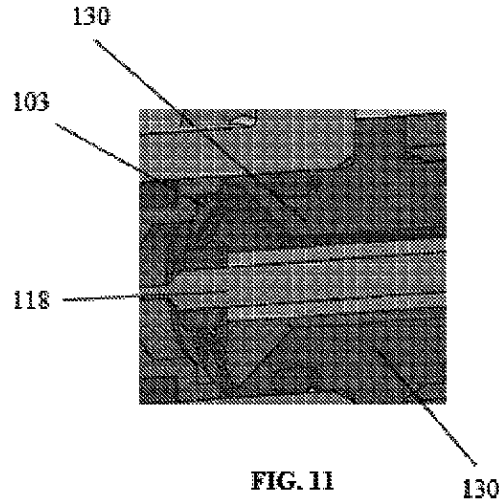


【図 10】

スライド2の方向におけるLISK設計のFEAカストローク曲線結果



【図 11】



【図 12】

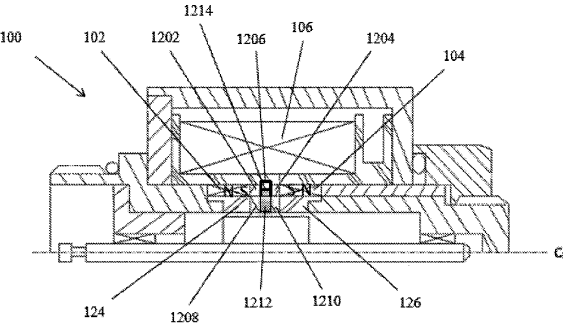


FIG. 12

【図 1 3】

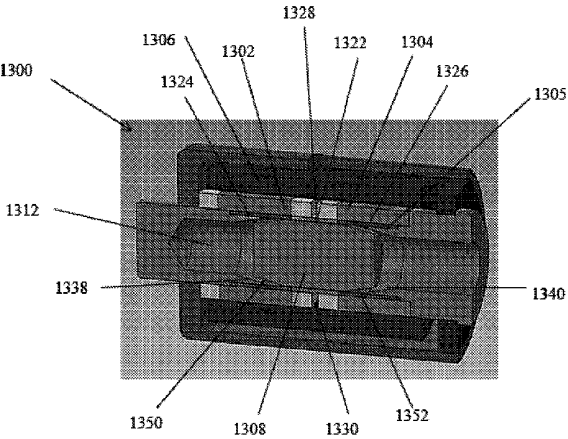


FIG. 13

【図 1 4】

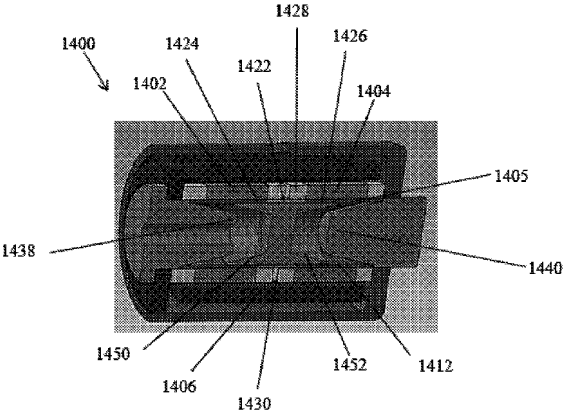


FIG. 14

【図 1 5】

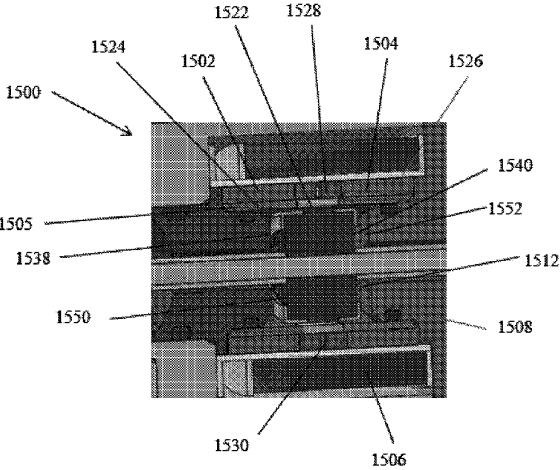


FIG. 15

【図 1 6】

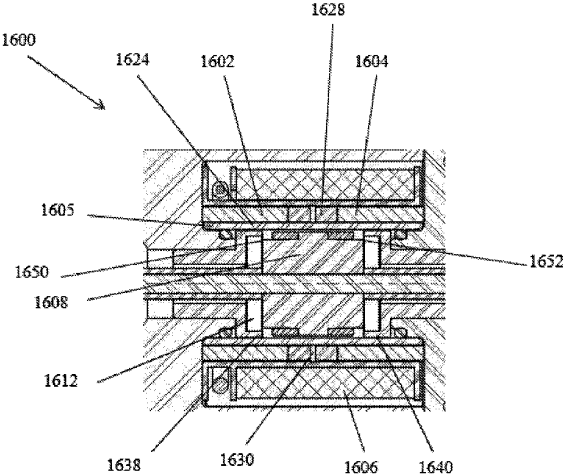


FIG. 16

10

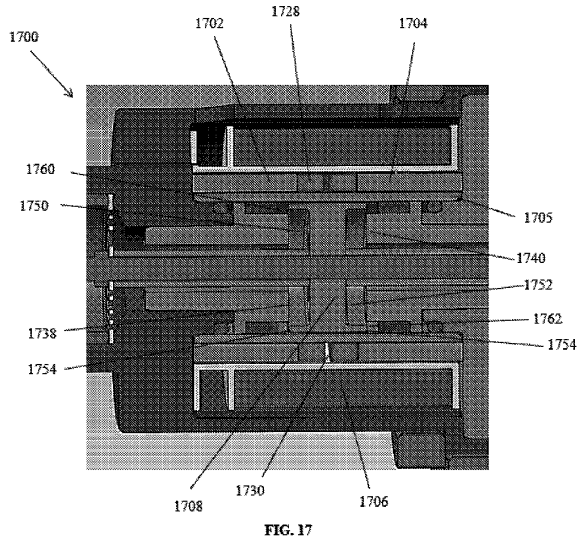
20

30

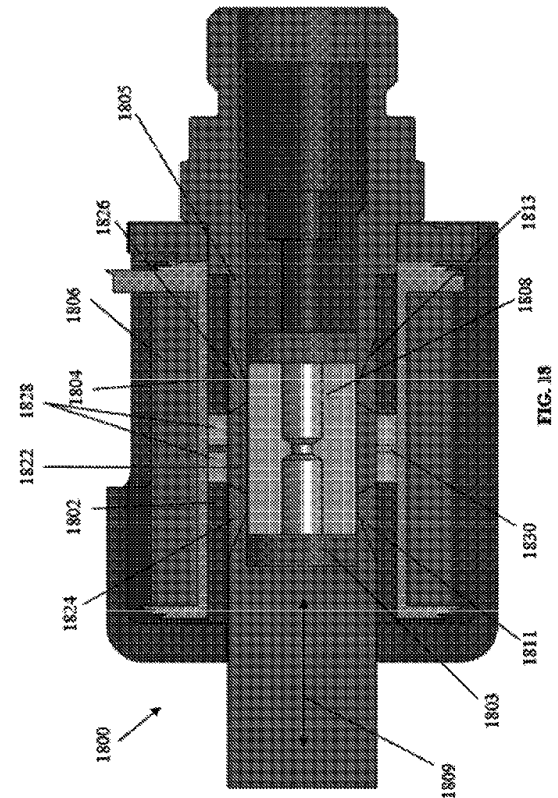
40

50

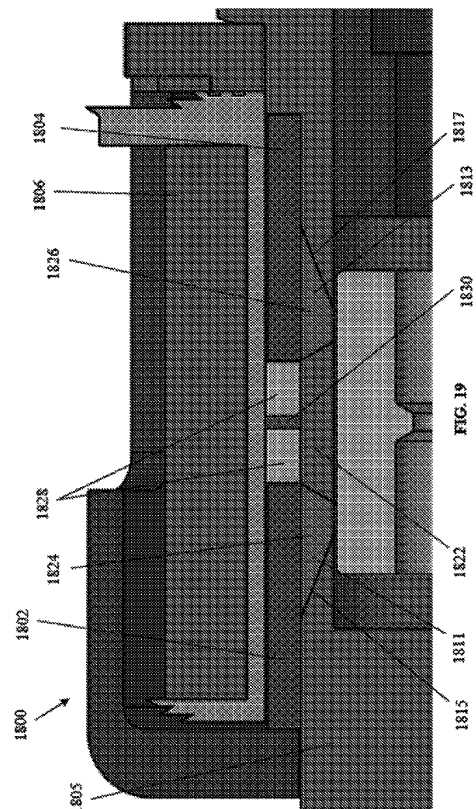
【図 17】



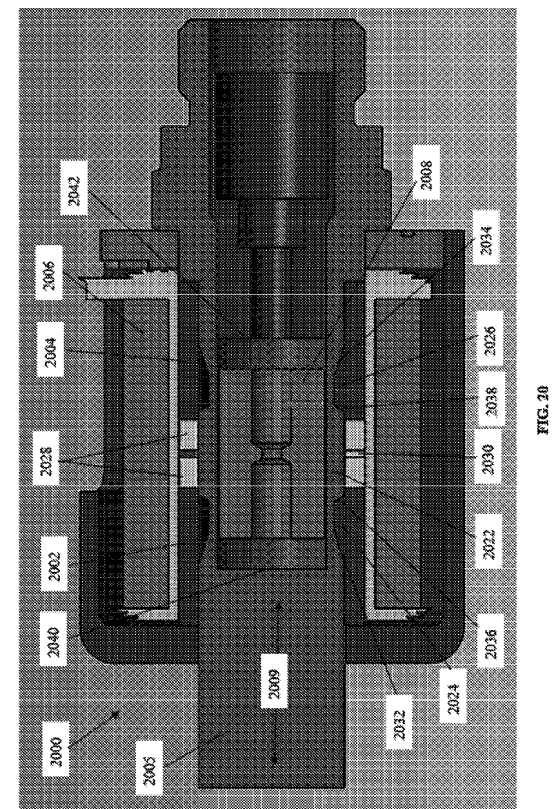
【図 18】



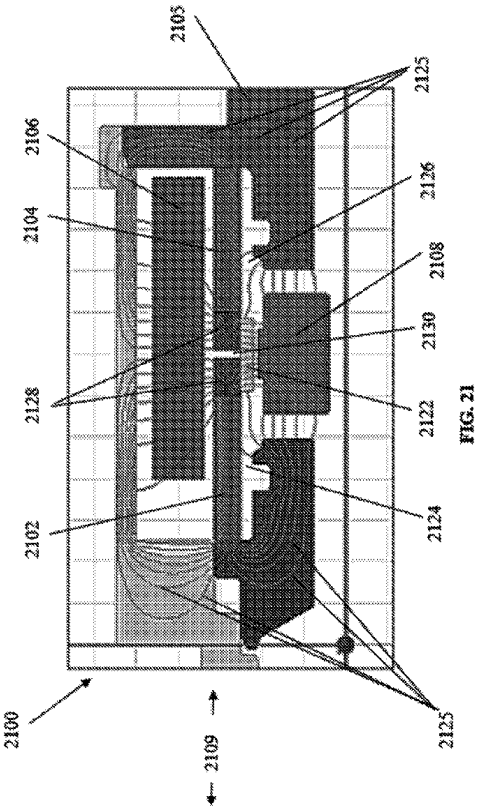
【図 19】



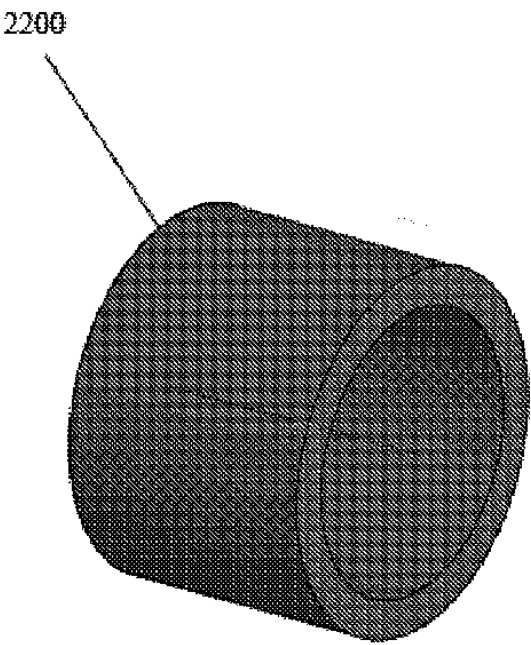
【図 20】



【図 2 1】



【図 2 2】



【図 2 3】

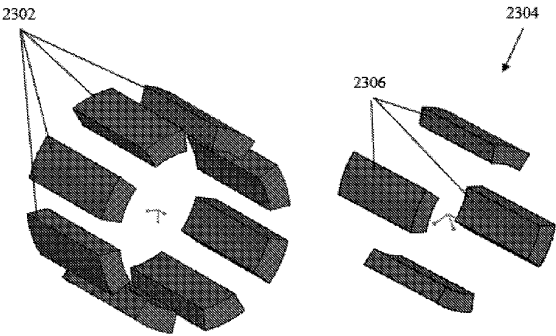


FIG. 23

10

20

30

40

50

フロントページの続き

米国(US)
審判長 井上 信一
審判官 ▲高▼橋 徳浩
審判官 渡辺 努

- (56)参考文献 特開 2000-166209 (JP, A)
中国特許出願公開第 101013841 (CN, A)
特開 2001-145321 (JP, A)
特開平 3-38805 (JP, A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
IPC H01F 7/122
H01F 7/16
H02K 33/16
F16K 31/06