(19)日本国特許庁(JP)　(12)公開特許公報(A)　(11)特許出願公開番号
特開2017-5997
(P2017-5997A)
(43)公開日　平成29年1月5日(2017.1.5)

(51)Int.Cl.	F I	テーマコード（参考）
H02K 33/10 (2006.01)	H02K 33/10	5H633

審査請求 有　請求項の数 28　ＯＬ　（全 28 頁）

(21)出願番号	特願2016-200573 (P2016-200573)
(22)出願日	平成28年10月12日 (2016.10.12)
(62)分割の表示	特願2013-533089 (P2013-533089)の分割
原出願日	平成23年10月6日 (2011.10.6)
(31)優先権主張番号	102010048447.4
(32)優先日	平成22年10月16日 (2010.10.16)
(33)優先権主張国	ドイツ(DE)
(31)優先権主張番号	102010061641.9
(32)優先日	平成22年12月30日 (2010.12.30)
(33)優先権主張国	ドイツ(DE)
(31)優先権主張番号	102011080065.4
(32)優先日	平成23年7月28日 (2011.7.28)
(33)優先権主張国	ドイツ(DE)

(71)出願人　513090013
エムエスエム　クリスタル　ゲーベーエール
ドイツ国　１２１６５　ベルリン，　アルブレヒトシュトラーセ　９
(74)代理人　100078282
弁理士　山本　秀策
(74)代理人　100113413
弁理士　森下　夏樹
(74)代理人　100181674
弁理士　飯田　貴敏
(74)代理人　100181641
弁理士　石川　大輔
(74)代理人　230113332
弁護士　山本　健策

最終頁に続く

(54)【発明の名称】電磁線形アクチュエータ

(57)【要約】
【課題】好適な電磁線形アクチュエータを提供すること。
【解決手段】本発明は、電磁線形アクチュエータに関する。本発明の一実施例によれば、線形アクチュエータは、少なくとも部分的に軟磁性材料でできている、フレーム（固定子）と、縦軸に沿ってフレームに対して電機子を移動させることができるような方法でフレーム上に支持される、少なくとも部分的に軟磁性材料でできている、電機子とを備える。電機子およびフレームは、開放位置で縦軸に沿って電機子とフレームとの間に間隙があり、間隙が閉鎖されるように、電機子およびフレームが閉鎖位置で相互にもたれて位置するような方法で設計される。第１の電機子コイルは、第１の電機子コイルに作用する力を電機子に伝達することができるような方法で、電機子に接続される。
【選択図】図６

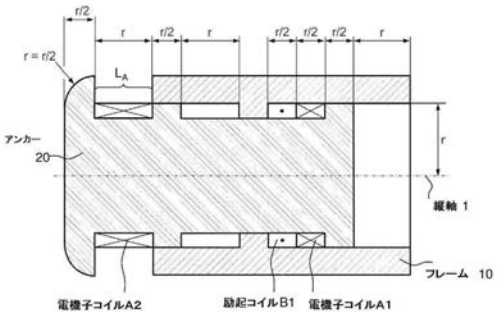

Fig. 6

【特許請求の範囲】
【請求項１】
電磁線形アクチュエータであって、
少なくとも部分的に軟磁性材料でできている固定子（１０）と、
少なくとも部分的に軟磁性材料でできている電機子（２０）であって、前記電機子（２０）は、前記電機子（２０）を縦軸（１）に沿って前記固定子（１０）に対して移動させることができるように、前記固定子（１０）上で支持されており、前記線形アクチュエータの開放位置で前記縦軸（１）に沿って前記電機子（２０）と前記固定子（１０）との間に間隙（L_A）があり、前記電機子（２０）および前記固定子（１０）は、前記間隙（L_A）が閉鎖されるように、前記線形アクチュエータの閉鎖位置で相互にもたれて位置する、電機子（２０）と、
第１の電機子コイル（Ａ）であって、前記第１の電機子コイル（Ａ）は、前記第１の電機子コイル（Ａ）に作用する力を前記電機子（２０）に伝達することができるように、前記電機子（２０）に接続されている、第１の電機子コイル（Ａ）と、
少なくとも部分的に前記固定子（１０）および前記電機子（２０）によって誘導され、電流が前記第１の電機子コイル（Ａ）を通って流れるときに、力が前記第１の電機子コイル（Ａ）に作用し、かつこの力が前記間隙（L_A）を閉鎖するために前記電機子（２０）に伝達されるように方向付けられる、励起磁場（Ａ、Ｂ、Ｃ）を生成するための手段であって、前記固定子（１０）と前記電機子（２０）との間の前記間隙（L_A）が閉鎖されたときに、保持力が及ぼされる、手段と
を備え、
前記励起磁場を生成するための前記手段は、前記第１の電機子コイル（Ａ）と関連付けられ、かつ前記固定子に機械的に接続されている、励起コイル（Ｂ）を備え、
前記第１の電機子コイル（Ａ）および前記励起コイル（Ｂ）は、並列または直列に接続されており、前記第１の電機子コイル（Ａ）および前記励起コイル（Ｂ）は、前記第１の電機子コイル（Ａ）および前記励起コイル（Ｂ）が電流を有するときに、重畳される反対方向の磁場を生成し、したがって、前記縦軸に対して横方向に配向される場成分を伴う励起磁場を形成し、
前記線形アクチュエータの前記開放位置で、前記第１の電機子コイル（Ａ）および前記第１の電機子コイル（Ａ）と関連付けられた前記励起コイル（Ｂ）は、前記コイルが電流を有するときに、前記コイルの前記磁場の軸方向成分が相殺し、その一方で、前記磁場の半径方向成分が、重畳して、前記電機子コイル（Ａ）の中で力効果を生じる半径方向磁束を引き起こすように、隣接して配列されており、
前記縦軸に対して横方向に配向される、前記励起磁場の前記半径方向の場成分は、前記間隙（L_A）を閉鎖する力が縦方向へ前記第１の電機子コイル（Ａ）に作用するように、前記第１の電機子コイル（Ａ）と相互作用し、
前記第１の電機子コイル（Ａ）および前記励起コイル（Ｂ）は、同軸上にあり、
少なくとも前記アクチュエータの前記開放位置で、前記第１の電機子コイル（Ａ）および前記励起コイルの両方を包囲する軟磁性材料の閉鎖した磁気回路が、前記固定子および前記電機子によって形成される、線形アクチュエータ。
【請求項２】
前記第１の電機子コイル（Ａ）および前記励起コイル（Ｂ）は、同軸上にあり、前記アクチュエータの前記開放位置で、前記第１の電機子コイル（Ａ）および前記励起コイル（Ｂ）が軸方向において少なくとも部分的に重複するように、少なくとも部分的に相互の内部に配列される、請求項１に記載の線形アクチュエータ。
【請求項３】
前記第１の電機子コイル（Ａ）および前記励起コイル（Ｂ）が、前記アクチュエータの前記閉鎖位置で前記軸方向において重複しないことにより、前記励起コイル（Ｂ）のみを包囲する軟磁性材料の閉鎖した磁気回路が前記固定子および前記電機子によって形成され、前記励起コイル（Ｂ）の場を短絡させる、請求項２に記載の線形アクチュエータ。

【請求項４】
電磁線形アクチュエータであって、
少なくとも部分的に軟磁性材料でできている固定子（１０）と、
少なくとも部分的に軟磁性材料でできている電機子（２０）であって、前記電機子（２０）は、前記電機子（２０）を縦軸（１）に沿って前記固定子（１０）に対して移動させることができるように、前記固定子（１０）上で支持されており、開放位置で前記縦軸（１）に沿って前記電機子（２０）と前記固定子（１０）との間に間隙（L_A）があり、前記電機子（２０）および前記固定子（１０）は、前記間隙（L_A）が閉鎖されるように、閉鎖位置で相互にもたれて位置する、電機子（２０）と、
第１の電機子コイル（Ａ２）であって、前記第１の電機子コイル（Ａ２）は、前記第１の電機子コイル（Ａ２）に作用する力を前記電機子（２０）に伝達することができるように、前記電機子（２０）に接続されている、第１の電機子コイル（Ａ２）と、
少なくとも部分的に前記固定子（１０）および前記電機子（２０）によって誘導され、電流が前記第１の電機子コイル（Ａ２）を通って流れるときに、力が前記第１の電機子コイル（Ａ２）に作用し、かつこの力が前記間隙（L_A）を閉鎖するために前記電機子（２０）に伝達されるように方向付けられる、励起磁場（Ａ、Ｂ、Ｃ）を生成するための手段であって、前記固定子（１０）と前記電機子（２０）との間の前記間隙（L_A）が閉鎖されたときに、保持力が及ぼされる、手段と
を備え、
前記線形アクチュエータは、第２の電機子コイル（Ａ１）をさらに備え、前記第２の電機子コイル（Ａ１）は、前記第２の電機子コイル（Ａ１）に作用する力を前記電機子（２０）上に伝達することができるように、前記電機子（２０）に接続されており、前記励起磁場を生成するための前記手段は、前記第２の電機子コイル（Ａ１）に隣接して、前記第２の電機子コイル（Ａ１）と関連付けられ、かつ前記固定子（１０）に機械的に接続されている、励起コイル（Ｂ１）を備え、前記第２の電機子コイル（Ａ１）および前記励起コイル（Ｂ１）は、並列または直列に接続されており、
前記第２の電機子コイル（Ａ１）および前記第２の電機子コイル（Ａ１）と関連付けられた前記励起コイル（Ｂ１）は、前記第２の電機子コイル（Ａ１）および前記励起コイル（Ｂ１）が電流を有するときに、少なくとも前記開放位置で重畳される反対方向の磁場を生成し、したがって、前記縦軸に対して横方向に配向される場成分を伴う励起磁場を形成し、
開放位置で、前記第２の電機子コイル（Ａ１）および前記第２の電機子コイル（Ａ１）と関連付けられた前記励起コイル（Ｂ１）は、前記コイルが電流を有するときに、前記コイルの前記磁場の軸方向成分が相殺し、その一方で、前記磁場の半径方向成分が、重畳して、前記電機子コイル（Ａ１）の中で力効果を生じる半径方向磁束を引き起こすように、隣接して配列されており、
前記縦軸に対して横方向に配向される前記場成分は、前記間隙（L_A）を閉鎖する力が前記第２の電機子コイル（Ａ１）に作用するように、前記第２の電機子コイル（Ａ１）と相互作用し、
前記第２の電機子コイル（Ａ１）および前記励起コイル（Ｂ１）は、同軸上にあり、
少なくとも前記アクチュエータの前記開放位置で、前記第２の電機子コイル（Ａ１）および前記励起コイル（Ｂ１）の両方を包囲する軟磁性材料の閉鎖した磁気回路が、前記固定子および前記電機子によって形成される、線形アクチュエータ。
【請求項５】
前記第２の電機子コイル（Ａ１）および前記励起コイル（Ｂ１）は、同軸上にあり、前記開放位置で、前記第２の電機子コイル（Ａ１）および前記励起コイル（Ｂ１）が軸方向において少なくとも部分的に重複するように、少なくとも部分的に相互の内部に配列される、請求項４に記載の線形アクチュエータ。
【請求項６】
前記第２の電機子コイル（Ａ１）および前記励起コイル（Ｂ１）が、前記アクチュエー

タの前記閉鎖位置で前記軸方向において重複しないことにより、前記励起コイル（Ｂ１）のみを包囲する軟磁性材料の閉鎖した磁気回路が前記固定子および前記電機子によって形成され、前記励起コイル（Ｂ１）の場を短絡させる、請求項５に記載の線形アクチュエータ。

【請求項７】

前記電機子（２０）および前記固定子（１０）は、前記間隙（L_A）とともに、前記励起磁場が誘導される磁気回路を形成し、

前記第１の電機子コイル（Ａ２）は、

前記第１の電機子コイル（Ａ２）が、前記間隙（L_A）に部分的に隣接して、かつ前記固定子（１０）に部分的に隣接して、前記縦方向で前記開放位置に位置するように、前記電機子（２０）上に配列されていることにより、励起磁場を生成するための手段としての機能を果たす、

請求項４に記載の線形アクチュエータ。

【請求項８】

第３の電機子コイル（Ａ３）をさらに備え、前記第３の電機子コイル（Ａ３）は、前記第３の電機子コイル（Ａ３）に作用する力を前記電機子（２０）に伝達することができるように、前記電機子（２０）に接続されており、

前記励起磁場を生成するための前記手段は、前記第３の電機子コイル（Ａ３）に加えて、前記第３の電機子コイル（Ａ３）と関連付けられ、かつ前記固定子（１０）に機械的に接続されている、励起コイル（Ｂ３）を備え、

前記第３の電機子コイル（Ａ３）および前記第３の電機子コイル（Ａ３）と関連付けられた前記励起コイル（Ｂ３）は、前記第３の電機子コイル（Ａ３）および前記励起コイル（Ｂ３）が電流を有するときに、少なくとも前記開放位置で重畳される反対方向の磁場を生成し、したがって、前記縦軸に対して横方向に配向される場成分を伴う励起磁場を形成し、

開放位置で、前記第３の電機子コイル（Ａ３）および前記第３の電機子コイル（Ａ３）と関連付けられた前記励起コイル（Ｂ３）は、前記コイルが電流を有するときに、前記間隙（L_A）を閉鎖する力が前記縦方向で前記第３の電機子コイル（Ａ３）および前記励起コイル（Ｂ３）に作用するように、前記第３の電機子コイル（Ａ３）および前記第３の電機子コイル（Ａ３）と関連付けられた前記励起コイル（Ｂ３）の前記励起磁場の前記縦軸に対して横方向に配向される前記場成分が、前記第３の電機子コイル（Ａ３）と相互作用することができるように、隣接して配列されている、

請求項４に記載の線形アクチュエータ。

【請求項９】

前記閉鎖位置で、前記第３の電機子コイル（Ａ３）は、前記第２の電機子コイル（Ａ１）と関連付けられた前記励起コイル（Ｂ１）に直接隣接して、または前記第２の電機子コイル（Ａ１）と関連付けられた前記励起コイル（Ｂ１）中に位置する、請求項８に記載の線形アクチュエータ。

【請求項１０】

前記第２の電機子コイル（Ａ１）および前記第３の電機子コイル（Ａ３）は、前記第２の電機子コイル（Ａ１）および前記第３の電機子コイル（Ａ３）が電流を有するときに、反対方向の磁場を生成する、請求項８または９に記載の線形アクチュエータ。

【請求項１１】

前記閉鎖位置で、前記縦軸に対して横方向に及んでいる１つの励起磁場／複数の励起磁場が、半径方向間隙L_Bが閉鎖されることにより、磁気的に少なくともほぼ短絡させられる、請求項１から１０のうちのいずれか１項に記載の線形アクチュエータ。

【請求項１２】

前記励起磁場を生成するための前記手段は、励起コイル（Ｃ）を有し、

前記励起コイル（Ｃ）は、前記固定子（１０）に機械的に接続されており、前記励起コイル（Ｃ）は、前記電機子が、前記開放位置で、前記励起コイル（Ｃ）に隣接して配列さ

れていない、または、前記開放位置で、前記励起コイル（Ｃ）に部分的にだけ隣接して配列されているように、前記縦方向に配列されており、前記閉鎖位置で、前記電機子（２０）は、前記励起コイル（Ｃ）の鉄心としての機能を果たし、

前記電機子（２０）は、前記励起コイル（Ｃ）が電流を有するときに、保持力が前記電機子（２０）と前記固定子（１０）との間で作用するように、前記励起コイル（Ｃ）に連結されている、

請求項１から１１のうちのいずれか１項に記載の線形アクチュエータ。

【請求項１３】

前記励起磁場を生成するための前記手段は、少なくとも１つの永久磁石（Ｃ’）を有し、前記永久磁石（Ｃ’）は、前記固定子（１０）に機械的に接続されており、前記永久磁石（Ｃ’）は、前記永久磁石（Ｃ’）が前記閉鎖位置で電機子（２０）と固定子（１０）との間に保持力を引き起こすように配列されており、前記閉鎖位置で、少なくとも１つの電機子コイル（Ａ）は、前記電機子コイル（Ａ）または前記フレーム上に配列されているコイルに電流を適切に供給することによって、前記永久磁石（Ｃ’）の磁場を完全または部分的に補償することができるように、静置し、かつ前記永久磁石（Ｃ’）に磁気的に連結されており、よって、前記保持力は、低減され、または完全に消滅し、および／または前記間隙（L_A）を開放する斥力を、前記電機子コイル（Ａ）と前記永久磁石（Ｃ’）との間で生成することができる、請求項１から１１のうちのいずれか１項に記載の線形アクチュエータ。

【請求項１４】

前記固定子（１０）は、停止部を有し、前記停止部の上で前記電機子（２０）が前記閉鎖位置に静置する、請求項１に記載の線形アクチュエータ。

【請求項１５】

前記励起磁場を生成するための前記手段は、前記第１の電機子コイル（Ａ）に加えて、前記第１の電機子コイル（Ａ）と関連付けられ、かつ前記固定子に機械的に接続されている、少なくとも１つの永久磁石（Ｂ’）を備え、前記第１の電機子コイル（Ａ）および前記少なくとも１つの永久磁石（Ｂ’）は、前記電機子コイルが電流を有するときに、反対方向の磁場を生成することができ、前記磁場は、前記開放位置で重畳され、前記縦軸に対して横方向に配向される場成分を伴う励起磁場を形成し、前記開放位置で、前記第１の電機子コイル（Ａ）および前記第１の電機子コイル（Ａ）と関連付けられた前記永久磁石（Ｂ’）は、前記第１の電機子コイルが電流を有するときに、前記間隙（L_A）を閉鎖する力が前記縦方向へ前記第１の電機子コイル（Ａ）に作用するように、前記励起磁場の前記場成分が、前記第１の電機子コイル（Ａ）と相互作用するように、配列されており、前記場成分は、前記縦軸に対して横方向に配向される、請求項１に記載の線形アクチュエータ。

【請求項１６】

前記固定子（１０）に永久的に接続されている永久磁石（Ｃ’）を備え、前記磁石は、前記間隙が閉鎖されたときに、磁気保持力が前記電機子（２０）と前記固定子（１０）との間で作用するように方向付けられる、励起磁場を生成する、請求項１５に記載の線形アクチュエータ。

【請求項１７】

前記永久磁石は、前記固定子（１０）の構成要素である、請求項１５または１６に記載の線形アクチュエータ。

【請求項１８】

前記電機子コイル（Ａ）および励起コイル（Ｂ）は、前記電機子の縦軸の周囲で円周方向に巻装される、請求項１から１７のうちのいずれか１項に記載の線形アクチュエータ。

【請求項１９】

前記電機子コイルは、前記円周方向に前記電機子（２０）の周囲に及ぶ溝の中に配列されている、および／または前記励起コイルは、前記円周方向に前記固定子（１０）の周囲に及ぶ溝の中に配列されている、請求項１から１８のうちのいずれか１項に記載の線形ア

クチュエータ。
【請求項２０】
少なくとも１つの電機子コイル（Ａ）は、前記少なくとも１つの電機子コイル（Ａ）が配列されている溝を完全には充填せず、前記溝の中の残りの空間は、摩擦軸受材料（３０）で充填され、前記線形アクチュエータの移動の場合に、前記摩擦軸受材料（３０）は、前記固定子（１０）の内面上で摺動する、請求項１９に記載の線形アクチュエータ。
【請求項２１】
前記コイルの巻線は、軟磁性材料の中の溝の中で完全または部分的に収納される、請求項１から２０のうちのいずれか１項に記載の線形アクチュエータ。
【請求項２２】
前記線形アクチュエータは、前記固定子上に締結される少なくとも１つの励起コイルを備え、前記固定子は、いくつかの軟磁性部品から成り、前記いくつかの軟磁性部品のうちの少なくとも１つは、前記電機子が誘導される管として構築され、前記固定子上に締結される前記励起コイルは、管として構築される第１の固定子部品上へ、外側から巻装され、前記管は、前記巻線の領域中に非常に薄い壁を有するため、少なくとも部分的に飽和することなく、前記管が、前記電機子の移動の方向へ、前記電機子自体よりも有意に少ない磁束を誘導することができ、前記管上に巻装される前記励起コイルは、閉鎖した磁気回路が前記管で形成されるように、少なくとも第２の固定子部品で包囲され、少なくとも前記アクチュエータの前記開放位置で、前記第２の固定子部品および前記電機子が、前記電機子コイルおよび前記励起コイルを包囲する閉鎖した磁気回路を形成し、前記磁気回路の磁路が前記巻装された管の最小断面よりも大きい最小断面を有し、前記電流が前記励起コイルおよび前記電機子コイルの中で増大するにつれて、したがって、前記励起コイルで巻装された前記管の一部が、最初に飽和しなければならないことを特徴とする、請求項１から２１のうちのいずれか１項に記載の線形アクチュエータ。
【請求項２３】
前記電機子は、前記固定子上に締結される前記励起コイルと関連付けられた電機子コイルで巻装され、最小電機子断面は、前記電機子コイルの前記巻線の領域中にあり、前記励起コイルの外側の前記固定子の最小断面とほぼ等しいか、または前記励起コイルの外側の前記固定子の最小断面よりも小さい、請求項２１に記載の線形アクチュエータ。
【請求項２４】
前記アクチュエータを作動させるために並列または直列に接続されている前記電機子コイル（Ａ、Ａ１）および前記励起コイル（Ｂ、Ｂ１）にわたって放電されるコンデンサを備える、請求項１から２３のいずれか一項に記載の線形アクチュエータ。
【請求項２５】
請求項１から２４のうちの１項による線形アクチュエータが、切替管の真空の中で配列されており、電気接点を開放および／または閉鎖するために使用されることを特徴とする、真空切替管。
【請求項２６】
請求項１から２５のうちの１項による線形アクチュエータが、スイッチのガスチャンバの中で配列されており、電気接点を開放および／または閉鎖するために使用されることを特徴とする、高電圧電源スイッチ。
【請求項２７】
少なくとも１つのバネ荷重駆動部を備え、前記バネ荷重駆動部は、バネと、前記バネに張力を加え、張力を受けた状態で前記バネを担持するための請求項１から２４のうちのいずれか１項に記載の線形アクチュエータとを備える、高電圧電源スイッチ。
【請求項２８】
バネと、前記バネに張力を加え、張力を受けた状態で前記バネを担持するための請求項１から２４のうちのいずれか１項に記載の線形アクチュエータとを備える、バネ荷重駆動部。
【発明の詳細な説明】

【技術分野】
【０００１】
本発明は、バネ動作型アクチュエータの中のバネに張力を加えて担持するための電磁線形アクチュエータの磁場に関する。
【背景技術】
【０００２】
磁場アクチュエータの動作モードは、ローレンツ力および磁気抵抗力（マクスウェルの力とも呼ばれる）の影響に基づく。
【０００３】
リフティングマグネットのように構造化されるアクチュエータは、機械レバー、弁、ゲート弁、スイッチ等の作動に利用することができる。リフティングマグネットは、電機子と、固定子と、１つ／複数のコイルとを備える、電磁石である。それらの構造は、単純かつ頑丈であり、少しの電力消費を伴って多大な保持力を生成することができる。しかしながら、大荷重を持ち上げる時に、重量物の持ち上げと関連付けられる大きい空隙により、それらの電気効率は小さい。最も単純な近似（漂遊磁場なし、飽和なし）では、特定の力を産生するために必要な電力は、空隙の長さに比例し、電力損失は、電流とともに二次的に増加する。実際の比は、さらにあまり有利ではない。高い電力損失により、用途のための電気効率が重要ではない場合に、長いストロークのリフティングマグネットは、通常、（保持力と比較して）わずかな初期力のみ産生し得る。制限は、電流定格によってもたらされる。リフティングマグネットは、例えば、（固定子に対する）電機子の最大持ち上げｈがｈ＝ｓｑｒｔ（Ａ）の規模であり、Ａが電機子の断面積を表す場合に、「長いストローク」であるものとして表される。しかしながら、引用された定義は、指針値であるものとしてのみ理解されなければならない。一般的に言えば、調節距離全体にわたってほぼ一定のアクチュエータ力を実現することは、より小さい距離よりも大きい調節距離について不相応に困難である。高い保持力は、空隙がほぼゼロである場合のみ効果的である。
【０００４】
電機子およびフレームの好適な幾何学的設計によって、電機子に作用する電気抵抗力が経路からほぼ独立するように、リフティングマグネットの経路性能に影響を及ぼすことができる（これは性能曲線影響として表される）。そのような種類のアクチュエータは、「比例磁石」として表される。電機子の磁力がバネの復元力に反して作用する時に、電機子の位置は、好適に構成された場合、電機子の電流にほぼ比例し得る。しかし、比例磁石は、長い持ち上げのために比較的小さい力のみを供給する。また、引き付けられた状態では、比例磁石は、（性能曲線影響がないリフティングマグネットと比較して）比較的小さい保持力のみを産生することができる。
【０００５】
別の種類の電磁線形アクチュエータが、プランジャコイルと同様に構造化され、また、電気力学アクチュエータとしても表される。リフティングマグネットと比較すると、プランジャコイルは、より繊細でより複雑な構造設計である。好適に設計されたプランジャコイルは、ほぼ均一な大きい（ローレンツ）力を産生することが可能であるが、しかしながら、これらは、独立した比較的繊細なコイルから吸収されなければならない。移動することができるようにコイルが吊るされなければならず、高い動力を達成するためにコイルが可能な限り軽くなるべきであるため、プランジャコイルの冷却はまた、技術的に困難となり得る（例を挙げると、電気力学スピーカを考慮されたい）。この理由により、それは頻繁に、（固体）ヒートシンクにしっかりと取り付けることができない。リフティングマグネットに反して、また、プランジャコイルは、低電力のみを使用して（保持）力を生成することが可能ではない。それらは、好ましくは可能な限り低い電力消費を使用して、大きい（保持）力を維持することが必要である用途には、あまり好適ではない。したがって、本発明の目的は、（性能曲線に影響を及ぼすことなく）リフティングマグネットのように同様な力で保持電力を産生することが可能であるが、また、調節距離全体にわたって長い持ち上げとともに保持力の規模で力を産生することも可能である、電気線形駆動部を見出

すことにある。
【発明の概要】
【課題を解決するための手段】
【０００６】
上述の目的は、請求項１に従った電磁線形アクチュエータによって達成される。本発明の異なる例示的実施形態は、従属請求項の主題である。
【０００７】
以下は、電磁線形アクチュエータを説明する。本発明の一実施例によれば、線形アクチュエータは、少なくとも部分的に軟磁性材料でできている、フレーム（固定子）と、少なくとも部分的に軟磁性材料でできており、縦軸に沿ってフレームに対して電機子を移動させることができるような方法でフレーム上に支持される電機子とを備える。電機子およびフレームは、開放位置で縦軸に沿って電機子とフレームとの間に間隙があり、間隙が閉鎖されるように、電機子およびフレームが閉鎖位置で相互にもたれて位置するような方法で設計される。第１の電機子コイルは、第１の電機子コイルに作用する力を電機子に伝達することができるような方法で、電機子に接続される。線形アクチュエータはさらに、少なくとも部分的にフレームおよび電機子によって誘導され、電流が第１の電機子コイルを通って流れる時に、力が第１の電機子コイルに作用するような方法で整合させられる、励起磁場を生成するための手段を備え、該力は、間隙を閉鎖するために電機子に伝達される。フレーム、電機子、および励起磁場は、フレームと電機子との間の間隙が閉鎖された時に、保持力が及ぼすような方法で設計される。通常の電磁石（性能曲線に影響を及ぼさないリフティングマグネット）と比較すると、本発明に従った線形アクチュエータは、長い持ち上げさえも伴う調節距離全体にわたって、保持力の規模で力を産生することが可能であるという利点を提供する。上述の実施例に従って、電機子に作用する電気抵抗力に加えて、電機子上に巻装された１つまたは複数のコイルが電機子に力を伝達し、それらはまた、広い開放空隙により、電機子の電気抵抗力が依然として低い時に、「言わば」電機子を押すという点で、これを達成することができる。
【０００８】
本発明の実施例に従って、電機子およびフレームは、間隙（いわゆる空隙）とともに、励起磁場が運搬される磁気回路を形成する。この目的で、第１の電機子コイルは、それ自体が、励起磁場を産生するための手段としての機能を果たすことができ、電機子コイルは、少なくとも部分的に空隙の隣に位置するように、電機子上に配列される。この状況において、電機子コイルは、電機子上に配列することができ、フレームおよび電機子は、電機子の開放位置において、励起磁場が半径方向に（縦軸に対して直角に）自ら集中し、電機子コイルに半径方向に浸透するように、設計することができる。
【０００９】
本発明のさらなる実施例に従って、第１の電機子コイルの隣に励起磁場を生成するための手段は、該第１の電機子コイルに割り当てられ、フレームに機械的に接続される励起コイルを備え、第１の電機子コイルおよび関連励起コイルは、電流がそれらを通って流れる時に、相互に反対である磁場を生成する。少なくとも開放位置で、これらの磁場の重畳は、第１の電機子コイルと相互作用することができる、半径方向（縦方向に対して直角）磁束（励起磁場）をもたらす。開放位置で、第１の電機子コイルおよび励起コイルは、電流がコイルを通って流れる時に、励起磁場が第１の電機子コイルと相互作用し、よって、間隙を閉鎖する力が、縦方向へ第１の電機子コイルに作用するように、隣接して配列されるように設計される。
【００１０】
フレーム上に配列される１つ／複数の励起コイルはまた、永久磁石に置換することもできる。さらに、複数ペア（電機子コイルおよび関連励起コイル）を、例えば、機械的直列接続と同様に、１つのアクチュエータ内に収容することができる。加えて、または代替として、上述のように、その励起磁場を自ら生成する、電機子コイルを提供することができる。最後に、間隙が閉鎖された時に保持力を生成する、保持コイルをフレーム上に配列す

ることができる。この保持コイルはまた、永久磁石に置換することもできる。以下では、時には同意語として、「担持」および「引き込み」コイルが記述される。これは常に、駆動部の軟磁性可動構成要素（通常は電機子）に電気抵抗力を及ぼす目的で使用される、コイルを指す。「引き込みコイル」という用語は、電気抵抗力が常に、軟磁性構成要素を引き付ける際に作用する限り、これを例証する。保持コイルという用語は、好適な寸法決定により、引き込みコイルが復元力に対してアクチュエータをその位置に保持することができることを強調する。本発明の意義の範囲内で、全ての保持コイルは、引き込みコイルである。

【００１１】

アクチュエータの力が保持力の同じ規模の範囲内にあり得るため、アクチュエータは、特に、バネに張力を加えるために非常に好適である。次いで、１つ／複数のバネは、（永久磁石を使用する時に）ほんのわずかである保持電流を用いて、張力を受けた状態で担持する、または通電されていない時でさえも張力を受けて保持することができる。

本明細書は、例えば、以下を提供する。

（項目１）

少なくとも部分的に軟磁性材料でできている固定子（１０）と、

少なくとも部分的に軟磁性材料でできている電機子（２０）であって、上記電機子（２０）を縦軸（１）に沿って上記固定子（１０）に対して移動させることができるような方式で、上記固定子（１０）上で支持される、電機子（２０）であって、上記電機子（２０）および上記固定子（１０）は、開放位置で上記縦軸（１）に沿って上記電機子（２０）と上記固定子（１０）との間に間隙（L_A）があり、上記間隙（L_A）が閉鎖されるように、上記電機子（２０）および上記固定子（１０）が閉鎖位置で相互にもたれて位置するような方式で設計される、電機子（２０）と、

第１の電機子コイル（Ａ）に作用する力を上記電機子（２０）に伝達することができるような方式で、上記電機子（２０）に接続される、第１の電機子コイル（Ａ）と、

少なくとも部分的に上記固定子（１０）および上記電機子（２０）によって誘導され、電流がそれを通って流れる時に、力が上記第１の電機子コイル（Ａ）に作用し、この力が上記間隙（L_A）を閉鎖するために上記電機子（２０）に伝達されるような方式で方向付けられる、励起磁場（Ａ、Ｂ、Ｃ）を生成するための手段であって、固定子、電機子、および励起磁場はさらに、上記固定子（１０）と上記電機子（２０）との間の上記間隙（L_A）が閉鎖された時に、保持力を及ぼすことができるような方式で設計される、手段と

を備える、電磁線形アクチュエータ。

（項目２）

上記電機子（２０）および上記固定子（１０）は、空隙としての上記間隙（L_A）とともに、上記励起磁場が誘導される磁気回路を形成し、

上記第１の電機子間隙（Ａ）は、それ自体が励起磁場を生成するための手段としての機能を果たし、上記電機子間隙（Ａ）は、上記（作業）空隙（L_A）に隣接して部分的に縦方向で上記開放位置に位置する、すなわち、上記固定子（１０）に向かって下がるような方式で、上記電機子（２０）上に配列される、

項目１に記載の線形アクチュエータ。

（項目３）

上記電機子（２０）および上記固定子（１０）は、軸方向（作業）空隙としての上記間隙（L_A）とともに、上記励起磁場が誘導される磁気回路を形成し、上記第１の電機子コイル（Ａ）は、それ自体が励起磁場を生成するための手段としての機能を果たし、上記電機子コイル（Ａ）は、上記電機子（２０）の上記開放位置で、上記励起磁場が上記縦軸に対して横方向に半径方向へ集中し、上記電機子コイルを通って半径方向に延在するような方式で、上記フレームおよび上記電機子が設計されるような方式で、上記電機子（２０）上に配列される、項目１に記載の線形アクチュエータ。

（項目４）

上記電機子（２０）は、上記固定子（１０）の中で摺動して、上記縦軸に沿って誘導さ

れ、上記励起磁場を誘導する、ほぼ閉鎖した磁気回路が形成されるように、上記電機子（２０）は、上記空隙（L_A）が閉鎖された時に、その上で上記固定子（１０）の前面が静置する、停止部を有する、項目２または３に記載の線形アクチュエータ。

（項目５）

上記電機子コイル（Ａ）は、上記電機子（２０）の上記縦軸の周囲で誘導される、項目２から４のうちのいずれか１項に記載の線形アクチュエータ。

（項目６）

第２の電機子コイル（Ａ１）に作用する力を上記電機子（２０）上に伝達することができるような方式で、上記電機子（２０）に接続される、第２の電機子コイル（Ａ１）をさらに備え、上記励起磁場を生成するための上記手段は、上記第２の電機子コイル（Ａ１）に隣接して、後者と関連付けられ、上記固定子（１０）に機械的に接続された、励起コイル（Ｂ１）を備え、

上記第２の電機子コイル（Ａ１）およびそれと関連付けられる上記励起コイル（Ｂ１）は、電流を有する時に、少なくとも上記開放位置で重畳される反対磁場を生成し、したがって、上記縦軸に対して横方向に配向される磁場成分を伴う励起磁場を形成し、

開放位置で、上記第２の電機子コイル（Ａ１）およびそれと関連付けられる上記励起コイル（Ｂ１）は、上記コイルが電流を有する時に、上記間隙（L_A）を閉鎖する力が上記第２の電機子コイル（Ａ１）に作用するような方式で、上記縦軸に対して横方向に配向される上記磁場成分が上記第２の電機子コイル（Ａ１）と相互作用するような方式で、隣接して配列される、

項目２から５のうちのいずれか１項に記載の線形アクチュエータ。

（項目７）

第３の電機子コイル（Ａ３）に作用する力を上記電機子（２０）に伝達することができるような方式で、上記電機子（２０）に接続される第３の電機子コイル（Ａ３）をさらに備え、

上記励起磁場を生成するための上記手段は、上記第３の電機子コイル（Ａ３）に加えて、後者と関連付けられ、上記固定子（１０）に機械的に接続された励起コイル（Ｂ３）を備え、

上記第３の電機子コイル（Ａ３）およびそれと関連付けられる上記励起コイル（Ｂ３）は、電流を有する時に、少なくとも上記開放位置で重畳される反対磁場を生成し、したがって、上記縦軸に対して横方向に配向される磁場成分を伴う励起磁場を形成し、

開放位置で、上記第３の電機子コイル（Ａ３）およびそれと関連付けられる上記励起コイル（Ｂ３）は、上記コイルが電流を有する時に、上記間隙（L_A）を閉鎖する力が上記縦方向でそれらに作用するような方式で、上記第３の電機子コイル（Ａ３）およびそれと関連付けられる上記励起コイル（Ｂ３）の上記励起磁場の上記縦軸に対して横方向に配向される上記磁場成分が、上記第３の電機子コイル（Ａ３）と相互作用することができるような方式で、隣接して配列される、

項目６に記載の線形アクチュエータ。

（項目８）

上記閉鎖位置で、上記第３の電機子コイル（Ａ３）は、上記第２の電機子コイル（Ａ１）と関連付けられる上記励起コイル（Ｂ１）に直接隣接して、またはその中に位置する、項目７に記載の線形アクチュエータ。

（項目９）

上記第２の電機子コイル（Ａ１）および上記第３の電機子コイル（Ａ３）は、電流を有する時に、それら自体のために反対磁場を生成する、項目７または８に記載の線形アクチュエータ。

（項目１０）

第２の電機子コイル（Ａ）に作用する力を上記電機子に伝達することができるような方式で、上記電機子（２０）に接続される、第２の電機子コイル（Ａ）をさらに備え、上記励起磁場を生成するための上記手段は、上記第２の電機子コイル（Ａ）に加えて、後者と

関連付けられ、上記固定子に機械的に接続された、少なくとも１つの永久磁石（Ｂ’）を備え、
開放位置で、上記第２の電機子コイル（Ａ）およびそれと関連付けられる上記永久磁石（Ｂ’）は、上記第２の電機子コイル（Ａ）が電流を有する時に、上記永久磁石（Ｂ’）の磁場および上記第２の電機子コイル（Ａ）の磁場が、少なくとも上記開放位置で重畳され、したがって、上記縦軸に対して横方向に配向される上記磁場成分への励起磁場を形成するような方式で配列され、その磁場成分は、上記間隙（L_A）を閉鎖する力が、縦方向へ上記第２の電機子コイル（Ａ）に作用するような方式で、上記第２の電機子コイル（Ａ）と相互作用する、
項目２から５のうちのいずれか１項に記載の線形アクチュエータ。
（項目１１）
上記電機子（２０）および上記固定子（１０）は、上記閉鎖位置で、上記１つ／複数の励起磁場が上記縦軸に対して横方向に及び、磁気的に少なくともほぼ短絡させられる（したがって、上記半径方向空隙L_Bが閉鎖される）ような方式で設計される、項目２から１０のうちのいずれか１項に記載の線形アクチュエータ。
（項目１２）
上記励起磁場を生成するための上記手段は、上記固定子（１０）に機械的に接続され、上記電機子が、上記開放位置で、他方の励起コイル（Ｃ）に向かって下がらない、または部分的にだけ下がるような方式で、上記縦方向に配列される、別の励起コイル（Ｃ）（「保持コイル」）を有し、上記閉鎖位置で、
上記電機子（２０）は、上記他方の励起コイル（Ｃ）の鉄心としての機能を果たし、または
上記電機子（２０）は、上記他方の励起コイル（Ｃ）が電流を有する時に、保持力が上記電機子（２０）と上記固定子（１０）との間で作用するような方式で、上記他方の励起コイル（Ｃ）に連結され、または
上記電機子は、上記固定子とともに、上記他方の励起コイル（Ｃ）を磁気的に短絡させる、
項目１から１１のうちのいずれか１項に記載の線形アクチュエータ。
（項目１３）
上記励起磁場を生成するための上記手段は、上記固定子（１０）に機械的に接続され、他方の永久磁石（Ｃ’）が、上記閉鎖位置で電機子（２０）と固定子（１０）との間に保持力を引き起こすような方式で配列される、少なくとも１つの他方の永久磁石（Ｃ’）を有し、上記閉鎖位置で、少なくとも１つの電機子コイル（Ａ）は、上記電機子コイル（Ａ）または上記フレーム上に配列された別のコイルに電流を適切に供給することによって、上記永久磁石（Ｃ’）の磁場を完全または部分的に補償することができるような方式で、静置し、かつ上記永久磁石（Ｃ’）に磁気的に連結され、よって、上記保持力は、低減され、または完全に消滅し、および／または上記軸方向（作業）間隙（空隙）（L_A）を開放する斥力を、上記電機子コイル（Ａ）と上記永久磁石（Ｃ’）との間で生成することができる、項目１から１１のうちのいずれか１項に記載の線形アクチュエータ。
（項目１４）
上記励起磁場を生成するための上記手段は、上記第１の電機子コイル（Ａ）に加えて、後者と関連付けられ、上記固定子に機械的に接続される励起コイル（Ｂ）を備え、上記第１の電機子コイル（Ａ）および上記励起コイル（Ｂ）は、電流を有する時に、重畳される、それら自体のための反対磁場を生成し、したがって、上記縦軸に対して横方向に配向される磁場成分を伴う励起磁場を形成し、開放位置では、上記第１の電機子コイル（Ａ）およびそれと関連付けられる上記励起コイル（Ｂ）は、上記コイルが電流を有する時に、上記軸方向間隙（L_A）を閉鎖する力が上記縦方向へ上記第１の電機子コイル（Ａ）に作用するような方式で、上記励起磁場の上記磁場成分が、上記第１の電機子コイル（Ａ）と相互作用するような方式で、隣接して配列され、その成分は、上記縦軸に対して横方向に配向される、項目１に記載の線形アクチュエータ。

（項目１５）
上記固定子（１０）は、その上で上記電機子（２０）が上記閉鎖位置に静置する、停止部を有する、項目１４に記載の線形アクチュエータ。
（項目１６）
上記励起磁場を生成するための上記手段は、上記固定子（１０）に機械的に接続され、上記電機子が、上記開放位置で、他方の励起コイル（Ｃ）に向かって下がらない、または部分的にだけ下がるような方式で、上記縦方向に配列される、別の励起コイル（Ｃ）を有し、上記閉鎖位置で、
上記電機子（２０）は、上記他方の励起コイル（Ｃ）の鉄心としての機能を果たし、または
上記電機子（２０）は、上記他方の励起コイル（Ｃ）が電流を有する時に、保持力が上記電機子（２０）と上記固定子（１０）との間で作用するような方式で、上記他方の励起コイル（Ｃ）に連結され、または
上記電機子は、上記固定子とともに、上記他方の励起コイル（Ｃ）を磁気的に短絡させる、
項目１４および１５のうちのいずれか１項に記載の線形アクチュエータ。
（項目１７）
上記第１の電機子コイル（Ａ）は、上記閉鎖位置で、上記他方の励起コイル（Ｃ）に直接隣接して位置する、項目１６に記載の線形アクチュエータ。
（項目１８）
半径方向空隙（L_B）が、上記電機子（２０）と上記固定子（１０）との間に存在し、その空隙は、上記電機子コイル（Ａ）および上記関連励起コイル（Ｂ）の位置によって上記軸方向に制限される、項目１４から１７のうちのいずれか１項に記載の線形アクチュエータ。
（項目１９）
上記電機子（２０）と上記固定子（１０）との間に半径方向空隙（L_B）があり、その間隙は、上記電機子コイル（Ａ）および上記関連励起コイル（Ｂ）の位置によって上記軸方向に制限され、上記電機子および上記固定子は、上記半径方向空隙が上記閉鎖位置で磁気的に短絡させられるような方式で構築される、項目１４から１６のうちのいずれか１項に記載の線形アクチュエータ。
（項目２０）
上記励起磁場を生成するための上記手段は、上記第１の電機子コイル（Ａ）に加えて、後者と関連付けられ、上記固定子に機械的に接続された、少なくとも１つの永久磁石（Ｂ’）を備え、上記第１の電機子コイル（Ａ）および上記少なくとも１つの永久磁石（Ｂ’）は、上記電機子コイルが電流を有する時に、反対磁場を生成することができ、その磁場は、上記開放位置で重畳され、上記縦軸に対して横方向に配向される磁場成分を伴う励起磁場を形成し、上記開放位置で、上記第１の電機子コイル（Ａ）およびそれと関連付けられる上記永久磁石（Ｂ’）は、上記第１の電機子コイルが電流を有する時に、上記軸方向間隙（L_A）を閉鎖する力が上記縦方向へ上記第１の電機子コイル（Ａ）に作用するような方式で、上記励起磁場の上記磁場成分が、上記第１の電機子コイル（Ａ）と相互作用するような方式で、配列され、その成分は、上記縦軸に対して横方向に配向される、項目１に記載の線形アクチュエータ。
（項目２１）
上記固定子（１０）に永久的に接続された別の永久磁石（Ｃ’）を備え、その磁石は、上記軸方向間隙が閉鎖された時に、磁気保持力が上記電機子（２０）と上記固定子（１０）との間で作用するような方式で方向付けられる、励起磁場を生成する、項目２０に記載の線形アクチュエータ。
（項目２２）
上記永久磁石は、上記固定子（１０）の構成要素である、項目２０または２１に記載の線形アクチュエータ。

（項目２３）
上記電機子および励起コイル（Ａ、Ｂ）は、上記線形電機子の縦軸の周囲で円周方向に巻装される、項目１から２２のうちのいずれか１項に記載の線形アクチュエータ。
（項目２４）
上記電機子コイルは、上記円周方向に上記電機子（２０）の周囲に及ぶ溝の中に配列され、および／または上記励起コイルは、上記円周方向に上記固定子（１０）の周囲に及ぶ溝の中に配列される、項目１から２３のうちのいずれか１項に記載の線形アクチュエータ。
（項目２５）
少なくとも１つの電機子コイル（Ａ）は、上記関連溝を完全には充填せず、上記溝の中の残りの空間は、摩擦軸受材料（３０）で充填され、上記線形電機子の移動の場合に、上記摩擦軸受材料（３０）は、上記固定子（１０）の内面上で摺動する、項目２４に記載の線形アクチュエータ。
（項目２６）
上記コイルの巻線は、（（回転）同期モータで概して慣例であるように）軟磁性材料の中の溝の中で完全または部分的に収納され、この場合、（平坦）ネジ山のウォームまたは複数の断続リブ、例えば、平行リブが、「溝」としての機能を果たすことができる、項目１から２５のうちのいずれか１項に記載の線形アクチュエータ。
（項目２７）
上記固定子上に締結される、少なくとも１つの励起コイルを備え、上記固定子は、いくつかの軟磁性部品から成り、そのうちの少なくとも１つは、上記電機子が誘導される管として構築され、上記固定子上に締結される上記励起コイルは、例えば、管として構築される固定子部品上へ、外側から溝の中へ巻装され、その管は、上記巻線の領域中に非常に薄い壁を有するため、少なくとも部分的に飽和することなく、上記電機子の移動の方向へ、上記電機子自体よりも有意に少ない磁束を誘導することができ、上記管上に巻装される上記励起コイルは、その磁路が上記巻装管の最小断面よりも大きい全体的断面を有する上記管を伴って、閉鎖磁気回路が形成されるような方式で、１つ以上の他の固定子部品で包囲され、上記電流が上記励起コイルの中で増大するにつれて、最初に上記電機子がない場合、したがって、上記励起コイルで巻装された上記管の一部が、飽和しなければならないことを特徴とする、項目１から２６のうちのいずれか１項に記載の線形アクチュエータ。
（項目２８）
上記電機子は、上記固定子上に締結される上記励起コイルと関連付けられる、電機子コイルで巻装され、最小電機子断面は、上記電機子コイルの上記巻線の領域中にあり、上記励起コイルの外側の上記固定子の最小断面とほぼ等しい、またはそれよりも小さい、項目２６に記載の線形アクチュエータ。
（項目２９）
項目１から２８のうちの１項による駆動部が、切替管の真空の中で配列され、電気接点を開放および／または閉鎖するために使用されることを特徴とする、真空切替管。
（項目３０）
項目１から２９のうちの１項による駆動部が、スイッチのガスチャンバの中で配列され、電気接点を開放および／または閉鎖するために使用されることを特徴とする、高電圧電源スイッチ。
（項目３１）
バネを伴う少なくとも１つのバネ荷重駆動部と、上記バネに張力を加え、張力を受けた状態で上記バネを担持するための項目１から２８のうちのいずれか１項に記載の線形電機子とを備える、高電圧電源スイッチ。
（項目３２）
バネと、上記バネに張力を加え、張力を受けた状態で上記バネを担持するための項目１から２８のうちのいずれか１項に記載の線形電機子とを備える、バネ荷重駆動部。
【図面の簡単な説明】

【００１２】
さらなる説明における以下の図は、本発明をよりよく理解するのに役立つことを目的としている。本発明の着想のさらなる詳細、変形例、およびさらなる発展は、特殊な選択された実施例に関係する、図を参照して論議される。図中の要素は、必ずしも制限的であるものとして理解されるわけではなく、むしろ本発明の原則を例証することを目的としている。
【図１】図１は、開放端位置（ａ）および閉鎖端位置（ｂ）にある、本発明の実施例に従った電磁線形アクチュエータを示す。持ち上げの開始時にある、開放端位置（ａ）では、磁気回路が、半径方向空隙L_B（分路）より上側で主に閉鎖され、その結果として、空隙L_Bの中に収納される通電したコイルは、それが電機子に伝達する力を感知する。コイルは、閉鎖端位置（ｂ）の方向に電機子を押す。電機子の移動の結果として、軸方向空隙L_Aが低減し、その結果として、その電気抵抗が減少し、L_Aを通る磁気流量が増加する。消滅する軸方向空隙$L_A << L_B$中にある、閉鎖端位置（ｂ）では、配設は、最終的に従来のリフティングマグネットのように稼働する。当然ながら、「固定子」の代わりに「電機子」を定位置で担持できる可能性もあり、この場合、固定子および電機子は、それらの役割を交換し、巻装電機子の代わりに、「鉄のみ」が移動させられ、これは多くの場合においてより容易である。駆動部の効率にとって決定的なことは、空隙L_Bが十分小さいことであり、それは、完全開放空隙L_Aと関連して特に小さくなければならない。
【図２】図２は、開放端位置（ａ）および作動手順中の位置（ｂ）にある、本発明のさらなる実施形態に従った電磁線形アクチュエータを示す。
【図３】図３は、図２からの実施例と同様に配列される、電磁線形アクチュエータを示し、アクチュエータは、閉鎖端位置（ｂ）で担持することができる。
【図４】図４は、開放端位置（ａ）および閉鎖端位置（ｂ）にある、本発明のさらなる実施例に従った電磁線形アクチュエータを示し、配設は、図３からのアクチュエータに似ている。
【図５】図５は、開放端位置（ａ）および閉鎖端位置（ｂ）にある、本発明のさらなる実施例に従ったバネアクチュエータに張力を加えるための電磁線形アクチュエータを示し、配設は、図４からのアクチュエータに似ているが、励起磁場は、永久磁石によって生成される。
【図６】図６は、本発明のさらなる実施例に従った電磁線形アクチュエータを示し、アクチュエータは、図１および２からの実施例の組み合わせであるものとして見なすことができる。
【図７】図７は、本発明のさらなる実施例に従った電磁線形アクチュエータを示す。アクチュエータは、図１および３からの実施例の組み合わせであるものとして見なすことができる。
【図８】図８は、特に頑丈であり、特に製造しやすい、線形アクチュエータを示す。コイルの巻線は、少なくとも部分的に平坦ネジ山に巻装される。（平坦ネジ山はまた、他の種類のネジ山に、または断続的なリブによって形成された複数の溝である、断続的な「フィン」に置換することもできる。決定的なことは、巻線が電機子（材料）の中の陥凹の中で少なくとも部分的に巻装されることである。）駆動部は、図６で図示されるものに匹敵するように動作するが、相互に反発する能力を有する、励起コイルおよび割り当てられた電機子コイルは、（図４にも従うような）異なる直径を有する。以前に図示した駆動部に反して、これらの電機子の間では半径方向に、駆動部がより大きい力を出力することができる前に最初に飽和しなければならない、軟磁性材料がある（フレーム（１）からの「平坦ネジ山」を参照）。
【発明を実施するための形態】
【００１３】
図１は、本発明による、線形アクチュエータの単純な実施例を表す（図１ａ：開放位置、図１ｂ：閉鎖位置）。図１に図示される配設は、軸対称である（対称の軸としての縦軸１）。しかしながら、アクチュエータが軸対称に設計されることは強制的ではない。

【００１４】
図１からの実施例に従って、線形アクチュエータは、フレーム１０（以降では「固定子」とも称される）、ならびに電機子２０を備える。電機子２０ならびに固定子１０の両方は、磁束を伝導することができるために、少なくとも部分的に軟磁性材料から成る。電機子２０は、固定子１０に対して縦軸１に沿って電機子２０を移動させることができるように、固定子１０上で支持される。また、電機子２０と固定子１０との間の縦軸１に沿って、間隙L_Aが開放位置で電機子２０と固定子１０との間に位置し、電機子２０および固定子１０が閉鎖位置で相互の隣に位置しており、よって、間隙L_Aが閉鎖されるように、電機子２０および固定子１０が形成される。第１の電機子コイルＡは、電機子２０と接続される。電機子コイルＡと電機子２０との間の接続は、第１の電機子コイルＡに作用する力を電機子２０に伝達することができるようなものである。相互作用により電機子コイルＡに作用する、磁場とコイル電流との間で作用する力は、結果として、電機子２０自体にも作用する。図１からの実施例による線形アクチュエータは、最終的に、少なくとも部分的にフレームおよび電機子を通して誘導され、電流がそれを通って流れる時に、力F_Mが第１の電機子コイル２０に作用し、間隙L_Aを閉鎖するために電機子２０に伝達されるような方法で方向付けられる、励起磁場を生成するための手段を備える（図１ｂ参照）。固定子１０、電機子２０、および励起磁場は、この状況において、固定子２０と電機子１０との間の間隙L_Aが閉鎖された時に保持力F_Hを及ぼすように設計される。

【００１５】
図１に示される自励変形例では、電機子コイルＡ自体が、励起磁場を生成するための手段としての機能を果たす。電機子２０および固定子１０は、（（作業）空隙としての）間隙L_Aとともに、励起磁場が誘導される磁気回路を形成する。この状況において、電機子コイルＡは、少なくとも部分的に間隙L_Aの隣に配列され、したがって、部分的にフレーム１０に「浸漬された」開放位置（ａ）にある。電機子コイルＡは、具体的には、電機子の周辺溝の中に配列することができる。この場合、電機子コイルＡは、縦軸１の周囲でほぼ対称に延在する。本実施例では、間隙L_Aの長さd_2は、電機子２０の段部２１と段部の反対側の固定子１０の正面との間の距離によって決定される。ここで説明される本発明の実施形態によれば、電磁線形アクチュエータは、軸方向（縦方向１）に移動させることができる、フレーム上で支持された細長い電機子、ならびに、電機子およびフレームがリフティングマグネットのように相互を引き付けるように、磁束（励起磁場を生成するための少なくとも１つのコイルを備える。この引力は、「通常の」リフティングマグネットのように、いわゆる電気抵抗力であり、その軸方向成分は、リフティングマグネットの中の一定のコイル電流を伴って、性能曲線に影響を及ぼすことなく、少なくとも二次的に空隙の長さとともに減少する（漂遊磁場が考慮された場合、減少はさらに強い）。より大きい作業空隙があると、実践では、この理由により、従来の電磁石を用いて大きな力を生成することができないが、しかしながら、閉鎖された作業空隙があると、より大きい保持力が可動部品とフレームとの間で有効となり得る。可動電機子の調節距離全体にわたって電磁石の保持力の規模で力を達成することができるために、電機子コイルは、少なくとも開放（軸方向）空隙L_Aがあると、付加的な力（とりわけローレンス力）が電機子コイルに作用し、（電機子上の）電気抵抗力と同じ方向に作用するように、励起磁場によって浸透される、および／またはこれと相互作用する、可動電機子と接続される。言い換えれば、開放（軸方向）空隙L_Aがあると、電機子コイルＡの励起磁場は、少なくとも部分的に半径方向空隙L_Bにわたって閉鎖し、付加的な力がこれに作用するように、電機子コイルＡを励起磁場で浸透させる。フレーム、電機子、および電機子コイルが好適に設計されている場合、電機子コイルは、リフティングマグネットのような電気抵抗力を生成するため（すなわち、間隙が閉鎖された時に電機子を保持するため）、ならびに開放空隙を伴う前述の付加的な力の効果に基づいて電機子を加速するための両方に好適である、励起磁場を自ら生成する。これの実施例は、すでに以前に説明されている、図１に従った線形アクチュエータである。

【００１６】

簡単に言うと、本発明の実施例による線形アクチュエータは、（電気）リフティングマグネットを備え、その電機子は、加えて、電機子コイルに作用する力によって駆動（移行）される。これは、単純に、調節距離の初めにすでにある、大きい力を提供することを可能にする。リフティングマグネットと比較して、適切なサイズ決定および電流供給により、高い電気効率および非常に短い作動時間を実現することができる。

【００１７】

図２は、電機子コイルＡ、したがって電機子２０を加速するための励起磁場が、（図１からの実施例のように）１つの電機子コイルＡのみからは生成されないが、加えて、フレームと機械的に接続された励起コイルＢの助けを借りて生成することができる、本発明のさらなる実施例に関する。図２に図示される実施例に従った線形アクチュエータはまた、励起コイルＢおよび電機子コイルＡから成るペアも備える。図２に図示されるアクチュエータは、図１からのアクチュエータと組み合わせることができ（図５参照）、または単独で使用することができる。

【００１８】

図２からの実施例に従って、線形アクチュエータは、フレーム１０（固定子）と、軸方向に（すなわち、縦軸１に沿って）移動させることができる、フレーム上で支持された電機子２０とを備える。電機子コイルＡは、電機子２０としっかり接続される。この目的で、電機子コイルＡは、可能であれば、電機子２０の縦軸１の周囲で対称に巻装することができる。電機子コイルＡに割り当てられた励起コイルＢは、フレーム１０としっかり接続される。これは、電機子コイルＡに同軸上に巻装することができる。動作中に、電機子コイルＡおよび励起コイルＢは、コイルＡ、Ｂが反対磁場を産生するように、電流を供給される。直列に（または並列にも）電気的に接続されるコイルがあると、コイルの磁場の軸方向（すなわち、移動の方向への）成分が、ほとんど破壊的に重畳するため、総インダクタンスが比較的低くなり得るように、コイルＡ、Ｂは、（可能な限り小さい相互への軸方向距離を伴って）アクチュエータの開放（端）位置で相互の隣に配列される（図２ａ参照）。コイルＡ、Ｂはまた、相互に部分的に統合されて配列することもできる（例えば、図４参照）。磁場の半径方向成分は、重畳して、電機子コイルＡの中で力効果を生じる、半径方向磁束を引き起こす。可能な限り最適に磁場の重複を得るために、２つのコイルＡ、Ｂは、同じ磁性起磁力を産生しなければならず、これは、同じ数の巻線を伴う２つのコイルが直列で電気的に接続されるという点で、最も容易に得ることができる。「半径方向」によって、概して、アクチュエータが軸対称に設計されているか否かにかかわらず、アクチュエータの縦軸に対する直角を備える（すなわち、移動方向に対して直角に位置する）方向が理解される。したがって、半径方向にとは、アクチュエータの断面形態にかかわらず、「運動軸に対して直角」を意味する。

【００１９】

図２の本実施例では、軸方向「間隙」L_Aは、電機子２０の正面とフレーム１０の対応する正面との間の空隙として理解されるものであり、この場合は、磁気回路の空隙を表さない。アクチュエータの本構造設計では、電機子２０は、間隙が閉鎖された（$L_A=0$）場合にフレーム１０に接触して位置せず、その結果として、閉鎖（端）位置では、いずれの保持力F_Hも電機子２０とフレーム１０との間で有効ではない。厳密に言えば、フレームが面側で開いているため、「間隙」L_Aは、磁気回路の空隙を伴わない。フレームが面側で閉鎖されている、フレームがあると、間隙L_Aは、磁気回路の空隙でもあり、閉鎖端位置で電機子を保持するように、それぞれの保持力を生成することができる。この種類の実施例は、例えば、図３および４で示されている。図２ｂは、図２ａと同じアクチュエータを図示するが、図２ａよりも小さい軸方向「間隙」L_A、およびコイルＡ、Ｂの間のより大きい断面を伴う半径方向空隙L_Bがある。図２からの実施例では、コイルＡ、Ｂの間の縦軸１に沿って半径方向空隙L_Bがある（すなわち、縦軸１に対して直角）。電流がコイルＡ、Ｂを通って流れる場合、コイルＡ、Ｂの軸方向距離が増加する時に、半径方向空隙L_Bの有効断面もより大きくなり、その結果として、アクチュエータ配設の総インダクタンスが増加するため、反発電気抵抗力が励起コイルＢと電機子コイルＡとの間で作用す

る。距離が増大すると、両方のコイルのインダクタンスの相互補償が徐々に消える。加えて、電機子コイルＡは、上述の電気抵抗力と同じ方向に作用する、（電機子コイルＡから生成される磁場との相互作用で）励起コイルＢによって産生される、生成した半径方向磁場成分に基づくローレンツ力を知覚する。上記でさらに記述されているように、半径方向磁場成分は、励起および電機子コイルＡ、Ｂからの磁場の重畳によって生成される。

【００２０】

より直観的な観察が、磁気圧力に由来し、それを用いて、大まかに熱機関に類似したものを産生することができる。ピストンとしての電機子コイルＡと、プロセスにおいて減圧され、作業を遂行する、（磁気）圧力$B^2/(2\mu_0)$を伴う作業ガスとして、半径方向空隙L_Bの中でコイルＡ、Ｂの間に位置する磁場Ｂとを考慮されたい。単純近似では、電流が高すぎない場合、以下が適用可能である。電機子コイルＡおよび励起コイルＢを通る一定のコイル電流があると、電機子コイルＡを変位させることによって、空隙の有効半径方向断面を倍にすることにより、半径方向空隙の中の磁束密度を半分にさせる。しかしながら、コイルの間の磁場を変位させた後に、その元の磁場エネルギーのちょうど半分以上（体積の２倍、エネルギー密度の４分の１）のみを含有するように、磁場のエネルギー密度は、B^2と比例する。エネルギー差は、作業として遂行することができる。この図式から、駆動が効率的になるために、より高い圧縮を用いると、熱機関もより効率的となるため、調節距離の初めにおける励起コイルと電機子コイルＢ、Ａとの間の距離が可能な限り小さくならなければならないことが、即時に明確となる。

【００２１】

調節距離の終わりに達した時に、例えば、コンデンサ、または全てのいくつかの付加的なコイル、具体的には引き込みコイルのうちの１つを直接帯電させるために、既知の電気回路に従って、依然として残っている磁場エネルギーを使用することができる（熱機関として全体を見なした時に、そのような回路は、ターボチャージャによって残留エネルギーを利用することと同様である）。

【００２２】

形態（Ｂ・Ｖ）B/μ_0を有し、寸法Nm^{-3}を有する、磁気圧力勾配（「磁気張力」）を見ると、上記で説明される熱機関と類似したものほど表現力に富んでいないが、物理的により正確である。この圧力勾配の結果として、ローレンツ力に加えて、圧力勾配がより小さくなり、磁束線の「直線化」、したがって短縮に対応するように、力がコイルＡ、Ｂの間で作用する。この力によって遂行される作業は、磁場を用いて伝達されるのみである、ローレンツ力に反して、磁場自体に由来する。電磁石における電気抵抗力と対照的に、「磁気張力」は、磁束線と平行に作用しないが、反半径方向に作用する（磁束線の「直線化」）。

【００２３】

図３は、閉鎖軸方向間隙L_A（図３ｂ参照）があると、磁気保持力F_Hの助けを借りて、電機子２０をリフティングマグネットのようにフレーム１０上で保持することができる、図２からの実施例と非常に類似した例示的実施形態を示す。この目的で、フレーム１０は、その正面上に段部を有し、それに対して、間隙L_Aが閉じられた場合に電機子の対応する面がもたれ掛かる。最も単純な場合において（すなわち、性能曲線に影響を及ぼすことなく）、フレーム１０は、その面の片側で閉鎖された中空円筒の形態と、中空円筒の中に嵌合されたフレーム１０の形態としての電機子２０とを有する。しかし、（縦軸１に対して直角な）軸対称断面以外も可能であるが、平坦な正面の代わりに電機子／電機子対応物システムも可能である。

【００２４】

図２からの実施例以外に、電機子コイルＡおよび励起コイルＢは、それぞれの場合において、電機子２０および／またはフレーム１０の表面内に配列される、溝の中で配列される。この場合において、溝は、例えば、縦軸１まで周囲に及ぶ。この目的で、電機子コイルＡが通る溝は、それの隣に、電機子２０とフレーム１０との間の滑動特性を向上させる、摺動軸受材料３０のための空間があるように、電機子コイルＡ自体よりも広くなり得る

。摺動軸受材料３０は、例えば、自己潤滑および電気絶縁プラスチック材料である。電機子２０の中の溝は、代替として、（鋳造化合物を含む）電機子コイルＡで完全に充填することができる。線形アクチュエータの開放端位置（図３ａ）から始まって、電機子２０の中の溝は、電機子のわずかな移行の場合に、図２からの実施例と同様に、半径方向空隙が電機子コイルＡと励起コイルＢとの間に残るように十分広い。この状況において、空隙という用語は、空気が間隙の中に実際に存在することを意味すると理解されてはならず、むしろ重要なことは、空隙の中の材料が軟磁性ではないことである。半径方向空隙L_Bは、持ち上げの終わりに（または直前に）（ちょうど図３ｂの実施例の場合のように）閉鎖することができる。その結果として、これは、（持ち上げの終わりに消滅する）軸方向空隙L_Aのみを残し、それは次いで、（半径方向空隙を閉鎖した後に）（電機子コイルＡおよび保持コイルＣの磁場によって引き起こされる）電気抵抗力の影響により、閉鎖され、閉鎖状態で保たれる。電機子コイルＡおよび保持コイルＣは、この目的で、同等方向の電流が供給される。半径方向空隙L_Bの逐次閉鎖は、コイルＡ、Ｂが反対方向の電流を供給された時に、電気抵抗力を付随的に伴い、そのような力は、電機子コイルＡが収納される、移動方向に見た、溝の左後方側面に印加され、また、L_Aの閉鎖にも貢献する。

【００２５】

調節距離の終わりに電機子２０上への力を増加させるため、および最小電力消費を使用して閉鎖軸方向間隙L_A上で高い保持力F_hを確保するために、付加的な励起コイルＣをフレーム１０の中または上に配列することができる。本実施例では、保持コイルＣは同様に、励起コイルＢのように、フレーム１０の溝の中に配列される。保持コイルＣは、アクチュエータが機能するために強制的ではない。好適なレイアウトを使用して、保持力F_Hを産生するための必要な励起磁場もまた、電機子コイルＡによって産生することができ、この場合、電機子コイルＡが配列される溝と、電機子２０の正面との間のリブは、（対応する図２ａで表される長さｒ／２よりも）明確に短くなる（またはゼロにもなる）べきである。保持力F_Hのために必要な励起磁場はまた、代替として、フレーム１０の中に配列される永久磁石によって生成することもできる（例えば、図５からの例を参照）。単独で見ると、保持コイルＣは、本質的に、従来の電気リフティングマグネットのコイルのように動作する。

【００２６】

図４の実施例は、図３の実施例と本質的に同一に構造化される。本実施例では、電機子コイルＡおよび励起コイルＢは、同軸上にあり、開放（端）位置では、コイルＡ、Ｂが軸方向に部分的に重複するように、少なくとも部分的に相互の中へ配列される。そのような種類の配設は、非常に低い初期インダクタンスを有することができ、コイルＡおよびＢは、直列または並列に接続することができる。この場合、電機子コイルＡはまた、電機子２０の周囲で円周方向に及ぶ溝の中に配列される。しかしながら、図３に従った実施例以外に、電機子コイルは、溝の断面全体にわたって分布し、摺動表面を形成する別個の摺動軸受材料３０（図３参照）が提供されていない。図４ａ（アクチュエータの開放端位置）で見ることができるように、移動中に、励起コイルＢは、励起コイルＢおよび電機子コイルが（軸方向に）重複する限り、半径方向空隙L_Bを「生じる」。電機子２０の変位が増加すると（図４ｂ参照）、電機子コイルＡの溝もさらに移動する。電機子コイルＡおよび励起コイルＢの溝が（軸方向に）もはや重複しなくなるとすぐに、励起コイルＢは、もはや半径方向空隙L_Bを「生じなくなくなり」、励起コイルＢの磁場は、電機子２０およびフレーム１０にわたって短絡させられる（図４ｂ参照）。詳細に調べると、鉄の局所飽和により、この半径方向空隙L_Bの短絡が連続的に起こる。磁気短絡は、電機子の鉄および固定子の鉄が十分に重複する（約ｒ／２）時のみ（ほぼ）完全である。その一方で、電機子コイルＡは、さらなる励起コイルＣ（保持コイル）の勢力範囲に達し、その励起磁場は、電機子コイルＡの磁場と同等方向にあり、電機子２０を電機子の末端位置まで引き上げる（電機子の正面がフレームの内側正面に接触する）。この末端位置で、次いで、電機子２０は、コイルＡおよびＣの磁場（保持力F_H）により保持される。

【００２７】

前述のように、電機子コイルＡおよび励起コイルＢは、（それぞれの磁場の破壊的重畳により）開放開始位置（例えば、図３ａまたは４ａ参照）でのそれらのインダクタンスが広範囲に補償するように、巻装することができ、よって、（コイルＡ、Ｂが並列または直列に接続された）全体的な配列は、非常に低い初期インダクタンスを有し、それには、非常に高い動力（すなわち、短い絶対作動時間）を達成することができるという利点がある。

【００２８】

図５は、図４からの実施例と同様に構造化される、さらなる実施形態を示す。図４に従ったアクチュエータ以外に、励起コイルＢおよび保持コイルＣは、対応する永久磁石Ｂ’および／またはＣ’に置換される。永久磁石Ｂ’、Ｃ’は、図４の実施例で電流が供給される（励起）コイルＢおよび／またはＣと同様の磁場を産生するように、フレーム１０の上または中に配列される。この場合、永久磁石Ｂ'およびＣ'は、フレーム１０の一部として設計される。しかし、永久磁石はまた、円周方向にフレーム１０の内側を包囲する溝の中で、図３からの実施例の場合のように配列することもできる。また、永久磁石はまた、フレームの内側に取り付けることもできる（図２からの励起コイルＢと同じ）。（また、フレームおよび電機子の「役割」を交換すること、電機子上に永久磁石を取り付け、代わりに、フレーム上に以前の電機子コイルを取り付けることも可能である。）表された実施例では、永久磁石Ｂ'、Ｃ'は、中空円筒の形態を有する。しかしながら、永久磁石は、いくつかの個々の磁石から構築することもできる。前述の線形アクチュエータに加えて、本実施例は、バネ５０が線形アクチュエータの移動によって張力を受け、張力を受けた状態で保たれる、変形例を示す。たとえそれが全実施例で示されていなくても、バネに張力を加えるために、示された実施形態のうちのいずれかを使用することができる。さらに、図示したアクチュエータのうちのそれぞれは（必要であれば、軽微な設計の適応を伴って）、張力を受けた状態でバネを保つことができる。これは、図２からの実施例を除いた全ての実施形態で、非常に低い電力消費を伴って、またはいずれの電力も伴わずに（図５参照）可能である。このようにして、非常に単純に構造化された「バネアクチュエータ」を実現することができる。

【００２９】

電流は、（それぞれの場合において磁場が個別に視認される場合）電機子コイルの結果として生じる磁場が永久磁石Ｂ’の励起磁場と反対に整合させられるように、電機子コイルＡに供給される。先行実施例で説明されるように、電機子コイルＡおよび永久磁石Ｂ’の磁場の重畳は、半径方向磁場成分をもたらし、それは、電機子コイルＡおよび永久磁石Ｂ’を離して駆動する力効果を電機子コイルの中でもたらす。その結果として、開放端位置（図５ａ参照）では、（圧縮）バネ５０に張力を加えるため、およびバネ力に反して電機子を閉鎖端位置（図５ｂ参照）に移動させるために、調節距離にわたって十分大きい力が、電機子に作用する電気抵抗力とともに、電機子コイルＡに作用する。閉鎖端位置では、保持磁石Ｃ’の励起磁場により、ならびに電機子コイルＡの磁場により、電機子を閉鎖端位置で保ち、したがって、張力を受けた状態でバネを保つ、保持力F_Hが作用する。好適にサイズ決定された場合、電機子はまた、単純に保持磁石Ｃ’の励起磁場により、通電されていない状態でバネ力に反して担持することができる。電機子コイルＡへの電流供給が逆転された場合（「負の励起」）、保持磁石Ｃ’の磁場は、電機子コイルＡからの磁場によって補償することができ、電機子２０上への保持力F_Hは消滅する（および／またはバネ力よりも小さくなる）。バネ５０は緩むことができ、それにより、アクチュエータは、再び開始位置（図５ａ参照）に移動させられる。加えて、ローレンツ力が電機子コイルＡに作用するが、軸方向空隙の開口部に向かった、バネに張力を加える時とは反対の方向であり、加えて電機子２０を加速する。

【００３０】

図６では、本質的に、図１および２に図示されるアクチュエータの組み合わせとして見なすことができる、線形アクチュエータが、さらなる実施例として図示されている。図６からのアクチュエータは、その結果として、２つの電機子コイルＡ１およびＡ２と、１つ

の励起コイルＢ１とを有し、コイルＡ１およびＢ１のペアは、図２の実施例からの電機子コイルＡおよび／または励起コイルＢ、ならびに図１の実施例からの電機子コイルＡの（自励）電機子コイルＡ２のペアに対応する。末端位置が閉鎖された場合、保持力F_Hが、図１からの実施例と同様に、電機子２０とフレーム１０との間で作用する。線形作動手順中に、図１からの実施例と比較すると、コイル（励起コイルＢ１、電機子コイルＡ１）の付加的なペアが、電機子コイルＡ１に、したがって、電機子２０に、付加的な電磁力効果を提供する。

【００３１】

図７に従った電磁線形アクチュエータは、調節時間全体にわたって特に高い磁力を提供し、高い体積特異的な力により、短い作動時間を備えることができる、図１および３からの実施形態の組み合わせであると見なすことができる。電機子コイルＡ２は、図１または図６からの先行実施例と同じ機能を有する。保持コイルＣは、図３からの実施例と同じ機能を有する。コイルペアＡ１、Ｂ１、およびＡ３、Ｂ３もまた、それぞれの場合において、図３からの実施例におけるコイルＡおよび／またはＢのように同じ機能を有することができる。図７に従った電磁線形アクチュエータはまた、図１に従ったアクチュエータおよび図３に従ったアクチュエータの機械的直列接続として見なすこともでき、図３からのアクチュエータと比較して、励起コイルＢおよび電機子コイルＡから構成されたペアは、図７に従ったアクチュエータが２回提供される。アクチュエータの断面が同じままである状態で、電気機械力を増加させるために、理論上、電機子コイルおよび対応する励起コイルから構成された、任意の随意的な数のペアを提供できる可能性がある。図３からの実施例と同様に、電機子コイルＡ１およびＡ３は、電機子２０の中の関連溝の断面全体を充填しない。

【００３２】

合成材料等の摺動軸受材料が、それぞれの電機子コイルＡ１、Ａ３の隣で、かつ関連励起コイルＢ１、Ｂ２より下側で、溝の中に配列される。該材料は、溝を充填するために役立ち、一方では力の特性に影響を及ぼし、他方では摺動軸受材料は、電機子２０およびフレーム１０によって形成される摩擦軸受の一部としての機能を果たすことができる。

【００３３】

電機子コイルＡ１および保持コイルＣは、結果として生じる磁場が一方向性であるように、動作中に電流が供給される。電機子コイルＡ３は、その磁場が電機子コイルＡ１の磁場と逆に配向されるように、電流が供給される。最終的に、励起コイルＢ１およびＢ３は、アクチュエータの開放開始位置でのそれらの磁場が、関連電機子コイルＡ１およびＡ３の磁場をほぼ補償するように、電流が供給され、よって、低い全体的伝導性を達成することができる。コイルＢ１、Ａ１、およびＢ３、Ａ３は、ペアで直列に接続され、低インダクタンス支回路を形成している。それと並列に（または別個に供給されて）、コイルＡ２およびＣが接続される。それに応じて、図２から４に関して、これに関連して言われていることが適用される。電機子コイルＡ１およびＡ３の軸方向距離は、電機子２０の閉鎖端位置で、電機子コイルＡ３が励起コイルＢ１の中およびその直接隣に位置付けられるように、サイズ決定される。同じように、励起コイルＢ１と保持コイルＣとの間の距離は、電機子２０の閉鎖端位置で、電機子コイルＡ１が保持コイルＣの中または付近に位置するように、サイズ決定される。閉鎖端位置では、保持コイルＣならびに電機子コイルＡ２の励起磁場は、フレーム１０上で潜在的な復元力（例えば、バネ力）に反して電機子２０を保持するために、適切な電機子力を確保する。

【００３４】

全ての実施形態は、電機子２０が、フレーム１０の中で軸方向に誘導される、縦軸１に沿った、軸方向に誘導された軟磁性構成要素となり得るという共通点を持つ。電機子コイルＡ、Ａ１、Ａ２、Ａ３は、電機子の周辺に沿って円周方向に及ぶ溝の中で皿穴に埋めることができ、または電機子の円周に沿って巻き上げることができる（図２および６参照）。この目的で、コイルは、電気的に絶縁された成形ワイヤ（例えば、長方形の外形を伴う）から巻装することができる。電機子コイルは、既知の方法に従って、注型樹脂で成型す

ることができ、注型樹脂は、粉末を含むことができる。この状況において、粉末は、セラミック材料、例えば、高い熱伝導度を伴う材料、または対応して高い熱伝導度を伴う別の材料から成ることができる。

【００３５】

概して、電機子２０およびフレーム１０、ならびに励起コイルＢ、Ｂ１、Ｂ３（ならびに自励式の場合ではＡ）は、電機子コイルＡ、Ａ１、Ａ３の磁場（またはこれらの磁場）と相互作用することができる、結果として生じる励起磁場（および／または結果として生じる励起磁場）が、１つ／複数の電機子コイルの磁気回路の対応する幾何学的構成によって集中させられるように、構成されるべきであり、アクチュエータの開放端位置では、励起磁場は、（コイル電流が円周方向に流れるため）軸方向の力効果を達成するために、半径方向に電機子コイルに浸透することに留意できる。

【００３６】

前述のように、電機子コイルＡが相互作用する磁場は、電機子コイルＡ自体によって生成することができる（軸方向空隙L_Aがある図１を参照、よって、二次的な流れが電機子コイルＡに浸透し、半径方向に駆動する）。代替として、励起磁場を生成するために考慮される手段は、フレーム上に固定される励起コイルＢ、Ｂ１、Ｂ３（図３参照）、または対応する永久磁石Ｂ’（図５参照）である。

【００３７】

励起コイルＢ、Ｂ１、Ｂ３は、電機子および励起コイルを、少なくとも部分的に相互の中へ摺動させることができるように、対応する電機子コイルＡ、Ａ１、Ａ３よりも半径方向に大きくなり得る（例えば、より大きい直径）。この状況において、電機子２０およびフレーム１０は、電機子位置に応じて半径方向空隙が閉鎖されるように、相互の上で摺動することができる（図３および４参照）。電機子コイルＡおよび励起コイルＢはまた、代替として、ほぼ同じサイズとなり得る（図２および６参照）。この場合、電機子コイルおよび関連励起コイルは、アクチュエータの開放端位置において直接並んで配列することができる。

【００３８】

最大可能飽和重合および最大可能高相対浸透率を伴う軟磁性材料が、電機子および／またはフレームに使用されるべきである。電機子およびフレームの電気伝導度は、渦電流損失を低く保つために、可能な限り低くなるべきである。この目的で、変圧器と同様に、渦電流の抑制のための電機子および／またはフレームの１つ／複数の材料は、積層にすることができ（「電気板／薄板」）、または複合粉末材料から成ることができ、またはスロットを提供することができる。１つ／複数の電機子コイルのための電流供給（すなわち、ケーブル）は、電機子２０から軸方向孔を通して外に出すことができる。

【００３９】

電流供給は、ツイスト線または撚線によって確保することができる。この目的で好適な材料は、例えば、ベリリウム青銅である。

【００４０】

すでに前述のように、電機子コイルは、対応する励起コイルと直列または並列に接続されるべきであり、それぞれの磁場が調節距離の初めに相互を広範囲に補償するように、設計および配列されるべきであり、よって、調節距離の初めの配設のインダクタンスは、対応して低い。ある軸方向オフセットが、対応の間にとどまらなければならないが、そうでなければ、駆動力が消滅する、またはその兆候を変化させる。

【００４１】

電機子２０に作用する磁力は、さらなる機械要素上への機械的連結を促進するために、ロッド２１（バー）を用いてフレーム１０から外へ引き出されなければならない。アクチュエータは、末端位置で（すなわち、調節距離の終わりに）バネ力の作用に反してこれらをきつく締め、きつく締められた状態で保持することができるように、バネ５０（図５または図８のバネを参照）と組み合わせることができる。スイッチをオフにすることによって、または末端位置で電機子２０を保持することに関与する磁場を低減することによって

、バネアクチュエータを必要に応じて解放することができ、アクチュエータを開放開始位置に跳ね返らせる。永久磁石が使用される場合、いずれの力もなく、張力を受けた位置でバネを保持することができる。バネアクチュエータを解放するために、永久磁石（図５の磁石Ｃ’参照）の磁場は、保持力F_Hがバネ力よりも小さくなり、バネが開始位置に跳ね返るように、少なくとも部分的にコイルの反対に配向した磁場によって補償される。また、電機子２０は、１つ／複数の電機子コイルに作用する電磁力を用いた跳ね返り中に、付加的に加速することができ、それは、さらに短い作動時間を可能にする。

【００４２】

バネと組み合わせて、例えば、図示した線形アクチュエータ、以前から知られているバネアクチュエータ、および電気スイッチを、有利に置換することができる（短い作動時間、高い力、少数の可動部品）。これは、ペアで配列されたコイルが装備されている、そのような駆動部に特に適用可能であり、それぞれの場合において、そのコイルからの一方は、電機子（電機子コイル）と機械的に接続され、他方は、固定子（励起コイル）と接続される。この構造は、高度に動的な駆動部に特に適しているため、利点を有する。

【００４３】

この構成は、高度に動的な駆動部に特に好適であるため、利点を有する。

【００４４】

持ち上げの開始時に、特に大きい力を提示することができる。

【００４５】

持ち上げの開始時に、共役（相互に反発する）コイルのインダクタンスは、広範囲に補償することができ、それは、同じ数の巻線および直列接続によって容易に達成することができる。従来のリフティングマグネットと比較して、これは、力の非常に速い蓄積（より少ない無駄時間）をもたらす。

【００４６】

図３、４、および７で開示される本発明の実施形態では、記述された利点は、不利点と関連付けられるが、それは、経済的に興味深くなり得る、いくつかの用途の除外基準を実際に表すことができる。

【００４７】

１．インダクタンス

１．１　所望の低い初期インダクタンスは、駆動部のスイッチがオンにされた時に、高い電流上昇率をもたらすことができ、多くの半導体スイッチ（例えば、トランジスタ）では、局所過熱（いわゆるホットスポット）をもたらすことができる。（電気）機械スイッチは、火花またはアーク放電による放電の結果である、接点チャター中に破壊され、または時期尚早に摩耗し得る。スイッチの損傷を安全に防止するために、これらは、特大にならなければならず、付加的な費用をもたらす。また、閉鎖磁気回路および高度に浸透性のコア材料を伴うインダクタンスが、駆動部と直列に接続されなければならず（「磁気スイッチ保護」）、それはまた、費用を発生させ、同時に電気回路のＥＳＲ（電子スピン共鳴）を増加させる。

【００４８】

２．　内部溝

電機子上に取り付けられた（電機子）コイルに反発して作用することができる、固定子上に固定された励起コイルが、例えば、内部溝に挿入される。この配設（図３、４、および７参照）は、特に長い持ち上げにわたって、所与の電機子半径で可能な限り高い力を産生することが重要である時に有利である。しかしながら、それ以外に、不利点にも影響される。

【００４９】

２．１　概して、有効（半径方向）空隙（L_B）を増加させ、一方では駆動部の必要な断面（したがって、その質量および使用される材料）を増加させ、他方では力の定数を減少させる（Ｆ＝Ｆ（ｘ，Ｉ）であることを意味し、Ｆ＝駆動力、ｘ＝持ち上げ位置、およびＩ＝電流強度である）、固定子に取り付けられた励起コイルのための巻型なしで済ませ

ることは不可能である。

【００５０】

２．２　内部溝の中に配列された（固定子）励起コイルがあると、長いストロークを伴う設計において、持ち上げ運動中に、電機子の縁が溝の内側に位置する固定子の縁と衝突するという危険性がある。この危険性は特に、摩耗による駆動部の遊びの増加を勘案して考慮されなければならない。しかしながら、これは、特に高品質の材料、製造中の優れた精度、および／または比較的大きい半径方向（寄生）空隙と連携することによって対抗することができる。しかしながら、これらの手段は、付加的な費用を必要とするか、または駆動効率を減少させる。

【００５１】

本発明のいくつかの実施形態で挙げられ得る、上述の不利点は別として、図１から７で表される全ての実施形態に影響を及ぼす、さらなる不利点がある。

【００５２】

（多大な）力が（軟質）銅の上で発生する。これらの力は通常、鋳造化合物によって吸収され、固定子および／または電機子に伝達されなければならない。具体的には、コイルの比較的小さい正面（および平滑な溝）を考慮すると、それと関連付けられる技術的課題が、当業者にとって明白である。

【００５３】

記述された不利点の全ては、図８で表されるように、配設によって防止することができる。図８は、電機子上に巻装された第１の電機子コイルＡ、ならびに（固定子）励起コイルＢ、およびこの励起コイルＢに割り当てられる第２の電機子コイルＡ１を伴う駆動部の一例として、我々に明示する。

【００５４】

フレームは、複数の軟磁性構成要素から成り、電機子が移動している部品（フレーム（１））は、内部溝の代わりに外部溝が提供される。この溝の中へ、第２の電機子コイルＡ１に割り付けられる励起コイルＢが巻装される。次いで、外部溝は、さらなる軟磁性材料で磁気的に囲まれ、それは、図８ではフレーム（２）構成要素を用いて起こる。

【００５５】

説明図は、その初期持ち上げ位置にある駆動部を示し、巻線は引き込まれていない。図に示すように、外部溝は、重複コイル（励起コイルＢ、第２の電機子コイルＡ１）の間で、持ち上げの初期位置において一種の「軟磁性ブリッジ」を形成する。これらのコイルの間の消滅しない反発相互作用に達することができないように、これらは、当然ながら、反対方向の電流が供給されなければならない。電流は、軟磁性作業材料の高い相対浸透率により、駆動部の高い初期インダクタンスを産生する、磁束を「軟磁性ブリッジ」の中で誘発する（ほぼ同数の巻線を伴う相互に割り当てられたコイルを提供すること、およびそれらを直列に接続することが有利である）。この高い初期インダクタンスは、大きな電流が駆動コイルを通って流れる前に、駆動部を切り替えるために使用されるスイッチが完全に導電性になることを可能にする。これはスイッチを保護する（上記参照）。

【００５６】

駆動部は、移動方向に「軟磁性ブリッジ」を通過した磁束が飽和した時に動き始める。次いで、それは、比例磁石と組み合わせて本発明による他の駆動部のように作用する（電機子の移動が、移動方向に飽和した「軟磁性ブリッジ」の中の磁力線を短縮する）。

【００５７】

図８によれば、電機子は、連続的な管状実体の中で、それを越えて摺動し、「縁が縁と衝突する」可能性がもはやない。図８によれば、寄生（半径方向）空隙を小さく保つことが容易である。

【００５８】

したがって、上記で示される全ての問題は、「銅から鉄の上へ」の力の伝達を除いて排除される。この最後の問題は、電機子および固定子上の外側溝が（平坦）ネジ山として切断されて実行される、または複数の小さい付加的な溝が導入される（溝は、例えば、円周

方向に中断され、周辺に及ぶ、複数の平行リブによって形成される）という点で、図８に従って対処される。巻線は、これらのより小さい溝の中へ、および／または（平坦）ネジ山の中へ完全または部分的に巻装され、後に、以前のように成型される。一方で、これは、溝および／またはネジ山の側面上に、銅に作用する力を分配することを促進し、鋳造化合物は、電機子と巧妙に相互係止される。他方で、力の一部は、銅にかかる（ローレンツ）力としてもはや発生しなくなるが、むしろ溝および／またはネジ山の側面へのいわゆる磁気側圧として発生し、したがって、さらに頑丈な構成要素、つまり、通常は鉄合金から成る電機子自体にかかる。加えて、溝／ネジ山の中に位置する巻線は、動作中に同部分に電磁的に押し込まれる。この効果は、標準的な回転電気機械で頻繁に利用される。好適なニス塗りのワイヤ（具体的にはポリアミドイミド絶縁ラッカー塗装銅線、および具体的にはプロファイルワイヤ）および／または鋳造化合物を使用すること等の既知の手段を適用することによって、巻線と「鉄」との間の絶縁問題を、任意の専門家によって安全に防止することができる。コイルに対して電機子を絶縁するための付加的な手段として、浸漬、蒸着、陽極酸化によるもの等の、既知の方法を採用することによって、当然ながら、電機子には電気絶縁層を提供することもできる。この状況において、既知の手段に従った絶縁層の適用は、電気的に関連する領域に限定することができるが、電機子全体を被覆することも可能であり、次いで、被覆はまた、（例えば、軟磁性軸受金属で形成される）別個の波腹またはロッド支持が提供されない限り、フレーム（１）の中で電機子を形成することができる、摩擦軸受の一部としての機能を果たすこともできる。

【００５９】

すでに前述のように、本発明による上記の駆動部は、バネと組み合わせて、（直接駆動として）電気回路遮断器の中の既知のバネ動作型機構を置換するためによく適している。これは、全ての実施形態に適用可能である。この状況において、ドライバを高電圧回路遮断器のガス区画の中へ、または低および中電圧回路遮断器の（真空）管の中へ設置する可能性が、特に興味深い。これは、複合シール（例えば、ＳＦ６絶縁高電圧回路遮断器用の回転シール、または真空遮断器の場合は金属ベローズ）を省略することを可能にし、可動部品の数を有意に削減し、それは一方で費用を節約し、他方では信頼性のために有益である。従来の磁気駆動部と比較した時にはるかに高い動力により、同期化スイッチに特に好適であり（すなわち、ゼロ電流で切り替える）、そのようなものを考慮しても、駆動部は、従来、ガスおよび／または真空区画の外側に配列される。

【００６０】

結論として、切替サイクルおよび有利な配線回路は、図８に図示される駆動部の実施例を参照して説明される。

【００６１】

駆動部は、３つのコイル、つまり、第１の電機子コイルＡならびに励起コイルＢ、および励起コイルＢに割り当てられた第２の電機子コイルＡ１を有する。第２の電機子コイルＡ１の中の励起コイルＢは、同数の巻線を有し、例えば、逆磁場を生成するように直列に接続される。駆動部の初期作動のために、コンデンサが、好ましくは充電され、直列に接続される、つまり、したがって、第１の電機子コイルＡに属する軸方向作業空隙が最初に完全に開いていることを意味する、電機子が初期持ち上げ位置にある間に、コイルＡ１、Ｂにわたって放電される。この状況において、電機子、フレーム（１）、およびフレーム（２）を通して、全側面上で励起コイルＢおよび電機子コイルＡ１を軟磁性材料で囲むことにより、最初に高いインダクタンス（閉鎖磁気回路）を産生し、したがって、わずかな初期電流増加率を生じる。これは、サイリスタを保護する。励起コイルＢおよび第２の電機子コイルＡ１によって誘発される磁束はすぐに、最小（有効）断面の領域中の磁気回路、すなわち、（図８では励起コイルＢの平坦ネジ山として設計されている）固定子（１）によって形成される「軟磁性ブリッジ」の部分飽和をもたらす。例示のために、２つの磁気部分回路、つまり、「軟磁性ブリッジ」と共通経路を共有する、励起コイルＢの周囲の１つの回路、および第２の電機子コイルＡ１の周囲の１つの回路を想像することができる。部分飽和により、磁気回路が非常に迅速に開き、直列接続（Ａ１、Ｂ）のインダクタン

スが急速に減少し、電流が大いに増加する。飽和の結果として、以前に視認されていないかった引き込みコイルである、第１の電機子コイルＡの磁気回路の軸方向空隙が閉鎖されるように、圧縮バネに対して電機子を移動させる力が、電機子の上および第２の電機子コイルＡ１の上で生成される。電機子コイルＡは、直列または並列で他のコイルと接続することができる一方で、直列接続は、駆動部の動力を低減する。電機子コイルＡはまた、別の電源から供給することもでき、または電流を供給することができ、またはいくらかの遅延を伴ってさらなるスイッチ／サイリスタから供給することができる。持ち上げの末端位置に達した時に、電機子コイルＡの上側の軸方向作業空隙は、（ほぼ）電機子コイルＡの巻線の高さによってもたらされる半径方向空隙よりも小さく、配設は、ますます従来のリフティングマグネットのように稼働する（図１参照）。したがって、電機子が閉鎖端位置（図示せず）に接近する時に、電機子コイルＡを通る電流が保持力を生成する。

【００６２】

好適な設計を用いて、この保持力は、図示した圧縮バネを緊密に保つことができる。圧縮バネから駆動される駆動部が即時に跳ね返らないが、それを末端位置でより長く保つことができるように、電力供給が電流を電機子コイルＡに適切に供給するための手段が提供されなければならない。したがって、電流の中断は、持ち上げの初期位置（開放端位置）への駆動部のバネ動作型リセットをもたらす。駆動部の断面が同じままである場合に、永久に例証することができるバネに対する保持力を、ほぼ倍にすることができるように、加えて、図８による駆動部には、明らかに図７からの実施例に示されるような保持コイルＣを提供することができる。保持コイルＣの近傍で、配設は、既知の電磁石および／またはリフティングマグネットのように機能し、駆動部の設計中に、電磁石のための対応する多種多様な既知の構造的方法を使用することができる（例えば、電機子・電機子噛合構成要素システム、圧力パイプ、渦電流を減衰させるための手段、かご形巻線等）。

【図１】

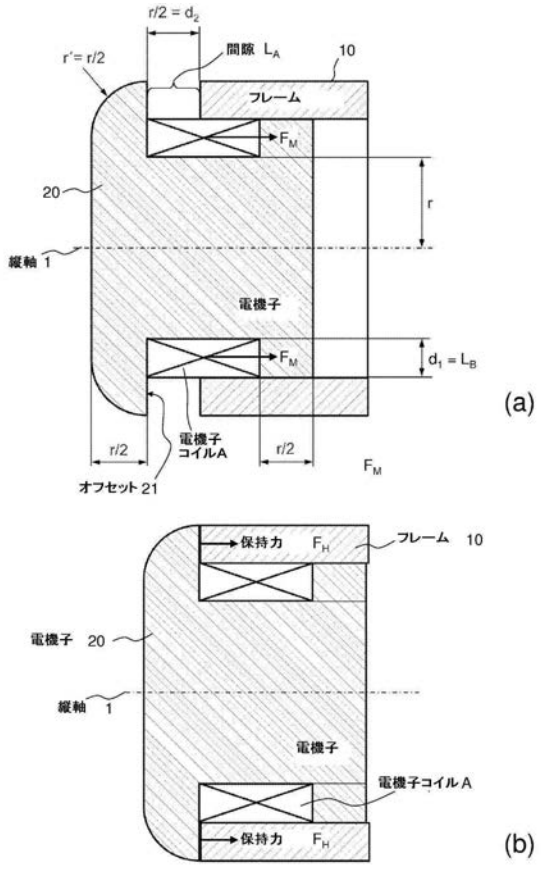

Fig. 1

【図２】

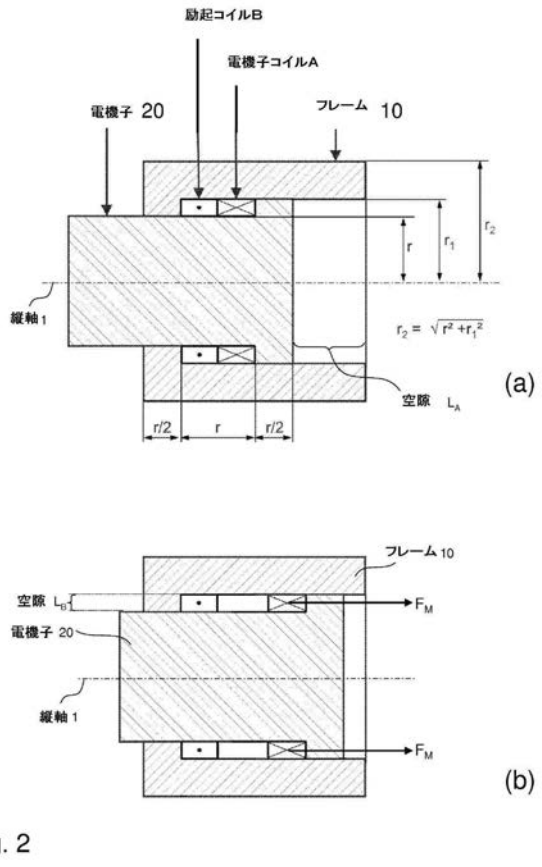

Fig. 2

【図３】

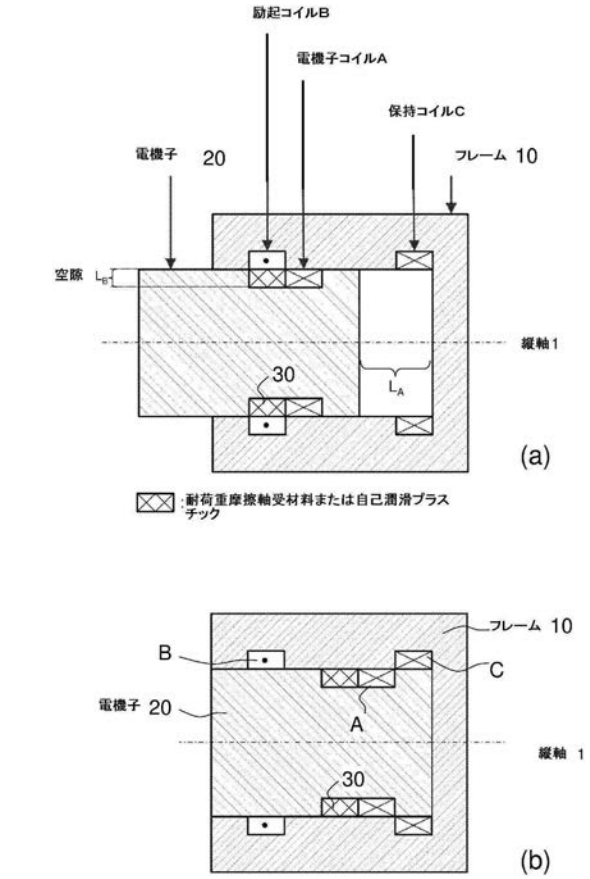

Fig. 3

【図４】

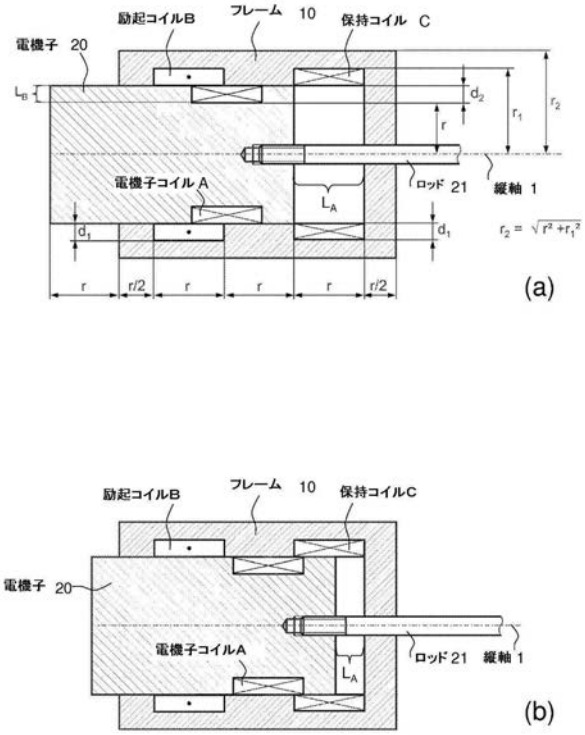

Fig. 4

【図５】

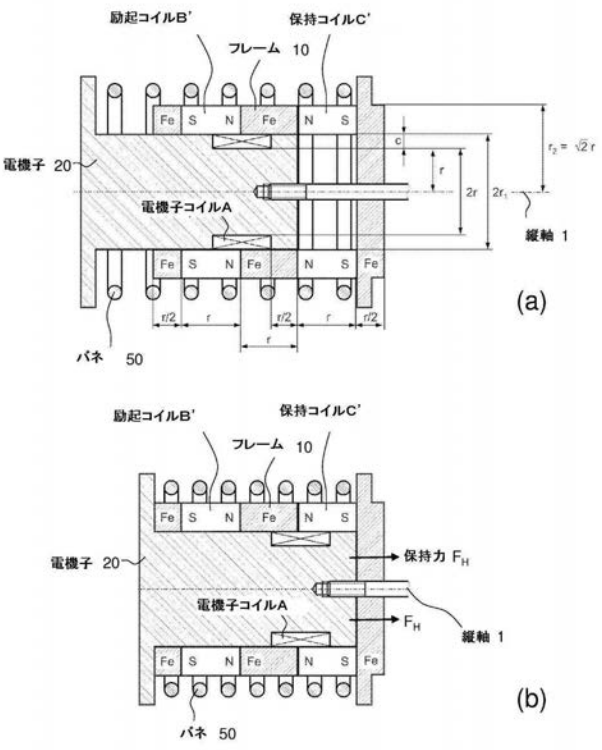

Fig. 5

【図６】

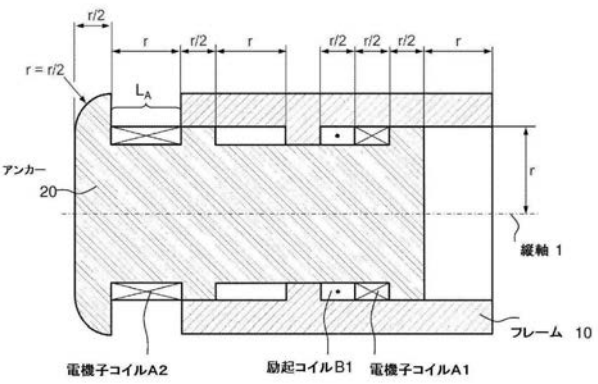

Fig. 6

【図７】

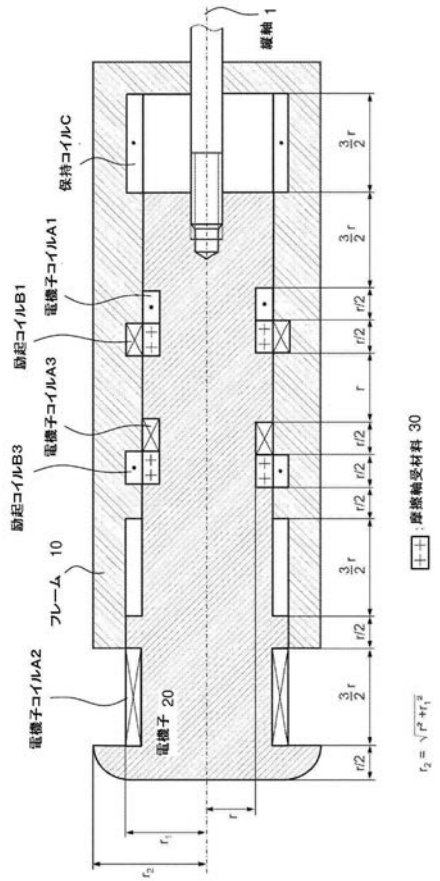

Fig. 7

【図８】

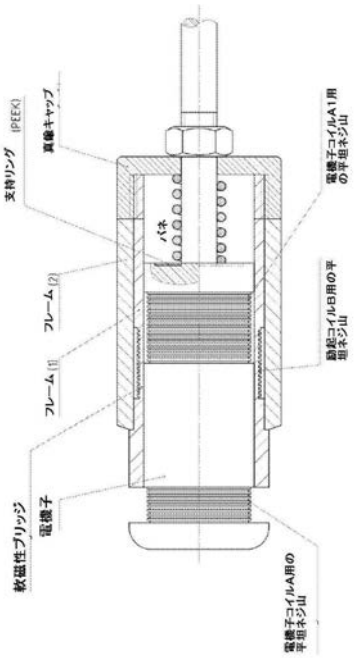

Fig. 8

フロントページの続き

(72)発明者　ライナー　ミヒャエルセン
ドイツ国　１２１６５　ベルリン，　アルブレヒトシュトラーセ　９，　エムエスエム　クリスタル　ゲーベーエール　気付
(72)発明者　アルノ　メックレンヴルク
ドイツ国　１２１６５　ベルリン，　アルブレヒトシュトラーセ　９，　エムエスエム　クリスタル　ゲーベーエール　気付
(72)発明者　ライナー　シュナイダー
ドイツ国　１２１６５　ベルリン，　アルブレヒトシュトラーセ　９，　エムエスエム　クリスタル　ゲーベーエール　気付

Ｆターム(参考) 5H633 BB02　GG03　HH02　HH17　JA02