

(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2013-101037

(P2013-101037A)

(43) 公開日 平成25年5月23日 (2013.5.23)

(51) Int. Cl.	F 1	テーマコード (参考)
<b>G 0 1 L 3/10 (2006.01)</b>	G 0 1 L 3/10 3 0 5	3 D 2 3 3
<b>B 6 2 D 5/04 (2006.01)</b>	B 6 2 D 5/04	

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2011-244582 (P2011-244582)	(71) 出願人	000001247
(22) 出願日	平成23年11月8日 (2011.11.8)		株式会社ジェイテクト
		(74) 代理人	100087701
			弁理士 稲岡 耕作
		(74) 代理人	100101328
			弁理士 川崎 実夫
		(72) 発明者	青木 要
			大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号
			株式会社ジェイテクト内
		Fターム(参考)	3D233 CA02 CA13 CA16 CA21 CA28

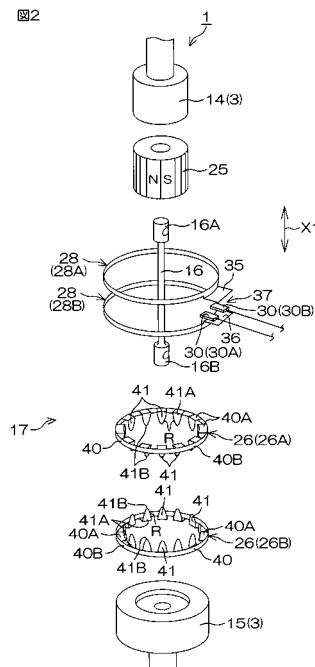
(54) 【発明の名称】 トルク検出装置および電動パワーステアリング装置

(57) 【要約】

【課題】 検出能力および検出精度の向上を図ることができるトルク検出装置およびこれを含む電動パワーステアリング装置を提供すること。

【解決手段】 トルク検出装置 17 は、第 1 軸 14 および第 2 軸 15 を相対回転可能に連結するトーションバー 16 と、第 1 軸 14 に対して同軸状に固定される環状の磁石 25 と、第 2 軸 15 に対して同軸状に固定されるとともに、磁石 25 を非接触で取り囲みつつ軸方向においてギャップを隔てて対向配置される一対の磁気ヨーク 26 と、一対の磁気ヨーク 26 に発生する磁束の密度を検出するホール IC 30 とを含む。各磁気ヨーク 26 には、軸方向に突出しつつ周方向に等間隔で並ぶ複数の歯 41 が設けられていて、歯 41 は、磁気ヨーク 26 の径方向から見て、先端 41 B 側へ向かって幅狭となっているとともに、角が丸められた曲線の輪郭 R を有している。

【選択図】 図 2



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

第 1 軸および第 2 軸を相対回転可能に連結し、前記第 1 軸と前記第 2 軸との間に挟じれトルクが入力されるのに応じて挟じれる弾性部材と、

前記第 1 軸に対して同軸状に固定される環状であって、周方向に N 極と S 極とが交互に着磁された磁石と、

前記第 2 軸に対して同軸状に固定されるとともに前記磁石を非接触で取り囲む環状をなす一对の磁気ヨークであって、軸方向に突出しつつ周方向に等間隔で並ぶ複数の歯がそれぞれに設けられていて、互いの歯の先端部分が周方向に交互に配置されるように、軸方向においてギャップを隔てて対向配置される一对の磁気ヨークと、

10

前記一对の磁気ヨークに発生する磁束の密度を検出する磁気センサとを含み、

前記歯は、前記磁気ヨークの径方向から見て、先端側へ向かって幅狭となっているとともに、角が丸められた曲線の輪郭を有していることを特徴とする、トルク検出装置。

## 【請求項 2】

前記輪郭は、放物線をなしていることを特徴とする、請求項 1 記載のトルク検出装置。

## 【請求項 3】

前記輪郭は、曲率半径の異なる複数の曲線を連続させることで構成されていることを特徴とする、請求項 1 記載のトルク検出装置。

## 【請求項 4】

前記磁気ヨークにおいて、1つの前記歯の根元部分の周方向における最大幅は、周方向に隣り合う前記歯のピッチの半分の値以下であることを特徴とする、請求項 1～3 のいずれかに記載のトルク検出装置。

20

## 【請求項 5】

前記一对の磁気ヨークをそれぞれ取り囲む環状であって、前記一对の磁気ヨークで発生した磁束を導いて集める一对の集磁リングをさらに含み、

前記磁気センサは、前記一对の集磁リングの間に配置され、前記集磁リングによって集められた磁束の密度を検出することを特徴とする、請求項 1～4 のいずれかに記載のトルク検出装置。

## 【請求項 6】

ステアリングの操舵トルクを検出する請求項 1～5 のいずれかに記載のトルク検出装置と、

30

ステアリングの操舵力を補助するための駆動力を発生する電動モータと、

前記トルク検出装置が検出した操舵トルクに応じて、前記電動モータを制御する制御部を含むことを特徴とする、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】

この発明は、ステアリングの操舵トルク等を検出するトルク検出装置およびこれを含む電動パワーステアリング装置に関する。

## 【背景技術】

40

## 【0002】

トルク検出装置の一例として、特許文献 1 および特許文献 2 ではトルクセンサが提案されている。このトルクセンサは、入力軸と出力軸とを同軸上に連結するトーションバー、入力軸の端部に取り付けられるリング状の磁石、出力軸の端部に取り付けられる一組の環状の磁気ヨーク、および、磁気ヨークが磁石から誘導した磁束の密度（磁束密度）を検出する磁気センサ等より構成されている。各磁気ヨークには、磁石の N 極及び S 極と同数の爪が全周に等間隔に設けられている。磁気センサは、軸方向に対向する一組の磁気ヨークの間に設けられるギャップ内に挿入されていて、磁気ヨークの磁束密度を検出する。

## 【0003】

ステアリングの操舵によって入力軸と出力軸との間にトルク（操舵トルク）が入力され

50

ると、トーションバーが捩じれることで、磁石と磁気ヨークとの周方向における相対位置がずれる。トルクセンサは、当該相対位置のずれに応じて磁気ヨークで変化する磁束密度によって、入力軸と出力軸との間に入力された操舵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2004-163303号公報

【特許文献2】特開2004-163304号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

10

【0005】

特許文献1および特許文献2のトルクセンサでは、各磁気ヨークに設けられた爪の1つ1つの形状が、先細で角の尖った三角形状または台形状をなしている。この場合、爪の角の尖った部分から磁気ヨークの磁束が不意に漏れ易くなるので、磁気センサが磁気ヨークの磁束密度を高精度に検出すること（換言すれば、トルクセンサがトルクを高精度に検出すること）が困難になる。

【0006】

この発明は、かかる背景のもとでなされたもので、検出能力および検出精度の向上を図ることができるトルク検出装置およびこれを含む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。

20

【課題を解決するための手段】

【0007】

請求項1記載の発明は、第1軸(14)および第2軸(15)を相対回転可能に連結し、前記第1軸と前記第2軸との間に捩じれトルクが入力されるのに応じて捩じれる弾性部材(16)と、前記第1軸に対して同軸状に固定される環状であって、周方向にN極とS極とが交互に着磁された磁石(25)と、前記第2軸に対して同軸状に固定されるとともに前記磁石を非接触で取り囲む環状をなす一対の磁気ヨーク(26)であって、軸方向(X1)に突出しつつ周方向に等間隔で並ぶ複数の歯(41)がそれぞれに設けられていて、互いの歯の先端部分が周方向に交互に配置されるように、軸方向においてギャップを隔てて対向配置される一対の磁気ヨークと、前記一対の磁気ヨークに発生する磁束の密度を検出する磁気センサ(30)とを含み、前記歯は、前記磁気ヨークの径方向から見て、先端(41B)側へ向かって幅狭となっているとともに、角が丸められた曲線の輪郭(R)を有していることを特徴とする、トルク検出装置(17)である。

30

【0008】

請求項2記載の発明は、前記輪郭は、放物線をなしていることを特徴とする、請求項1記載のトルク検出装置である。

請求項3記載の発明は、前記輪郭は、曲率半径の異なる複数の曲線を連続させることで構成されていることを特徴とする、請求項1記載のトルク検出装置である。

請求項4記載の発明は、前記磁気ヨークにおいて、1つの前記歯の根元部分(41A)の周方向における最大幅(W)は、周方向に隣り合う前記歯のピッチ(P)の半分の値以下であることを特徴とする、請求項1~3のいずれかに記載のトルク検出装置である。

40

【0009】

請求項5記載の発明は、前記一対の磁気ヨークをそれぞれ取り囲む環状であって、前記一対の磁気ヨークで発生した磁束を導いて集める一対の集磁リング(28)をさらに含み、前記磁気センサは、前記一対の集磁リングの間に配置され、前記集磁リングによって集められた磁束の密度を検出することを特徴とする、請求項1~4のいずれかに記載のトルク検出装置である。

【0010】

請求項6記載の発明は、ステアリング(2)の操舵トルクを検出する請求項1~5のいずれかに記載のトルク検出装置と、ステアリングの操舵力を補助するための駆動力を発生

50

する電動モータ（１９）と、前記トルク検出装置が検出した操舵トルクに応じて、前記電動モータを制御する制御部（２０）とを含むことを特徴とする、電動パワーステアリング装置（１）である。

【００１１】

なお、上記において、括弧内の数字等は、後述する実施形態における対応構成要素の参照符号を表すものであるが、これらの参照符号により特許請求の範囲を限定する趣旨ではない。

【発明の効果】

【００１２】

請求項１記載の発明によれば、各磁気ヨークの１つ１つの歯は、磁気ヨークの径方向から見て、先端側へ向かって幅狭となっているとともに、角が丸められた曲線の輪郭を有していることから、先端側へ向かって凸湾曲した形状になっている。このような形状の歯であれば、角が尖っていない（そもそも角がない）ことから、磁気ヨークの磁束が漏れにくくなっているため、磁気センサが磁気ヨークの磁束密度を高精度に検出することができる。その結果、検出能力および検出精度の向上を図ることができる。

10

【００１３】

請求項２記載の発明によれば、放物線の輪郭を有する歯は、比較的簡単に形成できる。

請求項３記載の発明によれば、歯の輪郭を複数の曲線で構成することによって、複雑な曲線形状の輪郭を有する歯を形成できる。

請求項４記載の発明によれば、一对の磁気ヨークにおいて周方向に交互に配置される互いの歯における隣り合う歯の間に、十分な隙間を確保できるので、隣り合う歯の間から磁束が漏れることを防止できる。よって、検出能力および検出精度の更なる向上を図ることができる。

20

【００１４】

請求項５記載の発明によれば、磁気センサは、一对の磁気ヨークで発生した磁束の密度を、集磁リングによって平均化された後の状態で検出するので、磁気ヨークの磁束密度をばらつきなく検出することができる。その結果、検出能力および検出精度の更なる向上を図ることができる。

請求項６記載の発明によれば、電動パワーステアリング装置では、トルク検出装置におけるステアリングの操舵トルクの検出能力および検出精度の向上が図られているので、電動モータによるステアリングの操舵力の補助を高精度に実現できる。

30

【図面の簡単な説明】

【００１５】

【図１】図１は、本発明の一実施形態に係るトルク検出装置１７を備える電動パワーステアリング装置１の概略構成を示す模式図である。

【図２】図２は、トルク検出装置１７の分解斜視図である。

【図３】図３は、トルク検出装置１７の模式的な断面図である。

【図４】図４は、一对の磁気ヨーク２６を径方向外側から見た側面図である。

【図５】図５は、磁気ヨークユニット３３の斜視図である。

【図６】図６は、トルク検出装置１７の動作を説明するための模式図であって、図６（a）は、操舵中立状態から一方向にトーションバー１６が捩じれた状態を示し、図６（b）は、操舵中立状態を示し、図６（c）は、操舵中立状態から図６（a）とは反対方向にトーションバー１６が捩じれた状態を示している。

40

【図７】図７（a）は、１つの磁気ヨーク２６を、その円中心位置を軸方向に沿う平坦面の位置から見た側面図であって、一部を断面で示しており、図７（b）は、比較例に係る磁気ヨーク２６の断面図である。

【図８】図８（a）は、比較例に係るトルク検出装置１７において、磁石２５および一对の磁気ヨーク２６における周方向一部を径方向外側から見た模式的な図であり、図８（b）は、本願発明に係るトルク検出装置１７において、磁石２５および一对の磁気ヨーク２６における周方向一部を径方向外側から見た模式的な図である。

50

【図 9】図 9 は、本願発明に係るトルク検出装置 17 の歯 41 と、比較例に係るトルク検出装置 17 の歯 41 とを重ね合わせて示した図である。

【図 10】図 10 は、トルク検出装置 17 において、トーションバー 16 が捩じれるのに応じて、歯 41 と磁石 25 の 1 つの極とが重なる部分の面積が変化していく様子を説明するためのグラフである。

【図 11】図 11 は、変形例に係る磁気ヨーク 26 を、その円中心位置を通過して軸方向に沿う平坦面の位置から見た側面図である。

【発明を実施するための形態】

【0016】

本発明の好ましい実施の形態について、添付図面を参照しつつ説明する。

10

本実施の形態では、集磁リングを含むトルク検出装置が自動車の電動パワーステアリング装置に適用された例に則して説明するが、本発明のトルク検出装置は、電動パワーステアリング装置以外の他の装置や機器に適用することもできる。

図 1 は、本発明の一実施形態に係るトルク検出装置 17 を備える電動パワーステアリング装置 1 の概略構成を示す模式図である。

【0017】

図 1 を参照して、電動パワーステアリング装置 1 は、ステアリング 2 に連結されるステアリングシャフト 3 と、ステアリングシャフト 3 に自在継手 4 を介して連結される中間軸 5 と、この中間軸 5 に自在継手 6 を介して連結されているピニオン軸 7 と、ピニオン軸 7 の先端部に設けられたピニオン 8 に噛み合うラック 9 を形成して車両の左右方向に延びるラック軸 10 とを有している。

20

【0018】

ラック軸 10 は、筒状のハウジング 11 に軸方向移動可能に支持されている。ラック軸 10 の両端部にはそれぞれタイロッド 12 が連結されており、各タイロッド 12 は、対応するナックルアーム（図示せず）を介して対応する転舵輪 13 に連結されている。

ステアリング 2 が操作されてステアリングシャフト 3 が回転されると、この回転は中間軸 5 を介してピニオン 8 に伝達され、ピニオン 8 およびラック 9 によって、車両の左右方向に沿うラック軸 10 の直線運動に変換される。これにより、転舵輪 13 の転舵が達成される。

【0019】

30

ステアリングシャフト 3 は、ステアリング 2 に連なる第 1 軸としての第 1 の操舵軸 14 と、自在継手 4 に連なる第 2 軸としての第 2 の操舵軸 15 とを有している。これら第 1 および第 2 の操舵軸 14, 15 は、弾性部材としてのトーションバー 16 を介して同軸上に互いに連結されている。第 1 および第 2 の操舵軸 14, 15 は、互いにトルク伝達可能であり、所定の範囲内で相対回転可能とされている。そして、ステアリング 2 の操舵によって、ステアリング 2 の操舵トルクに応じた捩じれトルクが第 1 および第 2 の操舵軸 14, 15 間に入力されると、トーションバー 16 が捩じれ、その際、第 1 および第 2 の操舵軸 14, 15 が相対回転するようになっている。

【0020】

40

電動パワーステアリング装置 1 は、ステアリング 2 に負荷される操舵トルクを検出するトルク検出装置 17 と、車速を検出する車速センサ 18 と、操舵補助用の電動モータ 19 と、トルク検出装置 17 および車速センサ 18 の検出結果（車速や操舵トルク）に応じて、電動モータ 19 を駆動制御するマイクロコンピュータを含む制御部としての ECU（Electronic Control Unit：電子制御ユニット）20 とを備えている。

【0021】

トルク検出装置 17 では、トーションバー 16 の捩じれに起因する第 1 の操舵軸 14 と第 2 の操舵軸 15 との相対回転変位量に基づく磁束密度の変化から、第 1 および第 2 の操舵軸 14, 15 に付与される操舵トルクを検出する。

ECU 20 が操舵補助用の電動モータ 19 を駆動すると、その出力回転（駆動力）が、ウォームギヤ機構等の減速機構 21 で減速されて第 2 の操舵軸 15 へ伝達される。第 2 の

50

操舵軸 15 に伝えられた動力は、さらに中間軸 5 等を介して、ピニオン軸 7、ラック軸 10、タイロッド 12 およびナックルアーム等を含む転舵機構 22 に伝えられ、運転者の操舵力が電動モータ 19 の駆動力によって補助される。

【0022】

図 2 は、トルク検出装置 17 の分解斜視図である。図 3 は、トルク検出装置 17 の模式的な断面図である。

図 2 および図 3 に示すように、トーションバー 16 の一端 16A は、ピン等（図示せず）を用いて第 1 の操舵軸 14 に結合され、トーションバー 16 の他端 16B は、ピン等（図示せず）を用いて第 2 の操舵軸 15 に結合されている。

【0023】

トルク検出装置 17 は、前述したトーションバー 16 と、磁石 25 と、軟磁性体製の一对の磁気ヨーク 26 と、磁気ヨーク 26 からの磁束を誘導する一对の集磁リング 28 と、磁気センサとしての一对のホール IC 30 とを備えている。ここで、一对の磁気ヨーク 26、一对の集磁リング 28、および、一对のホール IC 30 のそれぞれにおける一方を指すときには、符号の末尾に「A」を付し、他方を指すときには符号の末尾に「B」を付すことにする。図 2 では、上側の磁気ヨーク 26 を磁気ヨーク 26A と区別し、下側の磁気ヨーク 26 を磁気ヨーク 26B と区別している。また、上側の集磁リング 28 を集磁リング 28A と区別し、下側の集磁リング 28 を集磁リング 28B と区別している。また、左側のホール IC 30 をホール IC 30A と区別し、右側のホール IC 30 をホール IC 30B と区別している。なお、図 2 および図 3 では、上下の向きは一致している。

【0024】

磁石 25 は、第 1 の操舵軸 14 の一端（図 2 における下端）に対して一体回転可能となるように固定された環状（詳しくは、円管状）であり、複数の周方向位置に N 極と S 極とが交互に着磁されている。磁石 25 として、たとえばフェライト磁石を用いることができる。磁石 25 が第 1 の操舵軸 14 に対して同軸状に固定されているので、磁石 25 の軸線と、第 1 の操舵軸 14 の軸線とは、互いに一致している。

【0025】

一对の磁気ヨーク 26 は、磁石 25 の回りに回転可能な状態で、第 2 の操舵軸 15 の一端（図 2 における上端）に固定されている。一对の磁気ヨーク 26 のそれぞれは、環状をなしている。詳しくは、一对の磁気ヨーク 26 のそれぞれは、互いに離隔して向き合う環状のヨークリング 40 と、ヨークリング 40 の内周縁における複数の周方向位置に 1 つずつ設けられる複数の歯 41 とを一体的に有している。

【0026】

ヨークリング 40 は、歯 41 と同数設けられていて歯 41 の根元部分 41A から径方向外側へ伸びる矩形薄板状の延設部 40A と、ヨークリング 40 の外郭をなす環状の折り返し部 40B とを一体的に含んでいる。1 つ 1 つの延設部 40A は、ヨークリング 40 の軸方向に薄い。全ての延設部 40A は、周方向に等間隔で並んでおり、これに依りて、複数の歯 41 は、延設部 40A から当該軸方向に突出しつつ（延設されつつ）周方向に等間隔で並んでいる。1 つ 1 つの歯 41 は、ヨークリング 40 の径方向に薄い板状である。また、折り返し部 40B では、軸方向においてある程度の幅があるものの、径方向における肉厚は薄くなっている。折り返し部 40B の軸方向における一端縁（磁気ヨーク 26A の場合には上端縁であり、磁気ヨーク 26B の場合には下端縁）に、延設部 40A が接続されている。

【0027】

図 3 を参照して、上側の磁気ヨーク 26A のヨークリング 40（図 3 における左側部分）を周方向から見ると、歯 41 が下方へ突出している状態で、折り返し部 40B は、この歯 41 の根元部分 41A から径方向外側へ伸びる延設部 40A の径方向外側端部から、軸方向（当該歯 41 が突出する下向きの方向）に折り返されている。また、図 3 における下側の磁気ヨーク 26B のヨークリング 40（図 3 における右側部分）を周方向から見ると、歯 41 が上方へ突出している状態で、折り返し部 40B は、この歯 41 の根元部分 41

10

20

30

40

50

A から径方向外側へ延びる延設部 40A の径方向外側端部から、軸方向（当該歯 41 が突出する上向き方向）に折り返されている。そのため、磁気ヨーク 26A において歯 41 が設けられた部分は、J 字形状（軸方向において折り返し部 40B が歯 41 よりも短い場合）または U 字形状（軸方向において折り返し部 40B と歯 41 とが同じ長さである場合）の断面を有している。

【0028】

図 4 は、一对の磁気ヨーク 26 を径方向外側から見た側面図である。

図 4 を参照して、磁気ヨーク 26 の径方向外側から見て、それぞれの磁気ヨーク 26 における歯 41 では、1 つ 1 つが、大きさの等しい同一形状を有している。詳しくは、1 つの歯 41 において、根元部分 41A から最も離れた端であって、幅方向（磁気ヨーク 26 の周方向）における中央に位置する部分を先端 41B とすると、それぞれの歯 41 は、当該径方向から見て、先端 41B 側へ向かって幅狭となっているとともに、角が丸められた曲線の輪郭 R を有している。

10

【0029】

輪郭 R は、図 4 では、放物線（円錐曲線）をなして、略 U 字形状をなしている。放物線の輪郭 R を有する歯 41 であれば、輪郭 R が再現し易いので、比較的簡単に形成できる。これに代えて、輪郭 R は、曲率半径の異なる複数の曲線を連続させることで構成されていてもよい。この場合、歯 41 の輪郭 R を複数の曲線で構成することによって、設計要求に応じた複雑な曲線形状の輪郭 R を有する歯 41 を形成できる。

20

【0030】

図 5 は、磁気ヨークユニット 33 の斜視図である。

一对の磁気ヨーク 26 に関連して、トルク検出装置 17 には、図 5 に示す円管状の合成樹脂部材 32 が設けられている。一对の磁気ヨーク 26 は、軸方向において所定のギャップを隔てて同軸状で対向配置されているとともに、それぞれの歯 41 の先端部分（先端 41B 側の部分）が周方向に交互に配置されるように位置決めされた状態（図 4 も参照）で、合成樹脂部材 32 にモールドされている。一对の磁気ヨーク 26 において、歯 41 のそれぞれの内周面は、合成樹脂部材 32 の内周面 32A と略面一となった状態で、この内周面 32A から露出している。一对の磁気ヨーク 26 において、ヨークリング 40 の折り返し部 40B における外周面は、合成樹脂部材 32 の外周面 32B と略面一となった状態で、この外周面 32B から露出している。

30

【0031】

以下では、一对の磁気ヨーク 26 と、一对の磁気ヨーク 26 を保持した合成樹脂部材 32 とのまとまりを、磁気ヨークユニット 33 という。磁気ヨークユニット 33 は、円管状をなしている。

図 3 に示すように、完成したトルク検出装置 17 では、磁気ヨークユニット 33（換言すれば、一对の磁気ヨーク 26）は、第 2 の操舵軸 15 に対して同軸状に固定されているとともに、第 1 の操舵軸 14 と同軸状になっていて、磁石 25 を径方向外側から非接触で取り囲んでいる。そのため、磁気ヨークユニット 33 は、磁石 25 と同軸状になっている。なお、この状態における磁気ヨーク 26（磁気ヨークユニット 33）、第 1 の操舵軸 14、第 2 の操舵軸 15 および磁石 25 のそれぞれの軸方向は、一致しており、「軸方向 X1」と総称されることがある。

40

【0032】

そして、磁気ヨークユニット 33 において位置決めされた一对の磁気ヨーク 26 では、軸方向 X1 に関して、一对の磁気ヨーク 26 の外法寸法 Q、つまり、互いのヨークリング 40 の延設部 40A の間隔 K に対して互いの延設部 40A の厚さ T を足し合わせた値  $Q (= K + T + T)$  が、磁石の長さ G 以上となっている。そのため、軸方向 X1 に関して、磁石 25 は、一对の磁気ヨーク 26 の内側に位置している。

【0033】

図 2 を参照して、一对の集磁リング 28 は、軟磁性体を用いて形成された環状の部材であり、一对の磁気ヨーク 26 を径方向外側から取り囲みつつ、一对の磁気ヨーク 26 の回

50

りに相対回転可能に配置されており、一对の磁気ヨーク 26 のそれぞれに対して磁気的に結合されている。具体的には、上側の集磁リング 28 A が、上側の磁気ヨーク 26 A の折り返し部 40 B に対して、全周に亘って径方向外側から非接触で対向しており、下側の集磁リング 28 B が、下側の磁気ヨーク 26 B の折り返し部 40 B に対して、全周に亘って径方向外側から非接触で対向している（図 3 参照）。このとき、一对の磁気ヨーク 26 と一对の集磁リング 28 とは同軸状になっている。

#### 【0034】

一对の集磁リング 28 は、軸方向 X1 に離隔して対向する平板状の集磁板 35, 36 を周上 1 箇所には有している。一对の集磁リング 28 は、一对の磁気ヨーク 26 で発生した磁束を集磁板 35, 36 まで導いて、集磁板 35, 36 間に集めることができる。

集磁板 35, 36 間に形成されるエアギャップ 37 内には、ホール IC 30 が挿入されている（図 3 も参照）。ホール IC 30 の機能については、以降で説明する。

#### 【0035】

このようなトルク検出装置 17 では、ステアリング 2 の操舵に伴うトーシヨンバー 16 の捩れによって、磁石 25 および一对の磁気ヨーク 26 が相対回転することにより一对の磁気ヨーク 26 間の磁束密度が変化するように構成されている。

図 6 は、トルク検出装置 17 の動作を説明するための模式図であって、図 6 (a) は、操舵中立状態から一方向にトーシヨンバー 16 が捩じれた状態を示し、図 6 (b) は、操舵中立状態を示し、図 6 (c) は、操舵中立状態から図 6 (a) とは反対方向にトーシヨンバー 16 が捩じれた状態を示している。

#### 【0036】

図 6 (b) は、ステアリング 2 が操舵されていない状態（操舵中立状態）を示している。この場合、第 1 および第 2 の操舵軸 14, 15 に操舵トルクが加えられておらず、一对の磁気ヨーク 26 では、それぞれの歯 41 の先端 41 B が、磁石 25 の N 極（図 6 の磁石 25 においてドットで塗り潰された部分）および S 極（図 6 の磁石 25 においてドットが付されていない部分）の境界を指すように配置されている。この状態では、各磁気ヨーク 26 の歯 41 には、磁石 25 の N 極および S 極から同数の磁力線が出入りするため、磁気ヨーク 26 A および磁気ヨーク 26 B のそれぞれの内部で磁力線が閉じている。よって、磁気ヨーク 26 A と磁気ヨーク 26 B との間に磁束が漏れることはなく、磁気ヨーク 26 A と磁気ヨーク 26 B との間の磁束密度は零のまま変化していない。

#### 【0037】

一方、ステアリング 2 の操舵によって第 1 の操舵軸 14 と第 2 の操舵軸 15 との間に捩じれトルクが入力されてトーシヨンバー 16（図 3 参照）が捩じれると、第 1 の操舵軸 14 に固定された磁石 25 と、第 2 の操舵軸 15 に固定された一对の磁気ヨーク 26 との相対位置が周方向に変化する。これにより、図 6 (a) および図 6 (c) に示すように、各磁気ヨーク 26 の歯 41 の先端 41 B が、磁石 25 の N 極と S 極との境界に一致しなくなるため、各磁気ヨーク 26 では、N または S の極性を有する磁力線が増加する。このとき、磁気ヨーク 26 A および磁気ヨーク 26 B では、互いに逆の極性を有する磁力線が増加するので、磁気ヨーク 26 A と磁気ヨーク 26 B との間に磁束密度（磁束密度の変化）が発生する。この磁束密度は、トーシヨンバー 16 の捩じれ量に略比例し、トーシヨンバー 16 の捩じれ方向に応じて極性が反転する。

#### 【0038】

図 3 を参照して、このように磁気ヨーク 26 A と磁気ヨーク 26 B との間に磁束密度が発生するとき、一对の集磁リング 28 は、一对の磁気ヨーク 26 で発生した磁束を集磁板 35, 36 まで導いて、集磁板 35, 36 間に集めている。そのため、集磁板 35, 36 間に形成されるエアギャップ 37 内でも、磁気ヨーク 26 A と磁気ヨーク 26 B との間と同様に、磁束密度が発生している。エアギャップ 37 内に挿入されたホール IC 30 は、一对の集磁リング 28 によってエアギャップ 37 に集められた磁束（元々は、一对の磁気ヨーク 26 に発生した磁束）によって生じた磁束密度を検出し、電気信号として取り出すことができる。

10

20

30

40

50



## 【 0 0 3 9 】

ECU 20 (図 1 参照) は、ホール IC 30 からの電気信号に基づいて、トーションバー 16 の捩じれ量、換言すれば、ステアリングシャフト 3 に入力された操舵トルクを算出する。

図 7 (a) は、1つの磁気ヨーク 26 を、その円中心位置を通過して軸方向に沿う平坦面の位置から見た側面図であって、一部を断面で示しており、図 7 (b) は、比較例に係る磁気ヨーク 26 の断面図である。

## 【 0 0 4 0 】

図 7 (a) を参照して、本願発明では、一对の磁気ヨーク 26 のそれぞれにおいて、歯 41 の有効長 Y (軸方向 X 1 における最大長さ) を、折り返し部 40 B の分だけ大きく稼ぐことができる。詳しくは、一对の磁気ヨーク 26 のそれぞれにおいて歯 41 が設けられた部分は、折り返し部 40 B において相手側の磁気ヨーク 26 (図 7 (a) で図示された磁気ヨーク 26 の上方に位置すべき磁気ヨーク 26) から一旦離れた後、延設部 40 A を経てから、歯 41 において相手側の磁気ヨーク 26 へ向けて延びている。そのため、折り返し部 40 B を設けない場合 (図 7 (b) 参照) に比べて、歯 41 の有効長 Y を、折り返し部 40 B の分だけ大きく稼ぐことができる。これにより、それぞれの歯 41 において多くの磁束を取り出せるので、トルク検出装置 17 では、トルクの検出能力および検出精度を向上させることができる。

## 【 0 0 4 1 】

また、図 3 を参照して、折り返し部 40 B がある場合、磁気ヨーク 26 において集磁リング 28 と径方向に対向する部分が折り返し部 40 B になることにより、磁気ヨーク 26 と集磁リング 28 との対向面積を大きく確保できるので、磁気ヨーク 26 から集磁リング 28 への磁束が効率に受け渡されるようになる。これによっても、トルク検出装置 17 におけるトルクの検出能力および検出精度を向上させることができる。

## 【 0 0 4 2 】

ここで、有効長 Y (図 7 (a) 参照) が大きくなった歯 41 では、延設部 40 A を介して折り返し部 40 B につながった根元側 (根元部分 41 A 側) が大きくなっているのであって、先端 41 B 側の部分が相手側の磁気ヨーク 26 へ接近している訳ではない。よって、一对の磁気ヨーク 26 が干渉することはないし、一对の磁気ヨーク 26 の間から磁束が漏れ易くなることもない。

## 【 0 0 4 3 】

以上により、一对の磁気ヨーク 26 の干渉を防ぎつつ、検出能力および検出精度の向上を図ることができる。

そして、軸方向 X 1 に関して、一对の磁気ヨーク 26 の外法寸法 Q が、磁石 25 の長さ G 以上であることから、磁石 25 を一对の磁気ヨーク 26 の外法寸法 Q (全長) 以下まで小さく抑えることができ、その分、トルク検出装置 17 の小型化を図ることができる。

## 【 0 0 4 4 】

図 8 (a) は、比較例に係るトルク検出装置 17 において、磁石 25 および一对の磁気ヨーク 26 における周方向一部を径方向外側から見た模式的な図であり、図 8 (b) は、本願発明に係るトルク検出装置 17 において、磁石 25 および一对の磁気ヨーク 26 における周方向一部を径方向外側から見た模式的な図である。図 9 は、本願発明に係るトルク検出装置 17 の歯 41 と、比較例に係るトルク検出装置 17 の歯 41 とを重ね合わせて示した図である。

## 【 0 0 4 5 】

図 8 および図 9 を参照して、以下では、比較例に係る先細の等脚台形状の歯 41 (図 8 (a) 参照) と、本願発明の歯 41 (図 8 (b) 参照) とを比較する。これらの歯 41 では、軸方向 X 1 における長さが等しく、根元部分 41 A の周方向 (磁気ヨーク 26 の周方向) における最大幅 W も等しいものとする (図 9 参照)。

本願発明の場合には、磁気ヨーク 26 の歯 41 は、磁気ヨーク 26 の径方向から見て、先端側へ向かって幅狭となっているとともに、角が丸められた曲線の輪郭 R を有している

10

20

30

40

50

ことから、先端 4 1 B 側へ向かって凸湾曲した形状になっている。そのため、本願発明の歯 4 1 には、比較例における台形状の歯 4 1 の先端 4 1 B 側に存在する 2 つの角 C が無い。これにより、図 8 を参照して、歯 4 1 の先端 4 1 B 側と相手側の磁気ヨーク 2 6 のヨークリング 4 0 との間の隙間 S (点線で囲った部分) を、本願発明では、比較例に比べて、2 つの角 C の分だけ大きく確保できる。

【0046】

本願発明の凸湾曲した形状の歯 4 1 であれば、角が尖っていない(そもそも角がない)ことから、磁気ヨーク 2 6 の磁束が漏れにくくなっている。さらに、凸湾曲した形状の歯 4 1 であれば、歯 4 1 の先端 4 1 B 側と相手側の磁気ヨーク 2 6 のヨークリング 4 0 との間の隙間 S が比較的大きいので、これによっても、当該歯 4 1 と相手側の磁気ヨーク 2 6 との間でも磁束が漏れにくくなっている。そのため、ホール IC 3 0 (図 3 参照)では、集磁リング 2 8 を介して、磁気ヨーク 2 6 の磁束密度を高精度に検出することができる。その結果、トルク検出装置 1 7 における検出能力および検出精度の向上を図ることができる。

10

【0047】

図 1 0 は、トルク検出装置 1 7 において、トーシヨンパー 1 6 が擦じれるのに応じて、歯 4 1 と磁石 2 5 の 1 つの極とが重なる部分の面積が変化していく様子を説明するためのグラフである。

また、このように凸湾曲した形状をなす本願発明の歯 4 1 の場合、前述した操舵中立状態(図 6 (b) および図 8 (b) 参照)においてトーシヨンパー 1 6 が擦じれると、図 1 0 を参照して、磁石 2 5 の N 極または S 極と歯 4 1 とが(径方向から見て)重なる面積が、トーシヨンパー 1 6 の擦じれ量(換言すれば、磁石 2 5 と磁気ヨーク 2 6 との相対回転量)に応じて変化する。

20

【0048】

ここで、本願発明の歯 4 1 は、凸湾曲していることから、根元部分 4 1 A から先端 4 1 B 手前までの領域(図 9 においてハッチングを付した部分を参照)において、比較例の歯 4 1 に比べて幅広になっている。

そのため、本願発明の歯 4 1 の場合、N 極または S 極と歯 4 1 とが重なる面積が、比較例の歯 4 1 の場合よりも大きい状態で変化する。また、本願発明の歯 4 1 の場合、比較例の歯 4 1 の場合よりも、当該面積の変化がより直線的であるとともに、変化の勾配が急になっている(特に、グラフのカーブにおける立ち上がり始め近傍や立ち上がり終わり近傍の領域)。そのため、本願発明の歯 4 1 を用いたトルク検出装置 1 7 では、磁束(換言すればトルク)の検出効率も向上されている。

30

【0049】

また、図 4 を参照して、それぞれの磁気ヨーク 2 6 において、1 つの歯 4 1 の根元部分 4 1 A の周方向における最大幅 W は、周方向に隣り合う歯 4 1 同士のピッチ P の半分の値以下であることが好ましい。この場合、一对の磁気ヨーク 2 6 において周方向に交互に配置される互いの歯 4 1 における隣り合う歯 4 1 の間に、十分な隙間を確保できるので、隣り合う歯 4 1 の間から磁束が漏れることを防止できる。よって、検出能力および検出精度の更なる向上を図ることができる。

40

【0050】

また、図 3 を参照して、このトルク検出装置 1 7 では、ホール IC 3 0 は、一对の磁気ヨーク 2 6 で発生した磁束の密度を、集磁リング 2 8 によって平均化された後の状態で検出するので、磁気ヨーク 2 6 の磁束密度をばらつきなく検出することができる。その結果、検出能力および検出精度の更なる向上を図ることができる。

そして、このようにトルク検出装置 1 7 におけるステアリング 2 の操舵トルクの検出能力および検出精度の向上が図られているので、電動パワーステアリング装置 1 では、電動モータ 1 9 によるステアリング 2 の操舵力の補助を高精度に実現できる。

【0051】

本発明は、上記実施の形態に限定されるものではなく、例えば、上記実施の形態では、

50

磁気センサとして２つのホールＩＣ３０を用いたが（図２参照）、単一のホールＩＣを用いるようにしてもよい。また、磁気センサとして、ホールＩＣに代えて、磁気抵抗素子（ＭＲ素子）を用いるようにしてもよい。

また、磁石２５の極数は、１２極、１６極、１８極、２４極...というように任意に設定できる。

#### 【００５２】

図１１は、変形例に係る磁気ヨーク２６を、その円中心位置を通過して軸方向に沿う平坦面の位置から見た側面図である。

上記実施の形態における各磁気ヨーク２６のヨークリング４０では、折り返し部４０Ｂは、延設部４０Ａの径方向外側端部から軸方向Ｘ１に沿って、歯４１が突出する方向に折り返されている（図７参照）が、図１１に示すように、歯４１が突出する方向とは反対の方向に折り返されていてもよい。この場合、各磁気ヨーク２６において歯４１が設けられた部分は、周方向から見て、クランク形状になる。

10

#### 【００５３】

なお、図３を参照して、一对の集磁リング３８の軸方向Ｘ１における間隔が一定になっていて、これらの集磁リング３８が、相対位置が決まった集磁リングアッシー５０になっている場合がある。この場合において、軸方向Ｘ１に関して、一对の磁気ヨーク２６の延設部４０Ａの間隔Ｋが、集磁リングアッシー５０の最大長さＰよりも大きいのであれば、折り返し部４０Ｂを、歯４１が突出する方向に折り返して、対応する集磁リング３８に対して径方向内側から対向させることができる。一方、当該間隔Ｋが、集磁リングアッシー５０の最大長さＰよりも小さいのであれば、折り返し部４０Ｂを、歯４１が突出する方向とは反対方向に折り返して（図１１参照）、対応する集磁リング３８に対して径方向内側から対向させることができる。このように、折り返し部４０Ｂの折り返し方向を変えることで、共通の集磁リングアッシー５０を使用できる。

20

#### 【００５４】

その他、請求項記載の範囲内で種々の変更が可能である。

#### 【符号の説明】

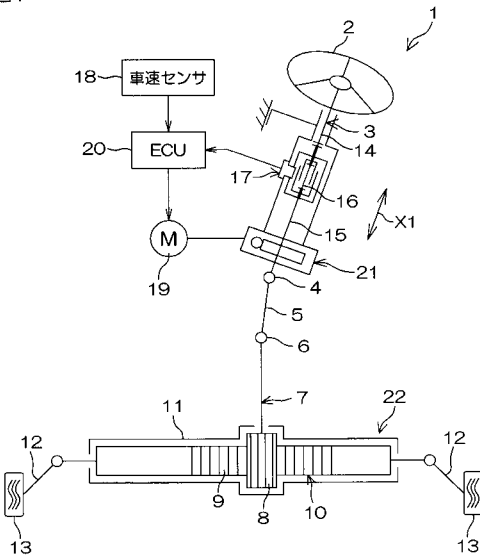
#### 【００５５】

１...電動パワーステアリング装置、２...ステアリング、１４...第１の操舵軸、１５...第２の操舵軸、１６...トーションバー、１７...トルク検出装置、１９...電動モータ、２０...ＥＣＵ、２５...磁石、２６...磁気ヨーク、２８...集磁リング、３０...ホールＩＣ、４１...歯、４１Ａ...根元部分、４１Ｂ...先端、Ｐ...（隣り合う歯４１の）ピッチ、Ｒ...（歯４１の）輪郭、Ｗ...（歯４１の根元部分４１Ａの）最大幅、Ｘ１...軸方向

30

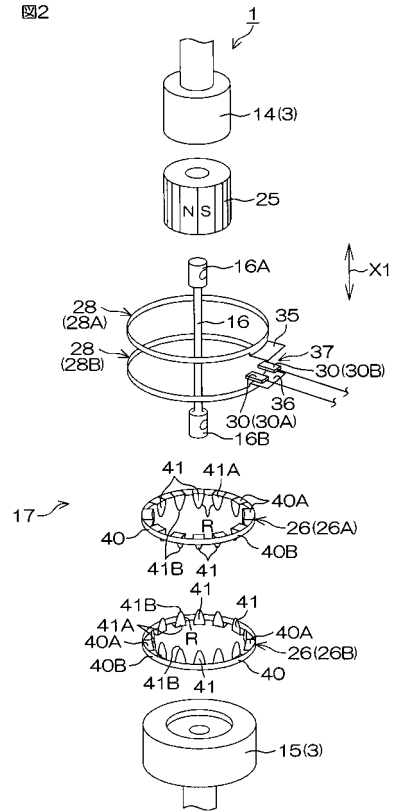
【 図 1 】

図1



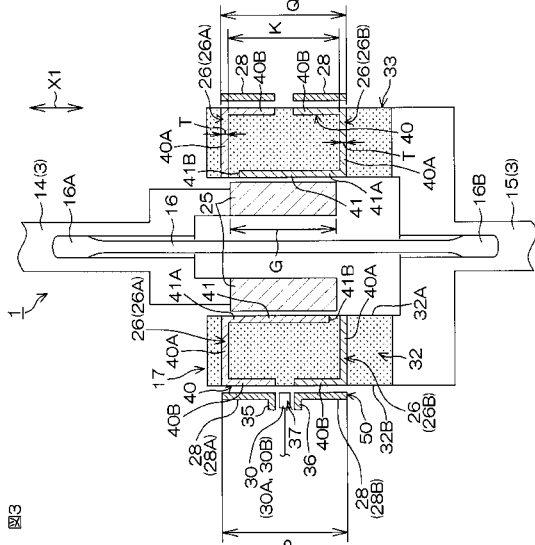
【 図 2 】

図2



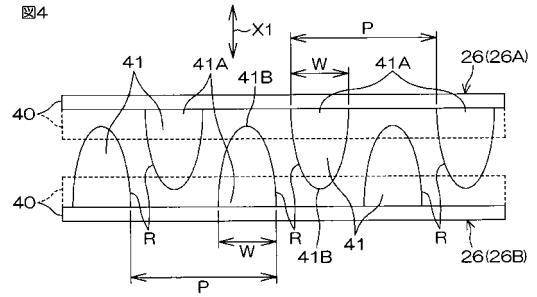
【 図 3 】

図3



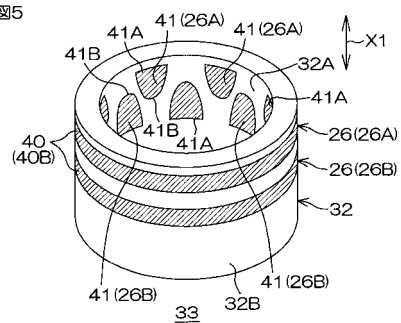
【 図 4 】

図4

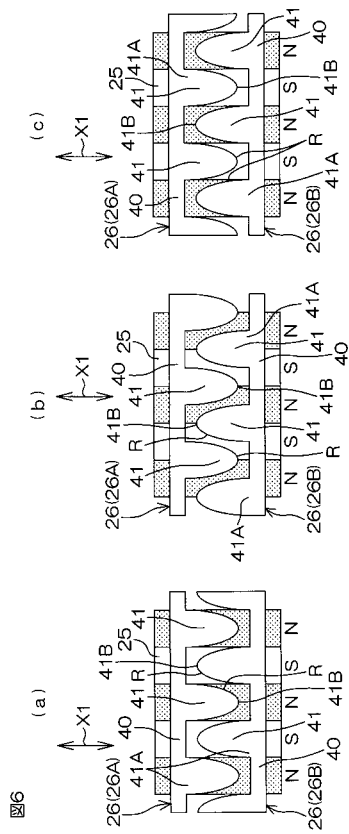


【 図 5 】

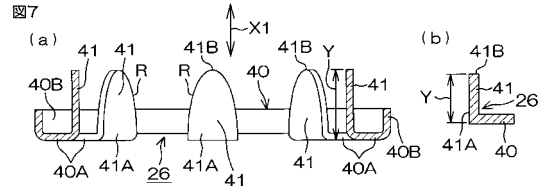
図5



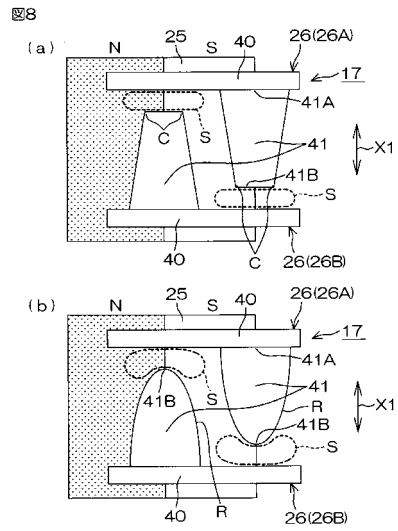
【 図 6 】



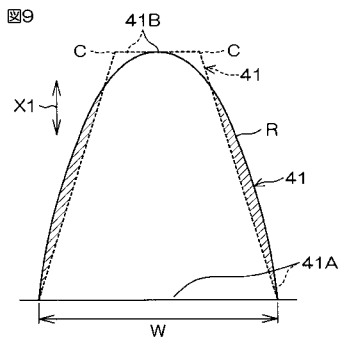
【 図 7 】



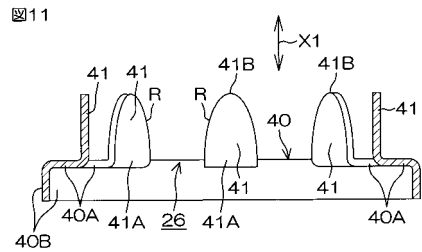
【 図 8 】



【 図 9 】



【 図 1 1 】



【 図 1 0 】

