

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6791912号
(P6791912)

(45) 発行日 令和2年11月25日(2020.11.25)

(24) 登録日 令和2年11月9日(2020.11.9)

(51) Int.CI.

G O 1 L 3/10 (2006.01)

F 1

G O 1 L 3/10 3 O 5

請求項の数 14 (全 28 頁)

(21) 出願番号 特願2018-136685 (P2018-136685)
 (22) 出願日 平成30年7月20日 (2018.7.20)
 (65) 公開番号 特開2019-45477 (P2019-45477A)
 (43) 公開日 平成31年3月22日 (2019.3.22)
 審査請求日 令和1年10月28日 (2019.10.28)
 (31) 優先権主張番号 特願2017-168730 (P2017-168730)
 (32) 優先日 平成29年9月1日 (2017.9.1)
 (33) 優先権主張国・地域又は機関
日本国 (JP)

(73) 特許権者 000004695
株式会社 S O K E N
愛知県日進市米野木町南山500番地20
 (73) 特許権者 000004260
株式会社デンソー
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
 (74) 代理人 100093779
弁理士 服部 雅紀
 (72) 発明者 田中 健
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会
社デンソー内
 (72) 発明者 深谷 繁利
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会
社デンソー内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】トルク検出装置、及び、磁気センサモジュール

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第1軸(11)と第2軸(12)とを同軸上に連結し、前記第1軸と前記第2軸との間に加わるトルクを捩じれ変位に変換するトーションバー(13)と、

前記第1軸または前記トーションバーの一端側に固定され、N極とS極とが周方向に交互に配置されている多極磁石(14)と、

軟磁性体で形成され、前記多極磁石の径外側で前記第2軸または前記トーションバーの他端側に固定され、軸方向に互いに対向し、前記多極磁石の磁界内に磁気回路を形成する一組のヨーク(31、32)と、

軟磁性体で形成され、少なくとも一方の前記ヨークと本体(60)が対向し、前記磁気回路の磁束を誘導する一つ以上の磁束誘導部材(51、52)と、

前記磁束誘導部材の本体、又は、当該本体から分岐した延接部(61、62)に設置され、前記磁束誘導部材により誘導された磁束を検出する一つ以上の磁気センサ(71、72)と、

を備え、

前記ヨークの軸方向の投影において、

前記磁気センサが一つの場合、前記磁気センサと前記ヨークの中心軸とを結び、前記磁気センサが複数の場合、複数の前記磁気センサの中間位置と前記ヨークの中心軸とを結ぶ仮想直線を基準線(X)とし、

前記基準線を挟み、前記磁束誘導部材の本体と前記ヨークとの対向範囲における前記ヨークの軸方向の投影において、

10

20

ークの周方向両端に対応する部位を前記磁束誘導部材の本体の周端部(63、64)と定義すると、

前記磁束誘導部材は、本体における前記磁気センサの設置部位又は前記延接部への分岐部位で、前記周端部に比べ、前記磁束誘導部材と前記ヨークとの間の単位面積当たりの磁気パーミアンスが大きくなるように構成されており、

前記磁束誘導部材の本体は、長手方向の辺が前記基準線に直交する長方形帯状であるトルク検出装置。

【請求項2】

前記一組のヨークのそれぞれと対向する一組の前記磁束誘導部材を備える請求項1に記載のトルク検出装置。

10

【請求項3】

各前記磁束誘導部材は、本体から前記ヨークの径方向外側に延びる前記延接部を有し、前記磁気センサは、一組の前記磁束誘導部材の前記延接部の間に配置される請求項2に記載のトルク検出装置。

【請求項4】

一組の前記磁束誘導部材の前記延接部は、前記磁気センサが間に配置される部分においてギャップが最小となるように、前記ヨークの軸方向に段差を有している請求項3に記載のトルク検出装置。

【請求項5】

前記磁束誘導部材の本体は、前記基準線に対して対称に配置され、

20

前記ヨークの軸方向の投影において、

前記多極磁石の中心軸と、前記磁束誘導部材の本体の両側の前記周端部とを結ぶ二本の直線で区画される周方向範囲を磁束放射範囲と定義すると、前記磁束放射範囲に含まれる前記多極磁石の磁極数は1.2~2.8極の範囲に含まれる請求項3または4に記載のトルク検出装置。

【請求項6】

前記磁束誘導部材の本体における前記磁気センサの設置部位又は前記延接部への分岐部位から前記ヨークの中心軸までの距離は、前記周端部から前記ヨークの中心軸までの距離よりも短い請求項1~5のいずれか一項に記載のトルク検出装置。

【請求項7】

30

前記ヨークの軸方向の投影において、

前記磁束誘導部材は、前記ヨークの中心軸側の辺が前記基準線に直交する直線である請求項6に記載のトルク検出装置。

【請求項8】

第1軸(11)と第2軸(12)とを同軸上に連結し、前記第1軸と前記第2軸との間に加わるトルクを捩じれ変位に変換するトーションバー(13)と、

前記第1軸または前記トーションバーの一端側に固定され、N極とS極とが周方向に交互に配置されている多極磁石(14)と、

軟磁性体で形成され、前記多極磁石の径外側で前記第2軸または前記トーションバーの他端側に固定され、軸方向に互いに対向し、前記多極磁石の磁界内に磁気回路を形成する一組のヨーク(31、32)と、

40

軟磁性体で形成され、前記一組のヨークとそれぞれ本体(60)が対向し、前記磁気回路の磁束を誘導する一組の磁束誘導部材(51、52)と、

前記一組の磁束誘導部材の本体から分岐し前記本体から前記ヨークの径方向外側に延びる延接部(61、62)の間に設置され、前記磁束誘導部材により誘導された磁束を検出する一つ以上の磁気センサ(71、72)と、

を備え、

前記ヨークの軸方向の投影において、

前記磁気センサが一つの場合、前記磁気センサと前記ヨークの中心軸とを結び、前記磁気センサが複数の場合、複数の前記磁気センサの中間位置と前記ヨークの中心軸とを結ぶ

50

仮想直線を基準線（X）とし、

前記基準線を挟み、前記磁束誘導部材の本体と前記ヨークとの対向範囲における前記ヨークの周方向両端に対応する部位を前記磁束誘導部材の本体の周端部（63、64）と定義すると、

前記磁束誘導部材は、本体における前記磁気センサの設置部位又は前記延接部への分岐部位で、前記周端部に比べ、前記磁束誘導部材と前記ヨークとの間の単位面積当たりの磁気パーミアンスが大きくなるように構成されており、

前記ヨークの軸方向の投影において、

前記磁束誘導部材の本体は、前記基準線に対して対称に配置され、前記ヨークに沿って周方向に延びる同心円弧を対辯とする帯状であり、

10

前記多極磁石の中心軸と、前記磁束誘導部材の本体の両側の前記周端部とを結ぶ二本の直線で区画される周方向範囲を磁束放射範囲と定義すると、前記磁束放射範囲に含まれる前記多極磁石の磁極数は2.5極未満であるトルク検出装置。

【請求項9】

一組の前記磁束誘導部材の前記延接部は、前記磁気センサが間に配置される部分においてギャップが最小となるように、前記ヨークの軸方向に段差を有している請求項8に記載のトルク検出装置。

【請求項10】

前記基準線に対して対称に配置される二つの前記磁気センサを備える請求項1～9のいずれか一項に記載のトルク検出装置。

20

【請求項11】

前記磁束誘導部材は、少なくとも前記ヨークの軸方向において、前記ヨークと対向する請求項1～10のいずれか一項に記載のトルク検出装置。

【請求項12】

前記磁束誘導部材は、少なくとも前記ヨークの径方向において、前記ヨークと対向する請求項1～11のいずれか一項に記載のトルク検出装置。

【請求項13】

請求項1～12のいずれか一項に記載のトルク検出装置に用いられ、

前記磁束誘導部材及び前記磁気センサが一体に構成されている磁気センサモジュール。

【請求項14】

30

第1軸（11）と第2軸（12）とを同軸上に連結し、前記第1軸と前記第2軸との間に加わるトルクを捩じれ変位に変換するトーションバー（13）と、

前記第1軸または前記トーションバーの一端側に固定され、N極とS極とが周方向に交互に配置されている多極磁石（14）と、

軟磁性体で形成され、前記多極磁石の径外側で前記第2軸または前記トーションバーの他端側に固定され、軸方向に互いに対向し、前記多極磁石の磁界内に磁気回路を形成する一組のヨーク（31、32）と、

軟磁性体で形成され、少なくとも一方の前記ヨークと本体（60）が対向し、前記磁気回路の磁束を誘導する一つ以上の磁束誘導部材（560、570）と、

前記磁束誘導部材の本体、又は、当該本体から分岐した延接部（61、62）に設置され、前記磁束誘導部材により誘導された磁束を検出する二つの磁気センサ（71、72）と、

を備え、

前記ヨークの軸方向の投影において、

前記磁気センサが一つの場合、前記磁気センサと前記ヨークの中心軸とを結び、前記磁気センサが複数の場合、複数の前記磁気センサの中間位置と前記ヨークの中心軸とを結ぶ仮想直線を基準線（X）とすると、

二つの前記磁気センサは、前記基準線に対して対称に配置されており、

前記磁束誘導部材は、本体における前記磁気センサの設置部位又は前記延接部への分岐部位で、前記基準線上の部位に比べ、前記磁束誘導部材と前記ヨークとの間の単位面積当

40

50

たりの磁気パーミアンスが小さくなるように構成されており、

前記磁束誘導部材の本体は、長手方向の辺が前記基準線に直交する長方形帯状であり、

前記磁束誘導部材は、前記ヨークの中心軸側の辺が前記基準線に直交する直線であるトルク検出装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、トルク検出装置、及び、トルク検出装置に用いられる磁気センサモジュールに関する。

【背景技術】

10

【0002】

従来、多極磁石とヨークとの相対的回転によって生ずる磁束の変化を磁気センサで検出し、磁気センサの出力信号に基づいて、トーションバーに加わるトルクを検出するトルク検出装置が知られている。また、この種のトルク検出装置において、ヨークの磁束を集めて磁気センサに誘導する磁束誘導部材を用いた構成が知られている。

【0003】

例え特許文献1に開示された構成では、磁束誘導部材に相当する集磁リングは、多極磁石（またはヨーク）の中心軸から集磁リングの内縁部までの距離が、多極磁石（またはヨーク）の中心軸と磁気センサとを結ぶ方向において最大となるように形成されている。これにより、トルクが一定の状態で、多極磁石とヨークとが同期して回転する時に磁気回路に生ずる磁束の周期的変動が抑制される。以下、本明細書では、この磁束の周期的変動によるノイズを「振れ回りノイズ」という。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2012-237727号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

この種のトルク検出装置では、磁気センサの出力電圧がアンプで増幅されて制御装置に伝送されるため、信号を大きく、且つノイズを小さくすることによりS/N比を向上させることが重要である。しかし、特許文献1の構成では、磁気センサの近くの部位において磁束誘導部材とヨークとの軸方向の対向面積が相対的に小さくなり、実施形態によっては、磁束誘導部材とヨークとの対向面積が0となっている。そのため、磁気センサから離れた部分で磁束誘導部材とヨークとを対向させ磁束を集めの場合、磁気センサ近傍で集める場合よりも磁気抵抗が高くなるため、センサに集められる磁束量が減少する。したがって、振れ回りノイズが小さくなるとともに信号も小さくなることから、S/N比の向上が見込めないという問題がある。

30

【0006】

本発明は、上記の課題に鑑みてなされたものであり、その目的は、磁気センサが検出する磁束のS/N比を向上させるトルク検出装置、及び、そのトルク検出装置に用いられる磁気センサモジュールを提供することにある。

40

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明のトルク検出装置は、トーションバー（13）と、多極磁石（14）と、一組のヨーク（31、32）と、一つ以上の磁束誘導部材（51、52）と、一つ以上の磁気センサ（71、72）と、を備える。トーションバーは、第1軸（11）と第2軸（12）とを同軸上に連結し、第1軸と第2軸との間に加わるトルクを捩じれ変位に変換する。多極磁石は、第1軸またはトーションバーの一端側に固定され、N極とS極とが周方向に交互に配置されている。一組のヨークは、軟磁性体で形成され、多極磁石の径外側で第2軸

50

またはトーションバーの他端側に固定され、軸方向に互いに対向し、多極磁石の磁界内に磁気回路を形成する。

【0008】

磁束誘導部材は、軟磁性体で形成され、少なくとも一方のヨークと本体(60)が対向し、磁気回路の磁束を誘導する。磁気センサは、前記磁束誘導部材の本体、又は、当該本体から分岐した延接部(61、62)に設置され、磁束誘導部材により誘導された磁束を検出する。ここで、ヨークの軸方向の投影において、磁気センサが一つの場合、磁気センサとヨークの中心軸とを結び、磁気センサが複数の場合、複数の磁気センサの中間位置とヨークの中心軸とを結ぶ仮想直線を基準線(X)とする。また、基準線を挟み、磁束誘導部材の本体とヨークとの対向範囲におけるヨークの周方向両端に対応する部位を磁束誘導部材の本体の周端部(63、64)と定義する。

10

【0009】

本発明の第1の態様において、磁束誘導部材は、本体における磁気センサの設置部位又は延接部への分岐部位で、周端部に比べ、「磁束誘導部材とヨークとの間の単位面積当たりの磁気パーミアンス」が大きくなるように構成されている。磁束誘導部材の本体は、長手方向の辺が基準線に直交する長方形帯状である。なお、第1の態様の磁束誘導部材に対応する参照符号は、総括符号である「51、52」から第2の態様の「560、570」を除外したものに相当する。これにより、磁気センサが検出する信号が大きくなるため、S/N比を向上させることができる。

【0010】

20

好ましくは、磁束誘導部材の本体における磁気センサの設置部位又は延接部への分岐部位からヨークの中心軸までの距離は、周端部からヨークの中心軸までの距離よりも短い。例えば磁束誘導部材は、ヨークの中心軸側の辺が基準線に直交する直線であることが好ましい。特に磁束誘導部材の本体が長方形帯状に形成されることで、磁束誘導部材を小型にすることができる。また、例えば板金材料をプレスで打ち抜いて磁束誘導部材を製造する場合には、磁束誘導部材の形状設計により歩留まりを向上させることができる。

【0011】

また、トルク検出装置が基準線に対して対称に配置される二つの磁気センサを備える構成では、磁束誘導部材の基準線側から二つの磁気センサに向かって磁束が分岐することにより、磁気センサに伝播されるノイズが低減すると考えられる。その結果、磁気センサが検出する磁束のS/N比をより向上させることができる。

30

【0012】

本発明は、また、上記のトルク検出装置に用いられ、磁束誘導部材及び磁気センサが、一体に構成されている磁気センサモジュールとして提供される。例えば磁気センサモジュールは、一体に樹脂モールドされることにより構成される。この磁気センサモジュールは、トルク検出装置を構成する部品として独立して製造販売することができ、トルク検出装置に用いられたときS/N比を向上させる効果を奏する。

【0013】

本発明の第2の態様において、トルク検出装置は、二つの磁気センサを備える。二つの磁気センサは、基準線に対して対称に配置されている。磁束誘導部材は、本体における磁気センサの設置部位又は延接部への分岐部位で、基準線上の部位に比べ、磁束誘導部材とヨークとの間の単位面積当たりの磁気パーミアンスが小さくなるように構成されている。また、磁束誘導部材(560、570)の本体は、長手方向の辺が基準線に直交する長方形帯状であり、磁束誘導部材は、ヨークの中心軸側の辺が基準線に直交する直線である。第2の態様では、磁気センサが検出する信号は第1の態様に比べ小さくなる。しかし、磁束誘導部材の基準線側から二つの磁気センサに向かって磁束が分岐することによるノイズ低減効果の方が大きい場合には、S/N比の向上が図られる。特に磁束誘導部材の本体が長方形帯状に形成されることで、磁束誘導部材を小型にすることができる。

40

【図面の簡単な説明】

50

【0014】

【図1】各実施形態（磁気センサモジュールは第1実施形態）によるトルク検出装置の分解斜視図。

【図2】各実施形態のトルク検出装置が適用される電動パワーステアリング装置の概略構成図。

【図3】第1実施形態の磁気センサモジュールの（a）平面図、（b）側面図。

【図4】第1実施形態の磁気センサモジュールの軸方向断面図。

【図5】（a）第1実施形態における基準線からの距離と磁気パーミアンスとの相関図、（b）第1実施形態による振れ回り変動の低減を説明する図。

【図6】第1実施形態の磁束誘導部材による製造歩留まり向上を説明する図。

10

【図7】第2実施形態の磁気センサモジュールの平面図。

【図8】第3実施形態の磁気センサモジュールの（a）平面図、（b）側面図。

【図9】第4実施形態の磁気センサモジュールの（a）平面図、（b）側面図。

【図10】第4実施形態の磁気センサモジュールの軸方向断面図。

【図11】第5実施形態の磁気センサモジュールの軸方向断面図。

【図12】第6実施形態の磁気センサモジュールの軸方向断面図。

【図13】第7実施形態の磁気センサモジュール及びヨークの（a）平面図、（b）側面図。

【図14】第7実施形態の磁気センサモジュール及びヨークの軸方向断面図。

【図15】第8実施形態の磁気センサモジュールの（a）平面図、（b）側面図。

20

【図16】第9実施形態の磁気センサモジュールの平面図。

【図17】第10実施形態の磁気センサモジュールの（a）平面図、（b）側面図。

【図18】第10実施形態における基準線からの距離と磁気パーミアンスとの相関図。

【図19】第11実施形態の磁気センサモジュールの平面図。

【図20】第12実施形態の磁気センサモジュールの平面図。

【図21】第13実施形態の磁気センサモジュールの（a）平面図、（b）軸方向断面図。

【図22】第14実施形態の磁気センサモジュールの（a）平面図、（b）軸方向断面図。

【図23】第1実施形態の直線状磁束誘導部材の好ましい本体の長さを示す図。

30

【図24】直線状磁束誘導部材での放射範囲磁極数と振れ回りノイズとの関係を示す図。

【図25】第3実施形態の円弧状磁束誘導部材の好ましい本体の長さを示す図。

【図26】円弧状磁束誘導部材での放射範囲磁極数と振れ回りノイズとの関係を示す図。

【図27】多極磁石の磁極数が（a）12極、（b）20極の場合の放射範囲磁極数と振れ回りノイズとの関係を示す図。

【図28】その他の実施形態の磁束誘導部材の形態を示す図（1）。

【図29】その他の実施形態の磁束誘導部材の形態を示す図（2）。

【図30】その他の実施形態の磁束誘導部材の形態を示す図（3）。

【図31】その他の実施形態の磁束誘導部材の形態を示す図（4）。

【図32】その他の実施形態のヨークの（a）平面図、（b）部分斜視図。

40

【図33】ヨークの爪からリングへの磁束の流れを示す参考図。

【発明を実施するための形態】

【0015】

以下、トルク検出装置の複数の実施形態を図面に基づいて説明する。複数の実施形態において、実質的に同一の構成には同一の符号を付して説明を省略する。

また、以下の第1～第14実施形態を包括して「本実施形態」という。本実施形態のトルク検出装置は、車両のステアリング操作をアシストするための電動パワーステアリング装置に適用される。

【0016】

最初に図2を参照し、各実施形態のトルク検出装置が適用される電動パワーステアリン

50

グ装置の概略構成について説明する。なお、図2に示す電動パワーステアリング装置90はコラムアシスト式であるが、ラックアシスト式電動パワーステアリング装置にも同様に適用可能である。ハンドル93に接続されたステアリングシャフト94には操舵トルクを検出するためのトルク検出装置10が設置されている。ステアリングシャフト94の先端にはピニオンギア96が設けられており、ピニオンギア96はラック軸97に噛み合っている。ラック軸97の両端には、タイロッド等を介して、一対の車輪98が回転可能に連結されている。ステアリングシャフト94の回転運動は、ピニオンギア96によってラック軸97の直線運動に変換され、一対の車輪98が操舵される。

【0017】

トルク検出装置10は、ステアリングシャフト94を構成する入力軸11と出力軸12との間に設けられ、ステアリングシャフト94に加わる操舵トルクを検出してECU91に出力する。ECU91は、検出された操舵トルクに応じて、モータ92の出力を制御する。モータ92が発生した操舵アシストトルクは、減速ギア95を介して減速され、ステアリングシャフト94に伝達される。

【0018】

ここで、トルク検出装置10が二つの磁気センサ71、72を備え、操舵トルクとして二つの値 t_{rq1} 、 t_{rq2} を出力する形態は第1～第10実施形態等に対応する。ECU91の制御に用いるトルク情報を冗長出力する構成とすることで、仮に磁気センサや演算回路の故障により一方のトルク情報が使用不能となっても、ECU91は、他方のトルク情報を用いてモータ92の駆動を継続することができる。そのため、このような冗長構成は、高い信頼性が要求される電動パワーステアリング装置90において特に有効である。ただし、第11、第12実施形態のように、トルク検出装置10は一つの磁気センサ71を備える構成としてもよい。

【0019】

次に、トルク検出装置10の全体構成について、図1、図2を参照して説明する。図2に示すように、トルク検出装置10は、トーションバー13、多極磁石14、一組のヨーク31、32、一つ以上の磁束誘導部材51、52、及び、一つ以上の磁気センサ71、72等から構成される。また、一つ以上の磁束誘導部材51、52及び一つ以上の磁気センサ71、72を含むユニットを磁気センサモジュール50と表す。

【0020】

ここで、構成部材の形状を模式的に示す図2では、各実施形態の磁気センサモジュールを包括する符号として「50」を用い、各実施形態の磁束誘導部材を包括する符号として「51、52」を用いる。一方、第1実施形態の磁束誘導部材の形状を具体的に表した図1では、第1実施形態の磁気センサモジュールの符号「501」、及び、第1実施形態の磁束誘導部材の符号「511、521」を用いる。このように各実施形態は、磁束誘導部材51、52の具体的な形状や磁気センサ71、72の数が異なる。ただし、この部分での説明では、図1における磁束誘導部材511、521の詳細な形状には言及せず、トルク検出装置10の全体構成のみを参照する。

【0021】

図1、図2に示すように、トーションバー13は、一端側が「第1軸」としての入力軸11に、他端側が「第2軸」としての出力軸12に、それぞれ固定ピン15で固定され、入力軸11と出力軸12を中心軸Oの同軸上に連結する。トーションバー13は、棒状の弾性部材であり、ステアリングシャフト94に加わる操舵トルクを捩じれ変位に変換する。多極磁石14は、入力軸11に固定され、N極とS極とが周方向に交互に配置されている。本実施形態では、N極とS極とが各8極、計16極が22.5°間隔で配置されている。

【0022】

一組のヨーク31、32は、軟磁性体で環状に形成され、多極磁石14の径外側で出力軸12に固定され、軸方向にギャップを介して互いに対向している。一組のヨーク31、32は、それぞれ、多極磁石14のN極及びS極と同数の爪33、34が環の内縁に沿つ

10

20

30

40

50

て全周に等間隔に設けられる。一方のヨーク31の爪33と他方のヨーク32の爪34とは、周方向にずれて交互に配置される。こうして、一組のヨーク31、32は、多極磁石14が発生する磁界内に磁気回路を形成する。

【0023】

トーションバー13に捩じれ変位が加わると、多極磁石14と一組のヨーク31、32との相対回転に伴って磁気回路を通る磁束が変化し、その磁束を検出することで回転角度の情報が得られる。その検出原理は特許文献1（特開2012-237727号公報）の図5、図6等に記載されている。

【0024】

トーションバー13、多極磁石14、及び、一組のヨーク31、32は同軸に構成されるため、それらのいずれを基準として中心軸Oが定義されてもよい。本明細書では、磁束誘導部材51、52との対向関係が着目されるヨーク31、32を基準として、基本的に「ヨーク31、32の中心軸O」と記載する。

【0025】

また、実施形態の説明では、トーションバー13、多極磁石14、一組のヨーク31、32等の軸方向及び径方向を、単に「軸方向」及び「径方向」という。また、図面の説明における平面図は軸方向の第1軸11側から視た図を意味し、側面図は径方向から視た図を意味する。「平面視にて」は、「軸方向の投影において」と同義である。

【0026】

磁束誘導部材51、52は、軟磁性体で形成され、一組のヨーク31、32のうち少なくとも一方のヨークと軸方向または径方向で本体60が対向し、磁気回路の磁束を磁気センサ71、72に誘導する。第14実施形態を除く多くの実施形態では、一組の磁束誘導部材51、52が備えられる。

【0027】

以下、説明の便宜上、図1、図2において第1軸11側に配置されるヨーク31及び磁束誘導部材51を「上側のヨーク31」と及び「上側の磁束誘導部材51」という。また、第2軸12側に配置されるヨーク32及び磁束誘導部材52を「下側のヨーク32」と及び「下側の磁束誘導部材52」という。上側の磁束誘導部材51は上側のヨーク31と対向し、下側の磁束誘導部材52は下側のヨーク32と対向する。第13実施形態を除く多くの実施形態では、一組のヨーク31、32は軸方向に対称に配置され、軸方向に互いに対向する。

【0028】

図1に示すように、第1実施形態の一組の磁束誘導部材511、521は、本体60から分岐した二組の延接部61、62を有している。詳しくは、延接部61、62は、本体60からヨーク31、32の径方向外側に延びる。二つの磁気センサ71、72は、それぞれ延接部61、62の間に配置される。延接部61、62は、磁気センサ71、72が間に配置される部分においてギャップが最小となるように、軸方向に段差を有している。例えば磁束誘導部材51、52がプレス成形される場合、延接部61、62の段差は、板金を折り曲げること等によって形成可能である。

【0029】

磁気センサ71、72は、一組のヨーク31、32から磁束誘導部材51、52により誘導された磁束を検出して電圧信号に変換し、リード線73、74を経由して外部のECU91に出力する。例えば磁気センサ71、72は、ホール素子、磁気抵抗素子等が樹脂モールドされた略直方体のICパッケージで構成されている。

【0030】

以上の構成のトルク検出装置において、トーションバー13に加わるトルクが一定の状態で、多極磁石14とヨーク31、32とが同期して回転する時に、磁気回路を通る磁束が周期的に変動する。この磁束の周期的変動は、磁気センサ71、72からECU91への出力信号に対し「振れ回りノイズ」となり得る。

【0031】

10

20

30

40

50

ここで、ヨークの爪からリングへの磁束の流れを示す参考図である図33を参照し、振れ回りノイズについて説明する。磁束源となる多極磁石14に面するヨーク31、32の爪33、34との距離によって、ヨーク31、32のリング部分には磁束密度の差が生じる。つまり、爪33、34に近い部分では磁束密度が高くなり、爪33、34から離れた部分では磁束密度が小さくなる。

【0032】

そのため、多極磁石14とヨーク31、32とが同期して回転する場合、ヨーク31、32のリング間の特定の位置に配置された磁気センサでは、回転に伴った磁束の変動が検知される。さらに、回転に伴って、爪33、34同士の間から漏れる漏れ磁束が加わり、磁束の変動が大きくなる。これが振れ回りノイズとして磁気センサで検出される。このように、磁気センサで検出される信号に比べ振れ回りノイズが相対的に大きくなると、SN比が低下することとなる。

10

【0033】

このノイズに対し、特許文献1の従来技術では、中心軸〇と磁気センサとを結ぶ方向において、中心軸〇から集磁リング（すなわち、本実施形態の磁束誘導部材）の内縁部までの距離が最大となるように、集磁リングの形状が決められている。例えば集磁リングは、中心軸〇と磁気センサとを結ぶ方向が長径となる橢円弧状に形成されている。このように磁気センサを多極磁石から遠ざけることで、磁束変動による磁気センサへの影響を抑制しようとしている。

20

【0034】

しかし、特許文献1の構成では、磁気センサの近くの部位において磁束誘導部材とヨークとの軸方向の対向面積が相対的に小さくなり、実施形態によっては、磁束誘導部材とヨークとの対向面積が0となっている。そのため、磁気センサから離れた部分で磁束誘導部材とヨークとを対向させ磁束を集める場合、磁気センサ近傍で集める場合よりも磁気抵抗が高くなるため、センサに集められる磁束量が減少する。したがって、振れ回りノイズが小さくなるとともに信号も小さくなることから、SN比の向上が見込めないという問題がある。

【0035】

そこで本実施形態は、基本的に、磁気センサの近傍の部位ほど信号を大きくしつつ振れ回りノイズを抑制することで、磁気センサが検出する磁束のSN比を向上させることを目的とする。ただし、例外的に第10実施形態は、信号を大きくすることなくノイズの抑制効果のみによってSN比を向上させるものである。

30

【0036】

また、一部の実施形態では、さらなる目的として、磁気センサモジュール50の小型化及び組み付け性の向上を図る。例えば特許文献1に開示された半環状の集磁リングは、トーションバー13や多極磁石14を中に通す必要のある環状の集磁リングに比べ、径方向から組み付け可能である点で組み付け性に優れる。一部の実施形態では、径方向から組み付け可能というだけでなく、磁気センサモジュール50を小型化し、製造歩留まりを向上させると共に、部品管理のスペース低減や組み付け性の一層の向上を図る。

40

【0037】

次に、図3(a)～図22(b)を参照し、実施形態毎に磁気センサモジュール50の詳細な構成を説明する。以下の第1～第9実施形態について、磁気センサモジュールの符号は、「50」に続く3桁目に実施形態の番号を付し、一組の磁束誘導部材の符号は、「51」、「52」に続く3桁目に実施形態の番号を付す。第10～第14実施形態については、磁気センサモジュールの符号は、「55」に続く3桁目に順に「1」～「4」を付す。また、第10～第13実施形態について、一組の磁束誘導部材の符号は、「56」、「57」に続く3桁目に順に「0」～「3」を付す。第14実施形態については、片側のみの磁束誘導部材の符号を「564」とする。

【0038】

各実施形態の磁気センサモジュールの構成は、原則として、平面図、側面図、軸方向断

50

面図の三図によって示す。ただし、いずれかの図が前出の実施形態と実質的に同じである場合、適宜、前出の図を援用する。また、明細書中、例えば「平面図にて」とは、「平面図を視たとき」の意味である。第1実施形態では、図3(a)が平面図、図3(b)が側面図、図4が軸方向断面図である。「平面図」は、厳密には上側の磁束誘導部材51の上部で多極磁石14及びヨーク31、32の爪33、34を切断した径方向断面図であるが、磁束誘導部材51の視点から「平面図」と記す。また、径方向断面図にて実際に環が見えるのは下側のヨーク32のみであるが、説明の都合上、上側のヨーク31を含めて符号を「31、32」と付す。

【0039】

各平面図には、中心軸Oを通って左右方向に延びる「基準線X」が記載される。図3(a)等、二つの磁気センサ71、72を備える構成の図では、基準線Xは、二つの磁気センサ71、72の中間位置と中心軸Oとを結ぶ仮想直線と定義される。言い換えれば、二つの磁気センサ71、72は、基準線Xに対して対称に配置される。図19等、一つの磁気センサ71を備える構成の図では、基準線Xは、一つの磁気センサ71と中心軸Oとを結ぶ仮想直線と定義される。また、各平面図は、トーションバー13に捩じれ変位が加わっていない中立状態の図である。中立状態では、磁極(図3(a)の例ではS極)の中心線が基準線Xに一致する。

10

【0040】

側面図は、基準線Xに沿って、磁気センサモジュール50を径方向外側から視た図である。二点鎖線は爪33、34の外形を示す。側面図では、トーションバー13、多極磁石14の図示を省略する。軸方向断面図は、中心軸O及び基準線Xを含む平面での断面図である。軸方向断面図ではトーションバー13の図示を省略し、多極磁石14は外形線のみを示す。

20

【0041】

(第1実施形態)

図3(a)、図3(b)、図4を参照し、第1実施形態について説明する。第1実施形態の磁気センサモジュール501では、平面図にて、磁束誘導部材511、521の本体は、基準線Xに対して対称な長方形帶状に形成されている。磁束誘導部材511、521の中心軸O側の辺は、ヨーク31、32の内部で基準線Xに直交する直線である。

【0042】

30

磁束誘導部材511、521は、本体60から径方向外側に延びる延設部61、62を有しており、「本体60における延設部61、62への分岐部位」をS部と記す。「延設部61、62への分岐部位」は、実質的に磁気センサ71、72の近傍を意味する。なお、「S部」は多極磁石14のS極と同じ記号であるが、それらの区別は自明であり、混同のおそれはない。

【0043】

また、基準線Xを挟み、磁束誘導部材511、521の本体60とヨーク31、32との対向範囲におけるヨーク31、32の周方向両端に対応する部位を「本体60の周端部63、64」と定義し、図中、破線ハッチングで示す。周端部63、64は、「本体60とヨーク31、32との対向範囲における周方向両端」に「対応する」部位であって、周端部63、64自体がヨーク31、32との対向範囲に直接含まれていなくてもよい。例えば周端部63、64は、直接的な対向範囲よりも外側、すなわち基準線Xから離れた側において、「直接的な対向範囲における周方向両端」に対応していればよい。S部から中心軸Oまでの距離d_sは、周端部63、64から中心軸Oまでの距離d_eよりも短い。

40

【0044】

側面図及び軸方向断面図にて、磁束誘導部材511、521は、軸方向の内側において一定のギャップでヨーク31、32の環状面に対向し、その対向面積は、磁気センサ71、72に近い中間部65で相対的に大きく、周端部63、64に向かうほど小さくなる。延設部61、62への分岐部位であるS部では、周端部63、64に比べ対向面積が大きいため、磁束誘導部材511、521とヨーク31、32との間の単位面積当たりの磁気

50

パーミアンスが大きくなる。

【0045】

ここで、「単位面積当たり」の意味は、部位毎に磁気パーミアンスを比較する範囲の面積を同一とすることを明確に記すことにある。以下の実施形態の説明では、都度の「単位面積当たり」の記載を省略し、「磁気パーミアンス」とは「単位面積当たりの磁気パーミアンス」を意味するものとして解釈する。

【0046】

二つの磁気センサ71、72は、それぞれ延接部61、62の間に配置される。延接部61、62は、磁気センサ71、72が間に配置される部分においてギャップが最小となるように軸方向に折り曲げられ、段差を有している。このような延接部61、62の構成は、以下の第2～第7、第9～第11実施形態において共通である。

10

【0047】

次に図5(a)、図5(b)、図6を参照し、第10実施形態を除く各実施形態の磁気センサモジュール50の作用効果について説明する。まず、信号が大きくなる理由を説明する。図5(a)に、磁束誘導部材51、52とヨーク31、32との間の磁気パーミアンスについて、基準線Xからの距離または回転角度と磁気パーミアンスとの相関図を示す。磁気パーミアンスPは、材の透磁率μ、対向面積A、ギャップ長Lを用いて、式(1)で表される。

$$P = \mu (A / L) \quad \dots (1)$$

【0048】

20

ここで、磁束誘導部材51、52は単一の軟磁性材質で形成されることを前提とすると、磁束誘導部材51、52とヨーク31、32との対向面積Aが大きいほど、又は、ギャップ長Lが短いほど、磁気パーミアンスPは大きくなる。

【0049】

第1実施形態等では、磁束誘導部材51、52とヨーク31、32とのギャップは一定であるが、対向面積が中間部65から周端部63、64に向かうほど小さくなる。一方、後述の第3実施形態等では、磁束誘導部材51、52とヨーク31、32との対向面積は一定であるが、ギャップが中間部65から周端部63、64に向かうほど大きくなる。したがって、いずれの実施形態でも、中間部65の磁気パーミアンスが周端部63、64の磁気パーミアンスよりも大きくなる。その相関特性は、図5(a)中、P1のような直線、P2のような変曲点の無い単純な曲線、P3のようなS字曲線或いはステップ状の折れ線等、どのような特性であってもよい。

30

【0050】

ところで、特許第5090162号公報及び米国特許U.S. 6,44,635号明細書には、「磁束誘導部材とヨークとの間の磁気パーミアンスが、相対的半径及び角度位置とは独立に決められる」構成が開示されている。これは、基準線Xからの距離によらず磁気パーミアンスが一定となる特性を有することを意味する。この特性を比較例として、図5(a)に破線で示す。本実施形態の特性は、基準線Xからの距離または回転角度に応じて磁気パーミアンスが変化するという点で、比較例の特性とは明らかに異なるものである。

【0051】

40

そして、第10実施形態を除く各実施形態では、磁気センサ71、72は、中間部65の近くの本体60、又は、本体60から分岐した延設部61、62に設置される。ここで、「設置される」には、延接部61、62に近接した位置に磁気センサ71、72が非接触で配置される形態を含み、必ずしも磁気センサ71、72が延設部61、62に接触することを意味しない。磁束誘導部材51、52の本体60における磁気センサ71、72の設置部位又は延接部61、62への分岐部位は、実質的に「磁気センサ71、72の近傍」を意味する。そして、磁束誘導部材51、52は、本体60における磁気センサ71、72の設置部位又は延接部61、62への分岐部位で、周端部63、64に比べ、「磁束誘導部材51、52とヨーク31、32との間の単位面積当たりの磁気パーミアンス」が大きくなるように構成されている。これにより、磁気センサ71、72の信号を大きく

50

することができる。

【0052】

次に、振れ回りノイズが低減する理由を説明する。特許文献1等の従来技術のトルク検出装置では、集磁リングの形状は、ヨークのリングに沿った円環状、半円状、半楕円状等に形成されている。これらの形状では、集磁リングの広範囲の部分から磁気センサ部分に磁束を集めてくることになるため、信号がある程度大きくなると同時に、各部位の磁束変動も集めてしまい、その結果、大きな振れ回り変動が生じる。一方、第10実施形態を除く各実施形態では、磁気センサ71、72から離れた周端部63、64で、ヨーク31、32と磁束誘導部材51、52との間の磁気パーミアンスが低下するように構成されている。

10

【0053】

第1実施形態の図3(a)において、特に、磁気パーミアンスが大きいS部で、ヨーク31、32と磁束誘導部材511、521との間に磁束が流れる。そして、磁束誘導部材511、521に流れ込んだ磁束は、破線矢印Bで示すように、周端部63、64に向かって漏れ広がるように流れしていく。これは、従来技術のトルク検出装置の集磁リングと違い、磁束誘導部材511、521の周端部63、64では、磁束密度が低く、磁気抵抗が小さい状態になっているためである。これにより、延設部61、62を通って磁気センサ71、72側に流れる磁束の変動が抑制、つまり磁束が平滑化される効果が生まれる。

【0054】

例えば、多極磁石14の磁極が二つのヨーク31、32の爪33、34の間にある中立状態、すなわちトルクが加わっていない状態で、従来技術の集磁リングは、磁束を集めるだけであり、大きな振れ回りノイズが発生する。それに対し、第1実施形態の磁束誘導部材511、521は、集めた磁束の変動を抑える構造となっているため、図5(b)に示すように振れ回りノイズの変動が小さくなる。加えて、二つの磁気センサ71、72を備える構成では、ヨーク31、32から誘導された磁束は基準線X側から二つの磁気センサ71、72に向かって分岐し、周端部63、64に向かって広がっていく。この作用により、伝播される振れ回りノイズを低減させることができる。

20

【0055】

なお、磁気センサ71、72の信号についても、集められる磁束量に対して最も寄与度の高い磁気センサ71、72の近傍で、磁束誘導部材511、521とヨーク31、32との間の磁気パーミアンスが大きくなれば磁束が集められるため、信号の低下に対する影響は小さい。以上のことから、第10実施形態を除く各実施形態では、従来技術に対し、大きな信号(S)を得つつ、振れ回りノイズ(N)を抑制することが可能となる。よって、磁気センサ71、72が検出する磁束のSN比を向上させることができる。

30

【0056】

次に図6を参照し、第1実施形態の磁束誘導部材511、512を用いることによる製造歩留まり向上について説明する。例えば板金材料をプレスで打ち抜いて二枚の磁束誘導部材511、512を取る場合、延設部61、62が向かい合うように本体60を並べ、互いに凹凸が嵌り合うようにレイアウトする。延設部61、62と反対側の辺は直線であるため、二枚の磁束誘導部材511、512を取るために使用される材料の幅はW1となる。

40

【0057】

比較のため、第3実施形態における円弧状の磁束誘導部材513、523を二点鎖線で示す。この形態では二枚の磁束誘導部材511、512を取るために幅W3の材料を使用する必要があり、ムダが大きい。これに対し、第1実施形態では材料のムダを最小限に抑えることができ、製造歩留まりが向上する。また、磁束誘導部材511、521は基準線X方向の幅が小さいため、図3(a)に示す幅W1のスペースで、ブロック矢印INのようにスライドさせてトルク検出装置10に組み付けることができる。したがって、例えば半環状の磁束誘導部材を組み付ける場合に比べ、さらに組み付け性を向上させることができる。

50

【0058】

(第2実施形態)

第2実施形態の磁気センサモジュール502について、側面図及び軸方向断面図は第1実施形態の図3(b)及び図4を援用する。図7の平面図において、下側の磁束誘導部材を含め、磁束誘導部材の符号を「512, 522」と記す。

【0059】

図7に示すように、第2実施形態の磁気センサモジュール502では、平面図にて、磁束誘導部材512、522の本体は、基準線Xに対して対称な同心円弧を対辺とする帯状に形成されている。この同心円弧は、基準線X上で中心軸Oに対し磁気センサ71、72とは反対側に位置する点Qを中心とし、中心軸Oを中心とする円弧よりも曲率が小さい。第1実施形態と同様に、本体60における延設部61、62への分岐部位であるS部から中心軸Oまでの距離d_Sは、周端部63、64から中心軸Oまでの距離d_Eよりも短い。

10

【0060】

磁束誘導部材512、522は、軸方向の内側において一定のギャップでヨーク31、32と対向する。その対向面積は、磁気センサ71、72に近い中間部65で相対的に大きく、周端部63、64に向かうほど小さくなる。延設部61、62への分岐部位では、周端部63、64に比べ対向面積が大きいため、磁束誘導部材512、522とヨーク31、32との間の磁気パーミアンスが大きくなる。したがって、第2実施形態は、第1実施形態と同様にSN比向上効果を奏する。なお、磁束誘導部材の中心軸O側の辺が直線である第1実施形態は、第2実施形態の点Qが無限遠に存在し、円弧の曲率が無限小となる特殊な形態として解釈される。

20

【0061】

(第3実施形態)

第3実施形態の磁気センサモジュール503について、軸方向断面図は第1実施形態の図4を援用する。図8(a)、図8(b)に示すように、第3実施形態の磁気センサモジュール503では、平面図にて、磁束誘導部材513の本体は、中心軸Oを中心とする同心円弧を対辺とする帯状に形成されている。磁束誘導部材513、523は、軸方向の内側においてヨーク31、32と対向し、その対向面積はヨーク31、32の周方向について一定である。

30

【0062】

側面図にて、磁束誘導部材513、523とヨーク31、32との軸方向のギャップは、磁気センサ71、72に近い中間部65でのギャップg_Cから周端部63、64でのギャップg_Eまで、周端部63、64に向かうほど大きくなる。延設部61、62への分岐部位では、周端部63、64に比べギャップが小さいため、磁束誘導部材513、523とヨーク31、32との間の磁気パーミアンスが大きくなる。したがって、第3実施形態は、第1実施形態と同様にSN比向上効果を奏する。

【0063】

(第4実施形態)

図9(a)、図9(b)、図10に示すように、第4実施形態の磁気センサモジュール504では、磁束誘導部材514、524の本体は、平面図にてヨーク31、32の外形より径方向外側に位置し、且つ、基準線Xに対して対称な長方形帯状に形成されている。磁束誘導部材514、524の中心軸O側の辺は、基準線Xに直交する直線である。したがって、第4実施形態は、第1実施形態と同様に小型化、歩留まり向上の効果を奏する。

40

【0064】

側面図及び軸方向断面図にて、磁束誘導部材514、524は、径方向においてヨーク31、32の側面と対向する。対向部分の軸方向の高さは一定である。磁束誘導部材514、524とヨーク31、32との径方向のギャップは、磁気センサ71、72に近い中間部65から周端部63、64に向かうほど大きくなる。延設部61、62への分岐部位では、周端部63、64に比べギャップが小さいため、磁束誘導部材514、524とヨーク31、32との間の磁気パーミアンスが大きくなる。したがって、第4実施形態は、

50

第1実施形態と同様にS N比向上効果を奏する。

【0065】

(第5、第6実施形態)

図11、図12に、第5、第6実施形態の磁気センサモジュール505、506の軸方向断面図を示す。第5、第6実施形態は、磁束誘導部材とヨークとの対向構成に係る他のバリエーションである。第5、第6実施形態の磁束誘導部材515、525、516、526の本体の平面視形状は、第1、第4実施形態のような長方形帯状、又は、第2実施形態のような円弧を対辺とする帯状のいずれでもよい。

【0066】

第1実施形態の磁束誘導部材511、521等が軸方向の内側においてヨーク31、32の環状面と対向するのに対し、図11に示すように、第5実施形態の磁束誘導部材515、525は、軸方向の外側に配置され、軸方向の外側においてヨーク31、32の環状面と対向する。また、図12に示すように、第6実施形態の磁束誘導部材516、526は、軸方向の外側及び径方向において、ヨーク31、32の環状面及び側面と対向する。このように、各実施形態の磁束誘導部材は、ヨーク31、32に対し軸方向、径方向、又は、その両方向を適宜組み合わせて対向するように配置されればよい。

【0067】

(第7実施形態)

図13(a)、図13(b)、図14に示すように、第7実施形態の磁気センサモジュール507では、磁束誘導部材517、527の本体は、平面視にて、ヨーク31、32の外形より径方向外側に位置し、且つ、中心軸Oを中心とする同心円弧を対辺とする帯状に形成されている。

【0068】

側面視及び軸方向断面視にて、ヨーク31、32の周縁部に軸方向高さを確保する壁部35が形成されている。なお、壁部35の形成に代えて、単純にヨーク31、32の板厚を厚くしてもよい。磁束誘導部材517、527は、径方向においてヨーク31、32の側面と対向し、その径方向のギャップは一定である。また、磁束誘導部材517、527の本体の軸方向高さは、磁気センサ71、72に近い中間部65から周端部63、64に向かうほど小さくなる。したがって、磁束誘導部材517、527とヨーク31、32との対向面積は、中間部65から周端部63、64に向かうほど小さくなる。延設部61、62への分岐部位(S部)では、周端部63、64に比べ対向面積が大きいため、磁束誘導部材517、527とヨーク31、32との間の磁気パーミアンスが大きくなる。したがって、第7実施形態は、第1実施形態と同様にS N比向上効果を奏する。

【0069】

(第8実施形態)

第8実施形態の磁気センサモジュール508について、軸方向断面図を省略する。図15(a)、図15(b)に示すように、第8実施形態の磁気センサモジュール506では、磁束誘導部材518、528は長方形帯状の本体のみで構成され、延設部61、62を有していない。磁束誘導部材518、528において、軸方向に互いに近接するように折り曲げられたセンサ保持部66、67の間に磁気センサ71、72が配置される。この形態では、本体60における磁気センサ71、72の設置部位が実質的に「磁気センサ71、72の近傍」に相当する。第8実施形態は、第1実施形態と同様にS N比向上効果を奏する他、磁気センサモジュール506をより小型にすることができます。

【0070】

(第9実施形態)

第9実施形態の磁気センサモジュール509について、側面図及び軸方向断面図を省略する。図16の平面図において、下側の磁束誘導部材を含め、磁束誘導部材の符号を「519、529」と記す。図16に示すように、第9実施形態の磁気センサモジュール509では、磁束誘導部材519、529は、それぞれ、基準線Xの一方側と他方側とに分割して形成される。それ以外の点では、第9実施形態は第1実施形態と同様である。第9実

10

20

30

40

50

施形態では、第1実施形態の効果に加え、中間部65を省くことで磁束誘導部材の製造歩留まりをより向上させることができる。なお、第9実施形態では、二つの磁気センサ71、72、又は四つ以上の偶数個の磁気センサが基準線Xに対して対称に配置される構成が前提となる。

【0071】

(第10実施形態)

第10実施形態の磁気センサモジュール510について、軸方向断面図は第1実施形態の図4を援用する。図17(a)、図17(b)に示すように、第10実施形態の磁気センサモジュール550では、磁束誘導部材560、570は、第1実施形態の磁束誘導部材511、521に対し、延設部61、62が周端部63、64近くに設けられている点が異なる。つまり、第10実施形態では、延接部61、62への分岐部位であるS部での磁束誘導部材560、570とヨーク31、32との対向面積が中間部65に比べて小さくなっている。なお、第8実施形態のように延接部が設けられず、磁気センサ71、72が本体60に直接設置されてもよい。

10

【0072】

図5(a)に対応する図18に示すように、第10実施形態では、基準線Xからの距離または回転角度と磁気パーミアンスとの相関図において、磁気センサ71、72は、周端部63、64の近くに配置される。したがって、第10実施形態の磁束誘導部材560、570は、本体60における延接部61、62への分岐部位であるS部で、基準線X上の部位に比べ、磁束誘導部材560、570とヨーク31、32との間の磁気パーミアンスが小さくなるように構成されている。また、「磁束誘導部材とヨークとの間の磁気パーミアンスが、相対的半径及び角度位置とは独立に決められる」、すなわち、基準線Xからの距離によらず磁気パーミアンスが一定となる比較例の特性とは異なるという点では、第10実施形態は第1実施形態と共通する。

20

【0073】

S/N比を向上させるという観点から考えると、第10実施形態は、第1実施形態のように信号を大きくするという効果は奏しない。ただし、ヨーク31、32から誘導された磁束は、破線矢印Mに示すように、基準線X側から二つの磁気センサ71、72に向かって分岐する。これにより、伝播される振れ回りノイズを低減させることができる。よって、第10実施形態においても、磁気センサ71、72が検出する磁束のS/N比が向上する。なお、このような特性上、第10実施形態は、第9実施形態と同様に、二つ以上の偶数個の磁気センサが基準線Xに対して対称に配置される構成が前提となる。

30

【0074】

(第11、第12実施形態)

磁気センサ71、72を二つ備える上記第1～第10実施形態に対し、磁気センサモジュールは、一つの磁気センサが基準線X上に配置される構成としてもよい。ここでは、第1及び第8実施形態に対し磁気センサを一つに変更した実施形態を第11及び第12実施形態として説明する。

【0075】

第11実施形態の磁気センサモジュール551について、側面図及び軸方向断面図を省略する。図19の平面図において、下側の磁束誘導部材を含め、磁束誘導部材の符号を「561、571」と記す。図19に示すように、磁束誘導部材561、571は、第1実施形態の磁束誘導部材511、521に対し、一つの磁気センサ71に対応する一つの延設部61が形成される点が異なる。

40

【0076】

第12実施形態の磁気センサモジュール552について、側面図及び軸方向断面図を省略する。図20の平面図において、下側の磁束誘導部材を含め、磁束誘導部材の符号を「562、572」と記す。図20に示すように、磁束誘導部材562、572は、第8実施形態の磁束誘導部材518、528に対し、一つの磁気センサ71に対応する一つのセンサ保持部66が形成される点が異なる。

50

【0077】

このように、二つの磁気センサ 71、72を備えることを前提とした第9、第10実施形態を除き、各実施形態の磁気センサモジュールに適用される磁気センサの数は、一つでも二つでもよく、或いは三つ以上であってもよい。具体的には、適用される磁気センサの数に応じて磁束誘導部材の延設部またはセンサ保持部の数が調整されればよい。

【0078】

(第13実施形態)

上記実施形態ではいずれも、磁気センサ 71、72は、略直方体のICパッケージの広い面が軸に直交するように(いわゆる横向きに)配置されている。これに対し図21(a)、図21(b)に示す第13実施形態の磁気センサモジュール553は、略直方体のICパッケージの広い面が軸に平行となるように(いわゆる縦向きに)配置される。なお、図21(a)では、周端部63、64の符号及びハッチングの記載を省略する。

【0079】

例えば磁束誘導部材563、573の本体は、第4実施形態と同様に、平面視にて、ヨーク31、32の外形より径方向外側に位置し、且つ、基準線Xに対して対称な長方形帯状に形成されており、ヨーク31、32と径方向に対向する。上側の磁束誘導部材563から下向きに曲がって延びる延設部611は磁気センサ71の径方向外側を保持する。下側の磁束誘導部材573から上向きに曲がって延びる延設部612は磁気センサ71の径方向内側を保持する。第13実施形態は、例えばリード線73の取り出し方向を軸方向とした場合等に有効である。なお、第13実施形態は、磁気センサが一つの構成にも適用可能である。

【0080】

(第14実施形態)

上記実施形態ではいずれも、一組のヨークのそれぞれと対向する一組の磁束誘導部材が設けられる。これに対し図22(a)、図22(b)に示す第14実施形態の磁気センサモジュール554では、磁束誘導部材は、一方のヨーク側にのみ設けられ、他方のヨーク側には設けられない。例えば磁束誘導部材564は、一組のヨーク31、32の軸方向の間に配置され、上端部が上側のヨーク31と対向する。磁気センサ71は、磁束誘導部材564の下端部と下側のヨーク32との間に配置される。すなわち、磁気センサ71の下面是、磁束誘導部材を介することなく、下側のヨーク32から直接磁束が伝達される。このように、磁束誘導部材は、必ずしも一組のヨークのそれぞれと対向するように一組設けられなくてもよい。なお、第14実施形態は、磁気センサが一つの構成にも適用可能である。

【0081】

[磁束誘導部材の本体長さと振れ回りノイズとの関係]

上記の図5(b)を参照する説明において、磁束誘導部材511、521に流れ込んだ磁束が中間部65から周端部63、64に向かって漏れ広がるように流れていくことにより、振れ回りノイズが低減することを説明した。次に、振れ回りノイズ低減を最適化する磁束誘導部材の本体長さの条件について、図23～図27を参照して説明する。多極磁石14の磁極数は、まず16極の場合を想定する。ここでは、二つの磁気センサ71、72を有し、磁束誘導部材51、52の本体60の中間部65寄りに延設部61、62が設けられている形態において、多極磁石14の磁極数との対応関係に着目し、本体60の長さの最適条件を検討する。

【0082】

磁束誘導部材51、52の本体60の形状としては、第1実施形態の「長手方向の辺が基準線Xに直交する長方形帯状の磁束誘導部材511、521」、及び、第3実施形態の「同心円弧を対辺とする帯状の磁束誘導部材513、523」を想定する。いずれも本体60は基準線Xに対して対称に配置される。以下、第1実施形態の磁束誘導部材511、521の形状を簡単に「直線状」と表し、第3実施形態の磁束誘導部材513、523の形状を簡単に「円弧状」と表す。

10

20

30

40

50

【0083】

図23に第1実施形態の図3(a)に対応する平面図を示す。ここで、ヨーク31、32の軸方向の投影において、多極磁石14の中心軸Oと、両周端部63、64の任意の点M1、M2とを結ぶ二本の直線OM1、OM2で区画される周方向の範囲を「磁束放射範囲」と定義する。図23において、磁束誘導部材511、521側にある基準線X上のS極を「基準磁極」といい、基準磁極の両側に隣接する二つのN極を「基準隣接磁極」という。図23に示す例では、直線OM1、OM2は基準隣接磁極の中心を通っている。したがって、磁束放射範囲に含まれる多極磁石14の磁極数は2極である。なお、図中、直線OM1、OM2について、「OM1」、「OM2」の上に横棒を記載して表す。

【0084】

10
このように、直線状の磁束誘導部材511、521の本体60の基準線Xに直交する方向の長さを「磁束放射範囲に含まれる多極磁石の磁極数」(以下、「放射範囲磁極数」)により表現する。そして、シミュレーションにより求めた放射範囲磁極数と振れ回りノイズとの関係を図24に示す。振れ回りノイズは、放射範囲磁極数が1極から増加するにつれて低減し、約2.0極で最小となり、2極から3極に増加するにしたがって増加する。

【0085】

そして、振れ回りノイズの許容閾値をTh1に設定した場合、放射範囲磁極数が1.2極～2.8極の範囲で振れ回りノイズが許容閾値Th1を下回る。したがって、磁束誘導部材511、521の本体60の長さは、放射範囲磁極数が1.2極～2.8極の範囲に含まれるように設定されることが好ましい。

【0086】

20
さらに、振れ回りノイズの許容閾値をTh1よりも低いTh2に設定した場合、放射範囲磁極数が1.5極～2.5極の範囲で振れ回りノイズが許容閾値Th2を下回る。したがって、放射範囲磁極数が1.5極～2.5極となる範囲では振れ回りノイズの低減効果がより大きくなる。特に放射範囲磁極数が2.0極の場合、振れ回りノイズの低減効果が最大となる。

【0087】

図25に第3実施形態の図8(a)に対応する平面図を示す。用語や図示の注記は、図23に関する事項を援用する。図25に示す例では、図23と同様に、直線OM1、OM2は基準隣接磁極の中心を通り、磁束放射範囲に含まれる多極磁石14の磁極数は2極である。また、円弧状の磁束誘導部材513、523の本体60の円周方向の長さを放射範囲磁極数により表現し、シミュレーションにより求めた放射範囲磁極数と振れ回りノイズとの関係を図26に示す。

【0088】

振れ回りノイズは、放射範囲磁極数が2.5極以上の範囲で最大となり、放射範囲磁極数が2.5極未満の範囲で、放射範囲磁極数が減少するにつれて単調減少する。そのため、磁束誘導部材513、523の本体60の円周方向の長さは、放射範囲磁極数が2.5極未満となるように設定されることが好ましい。

【0089】

40
次に図27(a)、(b)に、多極磁石の磁極数が16極以外の場合について、直線状の磁束誘導部材511、521でのシミュレーション結果を示す。図27(a)に示すように、多極磁石の磁極数が12極の場合、破線で示す放射範囲磁極数が約2.0極以上の範囲で振れ回りノイズが低下する。ただし、これは、磁束誘導部材511、521とヨーク31、32との距離が遠くなり、磁石磁束の影響を受けなくなるためである。一方、放射範囲磁極数が1.5極～2.0極の範囲において、放射範囲磁極数の増加に伴って振れ回りノイズが急激に低下する傾向は、磁極数16極の場合と一致する。

【0090】

また、図27(b)に示すように、多極磁石の磁極数が20極の場合、同等サイズの磁気センサ71、72を使用する前提では、放射範囲磁極数が2.5極以下の範囲で磁束誘導部材511、521の形状が成立しなくなる。ただし、より小さいサイズの磁気センサ

10

20

30

40

50

を使用することを想定すると、破線で示すように放射範囲磁極数が2.0極～2.5極の範囲において、磁極数16極の場合と同様に、放射範囲磁極数が2.0極に近づくほど振れ回りノイズが低下すると考えられる。

【0091】

したがって、多極磁石の磁極数は16極に限らず12極又は20極の場合にも、直線状の磁束誘導部材511、521の本体60の長さについて、放射範囲磁極数が1.5極～2.5極の範囲に含まれることが好ましい。

【0092】

(その他の実施形態)

(a) 上記第1実施形態では、磁束誘導部材511、521の本体60は、平面視にて基準線Xに対して対称な長方形帯状に形成されている。また、図3等では「長方形帯状」は、理想的に四辺が直線で構成される形状として図示されている。しかし、長方形帯状とは、全体の外観が略長方形を呈するものであればよい。

【0093】

例えば図28(a)に示す磁気センサモジュール555Aの磁束誘導部材565Aは、本体60の周端部63、64を構成する短辺に基準線Xに向かって凹むV字カットが形成されている。図28(b)に示す磁気センサモジュール555Bの磁束誘導部材565Bは、本体60の延接部61、62側の長辺がヨーク31、32の中心軸O側の長辺より短い台形状に形成されている。

【0094】

逆に、図29(a)に示す磁気センサモジュール555Cの磁束誘導部材565Cは、本体60の延接部61、62側の長辺がヨーク31、32の中心軸O側の長辺より長い台形状に形成されている。図29(b)に示す磁気センサモジュール555Dの磁束誘導部材565Dは、本体60のヨーク31、32の中心軸O側の長辺に基準線Xに沿って延接部61、62側に向かって凹むV字カットが形成されている。

【0095】

また、図30に示す磁気センサモジュール556の磁束誘導部材566のように、本体60の略長方形の長辺が波状に形成されている形状も「長方形帯状」に含まれるものとして解釈する。波の数や凹凸の大きさは図示の例に限らず、波の形も三角歯状や鋸歯状であってもよい。そもそも現実には、肉眼で直線に見える面もミクロ的には波状面であると考えられる。また同様に、上記第3実施形態のような円弧状の本体について、円弧の対辺が波状に形成されてもよい。

【0096】

(b) また、上記第2、第3実施形態の磁束誘導部材512、513は本体60が円弧状に形成されているのに対し、図31に示す磁気センサモジュール557の磁束誘導部材567のように、本体60が多角形の一部をなす形状に形成されてもよい。図31に示す例では、主の直線部の両端が径方向内側に折れ曲がった三つの直線部から本体60が構成されているが、他の例ではV字状の二つの直線部、又は四つ以上の直線部から本体60が構成されるようにしてもよい。

【0097】

(c) 上記実施形態の図1等では、一組のヨーク31、32は一定幅の環状であり、爪33、34は、ヨーク31、32の内周から軸方向に折れ曲がるように形成されている。これに対し、図32(a)、図32(b)に示す一組のヨーク36、37は、隣接する爪38、39同士の間の部分で環の内側が切り欠かれ環の幅が狭くなっている。言い換れば、爪38、39は、環から径内方向へ突出してから軸方向に折れ曲がるように形成されている。これにより、爪38、39部分の磁気回路の面積を拡大し、ヨーク36、37に集められる磁束を増大させることができる。

【0098】

(d) 上記実施形態の磁束誘導部材51、52は単一の軟磁性材質で形成されることを前提とし、ヨーク31、32との対向面積又はギャップの差によって、部位による磁気パ

10

20

30

40

50

ーミアンスを変化させている。この他、式(1)によると、透磁率 μ の異なる二種以上の材質を貼り合わせて磁束誘導部材を構成することにより、部位による磁気パーミアンスを変化させることも理論的には可能である。

【0099】

(e) 上記実施形態では、多極磁石14が入力軸11に、一組のヨーク31、32が出力軸12に固定されるが、逆に、多極磁石14が出力軸12に、一組のヨーク31、32が入力軸11に固定されてもよい。また、多極磁石14がトーションバー13の一端側に、一組のヨーク31、32がトーションバー13の他端側に固定されてもよい。

【0100】

(f) 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に限らず、軸トルクを検出する様々な装置に適用することができる。 10

【0101】

以上、本発明はこのような実施形態に限定されるものではなく、その趣旨を逸脱しない範囲において、種々の形態で実施することができる。

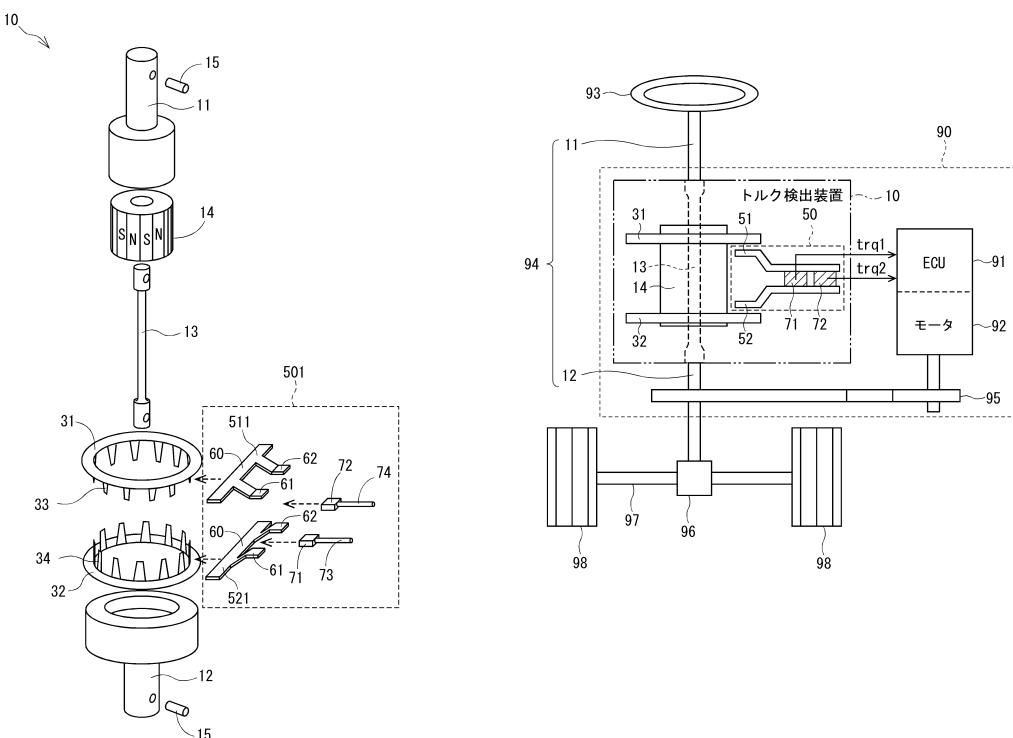
【符号の説明】

【0102】

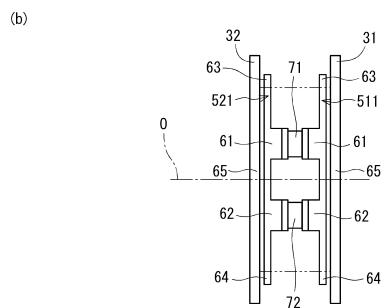
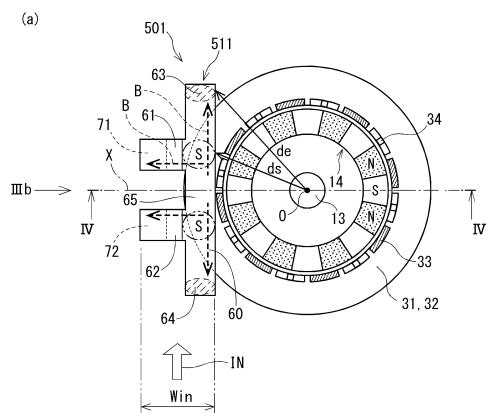
10 ・・・ トルク検出装置、
 11 ・・・ 入力軸(第1軸)、 12 ・・・ 出力軸(第2軸)、
 13 ・・・ トーションバー、 14 ・・・ 多極磁石、
 31、32 ・・・ 一組のヨーク、
 50(501-509、550-557) ・・・ 磁気センサモジュール、
 51(511-519、560-567)、52(521-529、570-573)
 ・・・ 磁束誘導部材、
 60 ・・・ 本体、 61、62 ・・・ 延設部、 63、64 ・・・ 周端部、
 71、72 ・・・ 磁気センサ、 X ・・・ 基準線。

【図1】

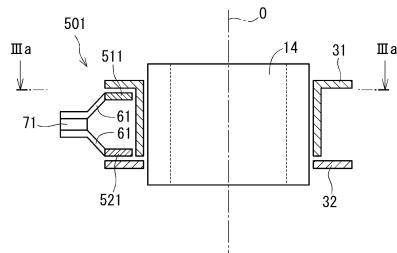
【図2】



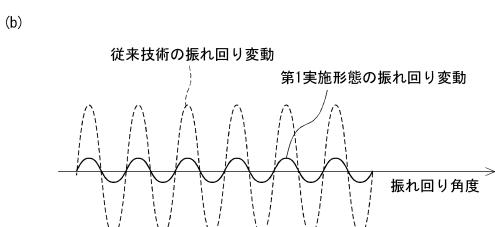
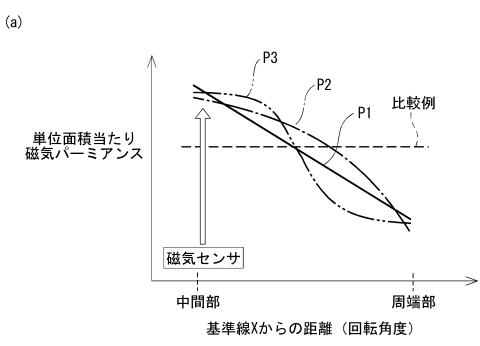
【図3】



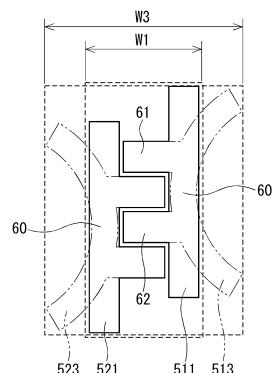
【図4】



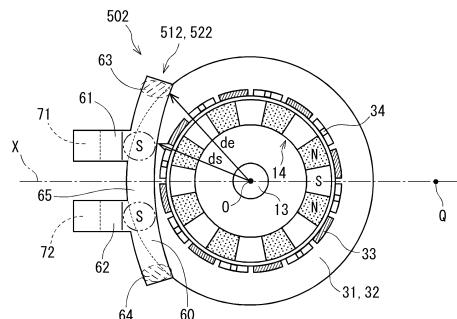
【図5】



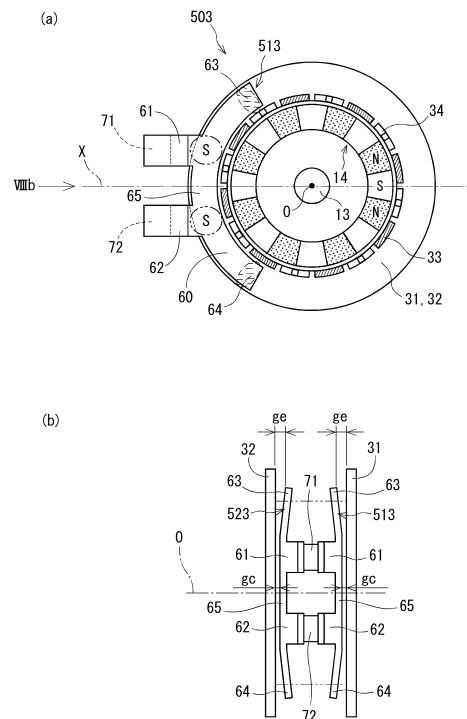
【図6】



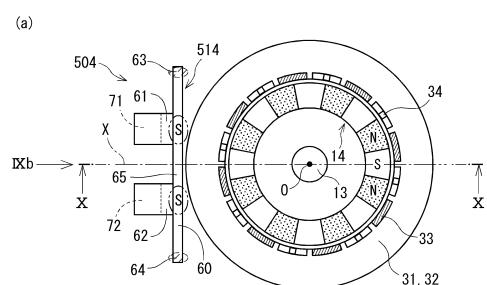
【図7】



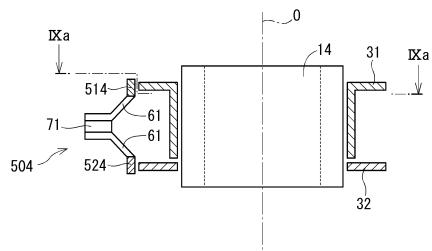
【図8】



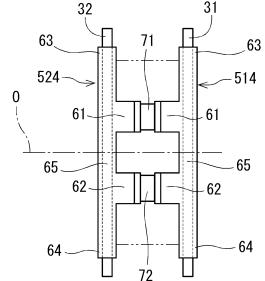
【図9】



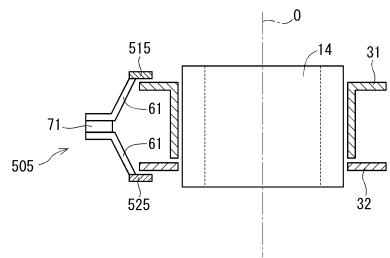
【図10】



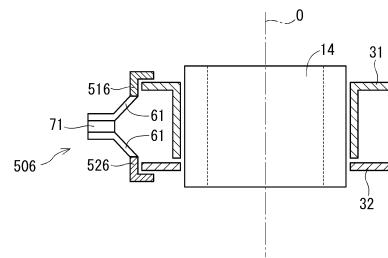
(b)



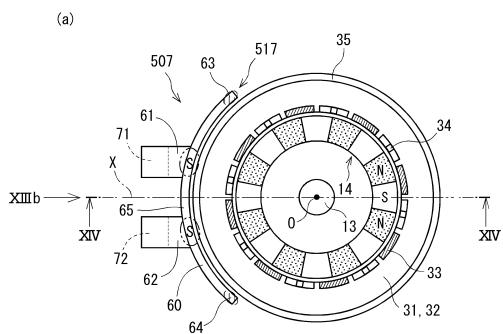
【図11】



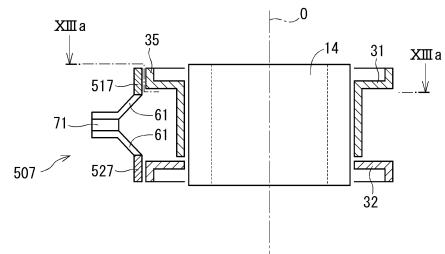
【図12】



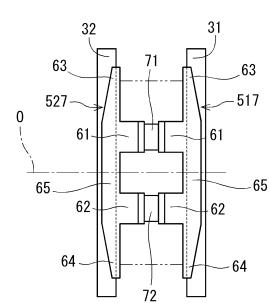
【図13】



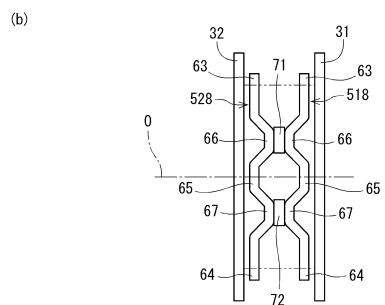
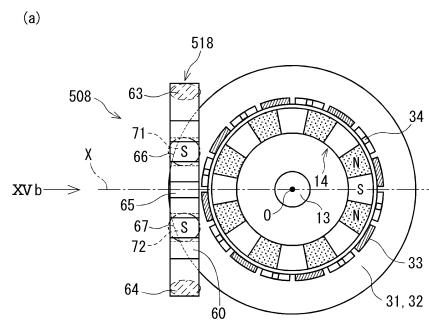
【図14】



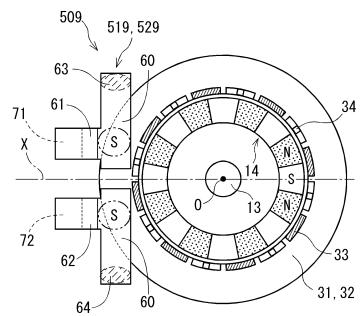
(b)



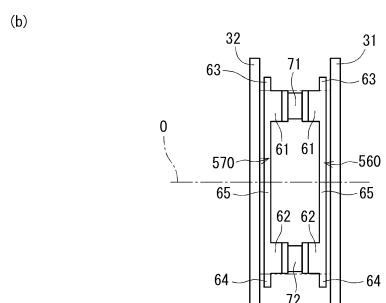
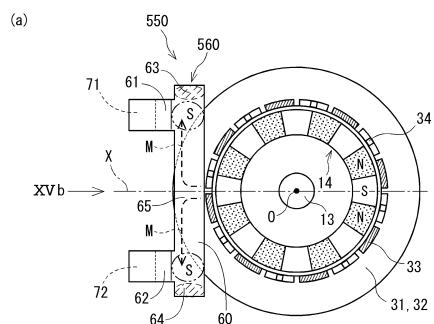
【図15】



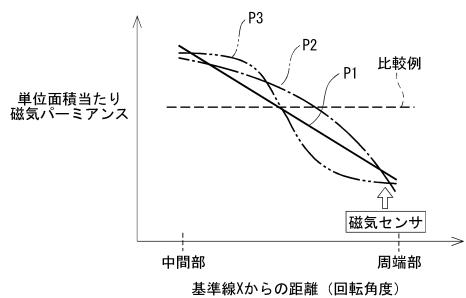
【図16】



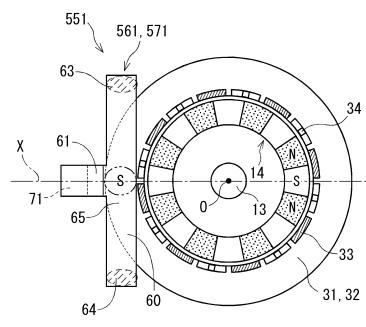
【図17】



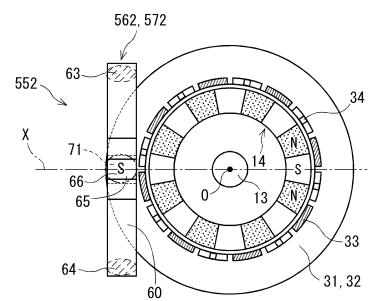
【図18】



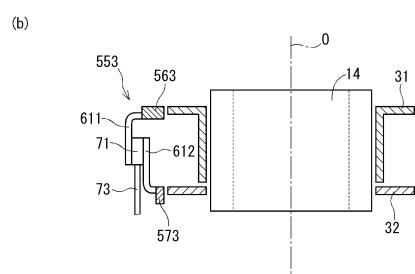
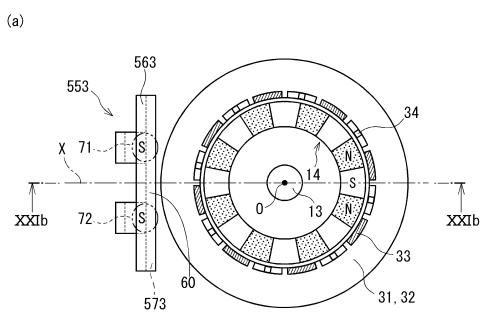
【図19】



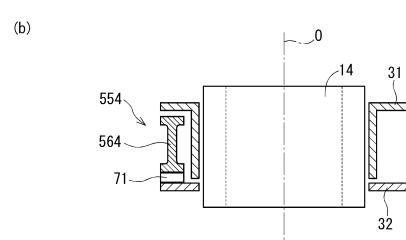
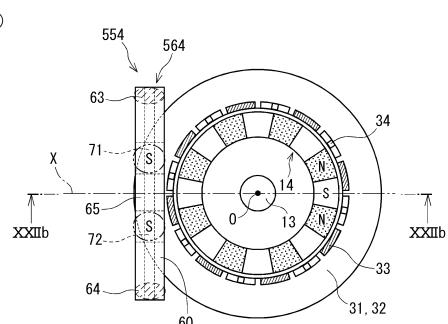
【図20】



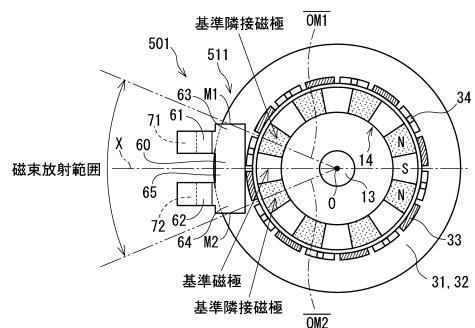
【図21】



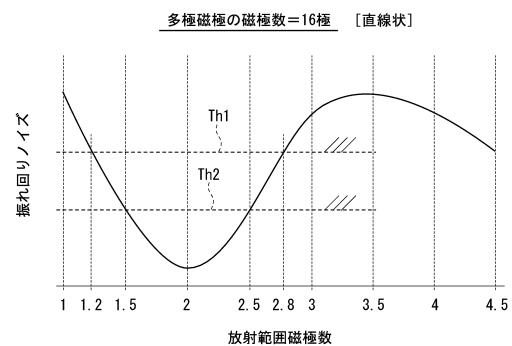
【図22】



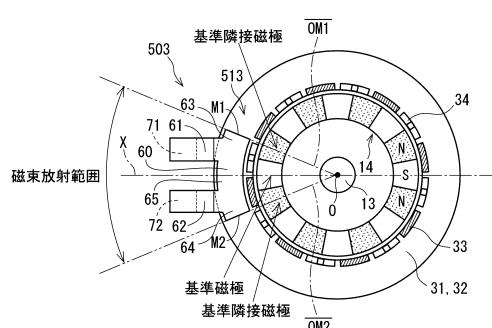
【図23】



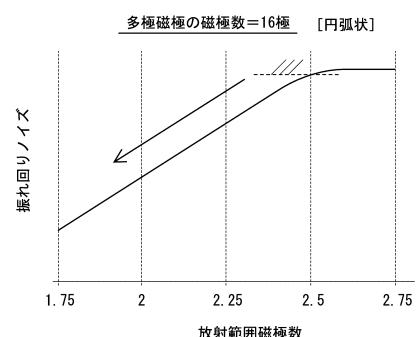
【図24】



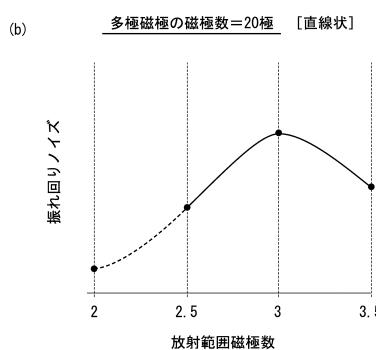
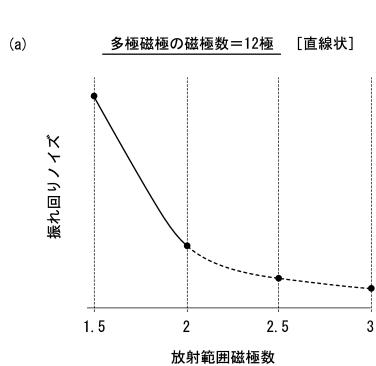
【図25】



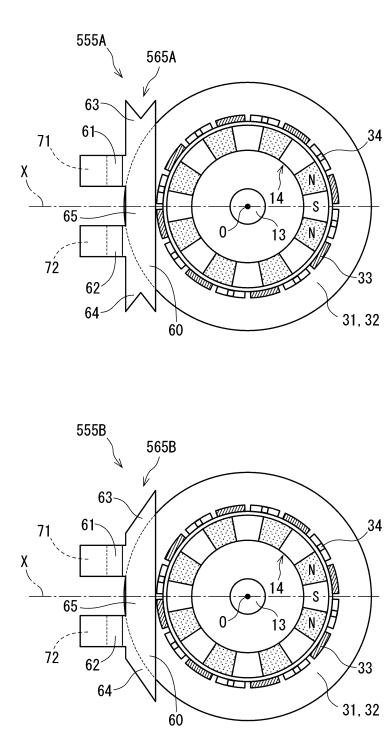
【図26】



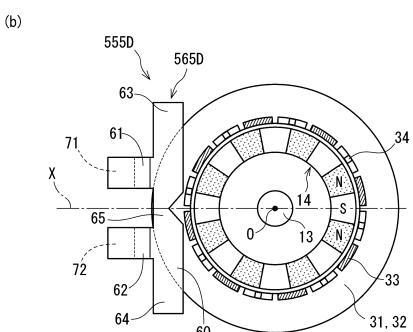
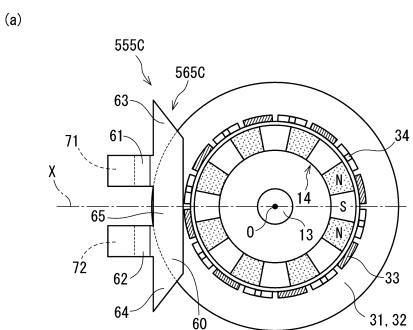
【図27】



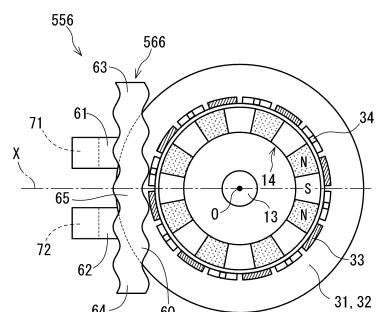
【図28】



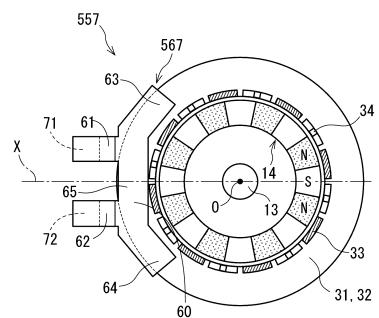
【図29】



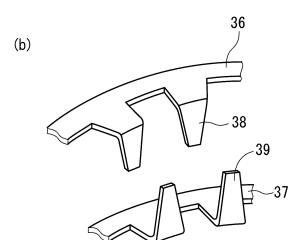
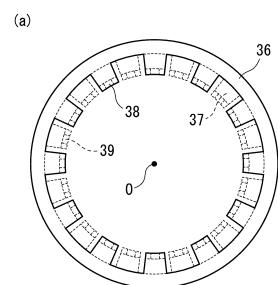
【図30】



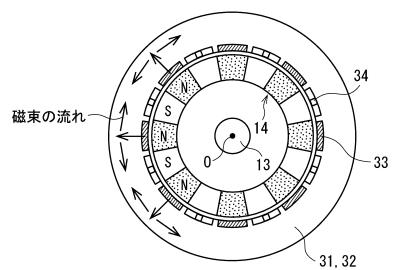
【図31】



【図32】



【図33】



フロントページの続き

(72)発明者 鈴木 俊朗
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内
(72)発明者 神野 智
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内
(72)発明者 小林 研介
愛知県日進市米野木町南山500番地20 株式会社SOKEN内

審査官 大森 努

(56)参考文献 特開2012-237728 (JP, A)
特開2011-089763 (JP, A)
特開2010-122104 (JP, A)
特開2008-232981 (JP, A)
特表2008-506102 (JP, A)
特開2012-058195 (JP, A)
特開2012-251814 (JP, A)
米国特許出願公開第2014/0283623 (US, A1)
国際公開第97/014608 (WO, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 01 L 3 / 10