

(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2006-308407

(P2006-308407A)

(43) 公開日 平成18年11月9日(2006.11.9)

(51) Int. Cl.

G01L 3/10 (2006.01)

F I

G01L 3/10 305

テーマコード (参考)

審査請求 未請求 請求項の数 13 O L (全 37 頁)

(21) 出願番号 特願2005-130857 (P2005-130857)
 (22) 出願日 平成17年4月28日 (2005. 4. 28)

(71) 出願人 000006013
 三菱電機株式会社
 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
 (74) 代理人 100073759
 弁理士 大岩 増雄
 (74) 代理人 100093562
 弁理士 児玉 俊英
 (74) 代理人 100088199
 弁理士 竹中 岑生
 (74) 代理人 100094916
 弁理士 村上 啓吾
 (72) 発明者 吉桑 義雄
 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三
 菱電機株式会社内

最終頁に続く

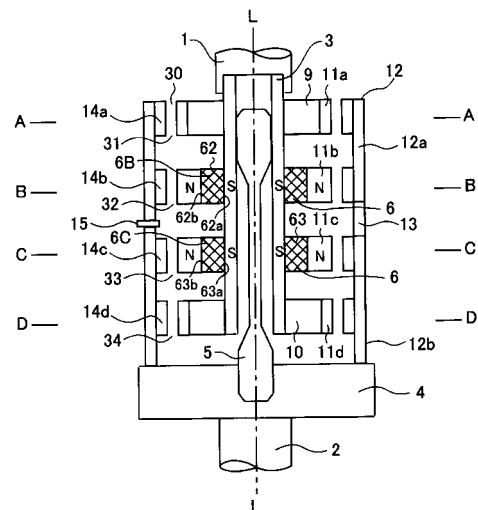
(54) 【発明の名称】 トルクセンサ

(57) 【要約】

【課題】ゼロ点ドリフトを抑えたパイポータタイプの出力信号を発生できるトルクセンサを提案する。

【解決手段】内周回転体と外周回転体との間に配置された磁場発生手段と、共通軸線に沿って少なくとも2つのステージのそれぞれに配置され検出磁路に流れる検出磁束の方向と大きさを第1回転軸と第2回転軸との相対回転に応じて変化させる磁場変化手段とを備える。磁場発生手段は、共通軸線を囲むように配置された少なくとも1つの囲み磁石構造を含み、この囲み磁石構造は、共通軸線を中心とする外周磁極面と内周磁極面を有し、外周磁極面には、共通軸線の周りに沿って、N極とS極の両磁極の中の一方の極性の磁極ばかりが並び、また内周磁極面には、共通軸線の周りに沿って、両磁極の中の他方の極性の磁極ばかりが並び、共通軸線を中心とする径方向に着磁される。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

共通軸線上に第 1 回転軸と第 2 回転軸を配置し、これらの第 1 回転軸と第 2 回転軸とをトーションバーにより結合し、前記第 1 回転軸と第 2 回転軸との間に与えられる捩りトルクを検出するトルクセンサであって、

前記第 1 回転軸に連結された内周回転体と、前記第 2 回転軸に連結され前記内周回転体を取り囲む外周回転体と、前記内周回転体と外周回転体との間に配置された磁場発生手段と、前記磁場発生手段から前記内周回転体と外周回転体を経て検出磁束が流れる磁気センサと、正のトルク範囲において前記第 1 回転軸と第 2 回転軸との相対回転に応じて前記検出磁束を前記磁気センサに所定方向に流しその大きさを変化させる第 1 磁場変化手段と、負のトルク範囲において前記第 1 回転軸と第 2 回転軸との相対回転に応じて前記検出磁束を前記磁気センサに前記所定方向と逆方向に流しその大きさを変化させる第 2 磁場変化手段とを備え、

10

前記磁気センサが、前記検出磁束の方向に応じて極性が変化し、また前記検出磁束の大きさに応じて大きさが変化する出力信号を発生するように構成され、また

前記磁場発生手段が、前記共通軸線を囲むように配置された少なくとも 1 つの囲み磁石構造を含み、この囲み磁石構造は、前記共通軸線を中心とする外周磁極面と内周磁極面を有し、前記外周磁極面には、前記共通軸線の周りに沿って、N 極と S 極の両磁極の中の一方の極性の磁極ばかりが並び、また前記内周磁極面には、前記共通軸線の周りに沿って、前記両磁極の中の他方の極性の磁極ばかりが並び、また前記共通軸線を中心とする径方向に着磁されたことを特徴とするトルクセンサ。

20

【請求項 2】

請求項 1 記載のトルクセンサであって、前記囲み磁石構造が、前記共通軸線の周りに配置されたリング状の永久磁石で構成され、前記外周磁極面には、前記両磁極の中の一方の極性の磁極ばかりが前記共通軸線の周りに沿って連続して形成され、また前記内周磁極面には、前記両磁極の中の他方の極性の磁極ばかりが前記共通軸線の周りに沿って連続して形成されたことを特徴とするトルクセンサ。

【請求項 3】

請求項 2 記載のトルクセンサであって、前記磁場変化手段の外周磁極が、前記囲み磁石構造の外周磁極面に空隙を介して対向して配置され、前記囲み磁石構造の外周磁極面が前記空隙に露出していることを特徴とするトルクセンサ。

30

【請求項 4】

請求項 1 記載のトルクセンサであって、前記囲み磁石構造が、前記共通軸線の周りに複数の永久磁石片を配置して構成され、前記外周磁極面には、前記両磁極の中の一方の極性の磁極ばかりが前記共通軸線の周りに沿って所定の角度間隔で形成され、また前記内周磁極面には、前記両磁極の中の他方の極性の磁極ばかりが前記共通軸線の周りに沿って所定の角度間隔で形成されたことを特徴とするトルクセンサ。

【請求項 5】

請求項 4 記載のトルクセンサであって、前記磁場変化手段の外周磁極が、前記囲み磁石構造の外周磁極面に空隙を介して対向して配置され、前記囲み磁石構造の外周磁極面が前記空隙に露出していることを特徴とするトルクセンサ。

40

【請求項 6】

請求項 5 記載のトルクセンサであって、前記外周磁極面において隣接する前記各磁極の間には、前記外周磁極面よりも径の小さな磁性体面が形成されることを特徴とするトルクセンサ。

【請求項 7】

請求項 1 記載のトルクセンサであって、前記囲み磁石構造が、前記共通軸線の周りに配置されたリング状の永久磁石で構成され、前記外周磁極面には、前記両磁極の中の一方の極性の磁極ばかりが前記共通軸線の周りに沿って所定の角度間隔で突設され、また前記内周磁極面には、前記両磁極の中の他方の極性の磁極ばかりが前記共通軸線の周りに沿って

50

連続して形成されたことを特徴とするトルクセンサ。

【請求項 8】

請求項 1 記載のトルクセンサであって、前記囲み磁石構造が、前記共通軸線の周りに配置されたリング状磁石体で構成され、このリング状磁石体は、前記外周磁極面には、前記両磁極の中の一方の極性の磁極ばかりが前記共通軸線の周りに沿って所定の角度間隔で並び、また前記内周磁極面には、前記両磁極の中の他方の極性の磁極ばかりが前記共通軸線の周りに沿って所定の角度間隔で並ぶように着磁されたことを特徴とするトルクセンサ。

【請求項 9】

請求項 1 記載のトルクセンサであって、前記共通軸線に沿って少なくとも第 1、第 2 ステージが設けられ、前記第 1 磁場変化手段が前記第 1 ステージに、また前記第 2 磁場変化手段が前記第 2 ステージにそれぞれ配置されたことを特徴とするトルクセンサ。

10

【請求項 10】

請求項 9 記載のトルクセンサであって、前記磁場発生手段が、少なくとも第 1、第 2 の囲み磁石構造を含み、この第 1 の囲み磁石構造が前記第 1 ステージに配置され、また前記第 2 の囲み磁石構造が前記第 2 ステージに配置されたことを特徴とするトルクセンサ。

【請求項 11】

請求項 9 記載のトルクセンサであって、前記共通軸線に沿って、さらに第 3、第 4 ステージが設けられ、前記第 3 ステージには、前記第 1 磁場変化手段とともに、正のトルク範囲において前記第 1 回転軸と第 2 回転軸との相対回転に応じて前記検出磁束を所定方向に流しその大きさを変化させる第 3 磁場変化手段が配置され、また前記第 4 ステージには、前記第 2 磁場変化手段とともに、負のトルク範囲において前記第 1 回転軸と第 2 回転軸との相対回転に応じて前記検出磁束を前記所定方向と逆方向に流しその大きさを変化させる第 4 磁場変化手段が配置されたことを特徴とするトルクセンサ。

20

【請求項 12】

請求項 1 記載のトルクセンサであって、前記外周回転体が、前記共通軸線に沿って配置された第 1 外周筒と第 2 外周筒とを有し、これらの第 1 外周筒と第 2 外周筒との間に前記検出磁路が形成されたことを特徴とするトルクセンサ。

【請求項 13】

請求項 1 記載のトルクセンサであって、前記外周回転体が、1つの外周筒を有し、この外周筒の端部と前記内周回転体の外周面との間に、前記検出磁路が形成されたことを特徴とするトルクセンサ。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、例えば自動車のステアリングトルクを検出するのに使用されるトルクセンサに関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来トルクセンサとして、例えば特開 2002-310819 号公報に開示されたトルクセンサが知られている。このトルクセンサは、軸方向に対向する 2つのリングを有し、これらの 2つのリングの対向する周面にそれぞれ凹凸を形成し、これらの凹凸が互いに対向するように構成したものである。各リングの間には、磁気回路が形成され、この磁気回路を通る磁束を検出する磁気センサが配置される。

40

【0003】

与えられる振りトルクの大きさに応じて 2つのリングが相対的に回転すると、各リングの凹凸面の対向状態が変化し、それらの間の磁気抵抗が変化して、磁気センサの出力が変化するので、この磁気センサの出力から与えられたトルクの大きさを検出できる。しかし、この従来トルクセンサは、磁気センサを通過する磁束の向きが常に一定であるため、磁気センサ出力が、極性が常に一定で、その大きさがトルクに比例するユニポーラタイプとなり、トルクが働かない状態でもセンサ出力が所定の極性で所定の大きさを持つので、

50

その取り扱いが面倒である。したがって、トルクが働かない状態でセンサ出力をゼロにすることができるバイポーラタイプの出力信号を得ることのできるトルクセンサが望まれる。

【0004】

このバイポーラタイプの出力信号を得ることのできるトルクセンサが、例えば特開平2-93321号公報に開示されている。

【特許文献1】特開2002-310819号公報

【特許文献2】特開平2-93321号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

10

【0005】

しかし、バイポーラタイプの出力を得ることのできる従来のトルクセンサは、磁場発生手段が、その周面に沿って、N極とS極の磁極を交互に形成したものであり、このN極とS極が周面に交互に並ぶ従来の磁石構造では、それらのN極とS極の着磁のばらつきのために、N極とS極との境界がずれることにより、トルクが働かない状態において、バイポーラタイプの出力信号がN極とS極との境界に対応する原点でゼロとならず、その出力信号のゼロ点が原点からずれる不都合があり、磁気センサの出力信号を原点において安定したゼロ点信号値とするのが困難である。

【0006】

この発明は、トルクが働かない状態でのゼロ点ドリフトを改善したバイポーラタイプの出力信号を得ることのできる改良されたトルクセンサを提案するものである。

20

【課題を解決するための手段】

【0007】

この発明によるトルクセンサは、共通軸線上に第1回転軸と第2回転軸を配置し、これらの第1回転軸と第2回転軸とをトーションバーにより結合し、第1回転軸と第2回転軸との間に与えられる捩りトルクを検出するトルクセンサであって、第1回転軸に連結された内周回転体と、第2回転軸に連結され内周回転体を取り囲む外周回転体と、内周回転体と外周回転体との間に配置された磁場発生手段と、磁場発生手段から内周回転体と外周回転体を経て検出磁束が流れる磁気センサと、正のトルク範囲において第1回転軸と第2回転軸との相対回転に応じて検出磁束を磁気センサに所定方向に流しその大きさを変化させる第1磁場変化手段と、負のトルク範囲において第1回転軸と第2回転軸との相対回転に応じて検出磁束を磁気センサに所定方向と逆方向に流しその大きさを変化させる第2磁場変化手段とを備え、磁気センサが、検出磁束の方向に応じて極性が変化し、また検出磁束の大きさに応じて大きさが変化する出力信号を発生するように構成され、また磁場発生手段が、共通軸線を囲むように配置された少なくとも1つの囲み磁石構造を含み、この囲み磁石構造は、共通軸線を中心とする外周磁極面と内周磁極面を有し、外周磁極面には、共通軸線の周りに沿って、N極とS極の両磁極の中の一方の極性の磁極ばかりが並び、また内周磁極面には、共通軸線の周りに沿って、両磁極の中の他方の極性の磁極ばかりが並びようにして、共通軸線を中心とする径方向に着磁されたことを特徴とする。

30

【発明の効果】

40

【0008】

この発明によるトルクセンサでは、内周回転体と外周回転体との間に配置された磁場発生手段と、この磁場発生手段から内周回転体と外周回転体を経て検出磁束が流れる検出磁路と、正のトルク範囲において第1回転軸と第2回転軸との相対回転に応じて検出磁束を所定方向に流しその大きさを変化させる第1磁場変化手段と、負のトルク範囲において第1回転軸と第2回転軸との相対回転に応じて所定方向と逆方向に流しその大きさを変化させる第2磁場変化手段と、検出磁路に配置され検出磁束の方向に応じて極性が変化し、また検出磁束の大きさに応じて大きさが変化する出力信号を発生する磁気センサとを備えるので、トルクが働かない状態でゼロとなるバイポーラタイプの出力信号を得ることができる。

50

【 0 0 0 9 】

加えて、この発明によるトルクセンサでは、正のトルク範囲において第1回転軸と第2回転軸との相対回転に応じて検出磁束を磁気センサに所定方向に流しその大きさを変化させる第1磁場変化手段と、負のトルク範囲において第1回転軸と第2回転軸との相対回転に応じて検出磁束を磁気センサに所定方向と逆方向に流しその大きさを変化させる第2磁場変化手段が、共通軸線を中心とする外周磁極面には、共通軸線の周りに沿って、N極とS極の両磁極の中の一方の極性の磁極ばかりが並び、またその内周磁極面には、共通軸線の周りに沿って、両磁極の中の他方の極性の磁極ばかりが並びようにして、共通軸線を中心とする径方向に着磁された囲み磁石構造を有する磁場発生手段と組み合わせられる。このように着磁された囲み磁石構造は、従来の磁石構造のように、周面に沿ってN極とS極が交互に並ぶことはなく、外周磁極面と内周磁極面に同じ極性の磁極が並ぶので、従来の磁石構造のように、同じ周面におけるN極とS極との境界がずれることもない。したがって、バイポーラタイプの出力信号のゼロ点が原点からずれるのを改善することができ、安定したゼロ点出力を得ることができる。

10

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 1 0 】

以下、この発明によるトルクセンサのいくつかの実施の形態について、図面を参照しながら説明する。

【 0 0 1 1 】

実施の形態1.

20

図1、図2、図3は、この発明の実施の形態1によるトルクセンサを、その原点位置において示す図である。図4、図5、図6は、同じくこの発明の実施の形態1によるトルクセンサを、その正のトルク範囲において示す図である。図1および図4は、実施の形態1のトルクセンサを軸線方向に見た上面図であるが、その一部の部品は図面を見やすくするために省略されている。図2および図5は、実施の形態1のトルクセンサを、共通軸線L-Lを含む平面で切断した縦断面図である。図3および図6は、実施の形態1によるトルクセンサの動作説明図であり、図3は原点位置における磁束の流れを、また図6は正のトルク範囲における磁束の流れをそれぞれ示す。図7は図5のA-A線断面図、図8は図5のB-B線断面図、図9は図5のC-C線断面図、図10は図5のD-D線断面図である。A-A線、B-B線、C-C線、D-D線は、いずれも共通軸線L-Lに直交する平面

30

【 0 0 1 2 】

これらの図1-11を参照して、この発明による実施の形態1のトルクセンサについて説明する。まず、この発明による実施の形態1のトルクセンサは、とくに図2、図5に示すように、第1回転軸1と、第2回転軸2と、内周回転体3と、ベース板4とトーシヨンバー5と、磁場発生手段6と、外周回転体12と、磁場変化手段30と、磁気センサ15とを備えている。

【 0 0 1 3 】

この実施の形態1のトルクセンサは、第1回転軸1と第2回転軸2との間に働く捩りトルクを検出するセンサであり、自動車に搭載される電動パワーステアリングにおいて、ステアリングホイールに働くトルクを検出するのに使用される。第1、第2回転軸1、2は、互いに共通な共通軸線L-L上に回転可能に配置される。第1、第2回転軸1、2の間には、内周回転体3、ベース板4、トーシヨンバー5、磁場発生手段6、外周回転体12、および磁場変化手段30が配置される。内周回転体3は、共通軸線L-Lを中心とする内周筒であり、鉄材などの磁性材料で構成される。この内周筒3は、その一端が第1回転軸1に結合され、第1回転軸1とともに共通軸線L-Lの周りを回転する。

40

【 0 0 1 4 】

ベース板4は第2回転軸2の一端に結合された円板であり、第2回転軸2とともに共通軸線L-Lの周りを回転する。トーシヨンバー5は、内周筒3の内部に配置され、共通軸線L-Lに沿って延長される。このトーシヨンバー5の一端は内周筒3に結合され、また

50

その他端はベース板 4 の中心部に結合され、その結果、トーシヨンバー 5 が内周筒 3 とベース板 4 とを連結する。内周筒 3 の捩り剛性はトーシヨンバー 5 の捩り剛性と比べて十分大きいので、第 1 回転軸 1 と第 2 回転軸 2 との間に捩りトルクを与えると、そのトルクの大きさに応じてトーシヨンバー 5 が共通軸線 L - L の周りで捩られ、第 1 回転軸 1 と第 2 回転軸 2 とが、共通軸線 L - L の周りで相対的に回転する。

【 0 0 1 5 】

外周回転体 1 2 は、内周筒 3 を取り囲むように配置された円筒体である。この外周回転体 1 2 は、共通軸線 L - L を中心としてその周りに配置され、一端がベース板 4 に結合され、このベース板 4 とともに共通軸線 L - L の周りを回転する。この外周回転体 1 2 は、
 図 1 1 に示すように、第 1 外周筒 1 2 a と、第 2 外周筒 1 2 b と、連結体 1 3 とにより構成される。第 1、第 2 外周筒 1 2 a、1 2 b は、共通軸線 L - L に沿って並べて配置され、
 連結体 1 3 により、互いに連結される。外周筒 1 2 a、1 2 b は鉄材などの磁性材料で構成され、
 連結体 1 3 はアルミニウムなどの非磁性材料で構成される。

10

【 0 0 1 6 】

連結体 1 3 はほぼ円筒状に作られるが、図 1 1 に示すように、円筒状の一部分に空隙部を有し、この空隙部では外周筒 1 2 a、1 2 b の突出部 1 2 c、1 2 d が互いに共通軸線 L - L の方向に対向して、これらの突出部 1 2 c、1 2 d の間に、磁気センサ 1 5 が配置される。外周筒 1 2 a、1 2 b の突出部 1 2 c、1 2 d は、外周筒 1 2 a、1 2 b の間に、共通軸線 L - L に沿って延びる検出磁路 2 0 を構成し、この検出磁路 2 0 には検出磁束 D F が流れる。磁気センサ 1 5 は、検出磁路 2 0 を横切るように、突出部 1 2 c、1
 2 d の間に配置され、この磁気センサ 1 5 には検出磁束 D F が与えられる。この実施の形態 1 では、磁気センサ 1 5 は外周筒 1 2 とともに回転するように、設置される。検出磁束 D F は、第 1 外周筒 1 2 a から第 2 外周筒 1 2 b に向かう検出磁束 D F 1 と、第 2 外周筒 1 2 b から第 1 外周筒 1 2 a に向かう検出磁束 D F 2 を含む。図 1 1 では、検出磁束 D F 1 を実線で、検出磁束 D F 2 を点線で示す。

20

【 0 0 1 7 】

内周回転体 3 と外周回転体 1 2 との間には、図 2 および図 5 に示すように、共通軸線 L - L に沿って 4 つのステージ A、B、C、D が設定される。ステージ A、B、C、D は、それぞれ共通軸線 L - L に直交する A - A 線、B - B 線、C - C 線、D - D 線を含む平面上に、それぞれ設定される。これらの 4 つのステージ A、B、C、D は、共通軸線 L - L
 に沿って互いに間隔をおいて設定される。

30

【 0 0 1 8 】

これらのステージ A、B、C、D の中のステージ B、C に、磁場発生手段 6 が配置される。また、ステージ A、B、C、D のすべてに、磁場変化手段 3 0 が配置される。まず、磁場発生手段 6 は、この実施の形態 1 では、2 つの囲み磁石構造 6 B、6 C を有し、これらの囲み磁石構造 6 B、6 C は、それぞれステージ B、C に配置される。ステージ B に配置された囲み磁石構造 6 B と、ステージ C に配置された囲み磁石構造 6 C は、それぞれリング状の永久磁石 6 2、6 3 で構成される。

【 0 0 1 9 】

囲み磁石構造 6 B は、共通軸線 L - L を囲むように配置され、共通軸線 L - L を中心とする内周磁極面 6 2 a と外周磁極面 6 2 b を有する。これらの内周磁極面 6 2 a と外周磁極面 6 2 b は、リング状の永久磁石 6 2 の内周面と外周面にそれぞれ形成される。同様に、
 囲み磁石構造 6 C も、共通軸線 L - L を取り囲むように配置され、共通軸線 L - L を中心とする内周磁極面 6 3 a と外周磁極面 6 3 b を有する。これらの内周磁極面 6 3 a と外周磁極面 6 3 b は、リング状の永久磁石 6 3 の内周面と外周面にそれぞれ形成される。これらのリング状の永久磁石 6 2、6 3 は、それぞれの内周磁極面 6 2 a、6 3 a が内周筒 3 の外周面に嵌め込まれて内周筒 3 に固定され、内周筒 3 とともに回転する。

40

【 0 0 2 0 】

リング状の永久磁石 6 2、6 3 は、それぞれその全体が共通軸線 L - L を中心とする半径方向に着磁されており、それぞれの内周磁極面 6 2 a、6 3 a は、共通軸線 L - L の周

50

りに沿って、それらの全周面が例えばS極となっており、また、それぞれの外周磁極面62b、63bは、共通軸線L-Lの周りに沿って、それら全周面が例えばN極となっている。言い換えれば、リング状の永久磁石62、63の内周磁極面62a、63aには、N極とS極の両磁極の中の一方の磁極であるS極ばかりがそれらの周面に沿って連続して形成され、同様に、リング状の永久磁石62、63の外周磁極面62b、63bには、両磁極の中のN極ばかりがそれらの周面に沿って連続して形成される。

【0021】

実施の形態1において、リング状の永久磁石62、63の内周磁極面62a、63aにS極ばかりが形成され、またそれらの外周磁極面62b、63bにN極ばかりが形成される構成は、磁場発生手段6における着磁のばらつきを抑制するのに有効である。例えば、内周磁極面62a、63aにS極ばかりでなく、S極とN極とが交互に形成され、また外周磁極面62b、63bにN極ばかりでなく、N極とS極とが交互に形成されるものでは、N極とS極とが隣接ように着磁され、それらの着磁のばらつきを解消するのが困難である。これに較べて、実施の形態1のように、リング状の永久磁石62、63の内周磁極面62a、63aに例えばS極ばかりが、またそれらの外周磁極面62b、63bに例えばN極ばかりが形成される構成は、従来の磁石構造のような、同じ周面上のN極とS極の境界が着磁のばらつきにより、ずれる不都合を解消できる。

10

【0022】

なお、リング状の永久磁石62、63の全体を共通軸線L-Lの半径方向に着磁する場合に、着磁方向を前記と逆にし、それらの内周磁極面62a、63aの周面に沿ってN極ばかりを連続して形成し、それらの外周磁極面62b、63bの周面に沿ってS極ばかりを連続して形成することもできる。この場合にも、前記と同様に、着磁のばらつきを抑えることができる。

20

【0023】

磁場変化手段30は、4つの磁場変化手段31~34を含む。これらの4つの磁場変化手段31~34は、内周回転体3と外周回転体12との間において、ステージA~Dのそれぞれに配置される。これらの4つの磁場変化手段31、32、33、34は、それぞれ共通軸線L-Lの周りに配置された複数個の突出磁極により構成される。

【0024】

ステージAに配置された磁場変化手段31は、内周磁極11aと外周磁極14aとから構成される。これらの内周磁極11aと外周磁極14aは、ともに共通軸線L-Lの周りに複数個の突出磁極を有する。これらの内周磁極11aと外周磁極14aは、共通軸線L-Lを中心とする半径方向に互いに空隙を介して相対向している。内周磁極11aは、内周筒3の外周面に固定されたリング状鉄心9の外周面に配置される。外周磁極14aは、第1外周筒12aの内周面に配置される。これらの磁極11a、14aは、ステージAにおいて、内周回転体3と外周回転体12との相対回転に応じて、それらの対向状態が変化し、それらの間の空隙を通る磁束を変化させる。

30

【0025】

ステージBに配置された磁場変化手段32は、内周磁極11bと外周磁極14bとから構成される。これらの内周磁極11bと外周磁極14aは、ともに共通軸線L-Lの周りに複数個の突出磁極を有する。これらの内周磁極11bと外周磁極14bは、共通軸線L-Lを中心とする半径方向に互いに空隙を介して相対向している。内周磁極11bは、囲み磁石構造6Bを構成するリング状の永久磁石62の外周磁極面62bに配置される。外周磁極14bは、第1外周筒12aの内周面に配置される。これらの磁極11b、14bは、ステージBにおいて、内周回転体3と外周回転体12との相対回転に応じて、それらの対向状態が変化し、それらの間の空隙を通る磁束を変化させる。

40

【0026】

磁場発生手段6の囲み磁石構造6Bを構成するリング状の永久磁石62は、図3に示すように、N極である外周磁極面62bから、磁場変化手段32の内周磁極11bと外周磁極14b、第1外周筒12a、磁場変化手段31の外周磁極14aと内周磁極11a、リ

50

ング状鉄心 9、および内周筒 3 を通り、S 極である内周磁極面 6 2 a に帰る磁路に磁束 1 を流す。磁場変化手段 3 2 の内周磁極 1 1 b と外周磁極 1 4 b、および磁場変化手段 3 1 の内周磁極 1 1 a と外周磁極 1 4 a は、それぞれの対向状態の変化に基づいて、この磁束 1 の大きさを变化させる。

【0027】

ステージ C に配置された磁場変化手段 3 3 は、内周磁極 1 1 c と外周磁極 1 4 c とから構成される。これらの内周磁極 1 1 c と外周磁極 1 4 c は、ともに共通軸線 L - L の周りに複数個の突出磁極を有する。これらの内周磁極 1 1 c と外周磁極 1 4 c は、共通軸線 L - L を中心とする半径方向に互いに空隙を介して相対向している。内周磁極 1 1 c は、囲み磁石構造 6 C を構成するリング状の永久磁石 6 3 の外周磁極面 6 3 b に配置される。外周磁極 1 4 c は、第 2 外周筒 1 2 b の内周に配置される。これらの磁極 1 1 c、1 4 c は、ステージ C において、内周回転体 3 と外周回転体 1 2 との相対回転に応じて、それらの対向状態が変化し、それらの間の空隙を通る磁束を变化させる。

10

【0028】

ステージ D に配置された磁場変化手段 3 4 は、内周磁極 1 1 d と外周磁極 1 4 d とから構成される。これらの内周磁極 1 1 d と外周磁極 1 4 d は、ともに共通軸線 L - L の周りに複数個の突出磁極を有する。これらの内周磁極 1 1 d と外周磁極 1 4 d は、共通軸線 L - L を中心とする半径方向に互いに空隙を介して相対向している。内周磁極 1 1 d は、内周筒 3 の外周面に固定されたリング状鉄心 1 0 の外周面に配置される。外周磁極 1 4 d は、第 2 外周筒 1 2 b の内周面に配置される。これらの磁極 1 1 a、1 4 a は、ステージ D において、内周回転体 3 と外周回転体 1 2 との相対回転に応じて、それらの対向状態が変化し、それらの間の空隙を通る磁束を变化させる。

20

【0029】

なお、内周磁極 1 1 a、1 1 b、1 1 c、1 1 d の共通軸線 L - L 方向の長さはすべて同じとされ、また外周磁極 1 4 a、1 4 b、1 4 c、1 4 d についてもそれらの共通軸線 L - L 方向の長さはすべて同じとされる。加えて、各ステージ A、B、C、D における各内周磁極 1 1 a 1 1 b 1 1 c 1 1 d と各外周磁極 1 4 a、1 4 b、1 4 c、1 4 d との間の空隙の径方向の長さも、すべて同じとされる。

【0030】

磁場発生手段 6 の囲み磁石構造 6 C を構成するリング状の永久磁石 6 3 は、図 3 に示すように、N 極である外周磁極面 6 3 b から、磁場変化手段 3 3 の内周磁極 1 1 c と外周磁極 1 4 c、第 2 外周筒 1 2 b、磁場変化手段 3 4 の外周磁極 1 4 d と内周磁極 1 1 d、リング状鉄心 1 0、および内周筒 3 を通り、S 極である内周磁極面 6 3 a に帰る磁路に磁束 2 を流す。磁場変化手段 3 3 の内周磁極 1 1 c と外周磁極 1 4 c、および磁場変化手段 3 4 の内周磁極 1 1 d と外周磁極 1 4 d は、それぞれの対向状態の変化に基づいて、この磁束 2 の大きさを变化させる。

30

【0031】

ステージ A、B に配置された磁場変化手段 3 1、3 2 の内周磁極 1 1 a、1 1 b と、ステージ C、D に配置された磁場変化手段 3 3、3 4 の内周磁極 1 1 c、1 1 d は、共通軸線 L - L の周りに互いに同じ位相で配置された複数個の突出磁極を有する。具体的には、これらの内周磁極 1 1 a ~ 1 1 d は、それぞれ 40 度の角度間隔で配置された 9 個の突出磁極を持つが、各内周磁極 1 1 a ~ 1 1 d のすべてについて、これらの 9 個の突出磁極は、共通軸線 L - L の周りの内周磁極基準位置から、例えば 0 度、40 度、80 度、120 度、160 度、200 度、240 度、280 度、320 度の角度位置に、互いに同じ位相で配置される。図 1、図 4 では、これらの内周磁極 1 1 a から 1 1 d の突極が、共通軸線 L - L の方向にすべて互いに重なった状態で、実線で示される。

40

【0032】

ステージ A、B、C、D に配置された磁場変化手段 3 1 ~ 3 4 の外周磁極 1 4 a ~ 1 4 d の中、磁場変化手段 3 2 の外周磁極 1 4 b と、第 4 磁場変化手段 3 4 の外周磁極 1 4 d は、共通軸線 L - L の周りに互いに同じ位相で配置された複数の磁極を有する。具体的に

50

は、これらの外周磁極 14 b、14 d もそれぞれ 40 度の角度間隔で配置された 9 個の突出磁極を持つが、外周磁極 14 b、14 d について、これらの 9 個の突出磁極は、共通軸線 L - L の周りの外周磁極基準位置から、0 度、40 度、80 度、120 度、160 度、200 度、240 度、280 度、320 度の角度位置に、互いに同じ位相で配置される。図 1、図 4 では、これらの外周磁極 14 b、14 d の突出磁極が、共通軸線 L - L の方向にすべて互いに重なった状態で、実線で示される。これらの互いに重なった内周磁極 11 b、11 d の 1 つについて、その中心の角度位置を図 1、図 4 において、1 で示している。

【0033】

磁場変化手段 31 ~ 34 の外周磁極 14 a ~ 14 d の中、磁場変化手段 31 の外周磁極 14 a と、磁場変化手段 33 の外周磁極 14 c は、共通軸線 L - L の周りに互いに同じ位相で配置された複数の磁極を有する。具体的には、これらの外周磁極 14 a、14 c もそれぞれ 40 度の角度間隔で配置された 9 個の突出磁極を持つが、磁極 14 a と磁極 14 c について、これらの 9 個の突出磁極は、共通軸線 L - L の周りの前記外周磁極基準位置から、磁極 11 a から 11 d とちょうど逆位相で、20 度、60 度、100 度、140 度、180 度、220 度、260 度、300 度、340 度の角度位置に、互いに同じ位相で配置される。図 1、図 4 では、これらの外周磁極 14 a、14 c の突出磁極が、共通軸線 L - L の方向にすべて互いに重なった状態で、点線で示される。これらの互いに重なった内周磁極 11 b、11 d の 1 つについて、その中心の角度位置を図 1、図 4 において、2 で示している。

10

20

【0034】

磁気センサ 15 は、例えばホール素子であり、それを通る検出磁束 DF の方向と大きさに応じた出力信号を発生する。この磁気センサ 15 には、第 1 外周筒 12 a と第 2 外周筒 12 b との間に共通軸線 L - L に沿って流れる検出磁束 DF 1、DF 2 が流れる。磁気センサ 15 の出力信号の極性は、磁気センサ 15 を通る検出磁束 DF 1、DF 2 の方向に応じて、正極性と負極性の極性の反転する出力信号となり、またこの出力信号の大きさは、磁気センサ 15 を通る検出磁束 DF 1、DF 2 の大きさに比例する。

【0035】

なお、図 1、図 4 では、図面を見やすくするために、第 1、第 2 回転軸 1、2 と、内周筒 3 と、トーションパー 5 と、リング状鉄心 9 が省略されている。

30

【0036】

さて、図 1 ~ 図 3 は実施の形態 1 のトルクセンサを、その原点位置において示す。この原点位置では、磁場変化手段 31 ~ 34 において、内周磁極 11 a、11 b、11 c、11 d が、図 1 に示すように、共通軸線 L - L の周りの周方向に沿って、実線で示す外周磁極 14 b、14 d の重なる角度位置 1 と、点線で示す磁極 14 a、14 c の重なる角度位置 2 とのちょうど中間の角度位置に位置する。

【0037】

この原点位置では、図 3 に示す磁束 1 と磁束 2 が、互いにほぼ等しい大きさとなる。この原点位置では、磁場変化手段 31 ~ 34 の内周磁極 11 a、11 b、11 c、11 d が、図 1 に示すように、共通軸線 L - L の周りの周方向に沿って、磁極 14 b、14 d の重なる角度位置 1 と、磁極 14 a、14 c の重なる角度位置 2 とのちょうど中間の角度位置に位置する。このため、図 3 に示す磁束 1 と磁束 2 の流れる磁路の磁気抵抗は互いに等しく、したがって磁束 1、2 の大きさは互いに等しい。このため、第 1 外周筒 12 a と第 2 外周筒 12 b の間において、磁気センサ 15 を通って流れる検出磁束 DF 1、DF 2 は、ともにゼロとなり、磁気センサ 15 の信号出力もゼロとなる。

40

【0038】

図 4、図 5、図 6 は、原点位置から第 1 回転軸 1 が第 2 回転軸 2 に対して相対的に反時計方向に回転し、磁極 11 a、11 b、11 c、11 d が、磁極 14 b、14 d の重なる角度位置 1 に近い回転角度まで変位した正のトルク範囲を示す。この正のトルク範囲では、磁極 11 a、11 b、11 c、11 d が、磁極 14 a、14 c の重なる角度位置 2

50

から遠ざかり、磁極 1 4 b、1 4 d の重なる角度位置 1 に近づいた位置にある。

【0039】

図 7 ~ 図 10 は、それぞれ図 5 に示すステージ A、B、C、D における共通軸線 L - L と直交する方向の断面図である。図 7 に示すステージ A の磁場変化手段 3 1 において、内周磁極 1 1 a の 9 個の突出磁極は、外周磁極 1 4 a の 9 個の突出磁極に対して、角度位置 2 から遠ざかり、角度位置 1 に近づいている。同様に、図 9 に示すステージ C に示す磁場変化手段 3 3 において、内周磁極 1 1 c の 9 個の突出磁極は、外周磁極 1 4 c の 9 個の突出磁極に対して、角度位置 2 から遠ざかり、角度位置 1 に近づいている。そのため、これらの磁場変化手段 3 1、3 3 の内周磁極 1 1 a、1 1 c と外周磁極 1 4 a、1 4 c との対向面積は減少し、磁気抵抗は、図 1 ~ 図 3 に示した原点位置における磁気抵抗よりも増大している。

10

【0040】

一方、図 8 に示すステージ B の磁場変化手段 3 2 において、内周磁極 1 1 b の 9 個の突出磁極も、外周磁極 1 4 b の 9 個の突出磁極に対して、角度位置 2 から遠ざかり、角度位置 1 に近づき、外周磁極 1 4 b に近づいている。同様に、図 10 に示すステージ D に示す磁場変化手段 3 4 において、内周磁極 1 1 d の 9 個の突出磁極も、外周磁極 1 4 d の 9 個の突出磁極に対して、角度位置 2 から遠ざかり、角度位置 1 に近づき、外周磁極 1 4 d に近づいている。そのため、これらの磁場変化手段 3 2、3 4 の内周磁極 1 1 b、1 1 d と外周磁極 1 4 b、1 1 d との対向面積は増加し、磁気抵抗は、図 1 ~ 図 3 に示した原点位置における磁気抵抗よりも減少している。

20

【0041】

この図 4 ~ 図 10 に示す正のトルク範囲では、磁場変化手段 3 2 と磁場変化手段 3 4 の内周磁極 1 1 b、1 1 d と外周磁極 1 4 b、1 4 d との対向面積がともに増加するために、図 6 に示すように、新たに第 1 外周筒 1 2 a から第 2 外周筒 1 2 b に向かう検出磁束 D F 1 が流れる。この検出磁束 D F 1 は、ステージ B における囲み磁石構造 6 B の外周磁極面 6 2 b から磁場変化手段 3 2 の磁極 1 1 b、1 4 b を通り第 1 外周筒 1 2 a に至り、この第 1 外周筒 1 2 a から共通軸線 L - L に沿って検出磁路 2 0 における磁気センサ 1 5 を通り、第 2 外周筒 1 2 b に至り、リング状鉄心 1 0 を経由して内周筒 3 に至る。

【0042】

磁気センサ 1 5 は、この検出磁路 2 0 を流れる検出磁束 D F 1 を検出し、例えば正極性の信号出力を発生する。この正極性の信号出力は、正のトルク範囲、すなわち囲み磁石構造 6 B から磁場変化手段 3 2、3 4 を通る検出磁束 D F 1 が発生する範囲で得られ、その出力信号の大きさはこの正のトルク範囲において、第 1、第 2 回転軸 1、2 間に与えられる捩りトルクの増大に応じて増大する。なお、正のトルク範囲では、磁場変化手段 3 1 の磁極 1 1 a、1 4 a と、磁場変化手段 3 3 の磁極 1 1 c、1 4 c の対向面積が減少するために、これらの磁場変化手段 3 1、3 3 を通る磁束 1、2 の大きさが減少する。

30

【0043】

図 3 に示す原点位置から、第 1 回転軸 1 が第 2 回転軸 2 に対して相対的に、図 4 ~ 図 10 に示す正のトルク範囲とは逆方向に、時計方向に回転し、内周磁極 1 1 a、1 1 b、1 1 c、1 1 d が、磁極 1 4 b、1 4 c の重なる角度位置 2 に近い角度位置まで変位した負のトルク範囲では、第 1、第 2 回転軸 1、2 間に与えられる捩りトルクが、正のトルク範囲に対して逆方向となる。この負のトルク範囲では、磁極 1 1 a、1 1 b、1 1 c、1 1 d が、図 1 ~ 図 3 に示す原点位置よりも、磁極 1 4 b、1 4 d の重なる角度位置 1 から遠ざかり、磁極 1 4 a、1 4 c の重なる角度位置 2 に近づいた状態にある。

40

【0044】

この負のトルク範囲では、磁場変化手段 3 1 の磁極 1 1 a、1 4 a と、磁場変化手段 3 3 の磁極 1 1 c、1 4 c との対向面積が増加するために、ステージ C における囲み磁石構造 6 C から、これらの磁場変化手段 3 1、3 3 を通る検出磁束 D F 2 が発生し、逆に磁場変化手段 3 2 の磁極 1 1 b、1 4 b と、磁場変化手段 3 4 の磁極 1 1 d、1 4 d の対向面積が減少するために、これらの磁場変化手段 3 2、3 4 を通る磁束 1、2 の大きさが

50

減少する。

【0045】

この負のトルク範囲における検出磁束DF2は、ステージCにおける囲み磁石構造6Cから磁場変化手段33の磁極11c、14cを通り第2外周筒12bに至り、この第2外周筒12bから共通軸線L-Lに沿って検出磁路20における磁気センサ15を通り、第1外周筒12aに至り、リング状鉄心9を経由して内周筒3に帰る。磁気センサ15は、この検出磁束DF2を検出し、例えば負極性の信号出力を発生する。この負極性の信号出力は、負のトルク範囲、すなわち磁場変化手段31、33を通る磁束が増大し、磁場変化手段32、34を通る磁束が減少する範囲で得られ、その出力信号の大きさはこの負のトルク範囲において、第1、第2回転軸1、2間に与えられる逆方向の捩りトルクの減少に応じて増大する。

10

【0046】

トルクセンサでは、回転軸1、2の間に、例えば±10度、言い換えれば20度の相対回転が生じるようにして、その角度範囲における捩りトルクの変化、すなわち回転軸1、2間の相対回転を検出する。この20度の相対回転範囲を検出範囲と呼ぶと、実施の形態1では、この検出範囲はその中間に図3に示す原点位置が対応し、前記負のトルク範囲で磁気センサ15の出力信号が、負極性の最大値となる第1角度位置から、正のトルク範囲で磁気センサ15の出力信号が正極性の最大値となる第2角度位置までほぼ直線的に変化するように設定される。この実施の形態1では、その第1角度位置と第2角度位置とのちょうど中間の原点位置において、出力信号がゼロとなる。

20

【0047】

具体的には、実施の形態1では、角度位置1、2の間の角度が20度であり、そのちょうど中間に原点位置が設定されるので、検出範囲は、原点位置から角度位置2側へ10度近づいた第1角度位置と、原点位置から角度位置1側へ10度近づいた第2角度位置との間に設定される。第1角度位置は、負のトルク範囲にあり、磁気センサ15の出力信号は、この第1角度位置で負極性の最大値となる。第2角度位置は正のトルク範囲にあり、磁気センサ15の出力信号は、第2角度位置で正極性の最大値となる。

【0048】

このようにして、実施の形態1では、検出範囲において、与えられる捩りトルクの増大に伴ない、極性が反転し、大きさがほぼ直線的に増大する出力信号が磁気センサ15から得られ、結果としてバイポーラタイプの出力信号を発生するトルクセンサを実現できる。このバイポーラタイプの出力信号を発生するトルクセンサは、出力信号の極性が反転する原点位置を有し、この原点位置でのセンサ出力値の校正のばらつきの校正が容易である。

30

【0049】

またこの実施の形態1のトルクセンサでは、磁場発生手段6が、共通軸線L-Lを囲むように配置された囲み磁石構造6B、6Cを含み、この囲み磁石構造6B、6Cは、共通軸線L-Lを中心とする外周磁極面62b、63bと内周磁極面62a、63aを形成し、外周磁極面62b、63bには、共通軸線L-Lの周りに沿って、N極とS極の両磁極の中の一方の極性の磁極ばかりが並び、また内周磁極面62a、63aには、共通軸線L-Lの周りに沿って、両磁極の中の他方の極性の磁極ばかりが並ぶようにして、共通軸線L-Lを中心とする径方向に着磁されているので、従来の磁石構造にのように、着磁のばらつきにより出力信号のゼロ点がN極とS極の境界に対応する原点からずれるような不都合は解消し、安定したゼロ点出力を得ることができる。

40

【0050】

なお、実施の形態1では、内周回転体3を構成する内周筒の代わりに中実軸を用い、トーションバー5は回転軸1、2を連結するように別の位置に設置することもできる。また非磁性の連結体13の材料は、アルミニウムや樹脂材料など、他の非磁性材料を用いてもよい。また実施の形態1では、内周磁極11a、11b、11c、11dおよび外周磁極14a、14b、14c、14dのそれぞれに9個の突出磁極を形成したが、この突出磁極の個数は9個に限ることなく、他の個数にすることもできる。また、突出磁極を形成す

50

る代わりに、周面に切り欠きまたは穴を設けるなど、相対回転により磁気抵抗が変化するようにするだけでもよい。

【0051】

また実施の形態1では、内周磁極11a、11b、11c、11dをすべて同相とし、外周磁極14a、14b、14c、14dについては、外周磁極14aと14c、外周磁極14bと14dを、それぞれ同相とした上で、外周磁極14a、14cと、外周磁極14b、14dとを逆相としたが、これらの関係を逆にし、外周磁極14a、14b、14c、14dをすべて同相とし、内周磁極11a、11b、11c、11dについて、内周磁極11aと11c、内周磁極11bと11dをそれぞれ同相とした上で、内周磁極11a、11cと、内周磁極11b、11dとを逆相としても、実施の形態1と同様に、磁気センサ15からバイポーラタイプの出力信号を得ることができる。

10

【0052】

また実施の形態1では、2つの囲み磁石構造6B、6CをステージB、Cに配置したが、これらのステージB、Cに跨る1つの囲み磁石構造により、ステージB、Cのそれぞれに磁場を発生し、内周磁極11b、11cと外周磁極14b、14cの間を通過して磁束1、2および検出磁束DF1、DF2が流れるようにすることもできる。この場合、1つの囲み磁石構造は、共通軸線L-Lに沿って筒状として構成されるが、これも実施の形態1と同様に、共通軸線L-Lを中心とする半径方向に着磁され、その内周磁極面には、N極とS極の中の一方の極性の磁極ばかりが連続し、外周磁極面には、その他方の極性の磁極ばかりが連続するように構成される。

20

【0053】

また実施の形態1では、囲み磁石構造6B、6CをそれぞれステージB、Cに配置したが、これらの囲み磁石構造6B、6CをステージA、Dに配置することもできる。この場合にも、ステージAに配置した囲み磁石構造により磁束1および検出磁束DF1を、またステージDに配置した囲み磁石構造により磁束2および検出磁束DF2を流すように構成される。

【0054】

さらに、実施の形態1では、内周磁極11a、11b、11c、11dおよび外周磁極14a、14b、14c、14dの共通軸線L-Lの方向における長さが、すべて同じとしたが、これを変えて、例えば囲み磁石構造6B、6Cを配置したステージB、Cにおける磁極11b、11c、14b、14cの共通軸線L-L方向の長さを、ステージA、Dにおける磁極11a、11d、14a、14dの共通軸線L-Lの方向の長さよりも長くすることもできる。

30

【0055】

実施の形態2

図12はこの発明によるトルクセンサの実施の形態2を示す断面図である。この図12は、共通軸線L-Lを含む平面による縦断面図であり、図2、図5に相当する断面図である。

【0056】

この実施の形態2は、磁場発生手段6を、すべてのステージA、B、C、Dに配置したものである。この実施の形態2では、磁場発生手段6は、ステージB、Cに配置された囲み磁石構造6B、6Cに加え、ステージA、Dに配置された囲み磁石構造6A、6Dをも有する。その他は、実施の形態1と同じに構成される。この実施の形態2では、ステージA、B、C、Dのそれぞれに、磁場発生手段6を構成する囲み磁石構造6A、6B、6C、6Dと、磁場変化手段31~34が配置される。

40

【0057】

ステージAに配置された囲み磁石構造6Aはリング状の永久磁石61により構成され、ステージDに配置された囲み磁石構造6Dはリング状の永久磁石64により構成される。リング状の永久磁石61、64は、それぞれ共通軸線L-Lを取り囲むように配置され、この共通軸線L-Lを中心とする内周磁極面61a、64aおよび外周磁極面61b、6

50

4 bを有する。これらのリング状の永久磁石6 1、6 4は、内周磁極面6 1 a、6 4 aを内周筒3の外周面に嵌め込んで固定され、内周筒3とともに回転する。これらの永久磁石6 1、6 4の外周に、磁場変化手段3 1、3 4の内周磁極1 1 a、1 1 dが配置される。

【0058】

これらのリング状の永久磁石6 1、6 4は、共通軸線L - Lを中心とする半径方向に着磁されているが、リング状の永久磁石6 2、6 3とは逆極性に着磁される。具体的には、リング状の永久磁石6 1は、リング状の永久磁石6 2と逆極性に着磁され、その内周磁極面6 1 aは共通軸線L - Lの周りに沿って連続してN極を形成するように着磁され、その外周磁極面6 1 bは共通軸線L - Lの周りに沿って連続してS極を形成するように着磁される。同様に、リング状の永久磁石6 4は、リング状の永久磁石6 3と逆極性に着磁され、その内周磁極面6 4 aは共通軸線L - Lの周りに沿って連続してN極を形成するように着磁され、その外周磁極面6 4 bは共通軸線L - Lの周りに沿って連続してS極を形成するように着磁される。

10

【0059】

囲み磁石構造6 A、6 Dは、磁束 1、2および検出磁束DF 1、DF 2を増強する。囲み磁石構造6 Aは、磁束 1および検出磁束DF 2の流れる磁路において、囲み磁石構造6 B、6 Cと同極性の起磁力を加え、磁束 1および検出磁束DF 2を増強する。囲み磁石構造6 Dは、磁束 2および検出磁束DF 1の流れる磁路において、囲み磁石構造6 Cと同極性の起磁力を加え、磁束 2および検出磁束DF 1を増強する。

【0060】

この実施の形態2では、実施の形態1と同じ効果に加え、検出磁束DF 1、DF 2をも増強できるので、磁気センサ15のバイポーラタイプの出力信号の大きさを増強し、大きなバイポーラタイプの出力信号を取り出すことができ、より高感度のトルクセンサを実現できる。

20

【0061】

実施の形態3 .

図13～図16は、この発明によるトルクセンサの実施の形態3を示す。図13は、図2、図5、図12と同様な共通軸線L - Lを含む平面による縦断面図であり、実施の形態3のトルクセンサの正のトルク範囲における縦断面図である。図14は図13のA - A線によるステージAの断面図、図15は図13のB - B線、C - C線によるステージB、Cの断面図、図16は図13のD - D線によるステージDの断面図である。

30

【0062】

実施の形態3は、実施の形態1における4つの磁場変化手段3 1～3 4の中、ステージB、Cにおける磁場変化手段3 2、3 3をそれぞれ磁場形成手段3 2 A、3 3 Aに変更したものである。その他は、実施の形態1と同じに構成される。この実施の形態3では、ステージA、Dには、磁場変化手段3 1、3 4がそれぞれ配置され、また、ステージB、Cには、それぞれ磁場発生手段6を構成する囲み磁石構造6 B、6 Cと、磁場形成手段3 2 A、3 3 Aが配置される。

【0063】

図14に示すステージAにおける磁場変化手段3 1は、図7に示す実施の形態1における磁場変化手段3 1と同じに構成され、また図16に示すステージDにおける磁場変化手段3 4は、図10に示す実施の形態1における磁場変化手段3 4と同じに構成される。なお、図14、図16は、実施の形態3のトルクセンサが正のトルク範囲にあり、内周磁極1 1 a、1 1 dが、角度位置 2から遠ざかり、角度位置 1に近づいた状態を示す。

40

【0064】

この実施の形態3において、磁場形成手段3 2 A、3 3 Aは、図15に示すように、それぞれの内周磁極1 1 b、1 1 cおよび外周磁極1 4 b、1 4 cが突出磁極を持たず、これらの内周磁極1 1 b、1 1 cと外周磁極1 4 b、1 4 cが、共通軸線L - Lの周りに沿って、それぞれがリング状の磁極面を持つように構成され、内周磁極1 1 b、1 1 cと外周磁極1 4 b、1 4 cの間には、共通軸線L - Lの周りに沿って均一な大きさの空隙が形

50

成される。したがって、実施の形態 3 では、内周筒 3 と外周筒 1 2 との相対回転に対して、磁場変化手段 3 1、3 4 は実施の形態 1 と同様な磁場変化を与え、磁束 1、2 を変化させ、検出磁束 D F 1、D F 2 を発生させるが、磁場形成手段 3 2 A、3 3 A は磁場変化を与えない。

【0065】

この実施の形態 3 において、磁場形成手段 3 2 A、3 3 A における内周磁極 1 1 b、1 1 c と、外周磁極 1 4 b、1 4 c との間の空隙長さは、実施の形態 1 に比べて充分小さくなるように構成される。このため、実施の形態 3 では、実施の形態 1 に比べて、磁束 1、2 および検出磁束 D F 1、D F 2 が大きくなるので、磁気センサ 1 5 のバイポーラタイプも出力信号が大きくなり、より高感度のトルクセンサを実現できる。

10

【0066】

実施の形態 4 .

図 1 7、図 1 8 は、この発明によるトルクセンサの実施の形態 4 を示す。図 1 7 は、図 1 3 と同様な共通軸線 L - L を含む平面による縦断面図であり、図 1 8 は図 1 7 の B - B 線、C - C 線によるステージ B、C の断面図である。

【0067】

実施の形態 4 は、ステージ B、C に、実施の形態 3 と同様に、磁場形成手段 3 2 A、3 3 A を設けたものであるが、これらの磁場形成手段 3 2 A、3 3 A において、内周磁極 1 1 b、1 1 c が削除され、磁場形成手段 3 2 A、3 3 A が、それぞれ囲み磁石構造 6 B、6 C と外周磁極 1 4 b、1 4 c により、構成されたものである。その他は、実施の形態 1 と同じに構成される。この実施の形態 4 では、ステージ A、D には、磁場変化手段 3 1、3 4 がそれぞれ配置され、また、ステージ B、C には、それぞれ磁場発生手段 6 を構成する囲み磁石構造 6 B、6 C と、磁場形成手段 3 2 A、3 3 A が配置される。

20

【0068】

この実施の形態 4 において、磁場形成手段 3 2 A は囲み磁石構造 6 B と外周磁極 1 4 b により構成され、囲み磁石構造 6 B のリング状の永久磁石 6 2 の外周磁極面 6 2 b は、空隙を介して直接外周磁極 1 4 b に対向している。同様に、磁場形成手段 3 3 A は囲み磁石構造 6 C と外周磁極 1 4 c により構成され、囲み磁石構造 6 C のリング状の永久磁石 6 3 の外周磁極面 6 3 b は、空隙を介して直接外周磁極 1 4 b に対向している。ステージ B、C には、内周筒 3 の外周面にリング状鉄心 7、8 が固定され、リング状の永久磁石 6 2、6 3 は、これらのリング状鉄心 7、8 の外周に固定される。

30

【0069】

この実施の形態 4 では、図 1 8 に示すように、リング状の永久磁石 6 2、6 3 の外周磁極面 6 2 b、6 3 b および外周磁極 1 4 b、1 4 c は、突出磁極を持たず、それらの外周磁極面 6 2 b、6 3 b と外周磁極 1 4 b、1 4 c が、共通軸線 L - L の周りに沿って、それぞれがリング状の磁極面を持つように構成され、リング状の永久磁石 6 2、6 3 の外周磁極面 6 2 b、6 3 b と外周磁極 1 4 b、1 4 c の間には、共通軸線 L - L の周りに沿って均一な大きさの空隙が形成される。

【0070】

この実施の形態 4 では、リング状の永久磁石 6 2、6 3 の外周磁極面 6 2 b、6 3 b と外周磁極 1 4 b、1 4 c との間に空隙が形成され、永久磁石 6 2、6 3 の外周磁極面 6 2 b、6 3 b がこれらの空隙に露出し、外周磁極面 6 2 b、6 3 b からの磁束は、共通軸線 L - L を中心とする半径方向に直接出て行くので、永久磁石 6 2、6 3 における漏洩磁束が小さくなり、結果として、実施の形態 1 に比べて、磁束 1、2 および検出磁束 D F 1、D F 2 が大きくなり、磁気センサ 1 5 のバイポーラタイプの出力信号が大きくなり、より高感度のトルクセンサを実現できる。

40

【0071】

実施の形態 5 .

図 1 9 ~ 図 2 3 は、この発明によるトルクセンサの実施の形態 5 を示す。図 1 9 は、図 2、図 5、図 1 2、図 1 3、図 1 7 と同様な共通軸線 L - L を含む平面による縦断面図で

50

あり、実施の形態 5 のトルクセンサの正のトルク範囲における縦断面図である。図 20 は図 19 の A - A 線によるステージ A の断面図、図 21 は図 19 の B - B 線によるステージ B の断面図、図 22 は図 19 の C - C 線によるステージ C の断面図、図 23 は図 19 の D - D 線によるステージ D の断面図である。

【0072】

この実施の形態 5 は、実施の形態 1 において、ステージ B、C における囲み磁石構造 6 B、6 C を、図 21、図 22 に示すリング状の永久磁石 65、66 により構成し、これらのリング状の永久磁石 65、66 を、内周筒 3 に固定されたリング状鉄心 7、8 の外周に固定するとともに、実施の形態 1 における内周磁極 11b、11c を削除したものである。その他は、実施の形態 1 と同じに構成される。この実施の形態 5 では、ステージ A、D には、磁場変化手段 31、34 がそれぞれ配置され、また、ステージ B、C には、それぞれ磁場発生手段 6 を構成する囲み磁石構造 6 B、6 C と、磁場変化手段 32、33 が配置される。

10

【0073】

リング状の永久磁石 65、66 は、図 21、図 22 に示すように、それぞれ外周に突出磁極 65A、66A を一体に形成したリング状の永久磁石であり、共通軸線 L-L を取り囲むように配置される。ステージ B に配置されるリング状の永久磁石 65 は、内周磁極面 65a と、外周磁極面 65b と、それらの中間に形成された中間面 65c を有する。同様に、ステージ C に配置されるリング状の永久磁石 66 は、内周磁極面 66a と、外周磁極面 66b と、それらの中間に形成された中間面 66c を有する。これらのリング状の永久磁石 65、66 は、共通軸線 L-L を中心とする半径方向に、その内周側が S 極、その外周側が N 極となるように着磁される。

20

【0074】

図 21 に示すように、突出磁極 65A は、リング状の永久磁石 65 の外周に、互いに等しい角度間隔で複数個形成されている。具体的には、互いに 40 度の角度間隔で、9 個の突出磁極 65A がリング状の永久磁石 65 と一体に形成されている。図 22 に示すように、突出磁極 66A も、同様に、リング状の永久磁石 66 の外周に、互いに等しい角度間隔で複数個形成されている。具体的には、互いに 40 度の角度間隔で、9 個の突出磁極 66A がリング状の永久磁石 66 と一体に形成されている。これらの突出磁極 65A、66A は、実施の形態 1 における内周磁極 11b、11c と同様に、内周磁極 11a、11d と同相に、共通軸線 L-L の周りの内周磁極基準位置から、例えば 0 度、40 度、80 度、120 度、160 度、200 度、240 度、280 度、320 度の角度位置に配置される。

30

【0075】

リング状の永久磁石 65、66 の内周磁極面 65a、66a は、共通軸線 L-L を中心としてその周りに連続する周面であり、共通軸線 L-L の周りに沿って S 極ばかりが連続して形成される。外周磁極面 65b、66b は、突出磁極 65A、66A のそれぞれの外周に、互いに 40 度の角度間隔で、間欠的に形成され、これらの外周磁極面 65b、66b は、それぞれ共通軸線 L-L を中心としてその周りを囲む。これらの外周磁極面 65b、66b には、共通軸線 L-L の周りに沿って、N 極ばかりが間欠的に形成される。

40

【0076】

中間面 65c は、共通軸線 L-L の周りに、9 個の突出磁極 65A の各隣接する突出磁極 65A の間に位置して形成される。同様に、中間面 66c は、共通軸線 L-L の周りに、9 個の突出磁極 66A の各隣接する突出磁極 66A の間に位置して形成される。これらの中間面 65c、66c は、それぞれ共通軸線 L-L を中心としてその周りに、互いに 40 度の角度間隔で間欠的に形成される。

【0077】

図 20 ~ 図 23 は、実施の形態 5 のトルクセンサが、正のトルク範囲にあって、内周磁極 11a、11d、および突出磁極 65A、66A が、角度位置 2 から遠ざかり、角度位置 1 に近づいた位置にある状態を示す。この状態では、ステージ B とステージ D との

50

間で検出磁束 D F 1 が発生する。内周磁極 1 1 a、1 1 d、および突出磁極 6 5 A、6 6 A が、角度位置 1 から遠ざかり、角度位置 2 に近づく負のトルク範囲では、ステージ A とステージ C との間で検出磁束 D F 2 が発生する。結果として、この実施の形態 5 でも、磁気センサ 1 5 により、バイポーラタイプの出力信号を得ることができる。

【0078】

また、実施の形態 5 のトルクセンサでは、ステージ B、C に配置された囲み磁石構造 6 B、6 C が、外周に複数個の突出磁極 6 5 A、6 6 A を形成したリング状の永久磁石 6 5、6 6 で構成される。これらのリング状の永久磁石 6 5、6 6 は、その外周磁極面 6 5 b、6 6 b には、共通軸線 L - L の周りに沿って、N 極と S 極の両磁極の中の一方の極性の磁極ばかりが並び、また内周磁極面 6 5 a、6 6 a には、共通軸線 L - L の周りに沿って、両磁極の中の他方の極性の磁極ばかりが並ぶようにして、共通軸線 L - L を中心とする径方向に着磁されているので、従来の磁石構造のように、同じ周面上の N 極と S 極の境界がずれることによる出力信号のゼロ点のずれは解消し、安定したゼロ点出力を持った出力信号を得ることができる。

10

【0079】

また、リング状の永久磁石 6 5、6 6 の外周磁極面 6 5 b、6 6 b と外周磁極 1 4 b、1 4 c との間に空隙が形成され、永久磁石 6 5、6 6 の外周磁極面 6 5 b、6 6 b がこれらの空隙に露出し、外周磁極面 6 5 b、6 6 b からの磁束は、共通軸線 L - L を中心とする半径方向に直接出て行くので、実施の形態 1 に比べて、磁束 1、2 および検出磁束 D F 1、D F 2 が大きくなり、磁気センサ 1 5 のバイポーラタイプの出力信号が大きくなり、より高感度のトルクセンサを実現できる。

20

【0080】

実施の形態 6 .

図 2 4、図 2 5 は、この発明によるトルクセンサの実施の形態 6 を示す。図 2 4 は、実施の形態 6 のステージ B の断面図、図 2 5 はそのステージ C の断面図である。この図 2 4、図 2 5 は、共通軸線 L - L に直交する平面による断面図である。

【0081】

実施の形態 6 は、実施の形態 1 において、ステージ B、C における囲み磁石構造 6 B、6 C を、図 2 4、図 2 5 に示すリング状磁石体 6 7、6 8 により構成し、これらのリング状磁石体 6 7、6 8 を、内周筒 3 に固定されたリング状鉄心 7、8 の外周に固定するとともに、実施の形態 1 における内周磁極 1 1 b、1 1 c を削除したものである。その他は、実施の形態 1 と同じに構成される。

30

【0082】

これらのリング状磁石体 6 7、6 8 には、図 2 4、図 2 5 に示すように、共通軸線 L - L の周りに等しい角度間隔で、複数の着磁区域 6 7 A、6 8 A が形成される。これらの複数の着磁区域 6 7 A、6 8 A は、共通軸線 L - L を中心とする半径方向に、その内周側を S 極、その外周側を N 極として着磁される。ステージ B に配置されるリング状磁石 6 7 は、共通軸線 L - L を取り囲むように配置され、共通軸線 L - L の周りに内周磁極面 6 7 a と、外周磁極面 6 7 b とを有する。このリング状磁石 6 7 の複数の着磁区域 6 7 A は、内周磁極面 6 7 a と外周磁極面 6 7 b との間に、共通軸線 L - L を中心とする半径方向に延びている。この複数の着磁区域 6 7 A により、内周磁極面 6 7 a には S 極ばかりが共通軸線 L - L の周りに沿って間欠的に形成され、外周磁極面 6 7 b には N 極ばかりが共通軸線 L - L の周りに沿って間欠的に形成される。

40

【0083】

同様に、ステージ C に配置されるリング状磁石 6 8 は、共通軸線 L - L を取り囲むように配置され、共通軸線 L - L の周りに内周磁極面 6 8 a と、外周磁極面 6 8 b とを有する。このリング状磁石 6 8 の複数の着磁区域 6 8 A は、内周磁極面 6 8 a と外周磁極面 6 8 b との間に、共通軸線 L - L を中心とする半径方向に延びている。この複数の着磁区域 6 8 A により、内周磁極面 6 8 a には S 極ばかりが共通軸線 L - L の周りに沿って間欠的に形成され、外周磁極面 6 8 b には N 極ばかりが、共通軸線 L - L の周りに沿って間欠的に

50

形成される。なお、隣接する着磁区域 67A の相互間および隣接する着磁区域 68A の相互間は、磁性材料のまま着磁されずに残される。

【0084】

複数の着磁区域 67A は、具体的には、図 24 に示すように、互いに 40 度の角度間隔で、9 個の着磁区域 67A が形成される。複数の着磁区域 68A も、図 25 に示すように、互いに 40 度の角度間隔で、9 個の着磁区域 68A が形成されている。これらの複数の着磁区域 67A、68A は、実施の形態 1 における内周磁極 11b、11c と同様に、内周磁極 11a、11d と同相に、共通軸線 L-L の周りの内周磁極基準位置から、例えば 0 度、40 度、80 度、120 度、160 度、200 度、240 度、280 度、320 度の角度位置に形成される。なお、図 24、25 は、実施の形態 6 のトルクセンサが正のトルク範囲にあり、着磁区域 67A、68A が、角度位置 2 から遠ざかり、角度位置 1 に近づいた状態を示す。

10

【0085】

この実施の形態 6 でも、トルクセンサが、正のトルク範囲にあって、内周磁極 11a、11d、および着磁区域 67A、68A が、角度位置 2 から遠ざかり、角度位置 1 に近づいた位置にある状態では、ステージ B とステージ D との間で検出磁束 DF1 が発生し、また、内周磁極 11a、11d、および着磁区域 67A、68A が、角度位置 1 から遠ざかり、角度位置 2 に近づく負のトルク範囲では、ステージ A とステージ C との間で検出磁束 DF2 が発生するので、結果として、この実施の形態 6 でも、磁気センサ 15 により、バイポーラタイプの出力信号を得ることができる。

20

【0086】

また、この実施の形態 6 のトルクセンサでも、リング状磁石 67、68 は、その外周磁極面 67b、68b には、共通軸線 L-L の周りに沿って、N 極と S 極の両磁極の中の一方向の極性の磁極ばかりが間欠的に並び、また内周磁極面 67a、68a にも、共通軸線 L-L の周りに沿って、両磁極の中の方の極性の磁極ばかりが間欠的に並ぶので、従来の磁石構造のように、同じ周面上の N 極と S 極の境界がずれることによる出力信号のゼロ点のずれを解消し、安定したゼロ点出力を持ったバイポーラタイプの出力信号を得ることができる。

【0087】

実施の形態 7 .

図 26 は、この発明によるトルクセンサの実施の形態 7 を示す。この図 26 は、実施の形態 7 の原点位置における上面図であるが、図 1、図 4 と同様に、図面を見やすくするために、一部の部品を省略している。

30

【0088】

実施の形態 7 は、ステージ B、C に配置される囲み磁石構造 6B、6C として、図 26 に示すように、複数の永久磁石片 69A から構成された磁石リング配置 69 を用いたものであり、この磁石リング配置 69 は、ステージ B では内周筒 3 の外周に固定されたリング状鉄心 7 の内部に配置され、またステージ C では内周筒 3 の外周に固定されたリング状鉄心 8 の内部に配置される。その他は、実施の形態 1 と同じに構成される。

【0089】

磁石リング配置 69 は、図 26 に示すように、複数個の、例えば 9 個の永久磁石片 69A によって構成され、この複数の永久磁石片 69A は、共通軸線 L-L を中心とする同一円周上に並べて配置される。この磁石リング配置 69 は、共通軸線 L-L を中心としてその周りに内周磁極面 69a と外周磁極面 69b を有する。内周磁極面 69a は、複数の永久磁石片 69A の内周側端面を含む磁極面であり、外周磁極面 69b はそれらの外周側端面を含む磁極面である。複数の各永久磁石片 69A は、それぞれの内周側端面がすべて S 極となり、またそれぞれの外周側端面がすべて N 極となるように、共通軸線 L-L を中心とする半径方向に着磁される。したがって、磁石リング配置 69 の内周磁極面 69a には、共通軸線 L-L の周りに沿って S 極ばかりが間欠的に形成され、またその外周磁極面 69b には、共通軸線 L-L の周りに沿って N 極ばかりが間欠的に形成される。なお、隣接

40

50

する永久磁石片 6 9 A の相互間には、リング状鉄心 7、8 が介在する。

【0090】

この実施の形態 7 でも、囲み磁石構造 6 B、6 C がステージ B、C に配置され、磁場発生手段 6 を構成するので、実施の形態 1 と同様に、磁気センサ 1 5 により、バイポーラタイプの出力信号を発生することができ、また磁石リング配置 6 9 の内周磁極面 6 9 a および外周磁極面 6 9 b には、同じ極性の磁極が間欠的に並ぶので、安定したゼロ点出力を持ったバイポーラタイプの出力信号を得ることができる。

【0091】

実施の形態 8 .

図 2 7 ~ 図 3 2 は、この発明によるトルクセンサの実施の形態 8 を示す。図 2 7 は実施の形態 8 のトルクセンサの原点位置における上面図であるが、図 1、図 4 と同様に図面を見やすくするために、一部の部品を省略している。図 2 8 は共通軸線 L - L を含む平面による縦断面図であり、実施の形態 8 のトルクセンサの正のトルク範囲における縦断面図である。図 2 9 は図 2 8 の A - A 線によるステージ A の断面図、図 3 0 は図 2 8 の B - B 線によるステージ B の断面図、図 3 1 は図 2 8 の C - C 線によるステージ C の断面図、図 3 2 は図 2 8 の D - D 線によるステージ D の断面図である。

10

【0092】

この実施の形態 8 は、実施の形態 1 のステージ B、C に配置される囲み磁石構造 6 B として、図 3 0 に示すように、複数の永久磁石片 7 2 A から構成された磁石リング配置 7 2 を用い、またステージ C に配置される囲み磁石構造 6 C として、図 3 1 に示すように、複数の永久磁石片 7 3 A から構成された磁石リング配置 7 3 を用いる。磁石リング配置 7 2 は、ステージ B において内周筒 3 の外周に固定されたリング状鉄心 7 の外周に配置され、また磁石リング配置 7 3 は、ステージ C において内周筒 3 の外周に固定されたリング状鉄心 8 の外周に配置され、実施の形態 1 の内周磁極 1 1 b、1 1 c が削除される。その他は、実施の形態 1 と同じに構成される。この実施の形態 8 では、ステージ A、D に、それぞれ磁場変化手段 3 1、3 4 が配置され、ステージ B、C には、それぞれ囲み磁石構造 6 B、6 C と、磁場変化手段 3 2、3 3 が配置される。

20

【0093】

磁石リング配置 7 2 は、図 3 0 に示すように、複数個の、例えば 9 個の永久磁石片 7 2 A によって構成され、この複数の永久磁石片 7 2 A は、共通軸線 L - L を中心とするリング状鉄心 7 の外周面上に、所定の角度間隔で並べて配置される。この磁石リング配置 7 2 は、共通軸線 L - L を中心としてその周りに内周磁極面 7 2 a と外周磁極面 7 2 b を有する。内周磁極面 7 2 a は、複数の永久磁石片 7 2 A の内周側端面を含む磁極面であり、外周磁極面 7 2 b はそれらの外周側端面を含む磁極面である。複数の各永久磁石片 7 2 A は、それぞれの内周側端面がすべて S 極となり、またそれぞれの外周側端面がすべて N 極となるように、共通軸線 L - L を中心とする半径方向に着磁される。したがって、磁石リング配置 7 2 の内周磁極面 7 2 a には、共通軸線 L - L の周りに沿って S 極ばかりが間欠的に形成され、またその外周磁極面 7 2 b には、共通軸線 L - L の周りに沿って N 極ばかりが間欠的に形成される。なお、隣接する永久磁石片 7 2 A の相互間には、磁性体であるリング状鉄心 7 の外周の磁性体面 7 a が露出する。この磁性体面 7 a は、外周磁極面 7 2 b よりも径が小さい。

30

40

【0094】

磁石リング配置 7 3 は、図 3 1 に示すように、複数個の、例えば 9 個の永久磁石片 7 3 A によって構成され、この複数の永久磁石片 7 3 A は、共通軸線 L - L を中心とするリング状鉄心 8 の外周面上に、所定の角度間隔で並べて配置される。この磁石リング配置 7 3 は、共通軸線 L - L を中心としてその周りに内周磁極面 7 3 a と外周磁極面 7 3 b を有する。内周磁極面 7 3 a は、複数の永久磁石片 7 3 A の内周側端面を含む磁極面であり、外周磁極面 7 3 b はそれらの外周側端面を含む磁極面である。複数の各永久磁石片 7 3 A は、それぞれの内周側端面がすべて S 極となり、またそれぞれの外周側端面がすべて N 極となるように、共通軸線 L - L を中心とする半径方向に着磁される。したがって、磁石リン

50

グ配置 73 の内周磁極面 73 a には、共通軸線 L - L の周りに沿って S 極ばかりが間欠的に形成され、またその外周磁極面 73 b には、共通軸線 L - L の周りに沿って N 極ばかりが間欠的に形成される。なお、隣接する永久磁石片 73 A の相互間には、磁性体であるリング状鉄心 8 の外周の磁性体面 8 a が露出する。この磁性体面 8 a は、外周磁極面 73 b よりも径が小さい。

【 0 0 9 5 】

磁石リング配置 72 には、具体的には、図 30 に示すように、互いに 40 度の角度間隔で、9 個の永久磁石片 72 A が配置される。磁石リング配置 73 でも、図 31 に示すように、互いに 40 度の角度間隔で、9 個の永久磁石片 73 A が配置されている。これらの複数の永久磁石片 72 A、73 A は、実施の形態 1 における内周磁極 11 b、11 c と同様に、内周磁極 11 a、11 d と同相に、共通軸線 L - L の周りの内周磁極基準位置から、例えば 0 度、40 度、80 度、120 度、160 度、200 度、240 度、280 度、320 度の角度位置に形成される。

10

【 0 0 9 6 】

図 29 ~ 図 32 は、実施の形態 8 のトルクセンサが、正のトルク範囲にあって、内周磁極 11 a、11 d、および永久磁石片 72 A、73 A が、角度位置 2 から遠ざかり、角度位置 1 に近づいた位置にある状態を示す。この状態では、ステージ B とステージ D との間で検出磁束 D F 1 が発生する。内周磁極 11 a、11 d、および突出磁極 72 A、73 A が、角度位置 1 から遠ざかり、角度位置 2 に近づく負のトルク範囲では、ステージ A とステージ C との間で検出磁束 D F 2 が発生する。結果として、この実施の形態 8 で

20

【 0 0 9 7 】

また、この実施の形態 8 のトルクセンサでも、磁石リング配置 72、73 は、その外周磁極面 72 b、73 b には、共通軸線 L - L の周りに沿って、N 極と S 極の両磁極の中の一方の極性の磁極ばかりが間欠的に並び、また内周磁極面 72 a、73 a にも、共通軸線 L - L の周りに沿って、両磁極の中の他方の極性の磁極ばかりが間欠的に並ぶので、安定したゼロ点出力を持ったトルクセンサを得ることができる。

【 0 0 9 8 】

また、この実施の形態 8 では、複数の永久磁石片 72 A、73 A と、外周磁極 14 b、14 c とが空隙を介して対向し、複数の永久磁石片 72 A、73 A が直接この空隙に露出するので、この空隙の径方向の空隙長を実質的に増大する結果になり、正および負のトルク範囲の最外部で、磁気センサ 15 の出力信号が飽和するのを防止し、出力信号の線形性を向上することができる。

30

【 0 0 9 9 】

なお、複数個の永久磁石片 72 A、73 A のそれぞれは、リング状鉄心 7、8 の外周面に沿って円弧板状に形成することもでき、また平板状の形成することもできる。これらの永久磁石片 72 A、73 A は、接着などにより、リング状鉄心 7、8 の外周面に固定される。また各永久磁石片 72 A、73 A の着磁極性は、上記と逆にして、内周側端面がすべて N 極、外周側端面がすべて S 極となるように、変更することもできる。

【 0 1 0 0 】

実施の形態 9 .

図 33 は、この発明によるトルクセンサの実施の形態 9 の原点位置における上面図である。この実施の形態 9 は、実施の形態 8 のステージ B、C において、磁石リング配置 72、73 をリング状鉄心 7、8 の外周面に形成された凹部に嵌め込むように変更したものである。その他は実施の形態 8 と同じに構成される。この実施の形態 9 によっても、実施の形態 8 と同じ効果を得ることができる。

40

【 0 1 0 1 】

図 33 は実施の形態 9 の上面図であるが、図 1、図 4 と同様に、図面を見やすくするために、一部の部品を省略している。この実施の形態 9 では、ステージ B、C において、リング状鉄心 7、8 の外周面には、その周面に沿って複数個の、例えば 9 個の凹部 7 b、8

50

bが40度の角度間隔で形成され、これらの凹部7b、8bに、磁石リング配置72、73を構成する9個の永久磁石片72A、73Aが嵌め込まれ、固定される。ステージBのリング状鉄心7の外周面の凹部7bには、磁石リング配置72を構成する9個の永久磁石片72Aが嵌め込まれ、同様に、ステージCのリング状鉄心8の外周面の凹部8bには、磁石リング配置73を構成する9個の永久磁石片73Aが嵌め込まれ、固定される。隣接する各永久磁石片72A、73Aの間には、リング状鉄心7、8の外周の磁性体面7a、8aが露出する。これらの磁性体面7a、8aは、各永久磁石片72A、73Aの外周面により構成される外周磁極面72b、73bよりも径が小さい。

【0102】

実施の形態10.

10

図34は、この発明によるトルクセンサの実施の形態10を示す。図34は、この実施の形態10の上面図であり、トルクセンサが原点位置にある状態を示すが、図1、図4と同様に図面を見やすくするために一部に部品を省略している。

【0103】

この実施の形態10は、実施の形態1において、互いに同相である内周磁極11a、11b、11c、11dの各磁極面に、図34に示すように、傾斜面16a、16bを形成している。また、互いに同相である外周磁極14a、14cを、各内周磁極11a、11b、11c、11dの時計方向側端部と対向するように配置し、また互いに同相である外周磁極14b、14dを、各内周磁極11a、11b、11c、11dの反時計方向側端部と対向するように配置し、併せて、外周磁極14b、14dの各磁極面に、傾斜面16dを形成し、外周磁極14a、14cの各磁極面に、傾斜面16cを形成している。その他は実施の形態1と同じであり、ステージB、Cには、リング状の永久磁石62、63により構成される囲み磁石構造6B、6Cが磁場発生手段6として使用される。

20

【0104】

内周磁極11a、11b、11c、11dの各磁極面の傾斜面13a、13bは、各磁極面の周方向の中央部で各磁極面を最も高くしており、傾斜面16aは、この中央部から時計方向に向かって各磁極面を低くするように傾斜し、また傾斜面16bは、その中央部から反時計方向に向かって各磁極面を低くするように傾斜している。外周磁極14a、14cの傾斜面16cは、内周磁極11a、11b、11c、11dの各傾斜面16aに空隙を介して対向しており、外周磁極14b、14dの傾斜面16dは、内周磁極11a、11b、11c、11dの各傾斜面16bに空隙を介して対向している。なお、傾斜面16a、16b、16c、16dは、例えば直線状の傾斜面とされるが、曲線状の傾斜面とすることもできる。

30

【0105】

トルクセンサに働くトルクが変化して、回転軸1、2が相対的に回転するとき、傾斜面13aと傾斜面13cとの対向面積が変化するとともに、それらの間の空隙長さも変化する。同時に、傾斜面16bと傾斜面16dとの対向面積が変化するとともに、それらの間の空隙長さも変化する。このため、内周磁極11a、11b、11c、11dと外周磁極14a、14cとの間の磁気抵抗の変化、および内周磁極11a、11b、11c、11dと外周磁極14b、14dとの間の磁気抵抗の変化が、実施の形態1に比べて大きくなるので、磁気センサ15のバイポーラタイプの出力信号を、より大きくすることができる。

40

【0106】

実施の形態11.

図35は、この発明によるトルクセンサの実施の形態11を示す。図35は、この実施の形態11の上面図であり、トルクセンサが原点位置にある状態を示すが、図1、図4と同様に図面を見やすくするために一部に部品を省略している。

【0107】

この実施の形態11は、実施の形態1において、内周磁極11a、11b、11c、11dおよび外周磁極14a、14cと外周磁極14b、14dの径方向に長さをもとに長

50

くし、内周磁極 11 a、11 b、11 c、11 d と外周磁極 14 a、14 b、14 c、14 d とが、周方向に空隙を介して対向するようにしたものである。その他は実施の形態 1 と同じであり、ステージ B、C には、リング状の永久磁石 62、63 により構成される囲み磁石構造 6 B、6 C が磁場発生手段 6 として使用される。なお、図 35 では、内周磁極 11 a、11 b、11 c、11 d、および外周磁極 14 a、14 b、14 c、14 d のそれぞれの突出磁極の数が 5 個となっているが、これは図面を見やすくするためであり、実施の形態 1 と同様に、それぞれの突出磁極の数は 9 個とされる。なお、これらの突出磁極の数は、5 個、9 個以外の磁極数、例えば 6 個、7 個、8 個、10 個、11 個などにもできる。

【0108】

実施の形態 11 では、互いに同相である外周磁極 14 a、14 c を、各内周磁極 11 a、11 b、11 c、11 d の時計方向側部に配置し、また互いに同相である外周磁極 14 b、14 d を、各内周磁極 11 a、11 b、11 c、11 d の反時計方向側部に配置している。トルクセンサに働くトルクが変化して、回転軸 1、2 が相対的に回転するとき、内周磁極 11 a、11 b、11 c、11 d と外周磁極 14 a、14 c との間の周方向の空隙と、内周磁極 11 a、11 b、11 c、11 d と外周磁極 14 b、14 d との間の周方向の空隙とが、互いに逆方向に変化し、それぞれの空隙における磁気抵抗も互いに逆方向に変化するので、この実施の形態 11 でも、磁気センサ 15 からバイポーラタイプの出力信号を得ることができる。

【0109】

実施の形態 12 .

図 36、図 37 は、この発明によるトルクセンサの実施の形態 12 を示す。図 36 は、この実施の形態 12 の正面図であり、図 37 はその側面図である。

【0110】

この実施の形態 12 は、実施の形態 1 において、外周筒 12 a、12 b の突出部 12 c、12 d を削除し、外周筒 12 a、12 b を連結する連結体 13 を連結体 13 a に変更し、この連結体 13 a の外周に一对の磁気集約部材 17 A、17 B を配置し、これらの磁気集約部材 17 A、17 B の間に磁気センサ 15 を配置したものである。その他は、実施の形態 1 と同じに構成され、ステージ B、C には、リング状の永久磁石 62、63 により構成される囲み磁石構造 6 B、6 C が磁場発生手段 6 として使用される。

【0111】

連結体 13 a は、アルミニウムなどの非磁性材を用いて筒状に構成され、外周筒 12 a と外周筒 12 b とに跨るように、それらの内周面に接合される。この連結体 13 a の外周には、外周筒 12 a、12 b の各端面の間に環状溝 13 b が形成され、この環状溝 13 b に、磁気集約部材 17 A、17 B が配置される。図 36、図 37 に示すように、磁気集約部材 17 A、17 B は、それぞれ台形状に作られ、それぞれ互いに平行に相対向する長辺 17 a と短辺 17 b を有する。各磁気集約部材 17 A、17 B の長辺 17 a は、それぞれ外周筒 12 a、12 b と、微小な空隙を介して対向している。各磁気集約部材 17 A、17 B の短辺 17 b は、互に対向し、それらの間に磁気センサ 15 が配置される。磁気集約部材 17 A、17 B は、外周筒 12 a、12 b の間に検出磁路 20 を構成し、検出磁束 DF 1、DF 2 を、短辺 17 b に集約し、集約された検出磁束 DF 1、DF 2 を効果的に磁気センサ 15 に与える。

【0112】

外周筒 12 a、12 b および連結体 13 a は、共通軸線 L-L の周りを回転するが、磁気集約部材 17 A、17 B および磁気センサ 15 は、絶対空間に対して固定される。この構成によれば、磁気センサ 15 に対するリード線の、もつれを解消し、外周筒 12 a、12 b および連結体 13 a の回転に伴う、その断線を回避できる。

【0113】

実施の形態 12 において、磁気集約部材 17 A、17 B は、台形状に限らず、他の形状にすることもできる。また、磁気集約部材 17 A、17 B と、磁気センサ 15 とをモール

10

20

30

40

50

ド樹脂などにより、互いに一体化することもできる。なお、各磁気集約部材 17A、17B の短辺 17b と、磁気センサ 15 との間の空隙は小さいほど、集約した検出磁束 DF を効果的に磁気センサ 15 に与えることができ、また各磁気集約部材 17A、17B の長辺 17a と、外周筒 12a、12b との空隙も小さい方がよい。

【0114】

実施の形態 13 .

図 38 は、この発明によるトルクセンサの実施の形態 13 を示す。図 38 は、この実施の形態 13 の正面図である。

【0115】

この実施の形態 13 は、実施の形態 1 において、外周筒 12a、12b の突出部 12c、12d を削除し、外周筒 12a、12b を連結する連結体 13 の外周に一对の磁気集約部材 17C、17D を配置し、これらの磁気集約部材 17C、17D の間に磁気センサ 15 を配置したものである。その他は、実施の形態 1 と同じに構成され、ステージ B、C には、リング状の永久磁石 62、63 により構成される囲み磁石構造 6B、6C が磁場発生手段 6 として使用される。 10

【0116】

磁気集約部材 17C、17D は、それぞれ外周筒 12a、12b の外周面に微小な空隙を介して対向しており、それらの磁気集約部材 17C、17D 間に磁気センサ 15 が配置される。磁気集約部材 17C、17D は、外周筒 12a、12b の間に検出磁路 20 を構成し、検出磁束 DF1、DF2 を効果的に磁気センサ 15 に与える。 20

【0117】

この実施の形態 13 でも、外周筒 12a、12b および連結体 13 は、共通軸線 L-L の周りを回転するが、磁気集約部材 17C、17D および磁気センサ 15 は、絶対空間に対して固定される。この構成により、実施の形態 12 と同様に、磁気センサ 15 に対するリード線の、もつれを解消し、外周筒 12a、12b および連結体 13a の回転に伴う、リード線の断線を回避できる。

【0118】

実施の形態 14 .

図 39 は、この発明によるトルクセンサの実施の形態 14 を、その原点位置で示す上面図である。図 40、図 41、図 42 は、同じくこの実施の形態 14 によるトルクセンサを、その正のトルク範囲で示す図である。図 39 は、実施の形態 14 のトルクセンサを軸線方向に見た上面図であるが、その一部の部品は図面を見やすくするために省略されている。図 40 は、実施の形態 14 のトルクセンサを、共通軸線 L-L を含む平面で切断した縦断面図である。図 41 は図 40 の B-B 線断面図、図 42 は図 40 の C-C 線断面図である。図 40 の B-B 線、C-C 線は、いずれも共通軸線 L-L に直交する平面に含まれる。 30

【0119】

この実施の形態 14 は、実施の形態 1 において、ステージ A、D を削除し、またステージ B に配置される囲み磁石構造 6B として、複数の永久磁石片 82A から構成された磁石リング配置 82 を用い、またステージ C に配置される囲み磁石構造 6C として、複数の永久磁石片 83A から構成された磁石リング配置 83 を用いる。磁石リング配置 82 は、ステージ B において内周筒 3 の外周に固定されたリング状鉄心 7 の外周に配置され、また磁石リング配置 83 は、ステージ C において内周筒 3 の外周に固定されたリング状鉄心 8 の外周に配置され、実施の形態 1 の内周磁極 11b、11c が削除される。磁場変化手段 32、33 は、それぞれ囲み磁石構造 82、83 と外周磁極 14b、14c により構成される。磁石リング配置 82、83 はそれぞれ例えば 4 個の永久磁石 82A、83A と、4 個の磁極 82B、83B によって構成され、これに対応して、外周磁極 14b、14c もそれぞれ 4 極の突出磁極を持つように変更される。その他は、実施の形態 1 と同じに構成される。 40

【0120】

磁石リング配置 8 2 は、図 4 1 に示すように、複数個の、例えば 4 個の永久磁石片 8 2 A と、4 個の磁極 8 2 B とによって構成され、この 4 個の永久磁石片 8 2 A は、隣接する各永久磁石片 8 2 A のちょうど中間に、磁極 8 2 B のそれぞれが位置するようにして、共通軸線 L - L を中心とするリング状鉄心 7 の外周面上に、所定の角度間隔で並べて配置される。磁極 8 2 B は、鉄などの磁性体で構成される。この磁石リング配置 8 2 は、共通軸線 L - L を中心としてその周りに内周磁極面 8 2 a と外周磁極面 8 2 b を有する。内周磁極面 8 2 a は、複数の永久磁石片 8 2 A と複数の磁極 8 2 B の各内周側端面を含む磁極面であり、外周磁極面 8 2 b はそれらの各外周側端面を含む磁極面である。複数の各永久磁石片 8 2 A は、それぞれの内周側端面がすべて S 極となり、またそれぞれの外周側端面がすべて N 極となるように、共通軸線 L - L を中心とする半径方向に着磁される。したがって、磁石リング配置 8 2 の内周磁極面 8 2 a には、共通軸線 L - L の周りに沿って S 極ばかりが間欠的に形成され、またその外周磁極面 8 2 b には、共通軸線 L - L の周りに沿って N 極ばかりが間欠的に形成される。なお、隣接する永久磁石片 8 2 A と磁極 8 2 B の相互間には、磁性体であるリング状鉄心 7 の外周の磁性体面 7 a が露出する。

10

【0121】

磁石リング配置 8 3 も、磁石リング配置 8 2 と同様に構成される。この磁石リング配置 8 3 も、図 4 2 に示すように、複数個の例えば 4 個の永久磁石片 8 3 A と 4 個の磁極 8 3 B によって構成され、この 4 個の永久磁石片 8 3 A は、隣接する永久磁石片 8 3 A のちょうど中間に、磁極 8 3 B のそれぞれが位置するようにして、共通軸線 L - L を中心とするリング状鉄心 8 の外周面上に、所定の角度間隔で並べて配置される。磁極 8 3 B は鉄などの磁性体で構成される。この磁石リング配置 8 3 は、共通軸線 L - L を中心としてその周りに内周磁極面 8 3 a と外周磁極面 8 3 b を有する。内周磁極面 8 3 a は、複数の永久磁石片 8 3 A と複数の磁極 8 3 B の各内周側端面を含む磁極面であり、外周磁極面 8 3 b はそれらの各外周側端面を含む磁極面である。複数の各永久磁石片 8 3 A は、それぞれの内周側端面がすべて S 極となり、またそれぞれの外周側端面がすべて N 極となるように、共通軸線 L - L を中心とする半径方向に着磁される。したがって、磁石リング配置 8 3 の内周磁極面 8 3 a には、共通軸線 L - L の周りに沿って S 極ばかりが間欠的に形成され、またその外周磁極面 8 3 b には、共通軸線 L - L の周りに沿って N 極ばかりが間欠的に形成される。なお、隣接する永久磁石片 8 3 A と磁極 8 3 B の相互間には、磁性体であるリング状鉄心 8 の外周の磁性体面 8 a が露出する。

20

30

【0122】

磁石リング配置 8 2、8 3 は、共通軸線 L - L の方向に、各永久磁石片 8 2 A、8 3 A が同相の関係で、互いに重なるように配置される。各磁極 8 2 B、8 3 B も、共通軸線 L - L の方向に、互いに重なるように配置される。具体的には、磁石リング配置 8 2 では、図 4 1 に示すように、互いに 90 度の角度間隔で、4 個の永久磁石片 8 2 A が配置され、隣接する各永久磁石片 8 2 A のちょうど中間に、それぞれ磁極 8 2 B が配置される。磁石リング配置 8 3 も同様であり、図 4 2 に示すように、互いに 90 度の角度間隔で、4 個の永久磁石片 8 3 A が配置され、隣接する永久磁石片 8 3 A のちょうど中間に、それぞれ磁極 8 3 B が配置される。磁石リング配置 8 2 の 4 個の永久磁石片 8 2 A と、磁石リング配置 8 3 の 4 個の永久磁石片 8 3 A とは、互いに同相であり、共通軸線 L - L の周りの内周基準位置から、例えば 0 度、90 度、180 度、270 度の角度位置に配置され、磁石リング配置 8 3 の 4 個の永久磁石片 8 3 A は、前記内周磁極基準位置から例えば 45 度、135 度、225 度、315 度の角度位置に、それぞれ磁極 8 2 B、8 3 B が配置される。これらの角度間隔は 90 度であるが、各永久磁石片 8 2 A、8 3 A の数を変え、角度間隔を 90 度以外、例えば 45 度、60 度などにすることも可能である。

40

【0123】

外周磁極 1 4 b、1 4 c は、実施の形態 1 と同様に、互いに逆相の関係で配置されるが、それぞれが 4 極の突出磁極を持つように変更される結果、具体的には、外周磁極 1 4 b は、共通軸線 L - L の周りの外周磁極基準位置から、0 度、90 度、180 度、270 度の角度位置に突出磁極が形成され、また外周磁極 1 4 c は、共通軸線 L - L の周りの外周

50

磁極基準位置から、45度、135度、225度、315度の角度位置に突出磁極が形成される。

【0124】

この実施の形態14において、磁石リング配置82の各永久磁石片82Aからの磁束は、検出磁束DF1として、外周磁極14b、外周筒12a、検出磁路20、磁気センサ15、外周筒12b、外周磁極14c、磁極83B、リング状鉄心8、内周筒3、リング状鉄心7を経て磁石リング配置82に帰る磁路を流れる。同様に、磁石リング配置83の各永久磁石片83Aからの磁束は、検出磁束DF2として、外周磁極14c、外周筒12b、検出磁路20、磁気センサ15、外周筒12a、外周磁極14b、磁極82B、リング状鉄心7、内周筒3、リング状鉄心8を経て磁石リング配置83に帰る磁路を流れる。

10

【0125】

トルクセンサが図39に示す原点位置にある状態では、図39に示すように、磁石リング配置82、83の各永久磁石片82A、83Aは外周磁極14bと14cとのちょうど中間に位置し、また磁石リング配置82、83の各磁極82B、83Bも、外周磁極14bと14cのちょうど中間に位置する。このため、磁石リング配置82、83の各永久磁石片82A、83Aによる検出磁束DF1、DF2は、互いに大きさがほぼ等しくなり、互いに方向が逆であるので、検出磁路20において、互いに打ち消し合う結果、磁気センサ15に与えられる磁束はゼロとなる。

【0126】

トルクセンサが正のトルク範囲になれば、ステージBでは、磁石リング配置82の各永久磁石片82Aが、図41に示すように、角度位置2から遠ざかり、角度位置1に近づく結果、磁石リング配置82の各永久磁石片82Aが、各外周磁極14bに近づき、各磁極82Bが外周磁極14bから遠ざかる。一方、ステージCでは、磁石リング配置83の各永久磁石片83Aが、図42に示すように、角度位置2から遠ざかり、角度位置1に近づく結果、磁石リング配置83の各永久磁石片83Aが、各外周磁極14cから遠ざかり、各磁極83Bが外周磁極14cに近づく。この結果、磁石リング配置82の各永久磁石片82Aから磁気センサ15を検出磁束DF1が増加し、磁石リング配置83の各永久磁石片83Aから磁気センサ15に流れる検出磁束DF2が減少し、磁気センサ15には、正極性の出力信号が得られ、この正極性の出力信号の大きさは、原点位置からの回転量に応じて増大する。

20

30

【0127】

実施の形態14のトルクセンサが負のトルク範囲になれば、ステージBでは、磁石リング配置82の各永久磁石片82Aが角度位置2に近づき、外周磁極14bから遠ざかり、磁極82Bが外周磁極14bに近づく。またステージCでは、磁石リング配置83の各永久磁石片83Aが角度位置2に近づいて、外周磁極14cに近づき、磁極83Bが外周磁極14cから遠ざかる。この結果、磁石リング配置82の各永久磁石片82Aから磁気センサ15に流れる検出磁束DF1が減少し、磁石リング配置83の各永久磁石片83Aから磁気センサ15に流れる検出磁束DF2が増加し、磁気センサ15には、負極性の出力信号が得られ、この負極性の出力信号の大きさは、原点位置からの回転量に応じて増大する。

40

【0128】

このように、実施の形態14によれば、2つのステージB、Cを使用し、実施の形態1と同様なバイポーラタイプの出力信号を磁気センサ15から得ることができる。

【0129】

実施の形態15

図43～図53は、この発明によるトルクセンサの実施の形態15を示す。図43、図44、図45、図46、図47は、この実施の形態15によるトルクセンサを、その原点位置で示す図である。図48、図49、図50は、この実施の形態1によるトルクセンサを、その正のトルク範囲で示す図である。図51、図52、図53は、実施の形態15を、その負のトルク範囲で示す。図43は、実施の形態15のトルクセンサを軸線方向に見

50

た上面図であるが、その一部の部品は図面を見やすくするために省略されている。図 4 4、図 4 8、図 5 1 は、実施の形態 1 5 のトルクセンサを、共通軸線 L - L を含む平面で切断した縦断面図である。図 4 5 は図 4 4 の B - B 線断面図、図 4 6 は図 4 4 の C - C 線断面図、図 4 7 は図 4 4 の E - E 線断面図である。図 4 9 は図 4 8 の B - B 線断面図、図 5 0 は図 4 8 の C - C 線断面図である。図 5 2 は図 5 1 の B - B 線断面図、図 5 3 は図 5 1 の C - C 線断面図である。B - B 線、C - C 線、E - E 線は、いずれも共通軸線 L - L に直交する平面に含まれる。

【 0 1 3 0 】

この実施の形態 1 5 は、実施の形態 1 において、外周回転体 1 2 を 1 つの外周筒 c により構成し、ステージ A、D を削除し、新たにステージ E を設け、このステージ E - E に検出磁路 2 0 と磁気センサ 1 5 を設けたものであり、その他は実施の形態 1 と同じに構成される。

10

【 0 1 3 1 】

この実施の形態 1 5 では、外周筒 1 2 が 1 つの外周筒 1 2 c により構成される。この外周筒 1 2 c は、共通軸線 L - L の周りに配置された円筒であり、その中心軸が共通軸線 L - L と一致するように配置される。この外周筒 1 2 c は、鉄材などの磁性材料で作られ、内周筒 3 の外周に配置される。

【 0 1 3 2 】

実施の形態 1 5 では、実施の形態 1 のステージ A、D が削除され、実施の形態 1 と同じステージ B、C と、これに加えて新しいステージ E が設けられる。ステージ B には、実施の形態 1 と同じに、磁場発生手段 6 を構成する囲み磁石構造 6 B、および内周磁極 1 1 b と外周磁極 1 4 b を含む磁場変化手段 3 2 が配置される。ステージ C には、実施の形態 1 と同じに、磁場発生手段 6 を構成する囲み磁石構造 6 C、および内周磁極 1 1 c と外周磁極 1 4 c を含む磁場変化手段 3 3 が配置される。囲み磁石構造 6 B、6 C は、それぞれ図 4 5、図 4 6 に示すように、実施の形態 1 と同じに、共通軸線 L - L を中心とする半径方向に着磁されたリング状の永久磁石 6 2、6 3 によりそれぞれ構成されるが、これらのリング状の永久磁石 6 2、6 3 の着磁方向は、互いに逆とされる。なお、外周磁極 1 4 b、1 4 c は、外周筒 1 2 c の内周面に配置される。

20

【 0 1 3 3 】

ステージ E は、外周筒 1 2 c の上端部に対応して形成される。このステージ E には、図 4 7 に示す外周のリング状ヨーク 1 8 a と内周のリング状ヨーク 1 8 b とが配置され、これらのリング状ヨーク 1 8 a、1 8 b の間に検出磁路 2 0 と磁気センサ 1 5 が配置される。外周のリング状ヨーク 1 8 a は、図 4 4 に示すように、外周筒 1 2 c の上端面に微小な空隙を介して対向している。内周のリング状ヨーク 1 8 b は、内周筒 3 の外周面に微小な空隙を介して対向している。なお、内周筒 3、外周筒 1 2 c は回転可能に構成されるが、リング状ヨーク 1 8 a、1 8 b、および磁気センサ 1 5 は、絶対空間に固定される。

30

【 0 1 3 4 】

囲み磁石構造 6 B を構成するリング状の永久磁石 6 2 は、実施の形態 1 と同じに、その内周磁極面 6 2 a に S 極ばかりが、またその外周磁極面 6 2 b に N 極ばかりが並ぶように着磁される。しかし、囲み磁石構造 6 C を構成するリング状の永久磁石 6 3 は、リング状の永久磁石 6 2 と逆方向に着磁され、その内周磁極面 6 3 a には N 極ばかりが、またその外周磁極面 6 3 b には S 極ばかりが、それぞれ連続して形成される。

40

【 0 1 3 5 】

この実施の形態 1 5 のトルクセンサでは、ステージ B、C の間で、図 4 4 に示すように、リング状の永久磁石 6 2 の外周磁極面 6 2 b から、内周磁極 1 1 b、外周磁極 1 4 b、外周筒 1 2 c、外周磁極 1 4 c、内周磁極 1 1 c、リング状の永久磁石 6 3、内周筒 3 を通り、リング状の永久磁石 6 2 に帰る磁束 が流れる。また、磁気センサ 1 5 を含む検出磁路 2 0 には、リング状の永久磁石 6 2 による検出磁束 D F 1 と、リング状の永久磁石 6 3 による検出磁束 D F 2 が流れる。

【 0 1 3 6 】

50

検出磁束 D F 1 は、リング状の永久磁石 6 2 の外周磁極面 6 2 b から、内周磁極 1 1 b、外周磁極 1 4 b、外周筒 1 2 c、リング状ヨーク 1 8 a、検出磁路 2 0、磁気センサ 1 5、リング状ヨーク 1 8 b、内周筒 3 を通り、内周磁極面 6 2 a に帰る磁路に流れる。また、検出磁束 D F 2 は、リング状の永久磁石 6 3 の内周磁極面 6 3 a から、内周筒 3、リング状ヨーク 1 8 b、検出磁路 2 0、磁気センサ 1 5、リング状ヨーク 1 8 a、外周筒 1 2 c、外周磁極 1 4 c、内周磁極 1 1 c を通り、リング状の永久磁石 6 3 の外周磁極面 6 3 b に帰る磁路に流れる。この検出磁束 D F 1、D F 2 は、検出磁路 2 0 において、互いに逆方向に流れる。

【0137】

トルクセンサが原点位置にある状態では、図 4 3 に示すように、各内周磁極 1 1 b、1 1 c が、外周磁極 1 4 b、1 4 c が位置する角度位置 1 と、外周磁極 1 4 b、1 4 d が位置する角度位置 2 とのちょうど中間に位置する。この原点位置では、ステージ B における内周磁極 1 1 b と外周磁極 1 4 b との間の磁気抵抗と、ステージ C における内周磁極 1 1 c と、外周磁極 1 4 c との間の磁気抵抗が等しいので、検出磁束 D F 1、D F 2 の大きさが互いにほぼ等しくなり、これらの検出磁束 D F 1、D F 2 の和である検出磁束 D F はゼロとなる。この原点位置では、結果として、磁気センサ 1 5 に流れる検出磁束 D F はゼロとなり、図 4 4 に示すように、ステージ B、C 間に磁束だけが流れる。

【0138】

トルクセンサが正のトルク範囲にある状態では、ステージ B では、図 4 9 に示すように、内周磁極 1 1 b が角度位置 2 から遠ざかり、角度位置 1 に近づき、内周磁極 1 1 b が外周磁極 1 4 b に近づいて、それらの間の磁気抵抗が減少し、一方、ステージ C では、図 5 0 に示すように、内周磁極 1 1 c が角度位置 2 から遠ざかり、角度位置 1 に近づき、内周磁極 1 1 c が外周磁極 1 4 c から遠ざかり、それらの間の磁気抵抗が減少する。この結果、図 4 8 に示す検出磁路 2 0 を通る検出磁束 D F 1 が増加し、磁気センサ 1 5 から正極性の出力信号が得られる。

【0139】

トルクセンサが負のトルク範囲にある状態では、ステージ C では、図 5 2 に示すように、内周磁極 1 1 b が角度位置 1 から遠ざかり、角度位置 2 に近づき、内周磁極 1 1 b が外周磁極 1 4 b から遠ざかり、それらの間の磁気抵抗が増大し、一方、ステージ C では、図 5 3 に示すように、内周磁極 1 1 c が角度位置 1 から遠ざかり、角度位置 2 に近づき、内周磁極 1 1 c が外周磁極 1 4 c に近づいて、それらの間の磁気抵抗が減少する。この結果、図 5 1 に示すように、検出磁路 2 0 を通る検出磁束 D F 2 が増加し、磁気センサ 1 5 から負極性の出力信号が得られる。

【0140】

このように、実施の形態 1 5 によれば、磁場変化手段 3 2、3 3 を配置した 2 つのステージ B、C を使用し、実施の形態 1 と同様なバイポーラタイプの出力信号を磁気センサ 1 5 から得ることができる。

【0141】

実施の形態 1 5 においても、リング状ヨーク 1 8 a、1 8 b と、磁気センサ 1 5 とをモールド樹脂などにより、互いに一体化することもできる。ステージ E において、内周筒 3 にリング状鉄心を設け、このリング状鉄心の外周面に、リング状ヨーク 1 8 b を微小な空隙を介して対向させることもできる。また、実施の形態 1 5 において、囲み磁石構造 6 B、6 C は、実施の形態 3 ~ 8 の構造に変更することもできる。いずれの場合にも、囲み磁石構造 6 B、6 C では、着磁方向が逆とされる。

【産業上の利用可能性】

【0142】

この発明によるトルクセンサは、例えば自動車のステアリングホイールに働くステアリングトルクを検出するのに使用される。しかし、トルクを検出する用途であれば、これ以外にも使用できる。

【図面の簡単な説明】

【 0 1 4 3 】

【図 1】この発明によるトルクセンサの実施の形態 1 の原点位置における上面図。

【図 2】実施の形態 1 の原点位置における縦断面図。

【図 3】実施の形態 1 の原点位置における動作説明図。

【図 4】実施の形態 1 の正のトルク範囲における上面図。

【図 5】実施の形態 1 の正のトルク範囲における縦断面図。

【図 6】実施の形態 1 の正のトルク範囲における動作説明図。

【図 7】図 5 の A - A 線断面図。

【図 8】図 5 の B - B 線断面図。

【図 9】図 5 の C - C 線断面図。

10

【図 10】図 5 の D - D 線断面図。

【図 11】実施の形態 1 の側面図。

【図 12】この発明によるトルクセンサの実施の形態 2 の縦断面図。

【図 13】この発明によるトルクセンサの実施の形態 3 の正のトルク範囲における上面図

。

【図 14】図 13 の A - A 線断面図。

【図 15】図 13 の B - B 線および C - C 線断面図。

【図 16】図 13 の D - D 線断面図。

【図 17】この発明によるトルクセンサの実施の形態 4 の縦断面図。

【図 18】図 17 に B - B 線および C - C 線断面図。

20

【図 19】この発明によるトルクセンサの実施の形態 5 の正のトルク範囲における縦断面図。

【図 20】図 19 の A - A 線断面図。

【 0 1 4 4 】

【図 21】図 19 の B - B 線断面図。

【図 22】図 19 の C - C 線断面図。

【図 23】図 19 の D - D 線断面図。

【図 24】この発明によるトルクセンサの実施の形態 6 のステージ B における断面図。

【図 25】実施の形態 6 のステージ C における断面図。

【図 26】この発明によるトルクセンサの実施の形態 7 の上面図。

30

【図 27】この発明によるトルクセンサの実施の形態 8 の上面図。

【図 28】実施の形態 8 の正のトルク範囲における縦断面図。

【図 29】図 28 の A - A 線断面図。

【図 30】図 28 の B - B 線線断面図。

【図 31】図 28 の C - C 線断面図。

【図 32】図 28 の D - D 線断面図。

【図 33】この発明によるトルクセンサの実施の形態 9 の上面図。

【図 34】この発明によるトルクセンサの実施の形態 10 の上面図。

【図 35】この発明によるトルクセンサの実施の形態 11 の上面図。

【図 36】この発明によるトルクセンサの実施の形態 12 の正面図。

40

【図 37】実施の形態 12 の側面図。

【図 38】この発明によるトルクセンサの実施の形態 13 の正面図。

【図 39】この発明によるトルクセンサの実施の形態 14 の原点位置における上面図。

【図 40】実施の形態 14 の正のトルク範囲における縦断面図。

【 0 1 4 5 】

【図 41】図 40 の B - B 線断面図。

【図 42】図 40 の C - C 線断面図。

【図 43】この発明によるトルクセンサの実施の形態 15 の原点位置における上面図。

【図 44】実施の形態 15 の原点位置における縦断面図。

【図 45】図 44 の B - B 線断面図。

50

【図 4 6】図 4 4 の C - C 線線断面図。

【図 4 7】図 4 4 の E - E 線線断面図。

【図 4 8】実施の形態 1 5 の正のトルク範囲における縦断面図。

【図 4 9】図 4 8 の B - B 線線断面図。

【図 5 0】図 4 8 の C - C 線線断面図。

【図 5 1】実施の形態 1 5 の負のトルク範囲における縦断面図。

【図 5 2】図 5 1 の B - B 線線断面図。

【図 5 3】図 5 1 の C - C 線線断面図。

【符号の説明】

【0 1 4 6】

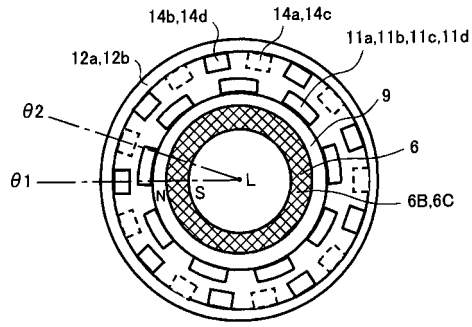
1 : 第 1 回転軸、2 : 第 2 回転軸、3 : 内周回転体、4 : ベース板、
 5 : トーションバー、
 6 : 磁場発生手段、6 A、6 B、6 C、6 D : 囲み磁石構造、
 6 1、6 2、6 3、6 4、6 5、6 6 : リング状の永久磁石、
 6 7、6 8 : リング状磁石体、
 6 9、7 2、7 3 : 磁石リング配置、
 6 9 A、7 2 A、7 3 A、8 2 A、8 3 A : 永久磁石片、
 6 1 a、6 2 a、6 3 a、6 4 a、6 5 a、6 6 a、6 7 a、6 8 a、6 9 a、7 2 a
 、7 3 a、8 2 a、8 3 a : 内周磁極面、8 2 B、8 3 B : 磁極、
 6 1 b、6 2 b、6 3 b、6 4 b、6 5 b、6 6 b、6 7 b、6 8 b、6 9 b、7 2 b 20
 、7 3 b、8 2 b、8 3 b : 外周磁極面、7、8、9、1 0 : リング状鉄心、
 7 a、8 b : 磁性体面、
 1 1 a、1 1 b、1 1 c、1 1 d : 内周磁極、1 2 : 外周回転体、
 1 2 a、1 2 b、1 2 c : 外周筒、1 3、1 3 a : 連結体、
 1 4 a、1 4 b、1 4 c、1 4 d : 外周磁極、1 5 : 磁気センサ、
 1 8 a、1 8 b : リング状ヨーク、2 0 : 検出磁路、D F 1、D F 2 : 検出磁束、
 3 0、3 1、3 2、3 3、3 4 : 磁場変化手段、3 2 A、3 3 A : 磁場形成手段、
 L - L : 共通軸線、A - A : ステージ A、B - B : ステージ B、C - C : ステージ C、
 D - D : ステージ D、E - E : E ステージ。

10

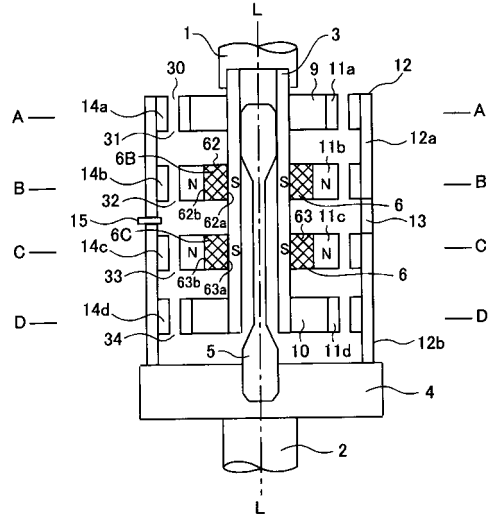
20

30

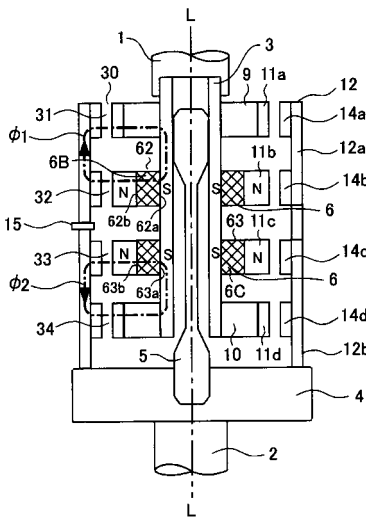
【 図 1 】



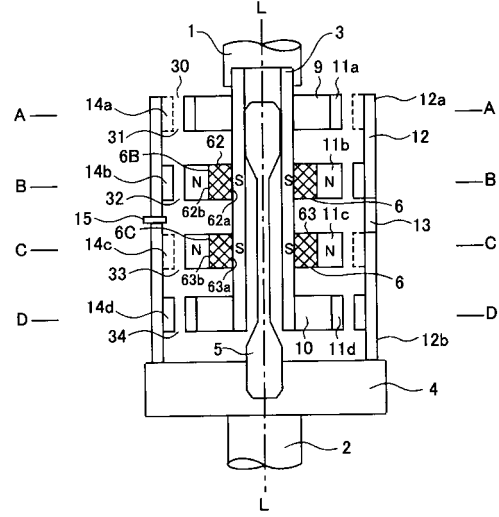
【 図 2 】



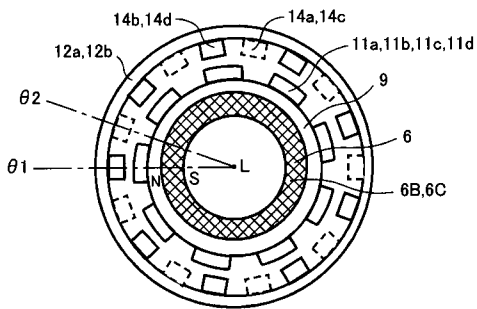
【 図 3 】



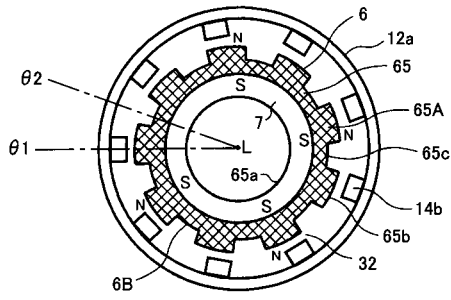
【 図 5 】



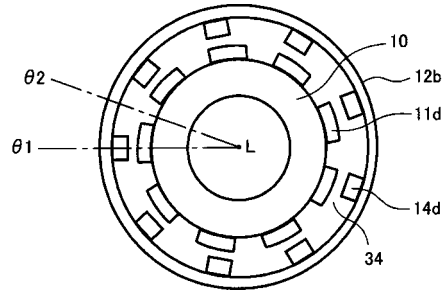
【 図 4 】



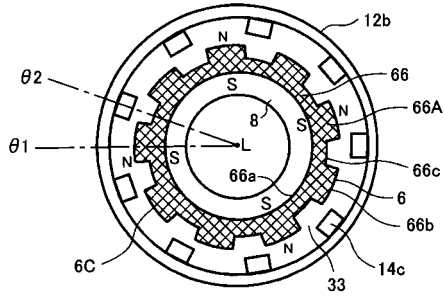
【 図 2 1 】



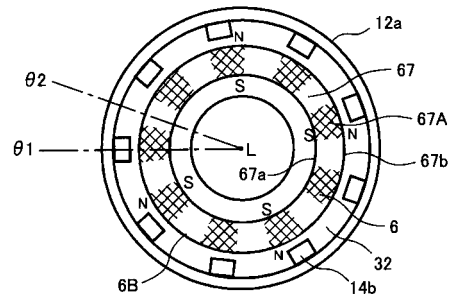
【 図 2 3 】



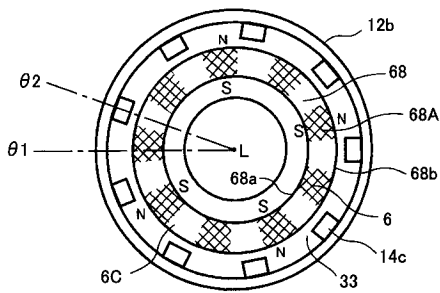
【 図 2 2 】



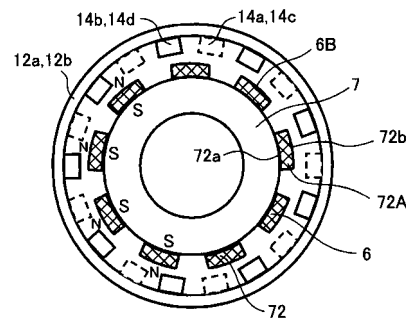
【 図 2 4 】



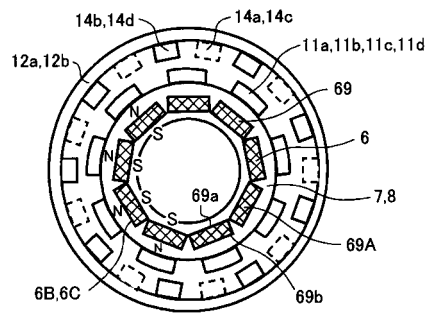
【 図 2 5 】



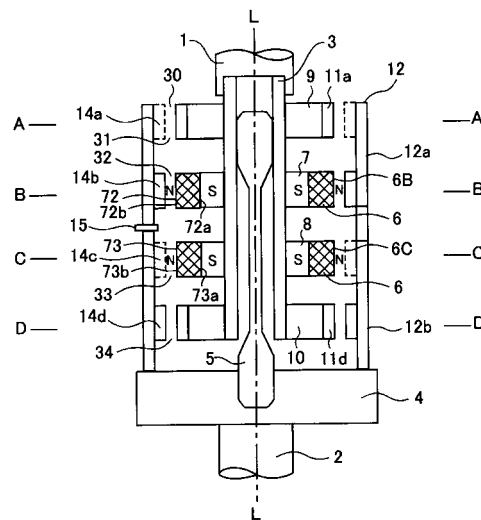
【 図 2 7 】



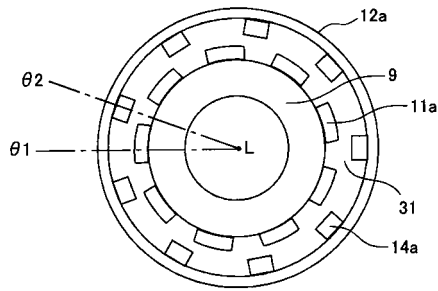
【 図 2 6 】



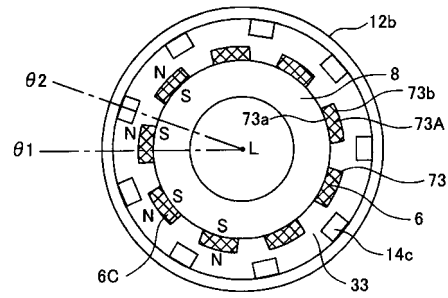
【 図 2 8 】



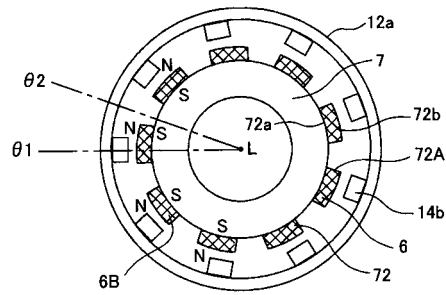
【 図 2 9 】



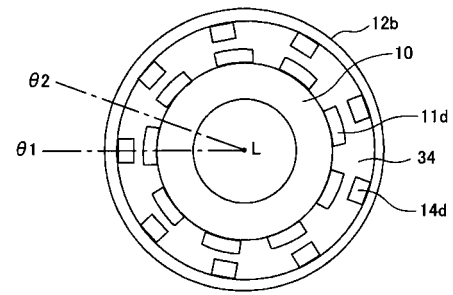
【 図 3 1 】



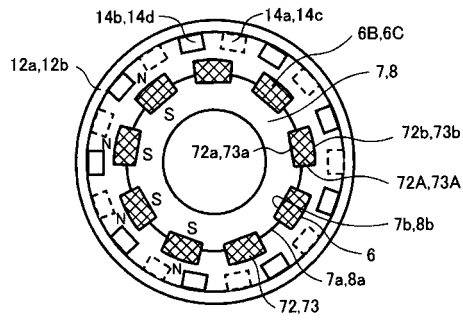
【 図 3 0 】



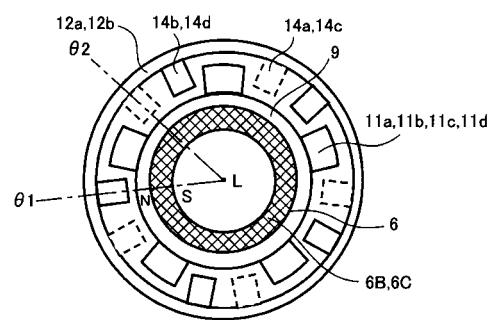
【 図 3 2 】



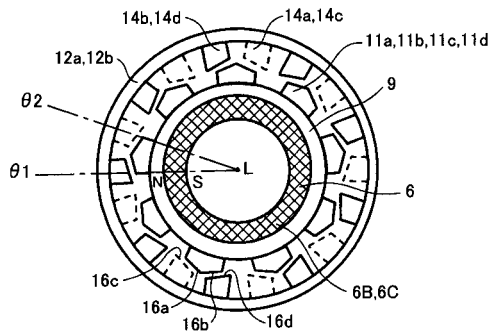
【 図 3 3 】



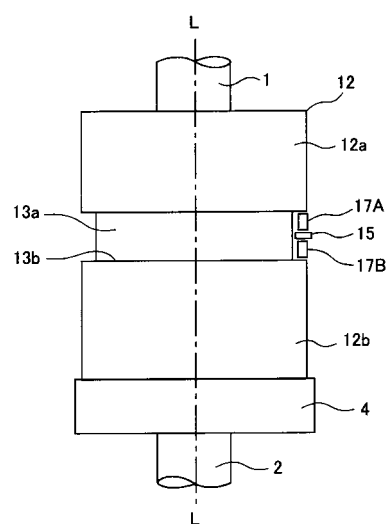
【 図 3 5 】



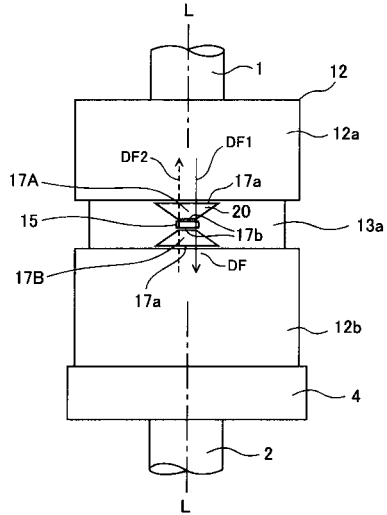
【 図 3 4 】



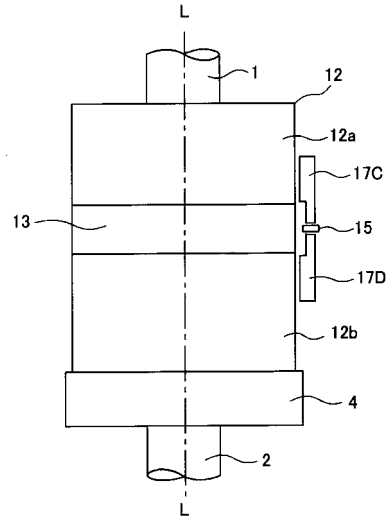
【 図 3 6 】



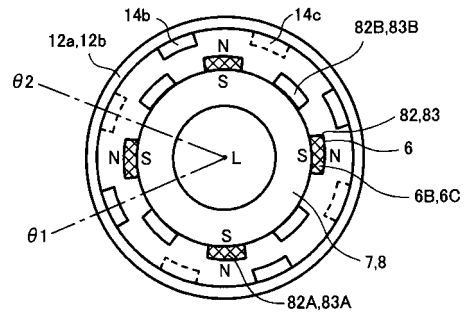
【 図 3 7 】



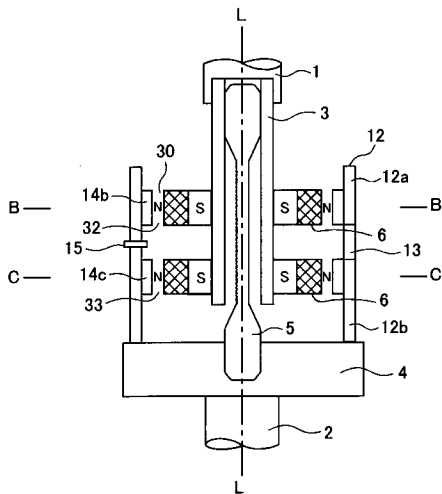
【 図 3 8 】



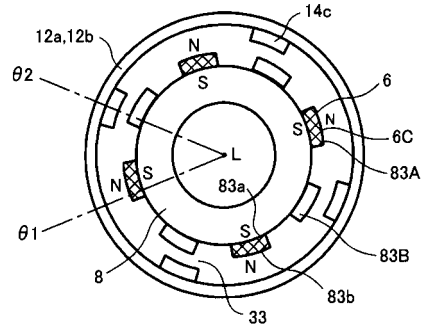
【 図 3 9 】



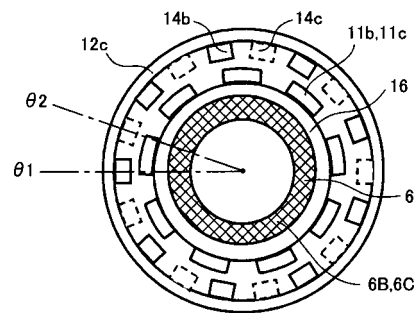
【 図 4 0 】



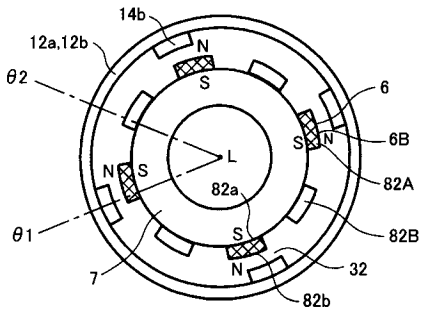
【 図 4 2 】



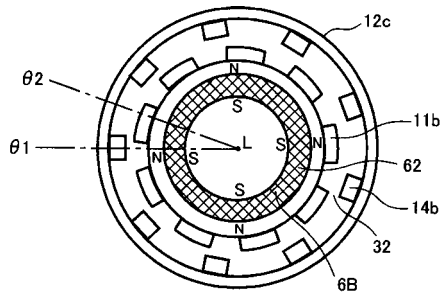
【 図 4 3 】



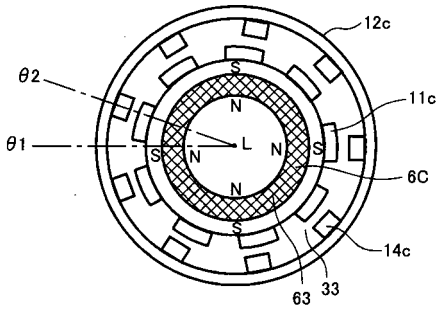
【 図 4 1 】



【 図 5 2 】



【 図 5 3 】



フロントページの続き

(72)発明者 今城 昭彦

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内