

(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2018-91813

(P2018-91813A)

(43) 公開日 平成30年6月14日(2018.6.14)

(51) Int.Cl.

G01L 3/10 (2006.01)

F I

G01L 3/10 311

テーマコード (参考)

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2016-237778 (P2016-237778)  
 (22) 出願日 平成28年12月7日 (2016.12.7)

(71) 出願人 000105659  
 日本電産コパル電子株式会社  
 東京都新宿区西新宿7丁目5番25号  
 (74) 代理人 110001737  
 特許業務法人スズエ国際特許事務所  
 (72) 発明者 鈴木 隆史  
 栃木県佐野市赤見町2188 日本電産コ  
 パル電子株式会社内  
 (72) 発明者 池田 隆男  
 栃木県佐野市赤見町2188 日本電産コ  
 パル電子株式会社内

(54) 【発明の名称】 トルクセンサ

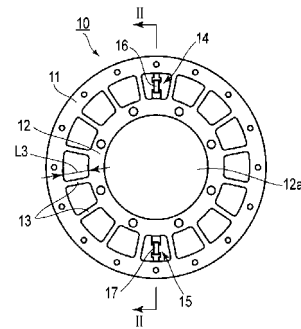
(57) 【要約】

【課題】 歪センサの感度や許容トルク、あるいはトルクセンサの機械的な強度を独立に設定することが可能なトルクセンサを提供する。

【解決手段】 トルクセンサは、第1領域と、第2領域と、第1領域と第2領域を連結する複数の第3領域とを具備し、計測すべきトルクが第3領域を介して第1領域と第2領域間に伝達される。第1起歪部14は、第1領域11と前記第2領域12との間に設けられ、第1抵抗体が設けられる。第2起歪部15は、第1領域11と第2領域12との間で、第1起歪部から離れた位置に設けられ、第2抵抗体が設けられる。

【選択図】 図1

図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

第 1 領域と、第 2 領域と、前記第 1 領域と前記第 2 領域を連結する複数の第 3 領域とを具備し、計測すべきトルクが前記第 3 領域を介して前記第 1 領域と前記第 2 領域間に伝達されるトルクセンサであって、

前記第 1 領域と前記第 2 領域との間に設けられ、第 1 抵抗体が設けられた第 1 起歪部と

、前記第 1 領域と前記第 2 領域との間で、前記第 1 起歪部から離れた位置に設けられ、第 2 抵抗体が設けられた第 2 起歪部と、

を具備することを特徴とするトルクセンサ。

10

## 【請求項 2】

複数の前記第 3 領域は、第 1 の厚さを有し、前記第 1 起歪部及び前記第 2 起歪部は、前記第 1 の厚さより薄い第 2 の厚さを有することを特徴とする請求項 1 記載のトルクセンサ。

## 【請求項 3】

前記第 1 起歪部と前記第 2 起歪部は、前記第 1 領域及び前記第 2 領域の前記トルクの作用中心に対して対称な位置に配置されることを特徴とする請求項 1 記載のトルクセンサ。

## 【請求項 4】

前記第 1 起歪部は、前記第 1 領域から突出された第 1 突起と、前記第 2 領域から突出された第 2 突起と、前記第 1 突起と第 2 突起を連結する前記第 1 抵抗体が設けられた第 1 起歪体を具備し、

20

前記第 2 起歪部は、前記第 1 領域から突出された第 3 突起と、前記第 2 領域から突出された第 4 突起と、前記第 3 突起と第 4 突起を連結する前記第 2 抵抗体が設けられた第 2 起歪体を具備することを特徴とする請求項 1 記載のトルクセンサ。

## 【請求項 5】

前記第 1 起歪体に設けられた前記第 1 抵抗体は、第 1 歪ゲージ及び第 2 歪ゲージを含み、前記第 2 起歪体に設けられた前記第 2 抵抗体は、第 3 歪ゲージ及び第 4 歪ゲージを含み、前記第 1 歪ゲージ、第 2 歪ゲージ、第 3 歪ゲージ及び第 4 歪ゲージによりブリッジ回路が構成されることを特徴とする請求項 4 記載のトルクセンサ。

## 【請求項 6】

前記第 1 突起と前記第 2 突起の合計の長さ、及び前記第 3 突起と前記第 4 突起の合計の長さは、それぞれ複数の前記第 3 領域の長さより短いことを特徴とする請求項 4 記載のトルクセンサ。

30

## 【請求項 7】

前記第 1 領域及び前記第 2 領域は、環状であり、前記第 2 領域は、中空部を具備することを特徴とする請求項 1 記載のトルクセンサ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明の実施形態は、例えばロボットアームの関節に設けられるトルクセンサに関する。

40

## 【背景技術】

## 【0002】

この種のトルクセンサは、トルクが印加される第 1 の構造体と、トルクが出力される第 2 の構造体と、第 1 の構造体と第 2 の構造体とを連結する複数の起歪部を有し、これら起歪部に歪センサが配置されている（例えば特許文献 1、2、3 参照）。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0003】

【特許文献 1】特開 2013 - 096735 号公報

50

【特許文献2】特開2015-049209号公報

【特許文献3】特許第5640905号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

トルクセンサにおいて、歪センサの感度や許容トルク（最大トルク）、あるいはトルクセンサの機械的な強度を独立に設定することが困難であった。

【0005】

本発明の実施形態は、歪センサの感度や許容トルク、あるいはトルクセンサの機械的な強度を独立に設定することが可能なトルクセンサを提供する。

10

【課題を解決するための手段】

【0006】

本実施形態のトルクセンサは、第1領域と、第2領域と、前記第1領域と前記第2領域を連結する複数の第3領域とを具備し、計測すべきトルクが前記第3領域を介して前記第1領域と前記第2領域間に伝達されるトルクセンサであって、前記第1領域と前記第2領域との間に設けられ、第1抵抗体が設けられた第1起歪部と、前記第1領域と前記第2領域との間で、前記第1起歪部から離れた位置に設けられ、第2抵抗体が設けられた第2起歪部と、を具備する。

【図面の簡単な説明】

【0007】

20

【図1】本実施形態に係るトルクセンサを示す平面図。

【図2】図1のII-II線に沿った断面図。

【図3】図1に示すトルクセンサを分解して示す斜視図。

【図4】図3に示すトルクセンサの組み立て状態を示す斜視図。

【図5】抵抗体の一例を示す断面図。

【図6】図1に示すトルクセンサとロボットの関節との関係を示す斜視図。

【図7】図7(a)(b)(c)は、本実施形態のトルクセンサの異なる動作を説明するために示す図。

【図8】本実施形態のトルクセンサに適用されるブリッジ回路の一例を示す図。

30

【図9】図9(a)(b)は、ブリッジ回路の動作を説明するために示す図。

【図10】ブリッジ回路の異なる動作条件における出力電圧を説明するために示す図。

【発明を実施するための形態】

【0008】

以下、実施の形態について、図面を参照して説明する。図面において、同一部分には同一符号を付している。

【0009】

図1、図2において、トルクセンサ10は、第1構造体（第1領域）11、第2構造体12（第2領域）、複数の梁部（第3領域）13、第1起歪部14、第2起歪部15を具備している。第1構造体11、第2構造体12、複数の梁部13、第1起歪部14、第2起歪部15は、例えば金属により構成されるが、印加されるトルクに対して機械的な強度を十分に得ることができれば、金属以外の材料を使用することも可能である。

40

【0010】

トルクが印加される第1構造体11と、トルクを出力する第2構造体12は、環状に形成され、第2構造体12の径は、第1構造体11の径より小さい。第2構造体12は、第1構造体11と同心状に配置され、第1構造体11と第2構造体12は、放射状に配置された複数の梁部13と、第1起歪部14及び第2起歪部15により連結されている。また、第2構造体12は、中空部12aを有している。

【0011】

第1起歪部14と第2起歪部15は、第1構造体11及び第2構造体12の中心（トルクの作用中心）に対して対称な位置に配置されている。

50

## 【0012】

図2に示すように、第1起歪部14は、第1突起14aと、第2突起14bと、第1起歪体16を具備している。第1突起14aは、第1構造体11から突出され、第2突起14bは、第2構造体12から突出されている。第1突起14aと第2突起14bとの相互間には、第1間隙が設けられ、第1突起14aと第2突起14bは、第1起歪体16により連結されている。第1起歪体16は、後述する抵抗体としての例えば複数の歪ゲージを具備している。

## 【0013】

第2起歪部15は、第3突起15aと、第4突起15bと、第2起歪体17を具備している。第3突起15aは、第1構造体11から突出され、第4突起15bは、第2構造体12から突出されている。第3突起15aと第4突起15bとの相互間には、第2間隙が設けられ、第3突起15aと第4突起15bは、第2起歪体17により連結されている。第2起歪体17は、後述する抵抗体として例えば複数の歪センサ(以下、歪ゲージと称す)を具備している。

10

## 【0014】

第1構造体11、第2構造体12及び梁部13は、第1の厚さT1を有し、第1起歪部14及び第2起歪部15は、第1の厚さT1より薄い第2の厚さT2を有している。第1起歪部14及び第2起歪部15の剛性を得るための実質的な厚さ(第2の厚さT2)は、それぞれ第1起歪体16及び第2起歪体17の厚さに相当する。具体的には、第1の厚さT1が例えば10mmである場合、第2の厚さT2は、例えば0.7mm程度である。

20

## 【0015】

梁部13の強度は、第1構造体11及び第2構造体12の厚さが等しいと仮定した場合、梁部13の幅により規定される。複数の梁部13の強度により、第1構造体11に印加されたトルクに応じて、第2構造体12に対する第1構造体11の実質的な回転角が決定される。

## 【0016】

また、第2構造体12に対する第1構造体11の回転角に応じて第1起歪部14、第2起歪部15に発生した歪が第1起歪体16及び第2起歪体17に設けられた複数の歪ゲージにより検出される。

## 【0017】

第1突起14a、第2突起14b、第3突起15a、第4突起15bの厚さは、例えば第1の厚さT1より薄く、第2の厚さT2より厚い第3の厚さT3に設定されている。第1構造体11、第2構造体12の厚さT1に対する第1突起14a、第2突起14b、第3突起15a、第4突起15bの厚さは、変更可能である。これらの厚さT1、T2、T3を調整することにより、トルクセンサ10の感度を調整することが可能である。

30

## 【0018】

第1起歪部14の第1突起14aと第2突起14bの長さ、及び第2起歪部15の第3突起15aと第4突起15bの長さは、それぞれL1に設定され、第1突起14aと第2突起14bとの間に設けられた第1間隙の長さ、第2起歪部15の第3突起15aと第4突起15bとの間に設けられた第2間隙の長さは、それぞれL1より短いL2に設定されている。さらに、第1突起14aと第2突起14bの合計の長さ、及び第3突起15aと第4突起15bの合計の長さ、 $2 \times L1$ は、複数の梁部13のそれぞれの長さL3より短く設定されている(尚、図2には、第1起歪部14側の長さL1、L2のみを示している)。

40

## 【0019】

これらの長さL1、L2、L3を調整することにより、第1構造体11にトルクが印加された場合において、第1起歪部14及び第2起歪部15に発生される歪量を調整することができる。具体的には、第1間隙の長さL2と第2間隙の長さL2は、第1突起14a、第2突起14b、第3突起15a及び第4突起15bの長さL1より短く設定され、第1突起14a、第2突起14b、第3突起15a及び第4突起15bの長さL1は、複数

50

の梁部 13 の長さ  $L_3$  より短く設定されている。このため、第 1 構造体 11 にトルクが印加された場合、第 1 起歪部 14 及び第 2 起歪部 15 の歪量は、梁部 13 の歪量より大きくなる。このため、後述するブリッジ回路は、大きなゲインを得ることが可能である。

#### 【0020】

また、トルクセンサ 10 の許容トルク（最大トルク）及び機械的な強度は、第 1 起歪部 14 及び第 2 起歪部 15 とは、独立して第 1 構造体 11、第 2 構造体 12 及び複数の梁部 13 の例えば厚さ及び幅により設定することができる。

#### 【0021】

さらに、トルクセンサ 10 の感度は、第 1 起歪体 16 及び第 2 起歪体 17 の厚さにより設定することができる。

10

#### 【0022】

図 3、図 4 は、第 1 起歪部 14、第 2 起歪部 15 を具体的に示している。第 1 起歪部 14 は、第 1 起歪体 16 を収容するための第 1 収容部 14c を有し、第 2 起歪部 15 は、第 2 起歪体 17 を収容する第 2 収容部 15c を有している。第 1 収容部 14c は、第 1 起歪部 14 に対して第 1 起歪体 16 を位置決めし、第 2 収容部 15c は、第 2 起歪部 15 に対して第 2 起歪体 17 を位置決めする。第 1 収容部 14c は、第 1 突起 14a 及び第 2 突起 14b 上に設けられたほぼ棒状の突起により構成され、第 2 収容部 15c は、第 3 突起 15a 及び第 4 突起 15b 上に設けられたほぼ棒状の突起により構成されている。第 1 収容部 14c は、第 1 突起 14a と第 2 突起 14b との間の間隙に対応した間隙を有し、第 2 収容部 15c は、第 3 突起 15a と第 4 突起 15b との間の間隙に対応した間隙を有して

20

#### 【0023】

図 3 に示すように、第 1 起歪体 16 及び第 2 起歪体 17 は、第 1 収容部 14c 及び第 2 収容部 15c の上方から第 1 収容部 14c 及び第 2 収容部 15c 内にそれぞれ収容される。図 4 に示すように、第 1 起歪体 16 及び第 2 起歪体 17 が第 1 収容部 14c 及び第 2 収容部 15c にそれぞれ収容された状態において、第 1 起歪体 16 は、第 1 突起 14a と第 2 突起 14b に例えば溶接により固定される。また、第 2 起歪体 17 は、第 3 突起 15a、第 4 突起 15b に例えば溶接により固定される。第 1 起歪体 16 及び第 2 起歪体 17 の固定方法は、溶接に限定されるものではなく、第 1 起歪体 16 及び第 2 起歪体 17 に印加されるトルクに対して、十分な強度で、第 1 突起 14a 乃至第 4 突起 15b に第 1 起歪体 16 及び第 2 起歪体 17 を固定できる方法であればよい。第 1 起歪体 16 及び第 2 起歪体 17 の図示せぬ配線は、絶縁部材 32 により覆われる。

30

#### 【0024】

図 5 は、第 1 起歪体 16 及び第 2 起歪体 17 に設けられた歪ゲージ 21 の一例を示すものであり、歪ゲージ 21 の端部の断面を示している。歪ゲージ 21 は、例えば絶縁膜 21a、薄膜抵抗体（感歪膜）21b、接着膜 21c、配線 21d、接着膜 21e、保護膜としてのガラス膜 21f を具備している。例えば金属製の第 1 起歪体 16（第 2 起歪体 17）上に絶縁膜 21a が設けられ、絶縁膜 21a 上に例えば Cr-N 抵抗体により構成された薄膜抵抗体 21b が設けられる。直線状又は複数に屈曲された形状などが可能である。薄膜抵抗体 21b 上の端部に接着膜 21c を介在して、例えば銅（Cu）により構成された電極リードとしての配線 21d が設けられる。配線 21d 上には接着膜 21e が設けられる。絶縁膜 21a、薄膜抵抗体 21b、及び接着膜 21e は、ガラス膜 21f により覆われる。接着膜 21c は、配線 21d と薄膜抵抗体 21b との密着性を高め、接着膜 21e は、配線 21d とガラス膜 21f との密着性を高めている。接着膜 21c、21e は、例えばクロム（Cr）を含む膜である。歪ゲージ 21 の構成は、これに限定されるものではない。

40

#### 【0025】

第 1 起歪体 16 及び第 2 起歪体 17 のそれぞれは、図 5 に示す歪ゲージ 21 を例えば 2 個ずつ具備し、4 個の歪ゲージ 21 により、後述するブリッジ回路が構成される。

#### 【0026】

50

図6は、上記トルクセンサ10と、例えばロボットの関節の一方に設けられた減速機30との関係を示している。トルクセンサ10の第1構造体11は、ボルト31a、31b、31c、31dにより減速機30に取着される。減速機30は図示せぬモータに連結されている。トルクセンサ10の第2構造体12には、複数の歪ゲージ21の図示せぬリード線を覆う絶縁部材32がボルト31e、31fにより取着される。絶縁部材32、第1起歪部14及び第2起歪部15は、蓋体33により覆われる。蓋体33は、ボルト31g、31hにより第2構造体12に取着される。さらに、第2構造体12は、例えば図示せぬロボットの関節の他方に取着される。

【0027】

図7(a)(b)(c)は、上記トルクセンサ10の動作を示すものであり、図7(a)は、第1構造体11にトルクが印加された場合を示し、図7(b)は、第1構造体11に図示X軸方向にスラスト力が印加された場合を示し、図7(c)図示Y軸方向に第1構造体11にスラスト力が印加された場合を示している。

10

【0028】

図7(a)に示すように、第1構造体11にトルクが印加された場合、複数の梁部13、第1起歪部14及び第2起歪部15が弾性変形し、第1構造体11は、第2構造体12に対して回動される。第1起歪部14及び第2起歪部15の弾性変形に伴い、後述するブリッジ回路のバランスが崩れ、トルクが検出される。

【0029】

図7(b)に示すように、第1構造体11にX軸方向にスラスト力が印加された場合、複数の梁部13、第1起歪部14及び第2起歪部15が弾性変形し、第1構造体11は、第2構造体12に対してX軸方向に移動される。第1起歪部14及び第2起歪部15の弾性変形に伴いブリッジ回路のバランスが崩れる。しかし、後述するようにトルク、及びスラスト力は検出されない。

20

【0030】

図7(c)に示すように、第1構造体11に図示Y軸方向にスラスト力が印加された場合、複数の梁部13、第1起歪部14及び第2起歪部15が弾性変形し、第1構造体11は、第2構造体12に対してY軸方向に移動される。第1起歪部14及び第2起歪部15の弾性変形に伴いブリッジ回路のバランスが崩れる。しかし、後述するようにトルク、及びスラスト力は検出されない。

30

【0031】

図8は、本トルクセンサ10に設けられたブリッジ回路40を概略的に示している。前述したように、第1起歪部14の第1起歪体16、及び第2起歪部15の第2起歪体17は、それぞれ2つの歪ゲージ21を具備している。具体的には、第1起歪体16は、歪ゲージ21-1、21-2を具備し、第2起歪体17は、歪ゲージ21-3、21-4を具備している。第1起歪体16と第2起歪体17は、第1構造体11及び第2構造体12の中心に対して対称に配置され、歪ゲージ21-1、21-2と、歪ゲージ21-3、21-4も第1構造体11及び第2構造体12の中心に対して対称に配置される。

【0032】

ブリッジ回路40において、歪ゲージ21-1と歪ゲージ21-3は直列接続され、歪ゲージ21-2と歪ゲージ21-4は直列接続される。直列接続された歪ゲージ21-1、21-3は、直列接続された歪ゲージ21-2、21-4と並列接続される。歪ゲージ21-2と歪ゲージ21-4の接続点に電源V<sub>o</sub>、例えば5Vが供給され、歪ゲージ21-1と歪ゲージ21-3の接続点は、例えば接地される。歪ゲージ21-1と歪ゲージ21-2の接続点から出力電圧V<sub>out+</sub>が出力され、歪ゲージ21-3と歪ゲージ21-4の接続点から出力電圧V<sub>out-</sub>が出力される。出力電圧V<sub>out+</sub>及び出力電圧V<sub>out-</sub>から式(1)で示すトルクセンサ10の出力電圧V<sub>out</sub>が得られる。

40

【0033】

$$\begin{aligned} V_{out} &= (V_{out+} - V_{out-}) \\ &= (R_1 / (R_1 + R_2) - R_3 / (R_3 + R_4)) \cdot V_o \quad \dots (1) \end{aligned}$$

50

ここで、

R 1 は、歪ゲージ 2 1 - 1 の抵抗値

R 2 は、歪ゲージ 2 1 - 2 の抵抗値

R 3 は、歪ゲージ 2 1 - 3 の抵抗値

R 4 は、歪ゲージ 2 1 - 4 の抵抗値

であり、 $R 1 = R 2 = R 3 = R 4 = R$ である。

【 0 0 3 4 】

図 9 ( a ) は、図 7 ( a ) に示すように、トルクセンサ 1 0 にトルクが印加された場合におけるブリッジ回路 4 0 の抵抗値の変化を示し、図 9 ( b ) は、図 7 ( b ) に示すように、トルクセンサ 1 0 に例えば X 軸方向のスラスト力が印加された場合におけるブリッジ回路 4 0 の抵抗値の変化を示している。図 9 ( a ) ( b ) において、R は、抵抗値の変化の値である。

10

【 0 0 3 5 】

図 1 0 は、( 1 ) 乃至 ( 6 ) の異なる条件におけるトルクセンサ 1 0 の出力電圧  $V_{out}$  を式 ( 1 ) から求めた結果を示すものである。

【 0 0 3 6 】

図 1 0 において、

( 1 ) は、トルクセンサ 1 0 にトルク及びスラスト力のいずれもが印加されていない場合

( 2 ) は、トルクセンサ 1 0 にトルクを印加した場合

( 3 ) は、トルクセンサ 1 0 にスラスト力を印加した場合

( 4 ) は、トルクセンサ 1 0 の歪ゲージ 2 1 - 1、2 1 - 2 に温度変化 T を与えた場合

( 5 ) は、トルクセンサ 1 0 にトルクを印加し、歪ゲージ 2 1 - 1、2 1 - 2 に温度変化 T を与えた場合

( 6 ) は、トルクセンサ 1 0 にスラスト力を印加し、歪ゲージ 2 1 - 1、2 1 - 2 に温度変化 T を与えた場合

20

図 1 0 において、 $R \cdot ( 1 + \alpha \cdot T )$  は、抵抗の温度係数が  $\alpha$ 、温度変化 T の時の抵抗値を示している。

【 0 0 3 7 】

( 1 ) ( 3 ) ( 4 ) ( 6 ) に示す条件の場合、トルクセンサ 1 0 の出力電圧  $V_{out}$  は、いずれも 0 V である。すなわち、第 1 構造体 1 1、第 2 構造体 1 2 にスラスト力が印加された場合、及び / 又は歪ゲージ 2 1 - 1、2 1 - 2 に温度変化を与えられた場合、スラスト力や温度変化が相殺され、トルクセンサ 1 0 の出力電圧  $V_{out}$  は、いずれも 0 V となる。

30

【 0 0 3 8 】

また、( 2 ) に示すトルクセンサ 1 0 にトルクを印加した場合、及び ( 5 ) に示すトルクセンサ 1 0 にトルクを印加し、歪ゲージ 2 1 - 1、2 1 - 2 に温度変化を与えた場合、トルクセンサ 1 0 の出力電圧  $V_{out}$  として、 $- R / R \cdot V_0$  が出力される。この出力電圧  $V_{out}$  は、抵抗の温度係数  $\alpha$  や温度変化 T を含まない値である。したがって、上記トルクセンサ 1 0 は、スラスト力や温度変化を相殺してトルクのみを検出することが可能である。

40

【 0 0 3 9 】

( 実施形態の効果 )

上記本実施形態によれば、第 1 構造体 1 1 と第 2 構造体 1 2 は、複数の梁部 1 3 によって連結され、さらに、第 1 構造体 1 1 と第 2 構造体 1 2 は、第 1 起歪部 1 4 及び第 2 起歪部 1 5 により連結されている。複数の梁部 1 3 の厚さ T 1 は、第 1 起歪部 1 4 及び第 2 起歪部 1 5 の剛性を得るための実質的な厚さ ( 第 1 起歪部 1 6 及び第 2 起歪部 1 7 の厚さ ) T 2 より厚く設定されている。このため、トルクセンサ 1 0 の許容トルクやトルクセンサ 1 0 の機械的な強度は、第 1 構造体 1 1、第 2 構造体 1 2 及び梁部 1 3 により規定され、第 1 構造体 1 1、第 2 構造体 1 2 及び梁部 1 3 の厚さ T 1 を変えたり、梁部 1 3 の数を変えたりすることにより、必要に応じて自由に設定することが可能である。

50

## 【0040】

また、第1起歪部14は、第1構造体11、第2構造体12にそれぞれ設けられた第1突起14a及び第2突起14bと、第1突起14aと第2突起14bを連結する歪ゲージ21-1、21-2を有する第1起歪体16により構成され、第2起歪部15は、第1構造体11、第2構造体12にそれぞれ設けられた第3突起15a及び第4突起15bと、第3突起15aと第4突起15bを連結する歪ゲージ21-3、21-4が設けられた第2起歪体17により構成されている。第1起歪体16及び第2起歪体17は、第1構造体11、第2構造体12、複数の梁部13、第1突起14a、第2突起14b、第3突起15a及び第4突起15bから独立しているため、第1起歪体16及び第2起歪体17の形状や厚さ及び/又は幅を含むサイズを自由に設定することが可能である。

10

## 【0041】

さらに、第1起歪体16及び第2起歪体17が第1構造体11、第2構造体12、複数の梁部13、第1突起14a、第2突起14b、第3突起15a及び第4突起15bから独立しているため、第1起歪体16及び第2起歪体17に設けられる歪ゲージ21-1、21-2、21-3、21-4の感度やサイズも、第1起歪体16及び第2起歪体17のサイズに応じて設定することが可能である。したがって、歪ゲージ21-1、21-2、21-3、21-4の感度やサイズを容易に設定することが可能である。

## 【0042】

また、第1起歪部14の第1突起14aと第2突起14bとの間に設けられた第1間隙の長さL1と、第2起歪部15の第3突起15aと第4突起15bとの間に設けられた第2間隙の長さL1は、第1突起14a、第2突起14b、第3突起15a及び第4突起15bの長さL2より短く設定され、第1突起14a、第2突起14b、第3突起15a及び第4突起15bの長さL2は、複数の梁部13の長さL3より短く設定されている。このため、第1起歪部14及び第2起歪部15は、梁部13より大きな歪を発生することができる。

20

## 【0043】

しかも、第1起歪体16及び第2起歪部15は、梁部13と比較して大きな歪を発生することができるため、第1起歪体16及び第2起歪体17に設けられた歪ゲージ21-1、21-2、21-3、21-4のゲインを大きくすることが可能である。したがって、ノイズに強く、トルクの検出精度を向上させることが可能である。

30

## 【0044】

また、第1起歪体16は、第1突起14a及び第2突起14bと別体に構成され、第2起歪体17は、第3突起15a及び第4突起15bと別体に構成されている。このため、第1起歪体16及び第2起歪体17に微細な歪ゲージ21-1、21-2、21-3、21-4を容易に形成することができる。

## 【0045】

さらに、歪ゲージ21-1、21-2が設けられた第1起歪体16を第1起歪部14の第1突起14a及び第2突起14bに取付し、歪ゲージ21-3、21-4が設けられた第2起歪体17を第2起歪部15の第3突起15a及び第4突起15b取付することによりトルクセンサ10を構成できる。このため、トルクセンサ10の製造が容易である。

40

## 【0046】

また、第1起歪体16が設けられた第1起歪部14と、第2起歪体17が設けられた第2起歪部15は、第1構造体11及び第2構造体12の中心に対して対称な位置に配置されている。このため、スラスト力を相殺でき、トルクのみを検出することが可能である。

## 【0047】

さらに、第1起歪体16に一对の歪ゲージ21-1、21-2が設けられ、第2起歪体17に一对の歪ゲージ21-3、21-4が設けられ、これら歪ゲージ21-1、21-2、21-3、21-4によりブリッジ回路40が構成されている。このため、歪ゲージ21-1、21-2、21-3、21-4の温度係数の影響を相殺することが可能である。

50

## 【 0 0 4 8 】

また、同心状に配置された第 1 構造体 1 1 及び第 2 構造体 1 2 において、第 2 構造体 1 2 は、中空部 1 2 a を有している。このため、中空部 1 2 a に複数の歪ゲージの配線やロボットの制御に必要な配線を通すことが可能であり、スペースの有効利用が可能である。

## 【 0 0 4 9 】

尚、本実施形態において、第 1 構造体 1 1 及び第 2 構造体 1 2 は同心状に配置され、第 1 構造体 1 1 と第 2 構造体 1 2 が複数の梁部 1 3 により連結されていた。しかし、これに限定されるものではなく、次のような構成とすることも可能である。

## 【 0 0 5 0 】

例えば第 1 構造体及び第 2 構造体を直線状として第 1 構造体と第 2 構造体を平行に配置し、複数の梁部により第 1 構造体と第 2 構造体を連結し、さらに、第 1 構造体と第 2 構造体の長手方向中央部に第 1 構造体と第 2 構造体を連結する抵抗体が設けられた起歪体を設けた第 1 センサ部と、第 1 センサ部と同一構成の第 2 センサ部を用意する。第 1 センサ部の第 2 構造体と第 2 センサ部の第 2 構造体の長手方向中央部がトルクの作用中心から等距離で、第 1 センサ部と第 2 センサ部が互いに平行となるような位置に第 1 センサ部と第 2 センサ部を配置する。すなわち、第 1 センサ部の起歪体と第 2 センサ部の起歪体をトルクの作用中心に対して対称の位置に配置する。この構成によっても、上記実施形態と同様の効果を得ることが可能である。

10

## 【 0 0 5 1 】

その他、本発明は上記各実施形態そのままに限定されるものではなく、実施段階ではその要旨を逸脱しない範囲で構成要素を変形して具体化できる。また、上記各実施形態に開示されている複数の構成要素の適宜な組み合わせにより、種々の発明を形成できる。例えば、実施形態に示される全構成要素から幾つかの構成要素を削除してもよい。さらに、異なる実施形態にわたる構成要素を適宜組み合わせてもよい。

20

## 【 符号の説明 】

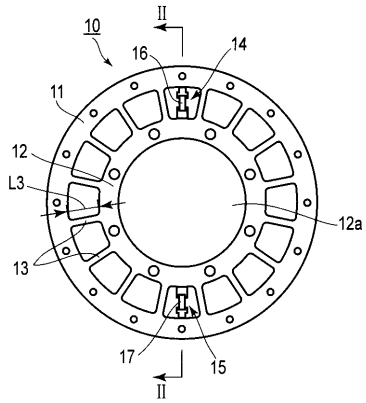
## 【 0 0 5 2 】

1 0 ... トルクセンサ、 1 1 ... 第 1 構造体、 1 2 ... 第 2 構造体、 1 3 ... 梁部、 1 4 ... 第 1 起歪部、 1 4 a ... 第 1 突起、 1 4 b ... 第 2 突起、 1 5 ... 第 2 起歪部、 1 5 a ... 第 3 突起、 1 5 b ... 第 4 突起、 1 6 ... 第 1 起歪体、 1 7 ... 第 2 起歪体、 2 1、 2 1 - 1、 2 1 - 2、 2 1 - 3、 2 1 - 4 ... 歪ゲージ。

30

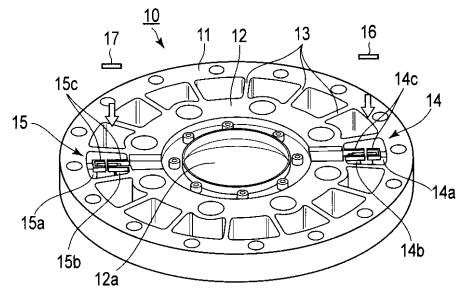
【 図 1 】

図 1



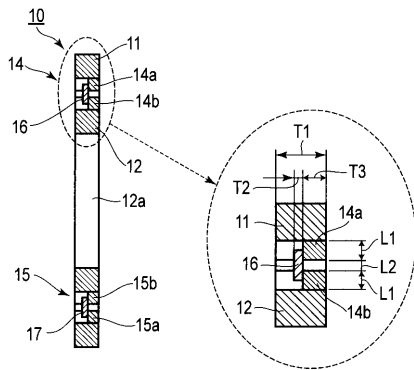
【 図 3 】

図 3



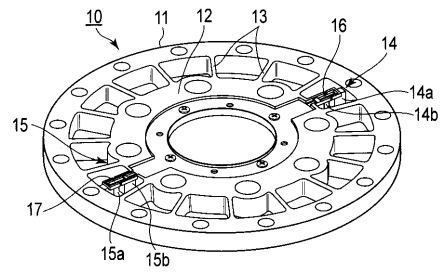
【 図 2 】

図 2



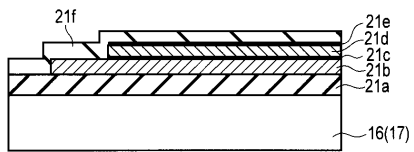
【 図 4 】

図 4



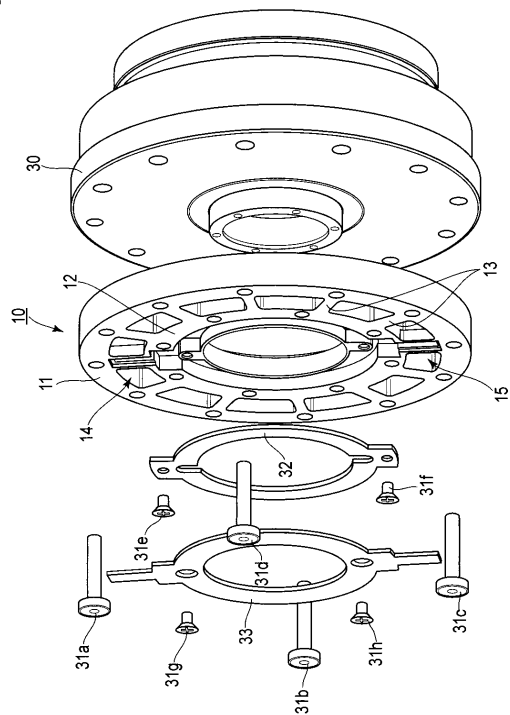
【 図 5 】

図 5



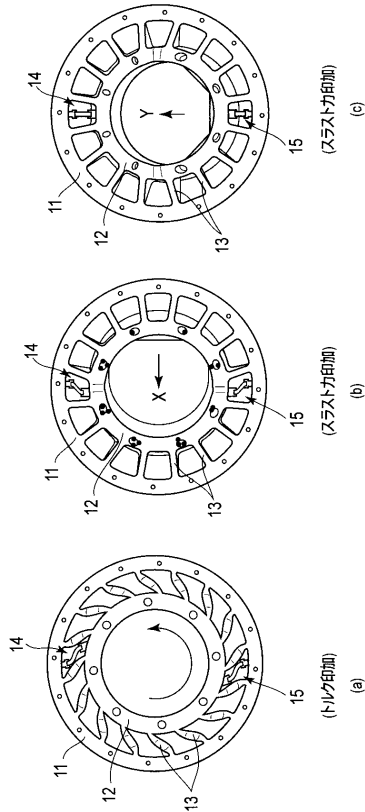
【 図 6 】

図 6



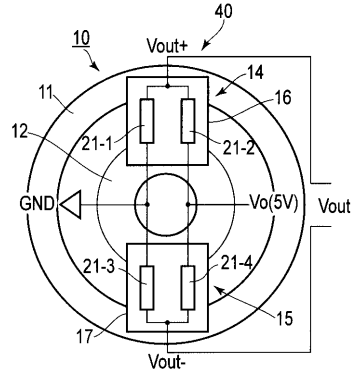
【 図 7 】

図 7



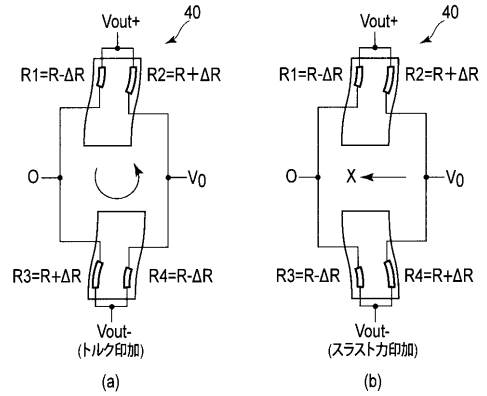
【 図 8 】

図 8



【 図 9 】

図 9



【 図 10 】

図 10

トルク印加の有無  
スラスト印加の有無  
R1, R2のみに温度変化 $\Delta T$ を与える

	R1	R2	R3	R4	Vout計算結果
(1)	R	R	R	R	0
(2)	R+ $\Delta R$	R+ $\Delta R$	R+ $\Delta R$	R+ $\Delta R$	- $\Delta R/R \cdot V_0$
(3)	R+ $\Delta R$	R+ $\Delta R$	R+ $\Delta R$	R+ $\Delta R$	0
(4)	R*(1+ $\alpha \cdot \Delta T$ )	R*(1+ $\alpha \cdot \Delta T$ )	R	R	0
(5)	(R+ $\Delta R$ )*(1+ $\alpha \cdot \Delta T$ )	R+ $\Delta R$	R+ $\Delta R$	R+ $\Delta R$	- $\Delta R/R \cdot V_0$
(6)	(R+ $\Delta R$ )*(1+ $\alpha \cdot \Delta T$ )	R+ $\Delta R$	R+ $\Delta R$	R+ $\Delta R$	0

【手続補正書】

【提出日】平成29年5月18日(2017.5.18)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0033

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0033】

$$\begin{aligned} V_{out} &= (V_{out+} - V_{out-}) \\ &= (R_1 / (R_1 + R_2) - R_3 / (R_3 + R_4)) \cdot V_o \quad \dots (1) \end{aligned}$$

ここで、

R1は、歪ゲージ21-1の抵抗値

R2は、歪ゲージ21-2の抵抗値

R3は、歪ゲージ21-3の抵抗値

R4は、歪ゲージ21-4の抵抗値

であり、トルクセンサ10にトルクが印加されていない状態において、 $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R$ である。