

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2024年12月12日(12.12.2024)



(10) 国際公開番号

WO 2024/253017 A1

(51) 国際特許分類:
G01L 3/14 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2024/019899

(22) 国際出願日: 2024年5月30日(30.05.2024)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
PCT/JP2023/021261 2023年6月7日(07.06.2023) JP

(71) 出願人: 株式会社ハーモニック・ドライブ・システムズ (**HARMONIC DRIVE SYSTEMS INC.**) [JP/JP]; 〒1400013 東京都品川区南大井 6丁目2番3号 Tokyo (JP).

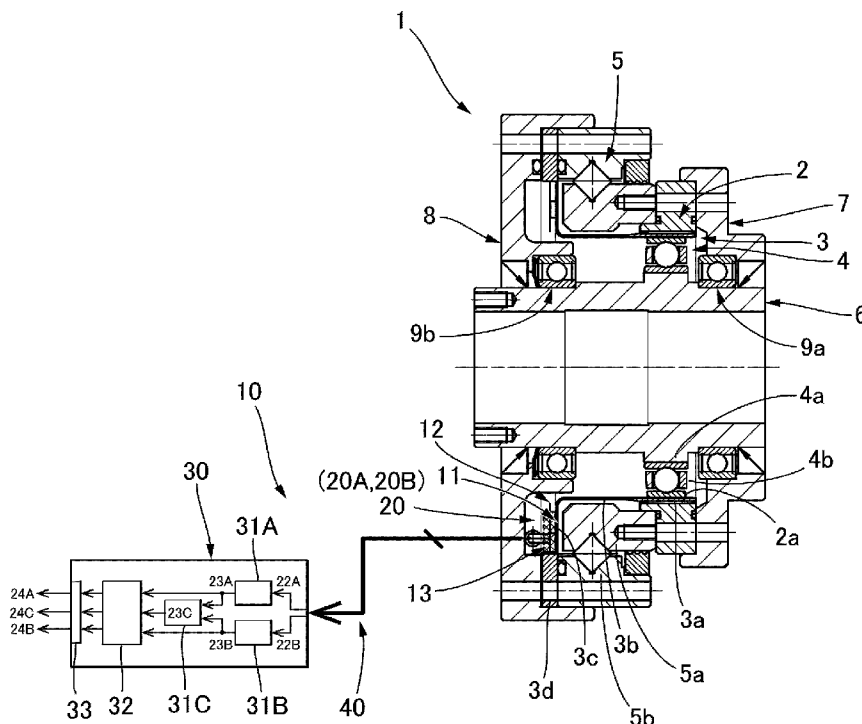
(72) 発明者: 堀内 雅士 (**HORIUCHI Masashi**); 〒3998305 長野県安曇野市穂高牧1856-1 株式会社ハーモニック・ドライブ・システムズ 穂高工場内 Nagano (JP). 加藤 雄貴 (**KATO Yuki**); 〒3998305 長野県安曇野市穂高牧1856-1 株式会社ハーモニック・ドライブ・システムズ 穂高工場内 Nagano (JP).

(74) 代理人: 横沢 志郎 (**YOKOZAWA Shiro**); 〒3900852 長野県松本市島立1132番地18 Nagano (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC,

(54) **Title:** STRAIN WAVE GEAR PROVIDED WITH TORQUE DETECTION DEVICE

(54) 発明の名称: トルク検出装置を備えた波動歯車装置



(57) **Abstract:** A strain gauge-type torque detection unit (20) of a strain wave gear (1) is provided with a first torque detection unit (20A) and a second torque detection unit (20B) that output two independent series of detection signals. The first and second torque detection units (20A, 20B) are each provided with a plurality of sets of strain gauges (11) affixed to a diaphragm (3c) of an external gear (3) at a prescribed angular interval around the center axis. A composite signal (23C) is generated by combining, after gain adjustment is performed, a first detection signal (22A) from the first torque detection

EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR,
HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG,
KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU,
LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY,
MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL,
PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK,
SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

unit (20A) and a second detection signal (22B) from the second torque detection unit (20B). Transmission torque can be calculated on the basis of the first detection signal (23A), the second detection signal (23B), and the composite signal (23C). From a torque detection device (10), three series of outputs resulting from adding a high-accuracy output (24C) to two independent series of detection outputs (24A, 24B) are acquired.

(57) 要約: 波動歯車装置 (1) の歪ゲージ式のトルク検出部 (20) は、独立した2系統の検出信号を出力する第1トルク検出部 (20A) および第2トルク検出部 (20B) を備えている。第1、第2トルク検出部 (20A、20B) は、外歯歯車 (3) のダイヤフラム (3c) に、中心軸線回りに所定の角度間隔で貼り付けた複数組の歪ゲージ (11) を備えている。第1トルク検出部 (20A) からの第1検出信号 (22A) と第2トルク検出部 (20B) からの第2検出信号 (22B) をゲイン調整後に合成して合成信号 (23C) が生成される。第1検出信号 (23A)、第2検出信号 (23B)、合成信号 (23C) のそれぞれに基づき伝達トルクを算出できる。トルク検出装置 (10) から、独立した2系統の検出出力 (24A、24B) に、高精度出力 (24C) を加えた3系統出力が得られる。

明 細 書

発明の名称：トルク検出装置を備えた波動歯車装置

技術分野

[0001] 本発明は、可撓性の外歯歯車を介して伝達される伝達トルクを検出する歪ゲージ式のトルク検出装置を備えた波動歯車装置に関する。

背景技術

[0002] 歪ゲージ式のトルク検出装置を備えた波動歯車装置は、特許文献1～3において提案されている。波動歯車装置のトルク検出を精度良く行うためには、伝達トルクに関係無く発生する歪みゲージ出力信号に含まれる周期的誤差成分である回転リップルを除去でき、また、検出出力の直線性を改善する必要がある。このため、波動発生器の回転に起因して検出出力に含まれる周期的誤差成分である楕円歪を補償できるように、複数組の歪ゲージが使用される。

[0003] 特許文献1においては、外歯歯車の表面に 90° 間隔で配置した一対の歪ゲージからなるトルク検出手段を、外歯歯車の中心軸線回りに、 $k \times 45^\circ$ （ k は奇数）の角度だけ回転した位置に2組配置し、これら2組のトルク検出手段の検出出力の合成出力に基づき伝達トルクを算出している。特許文献2においては、複数の検出素子の出力を合成して得られる検出出力に含まれる周期的誤差を除去できるように、各検出素子の出力のゲイン調整を行う方法が提案されている。特許文献3には、補償したい回転リップル成分の次数を N （ N ：正の整数）とした場合に、 $(2N+1)$ 枚以上の枚数の歪みゲージを外歯歯車に貼り、それぞれの出力を増幅器でゲイン調整した後に合成して検出信号を生成する方法が提案されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特許第3644558号公報

特許文献2：特許第4569990号公報

特許文献3：特開2004-45378号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] ここで、人協働型ロボットなどに安全対策の目的でトルクセンサを搭載する場合などにおいては、万一センサが故障しても安全性を保証できるように、センサの2重化や2系統化が望まれる。

[0006] 本発明の目的は、複数組の歪ゲージの配置を工夫することで歪ゲージ式のトルク検出装置を2重化して、独立した2系統の検出出力に、高精度出力を加えた3系統出力を得ることができるようにしたトルク検出装置を備えた波動歯車装置を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0007] 上記の課題を解決するために、本発明は、可撓性の外歯歯車を介して伝達される伝達トルクを検出するトルク検出装置を備えた波動歯車装置において、

前記トルク検出装置は、

独立した2系統の検出信号を出力する第1トルク検出部および第2トルク検出部と、

前記第1トルク検出部の前記検出信号である第1検出信号と前記第2トルク検出部の前記検出信号である第2検出信号とを合成して合成信号を生成する出力合成部と、

前記第1検出信号、前記第2検出信号および前記合成信号のそれぞれに基づき前記伝達トルクを算出可能な演算部と、
を備えており、

前記第1トルク検出部は、前記外歯歯車の中心軸線を中心として当該外歯歯車の表面に所定の角度間隔で貼り付けた第1群の歪ゲージを備えた歪ゲージ式のトルク検出部であり、

前記第2トルク検出部は、前記外歯歯車の中心軸線を中心として当該外歯歯車の表面に所定の角度間隔で貼り付けた第2群の歪ゲージを備えた歪ゲージ式のトルク検出部であり、

ジ式のトルク検出部であることを特徴としている。

[0008] 波動歯車装置の外歯歯車は、波動発生器によって楕円形状に撓められ、当該楕円形状の長軸が位置する部分において、剛性の内歯歯車にかみ合う。歪ゲージの検出信号には、周期的誤差成分として、 180° 周期の楕円歪成分および 180° の整数倍の周期の誤差成分が含まれる。この場合には、例えば、外歯歯車の中心軸線回りに、 45° の角度間隔あるいは 60° の角度間隔で配置した複数枚の歪ゲージを 2 群に分け、各群の歪ゲージから独立した検出信号が得られるようにする。また、2 群の歪ゲージ群から得られる独立した 2 系統の検出信号を合成して、回転リップルが除去され、直線性が改善された高精度出力が得られるようにする。

発明の効果

[0009] 本発明によれば、周期的誤差成分を除去するために外歯歯車の中心軸線回りに配置した複数組の歪ゲージを 2 つの群に分けて、独立した 2 系統の検出信号が得られるようにしている。また、2 系統の検出信号を合成することで周期的誤差成分が除去された高精度出力を加えた 3 系統出力が得られるようにしている。これにより、伝達トルク検出を高精度に行うことができ、万一、一方の検出部が故障しても安全性を保証できるトルク検出装置が得られる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]本発明を適用したトルク検出装置を備えた波動歯車装置を示す説明図である。

[図2] (A) は外歯歯車の概略縦断面図、(B) は外歯歯車の概略端面図である。

[図3] (A) はトルク検出部を構成する 8 組の歪ゲージを示す説明図、(B) は 8 組の歪ゲージから構成されるホイーストンプリッジ回路を示す説明図である。

[図4] (A) は第 1 トルク検出部を構成する 4 組の歪ゲージを示す説明図、(B) は第 1 ホイーストンプリッジ回路を示す説明図、(C) は第 2 トルク

検出部を構成する4組の歪ゲージを示す説明図、(D)は第2ホイートストンブリッジ回路を示す説明図である。

[図5] (A)は第1トルク検出部を構成する4組の歪ゲージを示す説明図、(B)は第1ホイートストンブリッジ回路を示す説明図、(C)は第2トルク検出部を構成する4組の歪ゲージを示す説明図、(D)は第2ホイートストンブリッジ回路を示す説明図である。

[図6] (A)は第1トルク検出部を構成する4組の歪ゲージを示す説明図、(B)は第1ホイートストンブリッジ回路を示す説明図、(C)は第2トルク検出部を構成する4組の歪ゲージを示す説明図、(D)は第2ホイートストンブリッジ回路を示す説明図である。

[図7]トルク検出部を構成する6組の歪ゲージを示す説明図である。

[図8] (A)は第1トルク検出部を構成する3組の歪ゲージを示す説明図、(B)は第1ブリッジ回路を示す説明図、(C)は第2トルク検出部を構成する3組の歪ゲージを示す説明図、(D)は第2ブリッジ回路を示す説明図である。

[図9] (A)は第1トルク検出部を構成する3組の歪ゲージを示す説明図、(B)は第2トルク検出部を構成する3組の歪ゲージを示す説明図である。

[図10] (A)はトルク検出部を構成する6組の歪ゲージを示す説明図、(B)は第1トルク検出部を構成する3組の歪ゲージを示す説明図、(C)は第2トルク検出部を構成する3組の歪ゲージを示す説明図である。

[図11] (A)は、図10(B)に示す第1トルク検出部から得られる入力回転角度に対するトルク検出出力に含まれる回転リップル(%)の測定結果を示すグラフであり、(B)は図10に示す構成のトルク検出部から得られるトルク検出出力(合成信号)に含まれる回転リップルのシミュレーション結果を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0011] (全体構成)

図1は本発明を適用した波動歯車装置を示す概略縦断面図である。図2(

A) は外歯歯車を示す縦断面図であり、図 2 (B) はトルク検出部が取り付けられている外歯歯車の端面図である。

波動歯車装置 1 は、剛性の内歯歯車 2 と、この内側に同軸に配置された可撓性の外歯歯車 3 と、この内側に同軸に嵌め込まれた楕円状輪郭の波動発生器 4 と、内歯歯車 2 および外歯歯車 3 を相対回転自在の状態で支持しているクロスローラベアリング 5 と、中空入力軸 6 と、軸方向の一方の側に配置されたエンドプレート 7 と、軸方向の他方の側に配置されたエンドプレート 8 とを備えている。中空入力軸 6 の両側の軸端部は、それぞれ、ボールベアリング 9 a、9 b を介して、エンドプレート 7、8 によって支持されている。

[0012] 外歯歯車 3 はシルクハット形状をしており、外歯 3 a が形成されている円筒状胴部 3 b と、この一端に連続して半径方向の外方に延びるダイヤフラム 3 c と、この外周縁に形成されている円環状のボス 3 d とを備えている。円筒状胴部 3 b は波動発生器 4 によって楕円形状に撓められ、外歯 3 a が内歯歯車 2 の内歯 2 a に対して部分的にかみ合っている。波動発生器 4 は、中空入力軸 6 に一体形成された一定幅のカム板 4 a と、このカム板 4 a の楕円状外周面に嵌めたウエーブベアリング 4 b とを備えている。

[0013] 中空入力軸 6 の回転に伴って波動発生器 4 が回転すると、両歯車 2、3 のかみ合い位置が円周方向に移動し、両歯車の歯数差に応じた相対回転が両歯車の間に生じる。内歯歯車 2 は、クロスローラベアリング 5 の内輪 5 a とエンドプレート 7 との間に挟まれており、この状態で、これら三部材が同軸に締結固定されている。外歯歯車 3 のボス 3 d は、クロスローラベアリング 5 の外輪 5 b と他方のエンドプレート 8 との間に挟まれており、この状態で、これら三部材が同軸に締結固定されている。例えば、内歯歯車 2 の側を回転しないように固定すると、外歯歯車 3 が回転し、出力軸として機能するエンドプレート 8 を介して、不図示の負荷部材の側に減速回転が出力される。

[0014] (トルク検出装置)

波動歯車装置 1 には、外歯歯車 3 を介して伝達される伝達トルクを検出するトルク検出装置 10 が付設されている。トルク検出装置 10 は、外歯歯車

3に取り付けたトルク検出部20と、波動歯車装置1の外部に配置された信号処理ユニット30と、トルク検出部20および信号処理ユニット30の間を接続するケーブル配線40とを備えている。トルク検出部20は、外歯歯車3のダイヤフラム3cに貼り付けた複数組の歪ゲージ11およびフレキシブルプリント配線基板12を備えている。本例では、図2(B)に示すように、外歯歯車3の中心軸線回りに、 45° の等角度間隔で配列された8組の歪ゲージを備えている。各歪ゲージ11は、図2(A)において網掛け部分で示すように、コーティング層13によって保護されている。また、フレキシブルプリント配線基板12に形成した配線パターン(図示せず)によって、相互に結線されている。

[0015] 図3(A)は、外歯歯車3のダイヤフラム3cに貼り付けた8組の歪ゲージ11の配置状態を示す説明図である。各歪ゲージ11は直交2軸型のものであり、外歯歯車3の中心軸線を中心として 45° の等角度間隔に配置されている。以下、各歪ゲージ11を、時計回りに、歪ゲージ11(A1, A2)、11(B1, B2)、11(C1, C2)、11(D1, D2)、11(E1, E2)、11(F1, F2)、11(G1, G2)および11(H1, H2)として説明する。

[0016] (トルク検出部)

本例のトルク検出部20は、図4に示すように、独立した2系統の検出信号を出力する第1トルク検出部20Aおよび第2トルク検出部20Bに分かれている。

図4(A)に示すように、トルク検出部20の第1トルク検出部20Aは、 90° 間隔で配置された4組の歪ゲージ11(A1, A2)、11(C1, C2)、11(E1, E2)および11(G1, G2)を備え、図4(B)に示すように、これら4組の歪ゲージにより、第1ホイートストンブリッジ回路21Aが組まれている。同様に、第2トルク検出部20Bは、図4(C)に示すように、残りの 90° 間隔で配置された4組の歪ゲージ11(B1, B2)、11(D1, D2)、11(F1, F2)および11(H1,

H 2) を備え、これらにより、図 4 (D) に示すように、第 2 ホイートストンブリッジ回路 2 1 B が組まれている。第 1 トルク検出部 2 0 A を構成する第 1 ホイートストンブリッジ回路 2 1 A の出力信号である第 1 検出信号 2 2 A、および第 2 トルク検出部 2 0 B を構成する第 2 ホイートストンブリッジ回路 2 1 B の出力信号である第 2 検出信号 2 2 B は、ケーブル配線 4 0 を介して、信号処理ユニット 3 0 に供給される。

[0017] 信号処理ユニット 3 0 は、図 1 (A) に示すように、第 1 検出信号 2 2 A のゲイン調整を行う第 1 増幅部 3 1 A、第 1 増幅部 3 1 A とは独立して第 2 検出信号 2 2 B のゲイン調整を行う第 2 増幅部 3 1 B、および、ゲイン調整後の第 1 検出信号 2 3 A および第 2 検出信号 2 3 B を合成して合成信号 2 3 C を生成する出力合成部 3 1 C を備えている。また、信号処理ユニット 3 0 は、ゲイン調整後の第 1 検出信号 2 3 A、ゲイン調整後の第 2 検出信号 2 3 B、合成信号 2 3 C のそれぞれに基づき伝達トルクを算出する演算部 3 2 および出力ポート 3 3 を備えている。第 1 検出信号 2 3 A、第 2 検出信号 2 3 B および合成信号 2 3 C のそれぞれに基づき算出された伝達トルクを表す第 1 検出トルク信号 2 4 A、第 2 検出トルク信号 2 4 B および合成トルク信号 2 4 C (高精度検出信号) は、出力ポート 3 3 から、不図示の上位側のコントローラなどに出力される。出力ポート 3 3 から、第 1 検出信号 2 3 A、第 2 検出信号 2 3 B および合成信号 2 3 C を出力して、上位側で伝達トルク値を演算する場合、上位側で合成信号 2 3 C を生成する場合も考えられる。

[0018] 独立した 2 系統の第 1 検出信号 2 3 A と第 2 検出信号 2 3 B を加算して得られる合成信号 2 3 C は、図 3 (B) に示す 8 組の歪ゲージから構成されるホイートストンブリッジ回路の出力と等価であり、回転リップル誤差が除去され、直線性が改善された高精度検出出力である。

[0019] このように、本例のトルク検出装置 1 0 では、周期的誤差成分を除去するために外歯歯車 3 の中心軸線回りに配置した 8 組の歪ゲージ 1 1 を用いて、独立した 2 系統の検出信号が得られるトルク検出機構が構築される。一方のセンサ系統が故障しても他方によって伝達トルクの検出を継続できるので安

全性が確保される。また、2系統の検出信号を合成することで周期的誤差成分が除去された検出出力を用いて、トルク検出を精度良く行うことができる。

[0020] なお、高精度信号（合成信号23C）は、2系統出力（第1検出信号23A、第2検出信号23B）をユーザ側で加算して得ることもできる。また、信号処理ユニット30のアンプ上で出力信号（23A、23B）をデジタル変換してシリアル出力すれば、2系統の信号（23A、23B）に高精度信号（合成信号23C）を合わせて出力することもできる。例えば、低精度2系統信号12bit、高精度信号12bitとした場合、24bitシリアル信号の上位（第1、第2検出信号23A、23B）、下位（合成信号23C）として、送信できる。

[0021] 図5および図6には、歪ゲージ8か所45°配置の場合におけるトルク検出部20の2系統化の別の例を示してある。図5の例では、トルク検出部は、図5（A）、（B）に示すように、4組の歪ゲージ11（A1、A2）～11（D1、D2）から構成される第1ホイートストンブリッジ回路21A（1）を備えた第1トルク検出部20A（1）と、図5（C）、（D）に示すように、残りの4組の歪ゲージ11（E1、E2）～11（H1、H2）から構成される第2ホイートストンブリッジ回路21B（1）を備えた第2トルク検出部20B（1）に分けられている。

[0022] 図6の例では、トルク検出部は、図6（A）、（B）に示すように、4組の歪ゲージ11（A1、A2）、11（C1、C2）、11（F1、F2）、11（H1、H2）から構成される第1ホイートストンブリッジ回路21A（2）を備えた第1トルク検出部20A（2）と、図6（C）、（D）に示すように、残りの4組の歪ゲージ11（B1、B2）、11（D1、D2）、11（E1、E2）、11（G1、G2）から構成される第2ホイートストンブリッジ回路21B（2）を備えた第2トルク検出部20B（2）に分けられている。

[0023] （トルク検出部の別の例）

図 7 にはトルク検出部 20 の別の例を示してあり、この図に示すトルク検出部 20 (3) は、外歯歯車のダイヤフラムに、中心軸線回りに 60° の等角度間隔に貼り付けた 6 組の歪ゲージ 11 (A1, A2) ~ 11 (F1, F2) を備えた構成となっている (歪ゲージ 6 か所 60° 配置)。

[0024] この場合におけるトルク検出部 20 (3) を独立した 2 系統 (第 1 トルク検出部 20 A と第 2 トルク検出部 20 B) に分ける例を、図 8 および図 9 に示してある。

図 8 に示すトルク検出部 20 は、3 組の歪ゲージ 11 (A1, A2) ~ 11 (C1, C2) から構成される第 1 ブリッジ回路 21 A (3) を備えた第 1 トルク検出部 20 A (3) と、残りの 3 組の歪ゲージ 11 (D1, D2) ~ 11 (F1, F2) から構成される第 2 ブリッジ回路 21 B (3) を備えた第 2 トルク検出部 20 B (3) とに分けられている。第 1 ブリッジ回路 21 A (3) を構成する 3 組の歪ゲージ 11 のそれぞれからの検出出力、および第 2 ブリッジ回路 21 B (3) を構成する 3 組の歪ゲージ 11 のそれぞれからの検出出力に基づき、トルク検出が行われる。

[0025] この場合には、第 1 ブリッジ回路 21 A (3) を構成する 3 組の歪ゲージ 11 のそれぞれからの検出出力 (OUT1 ~ 3) が、不図示のゲイン調整用の増幅部を介して増幅された後に合成されて、第 1 検出信号が生成される。同様に、第 2 ブリッジ回路 21 B (3) を構成する 3 組の歪ゲージ 11 のそれぞれからの検出出力 (OUT4 ~ 6) が、不図示のゲイン調整用の増幅部を介して増幅された後に合成されて、第 2 検出信号が生成される。また、第 1 検出信号および第 2 検出信号が合成されて合成信号が生成される。第 1 検出信号、第 2 検出信号、および、合成信号のそれぞれに基づき、伝達トルクが算出される。

[0026] 図 9 には、歪ゲージ 6 か所 60° 配置の場合 (図 7 参照) におけるトルク検出部 20 (3) の 2 系統化の別の例を示してある。図 9 の例では、トルク検出部は、3 組の歪ゲージ 11 (A1, A2)、11 (C1, C2) および 11 (E1, E2) から構成される第 1 ブリッジ回路 (図示せず) を備えた

第1トルク検出部20A(4)と、残りの3組の歪ゲージ11(B1, B2)、11(D1, D2)および11(F1, F2)から構成される第2ブリッジ回路(図示せず)を備えた第2トルク検出部20B(4)に分けられている。この場合においても、図8の例と同様に、3系統の出力が得られる。3系統の出力のそれぞれに基づき、伝達トルクの算出が可能である。

[0027] (トルク検出部の更に別の例)

図10(A)には、独立した2系統の第1トルク検出部および第2トルク検出部を備えたトルク検出部20の別の例を示してあり、この図に示すトルク検出部20(5)は、外歯歯車のダイヤフラムに貼り付けた6組の歪ゲージ11(A1, A2)~11(F1, F2)を備えている。図10(B)に示すように、第1トルク検出部20A(5)を構成する3組の歪ゲージ11(A1, A2)、11(C1, C2)および11(E1, E2)は、ダイヤフラムの中心軸線回りに120°の等角度間隔に貼り付けられている。図10(C)に示すように、第2トルク検出部20B(5)を構成する残りの3組の歪ゲージ11(B1, B2)、11(D1, D2)および11(F1, F2)も、ダイヤフラムの中心軸線回りに120°の等角度間隔に貼り付けられている。さらに、120°の角度間隔で配置した3組の歪ゲージ11(A1, A2)、11(C1, C2)および11(E1, E2)のそれぞれに対して、30°回転した角度位置に、3組の歪ゲージ11(B1, B2)、11(D1, D2)および11(F1, F2)のそれぞれが位置している。

[0028] この場合には、第1トルク検出部20A(5)を構成する3組の歪ゲージ11(A1, A2)、11(C1, C2)および11(E1, E2)から構成される第1ブリッジ回路の出力である第1検出信号22Aが、不図示のゲイン調整用の増幅部を介して増幅されて第1検出信号23Aが生成される。同様に、第2トルク検出部20B(5)を構成する3組の歪ゲージ11(B1, B2)、11(D1, D2)および11(F1, F2)から構成される第2ブリッジ回路の出力である第2検出信号22Bが、不図示のゲイン調整部を介して増幅されて第2検出信号23Bが生成される。これら2系統の検

出信号を合成することで、合成信号 2 3 C が生成される。3 0 ° の位相差のある独立した 2 系統の第 1 トルク検出信号と第 2 トルク検出信号を加算して得られる合成信号は、回転リップルの 6 次成分が除去され、直線性が改善された高精度検出出力である。

[0029] 図 1 1 (A) に示すグラフは、図 1 0 (B) に示す第 1 トルク検出部 (3 組の歪ゲージ 1 1 を 1 2 0 ° の等角度で配置した場合) から得られる第 1 トルク検出信号に含まれる誤差成分割合を示す実測値であり、図 1 1 (B) は、図 1 0 に示すトルク検出部 2 0 (5) によるトルク検出のシミュレーション結果を示すグラフである。これらのグラフにおいて、横軸は波動発生器の入力回転角度 (d e g) を示し、縦軸はトルク検出信号に含まれる誤差成分の割合 (%) を示す。

図 1 1 (B) に示すグラフにおいて、折れ線 L a (実測値) は、図 1 1 (A) に示した第 1 トルク検出部から得られる第 1 トルク検出信号に含まれる誤差成分割合 (実測値) である。折れ線 L b は、第 2 トルク検出部から得られる第 2 トルク検出信号に含まれる誤差成分割合を示す。折れ線 L b は、実測値である折れ線 L a を 3 0 ° 位相をずらしたものである。折れ線 L c (2 信号加算) は、第 1 トルク検出信号および第 2 トルク検出信号を合成して得られる合成信号に含まれる誤差成分割合を示す。グラフから分かるように、トルク検出信号に含まれる 6 次の周期的誤差成分が大幅に低減されることが見て取れる。

[0030] ここで、先に述べた図 7、図 8 に示す 6 組の歪ゲージ 1 1 から第 1、第 2 トルク検出部を構成した場合には、これらのトルク検出部の 6 チャンネル (6 C H) の信号 (O U T 1 ~ O U T 6) のそれぞれのゲイン調整を行うことで、回転リップルに含まれる 2 つの周波数成分まで補償することができるが、6 C H の出力を個別に処理する必要がある。

これに対して、本例の場合には、1 2 0 ° の角度間隔で配置した 3 組の歪ゲージ 1 1 から第 1 トルク検出部を構成し、第 1 トルク検出部の 3 組の歪ゲージ 1 1 に対して 3 0 ° 回転した位置に配置した 3 組の歪ゲージ 1 1 から第

2トルク検出部を構成している。第1、第2トルク検出部から得られる2CHの出力を単に加算するだけで、回転リップルの6次成分が除去され、直線性が改善された高精度の検出出力（合成信号）が得られる。

[0031] （その他の実施の形態）

上記の例では、外歯歯車としてシルクハット形状をした外歯歯車のダイヤフラムに歪ゲージが貼り付けられている。歪ゲージの貼り付け位置は、外歯歯車の円筒状胴部における外歯形成部分以外の表面部分であってもよい。また、本発明は、カップ形状をした外歯歯車を備えた波動歯車装置、円筒状の外歯歯車を備えた波動歯車装置に対しても同様に適用可能である。

[0032] また、上記の例では、2軸直交型歪ゲージとして2軸重ね配置形式のものを使用している。2軸直交型歪ゲージとしては、2軸平面配置形式のものも知られており、この形式の2軸直交型歪ゲージを使用してもよいことは勿論である。

請求の範囲

- [請求項1] 可撓性の外歯歯車を介して伝達される伝達トルクを検出するトルク検出装置を備えた波動歯車装置であって、
- 前記トルク検出装置は、
- 独立した2系統の検出信号を出力する第1トルク検出部および第2トルク検出部と、
- 前記第1トルク検出部の前記検出信号である第1検出信号と前記第2トルク検出部の前記検出信号である第2検出信号とを合成して合成信号を生成する出力合成部と、
- 前記第1検出信号、前記第2検出信号および前記合成信号、または、これらの信号に基づき算出された前記伝達トルクを表す第1検出トルク信号、第2検出トルク信号および合成トルク信号を出力する出力部と、
- を備えており、
- 前記第1トルク検出部は、前記外歯歯車の中心軸線を中心として当該外歯歯車の表面に所定の角度間隔で貼り付けた第1群の歪ゲージを備えており、
- 前記第2トルク検出部は、前記外歯歯車の中心軸線を中心として当該外歯歯車の表面に所定の角度間隔で貼り付けた第2群の歪ゲージを備えていることを特徴とする波動歯車装置。
- [請求項2] 請求項1に記載の波動歯車装置において、
- 前記外歯歯車は、外歯が形成された円筒状胴部、および、当該円筒状胴部の一端から半径方向に延びるダイヤフラムを備えたカップ形状あるいはシルクハット形状をしており、
- 前記外歯歯車の前記円筒状胴部は、波動発生器によって楕円形状に撓められて、前記楕円形状の長軸上に位置する前記外歯が、剛性の内歯歯車にかみ合っており、
- 前記第1群の歪ゲージおよび前記第2群の歪ゲージは、前記外歯歯

車の前記ダイヤフラムの表面に貼り付けられている波動歯車装置。

[請求項3]

請求項2に記載の波動歯車装置において、

前記中心軸線を中心として、 45° の等角度間隔で配置された8組の第1～第8歪ゲージを備え、

前記第1～第8歪ゲージが、この順序で時計回りに配置されており、

前記第1トルク検出部は、前記第1群の歪ゲージとして、前記第1、第3、第5および第7歪ゲージを備え、これら第1、第3、第5および第7歪ゲージから構成される第1ホイートストンブリッジ回路の出力が増幅されて、前記第1検出信号として出力され、

前記第2トルク検出部は、前記第2群の歪ゲージとして、前記第2、第4、第6および第8歪ゲージを備え、これら第2、第4、第6、第8歪ゲージから構成される第2ホイートストンブリッジ回路の出力が増幅されて、前記第2検出信号として出力される波動歯車装置。

[請求項4]

請求項2に記載の波動歯車装置において、

前記中心軸線を中心として、 45° の等角度間隔で配置された8組の第1～第8歪ゲージを備え、

前記第1～第8歪ゲージが、この順序で時計回りに配置されており、

前記第1トルク検出部は、前記第1群の歪ゲージとして、前記第1～第4歪ゲージを備え、これら第1～第4歪ゲージから構成される第1ホイートストンブリッジ回路の出力が増幅されて、前記第1検出信号として出力され、

前記第2トルク検出部は、前記第2群の歪ゲージとして、前記第5～第8歪ゲージを備え、これら第5～第8歪ゲージから構成される第2ホイートストンブリッジ回路の出力が増幅されて、前記第2検出信号として出力される波動歯車装置。

[請求項5]

請求項2に記載の波動歯車装置において、

前記中心軸線を中心として、 45° の等角度間隔で配置された8組の第1～第8歪ゲージを備え、

前記第1～第8歪ゲージが、この順序で時計回りに配置されており、

前記第1トルク検出部は、前記第1群の歪ゲージとして、前記第1、第3、第6および第8歪ゲージを備え、これら第1、第3、第6および第8歪ゲージから構成される第1ホイートストンブリッジ回路の出力が増幅されて、前記第1検出信号として出力され、

前記第2トルク検出部は、前記第2群の歪ゲージとして、前記第2、第4、第5および第7歪ゲージを備え、これら第2、第4、第5および第7歪ゲージから構成される第2ホイートストンブリッジ回路の出力が増幅されて、前記第2検出信号として出力される波動歯車装置。

[請求項6]

請求項2に記載の波動歯車装置において、

前記中心軸線を中心として、 60° の等角度間隔で配置された6組の第1～第6歪ゲージを備え、

前記第1～第6歪ゲージが、この順序で時計回りに配置されており、

前記第1トルク検出部は、前記第1群の歪ゲージとして、前記第1～第3歪ゲージを備え、これら第1～第3歪ゲージからの出力がそれぞれ増幅された後に合成されて、前記第1検出信号として出力され、

前記第2トルク検出部は、前記第2群の歪ゲージとして、前記第4～第6歪ゲージを備え、これら第4～第6歪ゲージからの出力がそれぞれ増幅された後に合成されて、前記第2検出信号として出力される波動歯車装置。

[請求項7]

請求項2に記載の波動歯車装置において、

前記中心軸線を中心として、 60° の等角度間隔で、時計回りに配列された6組の第1～第6歪ゲージを備え、

前記第1～第6歪ゲージが、この順序で時計回りに配置されており、

前記第1トルク検出部は、前記第1群の歪ゲージとして、前記第1、第3および第5歪ゲージを備え、これら第1、第3、第5歪ゲージからの出力がそれぞれ増幅された後に合成されて、前記第1検出信号として出力され、

前記第2トルク検出部は、前記第2群の歪ゲージとして、前記第2、第4および第6歪ゲージを備え、これら第2、第4および第6歪ゲージからの出力がそれぞれ増幅された後に合成されて、前記第2検出信号として出力される波動歯車装置。

[請求項8]

請求項2に記載の波動歯車装置において、

前記中心軸線を中心として、所定の角度間隔で、時計回りに配列された6組の第1～第6歪ゲージを備え、

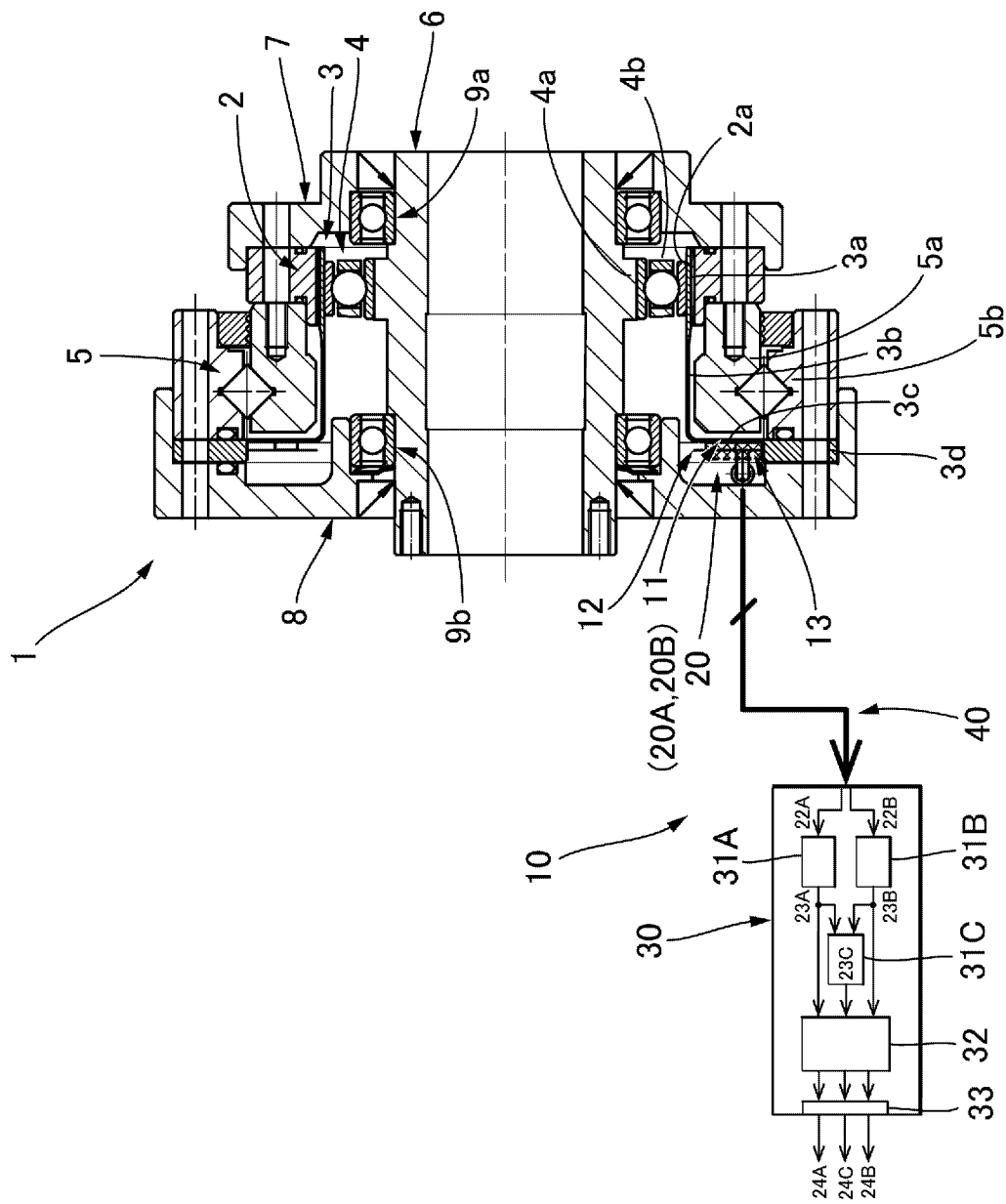
前記第1～第6歪ゲージが、この順序で時計回りに配置されており、

前記第1トルク検出部は、前記第1群の歪ゲージとして、前記第1、第3および第5歪ゲージを備え、これら第1、第3、第5歪ゲージからの出力が合成されて、前記第1検出信号として出力され、

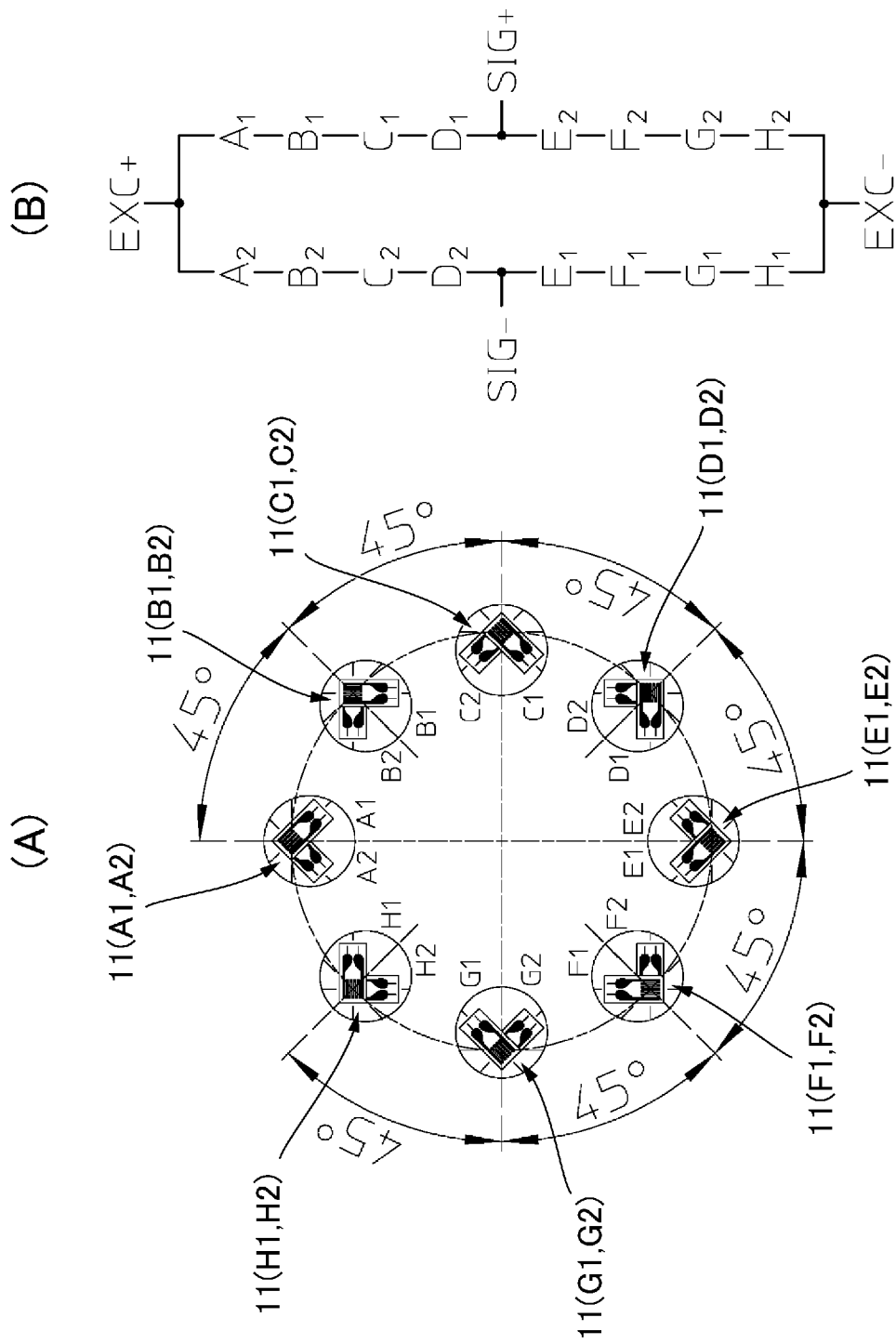
前記第2トルク検出部は、前記第2群の歪ゲージとして、前記第2、第4および第6歪ゲージを備え、これら第2、第4および第6歪ゲージからの出力が合成されて、前記第2検出信号として出力され、

前記第1群の歪ゲージである前記第1、第3および第5歪ゲージのそれぞれに対して、前記第2群の歪ゲージである前記第2、第4および第6歪ゲージのそれぞれは、時計回りに30°の角度だけ回転した位置に配置されている波動歯車装置。

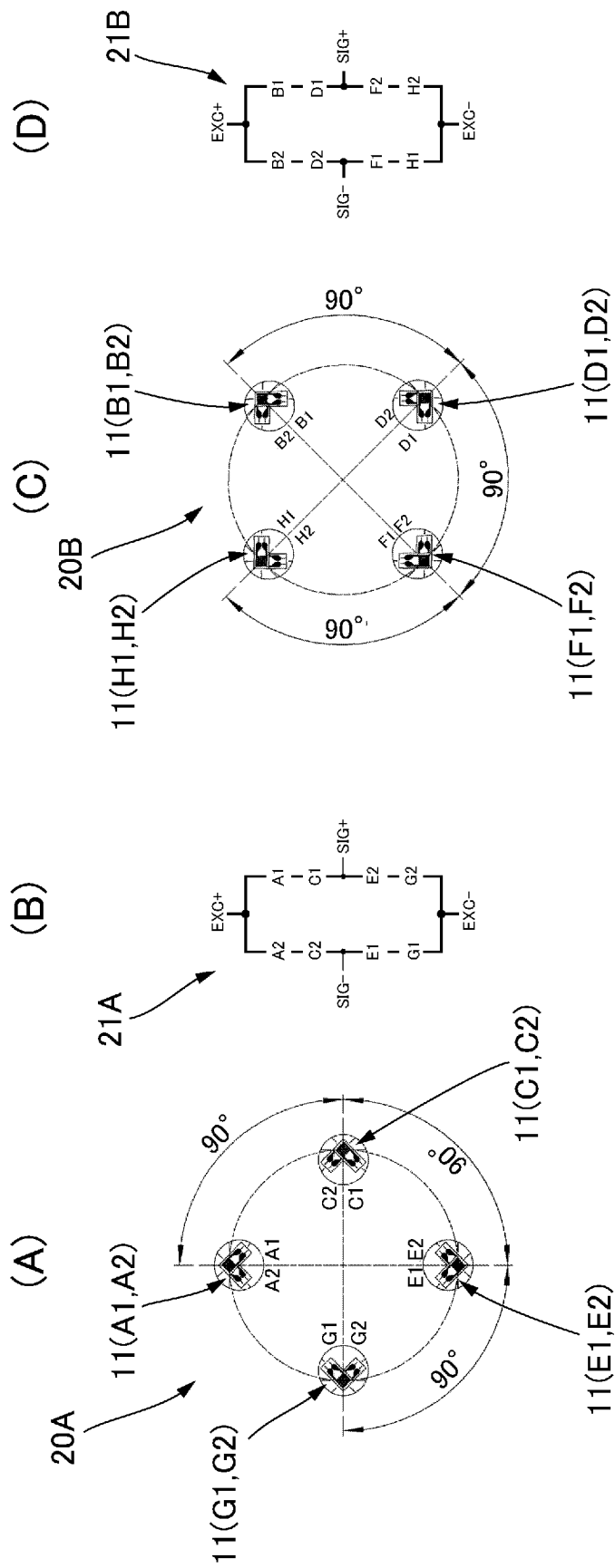
[図1]



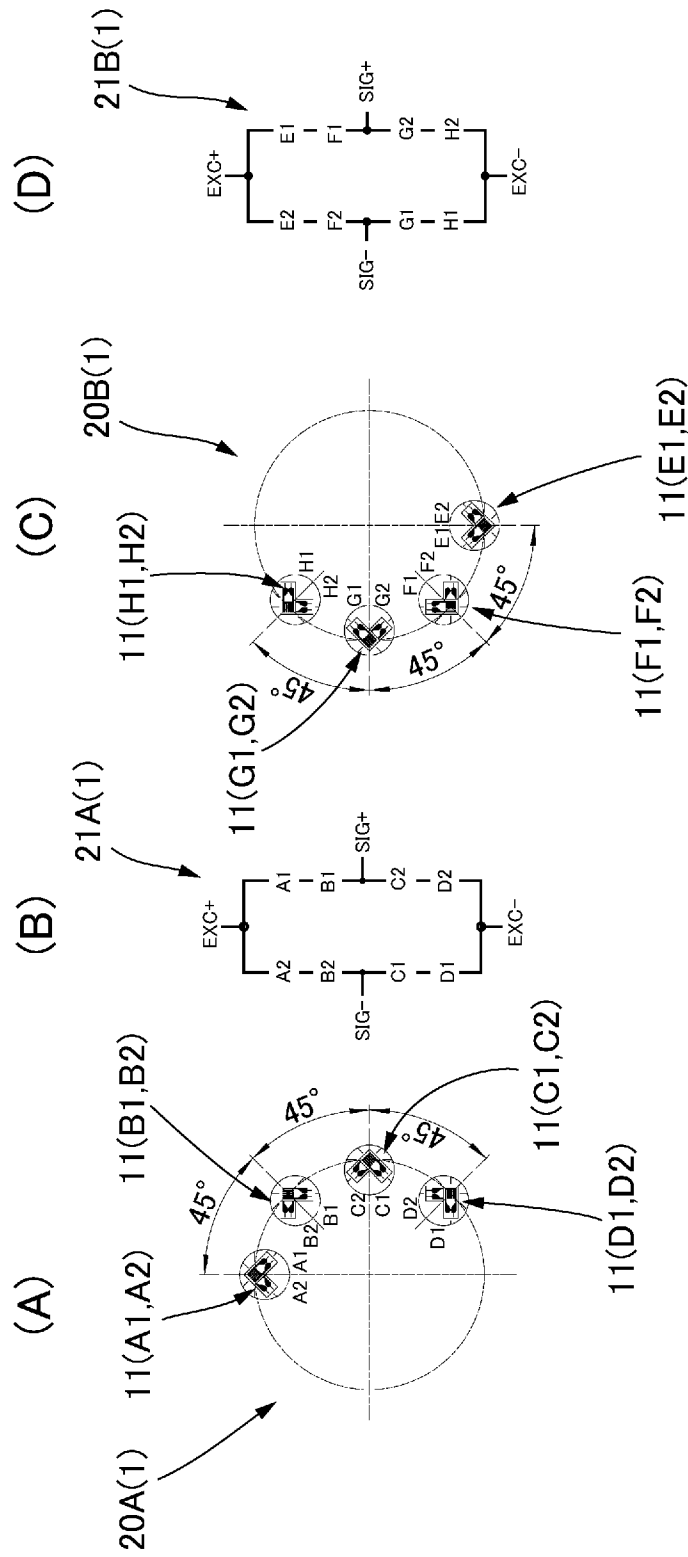
[図3]



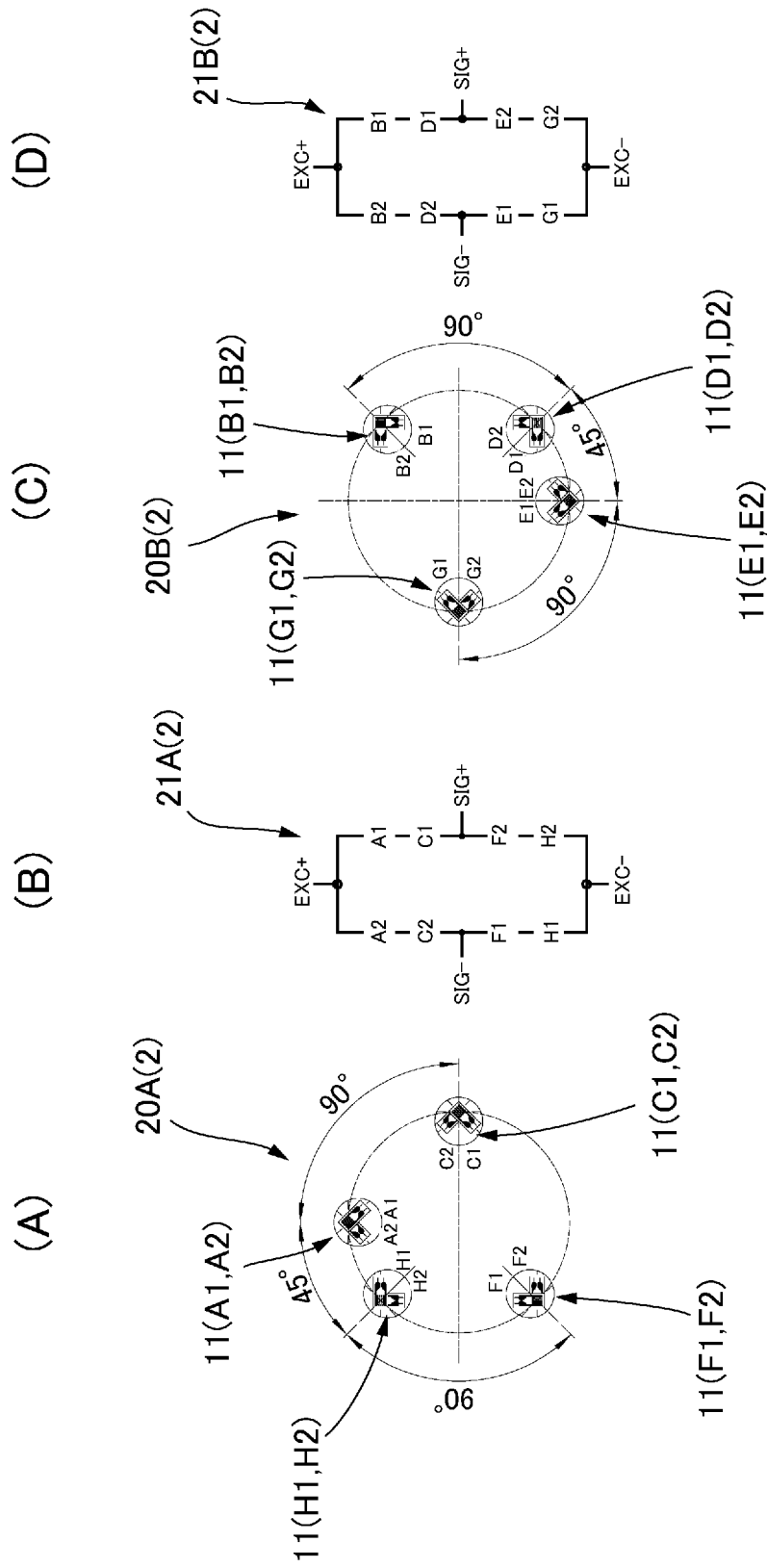
[図4]



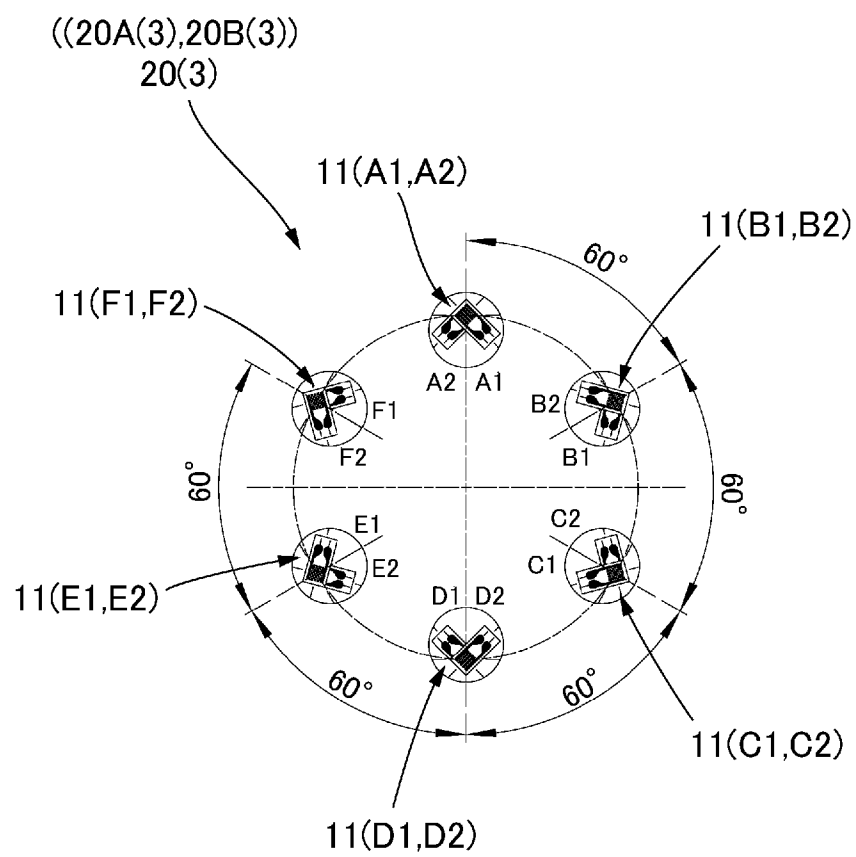
[図5]



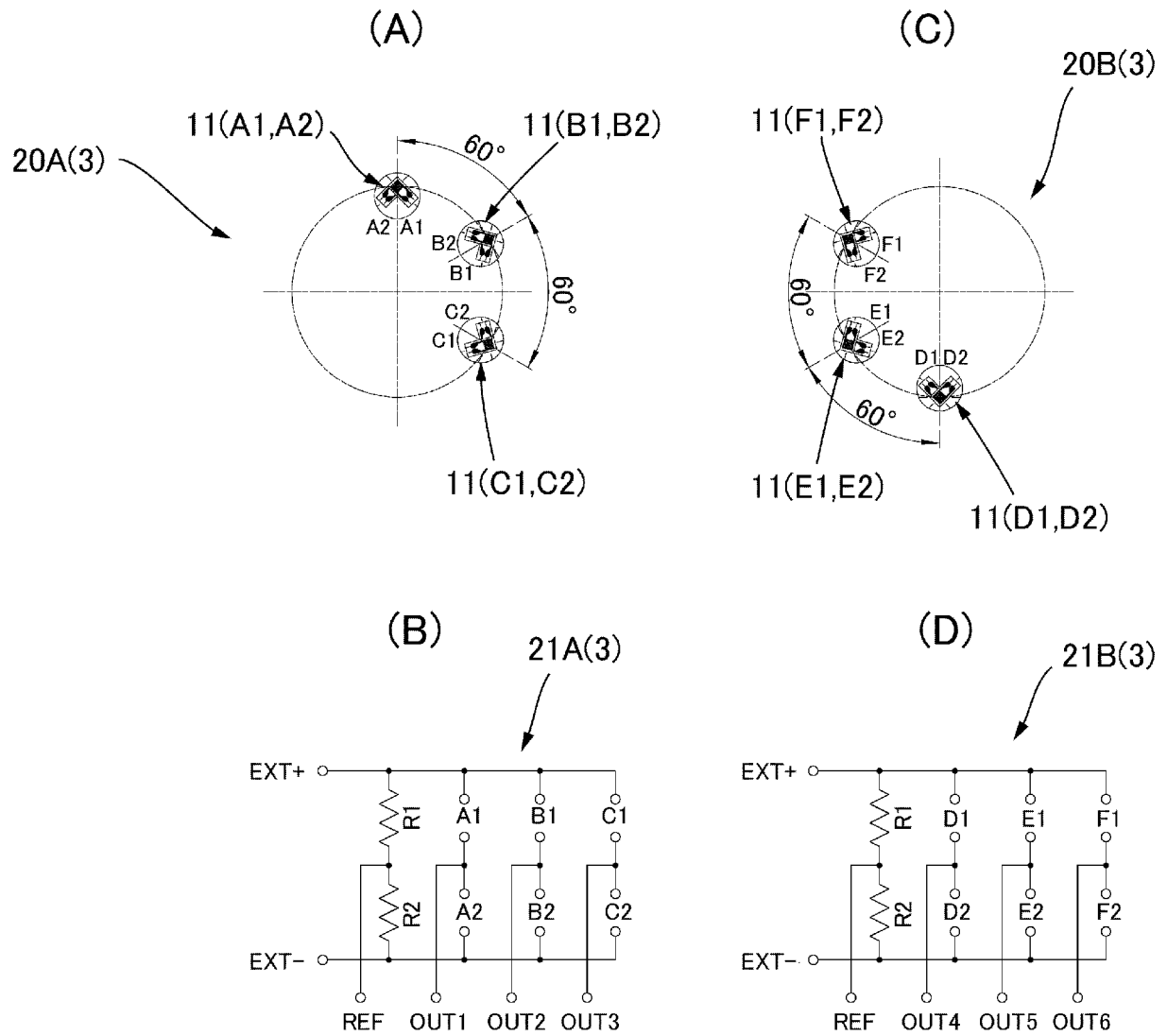
[図6]



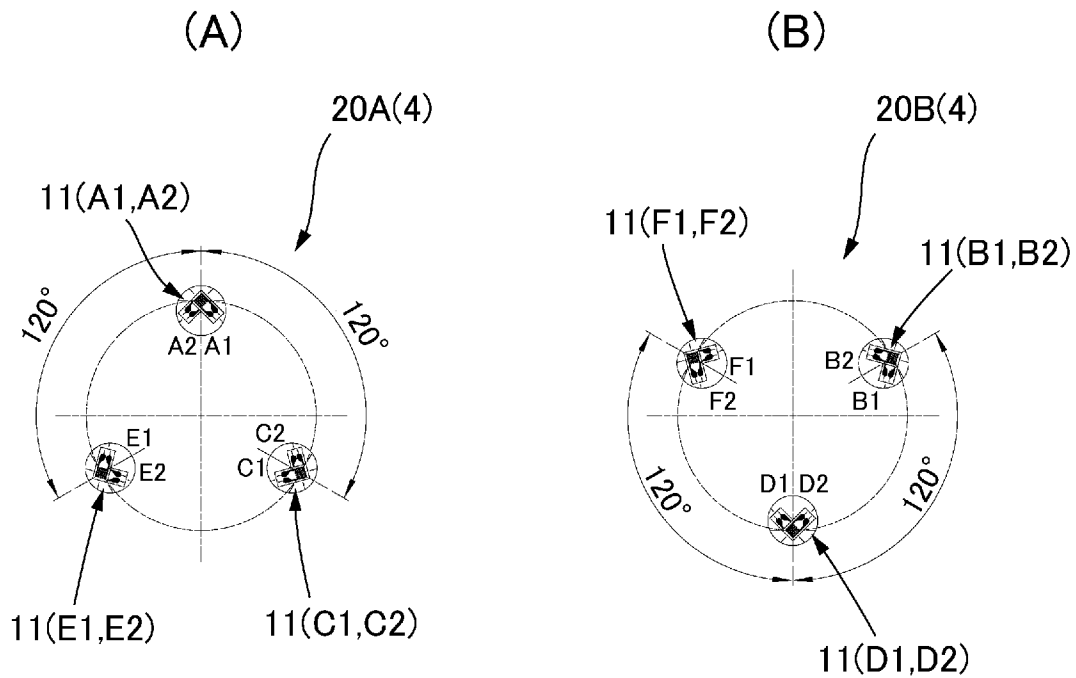
[図7]



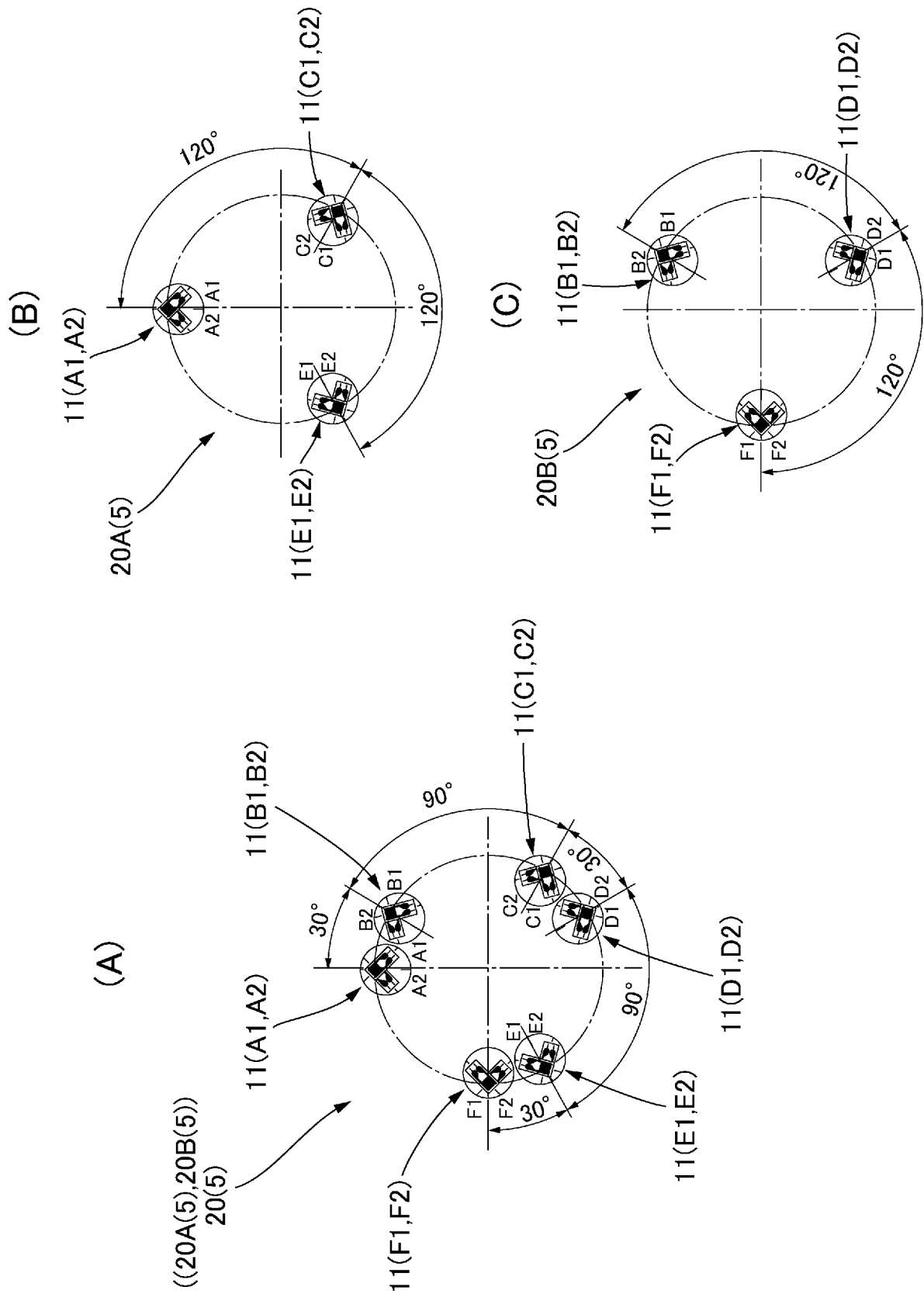
[図8]



[図9]

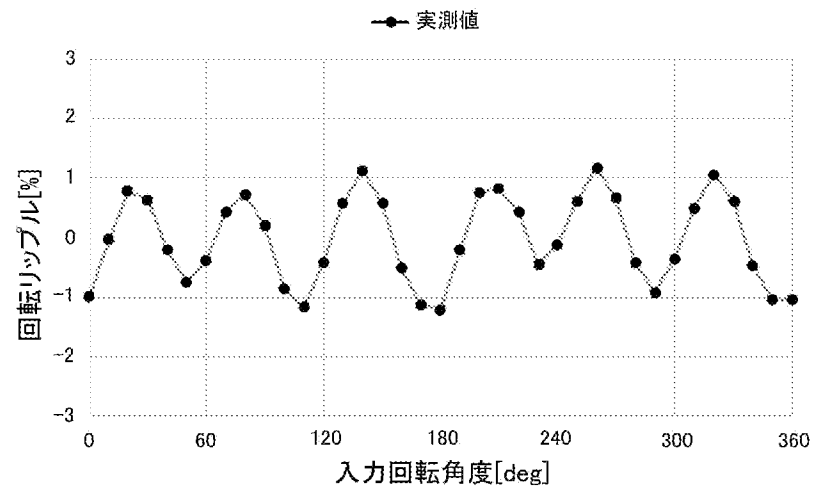


[図10]

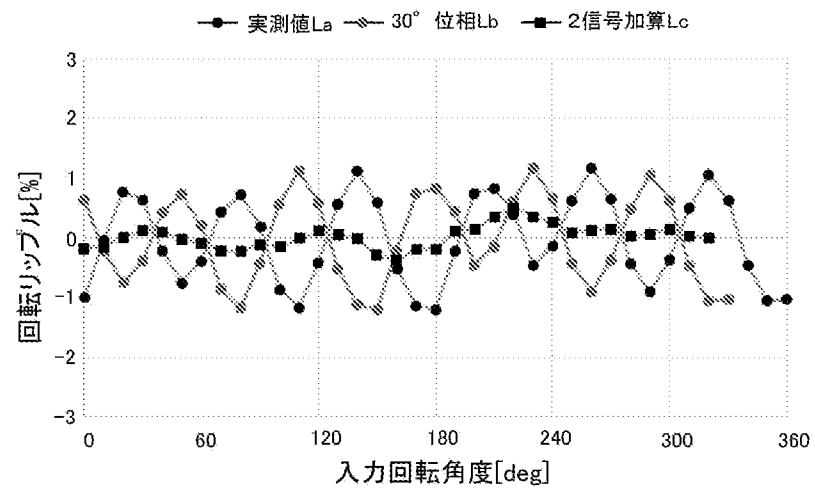


[図11]

(A)



(B)



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2024/019899

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER G01L 3/14 (2006.01)i FI: G01L3/14 G According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G01L3/00-3/26; G01L5/00-5/28 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2024 Registered utility model specifications of Japan 1996-2024 Published registered utility model applications of Japan 1994-2024 Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 9-184777 A (HARMONIC DRIVE SYSTEMS INC.) 15 July 1997 (1997-07-15) paragraphs [0012]-[0056], fig. 1-13	1-2
A		3-8
Y	JP 2017-203645 A (SONY CORPORATION) 16 November 2017 (2017-11-16) paragraphs [0013]-[0081], fig. 1-20	1-2
Y	JP 2022-504667 A (SCHAEFFLER TECHNOLOGIES AG) 13 January 2022 (2022-01-13) paragraphs [0029]-[0033], drawings	2
A	JP 2018-503828 A (BOSCH GMBH ROBERT) 08 February 2018 (2018-02-08) paragraph [0022], fig. 4	1-8
A	JP 10-267767 A (RAILWAY TECHNICAL RES INST) 09 October 1998 (1998-10-09) paragraph [0046]	1-8
A	JP 2019-95207 A (KYB CORPORATION) 20 June 2019 (2019-06-20) paragraphs [0033], [0077], fig. 2	1-8
☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: “A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance “D” document cited by the applicant in the international application “E” earlier application or patent but published on or after the international filing date “L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) “O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means “P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed “T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention “X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone “Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art “&” document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 21 June 2024		Date of mailing of the international search report 09 July 2024
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Authorized officer Telephone No.

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2004-45378 A (HARMONIC DRIVE SYSTEMS INC.) 12 February 2004 (2004-02-12) paragraphs [0009]-[0042], fig. 1-7	1-8
A	US 2005/0275561 A1 (KOLDA, C. D.) 15 December 2005 (2005-12-15) paragraphs [0029]-[0054], fig. 2-11	1-8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2024/019899

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	9-184777	A	15 July 1997	US 6170340 B1 column 1, line 66 to column 8, line 32, fig. 1-13	
JP	2017-203645	A	16 November 2017	US 2019/0064018 A1 paragraphs [0034]-[0101], fig. 1-20 WO 2017/195420 A1 EP 3418704 A1	
JP	2022-504667	A	13 January 2022	US 2022/0034392 A1 paragraphs [0027]-[0031], drawings WO 2020/074039 A1 DE 102018125078 A1 CN 112513601 A KR 10-2021-0074271 A	
JP	2018-503828	A	08 February 2018	US 2017/0370789 A1 paragraph [0035], fig. 4 WO 2016/120095 A1 EP 3250896 A1 DE 102015201577 A1 CN 107209072 A	
JP	10-267767	A	09 October 1998	(Family: none)	
JP	2019-95207	A	20 June 2019	(Family: none)	
JP	2004-45378	A	12 February 2004	US 2003/0230151 A1 paragraphs [0010]-[0048], fig. 1-7 DE 10321210 A1	
US	2005/0275561	A1	15 December 2005	DE 102005010373 A1	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

G01L 3/14(2006.01)i
FI: G01L3/14 G

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））
G01L3/00-3/26; G01L5/00-5/28

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの
日本国実用新案公報 1922-1996年
日本国公開実用新案公報 1971-2024年
日本国実用新案登録公報 1996-2024年
日本国登録実用新案公報 1994-2024年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 9-184777 A（株式会社ハーモニック・ドライブ・システムズ）15.07.1997 (1997 - 07 - 15) 段落[0012]-[0056], 図1-13	1-2
A		3-8
Y	JP 2017-203645 A（ソニー株式会社）16.11.2017 (2017 - 11 - 16) 段落[0013]-[0081], 図1-20	1-2
Y	JP 2022-504667 A（シェフラー テクノロジーズ アー・ゲー ウント コー, カー・ゲー）13.01.2022 (2022 - 01 - 13) 段落[0029]-[0033], 図	2
A	JP 2018-503828 A（ローベルト ボツシュ ゲゼルシャフト ミット ベシュレンクテル ハフツング）08.02.2018 (2018 - 02 - 08) 段落[0022], 図4	1-8
A	JP 10-267767 A（財団法人鉄道総合技術研究所）09.10.1998 (1998 - 10 - 09) 段落[0046]	1-8

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技术水準を示すもの

“D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献

“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献

“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

“&” 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

21.06.2024

国際調査報告の発送日

09.07.2024

名称及びあて先

日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

権限のある職員（特許庁審査官）

吉田 久 2F 3902

電話番号 03-3581-1101 内線 3216

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2019-95207 A (K Y B株式会社) 20.06.2019 (2019 - 06 - 20) 段落[0033],[0077], 図2	1-8
A	JP 2004-45378 A (株式会社ハーモニック・ドライブ・システムズ) 12.02.2004 (2004 - 02 - 12) 段落[0009]-[0042], 図1-7	1-8
A	US 2005/0275561 A1 (KOLDA, Clint D) 15.12.2005 (2005 - 12 - 15) paragraphs [0029]-[0054], FIGs.2-11	1-8

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2024/019899

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
JP	9-184777	A	15.07.1997	US	6170340	B1	
				column 1, line 66 to column 8, line 32, Figs. 1-13			
JP	2017-203645	A	16.11.2017	US	2019/0064018	A1	
				paragraphs [0034]-[0101], FIGs. 1-20			
				WO	2017/195420	A1	
				EP	3418704	A1	
JP	2022-504667	A	13.01.2022	US	2022/0034392	A1	
				papragraphs [0027]- [0031], FIGURE			
				WO	2020/074039	A1	
				DE	102018125078	A1	
				CN	112513601	A	
				KR	10-2021-0074271	A	
JP	2018-503828	A	08.02.2018	US	2017/0370789	A1	
				paragraph [0035], Fig. 4			
				WO	2016/120095	A1	
				EP	3250896	A1	
				DE	102015201577	A1	
				CN	107209072	A	
JP	10-267767	A	09.10.1998	(ファミリーなし)			
JP	2019-95207	A	20.06.2019	(ファミリーなし)			
JP	2004-45378	A	12.02.2004	US	2003/0230151	A1	
				paragraphs [0010]-[0048], Figs. 1-7			
				DE	10321210	A1	
US	2005/0275561	A1	15.12.2005	DE	102005010373	A1	