

(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10月3日(03.10.2024)



(10) 国際公開番号

WO 2024/201899 A1

(51) 国際特許分類:
G01B 7/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2023/013198

(22) 国際出願日: 2023年3月30日(30.03.2023)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(71) 出願人: エヌエスディ株式会社 (NSD CORPORATION) [JP/JP]; 〒4608302 愛知県名古屋市中区大須3-31-28 Aichi (JP).

(72) 発明者: 高塚 智史 (TAKATSUKA, Tomoshi); 〒4608302 愛知県名古屋市中区大須3-31-28 エヌエスディ株式会社内 Aichi (JP).

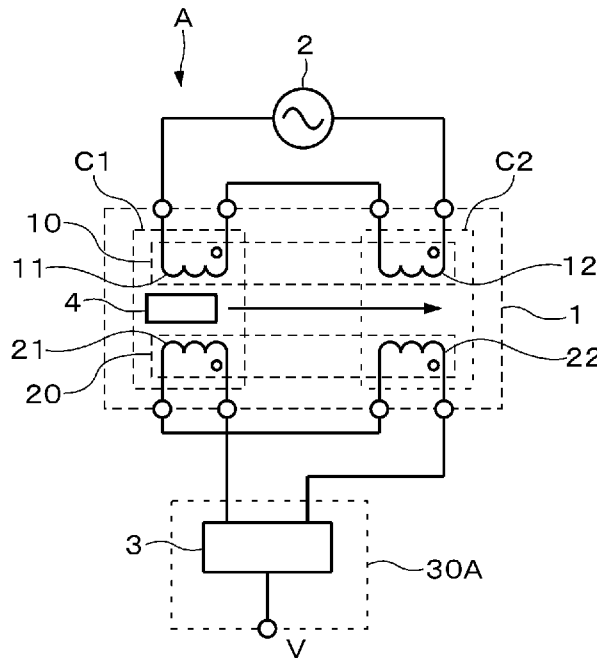
(74) 代理人: 弁理士法人サトー (SATO INTERNATIONAL PATENT FIRM); 〒4600008 愛知県名古屋市中区栄四丁目6番15号 フォーティーンヒルズセンタービル Aichi (JP).

(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, 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,

(54) Title: DISPLACEMENT DETECTION SENSOR AND SENSOR DEVICE

(54) 発明の名称: 変位検出センサ及びセンサ装置

Fig.1



(57) Abstract: A displacement detection sensor (1, 1A, 1B) is a sensor for detecting two positions away from each other, and comprises: a primary coil unit (10) that is excited upon receiving power supplied from a signal source (2, 30C); and a secondary coil unit (20) that is disposed at a position magnetically coupled to the primary coil unit. In the primary and secondary coil units, the inductances of the primary and secondary coil units change through movement, relative to the primary and secondary coil units, of a measurement body (4) composed of a magnetic body or a non-magnetic body having conductivity. One of the primary and secondary coil units has two coils (21, 22) arranged apart from each other and differentially connected to each other.



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:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: 変位検出センサ (1、1 A、1 B) は、離れた2つの位置を検出するセンサであって、信号源 (2、30 C) からの電力供給を受けて励磁される1次コイルユニット (10) と、1次コイルユニットと磁気結合する位置に配置された2次コイルユニット (20) と、を備える。1次コイルユニット及び2次コイルユニットは、磁性体または導電性を有する非磁性体で構成された測定体 (4) が、1次コイルユニット及び2次コイルユニットに対して相対的に移動することで1次コイルユニットと2次コイルユニットとのインダクタンスが変化するものである。1次コイルユニットと2次コイルユニットとのうち一方は相互に離して配置され差動接続された2つのコイル (21、22) を有して構成されている。

明 細 書

発明の名称：変位検出センサ及びセンサ装置

技術分野

[0001] 本発明の実施形態は、変位検出センサ及びセンサ装置に関する。

背景技術

[0002] 例えばシリンダのピストンロッドやスライドテーブルのテーブルなど直線変位する移動体の挙動を把握するために、移動範囲の両端において移動体の検出を行うことがある。このような直線変位の位置検出を行うセンサとしては、例えばマグネットによって動作させるリードスイッチが古くから知られている。しかしながら、リードスイッチは、機械的な接点を有するため、振動に弱く、また、経年劣化により出力が不安定になったり接触不良が生じたりし易いという課題がある。更には、リードスイッチは、製品ごとのバラツキが大きく、直流磁界による外乱の影響や温度による影響も受けやすい。加えて、リードスイッチは、接点の入り及び切りの二値となるため微調整が難しく、作業空間が確保できない場合には微調整が更に難しくなる。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開平2-3702号公報

特許文献2：特開2010-91322号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] そこで、直線変位の位置検出を行うセンサとしては、例えば機械的な接点を有さない差動トランスも知られている。差動トランスは、応答の直線性が良く、また、アブソリュート検出であるため移動体の位置を連続的に検出できるという利点がある。更には、差動トランスは、差動構成であるため感度を上げやすく、また、耐ノイズ特性や温度特定に優れる。一方で、差動トランスにおいて移動体の位置を検出できる範囲は、差動トランスの全長つまり

差動接続された2つのコイル分の長さの約 $1/2$ となる。このため、差動トランスは、移動体の移動範囲の2倍以上の長さのコイルが必要となることから、移動体の検出範囲の割にコイルが長くなってしまう。したがって、例えば従来のリードスイッチを差動トランスに置き替えようとしても、設置スペースの確保が困難といった事情がある。

[0005] 更に、差動トランスは、検出範囲が異なると、差動トランスの出力特性である「出力電圧／単位長さ」、すなわち検出位置に対する出力電圧の変化の傾きが異なる。例えば、検出範囲が200mmの差動トランスの出力電圧の変化の傾きは、検出範囲が100mmの差動トランスの出力電圧の変化の傾きの $1/2$ となる。このため、一般的な差動トランスは、移動体の移動範囲の両端から一定範囲のみを検出したいという場合でも、差動トランスを含む回路構成を移動範囲毎に異なるものにする必要があり、信号源や検波回路などの回路構成の共通化が難しいという事情があった。

[0006] 本発明の実施形態は、上記した事情に鑑みてなされたものであり、その目的は、移動範囲の両端から所定範囲のみを検出する場合において、上記したような差動トランスの利点を得つつ、移動範囲が異なる場合であっても回路構成を共通化することができる変位検出センサ及びセンサ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] 実施形態の変位検出センサは、離れた2つの位置を検出するセンサであって、信号源からの電力供給を受けて励磁される1次コイルユニットと、前記1次コイルユニットと磁気結合する位置に配置された2次コイルユニットと、を備える。前記1次コイルユニット及び前記2次コイルユニットは、磁性体又は導電性を有する非磁性体で構成された測定体が、前記1次コイルユニット及び前記2次コイルユニットに対して相対的に移動することで前記1次コイルユニットと前記2次コイルユニットとのインダクタンスが変化するものである。前記1次コイルユニットと前記2次コイルユニットとのうち一方は相互に離して配置され差動接続された2つのコイルを有して構成されてい

る。

[0008] 実施形態のセンサ装置は、上記の変位検出センサと、前記２次コイルユニットの誘導起電力に基づいて前記測定体の位置を示す位置信号を出力するものであって信号線が２線式に構成された変換器と、を備える。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]実施形態によるセンサ装置について検出結果をアナログ出力する場合の回路構成の一例を概略的に示す図

[図2]実施形態によるセンサの一例について検出原理を概略的に示す図

[図3]図１のセンサ装置について測定体の移動量と出力との関係を示す図

[図4]実施形態によるセンサ装置について検出結果をデジタル出力する場合の回路構成の一例を概略的に示す図

[図5]図４のセンサ装置について測定体の移動量と出力との関係を示す図

[図6]実施形態によるセンサの他の例について検出原理を概略的に示す図

[図7]図１または図４のセンサ装置に図６のセンサを用いた場合の測定体の移動量と出力との関係を示す図

[図8]実施形態によるセンサの機械的構成について、コイル保持体に巻線を巻いてコイルを構成した例を概略的に示す図

[図9]実施形態によるセンサの機械的構成について、プリント基板に設けられたパターンによってコイルを構成した例を概略的に示す図

[図10]実施形態によるセンサ装置について、２線式で構成する場合の変換器の一例を概略的に示す図

[図11]実施形態によるセンサを用いたセンサユニットについて第１の例を概略的に示す図

[図12]実施形態によるセンサを用いたセンサユニットについて第２の例を概略的に示す図

[図13]実施形態によるセンサを用いたセンサユニットについて第３の例を概略的に示す図

発明を実施するための形態

- [0010] 以下、複数の実施形態による変位検出センサ及び当該変位検出センサを備えるセンサ装置について、図面を参照しながら説明する。なお、以下の説明において、変位検出センサを単にセンサと称することがある。また、同一の構成には同一の符号を付して説明を省略する。
- [0011] 図1に示すセンサ装置Aは、センサ1、信号源2、及び変換器30Aを備えている。センサ装置Aは、例えばピストンロッドやテーブルなど直線的に往復移動する物体を検出対象とし、その検出対象の移動範囲のうちの例えば両端部など2つの位置を検出する。センサ1は、図2にも示すように、1次コイルユニット10及び2次コイルユニット20を備えており、検出対象に取り付けられた測定体4の位置を検出する。なお、本明細書において、コイルユニットとは、少なくとも1つのコイルを含む構成である。
- [0012] 1次コイルユニット10は、信号源2から出力される信号を受けて励磁される。2次コイルユニット20は、1次コイルユニット10と磁気結合する位置に配置されている。1次コイルユニット10と2次コイルユニット20とのうち一方は、差動接続された2つのコイルを有して構成されている。本明細書では、差動接続されたコイルを、差動コイルと定義する。図1の例の場合、1次コイルユニット10は、2つの1次コイル11、12を有している。2次コイルユニット20は、2つの2次コイル21、22を有している。1次コイル11、12及び2次コイル21、22は、外周面に絶縁被膜を有するマグネットワイヤなどの巻線などを巻いて形成することができる。
- [0013] 1次コイル11と2次コイル21、及び1次コイル12と2次コイル22とは、それぞれ対をなしている。また、1次コイル11と2次コイル21との組、及び1次コイル12と2次コイル22との組は、相互に離れて配置されている。以下の説明では、一方の組の1次コイル11及び2次コイル21を第1コイルセットC1と称し、他方の組の1次コイル12及び2次コイル22とを第2コイルセットC2と称することがある。また、第1コイルセットC1と第2コイルセットC2との間の距離を、コイル間隙長Yと称することがある。

[0014] 2つの2次コイル21、22は、相互に所定の距離Yすなわちコイル間隙長Yを離して配置されている。そして、2つの2次コイル21、22は、図1に示すように、差動接続されて変換器30Aの検波回路3に接続されている。この場合、2つの2次コイル21、22は、それぞれ差動コイルである。また、2つの1次コイル11、12は、2次コイル21、22と同様に距離Yすなわちコイル間隙長Yを離して配置されている。そして、2つの1次コイル11、12は、和動接続されて信号源2に接続されている。各コイル11、12、21、22は例えば環状又は筒状に形成されている。そして、2つのコイルセットC1、C2は同軸線上つまり直線上に配置されており、各コイル11、12、21、22の内側または外側に測定体4を通過可能に構成されている。

[0015] 2つの1次コイル11、12は、それぞれ差動コイルである2次コイル21、22に対向する位置に配置されており、対向する2次コイル21、22と磁気結合している。すなわち、第1コイルセットC1を構成する1次コイル11と2次コイル21は、相互に磁気結合する位置に配置されている。同様に、第2コイルセットC2を構成する1次コイル12と2次コイル22は、相互に磁気結合する位置に配置されている。この場合、2つの1次コイル11、12は、それぞれ2つの2次コイル21、22に対向している。本明細書において、差動コイルに対向するコイルを対向コイルと定義する。本実施形態の場合、2つの1次コイル11、12は、それぞれ対向コイルである。各コイルセットC1、C2において、1次コイル11、12と、2次コイル21、22とは、それぞれ測定体4の移動方向に対して直角方向へ向けて重ねて配置されている。本実施形態の場合、1次コイル11、12は、2次コイル21、22の外周側に配置されている。なお、1次コイル11、12は、2次コイル21、22の内周側に配置されていても良い。

[0016] 信号源2は、1次コイル11、12に接続されており、1次コイル11、12に対してセンサ1を駆動させるための電力すなわち電圧又は電流を供給する。信号源2は、1次コイル11、12に対して例えば交流信号を供給す

る。変換器 30A は、検波回路 3 を有して 2 次コイル 21、22 に接続されており、2 次コイル 21、22 の誘導起電力に基づいて測定体 4 の位置を示す位置信号、例えば電圧を出力する。

[0017] 測定体 4 は、検出対象に取り付けられて、検出対象の動きに従って各コイル 11、12、21、22 に沿って移動する。測定体 4 は、各コイル 11、12、21、22 の内側又は外側を移動することによって各コイルセット C1、C2 の磁気結合を変化させるためのものである。測定体 4 は、磁性体または導電性を有する非磁性体で構成されている。測定体 4 が各コイル 11、12、21、22 の内側に配置される場合、測定体 4 は、磁性体が好ましい。また、測定体 4 が各コイル 11、12、21、22 の外側に配置される場合、測定体 4 は、銅、アルミ、黄銅など導電性を有する非磁性体が好ましい。

[0018] 図 2 の構成において、第 1 コイルセット C1 の長さ寸法を第 1 コイルセット長と称し、第 2 コイルセット C2 の長さ寸法を第 2 コイルセット長と称することがある。図 2 の例では、第 1 コイルセット長と第 2 コイルセット長は、いずれも同一の長さ寸法 W に設定されている。また、本実施形態では、説明を簡単にするため、測定体 4 の進行方向の長さ寸法も、第 1 コイルセット長及び第 2 コイルセット長と同一の長さ寸法 W に設定している。この場合、コイル間隙長 Y は、例えば各コイルセット長 W 及び測定体 4 の長さ寸法 W よりも長く設定されている。なお、測定体 4 の長さ寸法は、必ずしも第 1 コイルセット長と第 2 コイルセット長と同一にする必要はない。また、コイル間隙長 Y は、0 より大きければ良く、詳細は後述するが、例えば図 6 に示すように各コイルセット長 W 及び測定体 4 の長さ寸法 W よりも短く設定することもできる。

[0019] また、以下の説明では、便宜上、図 2 の紙面左側の第 1 コイルセット C1 の外側端部すなわち左側端部を基準位置 0 とする。そして、基準位置 0 から測定体 4 の左側端部 401 までの距離を測定体 4 の移動量 P とする。この場合、測定体 4 の左側端部 401 が基準位置 0 に一致している場合、つまり測

定体 4 の左側端部 4 0 1 が第 1 コイルセット C 1 の外側端部に一致している場合に移動量 $P = 0$ となる。そして、測定体 4 の右側端部 4 0 2 が第 2 コイルセット C 2 の右側端部に一致している場合、つまり測定体 4 の右側端部 4 0 2 が第 2 コイルセット C 2 の外側端部に一致している場合に、移動量 P は、測定体 4 の長さ寸法 W とコイル間隙長 Y を合計した値 $W + Y$ となる。

[0020] この構成は、一般的な差動トランスと類似しているかのように見える。しかしながら、差動コイルである 2 つの 2 次コイル 2 1、2 2 の間にはコイル間隙長 Y が設けられていることから、差動トランスとは挙動が異なる。以下、本実施形態のセンサ 1 の動作原理について図 3 も参照しながら説明する。

[0021] 図 3 は、測定体 4 の位置と出力電圧 V との関係を示すグラフである。図 3 のグラフの縦軸は出力電圧 V であり、横軸は移動量 P である。測定体 4 が基準位置 0 に停止している場合、移動量 $P = 0$ となる。この場合、第 1 コイルセット C 1 の内側に測定体 4 が存在していない状態を基準とした場合に対し、第 1 コイルセット C 1 における 1 次コイル 1 1 と 2 次コイル 2 1 のインダクタンスの変化量が最大となる。すなわち、この場合、差動接続された 2 つの 2 次コイル 2 1、2 2 が最もバランスの崩れた状態となり、その結果、出力電圧 V は、極大又は極小となる。極大又は極小のいずれとなるかは、測定体 4 が磁性体であるか導電性の非磁性体であるか、及び検波回路 3 の極性などに応じて決定される。図 3 の例では、便宜上、測定体 4 が基準位置 0 に停止している場合に出力電圧 V が極小となるように設定している。

[0022] 図 2 において測定体 4 が右方向へ移動すると、すなわち測定体 4 が第 1 コイルセット C 1 側から第 2 コイルセット C 2 側へ移動すると、第 1 コイルセット C 1 におけるインダクタンスは、測定体 4 が磁性体であれば極大状態から減少し、測定体 4 が導電性の非磁性体であれば極小状態から増加していく。このとき、第 2 コイルセット C 2 におけるインダクタンスは変化しない。これは、2 つの 2 次コイル 2 1、2 2 の間に、測定体 4 の長さ寸法 W よりも大きいコイル間隙長 Y が設定されており、測定体 4 は、測定体 4 の一部が一方の 2 次コイル 2 1 の内側に位置している間は、他方の 2 次コイル 2 2 の内

側に侵入しないためである。

[0023] 測定体 4 が更に移動し移動量 $P=W$ になると、測定体 4 は第 1 コイルセット C 1 の内側から出て、第 1 コイルセット C 1 のインダクタンスに影響を及ぼさなくなる。これにより、差動接続された 2 つの 2 次コイル 2 1、2 2 は最もバランスの取れた状態となり、その結果、図 3 の W から Y の区間に示すように出力電圧 $V=0$ になる。

[0024] 測定体 4 が移動量 $P=W$ を超えて更に移動すると、移動量 $P=Y$ になるまで、第 1 コイルセット C 1 及び第 2 コイルセット C 2 のいずれも測定体 4 の影響によるインダクタンスの変化が無い状態、すなわち出力電圧 $V=0$ の状態が続く。そして、移動量 $P=Y$ になると、測定体 4 の進行方向の前端 4 0 2 が、第 2 コイルセット C 2 の左端と同位置になる。測定体 4 が移動量 $P=Y$ を超えて更に移動すると、測定体 4 が第 2 コイルセット C 2 の内側に侵入し始めて、第 2 コイルセット C 2 のインダクタンスに影響を及ぼし始める。

[0025] この場合、測定体 4 が移動量 $P=Y$ を超えて移動すると、第 2 コイルセット C 2 のインダクタンスは、測定体 4 が磁性体であれば増大していき、測定体 4 が導電性の非磁性体であれば減少していく。なお、図 3 の例では、便宜上、測定体 4 が移動量 $P=W+Y$ となる位置に停止している場合に出力電圧 V が極大となるように設定している。

[0026] 図 3 の例において、以上の動作を測定体 4 の移動量 P の範囲と、出力電圧 V に関してまとめると下記ようになる。

$0 \leq P < W$: 出力電圧 V は負、移動量 P の増加に伴い増加

$W \leq P \leq Y$: 出力電圧 V は 0、移動量 P の増加に関係しない

$Y < P \leq W+Y$: 出力電圧 V は正、移動量 P の増加に伴い増加

すなわち、図 2 及び図 3 の例では、 $0 \leq P < W$ 、及び $Y < P \leq W+Y$ の範囲が、測定体 4 の位置を測定することができる測定範囲となる。

[0027] 上記したセンサ 1 は、相互に離れた 2 つの位置を検出するセンサである。センサ 1 は、2 つの差動コイル 2 1、2 2 と、対向コイル 1 1、1 2 と、測定体 4 と、を備える。差動コイル 2 1、2 2 は、相互に差動接続されている

。対向コイル 1 1、1 2 は、それぞれ差動コイル 2 1、2 2 と対向する位置でかつ差動コイル 2 1、2 2 と磁気結合する位置に配置されている。測定体 4 は、磁性体または導電性を有する非磁性体で構成され、差動コイル 2 1、2 2 及び対向コイル 1 1、1 2 に対して相対的に移動し、その移動に伴って差動コイル 2 1、2 2 と対向コイル 1 1、1 2 との磁気結合を変化させる。そして、2つの差動コイル 2 1、2 2 は、例えば測定体 4 の長さ寸法 W 以上の距離を相互に離して配置される。

[0028] 上述したセンサ 1 は、図 2 に示すように移動範囲 $W + Y + W$ の両端から距離 W の範囲が検出範囲となる。このようなセンサ 1 によれば、移動範囲の両端から所定範囲 W のみを検出する場合において、差動トランスの利点を得つつ、移動範囲が異なる場合であっても回路構成を共通化することができる。

[0029] すなわち、上記したセンサ 1 は、2 次コイル 2 1、2 2 が差動接続されているため、外乱ノイズや温度特性に関して一般的な差動トランスに同等又は近い特性を得ることができる。つまり、センサ 1 は機械式の接点を有していないため、寿命や振動などによる誤作動の問題が少なく、また、特性のばらつきや経年劣化による影響も極めて小さい。また、磁石とリードスイッチを用いた方式に比べて外乱直流磁界の影響を受け難い。また、磁石などの磁気部品に由来する温度特性、例えば温度による検出位置のずれなどが発生し難く、温度補正も可能である。

[0030] なお、上記のセンサ 1 が一般的な差動トランスと異なる点は、主に次の 2 点にある。1 点目は、測定体 4 が第 1 コイルセット $C 1$ 又は第 2 コイルセット $C 2$ の内側に位置している状態、つまり移動量 P に関し、 $0 \leq P < W$ 、又は $Y < P \leq W + Y$ の範囲において、第 1 コイルセット $C 1$ 又は第 2 コイルセット $C 2$ の一方のインダクタンスが変化していても他方のインダクタンスは変化しないという点である。2 点目は、移動量 P に関し、 $W \leq P \leq Y$ の期間で出力電圧 V がほぼ 0 に維持される不感範囲が発現する点である。

[0031] また、センサ 1 の両端付近で位置検出を行う用途においては、測定体 4 の移動量 P が、 $P < 0$ 又は $P > W + Y$ となる区間、すなわち、測定体 4 が左

右のコイルセットC 1、C 2から飛び出す区間が存在すると、不都合が生じる。例えば図3の地点R 1は、 $Y < P < W + Y$ に位置しているのに対し、地点R 2は $P > W + Y$ に位置している。この場合、地点R 1、R 2のいずれも出力電圧Vは同一の値を示してしまい、出力電圧Vから移動量Pを特定できない。このため、センサ1の両端付近で位置検出を行う用途においては、 $0 < P < W + Y$ の区間となるように測定体4の移動を規制する機械的な制限を設けることが好ましい。

[0032] なお、上記構成のセンサ装置Aは、次のように変更することができる。

信号源2は、電圧源に限られず、電流源であっても良い。

1次コイルユニット10は、2つの1次コイル11、12を和動接続した構成ではなく、2つの1次コイル11、12のそれぞれに独立して信号を印加する構成でも良い。

1次コイルユニット10の1次コイル11、12を差動接続し、2次コイルユニット20の2次コイル21、22を和動接続した構成としても、同様の特性が得られる。

1次コイルユニット10及び2次コイルユニット20のうち差動接続されていない方のコイルユニットは、測定体4の移動範囲の全長すなわち $2W + Y$ の長さに亘って形成したものでも良い。

[0033] 測定体4は、各コイル11、12、21、22の磁気結合を変化させるすなわちインダクタンスを変化させることができるものであれば良く、材質については磁性材料でも良いし、導電性を有する非磁性材料でも良い。測定体4を非磁性材料で構成した場合には、磁石とリードスイッチを用いた場合に問題となる外乱直流磁界の影響をより受け難くすることができる。

また、測定体4の形状は、コイルセットC 1、C 2の内側を通る円柱、円筒状、棒状、又は板状でも良いし、コイルセットC 1、C 2の外側を囲む円筒状又は角筒状であっても良い。更に、コイルセットC 1、C 2の外周側に測定体4を配置する場合、測定体4は、板状であっても良い。

[0034] 変換器30Aにおける信号処理は、アナログ処理だけでなくA/Dコンバ

ータによってデジタルデータに変換したのちCPUやFPGAなどによるデジタル処理を施し、位置信号をデジタルデータとする事も可能である。

各コイル11、12、21、22は、マグネットワイヤを使ったコイルでも良いし、プリント基板上に渦巻き状のコイルを配置しても良い。

1次コイルユニット10と2次コイルユニット20とは、相互に分離した形態ではなく、ハーフブリッジ型の構成とすることもできる。

[0035] 次に、図4及び図5を参照して、センサ装置Bについて説明する。図4及び図5に示すセンサ装置Bは、図1の変換器30Aに代えて変換器30Bを備えている点で図1のセンサ装置Aと異なっており、センサ1の構成は同一である。なお、以下の説明では、センサ1に対する測定体4の移動範囲の両端の検出範囲について、移動量 P が $0 \leq P < W$ となる範囲内の領域を始端側と称し、移動量 P が $Y < P \leq W + Y$ となる範囲内の領域を終端側と称することがある。変換器30Bは、検波回路3から出力されたアナログ信号つまり出力電圧 V をデジタル信号に変換する機能を有する。変換器30Bは、例えば2つの比較器31、32を有している。以下の説明では、2つの比較器31、32のうち一方を第1比較器31と称し、他方を第2比較器32と称することがある。

[0036] 図4の例において、第1比較器31は始端側の検出に対応しており、第2比較器32は終端側の検出に対応している。第1比較器31において、反転入力には出力電圧 V が接続され、非反転入力には第1基準電圧 V_{ref1} が接続されている。一方、第2比較器32において、非反転入力には出力電圧 V が接続され、反転入力には第2基準電圧 V_{ref2} が接続されている。第1基準電圧 V_{ref1} 及び第2基準電圧 V_{ref2} は、ユーザが調整可能な基準電圧である。また、第1比較器31の出力を第1出力 $Out1$ と称し、第2比較器32の出力を第2出力 $Out2$ と称する。

[0037] 図5に示すように、第1比較器31に入力される第1基準電圧 V_{ref1} の調整範囲 V_{a1} は、始端側で測定体4を検出した際に実際に出力される電圧範囲、この場合、極小値から0までの電圧範囲のやや内側に設定すること

が好ましい。同様に、第2比較器32に入力される第2基準電圧 V_{ref2} の調整範囲 V_{a2} は、終端側で測定体4を検出した際に実際に出力される電圧範囲、この場合、0から極大値までの電圧範囲のやや内側に設定することが好ましい。これは、回路やセンサ1の温度ドリフトや、外乱ノイズ、部品のばらつきなどによる閾値判定の誤差を防ぐためである。

[0038] ユーザは、第1基準電圧 V_{ref1} 及び第2基準電圧 V_{ref2} を、それぞれの調整範囲 V_{a1} 、 V_{a2} 内において任意の値に設定することができる。すなわち、ユーザは、調整範囲 V_{a1} 内で第1基準電圧 V_{ref1} を調整することで、始端側の検出位置 $Q1$ を調整範囲 $H1$ 内で調整することができる。同様に、ユーザは、調整範囲 V_{a2} 内で第2基準電圧 V_{ref2} を調整することで、終端側の検出位置 $Q2$ を調整範囲 $H2$ 内で調整することができる。つまり、センサ1は、第1基準電圧 V_{ref1} 及び第2基準電圧 V_{ref2} を個別に調整することで、始端側の検出位置 $Q1$ と終端側の検出位置 $Q2$ とを個別に調整することができる。図5の例では、第1基準電圧 V_{ref1} は、第1基準電圧 V_{ref1} の調整範囲 V_{a1} の中間点に設定されている。同様に、第2基準電圧 V_{ref2} は、第2基準電圧 V_{ref2} の調整範囲 V_{a2} の中間点に設定されている。

[0039] 始端側について見ると、測定体4の移動量 P が $P=0$ である場合、すなわち測定体4が検出範囲の始端に位置している場合、出力電圧 V は第1基準電圧 V_{ref1} 未満となる。この場合、第1出力 $Out1=1$ となる。そして、測定体4の移動量 P が、第1基準電圧 V_{ref1} に対応した位置 $Q1$ を超えると、出力電圧 V は第1基準電圧 V_{ref1} より大きくなる。これにより、第1出力 $Out1=0$ となる。すなわち、測定体4の移動量 P と第1出力 $Out1$ との関係は下記ようになる。

$$0 \leq P \leq Q1 : \text{第1出力 } Out1 = 1$$

$$Q1 < P \leq W+Y : \text{第1出力 } Out1 = 0$$

[0040] また、終端側について見ると、測定体4の移動量 P が、第2基準電圧 V_{ref2} に対応した位置 $Q2$ を超えていない場合、出力電圧 V は第2基準電圧

V_{ref2} 未満となる。この場合、第2出力 $Out2 = 0$ となる。そして、測定体4の移動量 P が、第2基準電圧 V_{ref2} に対応した位置 $Q2$ 以上になると、出力電圧 V は第2基準電圧 V_{ref2} 以上となる。これにより、第2出力 $Out2 = 1$ となる。すなわち、測定体4の移動量 P と第2出力 $Out2$ との関係は下記ようになる。

$0 \leq P < Q2$: 第2出力 $Out2 = 0$

$Q2 \leq P \leq W + Y$: 第2出力 $Out2 = 1$

[0041] このように、ユーザは、第1基準電圧 V_{ref1} 及び第2基準電圧 V_{ref2} を、それぞれ調整範囲 $Va1$ 、 $Va2$ の範囲内で任意に調整することができる。そして、センサ装置Bは、始端側及び終端側の検出結果をそれぞれ0、1の二値で出力する。このため、PLC(Programmable Logic Controller)などの上位の装置は、センサ装置Bから出力される位置検出の結果を極めて簡単に取り込むことができる。

[0042] また、センサ装置Bにおいて、位置 $Q1$ 、 $Q2$ の調整機能を有する変換器30Bは、センサ1に内蔵されていない。このため、変換器30Bをセンサ1から離れた場所つまり人が作業し易い場所に設置することができ、その結果、調整に関する作業性を向上させることができる。

[0043] 更に、上記の構成において、第1出力 $Out1$ は始端側における測定体4の挙動を示し、第2出力 $Out2$ は終端側における測定体4の挙動を示している。この場合、コイルセット $C1$ 、 $C2$ の長さ寸法 W は、始端側及び終端側における検出範囲と一致する。すなわち、コイルセット $C1$ 、 $C2$ の長さ寸法 W と、始端側及び終端側における検出範囲とは、一定関係が保たれる。このため、センサ1を設計する際に、始端側及び終端側における検出範囲に基づいてコイルセット $C1$ 、 $C2$ の長さ寸法 W を決定できるため、センサ1の設計がし易くなる。

[0044] ここで、コイル間隙長 Y は、出力電圧 V に影響しない。そのため、上記構成のセンサ1において、コイルセット $C1$ 、 $C2$ の長さ寸法 W を変えずにコイル間隙長 Y を変更することで、両端付近の位置検出特性を変化させずにセ

ンサ 1 における測定体 4 の移動範囲の変化すなわち検出対象の移動範囲の変化に対応することができる。この場合、例えば図 2 において、コイルセット C 1、C 2 の長さ寸法 W を変えずにコイル間隙長 Y を変えた場合でも、図 3 及び図 5 に示す $W \leq P \leq Y$ の不感範囲の長さが増加するだけであり、センサ 1 の出力特性は、 $0 \leq P < W$ の区間、及び $Y < P \leq W + Y$ で示す区間においては変化しない。

[0045] このため、ピストンのストロークなど検出対象の移動範囲つまり測定体 4 の移動範囲に合わせてセンサ 1 を設計する際、設計者は、その移動範囲に合わせてコイル間隙長 Y を変更するだけで良く、この場合、センサ装置 B の回路構成を変更する必要がない。すなわち、上記構成によれば、測定体 4 の移動範囲に関わらず、センサ装置 B の回路構成を共通のものとすることができる。

[0046] また、測定体 4 の移動範囲に関わらずセンサ 1 のうちコイルユニット 10、20 の巻き数や長さ寸法 W を同一のものとするため、設計する際の負担も減らすことができる。そして、センサ装置 B の回路構成を共通化することで、複数のセンサ装置 B において、センサ 1 の検出対象及び測定体 4 の移動範囲が異なる場合つまりセンサ 1 の全長が異なる場合であっても、始端側の検出位置 Q 1 と終端側の検出位置 Q 2 の調整作業を共通なものとするすることができる。その結果、センサ装置 B の検出位置 Q 1、Q 2 の調整作業を行う作業者の負荷を減らすことができる。

[0047] なお、上記の構成では第 1 コイルセット C 1 と第 2 コイルセット C 2 との長さ寸法を同一のものとしたが、2 つのコイルセット C 1、C 2 のインダクタンスが同程度に設定されていれば、差動トランスとしての効果を得られる。すなわち、第 1 コイルセット C 1 と第 2 コイルセット C 2 との長さ寸法は、差動トランスとしての効果が得られる範囲で異なっても良い。

[0048] また、第 1 コイルセット C 1 と第 2 コイルセット C 2 との長さ寸法を異なる長さに設定しても良い。この場合、第 1 コイルセット C 1 と第 2 コイルセット C 2 と巻き数を調整することで、インダクタンスを同程度のものとする

ことができる。すなわち、始端側と終端側とで異なる検出範囲とすることができるため、機械的な都合に対してより柔軟に対応することができる。

[0049] なお、上記では、コイル間隙長 Y が、各コイルセット $C1$ 、 $C2$ のコイルセット長 W 及び測定体4の長さ寸法 W よりも長い場合について説明したが、コイル間隙長 Y が、各コイルセット $C1$ 、 $C2$ のコイルセット長 W 及び測定体4の長さ寸法 W よりも短くても良い。なお、コイル間隙長 $Y=0$ の場合は、一般的な差動トランスそのものとなるため、本願発明の範囲からは除外される。すなわち、コイル間隙長 Y は、少なくとも0より大きければ良い。

[0050] 図6及び図7に示す例は、コイル間隙長 Y が0より大きく、かつ、各コイルセット $C1$ 、 $C2$ のコイルセット長 W 及び測定体4の長さ寸法 W 以下に設定された場合、すなわち $0 < Y \leq W$ の範囲内で設定された場合の例である。この場合、出力電圧 $V=0$ となる不感範囲は存在しない。そして、図7に示すように、移動量 P を横軸とし、出力電圧 V を縦軸としたグラフでは、S字カーブに似た形となる。

[0051] 移動量 P が、 $0 \leq P < Y$ である場合、測定体4の少なくとも一部がコイルセット $C1$ と重なっているが、測定体4とコイルセット $C2$ とは重なっていない。この場合、移動量 P が増加するにつれて、コイルセット $C1$ のインダクタンスは、測定体4が磁性体であれば漸減していき、測定体4が導電性の非磁性体であれば漸増していく。これに対し、コイルセット $C2$ のインダクタンスは変化しない。

[0052] また、移動量 P が、 $Y \leq P \leq W$ である場合、測定体4はコイルセット $C1$ 、 $C2$ の両方と重なっている。この場合、移動量 P が増加するにつれて、コイルセット $C1$ のインダクタンスは、測定体4が磁性体であれば漸減していき、測定体4が導電性の非磁性体であれば漸増していく。一方で、移動量 P が増加するにつれて、コイルセット $C2$ のインダクタンスは、測定体4が磁性体であれば漸増していき、測定体4が導電性の非磁性体であれば漸減していく。このため、コイルユニット20のインダクタンスの変化量が大きくなり、図7に示すように、移動量 P －出力電圧 V のグラフの傾きは、 $0 \leq P <$

Yの場合に比べて2倍になる。

[0053] そして、移動量Pが、 $W < P \leq W + Y$ である場合、測定体4の少なくとも一部がコイルセットC2と重なっているが、測定体4とコイルセットC1とは重なっていない。この場合、移動量Pが増加するにつれて、コイルセットC2のインダクタンスは、測定体4が磁性体であれば漸増していき、測定体4が導電性の非磁性体であれば漸減していく。これに対し、コイルセットC1のインダクタンスは変化しない。以上をまとめると、図6及び図7の例では、 $0 \leq P < W$ の範囲が前端側において測定体4の位置を測定できる前端測定範囲となり、 $Y < P \leq W + Y$ の範囲が後端側において測定体4の位置を測定することができる後端測定範囲となる。そして、前端測定範囲と後端測定範囲とでは、 $Y \leq P < W$ の範囲で重なっている。

[0054] 次に、センサ1の温度補正について説明する。1次コイル11、12及び2次コイル21、22に使用される巻線には主に銅が使用されている。銅などの導体の抵抗値は、導体の温度により変化することが知られている。「導体の抵抗値」と「温度」の関係は次の式で表される。

$$R_T = R_t \{1 + \alpha_t (T - t)\} \quad [\Omega] \quad \dots (1)$$

R_T : 温度がT [°C] に変化したときの導体の抵抗値 [Ω]

R_t : t [°C] のときの抵抗値 [Ω]

α_t : t [°C] のときの抵抗温度係数 [ppm/°C]

[0055] 上記(1)式における抵抗温度係数 α_t は、1°Cあたりに対する抵抗値の変化の割合を示す係数であり、一般的な銅の場合は0.00393である。また、各コイルユニット10、20の抵抗値は、各コイルユニット10、20に用いられた巻線固有の抵抗率と巻線の長さによって決まり、各コイルユニット10、20の仕様ごとに固有の値である。このため、コイルユニット10、20の初期の抵抗値 R_t とその抵抗値 R_t のときの温度t、及び現在の抵抗値 R_T に基づいて、現在のコイルユニット10、20の温度つまりセンサ1の温度Tを測定することができる。そして、上述の機能によって、センサ1の内部の温度を測定することができることから、より精度の高い温度補正を行

い易くなる。

[0056] センサ 1 の内部温度は、具体的には例えば次のようにして測定することができる。まず、1 次コイルユニット 10 又は 2 次コイルユニット 20 のいずれか一方の両端に直流電流を流す。次に、直流電流を流したコイルユニット 10、20 について、両端の直流電圧を測定し、その直流電圧に基づいて現在の抵抗値 R_T を測定する。そして、予め設定された抵抗値 R_t と温度 t に基づいて、上記の式 (1) からセンサ 1 の温度 T を算出する。

[0057] 上記のセンサ装置 A、B において、例えば 1 次コイルユニット 10 でセンサ 1 の内部温度を測定する場合、1 次コイルユニット 10 には、信号源 2 から供給される交流信号に重ねて直流電流が供給される。そして、1 次コイルユニット 10 の両端の電圧、この場合、フィルタ処理によって直流化された電圧を測定し、供給する直流電流と測定された直流電圧を計測することで、1 次コイルユニット 10 の抵抗値を算出することができる。この場合、1 次コイルユニット 10 の直流抵抗を正確に測定するためには、例えば 4 線式の結線方法などを用いて抵抗値を測定する回路を構成すれば良い。

[0058] 次に、図 8 及び図 9 を参照して、各コイル 11、12、21、22 の構成例について説明する。なお、図 8 に示すセンサ 1 をセンサ 1A とし、図 9 に示すセンサ 1 をセンサ 1B として区別する。図 8 に示すセンサ 1A は、銅線などの巻線で各コイル 11、12、21、22 を構成した例である。図 8 のセンサ 1A は、コイル保持体 13 を備えている。コイル保持体 13 は、例えば円筒状又は角筒状に構成されている。各コイル 11、12、21、22 は、銅線などの巻線で構成されており、コイル保持体 13 の外周に巻かれている。

[0059] コイル保持体 13 は、各コイル 11、12、21、22 の自己形状を保持する機能、及び相対位置を固定する機能を有する。コイル保持体 13 は、導電性を有する金属で構成しても良い。しかしながら、コイル保持体 13 を導体で構成した場合、コイル保持体 13 がショートコイルとして働き、各コイル 11、12、21、22 のインダクタンスを下げてしまう。したがって、

コイル保持体 13 に導体を用いる場合、材質は、電気抵抗が高い部材つまりショートコイルとして流れる電流が小さいステンレス鋼やニッケル合金などを用いることが好ましい。また、コイル保持体 13 の厚みも、薄い方が良い。なお、コイル保持体 13 は、樹脂などの絶縁体で構成しても良い。

[0060] また、コイル保持体 13 は、磁性材を用いても良い。コイル保持体 13 に磁性材を用いることで、各コイル 11、12、21、22 のインダクタンスを増大させることができ、これにより感度を高く、つまり信号変化を大きくすることができる。なお、コイル保持体 13 に磁性材を用いる場合には、温度特性などに注意が必要となる。また、コイル保持体 13 の内周側を測定体 4 が通過する構成の場合、信号変化を得るために、コイル保持体 13 は非磁性材又は絶縁体を選択される。

[0061] また、コイル保持体 13 と、各コイル 11、12、21、22 との間に、絶縁体を設けても良い。各コイル 11、12、21、22 を構成する巻線つまりマグネットワイヤは、絶縁被膜等によって絶縁されているため、必ずしもコイル保持体 13 と各コイル 11、12、21、22 との間に絶縁体を設ける必要はない。しかしながら、コイル保持体 13 と各コイル 11、12、21、22 との間に絶縁体を設けることで、コイル保持体 13 と各コイル 11、12、21、22 との間の絶縁耐圧を向上させることができる。

[0062] 図 9 に示すセンサ 1 B は、プリント基板に設けたコイルパターンによって各コイル 11、12、21、22 を構成した例である。図 9 の例において、センサ 1 B の 1 次コイルユニット 10 及び 2 次コイルユニット 20 は、それぞれプリント基板 41、42 上に渦巻状に設けられたコイルパターンによって構成されている。図 9 の例では、説明の便宜上、1 次コイルユニット 10 に関するパターンを黒塗りで示し、2 次コイルユニット 20 に関するパターンを白塗りで示している。センサ 1 B は、第 1 層基板 41、第 2 層基板 42、第 3 層基板 43、及び第 4 層基板 44 を積層して構成されている。各基板 41、42、43、44 に設けられたパターンは、必要に応じてスルーホールを通して接続されている。各コイル 11、12、21、22 に接続された

ランドパターン511、512、521、522は、第1層基板41に設けられている。

[0063] 1次コイル11、12のコイルパターンは、センサ1Bの最外層となる第1層基板41に設けられている。ランドパターン511は、第1層基板41に設けられた接続パターン531及び第3層基板43に設けられた接続パターン532を介して、2つの1次コイル11、12のうちランドパターン511から遠い方の1次コイル11に接続されている。また、2つの1次コイル11、12は、第1層基板41に設けられた接続パターン533及び第3層基板43に設けられた接続パターン534を介して相互に和動接続されている。そして、2つの1次コイル11、12のうちランドパターン512に近い方の1次コイル12は、第1層基板41に設けられた接続パターン535を介してランドパターン512に接続されている。

[0064] 2次コイル21、22のコイルパターンは、第2層基板42に設けられている。ランドパターン521は、第4層基板44に設けられた接続パターン541を介して、2つの2次コイル21、22のうちランドパターン521から遠い方の2次コイル21に接続されている。また、2つの2次コイル21、22は、第2層基板42に設けられた接続パターン542及び第4層基板44に設けられた接続パターン543を介して相互に差動接続されている。そして、2つの2次コイル21、22のうちランドパターン522に近い方の2次コイル22は、第2層基板42に設けられた接続パターン544を介してランドパターン522に接続されている。

[0065] このように、各コイル11、12、21、22をプリント基板41、42にコイルパターンとして形成することで、プリント基板の高精度な製造技術を用いることができる。これにより、同一寸法のコイルパターンつまり同一特性でばらつきの少ないセンサ1Bを安価に製造することができる。さらに、センサ1Bの取付け時には、例えばランドパターン511、512、521、522に信号線をはんだ付けするだけで結線を行うことができるため、作業性が良い。また、センサ1Bの設計時において各コイル11、12、2

1、22のコイル長W、及びコイル間隙長Yなどを変更する際も、CADなどのレイアウトデータを変更するだけで良いため、設計変更が簡単かつ正確に行うことができる。

[0066] なお、図9の例において、センサ1Bは4層のプリント基板41～44を積層して構成されているが、コイル11、12、21、22のコイルパターンが設けられたプリント基板の枚数を増やすことで、コイルユニット10、20のインダクタンスを簡単に増大させることができる。この場合、各プリント基板41～44には、ICやトランジスタなどの電子部品は設けられていない。このため、各プリント基板41～44を薄く構成することができ、その結果、プリント基板の積層数を増やしたとしても、厚みが極端に増えることなく、薄くコンパクトに構成することができる。

[0067] また、プリント基板41～44を、ガラス入りエポキシ樹脂製のものとするすることで、センサ1Bを軽量でかつ高い剛性のものとすることができる。これにより、プリント基板41～44とは異なる補強材などを用いる必要がなく、折れにくく信頼性の高い構成とすることができる。更に、一般的にプリント基板は加工性に富み、比較的簡単に自由な外形形状にすることができる。このため、センサ1Bの外形形状を、組み立て時に作業性の良い形状にすることができる。例えば、センサ1Bを取り付ける際に取付対象と嵌合するための突起や窪み、更にはばね構造なども、プリント基板41～44に容易に設けることができる。

[0068] また、図4のセンサ装置Bにおいて、変換器30Bを、図10の変換器30Cに置き換えることもできる。図10の変換器30Cは、センサ駆動用の信号源2を用いない2線式の構成例である。すなわち、変換器30Cと上位装置90とを接続する信号線は、2線式に構成されている。この場合、変換器30Cは、1次コイルユニット10を励磁するための電力を供給する信号源としても機能する。

[0069] 図10の例の変換器30Cは、例えば入力端子台33、出力端子台34、センサ内部回路35、始端出力回路361、終端出力回路362、トランジ

スタ 371、372、及び無極性回路 381、382 を有している。入力端子台 33 の 4 つの各端子には 1 次コイルユニット 10 及び 2 次コイルユニット 20 が接続される。

[0070] 出力端子台 34 の各端子には、例えば PLC などの上位装置 90 が備える端子台 91 を介して上位装置 90 の検出部 921、922 が接続される。検出部 921、922 は、例えばフォトカプラなどで構成されており、それぞれ出力回路 361、362 から出力される ON/OFF の信号を検出する。この場合、検出部 921、922 には、それぞれ 2 本の信号線 391、392、393、394 が接続される 2 線式に構成されている。このため、従来の 2 線式のリードスイッチを、本構成のセンサ装置 B に簡単に置き換えることができる。

[0071] センサ内部回路 35 は、センサ 1 を駆動する駆動回路 351 と、比較回路 352 と、を有している。比較回路 352 は、センサ信号を検出し、各基準電圧 V_{ref1} 、 V_{ref2} と比較して、始端出力回路 361 及び終端出力回路 362 に接点出力の ON/OFF 指令を送信する機能を有する。ここで、2 線式で駆動するためには、センサ内部回路 35 の消費電流を少なくする必要がある。具体的には、センサ内部回路 35 の消費電流を 1 mA 以下に抑える必要がある。この消費電流は信号線 392 または 394 から入力される電流であり、上位装置 90 の検出部 921 または 922 に流れる電流である。検出部 921 および 922 に流れる電流が十分に小さければ、上位装置 90 は入力が OFF と判定する。この入力が OFF、すなわち電流が十分に小さい場合でも、本実施形態のセンサ装置 B つまりセンサ 1 及び変換器 30C は稼働するように構成されている。上位装置 90 において入力が OFF と判定される電流値は、上位装置 90 の仕様によって異なるが、1mA 以下であることが多い。

[0072] 始端出力回路 361 及び終端出力回路 362 は、センサ内部回路 35 から送られてきた ON/OFF 指令を基に、上位装置 90 に対する接点出力を ON/OFF する回路である。この場合、始端出力回路 361 は始端側の接点出力を行い、終端出力回路 362 は終端側の接点出力を行う。また、図 10 の例では、セ

ンサ内部回路 35 の駆動電力は、終端出力回路 362 から供給される。

[0073] 無極性回路 381、382 は、接点出力の電流の極性が、変換器 30C に上位装置 90 から電流を引き込む方式であるシンク、又は変換器 30C から上位装置 90 に電流を吐き出す方式であるソースのどちらでも対応できるようにするためのものであり、例えばダイオードによるブリッジ回路で構成される。なお、無極性回路 381、382 は、ダイオードの代わりに FET を用いて構成することもできる。FET を使った場合、回路は複雑になるが ON 抵抗を低減することができる。

[0074] 次に、図 11 から図 13 を参照して、センサ 1 を用いたセンサユニットについて説明する。図 11 に示す例は、図 8 に示すセンサ 1A を用いたもので、センサ 1A の外周側に測定体 4 を配置した例である。図 11 に示すセンサユニット 601 は、センサ 1A、測定体 4、スリーブ 61、ケース 62、先端カバー 63、後端カバー 64、及び引き出しケーブル 65 を有している。コイル保持体 13 及びコイルユニット 10、20 はスリーブ 61 の内部に配置されている。また、測定体 4 は、スリーブ 61 の外側つまりコイルユニット 10、20 の外側を移動可能に配置されている。

[0075] 図 12 に示す例は、図 8 に示すセンサ 1A を用いたもので、センサ 1A の内側に測定体 4 を配置した例である。図 12 に示すセンサユニット 602 は、センサ 1A、測定体 4、スリーブ 61、ケース 62、先端カバー 63、後端カバー 64、及び引き出しケーブル 65 を有している。コイル保持体 13、コイルユニット 10、20 はスリーブ 61 の内部に配置されている。また、測定体 4 は、スリーブ 61 の内側つまりコイルユニット 10、20 の内側を移動可能に配置されている。この場合、測定体 4 は、支持体 5 によって支持される。

[0076] 図 13 に示す例は、図 9 に示すセンサ 1B を用いたもので、センサ 1B の外側に測定体 4 を配置した例である。図 13 に示すセンサユニット 603 は、センサ 1B、測定体 4、スリーブ 61、ケース 62、先端カバー 63、後端カバー 64、及び引き出しケーブル 65 を有している。センサ 1B は、ス

リーブ61の内部に配置されている。測定体4は、スリーブ61の外側つまりコイルユニット10、20の外側を移動可能に配置されている。

[0077] 図11から図13の構成において、スリーブ61は、センサ1A、1Bを密閉して機械的な保護を実現するための構成である。図11のセンサユニット601及び図13のセンサユニット603のように、コイルユニット10、20の外側に測定体4が配置される構成において、スリーブ61は、非磁性材で構成される。この場合、スリーブ61が非磁性材であっても導電性の高い材料を用いると、スリーブ61自体はショートコイルとして働く。すると、コイルユニット10、20のインダクタンスが低下し、その結果、インダクタンスの変化が小さく、つまり信号の変化が小さくなってしまう。このため、図11及び図13の例において、スリーブ61は、例えばオーステナイト系ステンレスやニッケル合金などの非磁性材でかつ電気抵抗の高い材料が好ましい。

[0078] また、上記と同様の理由から、スリーブ61の厚みも薄い方が好ましい。ただし、機械的強度とのバランスを考慮する必要がある。特にセンサ1Aを油圧シリンダなどに内蔵する場合には、スリーブ61が破損しない厚みとする必要がある。大きな圧力が加わらない用途や、防水が必要でない用途においては、スリーブ61は、ガラスファイバー強化樹脂又はカーボンファイバー強化樹脂などを用いることができ、これにより、軽量化及び低コスト化を実現することができる。

[0079] 引き出しケーブル65は、コイルユニット10、20の結線をケース62の外部に引き出すためのものであり、ケース62の外部において検波回路3またはセンサ内部回路35に接続される。引き出しケーブル65の末端は、例えばコネクタが取り付けられていても良い。引き出しケーブル65は、例えばケーブルグランド66によってケース62に固定されている。このケーブルグランド66により、ケース62と、引き出しケーブル65のシースとの間の防水性は確保されている。

[0080] なお、引き出しケーブル65のシースの内側には隙間が存在する。このた

め、引き出しケーブル65の末端のコネクタが接続されていない場合や、引き出しケーブル65のシースが破損した場合などは、引き出しケーブル65のシースの内側の間隙間を通して、ケース62内に液体が侵入してしまうおそれがある。そのため、ケース62内にエポキシ樹脂67など充填させることで、引き出しケーブル65を伝って液体がケース62内に侵入することを防いでも良い。

[0081] 以上説明したように、変位検出センサ1は、離れた2つの位置を検出するセンサである。変位検出センサ1は、1次コイルユニット10と、2次コイルユニット20と、を備える。1次コイルユニット10は、信号源2、30Cからの電力供給を受けて励磁される。2次コイルユニット20は、1次コイルユニット10と磁気結合する位置に配置されている。1次コイルユニット10及び2次コイルユニット20は、磁性体または導電性を有する非磁性体で構成された測定体4が、1次コイルユニット10及び2次コイルユニット20に対して相対的に移動することで、1次コイルユニット10と2次コイルユニット20とのインダクタンスが変化するものである。そして、1次コイルユニット10と2次コイルユニット20とのうち一方は相互に離して配置され差動接続された2つのコイル21、22を有して構成されている、

[0082] これによれば、検出対象または測定体4の移動範囲の両端から所定範囲つまりセンサ1の全長の両端から所定範囲のみを検出する場合において、差動トランスの利点を得つつ、検出対象の移動範囲が異なる場合であっても回路構成を共通化することができる。

[0083] また、変位検出センサ1Bにおいて、1次コイルユニット10及び2次コイルユニット20は、プリント基板41、42、43、44に設けられたコイルパターンによって構成されている。これによれば、プリント基板の技術を用いることで、1次コイルユニット10及び2次コイルユニット20を高い精度でかつ大量に低コストで生産することができる。

[0084] また、実施形態のセンサ装置Bは、2次コイルユニット20の誘導起電力に基づいて測定体4の位置を示す位置信号を出力するものであって信号線が

2線式に構成された変換器30Cを備える。これによれば、従来の2線式のリードスイッチを、本構成のセンサ装置Bに簡単に置き換えることができる。

[0085] さらに、センサ装置Bは、上述した変位検出センサ1、1A、1Bと、変換器30B、30Cと、を備える。変換器30B、30Cは、基準電圧 V_{ref1} 、 V_{ref2} を調整することで測定体4の検出位置Q1、Q2を調整可能である。これによれば、作業者は、検出位置Q1、Q2を調整する際、基準電圧 V_{ref1} 、 V_{ref2} の値を調整すればよく、機械的に検出位置を調整する必要がない。このため、本構成のセンサ装置Bによれば、例えば接点の入り及び切りの二値しかなくかつ機械的な調整が必要なリードスイッチに比べて検出位置の調整がしやすい。また、通常、変換器30B、30Cは、変位検出センサ1、1A、1Bが組み込まれる装置等の外部に設置される。このため、変位検出センサ1、1A、1Bの周辺に作業空間を確保し難い場合であっても、変位検出センサ1、1A、1Bから離れた場所で検出位置Q1、Q2を調整することができる。その結果、本構成によれば、検出位置Q1、Q2の調整に関する作業性が更に向上する。

[0086] 以上説明した実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これらの新規な実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。本実施形態およびその変形は、発明の範囲および要旨に含まれるとともに、請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれる。

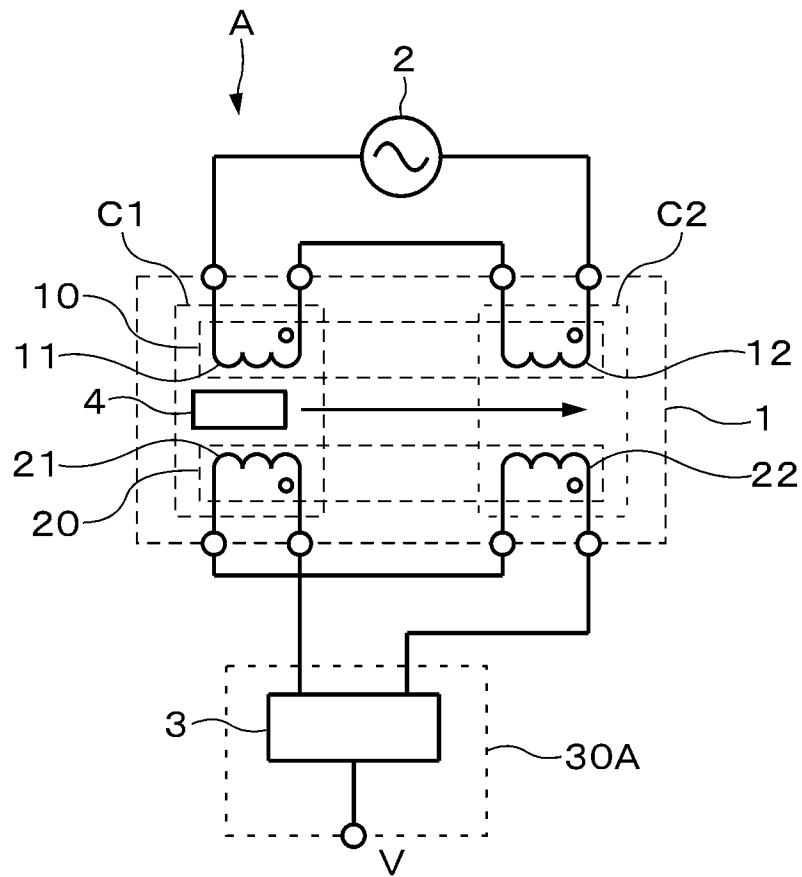
請求の範囲

- [請求項1] 離れた2つの位置を検出するセンサであって、
- 信号源（2、30C）からの電力供給を受けて励磁される1次コイルユニット（10）と、
- 前記1次コイルユニットと磁気結合する位置に配置された2次コイルユニット（20）と、を備え、
- 前記1次コイルユニット及び前記2次コイルユニットは、磁性体または導電性を有する非磁性体で構成された測定体（4）が、前記1次コイルユニット及び前記2次コイルユニットに対して相対的に移動することで前記1次コイルユニットと前記2次コイルユニットとのインダクタンスが変化するものであって、
- 前記1次コイルユニットと前記2次コイルユニットとのうち一方は相互に離して配置され差動接続された2つのコイル（21、22）を有して構成されている、
- 変位検出センサ（1、1A、1B）。
- [請求項2] 前記1次コイルユニット及び前記2次コイルユニットは、プリント基板（41、42、43、44）に設けられたコイルパターンによって構成されている、
- 請求項1に記載の変位検出センサ。
- [請求項3] 請求項1又は2に記載の変位検出センサ（1、1A、1B）と、
- 前記2次コイルユニットの誘導起電力に基づいて前記測定体の位置を示す位置信号を出力するものであって信号線が2線式に構成された変換器（30C）と、を備える、
- センサ装置（B）。
- [請求項4] 請求項1又は2に記載の変位検出センサ（1、1A、1B）と、
- 基準電圧（Vref1、Vref2）を調整することで前記測定体の検出位置（Q1、Q2）を調整可能な変換器（30B、30C）と、を備える、

センサ装置（B）。

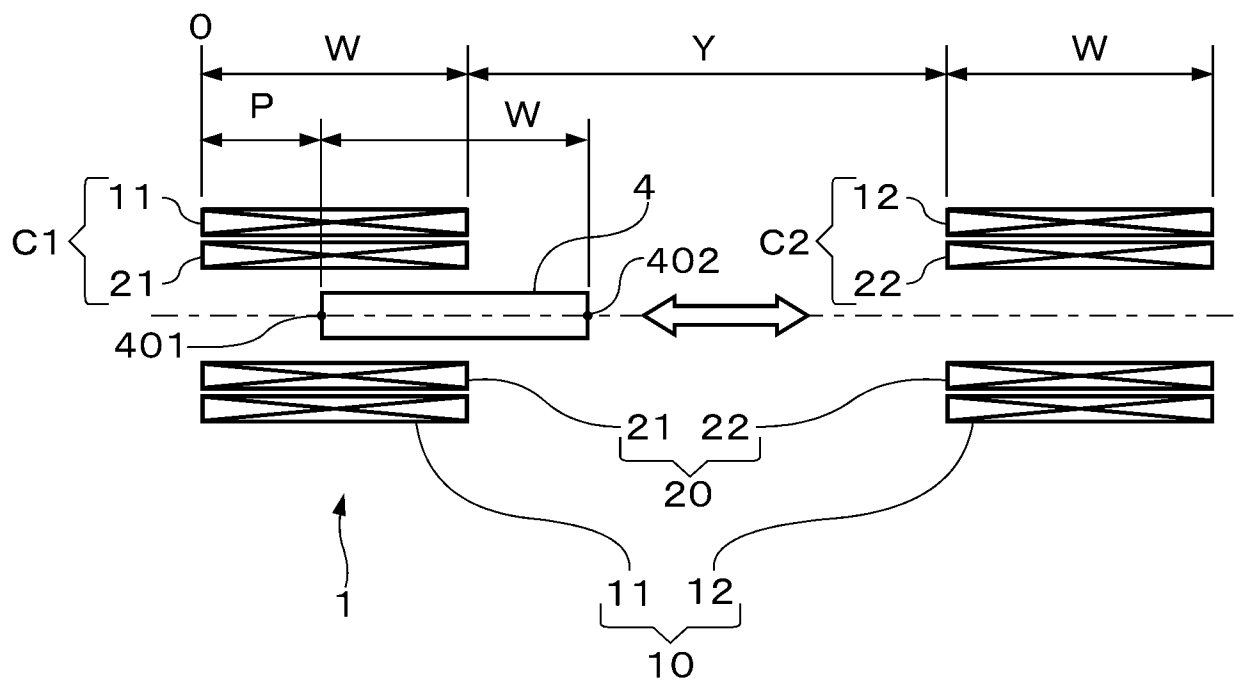
[図1]

Fig.1



[図2]

Fig.2



[図3]

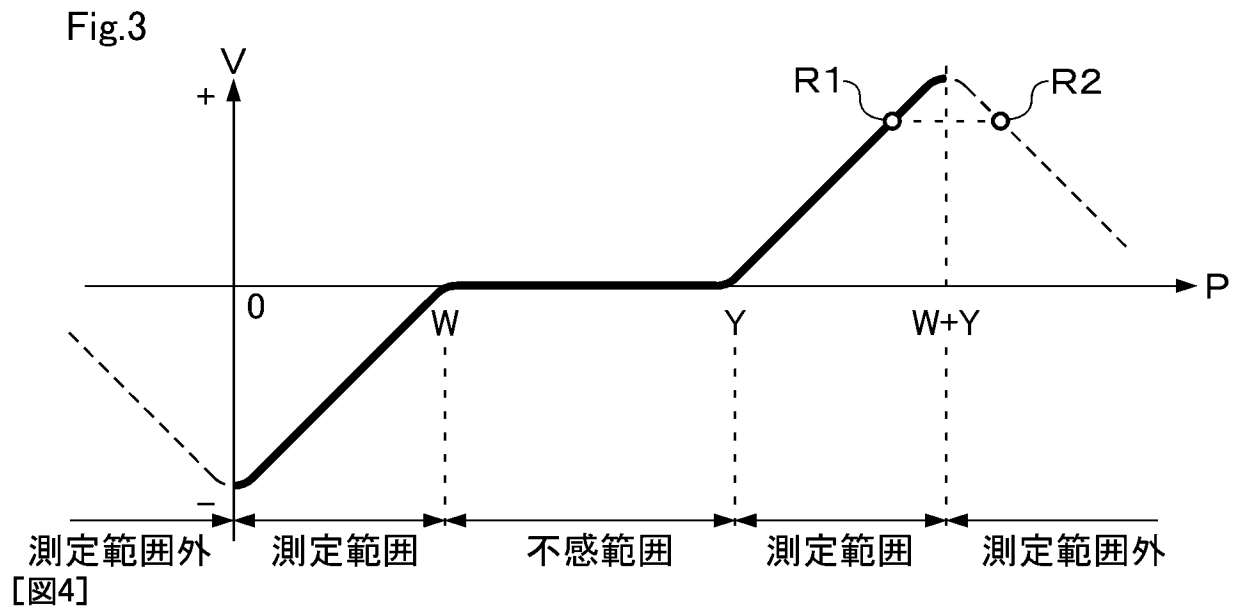
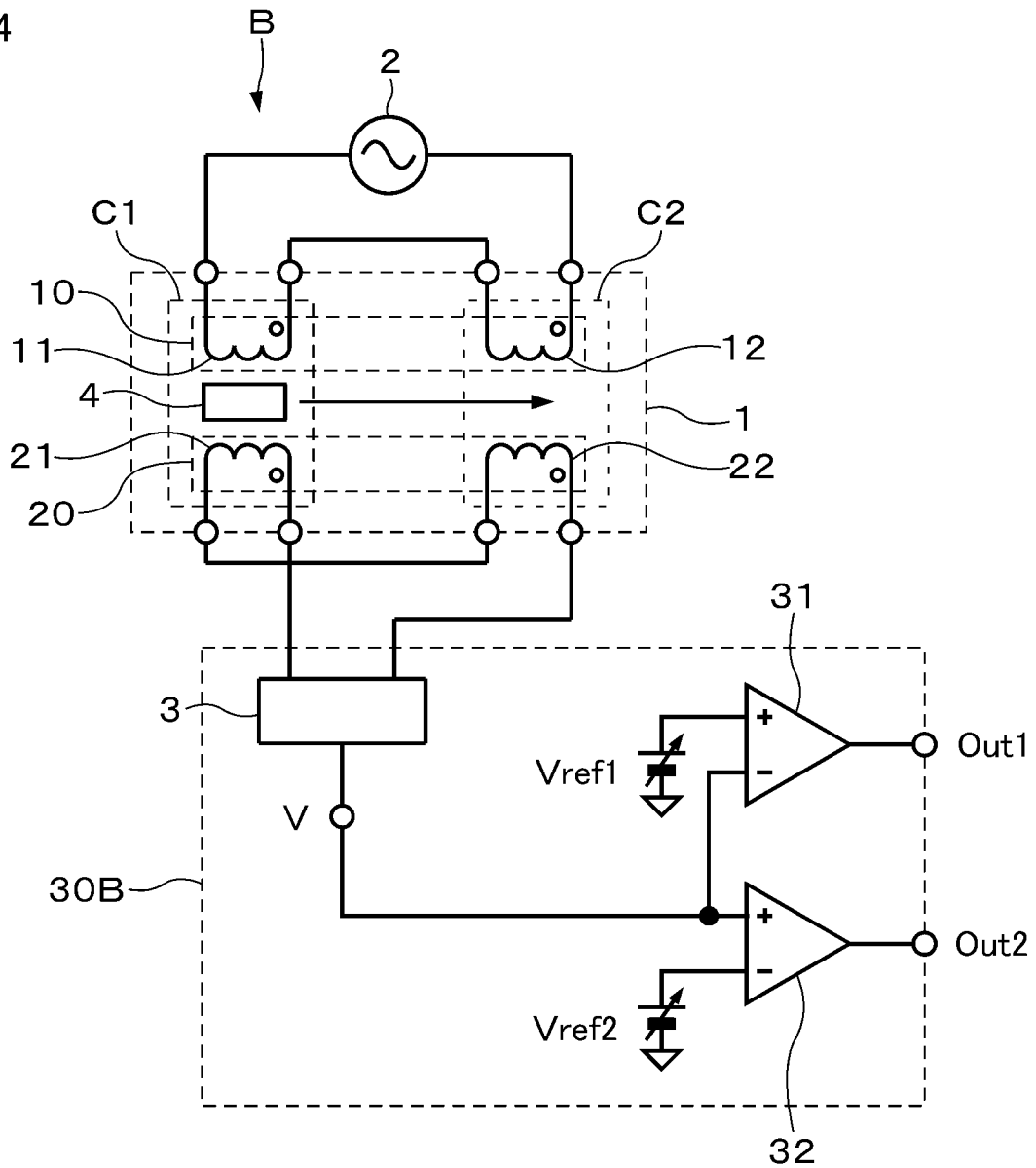
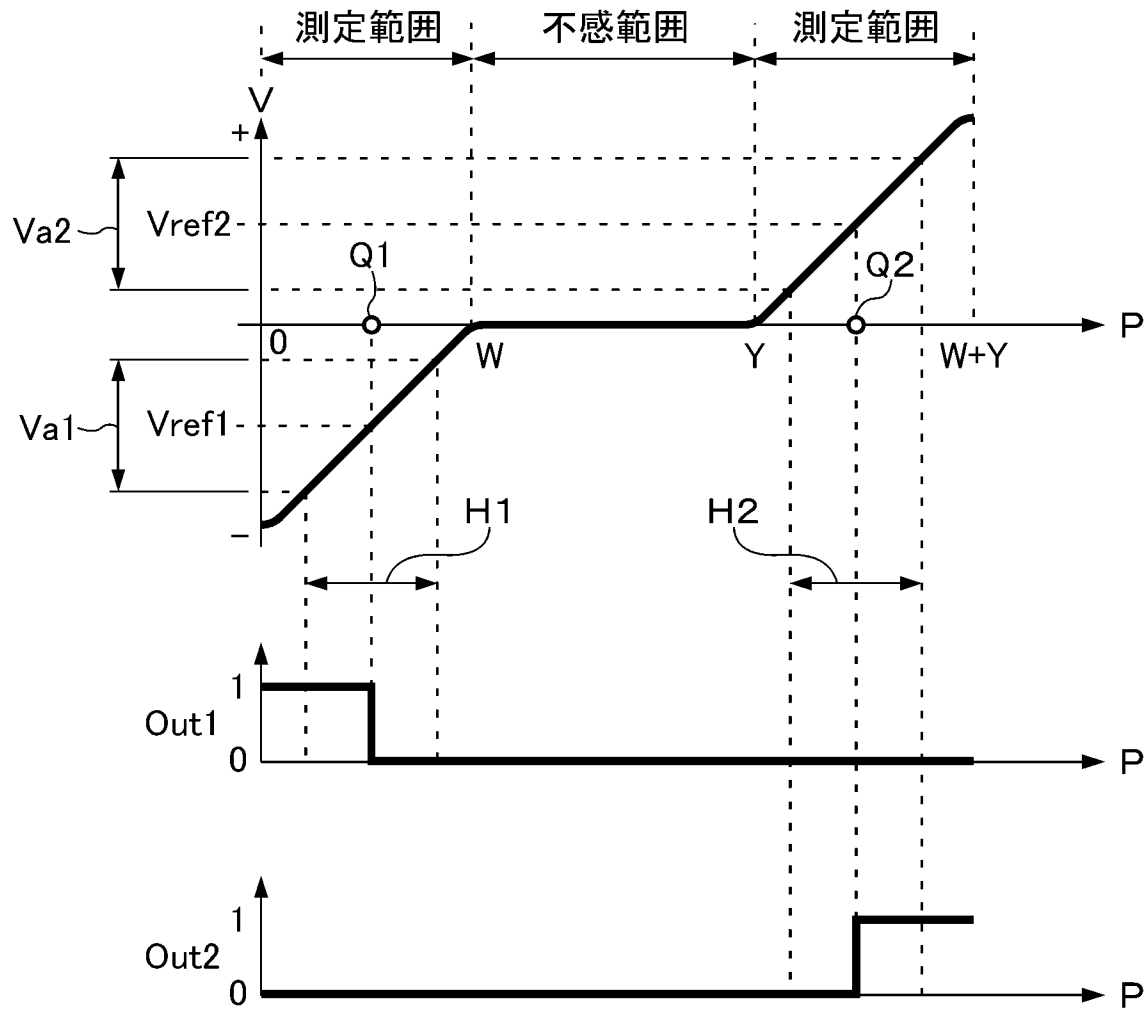


Fig.4



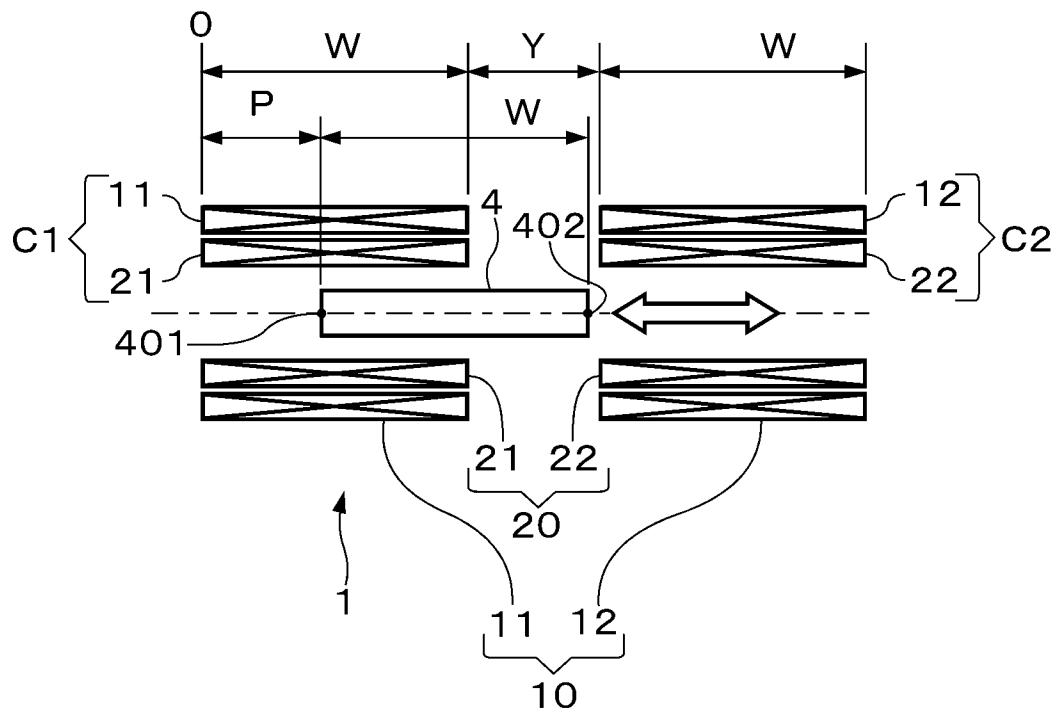
[図5]

Fig.5



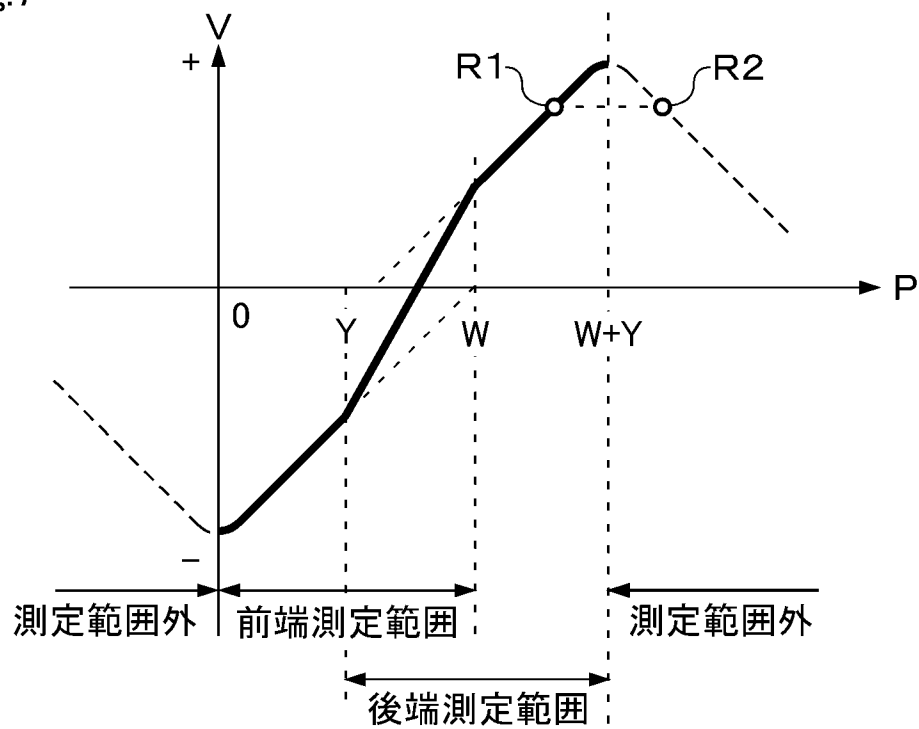
[図6]

Fig.6



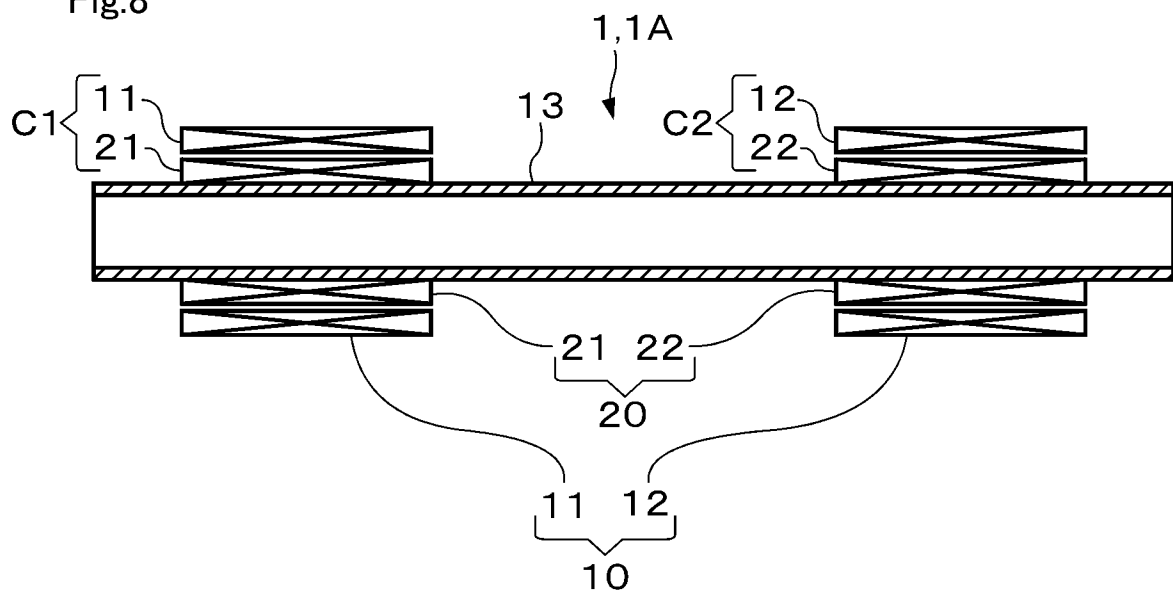
[図7]

Fig.7



[図8]

Fig.8



[図9]

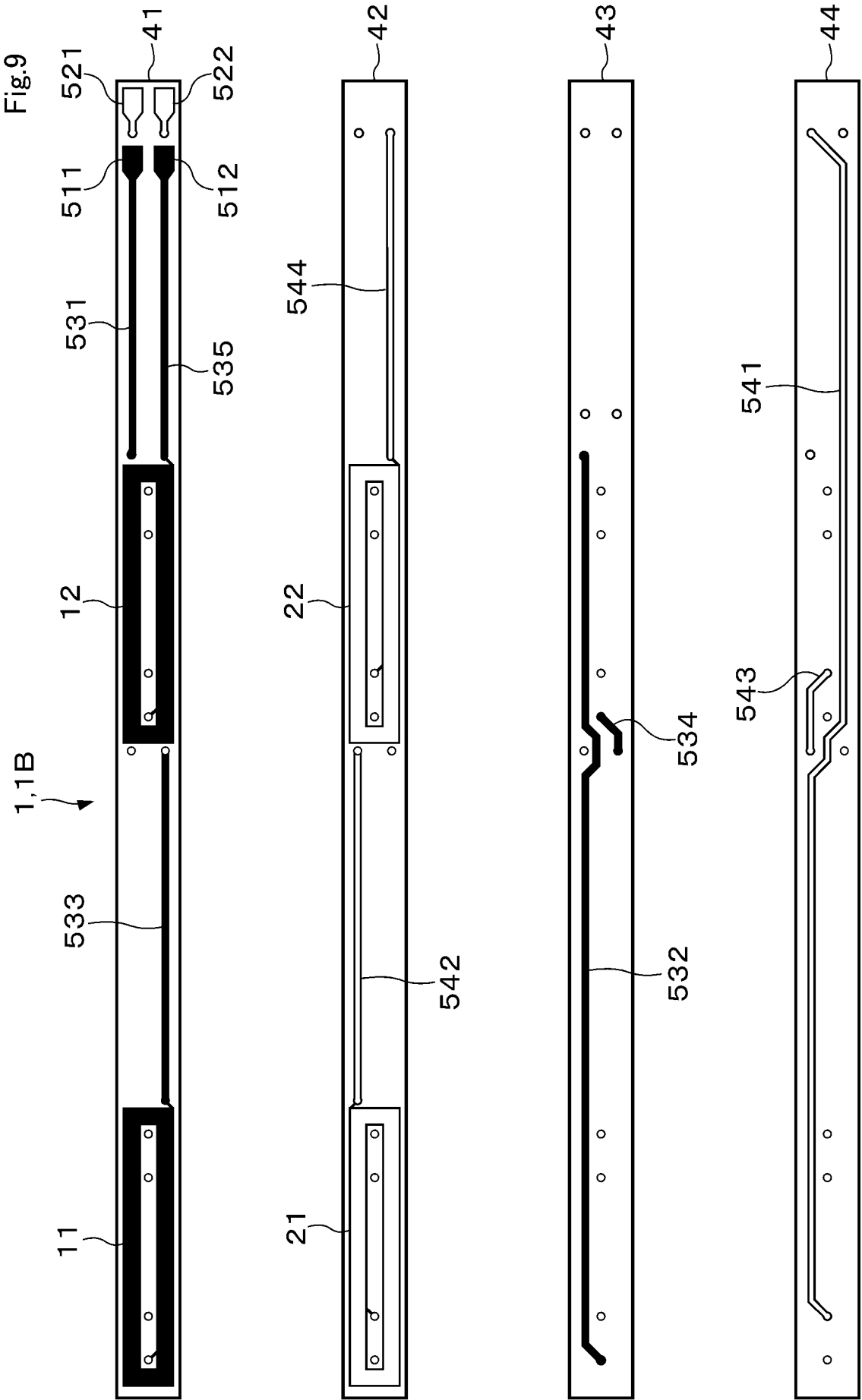
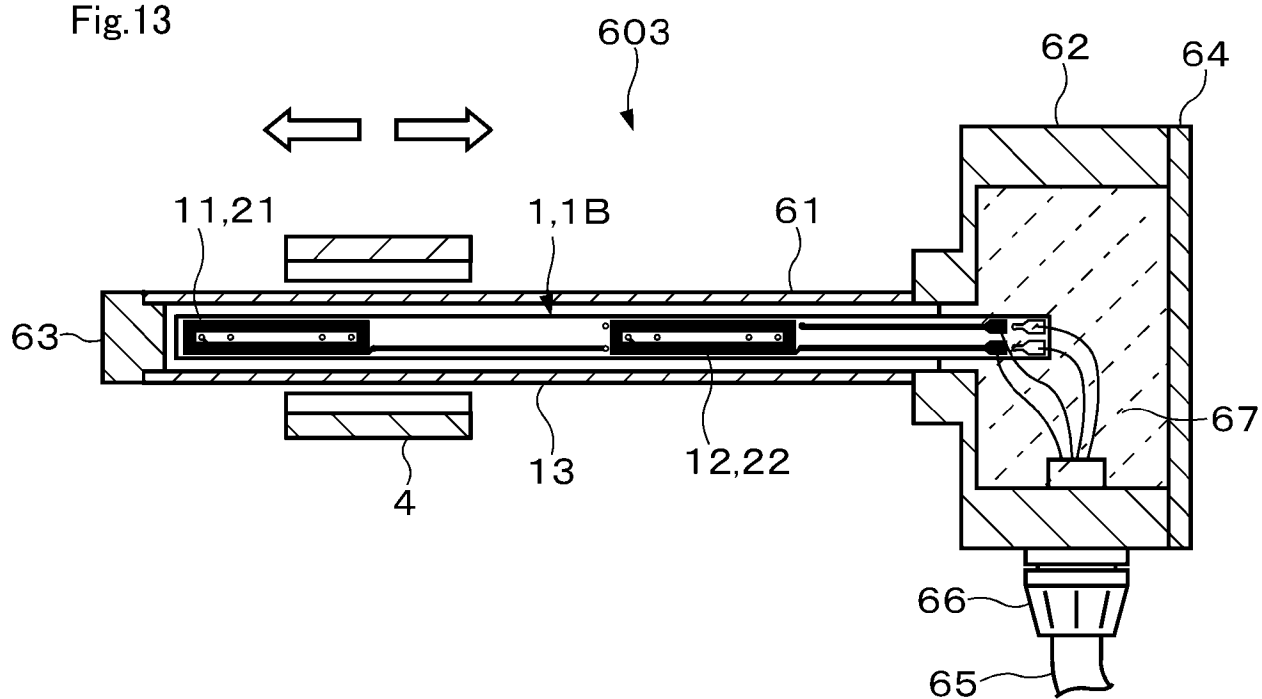


Fig.12



Fig.13



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/013198

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**G01B 7/00**(2006.01)i

FI: G01B7/00 101E

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)

G01B7/00

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 1971-2023
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2023
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

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.
X	JP 1-265112 A (KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA) 23 October 1989 (1989-10-23) page 1, lower left column, line 19 to page 3, upper left column, line 7, fig. 4-5	1
Y	page 1, lower left column, line 19 to page 3, upper left column, line 7, fig. 4-5	1-4
Y	JP 2000-88506 A (OMRON CORPORATION) 31 March 2000 (2000-03-31) paragraphs [0022]-[0026], [0036]-[0041], fig. 6-7	1-4
Y	JP 2002-22402 A (BALLUFF GMBH) 23 January 2002 (2002-01-23) paragraphs [0053]-[0068]	2
Y	JP 50-33672 B1 (SAAB AKTIEBOLAG) 01 November 1975 (1975-11-01) column 5, line 1 to column 6, line 8, fig. 2	3
Y	JP 9-79809 A (MIKUNI CORP.) 28 March 1997 (1997-03-28) paragraphs [0026]-[0027], [0055]-[0056], fig. 4, 8	4

☐ 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

“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

30 May 2023

Date of mailing of the international search report

13 June 2023

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.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2023/013198

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	1-265112	A	23 October 1989	(Family: none)	
JP	2000-88506	A	31 March 2000	(Family: none)	
JP	2002-22402	A	23 January 2002	US 2001/0052771 A1 paragraphs [0064]-[0079] EP 1158266 A1 DE 10025661 A AT 272203 T	
JP	50-33672	B1	01 November 1975	GB 1214193 A page 2, line 102 to page 3, line 49, fig. 2 DE 1807406 A FR 1595686 A BE 723533 A SE 342102 B NL 6815947 A NO 126098 B	
JP	9-79809	A	28 March 1997	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G01B 7/00(2006.01)i FI: G01B7/00 101E										
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）） G01B7/00 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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2023年</td> </tr> </table> 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）			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2023年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2023年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2023年
日本国実用新案公報	1922 - 1996年									
日本国公開実用新案公報	1971 - 2023年									
日本国実用新案登録公報	1996 - 2023年									
日本国登録実用新案公報	1994 - 2023年									
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								
X	JP 1-265112 A（株式会社東芝）23.10.1989（1989 - 10 - 23） 第1頁左下欄第19行-第3頁左上欄第7行、図4-5	1								
Y	第1頁左下欄第19行-第3頁左上欄第7行、図4-5	1-4								
Y	JP 2000-88506 A（オムロン株式会社）31.03.2000（2000 - 03 - 31） [0022]-[0026]、[0036]-[0041]、図6-7	1-4								
Y	JP 2002-22402 A（パルプ ゲーエムペーハー）23.01.2002（2002 - 01 - 23） [0053]-[0068]	2								
Y	JP 50-33672 B1（サーブ アクチーボラグ）01.11.1975（1975 - 11 - 01） 第5欄第1行-第6欄第8行、図2	3								
Y	JP 9-79809 A（株式会社ミクニ）28.03.1997（1997 - 03 - 28） [0026]-[0027]、[0055]-[0056]、図4、図8	4								
☐ 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。										
<table border="0"> <tr> <td> * 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの “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 </td> <td> “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 </td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの “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						
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの “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 30.05.2023		国際調査報告の発送日 13.06.2023								
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） 山▲崎▼ 和子 2S 6005 電話番号 03-3581-1101 内線 3216								

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/JP2023/013198

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	1-265112	A	23.10.1989	(ファミリーなし)	
JP	2000-88506	A	31.03.2000	(ファミリーなし)	
JP	2002-22402	A	23.01.2002	US 2001/0052771 A1	
				[0064]-[0079]	
				EP 1158266 A1	
				DE 10025661 A	
				AT 272203 T	
JP	50-33672	B1	01.11.1975	GB 1214193 A	
				第2頁第102行-第3行第49	
				行、図2	
				DE 1807406 A	
				FR 1595686 A	
				BE 723533 A	
				SE 342102 B	
				NL 6815947 A	
				NO 126098 B	
JP	9-79809	A	28.03.1997	(ファミリーなし)	