

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6839285号
(P6839285)

(45) 発行日 令和3年3月3日(2021.3.3)

(24) 登録日 令和3年2月16日(2021.2.16)

(51) Int.Cl. F I
F 1 6 D 63/00 (2006.01) F 1 6 D 63/00 P
F 1 6 F 9/53 (2006.01) F 1 6 F 9/53

請求項の数 8 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2019-534005 (P2019-534005)	(73) 特許権者	000010098 アルプスアルパイン株式会社 東京都大田区雪谷大塚町1番7号
(86) (22) 出願日	平成30年7月9日(2018.7.9)	(74) 代理人	100135183 弁理士 大窪 克之
(86) 国際出願番号	PCT/JP2018/025917	(74) 代理人	100085453 弁理士 野▲崎▼ 照夫
(87) 国際公開番号	W02019/026558	(74) 代理人	100108006 弁理士 松下 昌弘
(87) 国際公開日	平成31年2月7日(2019.2.7)	(72) 発明者	小池 飛鳥 東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプスアルパイン株式会社内
審査請求日	令和2年1月17日(2020.1.17)	(72) 発明者	高橋 一成 東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプスアルパイン株式会社内
(31) 優先権主張番号	特願2017-150400 (P2017-150400)		最終頁に続く
(32) 優先日	平成29年8月3日(2017.8.3)		
(33) 優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		

(54) 【発明の名称】 トルク発生装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

回転軸を中心に回転動作可能な磁性ディスクと、
 前記磁性ディスクを挟む一方に位置する第1ヨークと、他方に位置する第2ヨークと、
 前記回転軸が延びる方向に沿った方向に見たときに前記磁性ディスクと重なるように配置されたコイルと、

少なくとも前記磁性ディスクに近接する領域が前記磁性ディスク及び前記コイルの外側に位置し、前記第1ヨーク及び前記第2ヨークとともに、前記コイルが発生する磁界の磁路を構成する第3ヨークと、

前記磁性ディスクと前記第1ヨーク及び前記第2ヨークとの間に充填された磁気粘性流体とを備え、

前記第3ヨークは、前記第1ヨークとの間に磁気ギャップを有し、

前記磁気ギャップは、前記回転軸が延びる方向に沿った方向に見たときに、前記磁性ディスクの外周縁よりも外側、又は、前記磁性ディスクの外周縁と重なる位置に形成されており、

前記第1ヨークは、円筒部と、円筒部よりも外径が大きい円環部とを有し、前記回転軸が延びる方向に沿った方向に見たときに、前記コイルは前記円筒部の外側で前記円環部に重なる位置に配置されることを特徴とするトルク発生装置。

【請求項2】

前記回転軸と直交する面内において、前記磁性ディスクの外周縁と、前記第3ヨークの

外側面との距離が一定ではない請求項 1 に記載のトルク発生装置。

【請求項 3】

回転軸を中心に回転動作可能な磁性ディスクと、
前記磁性ディスクを挟む一方に位置する第 1 ヨークと、他方に位置する第 2 ヨークと、
前記回転軸が延びる方向に沿った方向に見たときに前記磁性ディスクと重なるように配置されたコイルと、

少なくとも前記磁性ディスクに近接する領域が前記磁性ディスク及び前記コイルの外側に位置し、前記第 1 ヨーク及び前記第 2 ヨークとともに、前記コイルが発生する磁界の磁路を構成する第 3 ヨークと、

前記磁性ディスクと前記第 1 ヨーク及び前記第 2 ヨークとの間に充填された磁気粘性流体とを備え、

前記第 3 ヨークは、前記第 1 ヨークとの間に磁気ギャップを有し、
前記磁気ギャップは、前記回転軸が延びる方向に沿った方向に見たときに、前記磁性ディスクの外周縁よりも外側、又は、前記磁性ディスクの外周縁と重なる位置に形成されており、

前記回転軸と直交する面内において、前記磁性ディスクの外周縁と、前記第 3 ヨークの外側面との距離が一定ではないことを特徴とするトルク発生装置。

【請求項 4】

前記第 3 ヨークは平面視がほぼ四角形である請求項 2 または請求項 3 に記載のトルク発生装置。

【請求項 5】

前記磁性ディスクには、前記第 1 ヨークと前記第 2 ヨークとの間を横断する磁束のみが通過し、前記磁性ディスクは、前記磁束が横断する領域に、磁気ギャップが存在しない請求項 1 から請求項 4 のいずれか 1 項に記載のトルク発生装置。

【請求項 6】

前記コイルが発生する磁界の磁路上に、前記コイルによる磁界の方向と同じ向きまたは反対の向きの初期磁界を与える永久磁石が設けられている請求項 1 から請求項 5 のいずれか 1 項に記載のトルク発生装置。

【請求項 7】

前記第 1 ヨークと前記第 2 ヨークと前記第 3 ヨークは別体である請求項 1 から請求項 6 のいずれか 1 項に記載のトルク発生装置。

【請求項 8】

前記コイルが発生する磁界による磁場を測定する磁気測定部を備える請求項 1 から請求項 7 のいずれか 1 項に記載のトルク発生装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、磁気粘性流体を用いて回転抵抗を変化させることができるトルク発生装置に関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 に記載のブレーキは、ハウジングと、回転可能なシャフトに接続されたロータと、ハウジングの第 1 のハウジング室に置かれた磁場発生手段（磁界発生器）と、磁界応答材料（磁気粘性流体）と、ブレーキの動作を制御または監視する手段とを備えている。また、磁界発生器はコイルと極片を備え、コイルは、ロータに対向配置された極片に磁界を発生させる。

【先行技術文献】

【特許文献】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 3 】

【特許文献1】特許4695835号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 4 】

しかしながら、特許文献1に記載のブレーキは、ロータの外周辺部の近くでしか磁界が印加されていないため、発生するブレーキ力が充分でなかった。そのため、より小型化を図りつつ大きなせん断応力を得ることは困難であった。

【 0 0 0 5 】

そこで本発明は、磁気粘性流体を用いたトルク発生装置であって、小型化に適し、かつ、大きなせん断応力を得ることができるトルク発生装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 6 】

上記課題を解決するために、本発明のトルク発生装置は、回転軸を中心に回転動作可能な磁性ディスクと、磁性ディスクを挟む一方に位置する第1ヨークと、他方に位置する第2ヨークと、回転軸が延びる方向に沿った方向に見たときに磁性ディスクと重なるように配置されたコイルと、少なくとも磁性ディスクに近接する領域が磁性ディスク及びコイルの外側に位置し、第1ヨーク及び第2ヨークとともに、コイルが発生する磁界の磁路を構成する第3ヨークと、磁性ディスクと第1ヨーク及び第2ヨークとの間に充填された磁気粘性流体とを備え、

第3ヨークは、第1ヨークとの間に磁気ギャップを有し、磁気ギャップは、回転軸が延びる方向に沿った方向に見たときに、磁性ディスクの外周縁よりも外側、又は、磁性ディスクの外周縁と重なる位置に形成されていることを特徴としている。

これにより、磁性ディスクの外周縁を除く広い範囲において、第1ヨークと第2ヨークとの間を横断する磁界成分を主方向とする磁束を通過させることができ、この磁束の方向に基づいた方向に抵抗力（トルク）を発生させることができるため、装置を大型化することなく大きなせん断応力を得ることが可能となる。

【 0 0 0 7 】

本発明のトルク発生装置において、磁性ディスクには、第1ヨークと第2ヨークとの間を横断する磁束のみが通過することが好ましい。また、磁性ディスクは、磁束が横断する領域に、磁気ギャップが存在しないことが好ましい。

これにより、磁性ディスクに対して同じ方向の磁界がかかるため、大きな抵抗力を発生させることができる。

【 0 0 0 8 】

本発明のトルク発生装置において、前記回転軸と直交する面内において、前記磁性ディスクの外周縁と、前記第3ヨークの外側面との距離が一定ではないことが好ましい。例えば、第3ヨークは平面視でほぼ四角形である。

これにより、磁性ディスクの外側に磁路を確保できるため、磁性ディスクに対して同じ方向の磁界がかかることができ、これにより、磁性ディスクに対して大きな抵抗力を確実に発生させることができる。また、第3ヨークの平面形状を四角形（矩形）にすることによって、組み立てやすい形状となるため、小型化の点で望ましい。

【 0 0 0 9 】

本発明のトルク発生装置において、コイルが発生する磁界の磁路上に、コイルによる磁界の方向と同じ向きまたは反対の向きの初期磁界を与える永久磁石が設けられていることが好ましい。

これにより、コイルに電流を印加していない状態においても抵抗力（トルク）を発生させることが可能となる。また、コイルへの電流の制御によって、磁性ディスクを横断する磁束をゼロに近づける、又は、キャンセルする制御が可能となる。さらにまた、コイルに電流を印加していない状態において、磁気粘性流体中の磁性粒子が重力で沈殿することを防止することができ、所望の分散状態を維持できる。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 0 】

本発明のトルク発生装置において、第1ヨークと第2ヨークと第3ヨークは別体であることが好ましい。これにより、自由度の高い設計が可能となる。ただし、本発明では、第1ヨークと第2ヨークと第3ヨークのいずれかの組み合わせが、互いに一体のヨークで形成されていてもよい。

本発明のトルク発生装置において、コイルが発生する磁界による磁場の強度を測定する磁気測定部を備えることが好ましい。これにより、コイルが発生する磁界による磁気を正確に測定することができ、また、コイルへの電流の印加を停止した後の残留磁場も正確に測定できる。

【発明の効果】

10

【 0 0 1 1 】

本発明によると、磁気粘性流体を用いたトルク発生装置において、小型化に適し、かつ、大きなせん断応力を得ることができるトルク発生装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 2 】

【図1】(A)は第1実施形態に係るトルク発生装置を上側から見た斜視図、(B)は図1(A)のトルク発生装置を下側から見た斜視図である。

【図2】第1実施形態に係るトルク発生装置を上側から見た分解斜視図である。

【図3】第1実施形態に係るトルク発生装置を下側から見た分解斜視図である。

【図4】(A)、(B)は、図1(A)のIV-IV'線に沿った断面図であり、(B)は励磁コイルが発生した磁界を概念的に示す図である。

20

【図5】(A)、(B)は、図1(A)のV-V'線に沿った断面図であり、(B)は励磁コイルが発生した磁界を概念的に示す図である。

【図6】図4(A)の一部拡大図である。

【図7】第1実施形態に係るトルク発生装置の制御システムのブロック図である。

【図8】(A)は第1実施形態における磁性ディスクの構成を示す斜視図、(B)は比較例における磁性ディスクの構成を示す斜視図である。

【図9】図8(A)に示す第1実施形態の磁性ディスクと図8(B)に示す比較例の磁性ディスクにおける磁束密度の分布を示すグラフである。

【図10】(A)は第2実施形態に係るトルク発生装置の概略構成を上側から見た斜視図、(B)は図10(A)のトルク発生装置を下側から見た斜視図である。

30

【図11】第2実施形態に係るトルク発生装置の概略構成を上側から見た分解斜視図である。

【図12】第2実施形態に係るトルク発生装置の概略構成を下側から見た分解斜視図である。

【図13】第2実施形態に係るトルク発生装置の概略構成を示す断面図であって、図10のX-X'線に沿った断面図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 3 】

以下、本発明の実施形態に係るトルク発生装置について図面を参照しつつ詳しく説明する。

40

【 0 0 1 4 】

< 第1実施形態 >

図1(A)は第1実施形態に係るトルク発生装置10を上側から見た斜視図、(B)はトルク発生装置10を下側から見た斜視図である。図2と図3はトルク発生装置10の分解斜視図である。図2は上側から見た分解斜視図、図3は下側から見た分解斜視図である。図4(A)、(B)は、図1(A)のIV-IV'線に沿った断面図であり、(B)は励磁コイル50が発生した磁界を概念的に示す説明図である。図5(A)、(B)は図1(A)のV-V'線に沿った断面図であり、(B)は励磁コイルが発生した磁界を概念的に示す図である。図6は図4(A)の一部拡大図である。図1(A)から図6において、

50

説明の便宜上、中心軸 1 1 に沿って上下方向を規定しているが、実際の使用時における方向を制限するものではない。中心軸 1 1 から、中心軸 1 1 に直交する方向を径方向と称する。以下の説明において、中心軸 1 1 に沿って、上側から下側を見た状態を平面視ということがある。また、図 2 と図 3 においては、一部のネジや磁気粘性流体の表示を省略している。

【 0 0 1 5 】

図 1 (A)、図 1 (B) に示すように、トルク発生装置 1 0 は、保持部 2 0 と、磁気測定部としてのホール素子 5 2 と、操作部 1 0 0 とを備える。操作部 1 0 0 は、シャフト部 1 1 0 と磁性ディスク 1 2 0 とを含んでおり、シャフト部 1 1 0 と磁性ディスク 1 2 0 は、一体となって、中心軸 1 1 (回転軸) を中心として両方向に回転するように保持部 2 0 に支持されている。操作部 1 0 0 は、支持部材 1 4 0 とラジアル軸受 1 5 0 を介して、回転可能な状態で保持部 2 0 に支持されている (図 2)。さらに、図 4 ~ 図 6 に示すように、トルク発生装置 1 0 内に設けた隙間 8 0 には、磁気粘性流体 1 6 0 が満たされている。

10

【 0 0 1 6 】

保持部 2 0 は、第 1 ヨーク 3 0、第 2 ヨーク 4 0、磁界発生部としての励磁コイル 5 0、環状部材 6 0、及び、上部ケースとしての第 3 ヨーク 7 0 を含んでいる。図 2 に示すように、磁性ディスク 1 2 0 を挟む一方に第 1 ヨーク 3 0 が位置し、磁性ディスク 1 2 0 を挟む他方に第 2 ヨーク 4 0 が位置するように組み合わせられている。第 1 ヨーク 3 0、第 2 ヨーク 4 0、第 3 ヨーク 7 0 は、それぞれ別々に加工されて形成されている。ただし、第 1 ヨーク 3 0、第 2 ヨーク 4 0、第 3 ヨーク 7 0 のいずれかが組み合わせられて一体に形成されていてもよい。

20

【 0 0 1 7 】

図 2 に示すように、第 1 ヨーク 3 0 は、円環部 3 1 と、円環部 3 1 の上面から円環部 3 1 と同心状に上側へ延びるように一体に設けられた円筒部 3 2 とを備える。円環部 3 1 と円筒部 3 2 は、平面視において、中心軸 1 1 を中心とする円形状をなしており、その外径は、円環部 3 1 よりも円筒部 3 2 の方が小さくされている。円環部 3 1 と円筒部 3 2 の外径の違いにより、円筒部 3 2 の外周面 3 2 a の外側に段差部 3 3 が形成される。また、第 1 ヨーク 3 0 は、中心軸 1 1 を中心とした平面視円形状の内周面 3 4 を有する。内周面 3 4 は、中心軸 1 1 に沿って円環部 3 1 と円筒部 3 2 を貫いており、その内径は、上下方向の位置に応じて変化するように設定されている。

30

【 0 0 1 8 】

図 4 (A) に示すように、第 1 ヨーク 3 0 の段差部 3 3 には磁界発生部としての励磁コイル 5 0 が配設される。励磁コイル 5 0 は、内周 5 0 a が円筒部 3 2 の外周面 3 2 a に沿うような円環状をなしており、外周 5 0 b は径方向において円環部 3 1 の外周面 3 1 a よりも外側に位置する。励磁コイル 5 0 は、中心軸 1 1 の周りを回るように巻き付けられた導線を含むコイルである。励磁コイル 5 0 には接続部材 5 1 が電氣的に接続され、第 3 ヨーク 7 0 の上部から露出した接続部材 5 1 の入力部 5 1 a に対して図示しない経路で電流が供給される。励磁コイル 5 0 に電流が供給されると磁界が発生する。

【 0 0 1 9 】

第 1 ヨーク 3 0 の円環部 3 1 には、その外周面 3 1 a に沿って環状部材 6 0 が固定されている。この環状部材 6 0 は円環状をなしており、合成樹脂などの非磁性材料で構成される。第 1 ヨーク 3 0 に固定された状態の環状部材 6 0 は、平面視において、段差部 3 3 に配設された励磁コイル 5 0 と略同一の外径の円形状を有する。図 6 に示すように、環状部材 6 0 の下面 6 1 は、第 1 ヨーク 3 0 の底面 3 5 と略同一面を形成し、この面は、中心軸 1 1 に直交する方向に沿って延びる。環状部材 6 0 の径方向の厚みは、励磁コイル 5 0 が発生した磁界が、環状部材 6 0 を通じて径方向に通じることを妨げることができる厚みとなっている。また、環状部材 6 0 の径方向の厚みは上下で変化してもよい。

40

【 0 0 2 0 】

図 2 に示すように、第 2 ヨーク 4 0 は、円板状をなしており、第 1 ヨーク 3 0 の下方に配設される。第 2 ヨーク 4 0 は、中心軸 1 1 に沿った上下方向に直交する上面 4 1 を有す

50

る。この上面 4 1 には、中心軸 1 1 を囲んで上方に開口する環状の溝 4 2 が設けられている。溝 4 2 の中央には第 2 ヨーク 4 0 を上下方向に貫通する孔部 4 3 が形成されている。図 6 に示すように、孔部 4 3 内には上下方向に延びる支持部材（ピボット支持部材）1 4 0 が挿入されており、この支持部材 1 4 0 は第 2 ヨーク 4 0 の下面 4 4 に固定された保持具 1 4 1 によって第 2 ヨーク 4 0 に固定されている。支持部材 1 4 0 は、上側へ開いた凹部としての受け部 1 4 0 a を有し、この受け部 1 4 0 a でシャフト部 1 1 0 の先端部を回転自在に受容する。

なお、ヨーク 3 0、4 0 の平面形状は必ずしも円形でなくてもよい。また、ヨークの分割は、第 1 実施形態のような、第 1 ヨーク 3 0 と第 2 ヨーク 4 0 のような組み合わせでなくとも良く、分割位置によっては矩形状の平面形状とすることもできる。

【0021】

図 6 に示すように、第 1 ヨーク 3 0 の底面 3 5 及び環状部材 6 0 の下面 6 1 と、第 2 ヨーク 4 0 の上面 4 1 とは、互いに略平行とされており、底面 3 5 と上面 4 1 との間に隙間 8 0 が形成されている。

【0022】

図 3 に示すように、第 3 ヨーク 7 0 は、(1) 励磁コイル 5 0、第 1 ヨーク 3 0、及び、環状部材 6 0 と、(2) 接続部材 5 1 及びホール素子 5 2 と、(3) ラジアル軸受 1 5 0、シャフト部 1 1 0、及び、磁性ディスク 1 2 0 とを内部に収容する空間 7 2 を有する。この空間 7 2 は、内周面 7 1 によって平面視円形状に形成されており、第 2 ヨーク 4 0 を配置することによって下部が閉じられる。空間 7 2 は、第 3 ヨーク 7 0 の上壁部 7 4 と側壁部 7 5 によって囲まれている。図 1 (A)、(B) に示すように、第 3 ヨーク 7 0 は平面視略四角形である一方、空間 7 2 は上述のように平面視円形状である。このため、側壁部 7 5 の平面視形状は、第 3 ヨーク 7 0 の角部が厚く、辺部が薄くなっている。

【0023】

第 2 ヨーク 4 0 は、第 3 ヨーク 7 0 の側壁部 7 5 を径方向に貫通するネジ（不図示）によって、第 3 ヨーク 7 0 に固定される。これによって、第 2 ヨーク 4 0 の外周面 4 5 が第 3 ヨーク 7 0 の側壁部 7 5 に接触した状態で固定され、第 2 ヨーク 4 0 と第 3 ヨーク 7 0 とが互いに磁氣的に接続される。

第 1 ヨーク 3 0、第 2 ヨーク 4 0、第 3 ヨーク 7 0 を使用することで励磁コイル 5 0 が発生する磁界を閉ループにする磁路（磁気回路）が形成できる。

【0024】

図 4 (A)、(B) に示すように、第 3 ヨーク 7 0 と第 1 ヨーク 3 0 とは、第 3 ヨーク 7 0 の上壁部 7 4 を上下に貫通する複数のネジ 9 0 で互いに固定されている。これにより、第 1 ヨーク 3 0 の上部と第 3 ヨーク 7 0 の上壁部 7 4 とが接触した状態で固定され、この領域において、第 1 ヨーク 3 0 と第 3 ヨーク 7 0 が磁氣的に接続される。

【0025】

一方、第 1 ヨーク 3 0 の円環部 3 1 の外周面 3 1 a には、非磁性材料からなる環状部材 6 0 が固定されており、この環状部材 6 0 の外周面が第 3 ヨーク 7 0 の内周面 7 1 に接している。第 3 ヨーク 7 0 の側壁部 7 5 は、磁性ディスク 1 2 0 に近接する領域において、磁性ディスク 1 2 0 および励磁コイル 5 0 の外側に位置している。したがって、第 1 ヨーク 3 0 の円環部 3 1 と第 3 ヨーク 7 0 の側壁部 7 5 とは、中心軸 1 1 に直交する方向において環状部材 6 0 によって離間されており磁気ギャップ G が形成される。この磁気ギャップ G は、中心軸 1 1 に沿った方向においては、励磁コイル 5 0 の底面から第 2 ヨーク 4 0 の上面 4 1 まで延びている。また、径方向においては、第 1 ヨーク 3 0 と第 2 ヨーク 4 0 との隙間 8 0 内に配置された磁性ディスク 1 2 0 の外周面 1 2 6 と第 3 ヨーク 7 0 の内周面 7 1 との隙間に対応している。磁気ギャップ G を設けることによって、励磁コイル 5 0 が発生した磁界の磁束が、第 1 ヨーク 3 0 の円環部 3 1 から第 3 ヨーク 7 0 の側壁部 7 5 へ、また、磁性ディスク 1 2 0 から第 3 ヨーク 7 0 の側壁部 7 5 へ、中心軸 1 1 に直交する方向に沿って通過することを規制することができる。

【0026】

10

20

30

40

50

以上の構成において、励磁コイル50に電流を印加すると図4(B)の矢印で概略的に示す方向の流れを有する磁界が形成される。また、励磁コイル50に対して逆向きに電流を印加すると、図4(B)とは逆向きの流れの磁界が形成される。図4(B)に示す例では、中心軸11の方向に沿って第1ヨーク30から第2ヨーク40側へ磁束が磁性ディスク120を横断し、この磁束は第2ヨーク40では中心軸11から遠ざかる方向へ進み、第3ヨーク70の側壁部75では中心軸11の方向に沿って下から上へ進む。さらに、第3ヨーク70の上壁部74では中心軸11へ近づく方向へ進み、励磁コイル50の内側に対応する領域で、上から下へ、すなわち第1ヨーク30の円筒部32側へ進み、励磁コイル50の内側では下向きに進行し、再び磁性ディスク120を横断して第2ヨーク40に至る。このような磁路の磁界において、磁気ギャップGが形成されているために、円環部31及び磁性ディスク120から第3ヨーク70の側壁部75に磁束が通過することは規制されている。また、第2ヨーク40と第3ヨーク70の側壁部75が磁氣的に接続されているため、第2ヨーク40から側壁部75を通る磁路が確保される。さらに、上述のように、側壁部75の平面視形状は、第3ヨーク70の角部が厚く、辺部が薄くなっているため、特に角部に対応する側壁部75において広い磁路が確保でき、この磁路に沿って磁界が確実に生成される(図5(B)参照)。

10

【0027】

第3ヨーク70は、中心軸11を含む領域に略円柱形の貫通孔73を有する。貫通孔73は、第3ヨーク70を上下方向に貫通している。この貫通孔73内の空間は、第1ヨーク30の内周面34に囲まれた空間と、上下方向に連通している。

20

【0028】

次に、操作部100の構造について説明する。

図2・図3に示すように、操作軸としてのシャフト部110は、中心軸11に沿って上下に延びる棒状材であり、上側の軸部111と、軸部111よりも下側に設けられた溝部112とを有する。溝部112は、外周面に中心軸11を中心とした螺旋状の溝が設けられている。溝部112の下面中央に設けた先端部113は下に行くほど先細となる形状を有する。

【0029】

図3に示すように、磁性ディスク120は、磁性材料で構成され、上下方向に直交するように配置される円形平面を有する円板状の部材である。磁性ディスク120の円形平面の中心には、上下方向に貫通する中央孔部121が設けられ、この中央孔部121を囲む位置には、磁性ディスク120を上下に貫通する複数の貫通孔部122が設けられている。磁性ディスク120は、下方から貫通孔部122内に挿通させたネジ91の軸部をシャフト部110の溝部112内に嵌め込むことによって、シャフト部110に対して固定される。

30

【0030】

図4に示すように、シャフト部110は、軸部111がラジアル軸受150によって回転自在に支持され、溝部112の下端の先端部113が磁性ディスク120の中央孔部121を通じて支持部材(ピボット支持部材)140でピボット支持される。ラジアル軸受150は第3ヨーク70及び第1ヨーク30によって、上下方向の所定位置で支持される。溝部112の溝にはリング116が装着されている。これにより、シャフト部110は、第1ヨーク30との密着性を維持しつつ、第1ヨーク30、第2ヨーク40、及び、第3ヨーク70に対して、中心軸11を中心として回転可能に支持される。軸部111の上部は第3ヨーク70の上方に露出されており、軸部111の露出部分には、入力操作に必要な部材をシャフト部110に結合するための結合孔部114、115が設けられている。

40

【0031】

図4~図6に示すように、磁性ディスク120は、第1ヨーク30と第2ヨーク40との間の隙間80において、中心軸11に直交する方向に延びるように配設されている。よって、磁性ディスク120は、中心軸11に沿った方向において、励磁コイル50と互い

50

に重複するように位置する。この場合、磁性ディスク120と励磁コイル50は、中心軸11に沿った方向において、少なくとも一部が重複するように位置していればよい。図6に示すように、磁性ディスク120の上面124と第1ヨーク30の底面35との間に隙間81が存在し、また、磁性ディスク120の下面125と第2ヨーク40の上面41との間には隙間82が存在する。さらに、磁性ディスク120の外周面126と第3ヨーク70の側壁部75とは、磁気ギャップGによって離間している。

【0032】

シャフト部110を回転操作することによって磁性ディスク120が第1ヨーク30及び第2ヨーク40に対して相対的に回転するとき、磁性ディスク120の上面124と第1ヨーク30の底面35との間の上下方向の距離は、略一定に保たれ、磁性ディスク120の下面125と第2ヨーク40の上面41との間の上下方向の距離は略一定に保たれ、さらに、磁性ディスク120の外周面126と側壁部75の内周面71との径方向の距離も略一定に維持される。

10

【0033】

図4～図6に示すように、磁性ディスク120の周囲の隙間80には磁気粘性流体160が満たされている。したがって、磁性ディスク120の上面124と第1ヨーク30の底面35とに上下方向を挟まれた隙間81に磁気粘性流体160が存在し、かつ、磁性ディスク120の下面125と第2ヨーク40の上面41とに上下方向を挟まれた隙間82にも磁気粘性流体160が存在する。さらに、磁性ディスク120の外周面126と第3ヨーク70の側壁部75とに径方向に挟まれた空間（磁気ギャップG）にも磁気粘性流体160が存在する。磁性ディスク120の周囲の隙間80は、シャフト部110、リング116、支持部材140、第1ヨーク30、第2ヨーク40、第3ヨーク70、および環状部材60等で封止されている。このため、磁気粘性流体160は隙間80内に確実に保持される。

20

【0034】

ここで、隙間80の全てが磁気粘性流体160で埋められていなくてもよい。例えば、磁気粘性流体160は、上面124側と下面125側とのいずれか一方のみに存在していてもよい。また、磁気粘性流体160は、隙間80内に注入して充填するほか、磁性ディスク120の上面124や下面125、円環部31の底面35、第2ヨーク40の上面41、環状部材60の下面61、第3ヨーク70の内周面71などに塗布することによって隙間80内に配置しても良い。

30

【0035】

磁気粘性流体160は、磁界が印加されると粘度が変化する物質であり、例えば、非磁性の液体（溶媒）中に磁性材料からなる粒子（磁性粒子）が分散された流体である。磁気粘性流体160に含まれる磁性粒子としては、例えば、カーボンを含有した鉄系の粒子やフェライト粒子が好ましい。カーボンを含有した鉄系の粒子としては、例えば、カーボン含有量が0.15%以上であることが好ましい。磁性粒子の直径は、例えば0.5 μ m以上が好ましく、さらには1 μ m以上が好ましい。磁気粘性流体160は、磁性粒子が重力で沈殿しにくくなるように、溶媒と磁性粒子を選定することが望ましい。さらに、磁気粘性流体160は、磁性粒子の沈殿を防ぐカップリング材を含むことが望ましい。

40

【0036】

励磁コイル50に対して電流が印加されると、上述したように図4(B)に示すような磁界が発生し、磁性ディスク120においては上下方向に沿った方向のみの磁束が横断し、磁性ディスク120の内部では、径方向に沿った磁束は生じないか生じてもその磁束密度はわずかである。この磁界により、第2ヨーク40においては径方向に沿った磁力線が生じ、第3ヨーク70の側壁部75においては、磁性ディスク120における磁力線とは逆方向で上下方向に沿った方向の磁力線が生じる。さらに、第3ヨーク70の上壁部74においては、第2ヨーク40における磁力線とは逆方向であって径方向に沿った方向の磁力線が生じる。

【0037】

50

磁気粘性流体 160 においては、励磁コイル 50 による磁界が生じていないときには、磁性粒子は溶媒内で分散されている。したがって、操作者がシャフト部 110 を操作すると、保持部 20 は、大きな抵抗力を受けずに、操作部 100 に対して相対的に回転する。あるいは、励磁コイル 50 に通電されていない状態で、ヨーク内に残留磁束があるときは、その残留磁束の密度に応じてシャフト部 110 に抵抗トルクが残留する。

【0038】

一方、励磁コイル 50 に電流を印加して磁界を発生させると、磁気粘性流体 160 には上下方向に沿った磁界が与えられる。この磁界により、磁気粘性流体 160 中で分散していた磁性粒子は磁力線に沿って集まり、上下方向に沿って並んだ磁性粒子が磁氣的に互いに連結される。この状態において、中心軸 11 を中心とする方向にシャフト部 110 を回

10

【0039】

本実施形態では、シャフト部 110 から径方向外側に円板状に広がった磁性ディスク 120 を使用しているため、シャフト部 110 だけの場合に比べると広い範囲に磁気粘性流体 160 を配置できる。さらに、磁気粘性流体 160 の抵抗力の大きさは、第 1 ヨーク 30 の底面 35 または第 2 ヨーク 40 の上面 41 に上下方向を挟まれた磁気粘性流体 160 の配置範囲の広さに関係する。特に、シャフト部 110 の操作によって磁性ディスク 120 を回転させたときの磁気粘性流体 160 による抵抗力の大きさは、その回転方向に直交する面の磁気粘性流体 160 の面積に関係する。よって、磁気粘性流体 160 の配置範囲

20

【0040】

図 7 は、トルク発生装置 10 の制御システムのブロック図である。トルク発生装置 10 は、上述の励磁コイル 50 とホール素子 52 のほかに制御部 170 を更に備える。

図 4 (B) に示すように、磁気測定部としてのホール素子 52 は、励磁コイル 50 に電流を印加することによって発生する磁界の磁路に配置されている。より具体的には、ホール素子 52 は、第 3 ヨーク 70 の上壁部 74 の内部のうち、励磁コイル 50 の上方に配置されている。この位置への配置は、上壁部 74 に設けた凹部内へホール素子 52 を挿入することによって行い、接着によって固定する。このように、励磁コイル 50 が発生する磁界の磁路にホール素子 52 を配置することによって、この磁界による磁場を正確に測定

30

【0041】

なお、ホール素子 52 は、励磁コイル 50 が発生する磁界の磁路上であればほかの位置に配置することもできる。また、磁気測定部としては、ホール素子に限定されず、例えば磁気抵抗効果素子を用いることもできる。

【0042】

制御部 170 は、ホール素子 52 によって測定される磁場の大きさ（磁束密度）に応じて、励磁コイル 50 に印加する電流の大きさを制御し、これによって励磁コイル 50 が発生する磁界を制御する。制御部 170 は、例えば、中央演算処理装置と記憶装置とを含み、記憶装置に記憶されたプログラムを中央演算処理装置で実行することにより制御を実行する。ホール素子 52 によって測定された磁場と励磁コイル 50 に印加する電流との関係は、計算によって逐次算出してもよいし、予め作成した対応テーブルに基づいて指定してもよく、また、これ以外の方法によって指定しても良い。このような制御によって、磁場をほぼゼロとすることができ、操作者に対して安定した操作感触を与えることができる。

40

【0043】

また、残留磁場が略一定値となるように制御することもできる。これによっても、操作者に対して安定した操作感触を与えることが可能となる。この制御においては、残留磁場の磁束密度を一定値、例えば 3 mT 以上に保つようにすると、励磁コイル 50 への電流の印加を長い時間にわたって行わなかったときに重力によって磁気粘性流体 160 中の磁性

50

粒子が沈殿し、操作者が受ける感触が変化してしまうことを防ぐことができる。

【 0 0 4 4 】

ここで、ホール素子 5 2 に加えて、機械的、電磁的、光学的またはその他の方法によって、保持部 2 0 と操作部 1 0 0 との相対的な位置を検出する検出部を設けても良い。この検出部は、例えばロータリーエンコーダーである。

【 0 0 4 5 】

図 8 (A) は第 1 実施形態における磁性ディスク 1 2 0 の構成を示す斜視図、(B) は比較例における磁性ディスク 1 8 0 の構成を示す斜視図である。図 9 は、図 8 (A) に示す第 1 実施形態の磁性ディスク 1 2 0 における磁束密度の分布と、図 8 (B) に示す比較例の磁性ディスク 1 8 0 における磁束密度の分布を比較して示すグラフである。図 9 においては、比較例の磁性ディスク 1 8 0 の磁束密度分布を実線 L 1 で示し、第 1 実施形態の磁性ディスク 1 2 0 の磁束密度分布を破線 L 2 で示している。なお、範囲 P 1 では、2 つの線 L 1、L 2 は互いに重なっている。

10

【 0 0 4 6 】

比較例における磁性ディスク 1 8 0 は、第 1 実施形態における磁性ディスク 1 2 0 と同様に、磁性材料で構成され、上下方向に直交するように配置される円形平面を有し、その円形平面の中心には、上下方向に貫通する中央孔部 1 8 1 が設けられ、この中央孔部 1 2 1 を囲む位置には、上下に貫通する複数の貫通孔部 1 8 2 が設けられている。磁性ディスク 1 8 0 は、第 1 実施形態における磁性ディスク 1 2 0 と同様に、貫通孔部 1 8 2 内に挿通させたネジ 9 1 の軸部をシャフト部 1 1 0 の溝部 1 1 2 内に嵌め込むことによって、シ

20

【 0 0 4 7 】

比較例における磁性ディスク 1 8 0 には、さらに、上下方向（厚み方向）に貫通する 4 つのスリット 1 8 3 a、1 8 3 b、1 8 3 c、1 8 3 d が設けられている。これらのスリットは、円形平面の中心から同一の距離に、周方向に沿って、等角度間隔に設けられている。比較例において励磁コイル 5 0 に図 4 (B) に示す磁界を発生させると、4 つのスリット 1 8 3 a、1 8 3 b、1 8 3 c、1 8 3 d が磁気ギャップとして機能することになり、4 つのスリット 1 8 3 a、1 8 3 b、1 8 3 c、1 8 3 d よりも中心軸 1 1 側（内側）では、第 1 ヨーク 3 0 から第 2 ヨーク 4 0 に向けて、磁束が下向きに横断し、4 つのスリット 1 8 3 a、1 8 3 b、1 8 3 c、1 8 3 d よりも外側では、第 2 ヨーク 4 0 から第 1

30

【 0 0 4 8 】

図 9 の横軸は磁性ディスク 1 8 0 の円形平面の中心からの距離（単位 mm）であり、縦軸は各位置における磁束密度（単位 mT）である。図 9 に示すように、中央孔部 1 2 1 や貫通孔部 1 8 2 が設けられた中心近傍、すなわち距離 4 mm 未満の範囲 P 1 では磁束密度は小さいが、距離 4 mm 以上の範囲 P 2 では一定以上の磁束密度が示されている。

【 0 0 4 9 】

図 9 において距離約 9 ~ 9 . 5 mm の範囲 S はスリット 1 8 3 a、1 8 3 b、1 8 3 c、1 8 3 d を設けた範囲に対応する。図 9 に示すように、この範囲 S では、励磁コイル 5 0 による磁界の磁束の通過が規制されているため磁束密度が大きく低下している。さらに、範囲 S から中心側へ約 2 mm の範囲 P 3 と外周側へ約 2 mm の範囲 P 4 の周辺範囲においても、磁束密度の低下が見られる。

40

【 0 0 5 0 】

さらに、前記周辺範囲 P 4 の外側の範囲 P 5 では、範囲 P 2 に対して磁束密度の上昇が見られる。これは、中心側の範囲 P 2 を通過した磁束が、範囲 P 2 よりも狭い範囲 P 5 で上向きに横断するからである。

【 0 0 5 1 】

これに対して第 1 実施形態の磁性ディスク 1 2 0 には、励磁コイル 5 0 が発生する磁界の磁束の通過を規制するスリット（磁気ギャップ）が設けられておらず、磁気ディスク 1 2 0 の半径方向の全域において、第 1 ヨーク 3 0 から第 2 ヨーク 4 0 に向けて下向きに均

50

ーに磁束が通過する。このため、図9において破線L2で示すように、中心近傍よりも外側の広い範囲でほぼ一定の磁束密度を得ることができる。すなわち、比較例の磁性ディスク180のようにスリットに対応する範囲Sとその周辺の範囲P3、P4で磁束密度が低下することがなく、また、最も外側の範囲P5で磁束密度が上昇することもない。

【0052】

比較例の磁性ディスク180に比べて、第1実施形態の磁性ディスク120では、スリットが設けられておらず、かつ、上下方向に沿った同一方向の磁界がかかるため、抵抗力の制御が容易となる。また、磁性ディスク120に対して同一方向の磁界がかかるため、小さな半径で十分な抵抗力を与えることが可能となる。

【0053】

以下に変形例について説明する。

上記第1実施形態では、別個の3つのヨーク30、40、70を組み合わせて構成したが、3つのヨークのうちの2つ又は3つのヨークを一体として構成してもよい。この構成の場合も、磁性ディスク120を挟む両側に2つのヨークを配置し、励磁コイル50の外側において磁路を構成するように第3のヨークを配置する。

【0054】

磁気ギャップGは、第1ヨーク30と第3ヨーク70とを径方向において互いに離間させるようにこれらの間に設けられ、第1実施形態では磁性ディスク120の外周縁である外周面126と重なる位置に形成されていた。別言すると、中心軸11に直交する方向において、磁気ギャップGの一面を形成していた円環部31の外周面31aと略一致する位置に磁性ディスク120の外周面126が位置していた。これに対して、磁性ディスク120の外周面126は、円環部31の外周面31aよりも中心軸11側に位置していてもよい。すなわち、磁気ギャップGは、磁性ディスク120の外周縁よりも外側にあってもよい。

【0055】

<第2実施形態>

図10(A)は第2実施形態に係るトルク発生装置200の概略構成を上側から見た斜視図、(B)は下側から見た斜視図である。図11はトルク発生装置200の概略構成を上側から見た分解斜視図である。図12はトルク発生装置200の概略構成を下側から見た分解斜視図である。図13は、第2実施形態に係るトルク発生装置200の概略構成を示す断面図である。図13は、図4(A)、(B)に対応する断面図であり、左右対称であるため右側の図示を省略している。また、軸受、ネジなどの細部を省略して概略を示している。第2実施形態のトルク発生装置200においては、励磁コイル251、252が発生する磁界の磁路上であって、第3ヨーク270の途中に永久磁石260が配置されている点が第1実施形態のトルク発生装置10と異なる。

【0056】

図10～図13に示すトルク発生装置200は、シャフト部210、磁性ディスク220、第1ヨーク230、第2ヨーク240、2つの励磁コイル251、252、永久磁石260、磁気測定部としてのホール素子261、環状部材262、及び、第3ヨーク270を備えている。磁性ディスク220は、第1実施形態と同様に、磁気粘性流体を満たした、第1ヨーク230と第2ヨーク240の隙間内において、中心軸201を中心に回転可能に配置されている。シャフト部210及び磁性ディスク220を操作部とし、第1ヨーク230、第2ヨーク240、2つの励磁コイル251、252、永久磁石260、及び、第3ヨーク270を保持部としたとき、第1実施形態と同様に、操作部は、中心軸201を中心として両方向に回転するように保持部に支持されている

【0057】

図13においては、2つの励磁コイル251、252が発生した磁界を矢印で示している。この磁界は、図4(B)に示す例とは逆向きの電流を2つの励磁コイル251、252に加えた場合のものであって、図4(B)に示す向きと反対向きの磁界を発生させている。なお、図4(B)に示す例と同じ向きの電流を流すことによって図4(B)に示す向

10

20

30

40

50

きと同じ向きの磁界を得ることもできる。シャフト部 210 の構成、及び、その支持構成は第 1 実施形態のシャフト部 110 と同様であり、また、磁性ディスク 220 の構成、及び、その支持構成も第 1 実施形態の磁性ディスク 120 と同様であるため、これらの詳細な説明は省略する。

【0058】

第 1 ヨーク 230 及び第 2 ヨーク 240 は、第 1 実施形態の第 1 ヨーク 30 及び第 2 ヨーク 40 と同様に、磁性ディスク 220 を挟んで上下の位置にそれぞれ配置されている。第 1 ヨーク 230 は、第 1 実施形態の第 1 ヨーク 30 と同様に、円環部 231 と、円環部 231 の上面から円環部 231 と同心状に上側へ延びるように一体に設けられた円筒部 232 とを備える。円環部 231 と円筒部 232 は、平面視において、中心軸 201 を中心とする円形状をなしており、その外径は、円環部 231 よりも円筒部 232 の方が小さくされている。円環部 231 と円筒部 232 の外径の違いにより、円筒部 232 の外側に段差部 233 が形成される。

【0059】

第 1 ヨーク 230 の段差部 233 には磁界発生部としての 2 つの励磁コイル 251、252 が配設される。これらの励磁コイル 251、252 は互いに同一形状を有し、その内周は第 1 ヨーク 230 の円筒部 232 の外周面に沿った円環状をなしており、外周は径方向において円環部 231 と略同一の位置に配置される。励磁コイル 251、252 は、中心軸 201 の周りを回るように巻き付けられた導線を含むコイルであり、第 1 実施形態の励磁コイル 50 と同様に電流が供給され、これによって磁界が発生する。これらの励磁コイル 251、252 は同じ向きの磁界を発生するように上下に重ねて配置される。発生する磁界を小さくしたいときには、励磁コイル 251、252 のうち一方のみに電流を供給するように制御してもよい。なお、2 つの励磁コイル 251、252 を配設する代わりに、第 1 実施形態の励磁コイル 50 と同様に、1 つのコイルを配設する構成としてもよい。

【0060】

第 2 実施形態においても、第 1 実施形態の環状部材 60 と同様の材料・形状の環状部材 262 が設けられている。この環状部材 262 は、第 1 ヨーク 230 の円環部 231 の外周面に沿って固定されており、平面視において、段差部 233 に配設された励磁コイル 251、252 よりも大きな外径の円形状を有する。図 13 に示すように、環状部材 262 の下面は、第 1 ヨーク 230 の底面と略同一面を形成し、この面は、中心軸 201 に直交する方向に沿って延びる。環状部材 262 の径方向の厚みは、励磁コイル 251、252 が発生した磁界が、環状部材 262 を通じて径方向に通じることを妨げることができる厚みとなっている。

【0061】

図 10 (A)、(B) に示すように、第 3 ヨーク 270 は円筒状の外形形状を備える。図 13 に示すように、第 3 ヨーク 270 は、2 つの励磁コイル 251、252 の上側を覆う上壁部 271 と、上壁部 271 から励磁コイル 251、252 の内側を下方へ延びる内壁部 272 と、上壁部 271 から励磁コイル 251、252 の外側を下方へ延びる外壁部 273 とを備える。内壁部 272 と外壁部 273 は、図 11 に示すように、中心軸 201 について同心状に配置されている。

【0062】

第 3 ヨーク 270 の上壁部 271 及び内壁部 272 は、第 1 ヨーク 230 の円筒部 232 に接触した状態で固定されており、これによって、第 1 ヨーク 230 と第 3 ヨーク 270 とが磁氣的に接続される。また、第 3 ヨーク 270 の外壁部 273 は中心軸 201 と平行な方向に沿って見たときに円形であり、その下部が第 2 ヨーク 240 に接触固定されており、これによって、第 2 ヨーク 240 と第 3 ヨーク 270 が磁氣的に接続される。これらによって図 13 の矢印で示すような磁界の磁路が形成される。すなわち、中心軸 201 の方向に沿って第 2 ヨーク 240 から第 1 ヨーク 230 側へ磁束が磁性ディスク 220 を横断し、この磁束は第 1 ヨーク 230 では中心軸 201 に沿って上方向へ進み、第 3 ヨーク 270 に至る。第 3 ヨーク 270 の上壁部 271 では、中心軸 201 から遠ざかる方向

に進んで外壁部 273 に至り、外壁部 273 では中心軸 201 に沿った下方向へ進み、第 2ヨーク 240 に至る。第 2ヨーク 240 では中心軸 201 へ近づく方向へ進行し、再び磁性ディスク 220 を横断して第 1ヨーク 230 に至る。

【0063】

2つの励磁コイル 251、252 が発生する磁界の磁路上であって、第 3ヨーク 270 の外壁部 273 には永久磁石 260 が配置されている。永久磁石 260 は、下側の励磁コイル 252 に対応する位置に配置され、2つの励磁コイル 251、252 が発生する磁界の方向に沿った方向に磁界を発生するように磁極が配置されている。また、永久磁石 260 は環状部材 262 に接触・支持されている。なお、永久磁石は、2つの励磁コイル 251、252 が発生する磁界の方向に沿った方向に磁界を発生することができれば、図 13 10 に示す以外の位置に設けることができ、また、その数も 2つ以上であってもよい。また、永久磁石 260 は、2つの励磁コイル 251、252 による磁界の方向と同じ向きとする配置に限定されるものでなく、2つの励磁コイル 251、252 による磁界の方向と反対向きとなる磁界を与えるように磁極を配置することもできる。

【0064】

磁性ディスク 220 の周囲の隙間は、シャフト部 210、第 1ヨーク 230、第 2ヨーク 240、第 3ヨーク 270、及び、環状部材 262 等によって封止されているため、この隙間を満たす磁気粘性流体は永久磁石 260 と確実に分離されている。

【0065】

永久磁石 260 を設けることによって、2つの励磁コイル 251、252 に電流を印加していない状態においても初期磁界を発生させることができる。このため、永久磁石 260 による初期磁界を含む残留磁場を磁気粘性流体に与えることができることから、シャフト部 210 を回転させようとする力に対して抵抗力（トルク）を与えることが可能となる。永久磁石 260 による初期磁界を含む残留磁場を与えることで、磁気粘性流体の内部での磁性粒子の沈殿を防止することができ、その後、励磁コイル 251、252 に通電したときの抵抗トルクの立ち上がりを速くすることができる。また、上記の構成とは逆に、2つの励磁コイル 251、252 による磁界の方向と反対向きとなる初期磁界を与えるように永久磁石 260 の磁極を配置した場合には、2つの励磁コイル 251、252 への電流の制御によって、磁性ディスク 220 を横断する磁束をゼロに近づけることが可能となるため、シャフト部 210 の操作抵抗をゼロに制御することができる。これに対して、図 8 30 (B) に示す比較例において永久磁石を追加した構成においては、スリット 183a、183b、183c、183d の内側と外側とで磁界が逆向きであり、磁束密度も異なるため、残留磁場をゼロにすることは困難であり、操作抵抗をゼロに制御することは難しい。

【0066】

永久磁石 260 を設けることによって、2つの励磁コイル 251、252 に電流を印加していない状態において、磁気粘性流体に初期磁界を含む残留磁場を与えることができるため、磁気粘性流体中の磁性粒子が重力で沈殿することを防止することができ、所望の分散状態を維持できる。よって、2つの励磁コイル 251、252 に電流を印加していなかった時間の大小にかかわらず、操作者が受ける抵抗を所定の範囲に制御することができる。 40

【0067】

磁気測定部としてのホール素子 261 は、励磁コイル 251、252 に電流を印加することによって発生する磁界の磁路に配置されている。より具体的には、ホール素子 261 は、第 3ヨーク 270 の上壁部 271 の内部のうち、励磁コイル 251、252 の上方に配置されている。この位置への配置は、上壁部 271 に設けた凹部内へホール素子 261 を挿入することによって行い、接着によって固定する。このように、励磁コイル 251、252 が発生する磁界の磁路にホール素子 261 を配置することによって、この磁界による磁場を正確に測定することができ、また、励磁コイル 251、252 への電流の印加を停止した後の残留磁場も正確に測定できる。また、ホール素子 261 を、磁界を発生する励磁コイル 251、252、2つのヨーク 230、240 や、及び、磁性ディスク 220 50

から離れた位置に配置しているため、磁性ディスク 220 が配置された隙間における磁界を安定したものにすることができる。

なお、その他の構成、作用、効果は第 1 実施形態と同様である。

本発明について上記実施形態を参照しつつ説明したが、本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、改良の目的または本発明の思想の範囲内において改良または変更が可能である。

【産業上の利用可能性】

【0068】

以上のように、本発明に係るトルク発生装置は、小型化が容易であり、かつ、大きなせん断応力を得ることができる点で有用である。

10

【符号の説明】

【0069】

10 トルク発生装置

11 中心軸

20 保持部

30 第 1 ヨーク

31 円環部

32 円筒部

33 段差部

34 内周面

20

35 底面

40 第 2 ヨーク

41 上面

42 溝

43 孔部

50 励磁コイル (磁界発生部)

52 ホール素子 (磁気測定部)

60 環状部材

70 第 3 ヨーク

71 内周面

30

72 空間

73 貫通孔

74 上壁部

75 側壁部

80、81、82 隙間

100 操作部

110 シャフト部 (操作軸)

111 軸部 (操作軸)

112 溝部

113 先端部

40

114、115 結合孔部

120 磁性ディスク

121 中央孔部

122 貫通孔部

140 支持部材

150 ラジアル軸受

160 磁気粘性流体

170 制御部

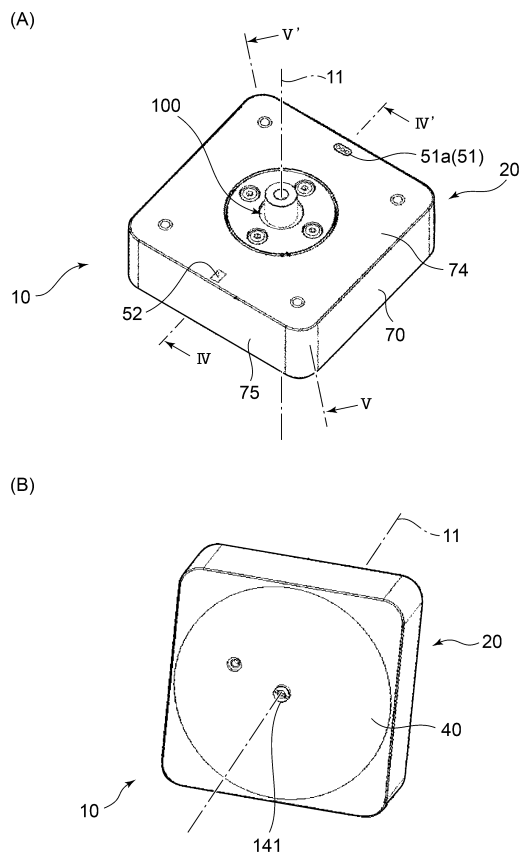
200 トルク発生装置

201 中心軸

50

- 2 1 0 シャフト部
- 2 2 0 磁性ディスク
- 2 3 0 第1ヨーク
- 2 3 1 円環部
- 2 3 2 円筒部
- 2 3 3 段差部
- 2 4 0 第2ヨーク
- 2 5 1、2 5 2 励磁コイル
- 2 6 0 永久磁石
- 2 6 1 ホール素子 (磁気測定部)
- 2 6 2 環状部材
- 2 7 0 第3ヨーク
- 2 7 1 上壁部
- 2 7 2 内壁部
- 2 7 3 外壁部
- G 磁気ギャップ

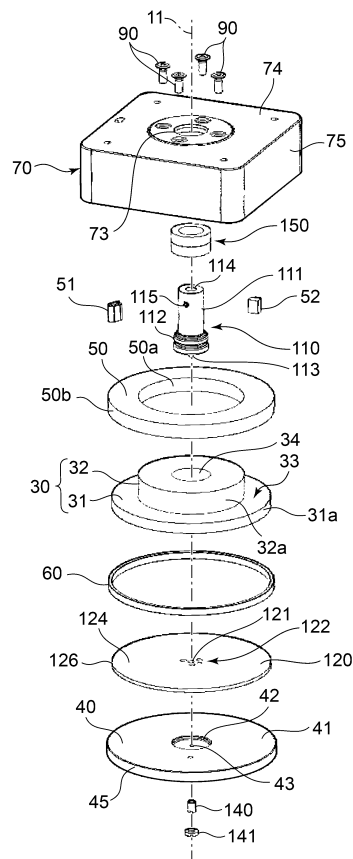
【図1】



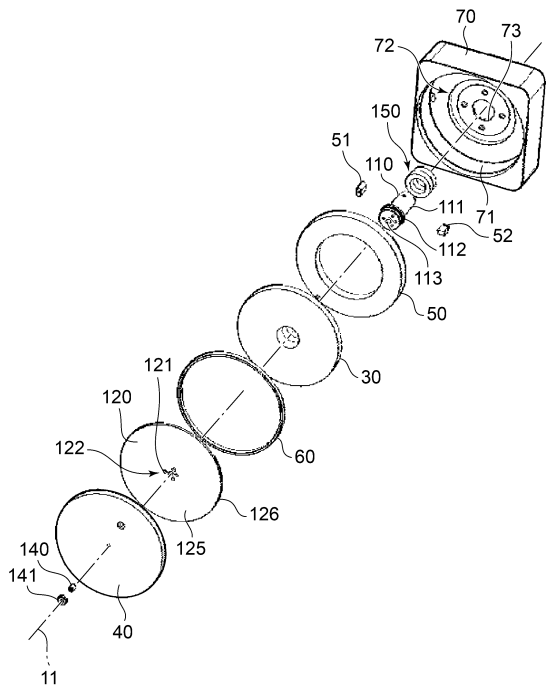
【図2】

図1

図2



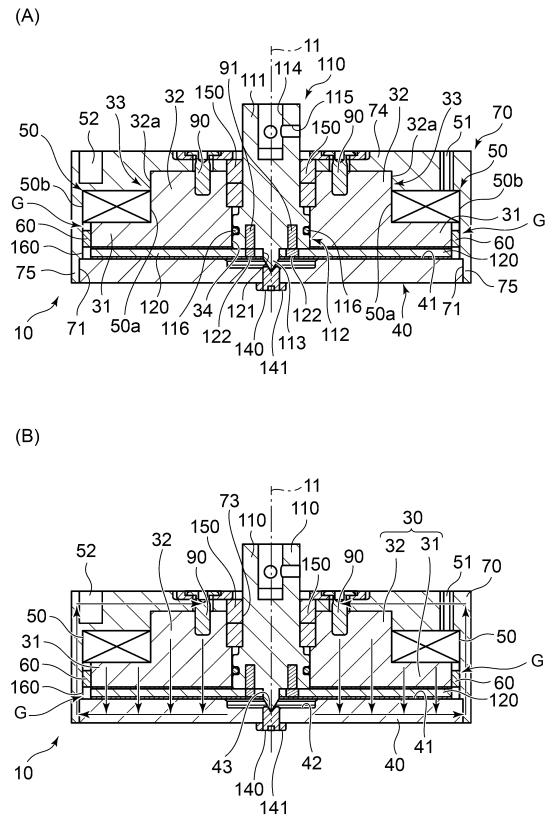
【図3】



【図4】

図3

図4

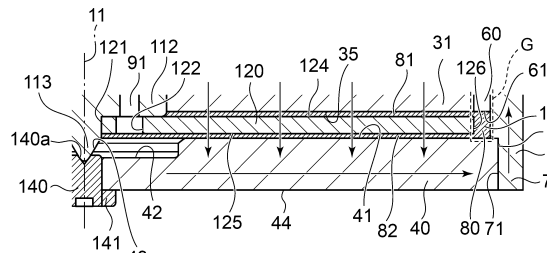
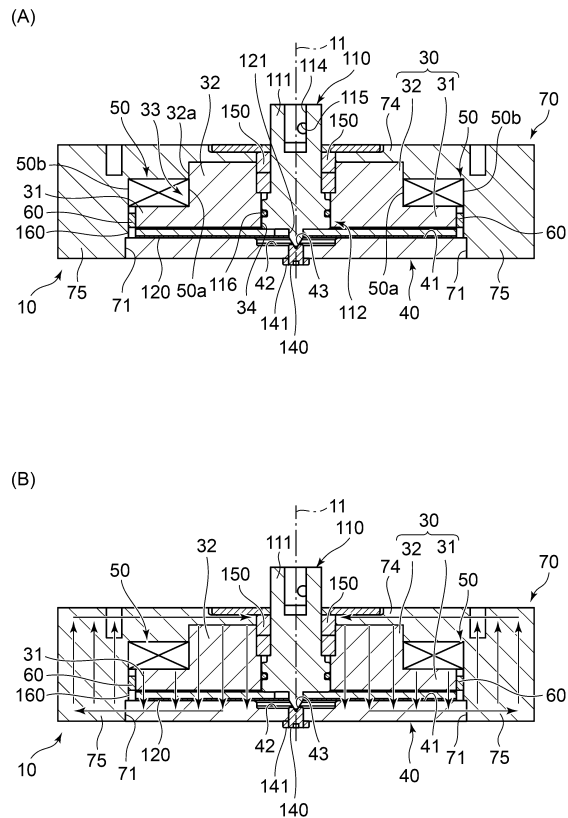


【図5】

【図6】

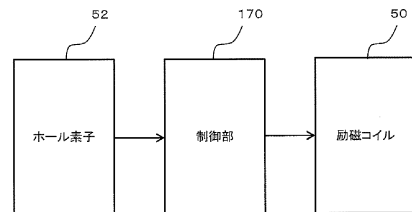
図5

図6

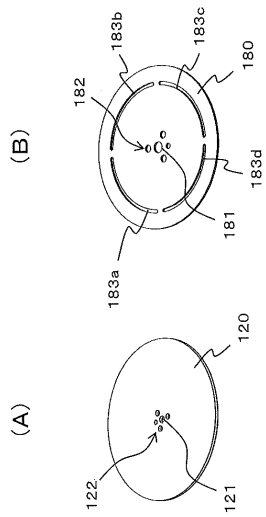


【図7】

【図7】

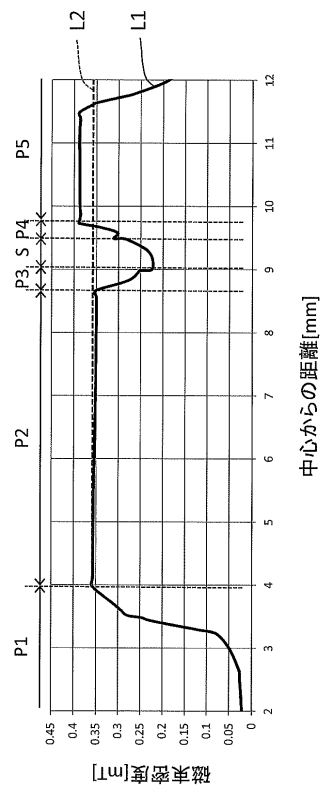


【図8】



【図8】

【図9】



【図9】

【図10】

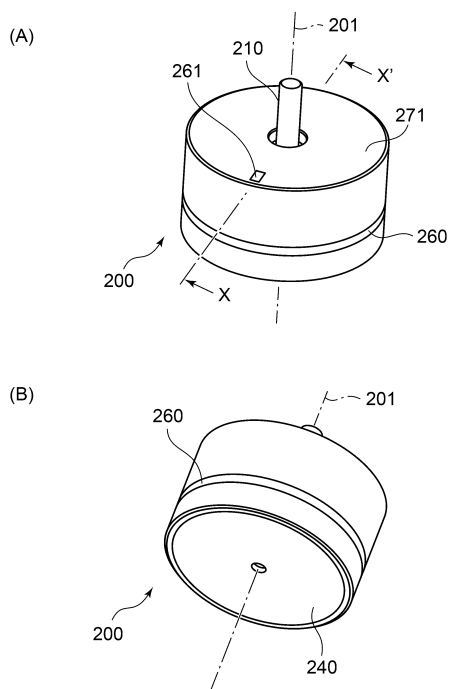


図10

【図11】

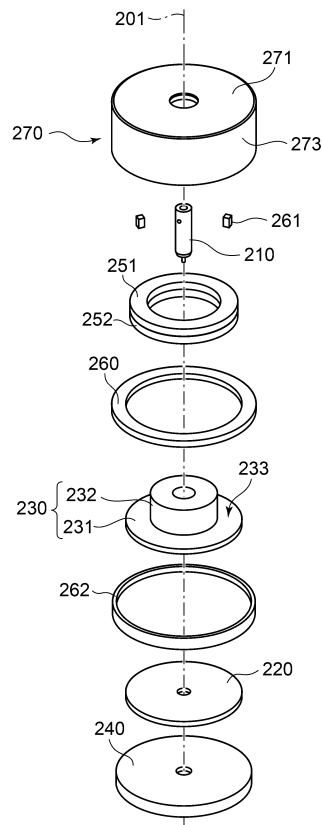


図11

【 図 1 2 】

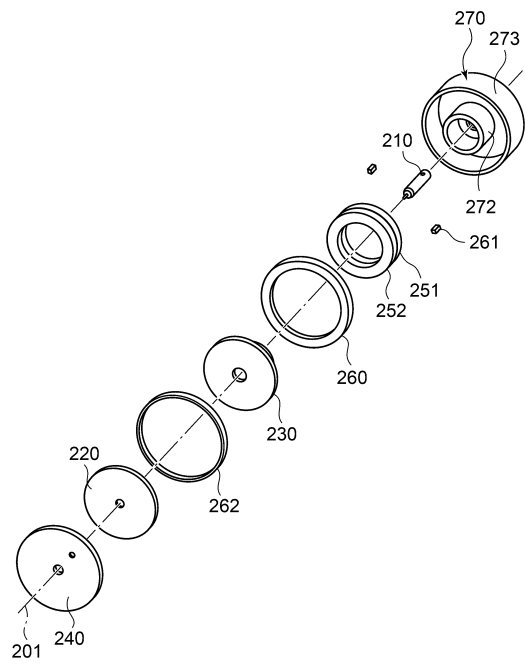


図12

【 図 1 3 】

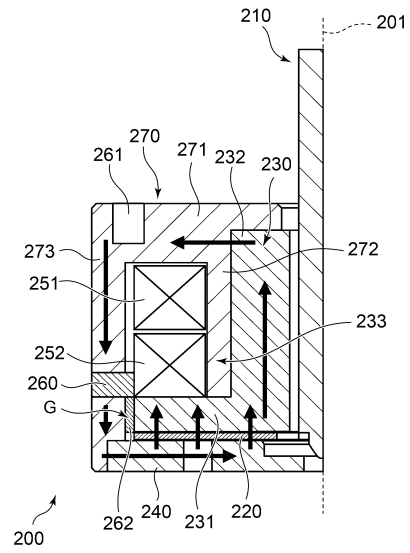


図13

フロントページの続き

- (72)発明者 高橋 未鈴
東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプスアルパイン株式会社内
- (72)発明者 久家 祥宏
東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプスアルパイン株式会社内
- (72)発明者 後藤 厚志
東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプスアルパイン株式会社内

審査官 竹村 秀康

- (56)参考文献 特開2017-116014(JP,A)
米国特許第02738044(US,A)
実開昭62-055743(JP,U)
特開2005-090663(JP,A)
実開平04-017685(JP,U)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
F16D 49/00 - 71/04
F16F 9/53