

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5372583号
(P5372583)

(45) 発行日 平成25年12月18日(2013.12.18)

(24) 登録日 平成25年9月27日(2013.9.27)

(51) Int. Cl. F I
G O 1 L 3/10 (2006.01) G O 1 L 3/10 3 O 1 H
B 6 2 D 5/04 (2006.01) B 6 2 D 5/04

請求項の数 6 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2009-101042 (P2009-101042)	(73) 特許権者	000005326
(22) 出願日	平成21年4月17日 (2009.4.17)		本田技研工業株式会社
(65) 公開番号	特開2010-249734 (P2010-249734A)		東京都港区南青山二丁目1番1号
(43) 公開日	平成22年11月4日 (2010.11.4)	(74) 代理人	100077665
審査請求日	平成23年11月25日 (2011.11.25)		弁理士 千葉 剛宏
		(74) 代理人	100116676
			弁理士 宮寺 利幸
		(74) 代理人	100142066
			弁理士 鹿島 直樹
		(74) 代理人	100149261
			弁理士 大内 秀治
		(72) 発明者	清水 康夫
			埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社 本田技術研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁歪式トルクセンサ及び電動パワーステアリング装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

軸部材に設けられた少なくとも1つの磁歪材と、該磁歪材の磁気特性の変化を検出するコイルとを有する磁歪式トルクセンサであって、

前記コイルの近傍に軟磁性の金属部材が設けられ、

前記軟磁性の金属部材は、中空の円筒状を有し、

前記軟磁性の金属部材は、前記軸部材とは別に作られた部材であり、

前記軟磁性の金属部材は、前記コイルを軸方向に挟むように前記コイルの軸方向両端に設けられ、

前記軟磁性の金属部材は、その一部にスリットが形成され、

少なくとも前記軸部材、前記磁歪材及び前記コイルを収容するハウジングを有し、

前記ハウジングは、前記軸部材の軸方向に開口部を備え、前記開口部に前記軟磁性の金属部材が設けられていることを特徴とする磁歪式トルクセンサ。

【請求項2】

請求項1記載の磁歪式トルクセンサにおいて、

前記軸部材のうち、前記磁歪材の軸方向中央に対して上下対称の位置に、前記軟磁性の金属部材が設けられていることを特徴とする磁歪式トルクセンサ。

【請求項3】

請求項1又は2記載の磁歪式トルクセンサにおいて、

前記コイルは、前記ハウジングに弾性部材を介して支持されていることを特徴とする磁

10

20

歪式トルクセンサ。

【請求項 4】

請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の磁歪式トルクセンサにおいて、
前記ハウジングの一方の前記開口部の開口の大きさが、他方の前記開口部の開口の大き
さよりも小さく設定されていることを特徴とする磁歪式トルクセンサ。

【請求項 5】

請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の磁歪式トルクセンサにおいて、
前記コイルと前記ハウジングとの間に空隙を有することを特徴とする磁歪式トルクセン
サ。

【請求項 6】

運転者が車両のステアリングホイールを操舵することによって発生する操舵トルクを検出する操舵トルクセンサを有し、モータの動力を操舵系に直接作用させて、運転者の前記操舵トルクを軽減する電動パワーステアリング装置において、

前記操舵トルクセンサは、請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の磁歪式トルクセンサであ
ることを特徴とする電動パワーステアリング装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、磁歪に起因する磁気特性の変化に基づいてトルクを検出する磁歪式トルクセンサと、該磁歪式トルクセンサを具備した電動パワーステアリング装置に関する。

【背景技術】

【0002】

非接触式トルクセンサとして、磁歪に起因する磁気特性の変化に基づいてトルクを検出する磁歪式トルクセンサが知られている。磁歪式トルクセンサは、車両用ステアリング装置の操舵トルク検出等に用いられている（特許文献 1 参照）。

【0003】

この種の磁歪式トルクセンサは、磁気異方性を異にする 2 つの磁歪膜（第 1 磁歪膜及び第 2 磁歪膜）をシャフトに設けると共に、第 1 磁歪膜及び第 2 磁歪膜に対向してそれぞれ第 1 コイル及び第 2 コイルを配置して構成されている。そして、シャフトにトルク（よじれ）が加えられると、第 1 磁歪膜及び第 2 磁歪膜の透磁率が変化し、これに応じて第 1 コイル及び第 2 コイルの各インダクタンスが変化するため、第 1 コイル及び第 2 コイルのインピーダンスあるいは誘導電圧の変化としてトルクを検出することができる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2004 - 309184 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ところで、特許文献 1 に示す従来の磁歪式トルクセンサ 200 は、図 7 に示すように、端部にラック・ピニオンギヤ 202 のピニオンギヤ 204 を有する操舵軸 206 が一体的に設けられる。この操舵軸 206 は、第 1 軸受け 208 a ~ 第 3 軸受け 208 c によりハウジング 210（第 1 ハウジング部 210 a、第 2 ハウジング部 210 b 及び蓋部 210 c）に回転自在に支持される。第 1 ハウジング部 210 a は樹脂で構成され、第 2 ハウジング部 210 b 及び蓋部 210 c はそれぞれアルミ合金で構成されている。第 1 ハウジング部 210 a の上部開口部には、シール部材 212 が設けられ、ハウジング 210 内の気密が保たれている。操舵軸 206 の軸方向中央部の外周面には、上述したように、第 1 磁歪膜 214 a 及び第 2 磁歪膜 214 b が、めっき法（溶射法、スパッタ法や蒸着法、接着法等の製法でも良い）により設けられている。また、操舵軸 206 には、減速装置 216 のウォームホイール 218 が設けられ、モータ 220 の回転トルクがウォーム 222 及び

10

20

30

40

50

ウォームホイール 218 を介して操舵軸 206 に伝達されることで、例えば操舵軸 206 に連結されたステアリングホイールを回転するのに必要なトルクが軽減され、運転者の操舵トルク負担を軽減できるようになっている。

【0006】

また、第1コイル 224 a と第2コイル 224 b がそれぞれ樹脂製のボビン 226 に収まって第1ハウジング部 210 a 内に設けられ、これら第1コイル 224 a 及び第2コイル 224 b の巻線の末端は、第1ハウジング部 210 a と一体化されたカブラ用コネクタ 227 のピン 228 に接続され、このコネクタ 227 を介して交流通電される。この交流通電により、操舵トルクに応じた第1磁歪膜 214 a 及び第2磁歪膜 214 b の透磁率の変化がインピーダンス変化として検出され、インターフェイス部 230 の検出回路においてそれぞれ第1検出電圧 V T 1 及び第2検出電圧 V T 2 に変換され、さらに、インターフェイス部 230 の A / D 変換器においてデジタルの第1検出データ D T 1、第2検出データ D T 2 に変換されて出力される。

10

【0007】

これらの透磁率の変化、すなわち、第1検出データ D T 1、第2検出データ D T 2 は、インターフェイス部 230 を介して演算部 232 に取り込まれ、例えば下式に基づいて、図8の出力特性を有するデジタルデータ(トルク検出データ D T 3)を得ることができる。

$$D T 3 = k \cdot (D T 1 - D T 2) + D a$$

(k は比例定数)

20

【0008】

得られたトルク検出データ D T 3 に基づいて、モータ 220 の制御が実施される。

【0009】

しかしながら、従来の磁歪式トルクセンサ 200 は、図9に示すように、第1コイル 224 a の回りを取り巻く交番磁束(第1コイル 224 a の磁束 1)と、第2コイル 224 b の回りを取り巻く交番磁束(第2コイル 224 b の磁束 2)のそれぞれの経路の長さが異なり(対称ではない)、第1コイル 224 a と第2コイル 224 b に検出される出力が異なる。これにより、第1検出データ D T 1 の大きさが設計値と異なることとなり、例えば図10に示すように、トルクの中央値(第1検出データ D T 1 と第2検出データ D T 2 とが一致するトルク値)が基準値(トルク値 = ゼロ)から T a だけずれてしまい、それに伴い、演算して求められるトルク検出データ D T 3 も、その傾きやトルクの中央値が設計値と大きくずれてしまう。その結果、右捻り(+)と左捻り(-)とで検出トルクの大きさが異なるという問題が生じるおそれがある。具体的には、操舵トルクを + c だけ入力すると、出力は、基準値 D a から + d e の値であるが、- c だけ入力すると基準値 D a から - d f を出力し、対称性が損なわれている。このことにより、電動パワーステアリング装置の操舵フィーリングを低下させるという問題がある。

30

【0010】

さらに、実際には故障していなくても、D T 1 + D T 2 によって求められる診断判定値 D T 4 が安全範囲 h a を逸脱しやすくなり、その結果、故障と誤判定され、モータ 220 によるアシスト制御を停止してしまうおそれがある。

40

【0011】

第1コイル 224 a の磁束 1 は、第1軸受け 208 a や操舵軸 206 とステアリングホイールとの間に取り付けられる第1自在継手(操舵軸 206 に連結される自在継手)や、第2自在継手(ステアリングホイールのステアリング軸に連結される自由継手)や、中間軸(第1自在継手と第2自在継手を連結する軸)や、ステアリング軸等の鉄合金の磁気的な影響を受ける。

【0012】

従って、ステアリングギヤボックス単体を工場を組み立て調整した後で、自動車に組み付けてから、第1自在継手や、中間軸や、第2自在継手や、ステアリング軸を組み付けると、第1コイル 224 a の磁束 1 は、ステアリング軸まで通ることになり、第2コイル

50

224bの磁束 2の経路の長さとは大きく異なる経路を通ることになり、ステアリングギヤボックス単体を工場で組み立てて調整しても自動車として組み立てると検出トルクの値がずれてしまう。

【0013】

さらに、磁束 1や磁束 2が、その他の例えば舵角センサ等のような操舵軸やその近傍に設けられるセンサに悪影響を与えるおそれもある。

【0014】

本発明はこのような課題を考慮してなされたものであり、簡単な構成で、検出値が安定し、トルクを正確に検出することができる磁歪式トルクセンサ及び電動パワーステアリング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】

【0015】

[1]第1の本発明に係る磁歪式トルクセンサは、軸部材に設けられた少なくとも1つの磁歪材と、該磁歪材の磁気特性の変化を検出するコイルとを有する磁歪式トルクセンサであって、前記コイルの近傍に軟磁性の金属部材が設けられていることを特徴とする。

【0016】

これにより、コイルの磁束が、他の金属部材等に影響されずに、軟磁性の金属部材を通過することになるため、検出値が安定し、トルクを正確に検出することができる。しかも、その他のセンサ等に悪影響を与えることがない。

【0017】

[2]第1の本発明において、前記軟磁性の金属部材は、中空の円筒状を有するようにしてもよい。これにより、軟磁性の金属部材を軸部材に直接設けたり、コイルが巻回されたボビン等に設ければよいので、取り付け場所の自由度が高く、しかも、調整も不要であるため、磁歪式トルクセンサの作製が容易になると共に、小型化することができる。

【0018】

[3]第1の本発明において、前記軟磁性の金属部材は、前記軸部材とは別に作られた部材であってもよい。軸部材に一体に形成された場合と異なり、1つあるいは複数の金属部材を、検出値が安定する位置に、自由に組み付けることができ、磁歪式トルクセンサを容易に作製することができる。

【0019】

[4]第1の本発明において、前記軟磁性の金属部材は、前記コイルの軸方向両端に設けられていてもよい。これにより、コイルの磁束は、他の金属部材等に影響されずに、コイルの軸方向両端に設けられた軟磁性の金属部材を通ることになるため、検出値が安定し、トルクを正確に検出することができる。しかも、その他のセンサ等に悪影響を与えることがない。

【0020】

[5]第1の本発明において、前記軟磁性の金属部材は、その一部にスリットが形成されていてもよい。軟磁性の金属部材に渦電流が発生しないため、コイルの磁束を打ち消す方向に磁束は発生せず、感度を低下させることなく、トルクを検出することができる。

【0021】

[6]第1の本発明において、さらに、少なくとも前記軸部材、前記磁歪材及びコイルを収容するハウジングを有し、前記ハウジングは、前記軸部材の軸方向に開口部を備え、前記開口部に前記軟磁性の金属部材が設けられていてもよい。これにより、ハウジングの外側に出ようとするコイルの磁束が軟磁性の金属部材を通ることとなるため、検出値が安定し、トルクを正確に検出することができる。しかも、その他のセンサ等に悪影響を与えることがない。

【0022】

[7]第2の本発明に係る電動パワーステアリング装置は、運転者が車両のステアリングホイールを操舵することによって発生する操舵トルクを検出する操舵トルクセンサを有し、モータの動力を操舵系に直接作用させて、運転者の前記操舵トルクを軽減する電動パワ

10

20

30

40

50

ーステアリング装置において、前記操舵トルクセンサは、前記コイルの近傍に軟磁性の金属部材が設けられていることを特徴とする。

【0023】

これにより、コイルの磁束が、他の金属部材等に影響されずに、軟磁性の金属部材を通過することになるため、検出値が安定し、トルクを正確に検出することができる。また、電動パワーステアリング装置を、工場で組み立て調整した後で、例えば自動車に組み付けてから、自在継手や、ステアリング軸を組み付けても、コイルの磁束は、自在継手や、ステアリング軸等に影響されずに、軟磁性の金属部材を通過することになるため、検出値が安定し、トルクを正確に検出することができる。しかも、その他の例えば舵角センサ等のような操舵軸やその近傍に設けられるセンサに悪影響を与えることがない。

10

【発明の効果】

【0024】

以上説明したように、本発明に係る磁歪式トルクセンサ及び電動パワーステアリング装置によれば、コイルの磁束が、他の金属部材等に影響されずに、軟磁性の金属部材を通過することになるため、検出値が安定し、トルクを正確に検出することができる。しかも、その他のセンサ等に悪影響を与えることがない。

【図面の簡単な説明】

【0025】

【図1】第1トルクセンサが適用される電動パワーステアリング装置を示す構成図である。

20

【図2】第1トルクセンサを信号処理の一例と共に示す説明図である。

【図3】第1トルクセンサの操舵トルクに対するトルク検出値（検出データ）の変化を示す特性図である。

【図4】第1円板及び第2円板を示す斜視図である。

【図5】図5Aは第1円板及び第2円板の作用を示す説明図であり、図5Bはスリットがない円板の作用を示す説明図である。

【図6】第1トルクセンサを、第1コイル及び第2コイルの交番磁束の磁路と共に示す説明図である。

【図7】従来の磁歪式トルクセンサを信号処理の一例と共に示す説明図である。

【図8】従来の磁歪式トルクセンサの操舵トルクに対するトルク検出値（検出データ）の変化を示す特性図である。

30

【図9】従来の磁歪式トルクセンサを、第1コイル及び第2コイルの交番磁束の磁路と共に示す説明図である。

【図10】第1コイル及び第2コイルの交番磁束によるトルク検出値（検出データ）の影響を示す特性図である。

【発明を実施するための形態】

【0026】

以下、本発明に係る磁歪式トルクセンサ及び電動パワーステアリング装置の実施の形態例を図1～図6を参照しながら説明する。

【0027】

40

先ず、本実施の形態に係る磁歪式トルクセンサが適用される電動パワーステアリング装置10について図1を参照しながら説明する。

【0028】

この電動パワーステアリング装置10は、図1に示すように、運転者がステアリングホイール12を操作することによって生じた操舵トルクと操舵角が、ステアリング軸14、第1自在継手16a、中間軸18、第2自在継手16b、連結部17（例えばセレション）を経由してステアリングギヤボックス20の操舵軸22に入力されるようになっている。

【0029】

ステアリングギヤボックス20は、上述した操舵軸22と、運転者の操舵トルクを検出

50

する操舵トルクセンサである第1の実施の形態に係る磁歪式トルクセンサ（以下、第1トルクセンサ50Aと記す）と、運転者の操舵に対して動力補助するモータ52（例えばブラシレスモータ）と、このモータ52の回転トルクを倍力する減速装置54（ウォーム56及びウォームホイール58：図2参照）と、ラック・ピニオンギヤ60と、該ラック・ピニオンギヤ60のラックギヤ62が形成されたラック軸64とを有する。

【0030】

操舵軸22は、一方の端部に、ステアリングホイール12が、ステアリング軸14、第1自在継手16a、中間軸18及び第2自在継手16bを介して連結され、他方の端部がラック・ピニオンギヤ60のピニオンギヤ66を構成している。

【0031】

そして、減速装置54にて倍力された回転トルクは、ラック・ピニオンギヤ60のピニオンギヤ66を介してラック軸64の軸方向の推力に変換され、タイロッド68a及び68bを介して左右のタイヤ70a及び70bに伝達される。これにより、ステアリングホイール12の操舵角に応じてタイヤ70a及び70bが鉛直方向を中心に回転し、車両の向きが変わることになる。

【0032】

このとき、制御装置72（ECU）は、少なくとも第1トルクセンサ50Aからの信号を基本にして、例えば車速センサ74等の信号に基づいてモータ52を駆動制御する。なお、図1では、各種配線、例えば制御装置72と第1トルクセンサ50A間の配線、制御装置72とモータ52間の配線等を省略して示してある。

【0033】

例えば運転者が操作したときの操舵トルクを第1トルクセンサ50Aより検出し、制御装置72を介して第1トルクセンサ50Aの出力信号を基に車速センサ74等からの信号に応じてモータ52を駆動制御する。このときのモータ発生トルクは、ラック・ピニオンギヤ60のピニオンギヤ66に作用され、その結果、ステアリングホイール12を回転するのに必要なトルクが軽減され、運転者の操舵トルク負担を軽減している。

【0034】

例えば、操舵トルクを T_s 、アシスト量 A_H の係数を、例えば一定の k_A とすると、

$$A_H = k_A \times T_s$$

であるから、負荷をピニオントルク T_p で考えると、

$$\begin{aligned} T_p &= T_s + A_H \\ &= T_s + k_A \times T_s \end{aligned}$$

であり、その結果、操舵トルク T_s は、

$$T_s = T_p / (1 + k_A)$$

となる。

【0035】

従って、操舵トルク T_s は、非アシスト時のピニオントルク T_p の $1 / (1 + k_A)$ に軽減される。この場合、 $k_A > 0$ 又は $k_A = 0$ である。

【0036】

なお、車速が高速走行になるに従って、路面からタイヤへの反力が減少することから、ステアリングホイール12を操作する際の手応え感が減少することになるが、定数 k_A を車速の関数として、車速の増大に伴って小さくすることによって、車両が高速走行になるに従って手応え感が減少するのを抑制することができる。その際にも操舵トルク T_s を大きくして手応え感を付与することができる。

【0037】

そして、第1トルクセンサ50Aは、図2に示すように、他方の端部にピニオンギヤ66が設けられた操舵軸22の外周面に設けられた1つの磁歪膜80と、操舵軸22に作用される捩りトルクに応じて変化する磁歪膜80の透磁率の変化を検出する第1コイル82a及び第2コイル82bと、これら第1コイル82aと第2コイル82bを収容する1つのボビン84と、このボビン84の両端部（磁歪膜80の軸方向中央に対して上下対称の

10

20

30

40

50

位置)にそれぞれ設置され、スリット85(図4参照)が形成された軟磁性の良導体(例えば低炭素鉄合金)からなる第1円板86a及び第2円板86bと、少なくとも操舵軸22、磁歪膜80、第1コイル82a及び第2コイル82b、ボビン84、第1円板86a及び第2円板86bを収容するハウジング88により構成される。操舵軸22は、一方の端部寄りに設置された第1軸受け90a、中央部分に設置された第2軸受け90b及び他方の端部に設置された第3軸受け90cによりハウジング88に回転自在に支持されている。

【0038】

ハウジング88は、操舵軸22の一方の端部(ステアリングホイール12側の端部)寄りの位置であって、且つ、少なくとも磁歪膜80、第1コイル82a及び第2コイル82b、ボビン84、第1円板86a及び第2円板86bを収容する位置に配された第1ハウジング部88aと、操舵軸22の他方の端部寄りの位置に配され、且つ、少なくとも減速装置54を収容する位置に配された金属製の第2ハウジング部88bとを有する。

10

【0039】

第1ハウジング部88aは、樹脂部92と、軟磁性の金属で構成された円筒部94と、軟磁性の金属で構成されたフランジ部96とを有し、且つ、樹脂部92と円筒部94とフランジ部96とが一体成型されて構成されている。

【0040】

具体的には、円筒部94は、第1ハウジング部88aのうち、少なくとも第1コイル82a及び第2コイル82bを収容する部位に位置され、フランジ部96は、第1ハウジング部88aと第2ハウジング部88bとの接続部分に位置され、樹脂部92は、第1コイル82aと円筒部94との間から操舵軸22の一方の端部寄りにかけて位置されている。図2の例では、円筒部94とフランジ部96とは同じ軟磁性の金属で一体に形成されている。従って、以下の説明では、円筒部94とフランジ部96とが一体に形成された部材を金属部材98と記す。

20

【0041】

さらに、円筒部94は、操舵軸22の一方の端部寄りの開口の大きさが、操舵軸22の他方の端部寄りの開口の大きさよりも小さく設定されている。従って、円筒部94は、縦断面でみたとき、操舵軸22の軸方向に対して傾斜した状態となっている。

【0042】

また、第1ハウジング部88aは、外部機器と電氣的に接続するコネクタ100を有する。このコネクタ100は、第1コイル82a及び第2コイル82bの各種端部(巻き始め端、巻き終わり端)が接続された複数のピン102(第1コイル82aの巻き始め端が接続されたピン、第1コイル82bの巻き終わり端が接続されたピン、第2コイル82bの巻き始め端が接続されたピン及び第2コイル82bの巻き終わり端が接続されたピン)を収容する。また、このコネクタ100は、樹脂部92と一体的に樹脂モールドにて形成され、樹脂部92の一部として構成されている。

30

【0043】

ボビン84の中央部と円筒部94との間には、第1Oリング104が介在され、円筒部94と一体とされたフランジ部96の下面と第2ハウジング部88bとの間には、第2Oリング106が介在され、樹脂部92の上部と操舵軸22との間にシール部材108が入れられ、さらに、フランジ部96と第2ハウジング部88bとが例えば3本のボルト110により一体的に固定される。この場合、第1Oリング104と第2Oリング106及びシール部材108により、第1トルクセンサ50Aの内部とステアリングギヤボックス20内の気密は保たれている。

40

【0044】

上述したように、操舵軸22の一方の端部寄りの外周面には、厚さ5~100 μ mのFe-Ni系(Fe-Co合金やSmFe合金等でも良い)の磁歪材からなる1つの磁歪膜80が、めっき法(溶射法、スパッタ法や蒸着法、接着法等の製法でもよい)により設けられる。これにより、操舵軸22の外周面にほぼ均一な膜厚で密着よく成膜することがで

50

きる。なお、操舵軸 22 のうち、磁歪膜 80 が形成される外周部分は、機械加工後にアルカリ洗浄や水洗いや酸洗浄等が適宜施され、磁歪膜 80 との密着性が向上されている。

【0045】

この磁歪膜 80 にそれぞれ相異なる、すなわち、それぞれ逆の第 1 異方性部 112a と第 2 異方性部 112b が付与され、図 3 の出力特性に示す検出データ DT1 と DT2 のような逆の勾配を持った特性が得られるようになっている。

【0046】

磁歪膜 80 への異方性の付与は、例えば 5 ~ 200 Nm 程度（要求によってはこれ以上でもこれ以下でもよい）のそれぞれ逆方向のトルクを印加しながら、例えば高周波誘導加熱のような熱処理法で、例えば 300 ~ 500 程度になるように数秒から数 100 秒、
10
加熱する。これにより、操舵軸 22 を介して磁歪膜 80 に印加されていたそれぞれ逆方向のトルクによる歪が抜けるため、その後、概ね応力が作用しない状態にする。この状態で常温まで冷却する。なお、加熱によってトルクによる歪が抜かれる原因は、加熱によって磁歪膜 80 にクリープが発生したことによるものと考えられる。そして、印加していたトルクを開放すると、磁歪膜 80 にそれぞれ逆の第 1 異方性部 112a と第 2 異方性部 112b が付与される。

【0047】

第 1 コイル 82a 及び第 2 コイル 82b の各種端部が、コネクタ 100 の複数のピン 102 のうち、それぞれ対応するピンに接続され、このコネクタ 100 を介して制御装置 72 によって第 1 コイル 82a 及び第 2 コイル 82b が交流通電される。この交流通電により、操舵トルクに応じて生じる磁歪膜 80 の第 1 異方性部 112a と第 2 異方性部 112b の透磁率の変化が、それぞれインピーダンス変化として検出され、図 2 に示すように、
20
インターフェイス部 114 の検出回路においてそれぞれ第 1 検出電圧 VT1 及び第 2 検出電圧 VT2 に変換され、さらに、インターフェイス部 114 の A/D 変換器においてデジタルの第 1 検出データ DT1、第 2 検出データ DT2 に変換されて出力される。なお、このインターフェイス部 114 は、制御装置 72 内に設けても、ハウジング 88 内に設けてもよい。

【0048】

これらの透磁率の変化、すなわち、第 1 検出データ VT1、第 2 検出データ VT2 は、
30
インターフェイス部 114 を介して制御装置 72 内の演算部 116 に取り込まれ、例えば下式に基づいて、図 3 の出力特性を有するデジタルデータ（トルク検出データ DT3）を得ることができる。

$$DT3 = k \cdot (DT1 - DT2) + Da$$

（k は比例定数）

【0049】

得られたトルク検出データ DT3 に基づいて、上述したように、モータ 52 の制御が実施される。

【0050】

次に、スリット 85（図 4 参照）が形成された第 1 円板 86a 及び第 2 円板 86b の作用と効果について、図 5A ~ 図 6 を用いて説明する。
40

【0051】

第 1 円板 86a と第 2 円板 86b は、軟磁性体である低炭素鉄合金で構成されているため、図 5A に示すように、制御装置 72 によって交流通電され、例えば交番磁束 1 を通すが、それ自身は磁化されない性質を有する。従って、図 6 に示すように、第 1 コイル 82a の回りを取り巻く交番磁束（第 1 コイル 82a の交番磁束 1）の経路は、第 1 円板 86a を通る経路となり、また、第 2 コイル 82b の回りを取り巻く交番磁束（第 2 コイル 82b の交番磁束 2）の経路は、第 2 円板 86b を通る経路となり、それぞれ対称な磁路を形成する。

【0052】

次に、図 4 に示すスリット 85 の作用について説明する。まず、図 5B に示すように、
50

スリット 85 を設けない円板 86 の場合、例えば交番磁束 1 が円板 86 を通過したとき、渦電流 i_a が発生し、これにより、交番磁束 1 を打ち消す方向に磁束が発生し、交番磁束 1 よりも小さい交番磁束 3 ($3 < 1$) が第 1 コイル 82 a の回りを取り巻くことになる。つまり、スリット 85 を設けない場合、大きな磁束を流すことができず、感度と安定性が低下する。

【 0 0 5 3 】

一方、本実施の形態では、図 5 A に示すように、第 1 円板 86 a と第 2 円板 86 b にそれぞれスリット 85 を設けるようにしている。この場合、渦電流が発生しないため、大きな磁束を流すことができ、感度と安定性が向上する。また、図 6 に示すように、交番磁束 1 の磁路と交番磁束 2 の磁路に対称性があることから、第 1 軸受け 90 a が存在しても、図 1 に示すように、第 1 自在継手 16 a や中間軸 18 や第 2 自在継手 16 b やステアリング軸 14 が存在しても、操舵トルクの中央値（操舵トルクがゼロのときの検出値）が第 1 異方性部 112 a 及び第 2 異方性部 112 b でずれるということがなくなり、安定した第 1 検出電圧 V_{T1} 及び第 2 検出電圧 V_{T2} が得られる。その結果、演算値であるトルク検出データ D_{T3} が安定する。しかも、互いに対称とされた第 1 検出電圧 V_{T1} 及び第 2 検出電圧 V_{T2} の傾きを大きくすることができ、演算値であるトルク検出データ D_{T3} の感度を上げることができる。

10

【 0 0 5 4 】

さらに、図 3 に示すように、第 1 検出データ D_{T1} と第 2 検出データ D_{T2} の加算によって求められる診断判定値 D_{T4} も、安全範囲 h_a を逸脱することがないので、故障と誤判定されることがない。

20

【 0 0 5 5 】

従って、ステアリングギヤボックス 20 を工場で組み立て調整した後で、自動車に組み付けてから、第 1 自在継手 16 a や、中間軸 18 や、第 2 自在継手 16 b や、ステアリング軸 14 を組み付けても、第 1 コイル 82 a の交番磁束 1 と、第 2 コイル 82 b の交番磁束 2 は、それぞれ対称の経路をたどることになるため、安定した出力が得られる。

【 0 0 5 6 】

しかも、交番磁束 1 の磁路は、第 1 コイル 82 a の回りであって、且つ、第 1 円板 86 a を通る狭い範囲の磁路であり、交番磁束 2 の磁路は、第 2 コイル 82 b の回りであって、且つ、第 2 円板 86 b を通る狭い範囲の磁路であることから、交番磁束 1 や交番磁束 2 が、その他の例えば舵角センサ等のような操舵軸やその近傍に設けられるセンサに悪影響を与えることがない。

30

【 0 0 5 7 】

もちろん、感度と安定度の低下が、さほど要求されない場合は、第 1 円板 86 a と第 2 円板 86 b にスリット 85 を設けなくてもよい。

【 0 0 5 8 】

上述の例では、ボビン 84 の両端にそれぞれ第 1 円板 86 a 及び第 2 円板 86 b を設けるようにしたが、その他、操舵軸 22 のうち、磁歪膜 80 の軸方向中央に対して上下対称の位置に、第 1 円板 86 a 及び第 2 円板 86 b を設置してもよい。例えば操舵軸 22 のうち、ボビン 84 の上端面に接する部分に第 1 円板 86 a を設置し、ボビン 84 の下端面に接する部分に第 2 円板 86 b を設置する等である。また、第 1 ハウジング部 88 a のうち、磁歪膜 80 の軸方向中央に対して上下対称の位置に、第 1 円板 86 a 及び第 2 円板 86 b を設置してもよい。例えば第 1 ハウジング部 88 a のうち、上部の開口部近傍に第 1 円板 86 a を設置し、下部の開口部近傍に第 2 円板 86 b を設置する等である。この場合、第 1 ハウジング部 88 a の外側に出ようとする第 1 コイル 82 a の交番磁束 1 が第 1 円板 86 a を通り、第 1 ハウジング部 88 a の外側に出ようとする第 2 コイル 82 b の交番磁束 2 が第 2 円板 86 b を通ることとなるため、検出値が安定し、トルクを正確に検出することができる。しかも、その他のセンサ等に悪影響を与えることがない。

40

【 0 0 5 9 】

また、第 1 円板 86 a 及び第 2 円板 86 b は、中空を有する円筒状としたので、上述し

50

たように、第1円板86a及び第2円板86bを操舵軸22に直接設けたり、第1コイル82a及び第2コイル82bが巻回されたボビン84等に設ければよいので、取り付け場所の自由度が高く、しかも、調整も不要であるため、トルクセンサ50の作製が容易になると共に、小型化することができる。

【0060】

また、第1円板86a及び第2円板86bは、操舵軸22とは別に作られた部材で構成したので、操舵軸22に一体に形成された場合と異なり、第1円板86a及び第2円板86bを、検出値が安定する位置に、自由に組み付けることができ、トルクセンサ50を容易に作製することができる。

【0061】

なお、本発明に係る磁歪式トルクセンサ及び電動パワーステアリング装置は、上述の実施の形態に限らず、本発明の要旨を逸脱することなく、種々の構成を採り得ることはもちろんである。

【符号の説明】

【0062】

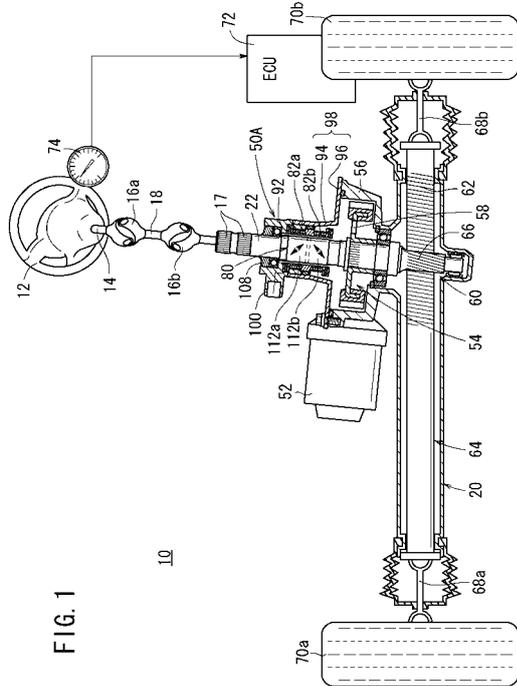
- 10 ... 電動パワーステアリング装置
- 14 ... ステアリング軸
- 50A ... 第1トルクセンサ
- 80 ... 磁歪膜
- 82b ... 第2コイル
- 85 ... スリット
- 86b ... 第2円板
- 112b ... 第2異方性部

- 12 ... ステアリングホイール
- 22 ... 操舵軸
- 54 ... 減速装置
- 82a ... 第1コイル
- 84 ... ボビン
- 86a ... 第1円板
- 112a ... 第1異方性部

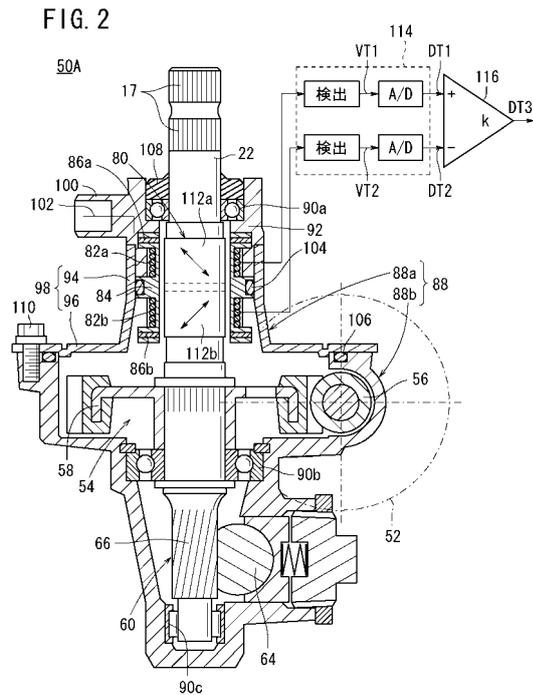
10

20

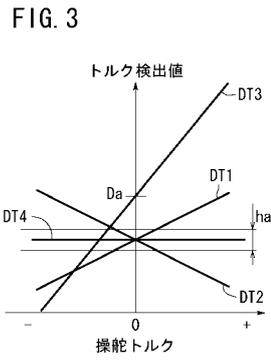
【図1】



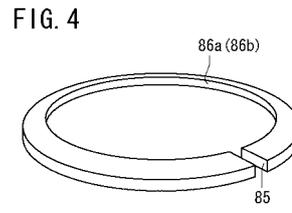
【図2】



【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 5 】

FIG. 5A

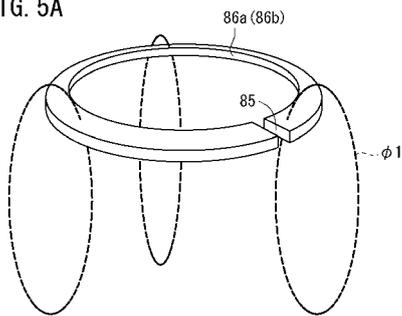
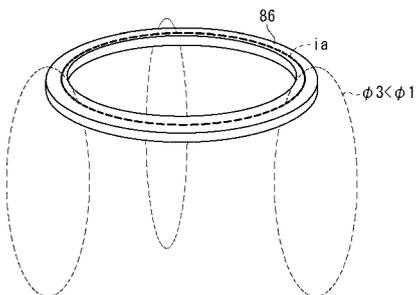
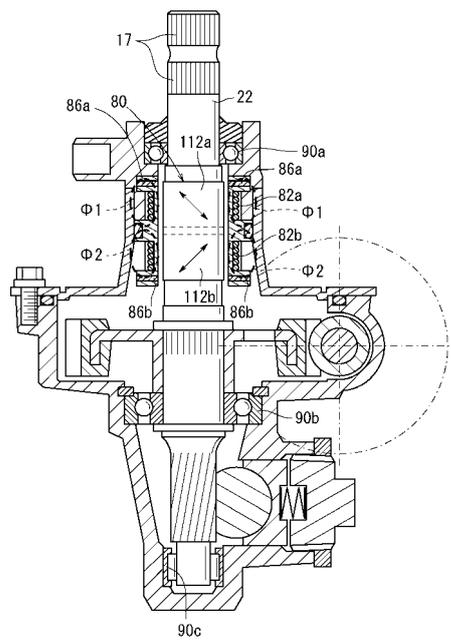


FIG. 5B

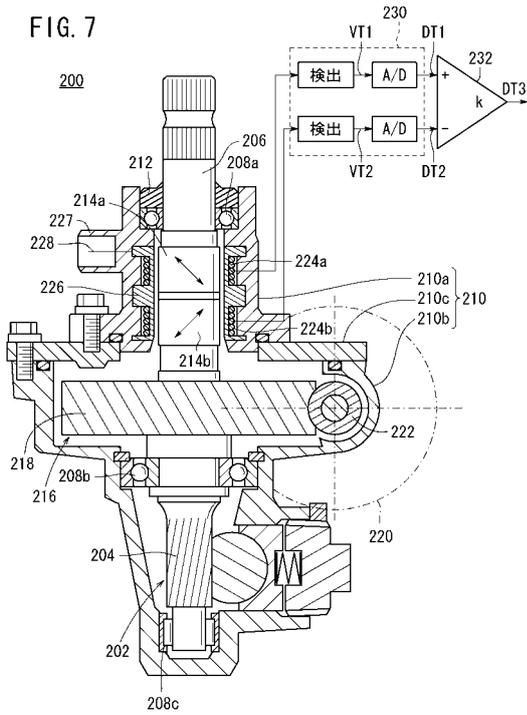


【 図 6 】

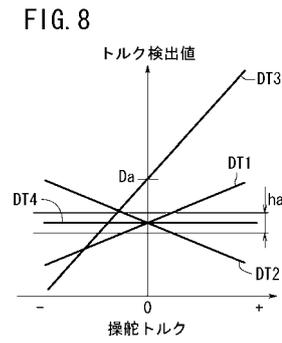
FIG. 6



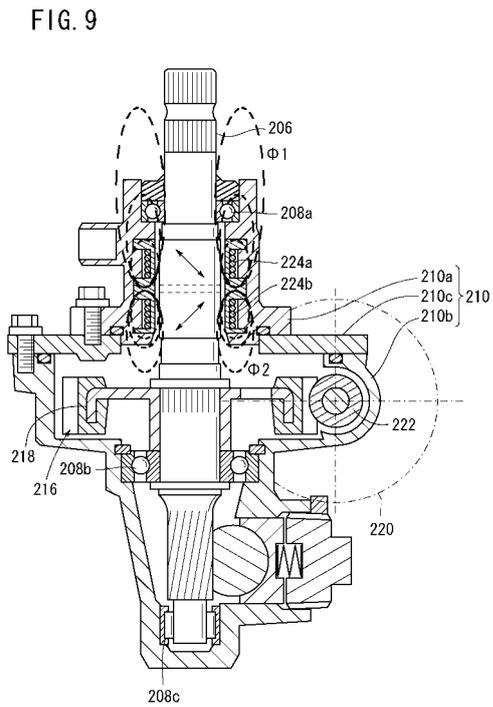
【 図 7 】



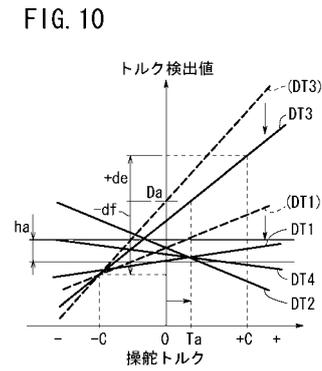
【 図 8 】



【 図 9 】



【 図 10 】



フロントページの続き

- (72)発明者 有村 豊
埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内
- (72)発明者 藤田 浩吉
埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内

審査官 公文代 康祐

- (56)参考文献 特開平08-114515(JP,A)
特開平08-114516(JP,A)
特開平06-258157(JP,A)
特開平04-158232(JP,A)
特開平09-043070(JP,A)
特開平06-074838(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | |
|---------|---------|
| G 0 1 L | 3 / 1 0 |
| B 6 2 D | 5 / 0 4 |