

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号
特開2023-141894
(P2023-141894A)

(43)公開日 令和5年10月5日(2023.10.5)

(51)国際特許分類			F I		テーマコード (参考)	
G 0 1 B	7/16	(2006.01)	G 0 1 B	7/16	R	2 F 0 6 3
F 1 6 C	19/06	(2006.01)	F 1 6 C	19/06		3 J 2 1 7
F 1 6 C	19/52	(2006.01)	F 1 6 C	19/52		3 J 7 0 1
F 1 6 C	41/00	(2006.01)	F 1 6 C	41/00		5 H 5 0 1
H 0 2 P	29/00	(2016.01)	H 0 2 P	29/00		
審査請求 未請求 請求項の数 19 O L (全29頁)						
(21)出願番号 特願2022-48465(P2022-48465)			(71)出願人 000114215			
(22)出願日 令和4年3月24日(2022.3.24)			ミネベアミツミ株式会社			
			長野県北佐久郡御代田町大字御代田 4 1			
			0 6 - 7 3			
			(74)代理人 100107766			
			弁理士 伊東 忠重			
			(74)代理人 100070150			
			弁理士 伊東 忠彦			
			(72)発明者 井口 洋二			
			長野県北佐久郡御代田町大字御代田 4 1			
			0 6 - 7 3 ミネベアミツミ株式会社内			
			(72)発明者 滝本 達也			
			長野県北佐久郡御代田町大字御代田 4 1			
			0 6 - 7 3 ミネベアミツミ株式会社内			
			(72)発明者 藤裏 英雄			
			最終頁に続く			

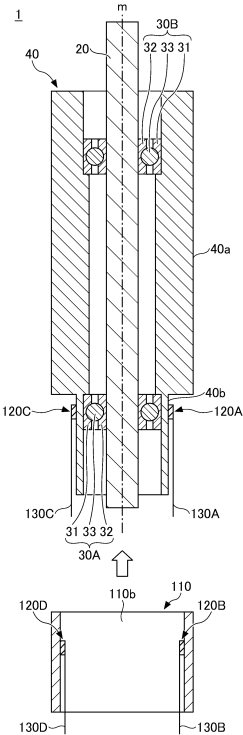
(54)【発明の名称】 センサユニット、軸受装置、ひずみ検出装置、モータ

(57)【要約】

【課題】 転がり軸受を保持するハウジングの剛性を高くすることが可能なセンサユニットを提供する。

【解決手段】 本センサユニットは、内周側に転がり軸受を保持し外周側に応力センサである第1ひずみゲージが設けられた第1ハウジングと、内周側に前記第1ハウジングを保持する第2ハウジングとの隙間に少なくとも一部が配置されるセンサユニットであって、前記隙間に少なくとも一部が配置され、外周面が前記第2ハウジングの内周面に固定される円筒状のゲージ固定用部材と、前記ゲージ固定用部材に設けられた第2ひずみゲージと、を備え、前記第2ひずみゲージはノイズセンサである。

【選択図】 図4



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

内周側に転がり軸受を保持し外周側に応力センサである第 1 ひずみゲージが設けられた第 1 ハウジングと、内周側に前記第 1 ハウジングを保持する第 2 ハウジングとの隙間に少なくとも一部が配置されるセンサユニットであって、

前記隙間に少なくとも一部が配置され、外周面が前記第 2 ハウジングの内周面に固定される円筒状のゲージ固定用部材と、

前記ゲージ固定用部材に設けられた第 2 ひずみゲージと、を備え、

前記第 2 ひずみゲージはノイズセンサである、センサユニット。

【請求項 2】

前記ゲージ固定用部材は、中心軸方向の一端側が開口し、他端側が開口又は閉口する、請求項 1 に記載のセンサユニット。

【請求項 3】

前記ゲージ固定用部材は、中心軸方向の他端側から外側に周状に突起する突起部を備えている、請求項 2 に記載のセンサユニット。

【請求項 4】

前記第 2 ひずみゲージは、前記ゲージ固定用部材の内周面に設けられている、請求項 1 乃至 3 の何れか一項に記載のセンサユニット。

【請求項 5】

前記ゲージ固定用部材は、前記隙間に配置される領域に肉薄部及び肉厚部を備え、前記肉薄部に前記第 2 ひずみゲージが設けられている、請求項 4 に記載のセンサユニット。

【請求項 6】

前記第 2 ひずみゲージは、前記ゲージ固定用部材の端面に設けられている、請求項 1 乃至 3 の何れか一項に記載のセンサユニット。

【請求項 7】

前記第 1 ひずみゲージ及び前記第 2 ひずみゲージは、Cr 混相膜から形成された抵抗体を有する、請求項 1 乃至 6 の何れか一項に記載のセンサユニット。

【請求項 8】

前記第 1 ハウジングの外周側に応力センサである第 3 ひずみゲージがさらに設けられ、

前記ゲージ固定用部材に第 4 ひずみゲージがさらに設けられ、

前記第 4 ひずみゲージはノイズセンサである、請求項 1 乃至 7 の何れか一項に記載のセンサユニット。

【請求項 9】

前記第 3 ひずみゲージ及び前記第 4 ひずみゲージは、Cr 混相膜から形成された抵抗体を有する、請求項 8 に記載のセンサユニット。

【請求項 10】

第 1 ハウジング及びセンサユニットが第 2 ハウジングの内周側に保持される軸受装置であって、

回転軸と、

前記回転軸を支持する第 1 転がり軸受と、

内周側に前記第 1 転がり軸受を保持し外周側に応力センサである第 1 ひずみゲージが設けられた第 1 ハウジングと、

請求項 1 乃至 7 の何れか一項に記載のセンサユニットと、を有し、

前記第 1 ひずみゲージは、径方向視で前記第 1 転がり軸受の外周面と重複する位置にある、軸受装置。

【請求項 11】

第 1 ハウジング及びセンサユニットが第 2 ハウジングの内周側に保持される軸受装置であって、

回転軸と、

前記回転軸を支持する第 1 転がり軸受及び第 2 転がり軸受と、

10

20

30

40

50

内周側に前記第 1 転がり軸受及び前記第 2 転がり軸受を保持し、前記第 1 転がり軸受の外周側及び前記第 2 転がり軸受の外周側のそれぞれに、応力センサである第 1 ひずみゲージが設けられた第 1 ハウジングと、

2 つの請求項 1 乃至 7 の何れか一項に記載のセンサユニットと、を有し、
 前記第 1 転がり軸受及び前記第 2 転がり軸受は、それぞれ転動体を有し、
 前記センサユニットの一方は、前記第 1 転がり軸受側に配置され、
 前記センサユニットの他方は、前記第 2 転がり軸受側に配置され、
 前記第 1 ひずみゲージの一方は、径方向視で前記第 1 転がり軸受の外周面と重複する位置にあり、

前記第 1 ひずみゲージの他方は、径方向視で前記第 2 転がり軸受の外周面と重複する位置にある、軸受装置。 10

【請求項 1 2】

第 1 ハウジング及びセンサユニットが第 2 ハウジングの内周側に保持される軸受装置であって、

回転軸と、

前記回転軸を支持する第 1 転がり軸受と、

内周側に前記第 1 転がり軸受を保持し外周側に応力センサである第 1 ひずみゲージ及び第 3 ひずみゲージが設けられた第 1 ハウジングと、

請求項 8 又は 9 に記載のセンサユニットと、を有し、

前記第 1 転がり軸受は、転動体を有し、

前記第 1 ひずみゲージ及び前記第 3 ひずみゲージは、径方向視で前記第 1 転がり軸受の外周面と重複する位置にある、軸受装置。 20

【請求項 1 3】

第 1 ハウジング及びセンサユニットが第 2 ハウジングの内周側に保持される軸受装置であって、

回転軸と、

前記回転軸を支持する第 1 転がり軸受及び第 2 転がり軸受と、

内周側に前記第 1 転がり軸受及び前記第 2 転がり軸受を保持し、前記第 1 転がり軸受の外周側及び前記第 2 転がり軸受の外周側のそれぞれに、応力センサである第 1 ひずみゲージ及び第 3 ひずみゲージが設けられた第 1 ハウジングと、 30

2 つの請求項 8 又は 9 に記載のセンサユニットと、を有し、

前記第 1 転がり軸受及び前記第 2 転がり軸受は、それぞれ転動体を有し、

前記センサユニットの一方は、前記第 1 転がり軸受側に配置され、

前記センサユニットの他方は、前記第 2 転がり軸受側に配置され、

前記第 1 ひずみゲージの一方及び前記第 3 ひずみゲージの一方は、径方向視で前記第 1 転がり軸受の外周面と重複する位置にあり、

前記第 1 ひずみゲージの他方及び前記第 3 ひずみゲージの他方は、径方向視で前記第 2 転がり軸受の外周面と重複する位置にある、軸受装置。

【請求項 1 4】

前記第 1 ひずみゲージは、受感部となる第 1 抵抗体を有し、 40

前記第 3 ひずみゲージは、受感部となる第 3 抵抗体を有し、

前記第 1 ひずみゲージと前記第 3 ひずみゲージとは、同じタイミングで前記第 1 抵抗体及び前記第 3 抵抗体の直下を前記転動体が通過する位置に配置され、

前記回転軸の軸線方向から視て、前記第 1 抵抗体の中心と前記第 3 抵抗体の中心とがなす角 θ は、前記転動体の個数を N 、 n を 1 以上 ($N - 1$) 以下の整数とすると、 $\theta = (360 \times n) / N$ である、請求項 1 2 又は 1 3 に記載の軸受装置。

【請求項 1 5】

前記第 1 ひずみゲージは、受感部となる第 1 抵抗体を有し、

前記第 3 ひずみゲージは、受感部となる第 3 抵抗体を有し、

前記第 1 ひずみゲージと前記第 3 ひずみゲージとは、前記第 1 抵抗体の直下を前記転動 50

体が通過するときに、前記第 3 抵抗体が隣接する 2 つの前記転動体の間に位置するように配置され、

前記回転軸の軸線方向から視て、前記第 1 抵抗体の中心と前記第 3 抵抗体の中心とがなす角 θ は、前記転動体の個数を N 、 n を 0 以上 ($N - 1$) 以下の整数とすると、 $\theta = (360 \times n) / N + 360 / 2N$ である、請求項 12 又は 13 に記載の軸受装置。

【請求項 16】

請求項 10 又は 11 に記載の軸受装置と、ブリッジ回路と、を有し、

前記第 1 ひずみゲージは、前記ブリッジ回路の 4 辺のうち第 1 出力電圧取出し点の一方の側の一边を構成し、

前記第 2 ひずみゲージは、前記ブリッジ回路の 4 辺のうち第 1 出力電圧取出し点の他方の側の一边を構成する、ひずみ検出装置。 10

【請求項 17】

請求項 14 に記載の軸受装置と、ブリッジ回路と、を有し、

前記第 1 ひずみゲージは、前記ブリッジ回路の 4 辺のうち第 1 出力電圧取出し点の一方の側の一边を構成し、

前記第 4 ひずみゲージは、前記ブリッジ回路の 4 辺のうち第 1 出力電圧取出し点の他方の側の一边を構成し、

前記第 2 ひずみゲージは、前記ブリッジ回路の 4 辺のうち第 2 出力電圧取出し点の前記第 1 ひずみゲージ側の一边を構成し、

前記第 3 ひずみゲージは、前記ブリッジ回路の 4 辺のうち第 2 出力電圧取出し点の前記第 4 ひずみゲージ側の一边を構成する、ひずみ検出装置。 20

【請求項 18】

請求項 15 に記載の軸受装置と、ブリッジ回路と、を有し、

前記第 1 ひずみゲージは、前記ブリッジ回路の 4 辺のうち第 1 出力電圧取出し点の一方の側の一边を構成し、

前記第 4 ひずみゲージは、前記ブリッジ回路の 4 辺のうち第 1 出力電圧取出し点の他方の側の一边を構成し、

前記第 2 ひずみゲージは、前記ブリッジ回路の 4 辺のうち第 2 出力電圧取出し点の前記第 4 ひずみゲージ側の一边を構成し、

前記第 3 ひずみゲージは、前記ブリッジ回路の 4 辺のうち第 2 出力電圧取出し点の前記第 1 ひずみゲージ側の一边を構成する、ひずみ検出装置。 30

【請求項 19】

請求項 10 乃至 15 の何れか一項に記載の軸受装置、又は請求項 16 乃至 18 に記載のひずみ検出装置を有する、モータ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、センサユニット、軸受装置、ひずみ検出装置、モータに関する。

【背景技術】

【0002】

転がり軸受を備えたモータにおいて、モータ回転時は、転がり軸受内の球体が自転し、転がり軸受に僅かにひずみを与える。そして、このようなひずみを検出するセンサを有するモータが提案されている。ひずみを検出するセンサは、例えば、転がり軸受の回転軸方向の側面とモータのハウジングとの間に設けられる（例えば、特許文献 1 参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2019 - 215057 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 4 】

しかしながら、例えば、ひずみを検出するセンサとしてひずみゲージを用いる場合、ひずみゲージを配置する領域を確保するために、転がり軸受を保持するハウジングを部分的に肉薄にする必要があるため、転がり軸受を保持するハウジングの剛性が低下する問題があった。

【 0 0 0 5 】

本発明は、上記の点に鑑みてなされたもので、転がり軸受を保持するハウジングの剛性を高くすることが可能なセンサユニットを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 6 】

本センサユニットは、内周側に転がり軸受を保持し外周側に応力センサである第 1 ひずみゲージが設けられた第 1 ハウジングと、内周側に前記第 1 ハウジングを保持する第 2 ハウジングとの隙間に少なくとも一部が配置されるセンサユニットであって、前記隙間に少なくとも一部が配置され、外周面が前記第 2 ハウジングの内周面に固定される円筒状のゲージ固定用部材と、前記ゲージ固定用部材に設けられた第 2 ひずみゲージと、を備え、前記第 2 ひずみゲージはノイズセンサである。

【発明の効果】

【 0 0 0 7 】

開示の技術によれば、転がり軸受を保持するハウジングの剛性を高くすることが可能なセンサユニットを提供できる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 0 8 】

【図 1】第 1 実施形態に係るセンサユニットを例示する斜視図である。

【図 2】第 1 実施形態に係るセンサユニットを例示する断面図である。

【図 3】第 1 実施形態に係る軸受装置を例示する斜視図である。

【図 4】第 1 実施形態に係る軸受装置を例示する断面図（その 1）である。

【図 5】第 1 実施形態に係る軸受装置を例示する断面図（その 2）である。

【図 6】図 5 に示す軸受装置の軸線 m に垂直な方向の断面図（その 1）である。

【図 7】図 5 等 に示す第 1 ひずみゲージ近傍の部分拡大図である。

【図 8】第 1 実施形態に係るひずみ検出装置を例示する模式図である。

【図 9】図 5 に示す軸受装置の軸線 m に垂直な方向の断面図（その 2）である。

【図 10】第 1 実施形態に係るひずみゲージを例示する平面図である。

【図 11】第 1 実施形態に係るひずみゲージを例示する断面図である。

【図 12】第 1 実施形態に係る軸受装置を搭載したモータを例示する断面図である。

【図 13】第 1 実施形態の変形例 1 に係る軸受装置を例示する断面図である。

【図 14】第 1 実施形態の変形例 2 に係る軸受装置を例示する断面図（その 1）である。

【図 15】第 1 実施形態の変形例 2 に係る軸受装置を例示する断面図（その 2）である。

【図 16】第 1 実施形態の変形例 2 に係る軸受装置を例示する断面図（その 3）である。

【図 17】第 1 実施形態の変形例 3 に係るゲージ固定用部材の部分拡大図（その 1）である。

【図 18】第 1 実施形態の変形例 3 に係るゲージ固定用部材の部分拡大図（その 2）である。

【図 19】第 1 実施形態の変形例 3 に係るゲージ固定用部材の部分拡大図（その 3）である。

【図 20】第 1 実施形態の変形例 3 に係るゲージ固定用部材の部分拡大図（その 4）である。

【図 21】第 1 実施形態の変形例 3 に係るゲージ固定用部材の部分拡大図（その 5）である。

【図 22】第 1 実施形態の変形例 3 に係るゲージ固定用部材の部分拡大図（その 6）である。

10

20

30

40

50

【図 2 3】第 1 実施形態の変形例 3 に係るゲージ固定用部材の部分拡大図（その 7）である。

【図 2 4】第 1 実施形態の変形例 3 に係るゲージ固定用部材の部分拡大図（その 8）である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

以下、図面を参照して発明を実施するための形態について説明する。各図面において、同一構成部分には同一符号を付し、重複した説明を省略する場合がある。

【0010】

第 1 実施形態

10

（センサユニット）

図 1 は、第 1 実施形態に係るセンサユニットを例示する斜視図である。図 2 は、第 1 実施形態に係るセンサユニットを例示する断面図であり、ゲージ固定用部材 110 の中心軸を通る断面を示している。

【0011】

図 1 及び図 2 に示すセンサユニット 100 は、第 1 ひずみゲージ 120 A 及び第 3 ひずみゲージ 120 C が設けられた第 1 ハウジング 40（後述）と組み合わせて使用される。センサユニット 100 は、ゲージ固定用部材 110 と、第 2 ひずみゲージ 120 B と、第 4 ひずみゲージ 120 D と、配線 130 B 及び 130 D とを有している。なお、第 2 ひずみゲージ 120 B と、第 4 ひずみゲージ 120 D は、後述のゲージ固定用部材 110 に設けられている。

20

【0012】

ゲージ固定用部材 110 は、第 1 ハウジング 40（後述）の外周面と第 2 ハウジング 140（後述）の内周面との間に取り付けられる円筒状の部材である。図 1 及び図 2 の例では、ゲージ固定用部材 110 は、例えば、中心軸方向の一端側及び他端側が開放された中空円柱状である。ゲージ固定用部材 110 は、外周面 110 a 及び内周面 110 b を備えている。ゲージ固定用部材 110 は、第 1 ハウジング 40（後述）よりも剛性が高いことが好ましい。ゲージ固定用部材 110 の材料としては、例えば、鉄系、アルミニウム系、銅系、チタン系等の金属材料や、セラミック系の材料、強化プラスチック系の材料等が挙げられる。ゲージ固定用部材 110 の厚さは、ひずみの伝達性と必要な剛性とを考慮して適宜決定できるが、例えば、1 mm 程度としてもよい。

30

【0013】

なお、円筒状の部材には、例えば、中空円柱状の部材の一部に加工が施されているものも含む。加工とは、例えば、中空円柱状の部材の一部にスリット、溝、穴、突起、段差などが設けられている場合である。また、円筒状の部材は、両端側が開放されている構造には限られず、一端側が開口され他端側が閉口された構造も含む。

【0014】

第 2 ひずみゲージ 120 B 及び第 4 ひずみゲージ 120 D は、ゲージ固定用部材 110 の内周面 110 b に設けられている。第 2 ひずみゲージ 120 B 及び第 4 ひずみゲージ 120 D は、例えば、ゲージ固定用部材 110 の内周面 110 b に接着剤により固定される。

40

【0015】

第 2 ひずみゲージ 120 B と第 4 ひずみゲージ 120 D は、ゲージ固定用部材 110 の周方向の異なる位置に配置されている。第 2 ひずみゲージ 120 B と第 4 ひずみゲージ 120 D は、ゲージ固定用部材 110 の中心軸方向の同じ位置に配置されてもよいし、異なる位置に配置されてもよい。

【0016】

第 1 ハウジング 40 に設けられる第 1 ひずみゲージ 120 A 及び第 3 ひずみゲージ 120 C は応力センサであり、ゲージ固定用部材 110 に設けられる第 2 ひずみゲージ 120 B 及び第 4 ひずみゲージ 120 D はノイズセンサである。応力センサとノイズセンサにつ

50

いては、後述する。

【 0 0 1 7 】

なお、図 1 及び図 2 では図示が省略されているが、第 2 ひずみゲージ 1 2 0 B 及び第 4 ひずみゲージ 1 2 0 D は、それぞれ 2 つの電極を有する（図 1 0 等参照）。そのため、配線 1 3 0 B 及び 1 3 0 D のそれぞれは、各ひずみゲージの 2 つの電極と接続される互いに絶縁された 2 本の導電線を含んでいる。

【 0 0 1 8 】

（軸受装置）

図 3 は、第 1 実施形態に係る軸受装置を例示する斜視図である。図 4 は、第 1 実施形態に係る軸受装置を例示する断面図（その 1）であり、回転軸 2 0 の軸線 m を通る断面を示している。図 5 は、第 1 実施形態に係る軸受装置を例示する断面図（その 2）であり、回転軸 2 0 の軸線 m を通る断面を示している。なお、図 3 及び図 4 は、センサユニット 1 0 0 を第 2 ハウジング 1 4 0 に固定する前の状態であり、図 5 は、センサユニット 1 0 0 を第 2 ハウジング 1 4 0 の内周面に固定した後の状態である。

10

【 0 0 1 9 】

図 3 ~ 図 5 に示すように、軸受装置 1 は、回転軸 2 0 と、第 1 転がり軸受 3 0 A と、第 2 転がり軸受 3 0 B と、第 1 ハウジング 4 0 と、センサユニット 1 0 0 とを有している。軸受装置 1 において、第 1 ハウジング 4 0 及びセンサユニット 1 0 0 は、第 2 ハウジング 1 4 0 の内周側に保持される。

【 0 0 2 0 】

回転軸 2 0 は、軸線 m 方向に互いに離隔して配置された第 1 転がり軸受 3 0 A 及び第 2 転がり軸受 3 0 B により回転可能な状態で支持されている。第 1 転がり軸受 3 0 A 及び第 2 転がり軸受 3 0 B は、軸受ハウジングである第 1 ハウジング 4 0 に圧入や接着等により固定され、第 1 ハウジング 4 0 に保持されている。第 1 ハウジング 4 0 は、例えば、真鍮等の金属により形成された中空円柱状の部材である。第 1 ハウジング 4 0 は、外輪 3 1 の外周面を全周に亘って押さえていることが好ましい。

20

【 0 0 2 1 】

第 1 転がり軸受 3 0 A 及び第 2 転がり軸受 3 0 B は、軸線 m 方向において互いに離隔して第 1 ハウジング 4 0 の内周側に保持されている。第 1 転がり軸受 3 0 A 及び第 2 転がり軸受 3 0 B は、例えば、第 1 ハウジング 4 0 の内周面に設けられた段差部に位置決めされている。図 3 ~ 図 5 の例では、第 1 ハウジング 4 0 において、第 2 転がり軸受 3 0 B は軸線 m 方向の一方側に設けられており、第 1 転がり軸受 3 0 A は軸線 m 方向の他方側に設けられている。以降では、説明の便宜上、第 2 転がり軸受 3 0 B が設けられている側を上側、第 1 転がり軸受 3 0 A が設けられている側を下側とする。

30

【 0 0 2 2 】

第 1 転がり軸受 3 0 A 及び第 2 転がり軸受 3 0 B は、外輪 3 1 と、内輪 3 2 と、複数の転動体 3 3 とを有している。外輪 3 1 は、軸線 m を中心軸とする円筒形の構造体である。内輪 3 2 は、外輪 3 1 の内周側に外輪 3 1 と同軸状に配置された円筒形の構造体である。複数の転動体 3 3 の各々は外輪 3 1 と内輪 3 2 との間に形成される軌道内に配置された球体である。軌道内にはグリース等の潤滑剤が封入される。

40

【 0 0 2 3 】

第 1 ハウジング 4 0 は、第 1 外周面 4 0 a 及び第 2 外周面 4 0 b を有している。第 1 外周面 4 0 a、第 2 外周面 4 0 b は、第 2 転がり軸受 3 0 B 側から第 1 転がり軸受 3 0 A に向かって順次配置されている。第 2 外周面 4 0 b は、第 1 外周面 4 0 a から回転軸 2 0 の側に窪む凹部の底面を形成している。

【 0 0 2 4 】

第 1 ハウジング 4 0 の外周側には、応力センサである第 1 ひずみゲージ 1 2 0 A 及び第 3 ひずみゲージ 1 2 0 C が設けられている。具体的には、第 1 ひずみゲージ 1 2 0 A と第 3 ひずみゲージ 1 2 0 C は、第 1 ハウジング 4 0 の第 2 外周面 4 0 b の周方向の異なる位置に配置されている。第 1 ひずみゲージ 1 2 0 A と第 3 ひずみゲージ 1 2 0 C は、例えば

50

、軸線m方向の同じ位置に配置される。第1ひずみゲージ120A及び第3ひずみゲージ120Cは、径方向視で第1転がり軸受30Aの外周面と重複する位置にある。この位置は、回転軸20の回転により第1転がり軸受30Aに生じるひずみが伝達しやすい。

【0025】

第1ひずみゲージ120Aの電極には、配線130Aが接続されている。第3ひずみゲージ120Cの電極には、配線130Cが接続されている。なお、図3～図5では図示が省略されているが、第1ひずみゲージ120A及び第3ひずみゲージ120Cは、それぞれ2つの電極を有する(図10等参照)。そのため、配線130A及び130Cのそれぞれは、各ひずみゲージの2つの電極と接続される互いに絶縁された2本の導電線を含んでいる。

10

【0026】

第1ハウジング40は第2ハウジング140に圧入され、その後、センサユニット100が第2ハウジング140に固定される。このとき、センサユニット100は、第1ハウジング40の軸線m方向の一方側に嵌めこまれ、第2ハウジング140の内周面140aに固定される。第1ハウジング40の第2外周面40bと第2ハウジングの内周面140aとの間には隙間があり、センサユニット100は、その隙間に少なくとも一部が配置される。

【0027】

つまり、第1ハウジング40の第2外周面40bと第2ハウジングの内周面140aとの隙間に、ゲージ固定用部材110の少なくとも一部が配置され、ゲージ固定用部材110の外周面110aが第2ハウジング140の内周面140aに固定される。

20

【0028】

第1ハウジング40の第2外周面40bとゲージ固定用部材110の内周面110bとの間には隙間があり、その隙間に各ひずみゲージが配置される。第1ひずみゲージ120Aと第2ひずみゲージ120Bは、軸線m方向において異なる位置に配置されてもよいし、同じ位置に配置されてもよい。また、第3ひずみゲージ120Cと第4ひずみゲージ120Dは、軸線m方向において異なる位置に配置されてもよいし、同じ位置に配置されてもよい。

【0029】

センサユニット100のゲージ固定用部材110は、例えば、圧入や接着等により第2ハウジング140の内周面140aに固定される。第1ハウジング40の剛性を高める観点では、センサユニット100のゲージ固定用部材110は圧入により第2ハウジング140の内周面140aに固定されることが好ましい。

30

【0030】

前述のように、第1ひずみゲージ120A及び第3ひずみゲージ120Cは、第1転がり軸受30Aに生じるひずみを検出する応力センサであり、第2ひずみゲージ120B及び第4ひずみゲージ120Dは、ノイズを検出するノイズセンサである。

【0031】

ここで、応力センサとは、主に対象物に生じるひずみを検出するセンサであるが、対象物の周辺に生じるノイズも検出される。また、ノイズセンサとは、主に対象物の周辺に生じるノイズを検出するセンサであるが、対象物に生じるひずみも検出される場合もある。応力センサで検出されるひずみは、ノイズセンサで検出されるひずみよりも大きい。これに対し、応力センサで検出されるノイズは、ノイズセンサで検出されるノイズとほぼ等しい。

40

【0032】

第1ひずみゲージ120A及び第3ひずみゲージ120Cの検出対象となるひずみは、転動体33の中心の側方(中心との距離が最小となる点の周辺)で最も大きくなる。そのため、図5に示すように、第1ひずみゲージ120A及び第3ひずみゲージ120Cは、転動体33の中心の側方に配置することが好ましい。

【0033】

50

一方、第 2 ひずみゲージ 1 2 0 B 及び第 4 ひずみゲージ 1 2 0 D はノイズセンサであり、ひずみをできるだけ検出しない方が好ましい。そのため、第 2 ひずみゲージ 1 2 0 B 及び第 4 ひずみゲージ 1 2 0 D は、第 1 ハウジング 4 0 のひずみが伝達しにくいように、第 1 ハウジング 4 0 とは別部品であるゲージ固定用部材 1 1 0 に設けられている。

【0034】

また、第 1 ひずみゲージ 1 2 0 A と第 3 ひずみゲージ 1 2 0 C とは、同じタイミングで各々の抵抗体の直下を転動体 3 3 が通過する位置に配置されることが好ましい。なお、抵抗体 1 2 3 については、図 1 0 等を参照して別途説明する。

【0035】

図 6 は、図 5 に示す軸受装置の軸線 m に垂直な方向の断面図（その 1）であり、第 1 転がり軸受 3 0 A の各転動体 3 3 の中心を通る断面を示している。図 6 の例では、第 1 転がり軸受 3 0 A の転動体 3 3 の個数が 6 個であり、第 1 ひずみゲージ 1 2 0 A の抵抗体 1 2 3 と第 3 ひずみゲージ 1 2 0 C の抵抗体 1 2 3 は、対向する位置に配置され、同じタイミングで各々の抵抗体 1 2 3 の直下を転動体 3 3 が通過する。

【0036】

図 6 において、 θ は、回転軸 2 0 の軸線 m 方向から見て、第 1 ひずみゲージ 1 2 0 A の抵抗体 1 2 3 の中心と第 3 ひずみゲージ 1 2 0 C の抵抗体 1 2 3 の中心とがなす角である。図 6 の例では、第 1 ひずみゲージ 1 2 0 A の抵抗体 1 2 3 の中心と第 3 ひずみゲージ 1 2 0 C の抵抗体 1 2 3 の中心とがなす角 θ は 1 8 0 度である。

【0037】

ただし、第 1 ひずみゲージ 1 2 0 A と第 3 ひずみゲージ 1 2 0 C の好ましい配置は、 $\theta = 1 8 0$ 度には限定されない。転動体 3 3 の個数を N、 n を 1 以上（ $N - 1$ ）以下の整数とすると、第 1 ひずみゲージ 1 2 0 A 及び第 3 ひずみゲージ 1 2 0 C は、 $\theta = (360 \times n) / N$ となる位置に配置することができる。なお、ここでいう角 θ には、 ± 3 度の誤差を許容するものとする。例えば、 $\theta = 1 8 3$ 度や $\theta = 1 7 7$ 度の場合は、 $\theta = (360 \times n) / N$ となる位置に配置されているとみなす。

【0038】

図 6 の例では、 $N = 6$ であるから、 $\theta = 6 0$ 度、1 2 0 度、1 8 0 度、2 4 0 度、3 0 0 度の何れかとなる位置に、第 1 ひずみゲージ 1 2 0 A 及び第 3 ひずみゲージ 1 2 0 C を配置することができる。なお、図 6 では、第 1 ひずみゲージ 1 2 0 A の位置を固定したときに、第 3 ひずみゲージ 1 2 0 C を配置することが好ましい位置を破線の四角で示している。

【0039】

なお、第 2 ひずみゲージ 1 2 0 B 及び第 4 ひずみゲージ 1 2 0 D はノイズセンサであるため、ゲージ固定用部材 1 1 0 に設けられていれば、上記の θ とは無関係な任意の位置に配置してよい。

【0040】

図 7 は、図 5 等を示す第 1 ひずみゲージ近傍の部分拡大図である。図 7 に示すように、第 1 ひずみゲージ 1 2 0 A において、抵抗体 1 2 3 は、長手方向（ゲージ長方向）をゲージ固定用部材 1 1 0 の周方向に向けて配置されていることが好ましい。ゲージ固定用部材 1 1 0 の周方向は軸線 m 方向よりも伸縮し易いため、抵抗体 1 2 3 の長手方向をゲージ固定用部材 1 1 0 の周方向に向けて配置することで、大きなひずみ波形を得ることができる。

【0041】

第 1 ひずみゲージ 1 2 0 A は、配線 1 2 4 を介して抵抗体 1 2 3 の両端に接続された一対の端子部 1 2 5 を有しており、各々の端子部 1 2 5 には、はんだ等により、配線 1 3 0 A が電氣的に接続されている。配線 1 3 0 A は、例えば、同軸ケーブルであってもよいし、フレキシブル基板の少なくとも一方側にベタ状の GND が形成された構造等であってもよい。図 5 等を示す第 2 ひずみゲージ 1 2 0 B、第 3 ひずみゲージ 1 2 0 C、第 4 ひずみゲージ 1 2 0 D についても、第 1 ひずみゲージ 1 2 0 A と同様の構造である。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 2 】

第 1 ひずみゲージ 1 2 0 A、第 2 ひずみゲージ 1 2 0 B、第 3 ひずみゲージ 1 2 0 C、及び第 4 ひずみゲージ 1 2 0 D は、電磁ノイズの干渉を受ける。そのため、第 1 ひずみゲージ 1 2 0 A、第 2 ひずみゲージ 1 2 0 B、第 3 ひずみゲージ 1 2 0 C、及び第 4 ひずみゲージ 1 2 0 D の出力には、第 1 転がり軸受 3 0 A のひずみに加え、電磁ノイズが含まれる。ここでいう電磁ノイズとは、例えば、軸受装置 1 がモータに搭載された場合、モータのコイル等から発生するノイズである。

【 0 0 4 3 】

しかし、軸受装置 1 では、第 2 ひずみゲージ 1 2 0 B 及び第 4 ひずみゲージ 1 2 0 D は、ひずみが伝達しにくいゲージ固定用部材 1 1 0 に配置されている。そのため、第 2 ひずみゲージ 1 2 0 B 及び第 4 ひずみゲージ 1 2 0 D は第 1 転がり軸受 3 0 A のひずみをほとんど検出せず、第 2 ひずみゲージ 1 2 0 B 及び第 4 ひずみゲージ 1 2 0 D の出力は、ほぼ電磁ノイズのみとなる。

【 0 0 4 4 】

なお、前述のように、抵抗体 1 2 3 の長手方向を第 1 ハウジング 4 0 の周方向に向けて配置することで、大きなひずみ波形を得ることができる。したがって、第 2 ひずみゲージ 1 2 0 B 及び第 4 ひずみゲージ 1 2 0 D で検出されるひずみをさらに低減するために、第 2 ひずみゲージ 1 2 0 B 及び第 4 ひずみゲージ 1 2 0 D は、抵抗体 1 2 3 の長手方向を軸線 m の方向に向けて配置してもよい。

【 0 0 4 5 】

第 1 ひずみゲージ 1 2 0 A、第 2 ひずみゲージ 1 2 0 B、第 3 ひずみゲージ 1 2 0 C、及び第 4 ひずみゲージ 1 2 0 D は、互いに近くに配置されているため、電磁ノイズの影響はほぼ同じである。そこで、第 1 ひずみゲージ 1 2 0 A 及び第 3 ひずみゲージ 1 2 0 C をひずみが伝達しやすい第 1 ハウジング 4 0 に配置し、第 2 ひずみゲージ 1 2 0 B 及び第 4 ひずみゲージ 1 2 0 D をひずみが伝達しにくいゲージ固定用部材 1 1 0 に配置することにより、両者の出力を用いて電磁ノイズの影響を除去し、S / N 比のよいひずみを検出することができる。以下に、具体的な回路接続例を示す。

【 0 0 4 6 】

図 8 は、第 1 実施形態に係るひずみ検出装置を例示する模式図である。図 8 に示すように、ひずみ検出装置 3 は、軸受装置 1 と、ブリッジ回路 2 とを有している。なお、R 1、R 2、R 3、及び R 4 は、それぞれ第 1 ひずみゲージ 1 2 0 A、第 2 ひずみゲージ 1 2 0 B、第 3 ひずみゲージ 1 2 0 C、及び第 4 ひずみゲージ 1 2 0 D の何れかの抵抗体 1 2 3 に対応する。

【 0 0 4 7 】

つまり、図 8 において、軸受装置 1 の第 1 ひずみゲージ 1 2 0 A、第 2 ひずみゲージ 1 2 0 B、第 3 ひずみゲージ 1 2 0 C、及び第 4 ひずみゲージ 1 2 0 D は、ブリッジ回路 2 の 4 辺の何れかを構成している。抵抗 R 1 と抵抗 R 2 の接続部と、抵抗 R 3 と抵抗 R 4 の接続部との間には、直流電圧 E が供給される。これにより、ブリッジ回路の出力として、抵抗 R 1 と抵抗 R 4 の接続部と、抵抗 R 2 と抵抗 R 3 の接続部との間から、出力電圧 e_0 を得ることができる。

【 0 0 4 8 】

第 1 ひずみゲージ 1 2 0 A は、ブリッジ回路 2 の 4 辺のうち第 1 出力電圧取出し点の一方の側の一边を構成し、第 4 ひずみゲージ 1 2 0 D は、ブリッジ回路 2 の 4 辺のうち第 1 出力電圧取出し点の他方の側の一边を構成する。また、第 2 ひずみゲージ 1 2 0 B は、ブリッジ回路 2 の 4 辺のうち第 2 出力電圧取出し点の第 1 ひずみゲージ 1 2 0 A 側の一边を構成し、第 3 ひずみゲージ 1 2 0 C は、ブリッジ回路の 4 辺のうち第 2 出力電圧取出し点の第 4 ひずみゲージ 1 2 0 D 側の一边を構成する。

【 0 0 4 9 】

具体的には、例えば、図 8 において、抵抗 R 1 と抵抗 R 4 の接続部を第 1 出力電圧取出し点、抵抗 R 2 と抵抗 R 3 の接続部を第 2 出力電圧取出し点とすると、図 8 において、R

10

20

30

40

50

1を第1ひずみゲージ120A、R2を第2ひずみゲージ120B、R3を第3ひずみゲージ120C、R4を第4ひずみゲージ120Dとすることができる。ただし、第1ひずみゲージ120Aと第3ひずみゲージ120C、第2ひずみゲージ120Bと第4ひずみゲージ120Dの位置を入れ替えても同様の出力電圧 e_0 が得られる。

【0050】

また、図8において、抵抗R1と抵抗R4の接続部を第2出力電圧取出し点、抵抗R2と抵抗R3の接続部を第1出力電圧取出し点とすると、図8において、R1を第2ひずみゲージ120B、R2を第1ひずみゲージ120A、R3を第4ひずみゲージ120D、R4を第3ひずみゲージ120Cとすることができる。ただし、第1ひずみゲージ120Aと第3ひずみゲージ120C、第2ひずみゲージ120Bと第4ひずみゲージ120Dの位置を入れ替えても同様の出力電圧 e_0 が得られる。

10

【0051】

例えば、第1ひずみゲージ120A及び第3ひずみゲージ120Cでひずみと電磁ノイズNが検出され、第2ひずみゲージ120B及び第4ひずみゲージ120Dで電磁ノイズNのみが検出される場合、電磁ノイズNはキャンセルされ、出力電圧 $e_0 = E / 2 \times K_s \times$ となる。 K_s はゲージ率である。

【0052】

このように、第1ひずみゲージ120A及び第3ひずみゲージ120Cをひずみが伝達しやすい第1ハウジング40に配置し、第2ひずみゲージ120B及び第4ひずみゲージ120Dをひずみが伝達しにくいゲージ固定用部材110に配置することで、電磁ノイズNの影響を低減可能な信号を出力する軸受装置1を実現できる。そして、軸受装置1を用いてひずみ検出装置3を構成することで、電磁ノイズNの影響が除去されたS/N比のよいひずみを、出力電圧 e_0 として検出することができる。

20

【0053】

ひずみ検出装置3は、さらに直流電圧Eを供給可能な電源、出力電圧 e_0 を増幅する増幅器、増幅器の出力をデジタル信号に変換するA/D変換器、A/D変換器の出力に対して演算等を行う信号処理部等を有してもよい。ブリッジ回路2の出力電圧 e_0 を、例えば信号処理部でFFT解析（高速フーリエ変換）することで、第1転がり軸受30Aの状態を監視できる。

【0054】

30

図9は、図5に示す軸受装置の軸線mに垂直な方向の断面図（その2）であり、第1転がり軸受30Aの各転動体33の中心を通る断面を示している。第1ひずみゲージ120A及び第3ひずみゲージ120Cは、図6とは異なり、図9のように配置してもよい。つまり、第1ひずみゲージ120Aと第3ひずみゲージ120Cとは、第1ひずみゲージ120Aの抵抗体123の直下を転動体33が通過するとき、第3ひずみゲージ120Cの抵抗体123が隣接する2つの転動体33の間に位置するように配置してよい。

【0055】

図9の例では、第1転がり軸受30Aの転動体33の個数が7個であり、第1ひずみゲージ120Aの抵抗体123と第3ひずみゲージ120Cの抵抗体123は、対向する位置に配置されている。つまり、図9の例では、第1ひずみゲージ120Aの抵抗体123の中心と第3ひずみゲージ120Cの抵抗体123の中心とがなす角は180度である。

40

【0056】

ただし、第1ひずみゲージ120Aと第3ひずみゲージ120Cの好ましい配置は、 $\theta = 180$ 度には限定されない。転動体33の個数をN、nを0以上（N-1）以下の整数とすると、第1ひずみゲージ120A及び第3ひずみゲージ120Cは、 $\theta = (360 \times n) / N + 360 / 2N$ となる位置に配置することができる。なお、ここでいう角 θ には、 ± 3 度の誤差を許容するものとする。例えば、 $\theta = 183$ 度や $\theta = 177$ 度の場合は、 $\theta = (360 \times n) / N + 360 / 2N$ となる位置に配置されているとみなす。

【0057】

50

図 9 の例では、 $N = 7$ であるから、 $\theta =$ 約 26 度、約 77 度、約 129 度、180 度、約 231 度、約 283 度、約 334 度の何れかとなる位置に、第 1 ひずみゲージ 120 A 及び第 3 ひずみゲージ 120 C を配置することができる。なお、図 9 では、第 1 ひずみゲージ 120 A の位置を固定したときに、第 3 ひずみゲージ 120 C を配置することが好ましい位置を破線の四角で示している。

【0058】

なお、第 2 ひずみゲージ 120 B 及び第 4 ひずみゲージ 120 D はノイズセンサであるため、ゲージ固定用部材 110 に設けられていれば、上記の θ とは無関係な任意の位置に配置してよい。

【0059】

第 1 ひずみゲージ 120 A 及び第 3 ひずみゲージ 120 C を図 9 のように配置した場合も、図 8 の回路で出力電圧 e_0 を得ることができる。ただし、図 8 の回路において、第 1 ひずみゲージ 120 A は、ブリッジ回路 2 の 4 辺のうち第 1 出力電圧取出し点の一方の側の一边を構成し、第 4 ひずみゲージ 120 D は、ブリッジ回路 2 の 4 辺のうち第 1 出力電圧取出し点の他方の側の一边を構成する。また、第 2 ひずみゲージ 120 B は、ブリッジ回路 2 の 4 辺のうち第 2 出力電圧取出し点の第 4 ひずみゲージ 120 D 側の一边を構成し、第 3 ひずみゲージ 120 C は、ブリッジ回路 2 の 4 辺のうち第 2 出力電圧取出し点の第 1 ひずみゲージ 120 A 側の一边を構成する。

【0060】

具体的には、例えば、図 8 において、抵抗 R_1 と抵抗 R_4 の接続部を第 1 出力電圧取出し点、抵抗 R_2 と抵抗 R_3 の接続部を第 2 出力電圧取出し点とすると、図 8 において、 R_1 を第 1 ひずみゲージ 120 A、 R_2 を第 3 ひずみゲージ 120 C、 R_3 を第 2 ひずみゲージ 120 B、 R_4 を第 4 ひずみゲージ 120 D とすることができる。ただし、第 1 ひずみゲージ 120 A と第 3 ひずみゲージ 120 C、第 2 ひずみゲージ 120 B と第 4 ひずみゲージ 120 D の位置を入れ替えても同様の出力電圧 e_0 が得られる。

【0061】

また、図 8 において、抵抗 R_1 と抵抗 R_4 の接続部を第 2 出力電圧取出し点、抵抗 R_2 と抵抗 R_3 の接続部を第 1 出力電圧取出し点とすると、図 8 において、 R_1 を第 2 ひずみゲージ 120 B、 R_2 を第 4 ひずみゲージ 120 D、 R_3 を第 1 ひずみゲージ 120 A、 R_4 を第 3 ひずみゲージ 120 C とすることができる。ただし、第 1 ひずみゲージ 120 A と第 3 ひずみゲージ 120 C、第 2 ひずみゲージ 120 B と第 4 ひずみゲージ 120 D の位置を入れ替えても同様の出力電圧 e_0 が得られる。

【0062】

例えば、第 1 ひずみゲージ 120 A 及び第 3 ひずみゲージ 120 C でひずみ ϵ と電磁ノイズ N が検出され、第 2 ひずみゲージ 120 B 及び第 4 ひずみゲージ 120 D で電磁ノイズ N のみが検出される場合、電磁ノイズ N はキャンセルされ、出力電圧 $e_0 = E / 2 \times K_s \times \epsilon$ となる。 K_s はゲージ率である。

【0063】

(ひずみゲージ)

図 10 は、第 1 実施形態に係るひずみゲージを例示する平面図である。図 11 は、第 1 実施形態に係るひずみゲージを例示する断面図であり、図 10 の A - A 線に沿う断面を示している。なお、以下では第 1 ひずみゲージ 120 A について説明するが、第 2 ひずみゲージ 120 B、第 3 ひずみゲージ 120 C、及び第 4 ひずみゲージ 120 D も第 1 ひずみゲージ 120 A と同様の構造とすることができる。ただし、各ひずみゲージは、必要に応じ、部分的に異なる構造としてもよい。例えば、基材の大きさやカバー層の有無、その他の仕様は必要に応じて変えてよい。

【0064】

図 10 及び図 11 を参照すると、第 1 ひずみゲージ 120 A は、基材 121 と、機能層 122 と、抵抗体 123 と、配線 124 と、端子部 125 とを有している。但し、機能層 122 は、必要に応じて設ければよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 5 】

なお、図 1 0 及び図 1 1 の説明では、便宜上、第 1 ひずみゲージ 1 2 0 A において、基材 1 2 1 の抵抗体 1 2 3 が設けられている側を上側又は一方の側、抵抗体 1 2 3 が設けられていない側を下側又は他方の側とする。又、各部位の抵抗体 1 2 3 が設けられている側の面を一方の面又は上面、抵抗体 1 2 3 が設けられていない側の面を他方の面又は下面とする。但し、第 1 ひずみゲージ 1 2 0 A は天地逆の状態 で用いることができ、又は任意の角度で配置できる。又、平面視とは対象物を基材 1 2 1 の上面 1 2 1 a の法線方向から視ることを指し、平面形状とは対象物を基材 1 2 1 の上面 1 2 1 a の法線方向から見た形状を指すものとする。

【 0 0 6 6 】

10

基材 1 2 1 は、抵抗体 1 2 3 等を形成するためのベース層となる部材であり、可撓性を有する。基材 1 2 1 の厚さは、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択できるが、例えば、 $5\mu\text{m} \sim 500\mu\text{m}$ 程度とすることができる。特に、基材 1 2 1 の厚さが $5\mu\text{m} \sim 200\mu\text{m}$ であると、接着層 1 5 0 を介して基材 1 2 1 の下面に接合される起歪体表面（例えば、ゲージ固定用部材 1 1 0 の外周面 1 1 0 a）からの歪の伝達性、環境に対する寸法安定性の点で好ましく、 $10\mu\text{m}$ 以上であると絶縁性の点で更に好ましい。

【 0 0 6 7 】

基材 1 2 1 は、例えば、P I（ポリイミド）樹脂、エポキシ樹脂、P E E K（ポリエーテルエーテルケトン）樹脂、P E N（ポリエチレンナフタレート）樹脂、P E T（ポリエチレンテレフタレート）樹脂、P P S（ポリフェニレンサルファイド）樹脂、ポリオレフィン樹脂等の絶縁樹脂フィルムから形成できる。なお、フィルムとは、厚さが $500\mu\text{m}$ 以下程度であり、可撓性を有する部材を指す。

20

【 0 0 6 8 】

ここで、『絶縁樹脂フィルムから形成する』とは、基材 1 2 1 が絶縁樹脂フィルム中にフィラーや不純物等を含有することを妨げるものではない。基材 1 2 1 は、例えば、シリカやアルミナ等のフィラーを含有する絶縁樹脂フィルムから形成しても構わない。

【 0 0 6 9 】

基材 1 2 1 の樹脂以外の材料としては、例えば、 SiO_2 、 ZrO_2 （Y S Z も含む）、 Si 、 Si_2N_3 、 Al_2O_3 （サファイヤも含む）、 ZnO 、ペロブスカイト系セラミックス（ CaTiO_3 、 BaTiO_3 ）等の結晶性材料が挙げられ、更に、それ以外に非晶質のガラス等が挙げられる。又、基材 1 2 1 の材料として、アルミニウム、アルミニウム合金（ジュラルミン）、チタン等の金属を用いてもよい。この場合、金属製の基材 1 2 1 上に、例えば、絶縁膜が形成される。

30

【 0 0 7 0 】

機能層 1 2 2 は、基材 1 2 1 の上面 1 2 1 a に抵抗体 1 2 3 の下層として形成されている。すなわち、機能層 1 2 2 の平面形状は、図 1 0 に示す抵抗体 1 2 3 の平面形状と略同一である。

【 0 0 7 1 】

本願において、機能層とは、少なくとも上層である抵抗体 1 2 3 の結晶成長を促進する機能を有する層を指す。機能層 1 2 2 は、更に、基材 1 2 1 に含まれる酸素や水分による抵抗体 1 2 3 の酸化を防止する機能や、基材 1 2 1 と抵抗体 1 2 3 との密着性を向上する機能を備えていることが好ましい。機能層 1 2 2 は、更に、他の機能を備えていてもよい。

40

【 0 0 7 2 】

基材 1 2 1 を構成する絶縁樹脂フィルムは酸素や水分を含むため、特に抵抗体 1 2 3 が Cr（クロム）を含む場合、Cr は自己酸化膜を形成するため、機能層 1 2 2 が抵抗体 1 2 3 の酸化を防止する機能を備えることは有効である。

【 0 0 7 3 】

機能層 1 2 2 の材料は、少なくとも上層である抵抗体 1 2 3 の結晶成長を促進する機能を有する材料であれば、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択できるが、例えば、Cr

50

(クロム)、Ti (チタン)、V (バナジウム)、Nb (ニオブ)、Ta (タンタル)、Ni (ニッケル)、Y (イットリウム)、Zr (ジルコニウム)、Hf (ハフニウム)、Si (シリコン)、C (炭素)、Zn (亜鉛)、Cu (銅)、Bi (ビスマス)、Fe (鉄)、Mo (モリブデン)、W (タングステン)、Ru (ルテニウム)、Rh (ロジウム)、Re (レニウム)、Os (オスミウム)、Ir (イリジウム)、Pt (白金)、Pd (パラジウム)、Ag (銀)、Au (金)、Co (コバルト)、Mn (マンガン)、Al (アルミニウム) からなる群から選択される 1 種又は複数種の金属、この群の何れかの金属の合金、又は、この群の何れかの金属の化合物が挙げられる。

【0074】

上記の合金としては、例えば、FeCr、TiAl、FeNi、NiCr、CrCu 等が挙げられる。又、上記の化合物としては、例えば、TiN、Ta₂N、Si₃N₄、TiO₂、Ta₂O₅、SiO₂ 等が挙げられる。

【0075】

機能層 122 が金属又は合金のような導電材料から形成される場合には、機能層 122 の膜厚は抵抗体の膜厚の 1/20 以下であることが好ましい。このような範囲であると、
- Cr の結晶成長を促進できると共に、抵抗体に流れる電流の一部が機能層 122 に流れて、ひずみの検出感度が低下することを防止できる。

【0076】

機能層 122 が金属又は合金のような導電材料から形成される場合には、機能層 122 の膜厚は抵抗体の膜厚の 1/50 以下であることがより好ましい。このような範囲であると、
- Cr の結晶成長を促進できると共に、抵抗体に流れる電流の一部が機能層 122 に流れて、ひずみの検出感度が低下することを更に防止できる。

【0077】

機能層 122 が金属又は合金のような導電材料から形成される場合には、機能層 122 の膜厚は抵抗体の膜厚の 1/100 以下であることが更に好ましい。このような範囲であると、抵抗体に流れる電流の一部が機能層 122 に流れて、ひずみの検出感度が低下することを一層防止できる。

【0078】

機能層 122 が酸化物や窒化物のような絶縁材料から形成される場合には、機能層 122 の膜厚は、1 nm ~ 1 μm とすることが好ましい。このような範囲であると、
- Cr の結晶成長を促進できると共に、機能層 122 にクラックが入ることなく容易に成膜できる。

【0079】

機能層 122 が酸化物や窒化物のような絶縁材料から形成される場合には、機能層 122 の膜厚は、1 nm ~ 0.8 μm とすることがより好ましい。このような範囲であると、
- Cr の結晶成長を促進できると共に、機能層 122 にクラックが入ることなく更に容易に成膜できる。

【0080】

機能層 122 が酸化物や窒化物のような絶縁材料から形成される場合には、機能層 122 の膜厚は、1 nm ~ 0.5 μm とすることが更に好ましい。このような範囲であると、
- Cr の結晶成長を促進できると共に、機能層 122 にクラックが入ることなく一層容易に成膜できる。

【0081】

なお、機能層 122 の平面形状は、例えば、図 10 に示す抵抗体の平面形状と略同一にパターンニングされている。しかし、機能層 122 の平面形状は、抵抗体の平面形状と略同一である場合には限定されない。機能層 122 が絶縁材料から形成される場合には、抵抗体の平面形状と同一形状にパターンニングしなくてもよい。この場合、機能層 122 は少なくとも抵抗体が形成されている領域にベタ状に形成されてもよい。或いは、機能層 122 は、基材 121 の上面全体にベタ状に形成されてもよい。

【0082】

又、機能層 1 2 2 が絶縁材料から形成される場合に、機能層 1 2 2 の厚さを 5 0 n m 以上 1 μ m 以下となるように比較的厚く形成し、かつベタ状に形成することで、機能層 1 2 2 の厚さと表面積が増加するため、抵抗体が発熱した際の熱を基材 1 2 1 側へ放熱できる。その結果、第 1 ひずみゲージ 1 2 0 A において、抵抗体の自己発熱による測定精度の低下を抑制できる。

【 0 0 8 3 】

抵抗体 1 2 3 は、機能層 1 2 2 の上面に所定のパターンで形成された薄膜であり、ひずみを受けて抵抗変化を生じる受感部である。

【 0 0 8 4 】

抵抗体 1 2 3 は、例えば、C r (クロム) を含む材料、N i (ニッケル) を含む材料、又は C r と N i の両方を含む材料から形成できる。すなわち、抵抗体 1 2 3 は、C r と N i の少なくとも一方を含む材料から形成できる。C r を含む材料としては、例えば、C r 混相膜が挙げられる。N i を含む材料としては、例えば、C u - N i (銅ニッケル) が挙げられる。C r と N i の両方を含む材料としては、例えば、N i - C r (ニッケルクロム) が挙げられる。

【 0 0 8 5 】

以降は、抵抗体 1 2 3 が C r 混相膜である場合を例にして説明する。ここで、C r 混相膜とは、C r、C r N、C r₂ N 等が混相した膜である。C r 混相膜は、酸化クロム等の不可避不純物を含んでもよい。又、C r 混相膜に、機能層 1 2 2 を構成する材料の一部が拡散されてもよい。この場合、機能層 1 2 2 を構成する材料と窒素とが化合物を形成する場合もある。例えば、機能層 1 2 2 が T i から形成されている場合、C r 混相膜に T i や T i N (窒化チタン) が含まれる場合がある。

【 0 0 8 6 】

抵抗体 1 2 3 の厚さは、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択できるが、例えば、0 . 0 5 μ m ~ 2 μ m 程度とすることができる。特に、抵抗体 1 2 3 の厚さが 0 . 1 μ m 以上であると抵抗体 1 2 3 を構成する結晶の結晶性 (例えば、 α - C r の結晶性) が向上する点で好ましく、1 μ m 以下であると抵抗体 1 2 3 を構成する膜の内部応力に起因する膜のクラックや基材 1 2 1 からの反りを低減できる点で更に好ましい。

【 0 0 8 7 】

機能層 1 2 2 上に抵抗体 1 2 3 を形成することで、安定な結晶相により抵抗体 1 2 3 を形成できるため、ゲージ特性 (ゲージ率、ゲージ率温度係数 T C S、及び抵抗温度係数 T C R) の安定性を向上できる。

【 0 0 8 8 】

例えば、抵抗体 1 2 3 が C r 混相膜である場合、機能層 1 2 2 を設けることで、 α - C r (アルファクロム) を主成分とする抵抗体 1 2 3 を形成できる。 α - C r は安定な結晶相であるため、ゲージ特性の安定性を向上できる。

【 0 0 8 9 】

ここで、主成分とは、対象物質が抵抗体を構成する全物質の 5 0 質量% 以上を占めることを意味する。抵抗体 1 2 3 が C r 混相膜である場合、ゲージ特性を向上する観点から、抵抗体 1 2 3 は α - C r を 8 0 重量% 以上含むことが好ましく、9 0 重量% 以上含むことが更に好ましい。なお、 α - C r は、b c c 構造 (体心立方格子構造) の C r である。

【 0 0 9 0 】

又、抵抗体 1 2 3 が C r 混相膜である場合、C r 混相膜に含まれる C r N 及び C r₂ N は 2 0 重量% 以下であることが好ましい。C r 混相膜に含まれる C r N 及び C r₂ N が 2 0 重量% 以下であることで、ゲージ率の低下を抑制できる。

【 0 0 9 1 】

又、C r N 及び C r₂ N 中の C r₂ N の割合は 8 0 重量% 以上 9 0 重量% 未満であることが好ましく、9 0 重量% 以上 9 5 重量% 未満であることが更に好ましい。C r N 及び C r₂ N 中の C r₂ N の割合が 9 0 重量% 以上 9 5 重量% 未満であることで、半導体的な性質を有する C r₂ N により、T C R の低下 (負の T C R) が一層顕著となる。更に、セラ

10

20

30

40

50

ミックス化を低減することで、脆性破壊の低減がなされる。

【0092】

一方で、膜中に微量の N_2 もしくは原子状の N が混入、存在した場合、外的環境（例えば高温環境下）によりそれらが膜外へ抜け出ること、膜応力の変化を生ずる。化学的に安定な CrN の創出により上記不安定な N を発生させることがなく、安定なひずみゲージを得ることができる。

【0093】

又、機能層122を構成する金属（例えば、 Ti ）が Cr 混相膜中に拡散することにより、ゲージ特性を向上できる。具体的には、第1ひずみゲージ120Aのゲージ率を10以上、かつゲージ率温度係数 TC_S 及び抵抗温度係数 TC_R を $-1000\text{ ppm}/^\circ\text{C} \sim +1000\text{ ppm}/^\circ\text{C}$ の範囲内とすることができる。

【0094】

端子部125は、配線124を介して抵抗体123の両端部から延在しており、平面視において、抵抗体123及び配線124よりも拡幅して略矩形状に形成されている。端子部125は、ひずみにより生じる抵抗体123の抵抗値の変化を外部に出力するための一対の電極である。抵抗体123は、例えば、端子部125及び配線124の一方からジグザグに折り返ししながら延在して他方の配線124及び端子部125に接続されている。端子部125の上面を、端子部125よりもはんだ付け性が良好な金属で被覆してもよい。

【0095】

なお、抵抗体123と配線124と端子部125とは便宜上別符号としているが、これらは同一工程において同一材料により一体に形成できる。

【0096】

抵抗体123及び配線124を被覆し端子部125を露出するように基材121の上面121aにカバー層126（絶縁樹脂層）を設けても構わない。カバー層126を設けることで、抵抗体123及び配線124に機械的な損傷等が生じることを防止できる。又、カバー層126を設けることで、抵抗体123及び配線124を湿気等から保護できる。なお、カバー層126は、端子部125を除く部分の全体を覆うように設けてもよい。

【0097】

カバー層126は、例えば、 PI 樹脂、エポキシ樹脂、 $PEEK$ 樹脂、 PEN 樹脂、 PET 樹脂、 PPS 樹脂、複合樹脂（例えば、シリコン樹脂、ポリオレフィン樹脂）等の絶縁樹脂から形成できる。カバー層は、フィラーや顔料を含有しても構わない。カバー層の厚さは、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択できるが、例えば、 $2\text{ }\mu\text{m} \sim 30\text{ }\mu\text{m}$ 程度とすることができる。

【0098】

第1ひずみゲージ120Aを製造するためには、まず、基材121を準備し、基材121の上面121aに機能層122を形成する。基材121及び機能層122の材料や厚さは、前述の通りである。但し、機能層122は、必要に応じて設ければよい。

【0099】

機能層122は、例えば、機能層122を形成可能な原料をターゲットとし、チャンバ内に Ar （アルゴン）ガスを導入したコンベンショナルスパッタ法により真空成膜できる。コンベンショナルスパッタ法を用いることにより、基材121の上面121aを Ar でエッチングしながら機能層122が成膜されるため、機能層122の成膜量を最小限にして密着性改善効果を得ることができる。

【0100】

但し、これは、機能層122の成膜方法の一例であり、他の方法により機能層122を成膜してもよい。例えば、機能層122の成膜の前に Ar 等を用いたプラズマ処理等により基材121の上面121aを活性化することで密着性改善効果を獲得し、その後マグネトロンスパッタ法により機能層122を真空成膜する方法を用いてもよい。

【0101】

次に、機能層122の上面全体に抵抗体123、配線124、及び端子部125となる

金属層を形成後、フォトリソグラフィによって機能層 1 2 2 並びに抵抗体 1 2 3、配線 1 2 4、及び端子部 1 2 5 を図 1 0 に示す平面形状にパターンニングする。抵抗体 1 2 3、配線 1 2 4、及び端子部 1 2 5 の材料や厚さは、前述の通りである。抵抗体 1 2 3、配線 1 2 4、及び端子部 1 2 5 は、同一材料により一体に形成できる。抵抗体 1 2 3、配線 1 2 4、及び端子部 1 2 5 は、例えば、抵抗体 1 2 3、配線 1 2 4、及び端子部 1 2 5 を形成可能な原料をターゲットとしたマグネトロンスパッタ法により成膜できる。抵抗体 1 2 3、配線 1 2 4、及び端子部 1 2 5 は、マグネトロンスパッタ法に代えて、反応性スパッタ法や蒸着法、アークイオンプレーティング法、パルスレーザー堆積法等を用いて成膜してもよい。

【0102】

10

機能層 1 2 2 の材料と抵抗体 1 2 3、配線 1 2 4、及び端子部 1 2 5 の材料との組み合わせは、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択できるが、例えば、機能層 1 2 2 として Ti を用い、抵抗体 1 2 3、配線 1 2 4、及び端子部 1 2 5 として Cr (アルファクロム) を主成分とする Cr 混相膜を成膜可能である。

【0103】

この場合、例えば、Cr 混相膜を形成可能な原料をターゲットとし、チャンバ内に Ar ガスを導入したマグネトロンスパッタ法により、抵抗体 1 2 3、配線 1 2 4、及び端子部 1 2 5 を成膜できる。或いは、純 Cr をターゲットとし、チャンバ内に Ar ガスと共に適量の窒素ガスを導入し、反応性スパッタ法により、抵抗体 1 2 3、配線 1 2 4、及び端子部 1 2 5 を成膜してもよい。この際、窒素ガスの導入量や圧力(窒素分圧)を変え、加

20

【0104】

これらの方法では、Ti からなる機能層 1 2 2 がきっかけで Cr 混相膜の成長面が規定され、安定な結晶構造である Cr を主成分とする Cr 混相膜を成膜できる。又、機能層 1 2 2 を構成する Ti が Cr 混相膜中に拡散することにより、ゲージ特性が向上する。例えば、第 1 ひずみゲージ 1 2 0 A のゲージ率を 1 0 以上、かつゲージ率温度係数 TCS 及び抵抗温度係数 TCR を $-1000 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ ~ $+1000 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ の範囲内とすることができる。

【0105】

30

なお、抵抗体 1 2 3 が Cr 混相膜である場合、Ti からなる機能層 1 2 2 は、抵抗体 1 2 3 の結晶成長を促進する機能、基材 1 2 1 に含まれる酸素や水分による抵抗体 1 2 3 の酸化を防止する機能、及び基材 1 2 1 と抵抗体 1 2 3 との密着性を向上する機能の全てを備えている。機能層 1 2 2 として、Ti に代えて Ta、Si、Al、Fe を用いた場合も同様である。

【0106】

その後、必要に応じ、基材 1 2 1 の上面 1 2 1 a に、抵抗体 1 2 3 及び配線 1 2 4 を被覆し端子部 1 2 5 を露出するカバー層 1 2 6 を設けることで、第 1 ひずみゲージ 1 2 0 A が完成する。カバー層 1 2 6 は、例えば、基材 1 2 1 の上面 1 2 1 a に、抵抗体 1 2 3 及び配線 1 2 4 を被覆し端子部 1 2 5 を露出するように半硬化状態の熱硬化性の絶縁樹脂フ

40

【0107】

このように、抵抗体 1 2 3 の下層に機能層 1 2 2 を設けることにより、抵抗体 1 2 3 の結晶成長を促進可能となり、安定な結晶相からなる抵抗体 1 2 3 を作製できる。その結果、第 1 ひずみゲージ 1 2 0 A において、ゲージ特性の安定性を向上できる。又、機能層 1 2 2 を構成する材料が抵抗体 1 2 3 に拡散することにより、第 1 ひずみゲージ 1 2 0 A において、ゲージ特性を向上できる。

50

【 0 1 0 8 】

なお、抵抗体 1 2 3 の材料として C r 混相膜を用いた第 1 ひずみゲージ 1 2 0 A は、高感度化（従来比 5 0 0 % 以上）かつ、小型化（従来比 1 / 1 0 以下）を実現している。例えば、従来のひずみゲージの出力が 0 . 0 4 m V / 2 V 程度であったのに対して、第 1 ひずみゲージ 1 2 0 A では 0 . 3 m V / 2 V 以上の出力を得ることができる。又、従来のひずみゲージの大きさ（ゲージ長×ゲージ幅）が 3 m m × 3 m m 程度であったのに対して、第 1 ひずみゲージ 1 2 0 A の大きさ（ゲージ長×ゲージ幅）は 0 . 3 m m × 0 . 3 m m 程度に小型化できる。

【 0 1 0 9 】

このように、抵抗体 1 2 3 の材料として C r 混相膜を用いた第 1 ひずみゲージ 1 2 0 A は小型であるため、特に、直径（外輪 3 1 の外径）が 3 0 m m 以下である小型の第 1 転がり軸受 3 0 A 及び第 2 転がり軸受 3 0 B を用いた軸受装置 1 に使用すると好適である。又、抵抗体 1 2 3 の材料として C r 混相膜を用いた第 1 ひずみゲージ 1 2 0 A は高感度であり、小さい変位を検出できるため、従来は検出が困難であった微小なひずみを検出可能である。すなわち、抵抗体 1 2 3 の材料として C r 混相膜を用いた第 1 ひずみゲージ 1 2 0 A を有することにより、ひずみを精度よく検出する機能を備えた軸受装置 1 を実現できる。

【 0 1 1 0 】

（モータ）

軸受装置 1 は、モータに搭載することができる。図 1 2 は、第 1 実施形態に係る軸受装置を搭載したモータを例示する断面図である。図 1 2 に示すように、モータ 5 は、軸受装置 1 と、インペラ 1 0 と、ステータ 5 0 と、ロータ 6 0 と、ケーシング 7 0 とを有する軸流ファンモータである。なお、軸受装置 1 は、軸流ファンモータ以外のモータにも搭載可能である。

【 0 1 1 1 】

インペラ 1 0 は、ロータハウジング 1 1 と、ロータハウジング 1 1 の外周に設けられた羽根 1 2 とを有している。インペラ 1 0 の中心には、軸受装置 1 が固定されている。ステータ 5 0 は、インシュレータ 5 1 と、ステータコア 5 2 と、コイル 5 3 とを有し、軸受装置 1 の第 1 ハウジング 4 0 の外周に配置されている。ステータコア 5 2 は、例えば、第 1 ハウジング 4 0 の外周に圧入等により固定されている。

【 0 1 1 2 】

ロータ 6 0 は、ロータハウジング 1 1 の内側に一体的に設けられたロータヨーク 6 1 と、ロータヨーク 6 1 の内側に装着されたロータマグネット 6 2 とを有している。なお、図 1 2 の例では、ロータヨーク 6 1 は、ロータハウジング 1 1 の内側に一体的に設けられているが、これには限定されず、ロータヨーク 6 1 はロータハウジング 1 1 の内側に装着されてもよい。又、回転軸 2 0 は、ロータヨーク 6 1 に装着されてロータハウジング 1 1 の中心に固定されているが、回転軸 2 0 はロータハウジング 1 1 に直接固定してもよい。

【 0 1 1 3 】

ケーシング 7 0 は、インペラ 1 0 の外周を覆うケーシング外枠 7 1 と、第 1 ハウジング 4 0 を固定するベース部ハブ 7 2 と、ケーシング外枠 7 1 とベース部ハブ 7 2 とを連結する静翼 7 3 とを有している。

【 0 1 1 4 】

なお、図 1 2 の例では、ケーシング外枠 7 1 とベース部ハブ 7 2 とが、静翼 7 3 で連結されている場合を示しているが、ケーシング外枠 7 1 とベース部ハブ 7 2 とは、連結シャフトのような棒状の構造で連結されてもよい。

【 0 1 1 5 】

又、軸受装置 1 の第 1 ハウジング 4 0 は、ケーシング 7 0 を樹脂で射出成形するとき、ベース部ハブ 7 2 に一体化するように固定してもよいが、先にケーシング 7 0 を成形しておき、後からベース部ハブ 7 2 の部分に固定するようにしてもよい。つまり、モータ 5 において、ベース部ハブ 7 2 は、図 5 等にした第 2 ハウジング 1 4 0 に相当する。

【 0 1 1 6 】

モータ 5 において、ステータ 5 0 とロータ 6 0 とでモータ部 8 0 が構成されており、電源部（図示せず）からコイル 5 3 に電流を供給することにより、第 1 ハウジング 4 0 内に回転自在に支持された回転軸 2 0 の中心軸を軸線 m としてインペラ 1 0 が回転する。すなわち、モータ 5 は、所謂アウトロータ型のモータである。

【 0 1 1 7 】

モータ 5 において、図 1 2 の上側が吸込み口側であり、下側が吹出し口側である。従って、モータ 5 では、ケーシング外枠 7 1 の空気の吸込み口側にインペラ 1 0 が設けられ、吹出し口側にベース部ハブ 7 2 が設けられている。

【 0 1 1 8 】

図 5 等にした配線 1 3 0 A ~ 1 3 0 D がシールド部分を有する場合、電磁ノイズの影響を抑制する観点から、第 1 ひずみゲージ 1 2 0 A 等が固定されている第 1 ハウジング 4 0 は、配線 1 3 0 A 等のシールド部分と同電位の GND とすることが好ましい。また、第 2 ひずみゲージ 1 2 0 B 等が固定されているゲージ固定用部材 1 1 0 は、配線 1 3 0 B 等のシールド部分と同電位の GND とすることが好ましい。例えば導電性接着剤により第 1 ハウジング 4 0 と配線 1 3 0 A のシールド部分とを接着することで、両者を同電位の GND とすることができる。また、導電性接着剤によりゲージ固定用部材 1 1 0 と配線 1 3 0 B のシールド部分とを接着することで、両者を同電位の GND とすることができる。導電性接着剤としては、例えば銀、ニッケル、金、銅、カーボンブラック等の粒子が接着剤中に分散したペーストが挙げられる。

【 0 1 1 9 】

なお、配線 1 3 0 A ~ 1 3 0 D は、例えば、センサユニット 1 0 0 からモータ 5 の外部に直接引き出されてもよいし、モータ 5 の内部に配置された回路基板と電氣的に接続されてもよい。

【 0 1 2 0 】

軸受装置 1 において、第 1 ハウジング 4 0 とセンサユニット 1 0 0 は別部品である。そのため、モータ 5 を組み立てる際には、センサユニット 1 0 0 に搭載された各ひずみゲージをモータ 5 に容易に配置可能である。すなわち、第 2 ハウジングとなるベース部ハブ 7 2 に第 1 ハウジング 4 0 を圧入した後に、第 2 ハウジングとなるベース部ハブ 7 2 の内周側に、ひずみゲージが搭載されたセンサユニット 1 0 0 を取り付けることができる。

【 0 1 2 1 】

モータ 5 の軸受装置 1 において、第 1 ハウジング 4 0 は、第 1 ひずみゲージ 1 2 0 A 及び第 3 ひずみゲージ 1 2 0 C を配置する領域を確保するために、端部（第 2 外周面 4 0 b の部分）を肉薄にしている。そのため、第 1 ハウジング 4 0 において、第 2 ハウジング 1 4 0 に圧入できる部分が少なくなり、何らの対策も施さないと、第 1 ハウジング 4 0 の剛性が低下することおそれがある。しかし、モータ 5 では、第 2 ハウジング 1 4 0 にセンサユニット 1 0 0 を圧入しているため、第 1 ハウジング 4 0 の剛性を高くすることができる。

【 0 1 2 2 】

また、第 1 転がり軸受 3 0 A 及び第 2 転がり軸受 3 0 B を保持する第 1 ハウジング 4 0 の剛性が低下すると、回転軸 2 0 の振れが発生する。その結果、第 1 ひずみゲージ 1 2 0 A 及び第 3 ひずみゲージ 1 2 0 C で検出される波形にうねりが発生し、第 1 転がり軸受 3 0 A の異常を検知する精度が低下するおそれがある。しかし、モータ 5 では、第 2 ハウジング 1 4 0 にセンサユニット 1 0 0 を圧入して、第 1 ハウジング 4 0 の剛性を高くしているため、回転軸 2 0 の振れの発生を抑制することができる。また、回転軸 2 0 の振れを抑える結果、第 1 転がり軸受 3 0 A 及び第 2 転がり軸受 3 0 B の寿命を長くすることができる。

【 0 1 2 3 】

なお、モータ 5 は、ひずみ検出装置 3 を有してもよい。すなわち、軸受装置 1 に加えてモータ 5 に図 8 に示したブリッジ回路 2 を搭載することも可能である。ひずみ検出装置 3

10

20

30

40

50

を用いて第 1 転がり軸受 30A のひずみ波形の変化をモニタリングすることで、第 1 転がり軸受 30A の異常を検知し、モータ 5 が回転不具合を発生する前に異常を検知することが可能となる。例えば、サーバの冷却等に用いられる軸流ファンモータは、常に動作しており、一時的にでもストップすると冷却能力が下がる。この場合、軸流ファンモータの異常を少しでも早く検知したいため、第 1 転がり軸受 30A の状態をモニタリングすることは特に有効である。

【0124】

第 1 実施形態の変形例 1

第 1 実施形態の変形例 1 では、2 つのひずみゲージを有するセンサユニットの例を示す。なお、第 1 実施形態の変形例 1 において、既に説明した実施形態と同一構成部についての説明は省略する場合がある。

10

【0125】

図 13 は、第 1 実施形態の変形例 1 に係る軸受装置を例示する断面図であり、回転軸 20 の軸線 m を通る断面を示している。なお、図 13 は、センサユニット 100A を第 1 ハウジング 40 の外周面に取り付けた後の状態である。

【0126】

図 13 に示す軸受装置 1A は、センサユニット 100 がセンサユニット 100A に置換された点が、軸受装置 1 (図 5 等参照) と相違する。センサユニット 100A は、第 2 ひずみゲージ 120B を有しているが、第 4 ひずみゲージ 120D は有していない。センサユニット 100A は、これ以外の点ではセンサユニット 100 と同様である。また、第 1 ハウジング 40 は、第 1 ひずみゲージ 120A を有しているが、第 3 ひずみゲージ 120C は有していない。

20

【0127】

軸受装置 1A の第 1 ひずみゲージ 120A 及び第 2 ひずみゲージ 120B のみを用いても、第 1 実施形態と同様、電磁ノイズ N の影響が除去された S/N 比のよいひずみを、出力電圧 e_0 として検出することができる。

【0128】

具体的には、図 8 に示すブリッジ回路の R1 を第 1 ひずみゲージ 120A、R4 を第 2 ひずみゲージ 120B、R2 及び R3 を固定抵抗 R とする。これにより、ブリッジ回路の出力として、出力電圧 e_0 を得ることができる。例えば、第 1 ひずみゲージ 120A でひずみと電磁ノイズ N が検出され、第 2 ひずみゲージ 120B で電磁ノイズ N のみが検出される場合、電磁ノイズ N はキャンセルされ、出力電圧 $e_0 = E / 4 \times K_s \times$ となる。

30

【0129】

このように、センサユニットに設けるひずみゲージは、1 つであっても 2 つであってもよい。ひずみが伝達しやすい第 1 ハウジング 40 と、ひずみが伝達しにくいゲージ固定用部材 110 に、少なくとも 1 つずつひずみゲージを配置することで、電磁ノイズ N の影響を低減することができる。2 つのひずみゲージを有するセンサユニットは、大きな出力電圧 e_0 が得られる点で有利である。一方、1 つのひずみゲージを有するセンサユニットは、部品点数を低減できる点で有利である。したがって、要求仕様に応じて、何れかのセンサユニットを選択することが好ましい。

40

【0130】

第 1 実施形態の変形例 2

第 1 実施形態の変形例 2 では、2 つのセンサユニットを備えた軸受装置の例を示す。なお、第 1 実施形態の変形例 2 において、既に説明した実施形態と同一構成部についての説明は省略する場合がある。

【0131】

図 14 は、第 1 実施形態の変形例 2 に係る軸受装置を例示する断面図 (その 1) であり、回転軸 20 の軸線 m を通る断面を示している。図 15 は、第 1 実施形態の変形例 2 に係る軸受装置を例示する断面図 (その 2) であり、図 14 の B-B 線に沿う断面の一例である。図 16 は、第 1 実施形態の変形例 2 に係る軸受装置を例示する断面図 (その 3) であ

50

り、図 14 の B - B 線に沿う断面の他の例である。なお、図 14 は、2 つのセンサユニット 100 を第 2 ハウジング 140 の内周面 140 a に取り付けた後の状態である。

【0132】

図 14 ~ 図 16 に示すように、軸受装置 1 B は、回転軸 20 と、第 1 転がり軸受 30 A と、第 2 転がり軸受 30 B と、第 1 ハウジング 40 と、2 つのセンサユニット 100 とを有している。

【0133】

センサユニット 100 の一方は、第 2 ハウジング 140 の軸線 m 方向の一方側（第 1 転がり軸受 30 A 側）に嵌めこむことができる。センサユニット 100 の一方の近傍の構造は、図 5 等に示す軸受装置 1 と同様である。センサユニット 100 の他方は、第 1 ハウジング 40 の軸線 m 方向の他方側（第 2 転がり軸受 30 B 側）に嵌めこむことができる。つまり、センサユニット 100 の一方は、第 1 転がり軸受 30 A 側に配置され、センサユニット 100 の他方は、第 2 転がり軸受 30 B 側に配置されている。

10

【0134】

第 1 ハウジング 40 において、第 1 転がり軸受 30 A の外周側及び第 2 転がり軸受 30 B の外周側のそれぞれに、応力センサである第 1 ひずみゲージ 120 A 及び第 3 ひずみゲージ 120 C が設けられている。第 1 ひずみゲージ 120 A の一方及び第 3 ひずみゲージ 120 C の一方は、径方向視で第 1 転がり軸受 30 A の外周面と重複する位置にある。また、第 1 ひずみゲージ 120 A の他方及び第 3 ひずみゲージ 120 C の他方は、径方向視で第 2 転がり軸受 30 B の外周面と重複する位置にある。

20

【0135】

図 15 に示すように、センサユニット 100 の他方（第 2 転がり軸受 30 B 側のセンサユニット）において、各ひずみゲージの電極に接続される線材（配線 130 A 等）は、例えば、第 1 ハウジング 40 に設けた溝 40 x を通して、第 1 転がり軸受 30 A 側に引き回すことができる。或いは、図 16 に示すように、第 1 ハウジング 40 に設けた穴 40 y を通して、第 1 転がり軸受 30 A 側に引き回してもよい。

【0136】

このように、第 1 転がり軸受 30 A 及び第 2 転がり軸受 30 B のそれぞれのひずみを検出するセンサユニット 100 を設けてもよい。また、2 つのセンサユニット 100 に代えて、図 16 に示すセンサユニット 100 A を 2 つ用いてもよい。すなわち、それぞれのセンサユニットは、2 つのひずみゲージ（第 2 ひずみゲージ 120 B、及び第 4 ひずみゲージ 120 D）を有してもよいし、1 つのひずみゲージ（第 2 ひずみゲージ 120 B）を有してもよい。

30

【0137】

第 1 実施形態の変形例 3

第 1 実施形態の変形例 3 では、ゲージ固定用部材のバリエーションの例を示す。なお、第 1 実施形態の変形例 3 において、既に説明した実施形態と同一構成部についての説明は省略する場合がある。

【0138】

図 17 は、第 1 実施形態の変形例 3 に係るゲージ固定用部材の部分拡大図（その 1）である。図 18 は、第 1 実施形態の変形例 3 に係るゲージ固定用部材の部分拡大図（その 2）である。図 19 は、第 1 実施形態の変形例 3 に係るゲージ固定用部材の部分拡大図（その 3）である。図 20 は、第 1 実施形態の変形例 3 に係るゲージ固定用部材の部分拡大図（その 4）である。図 21 は、第 1 実施形態の変形例 3 に係るゲージ固定用部材の部分拡大図（その 5）である。

40

【0139】

図 17 に示すように、ゲージ固定用部材 110 は、中心軸方向の他端側から外側に周状に突起する突起部 110 c を設けたフランジタイプとしてもよい。突起部 110 c を設けることにより、ゲージ固定用部材 110 の剛性を高くすることができる。その結果、第 1 ハウジング 40 の剛性を高くすることができる。また、図 18 に示すように、突起部 11

50

0 c が第 2 ハウジング 1 4 0 に設けた凹みに収まるような構造としてもよい。この場合、突起部 1 1 0 c の下面と第 2 ハウジング 1 4 0 の下面は、同一平面上に位置してもよい。

【0 1 4 0】

図 1 7 及び図 1 8 では、ゲージ固定用部材 1 1 0 は、中心軸方向の一端側及び他端側が開口する構造であるが、図 1 9 に示すように、ゲージ固定用部材 1 1 0 は、中心軸方向の一端側が開口し、他端側が閉口する構造であってもよい。この構造では、図 1 7 及び図 1 8 の構造よりも、ゲージ固定用部材 1 1 0 の剛性をさらに高くすることができる。その結果、第 1 ハウジング 4 0 の剛性をさらに高くすることができる。なお、図 1 9 の例では、各ひずみゲージの配線の通路を確保するため、1 つ以上の穴 1 1 0 x を設けている。

【0 1 4 1】

各ひずみゲージの配線の通路を確保するため、図 2 0 に示すように、ゲージ固定用部材 1 1 0 に、中心軸方向に伸びるスリット 1 1 0 y を設けてもよい。また、図 2 1 に示すように、ゲージ固定用部材 1 1 0 に、内周面側に開口し、中心軸方向に伸びる溝 1 1 0 z を設けてもよい。もちろん、ゲージ固定用部材 1 1 0 にスリットや溝を複数個設けてもよいし、両者が混在してもよい。また、ゲージ固定用部材 1 1 0 の中心軸方向の一部分にスリットや溝を設けてもよい。

【0 1 4 2】

図 2 2 は、第 1 実施形態の変形例 3 に係るゲージ固定用部材の部分拡大図（その 6）である。図 2 2 に示すように、ゲージ固定用部材 1 1 0 は、第 1 ハウジング 4 0 と第 2 ハウジング 1 4 0 との隙間に配置される領域に肉薄部及び肉厚部を備え、肉薄部の内周面に第 2 ひずみゲージ 1 2 0 B が設けられてもよい。図 2 2 の例では、ゲージ固定用部材 1 1 0 において、第 1 転がり軸受 3 0 A と径方向視で重複する領域を肉薄部とし、第 1 転がり軸受 3 0 A と径方向視で重複しない領域を肉厚部としている。

【0 1 4 3】

図 2 2 の構造の場合、ゲージ固定用部材 1 1 0 の肉厚部の内周面を第 1 ハウジング 4 0 の第 2 外周面 4 0 b に当接することで、第 1 ハウジング 4 0 の剛性を高くすることができる。なお、図 2 2 の構造の場合、ひずみゲージと接続する配線を通すために、第 1 ハウジング 4 0 の外周側の領域 M 1 に溝や穴を設けてもよい。あるいは、ゲージ固定用部材 1 1 0 の領域 M 2 に溝や穴を設けてもよい。

【0 1 4 4】

図 2 3 は、第 1 実施形態の変形例 3 に係るゲージ固定用部材の部分拡大図（その 7）である。図 2 3 の例では、ゲージ固定用部材 1 1 0 において、第 1 転がり軸受 3 0 A と径方向視で重複する領域の一部を肉厚部とし、第 1 転がり軸受 3 0 A と径方向視で重複しない領域を肉薄部としている。図 2 3 の構造の場合、ゲージ固定用部材 1 1 0 に肉厚部を設けることで、ゲージ固定用部材 1 1 0 の剛性を高くすることができる。その結果、第 1 ハウジング 4 0 の剛性を高くすることができる。

【0 1 4 5】

図 2 4 は、第 1 実施形態の変形例 3 に係るゲージ固定用部材の部分拡大図（その 8）である。図 2 4 に示すように、ゲージ固定用部材 1 1 0 の端面にはひずみが伝達しにくいいため、ゲージ固定用部材 1 1 0 の端面に第 2 ひずみゲージ 1 2 0 B を配置してもよい。ゲージ固定用部材 1 1 0 の端面に第 2 ひずみゲージ 1 2 0 B を配置する場合、第 2 ひずみゲージ 1 2 0 B の貼り代を確保するために、ゲージ固定用部材 1 1 0 の外周面 1 1 0 a の下部から外側に周状に突起する突起部 1 1 0 c を設けたフランジタイプとすることが好ましい。

【0 1 4 6】

なお、図 1 7 ~ 図 2 4 に示した構造は、技術的に可能な範囲内で適宜組み合わせることができる。

【0 1 4 7】

以上、好ましい実施形態等について詳説したが、上述した実施形態等に制限されることはなく、特許請求の範囲に記載された範囲を逸脱することなく、上述した実施形態等に種

10

20

30

40

50

々の変形及び置換を加えることができる。

【 0 1 4 8 】

例えば、本発明は、第 1 転がり軸受及び第 2 転がり軸受の何れか一方のみを有する軸受装置、ひずみ検出装置、及びモータにも適用できる。

【 符号の説明 】

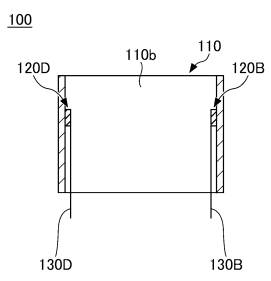
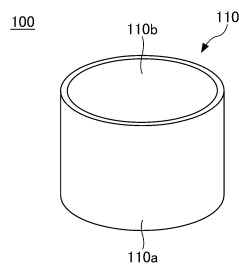
【 0 1 4 9 】

1, 1 A, 1 B 軸受装置、2 ブリッジ回路、3 ひずみ検出装置、5 モータ、10 インペラ、11 ロータハウジング、12 羽根、20 回転軸、30 A 第 1 転がり軸受、30 B 第 2 転がり軸受、31 外輪、32 内輪、33 転動体、40 第 1 ハウジング、40 a 第 1 外周面、40 b 第 2 外周面、40 x 溝、40 y 穴、51 インシュレータ、52 ステータコア、53 コイル、60 ロータ、61 ロータヨーク、62 ロータマグネット、70 ケーシング、71 ケーシング外枠、72 ベース部ハブ、73 静翼、80 モータ部、100, 100 A センサユニット、110 ゲージ固定用部材、110 a 外周面、110 b 内周面、110 c 突起部、110 x 穴、110 y スリット、110 z 溝、120 A 第 1 ひずみゲージ、120 B 第 2 ひずみゲージ、120 C 第 3 ひずみゲージ、120 D 第 4 ひずみゲージ、121 基材、122 機能層、123 抵抗体、124 配線、125 端子部、126 カバー層、130 A, 130 B, 130 C, 130 D 配線

【 図面 】

【 図 1 】

【 図 2 】



10

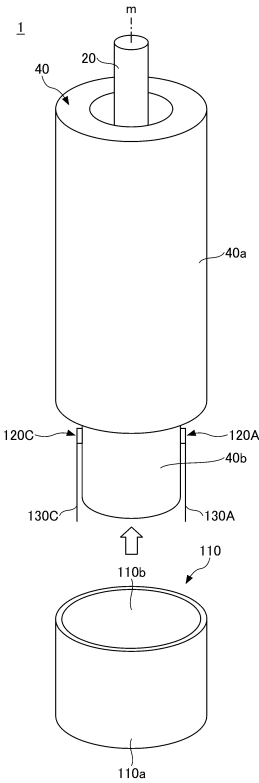
20

30

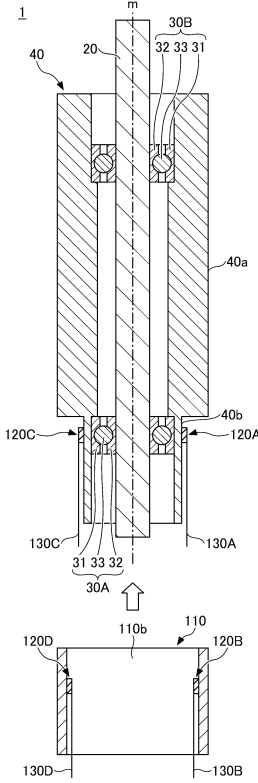
40

50

【 図 3 】



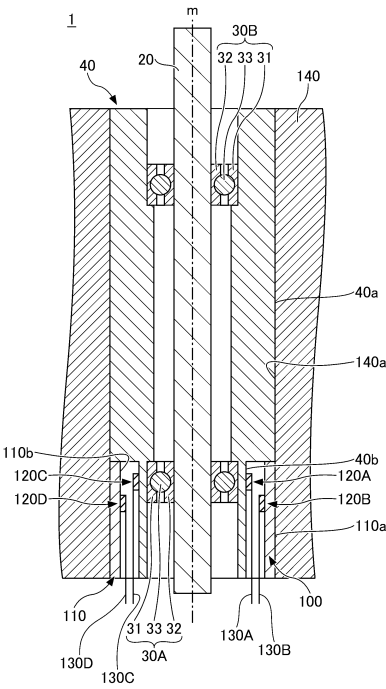
【 図 4 】



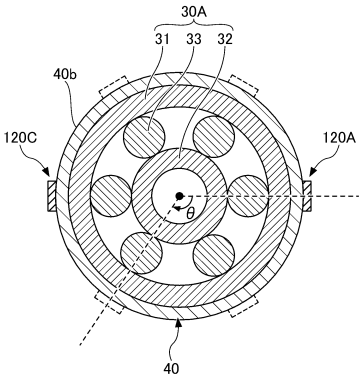
10

20

【 図 5 】



【 図 6 】

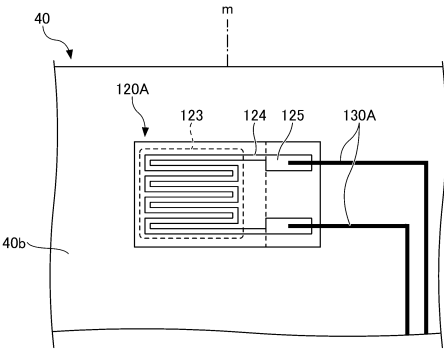


30

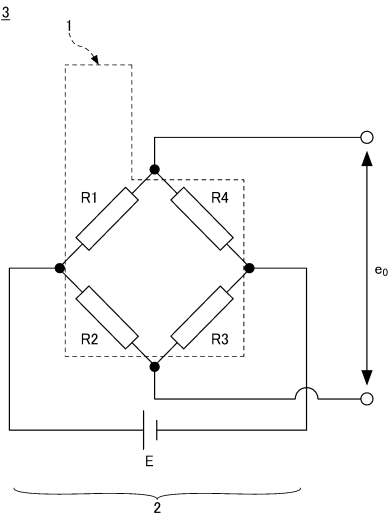
40

50

【 図 7 】

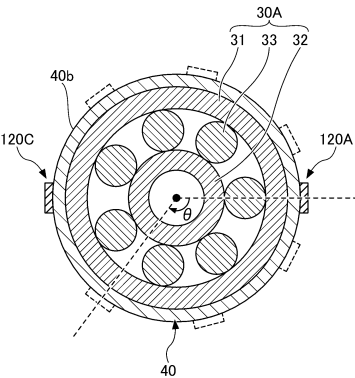


【 図 8 】

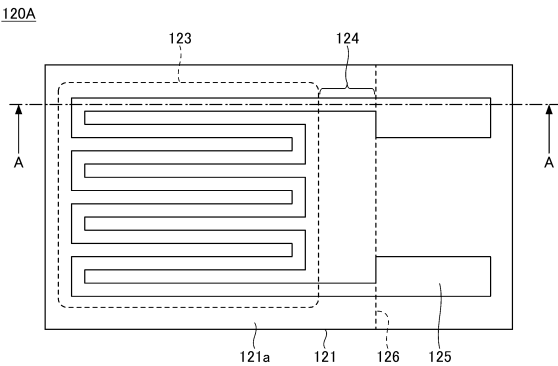


10

【 図 9 】



【 図 10 】



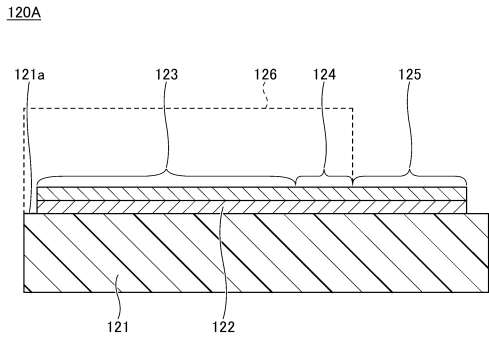
20

30

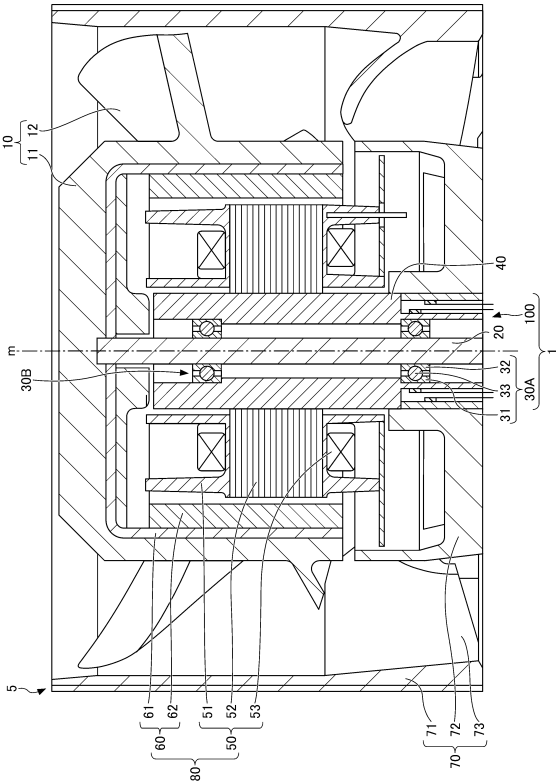
40

50

【 図 1 1 】



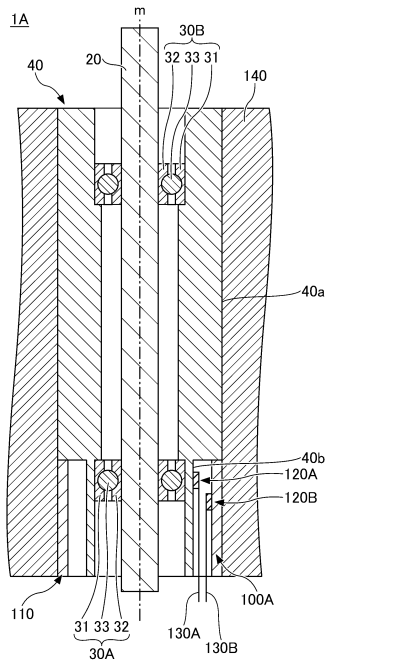
【 図 1 2 】



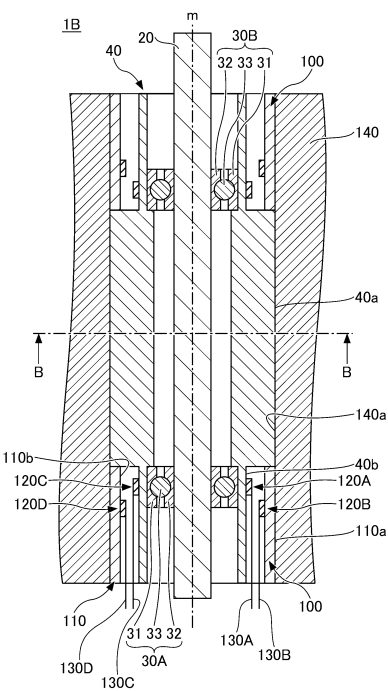
10

20

【 図 1 3 】



【 図 1 4 】

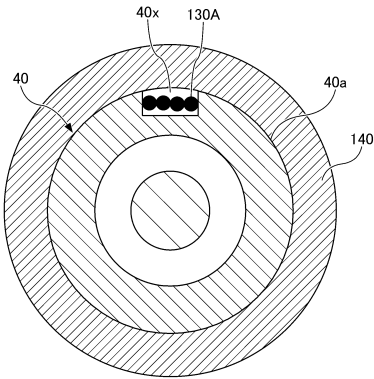


30

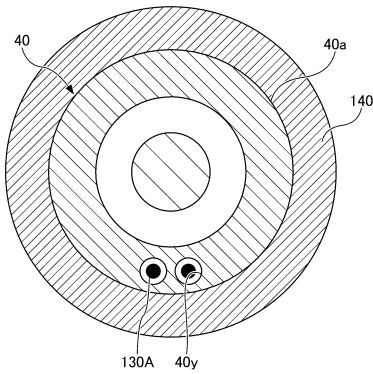
40

50

【 図 1 5 】

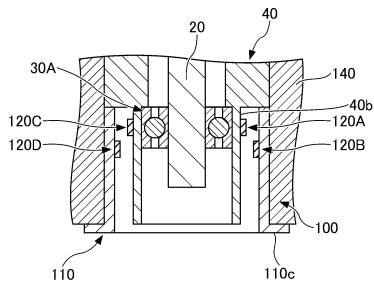


【 図 1 6 】

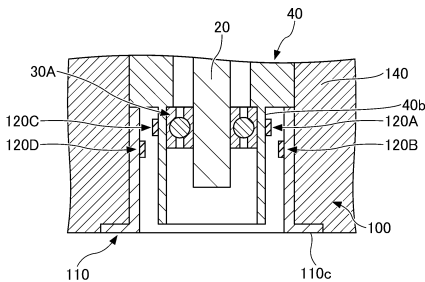


10

【 図 1 7 】

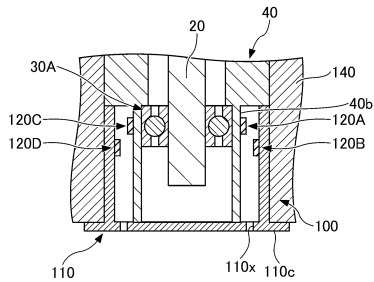


【 図 1 8 】

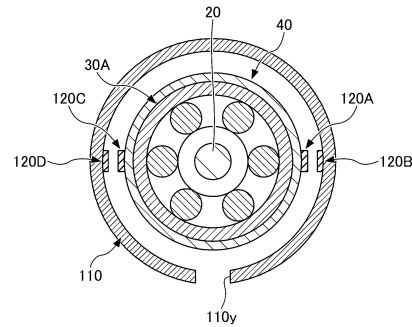


20

【 図 1 9 】



【 図 2 0 】

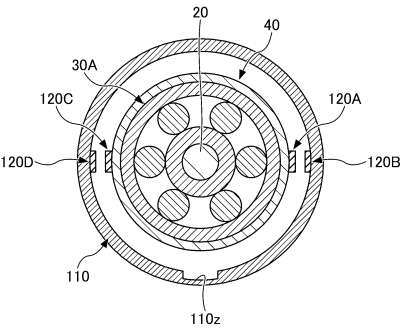


30

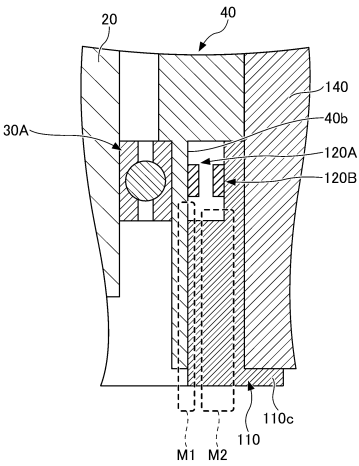
40

50

【 図 2 1 】

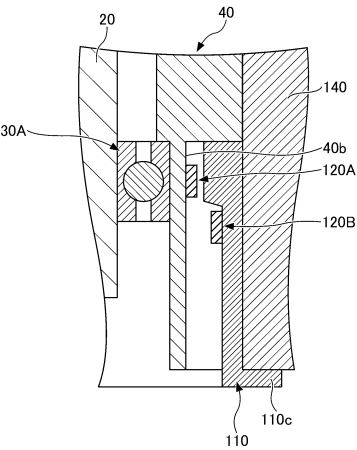


【 図 2 2 】

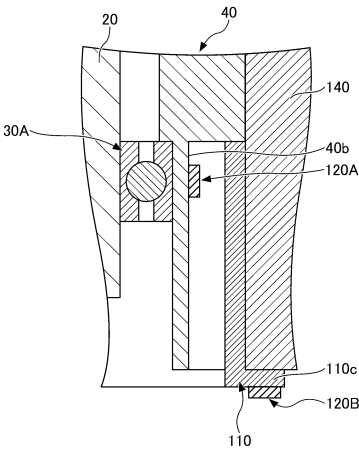


10

【 図 2 3 】



【 図 2 4 】



20

30

40

50

フロントページの続き

長野県北佐久郡御代田町大字御代田 4 1 0 6 - 7 3 ミネベアミツミ株式会社内
(72)発明者 内田 洋治
長野県北佐久郡御代田町大字御代田 4 1 0 6 - 7 3 ミネベアミツミ株式会社内
F ターム (参考) 2F063 AA25 BA03 BC02 BC04 CA34 DA02 DA05 DC08 DD03 EC13
EC14 EC15 EC18 EC26 LA19
3J217 JA02 JA14 JA15 JA24 JA38 JB23 JB26 JB70
3J701 AA02 AA42 AA52 AA62 BA77 FA21 FA24 FA26 GA21
5H501 BB05 DD01 LL23 LL45 LL60 MM09