



MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア
(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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, MK, MT,
NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI

(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR,
NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称

物理量センサ

技術分野

本発明は、 $\Delta \Sigma$ 変調を適用した物理量センサに関する。

背景技術

カーナビゲーション・システムやロボットの姿勢制御等を行うための物理量センサとして、圧電振動素子を用いたジャイロセンサが知られている（例えば、特許文献 1 参照）。

図 1 は、従来のジャイロセンサの一例を示す図である。

図 1 に示すように、ジャイロセンサ 1 は、検出電極 5 及び 6 を有する水晶振動子 2 を含む発振回路 3 と、検出電極 5 及び 6 の検出信号に基づいてコリオリの力を検出する検出回路 10 とによって構成される。検出電極 5 及び 6 は、水晶振動子 2 の検出用枝に形成されており、発振回路 3 からは水晶振動子 2 の駆動用枝に形成された駆動電極からの出力に基づいて 2 値化処理を行い、矩形波である検波クロック CL が出力される。

水晶振動子 2 は、発振回路 3 によって一定振幅で発振が継続されているが、このとき、水晶振動子 2 が角速度 ω で回転されたとすると、水晶振動子 2 の駆動用枝の振動方向に対して直角な方向に角速度 ω に比例したコリオリの力 F が働く。このコリオリの力 F による応力によって、水晶振動子 2 は、駆動周波数に等しい周波数で振動が励起され、この振動によって検出用枝に形成された検出電極 5 及び 6 に圧電歪効果による電荷が発生する。

この発生した電荷により、検出電極 5 及び 6 に微小な逆相の電流である検出電流 I_1 及び I_2 が流れる。検出回路 10 の I/V 変換回路 11 及び 12 は、この検出電流 I_1 及び I_2 をそれぞれ電流電圧変換して検出電圧 V_{10} 及び V_{11} を出力し、差動増幅器 13 は、検出電圧 V_{10} と V_{11} の差分を増幅して差動出力 V_{12} を出力する。同期検波回路 14 は、差動出力 V_{12} を入力して発振回路 3 から出力される矩形波である検波クロック CL のタイミングに合わせて同期検波を行い、検波出力 V_{13} を出力する。LPF（ローパスフィルタ）15 は、検波出力 V_{13} の交流成分をカットし、角速度に応じた直流電圧である角速度検出信号 V_{14} を出力する。

図 2 は、同期検波回路 14 における信号例を示す図である。

図 2（a）は差動増幅器 13 の差動出力 V_{12} が同期検波回路 14 に入力された場合を示し、図 2（b）は差動出力 V_{12} の 2 倍の周期のノイズ 1 が同期検波回路 14 に入力された場合を示し、図 2（c）は差動出力 V_{12} の 3 倍の周期のノイズ 2 が同期検波回路 14 に入力された場合を示している。

図 2（a）に示すように、差動出力 V_{12} は、検波クロック CL で検波されて、検波出力 V_{13} を出力し、LPF 15 で交流成分がカットされ、所定の値を有する直流電圧である角速度検出信号 V_{14} として出力される。

図 2（b）に示すように、差動出力 V_{12} の 2 倍の周期のノイズ 1 が同期検波回路 14 に入力された場合には、検波クロック CL によって検波されるが、同期検波出力 V_{13} が上下対称の波形となるため、LPF 15 で交流成分がカットされると、LPF 15 の出力は 0（ゼロ）となり、角速度検出信号 V_{14} に悪影響は及ぼさない。しかしながら、図 2（c）に示すように、差動出力 V_{12} の 3 倍の周期のノイズ 2 が同期検波回路 14 に入力された場合には、検波

クロック CL によって検波されると、同期検波出力 V_{13} が上下非対称の波形となるため、 LPF_{15} で交流成分がカットされても、直流成分が残り、角速度検出信号 V_{14} にノイズ成分が残ってしまう。なお、図 2 (c) は差動出力 V_{12} の 3 倍の周期のノイズについて説明しているが、差動出力 V_{12} の奇数倍の高調波ノイズについても同様の問題がある。

即ち、検波信号に重畳された高調波ノイズが、同期検波回路に入力されると、角速度検出信号にノイズの影響が反映されてしまうという不具合があった。

特許文献：特開 2007-57340 (図 9)

発明の概要

本発明は、上記の問題点を解決することを目的とした物理量センサを提供することを目的とする。

また、本発明は、高精度の物理量検出信号を得ることを可能とした物理量センサを提供することを目的とする。

さらに、本発明は、高精度の角速度検出信号を得ることを可能とした物理量センサを提供することを目的とする。

物理量センサは、外部から印加された物理量を電気信号に変換する振動子と、振動子を発振させる発振回路と、振動子からの被検波信号を発振回路からの検波信号に基づいて検波する検波回路を有し、検波回路の前段で発振回路からの検波信号及び振動子からの被検波信号の何れか一方の信号を $\Delta\Sigma$ 変調し且つ変調信号を出力する $\Delta\Sigma$ 変調器と、出力電圧が可変な可変電圧源と、可変電圧源の出力電圧を制御する制御部を更に有し、 $\Delta\Sigma$ 変調器は出力電圧を基準として作成されたフィードバック信号を用いて $\Delta\Sigma$ 変調を行うことを特徴とする。

ジャイロセンサは、振動子と、振動子を発振させる発振回路と、発振回路からの検波信号及び振動子からの被検波信号の何れか一方の信号を $\Delta\Sigma$ 変調する $\Delta\Sigma$ 変調器と、発振回路からの検波信号及び振動子からの被検波信号の他方の信号を $\Delta\Sigma$ 変調器の出力信号に基づいて検波する検波回路と、検波回路の出力信号の交流成分を除去するローパスフィルタを有することを特徴とする。

また、ジャイロセンサでは、検波回路は、振動子からの被検波信号及び被検波信号の反転信号の何れか一方を、 $\Delta\Sigma$ 変調器の出力信号に基づいて出力する第1スイッチング回路を更に有することが好ましい。

さらに、ジャイロセンサでは、定電圧源と、定電圧源からの電圧信号及び電圧信号の反転信号の何れか一方を、 $\Delta\Sigma$ 変調器の出力信号に基づいて出力する第2スイッチング回路を更に有し、 $\Delta\Sigma$ 変調器は、第2スイッチング回路の出力信号を、フィードバック信号として用いることが好ましい。

物理量センサでは、基準電圧を可変とすることで、物理量センサに可変利得増幅機能（感度補償機能）を持たせることが可能となった。さらに、専用の可変利得増幅回路が不要であるので、専用回路による雑音の発生や回路規模の増大といった不具合を防止することが更に可能となった。

物理量センサでは、振動子の周囲温度を検出し、検出結果に基づいて基準電圧を可変とすることで、物理量センサに温度補償機能を持たせることが可能となった。

ジャイロセンサでは、発振回路からの検波信号及び振動子からの被検波信号の何れか一方の信号を $\Delta\Sigma$ 変調した変調信号を用いて、発振回路からの検波信号及び前記振動子からの被検波信号の他方の信号の検波を行っているため、検波する信号に重畳された高調波に

よる影響を受けず、高精度の角速度検出信号を得ることが可能となった。

また、ジャイロセンサでは、定電圧源を用いてフィードバック信号を生成することにより、電源電圧変動の影響を受けない角速度検出信号を得ることができる。

図面の簡単な説明

図 1 は、従来のジャイロセンサの一例を示す図である。

図 2 は、図 1 に示すジャイロセンサの同期検波回路 1 4 における信号例を示す図である。

図 3 は、物理量センサをジャイロセンサ 1 0 0 を例にして示した図である。

図 4 は、水晶振動子と各種電極との接続状態とを示す図である。

図 5 は、ジャイロセンサ 1 0 0 における信号例を示す図である。

図 6 は、物理量センサに適用可能な加速度センサ用の素子例を示す図である。

図 7 は、図 6 に示す素子 1 2 0 と各種電極との接続状態を示す図である。

図 8 は、物理量センサを更に他のジャイロセンサ 2 0 0 を例にして示した図である。

図 9 は、物理量センサを更に他のジャイロセンサ 2 0 1 を例にして示した図である。

図 1 0 は、物理量センサを更に他のジャイロセンサ 2 0 2 を例にして示した図である。

発明を実施するための形態

以下図面を参照して、物理量センサについて説明する。但し、本

発明の技術的範囲はそれらの実施の形態に限定されず、特許請求の範囲に記載された発明とその均等物に及ぶ点に留意されたい。

図 3 は、物理量センサをジャイロセンサ 100 を例にして示した図である。

ジャイロセンサ 100 は、発振回路 30 及び検出回路 50 を含み、検出回路 50 は、角速度検出信号 V28 を出力するよう構成されている。

発振回路 30 は、水晶振動子 20、I/V 変換回路 37、LPF 38、自動利得制御回路（以下、AGC と言う）39、利得可変増幅器（以下、VGA と言う）40、位相回路 45 等を含んで構成されている。

図 4 は、水晶振動子と各種電極との接続状態とを示す図である。

水晶振動子 20 は、二つの駆動用枝 20a、20b と一つの検出用枝 20c の 3 本の枝を有する三又振動子である。駆動用枝 20a、20b には対となる駆動電極 23、24 が形成されている。水晶振動子 20 は、駆動電極 23 に印加される交流の駆動電圧 V_{out} によって励振し、駆動電極 24 から交流の出力電流 I_{out} が出力される。なお、水晶振動子 20 の構造は、図 4 に示す三又振動子には限定されず、例えば、他の形状の三又振動子、二又の音叉型振動子等を利用することも可能である。また、振動子の材料は水晶に限定されず、PZT など他の圧電材料を用いても良い。

駆動電極 23 は、駆動用枝 20a の対向する 2 面に形成される駆動電極 23a、23b と、駆動用枝 20b の対向する 2 面に形成される駆動電極 23c、23d を含んでいる。また、駆動電極 24 は、駆動用枝 20a の対向する他の 2 面に形成される駆動電極 24a、24b と、駆動用枝 20b の対向する他の 2 面に形成される駆動電極 24c、24d を含んでいる。駆動電極 23a、23b、23

c、23dはそれぞれ電氣的に接続されて駆動電極23として外部と接続され、駆動電極24a、24b、24c、24dもそれぞれ電氣的に接続されて駆動電極24として外部と接続される。

検出用枝20cには、対となる検出電極25、26が形成されている。検出電極25は、検出用枝20cの対向する面の一部に形成される検出電極25a、25bを含んでいる。また、検出電極26は、検出用枝20cの対向する面の一部に形成される検出電極26a、26bを含んでいる。検出電極25a、25bはそれぞれ電氣的に接続されて検出電極25として外部と接続され、また検出電極26a、26bもそれぞれ電氣的に接続されて検出電極26として外部と接続される。

発振回路30のI/V変換回路37は、水晶振動子20の一方の駆動電極24から流れ出す出力電流 I_{out} を入力として、交流信号V1を出力する。LPF38は、交流信号V1を入力として、フィルタ出力信号V2を出力する。AGC39は、交流信号V1を入力して、所定の基準電圧と比較し、制御電圧V5を出力する。VGA40は、フィルタ出力信号V2を入力として、制御信号V5に基づいて、駆動電圧 V_{out} を出力し、水晶振動子20の駆動電極23に印加する。

位相回路45は、被検波信号である電流I1及びI2の位相と、検波信号V9との位相差が 0° となるように、交流信号V1の位相を調整して、検波信号V9を出力する。なお、位相回路45は、駆動電圧 V_{out} に基づいて検波信号V9を出力するようにしても良い。

発振回路30の上記構成によって、水晶振動子20は駆動電圧 V_{out} によって駆動され、自励発振が継続される。そして、水晶振動子20が発振を継続すると、駆動用枝20a、20bは矢印X方

向（図 4 参照）に振動し、また、検出用枝 20 c も駆動用枝 20、20 b に同期して矢印 X 方向に振動する。

検出回路 50 は、I/V 変換回路 51 及び 52、差動増幅器 53、検波回路 60、基準電源（不図示）と接続された第 2 バッファ 65 及び第 2 反転増幅器 66、第 2 バッファ 65 及び第 2 反転増幅器 66 の出力を切り替える第 2 スイッチ 67、スイッチ制御部 68、 $\Delta\Sigma$ 変調器 70、LPF 80 等から構成される。

検波回路 60 は、差動増幅器 53 と接続された第 1 バッファ 61 及び第 1 反転増幅器 62、第 1 バッファ 61 及び第 1 反転増幅器 62 の出力を切り替える第 1 スイッチ 63 を含んで構成される。また、 $\Delta\Sigma$ 変調器 70 は、加算器 71、ループフィルタ 72、A/D 変換器 73、D/A 変換器 74 等を含んで構成される。なお、A/D 変換器は 1 ビットでもよく、その場合には、D/A 変換器 74 が無くとも良い。図 5 では、A/D 変換器が 1 ビットの場合の波形について示している。

水晶振動子 20 は、発振回路 30 によって一定振幅で発振が継続されているが、このとき、水晶振動子 20 が角速度 ω で回転されたとすると、水晶振動子 20 の駆動用枝 20 a、20 b の振動方向（X 方向）に対して直角な Z 方向に角速度 ω に比例したコリオリの力 F が働く（図 4 参照）。このコリオリの力 F は、 $F = 2 \cdot m \cdot \omega \cdot V$ で表され、 m は水晶振動子 20 の駆動用枝 20 a、20 b 又は検出用枝 20 c の等価質量であり、 V は駆動周波数 f_0 (Hz) で振動する速度である。このコリオリの力 F による応力によって、水晶振動子 20 は、Z 方向に駆動周波数に等しい周波数で振動が励起され、この振動によって検出用枝に形成された検出電極 25 及び 26 に圧電歪効果による電荷が発生する。

この発生した電荷により、検出電極 25 及び 26 に微小な逆相の

電流である検出電流 I_1 及び I_2 が流れる。検出回路 50 の I/V 変換回路 51 及び 52 は、この検出電流 I_1 及び I_2 をそれぞれ電流電圧変換して検出電圧 V_{10} 及び V_{11} を出力し、差動増幅器 53 は、検出電圧 V_{10} 及び V_{11} の差分を増幅して差動出力 V_{12} を出力する。

検波回路 60 の第 1 バッファ 61 は、差動出力 V_{12} を入力として、差動出力と同じ出力 V_{20} を出力し、第 1 反転増幅器 62 は、差動出力 V_{12} が反転した出力 V_{21} を出力する。同様に、第 2 バッファ 65 は、基準電源からの基準電圧信号 (V_{std}) を入力として、基準電圧信号と同じ信号を出力し、第 2 反転増幅器 66 は、基準電圧信号が反転した信号を出力する。

第 2 スイッチ 67 の出力は、 D/A 変換器 74 に入力され、アナログ信号 V_{23} に変換されて加算器 70 へ入力される。加算器 71 では、発振回路 30 の位相回路 45 から出力される検波信号 V_9 から、アナログ信号 V_{23} が減算され、減算出力信号 V_{24} が出力される。ループフィルタ 72 は、減算出力信号 V_{24} を入力とし、これを積分してフィルタ出力信号 V_{25} を出力する。 A/D 変換器 73 は、フィルタ出力信号 V_{25} をデジタル信号 V_{26} に変換して出力する。

スイッチ制御部 68 は、デジタル信号 V_{26} が High の場合には、第 1 スイッチ 63 を制御して第 1 バッファ 61 からの出力 V_{20} を出力するように制御し、且つ第 2 スイッチ 67 を制御して第 2 バッファ 65 からの信号が出力されるように制御する。また、スイッチ制御部 68 は、デジタル信号 V_{26} が Low の場合には、第 1 スイッチ 63 を制御して第 1 反転増幅器 62 からの出力 V_{21} を出力するように制御し、且つ第 2 スイッチ 67 を制御して第 2 反転増幅器 66 からの出力が出力されるように制御する。

図 5 は、ジャイロセンサ 1 0 0 における信号例を示す図である。

図 5 (a) に示すように、第 1 バッファ 6 1 の出力 V 2 0 を実線で、第 1 反転増幅器 6 2 の出力 2 1 を点線で記載している。なお、出力 V 2 0 は、差動増幅器 5 3 の差動出力 V 1 2 と同じ電圧波形を示しており、水晶振動子 2 0 の検査用枝 2 0 c からの信号に基づく被検波信号に相当する。

$\Delta \Sigma$ 変調器 7 0 では、A / D 変換器 7 3 の出力を制御信号として、元となる検波信号 V 9 より充分高速に第 2 スイッチ 6 7 を切り替え、その出力 V 2 2 を D / A 変換器 7 4 によりアナログ信号に変換して D / A 変換器出力信号 V 2 3 を生成している。さらに、加算器 7 1 において検波信号 V 9 と D / A 変換器 7 4 の出力 V 2 3 とを比較し、その差をループフィルタ 7 2 で積算し、A / D 変換器 7 3 にフィードバックしている。

このように、 $\Delta \Sigma$ 変調器 7 0 は、発振回路 3 0 の位相回路 4 5 から出力される検波信号 V 9 から、 $\Delta \Sigma$ 変調されたデジタル信号 V 2 6 (図 5 (b) 参照) を生成している。なお、デジタル信号 V 2 6 が H i g h の場合の電圧値は、基準電源の電圧 V s t d にほぼ等しい。スイッチ制御部 6 8 は、A / D 変換器 7 3 の出力であるデジタル信号 V 2 6 に基づいて、第 1 スイッチ 6 3 のスイッチングを行っているが、これは、デジタル信号 V 2 6 を用いて、被検波信号である差動信号 V 1 2 を同期検波していることに相当する。L P F 8 0 は、第 1 スイッチ 6 3 の出力信号 V 2 7 (図 5 (c) 参照) の交流成分を除去し、角速度に応じた直流電圧である角速度検出信号 V 2 8 (図 5 (d) 参照) を出力する。

ここで、A / D 変換器 7 3 の出力であるデジタル信号 V 2 6 は、被検波信号 V 9 をデジタル信号に変換したものであって、被検波信号 V 9 と、A / D 変換器 7 3 のサンプリング周波数以外の特定の周

波数成分を有していない。したがって、図2(c)で説明したように、V9の奇数倍の高調波が検波信号に重畳されていた場合であっても、角速度検出信号V28に及ぼす影響が極めて少ない。

なお、検出回路50の回路構成より、以下の式が成立しているものと考えられる。

$$(L V 9 - L V 2 2 \cdot D A) \cdot L F + E) \cdot L V s t d = L V 2 2$$

したがって、

$$L V 2 2 = L V 9 \cdot L F \cdot V s t d / (1 + D A \cdot L F \cdot V s t d) + E \cdot V s t d / (1 + D A \cdot L F \cdot V s t d)$$

ここで、ループフィルタ72の伝達関数をI F、D/A変換器73の伝達関数をD A、A/D変換器73での量子化ノイズをe、量子化ノイズeをラプラス変換したものをEとする。第1スイッチ63の出力信号V27をラプラス変換したものをL V 2 7、第2スイッチ67の出力信号V22をラプラス変換したものをL V 2 2、差動信号V12をラプラス変換したものをL V 1 2、検波信号V9をラプラス変換したものをL V 9とする。

上記において、 $D A \cdot L F \cdot V s t d \gg 1$ となるように設定しておけば、 $L V 2 2 \approx L V 9 / D A$ であり、 $D A \approx 1$ と考えれば、以下の式(1)の関係が成り立つ。

$$L V 2 2 \approx L V 9 \quad (1)$$

さらに、検波回路60と、基準電源に接続された第2バッファ65、第2反転増幅器66及び第2スイッチ67の回路の類似性より、L V 1 2とL V 2 7との関係と、V s t dとL V 2 2との関係が同じであることは明らかであるので、以下の式(2)の関係が成り立つ。

$$L V 2 7 = L V 1 2 \cdot L V 2 2 / V s t d \quad (2)$$

式（１）及び（２）から、以下の式（３）の関係が成り立つ。

$$L V 2 7 = L V 9 \cdot L V 1 2 / V s t d \quad (3)$$

即ち、検出回路５０の第１スイッチ６３の出力信号Ｖ２７は、被検波信号である差動信号１２と検波信号９との積と比例していることが理解できる。

上記のジャイロセンサ１００では、同期検波を行う際、 $\Delta\Sigma$ 変調器７０によって、検波信号Ｖ９をデジタル信号に変換したものを利用して同期検波を行っているので、高調波、例えば、外部からの周期的機械振動に起因するもの等によって、角速度検出信号Ｖ２８に誤差が生じるのを防止することが可能となる。また、第１スイッチ６３のスイッチングを利用して検波を行っていることから、ジャイロセンサ１００全体をＣＭＯＳ回路で実現できるという利点もある。

また、ジャイロセンサ１００では、 $\Delta\Sigma$ 変調器７０を利用しているが、 $\Delta\Sigma$ 変調では、ループフィルタ７２を適切に設定することにより、量子化ノイズを高周波側に押し出し、低周波側のノイズを低減することができる（ノイズシェーピング）。したがって、ジャイロセンサにおいて重要な検波後の低周波成分に重畳される、Ａ／Ｄ変換器７３の量子化ノイズを低く抑えることができるという利点もある。

図６は、物理量センサに適用可能な加速度センサ用の素子例を示す図である。

図６に示す素子１２０は、第１音叉型水晶振動子１２１、第２音叉型水晶振動子１２２、及び結合子１２３から構成される。駆動側である第１音叉型水晶振動子１２１は、第１駆動用枝１２１ａ及び第２駆動用枝１２１ｂを有し、検出側である第２音叉型水晶振動子１２２は、第１検出用枝１２２ａ及び第２検出用枝１２２ｂを有し

ている。

第1音叉型水晶振動子121の駆動電極に交流電圧を加えて、第1駆動用枝121a及び第2駆動用枝121bをY[′]軸周りに変位する互いに逆相の捩れ振動を持続させる。この時、XY平面に対して面对称な±Z軸方向に加速度が生じると、第1駆動用枝121a及び第2駆動用枝121bにはコリオリの力によって他のモードの振動が発生する。発生した振動は、結合子123を介して検出側である第2音叉型水晶振動子122に伝播する。伝播した振動によって、第2音叉型水晶振動子122の第1検出用枝122a及び第2検出用枝122bにY[′]軸周りに変位する互いに逆相の捩れ振動が発生する。この振動によって発生した交流信号を検出することによって生じた加速度に対応した加速度信号を得ることが可能となる。

図7は、図6に示す素子120と各種電極との接続状態を示す図である。

第1音叉型水晶振動子121の第1駆動用枝121aには、そのZ[′]軸方向から見て表面に形成された外側駆動用電極124a、中側駆動用電極124b及び内側駆動用電極124cと、そのZ[′]軸方向から見て裏面に形成された外側駆動用電極124d、中側駆動用電極124e及び内側駆動用電極124fとが形成されている。また、第1音叉型水晶振動子121の第2駆動用枝121bには、そのZ[′]軸方向から見て表面に形成された外側駆動用電極125c、中側駆動用電極125b及び内側駆動用電極125aと、そのZ[′]軸方向から見て裏面に形成された外側駆動用電極125f、中側駆動用電極125e及び内側駆動用電極125dとが形成されている。

電極124a、124c、124e、125b、125d及び125fがそれぞれ電氣的に接続されて駆動電極23として外部と接

続されるように構成されている。また、電極 1 2 4 b、1 2 4 d、1 2 4 f、1 2 5 a、1 2 5 c 及び 1 2 5 e がそれぞれ電氣的に接続されて駆動電極 2 4 として外部と接続されるように構成されている。

第 2 音叉型水晶振動子 1 2 2 の第 1 検出用枝 1 2 2 a には、その Z' 軸方向から見て表面に形成された電極 1 2 6 a、裏面に形成された電極 1 2 6 c 及び両側面に形成された電極 1 2 6 b 及び 1 2 6 d を有している。また、第 2 音叉型水晶振動子 1 2 2 の第 2 検出用枝 1 2 2 b には、その Z' 軸方向から見て表面に形成された電極 1 2 7 a、裏面に形成された電極 1 2 7 c 及び両側面に形成された電極 1 2 7 b 及び 1 2 7 d を有している。

電極 1 2 6 b、1 2 6 d、1 2 7 a 及び 1 2 7 c がそれぞれ電氣的に接続されて検出電極 2 5 として外部と接続されるように構成されている。電極 1 2 6 a、1 2 6 c、1 2 7 b 及び 1 2 7 d がそれぞれ電氣的に接続されて検出電極 2 6 として外部と接続されるように構成されている。

図 3 に示す様な発振回路 3 0 から、所定の交流電圧 V_{out} を図 7 に示す駆動電極 2 3 及び 2 4 に印加することによって、第 1 駆動用枝 1 2 1 a 及び第 2 駆動用枝 1 2 1 b を Y' 軸周りに変位する互いに逆相の捩れ振動を持続させることが可能となる。この時、発振回路 3 0 の位相回路 4 5 から出力される電圧 (V_9 相当)、検出用の第 2 音叉型水晶振動子 1 2 2 と接続されている検出電極 2 5 及び 2 6 から出力される電流 (I_1 及び I_2 相当) を検出回路 5 0 に入力することによって、検出回路 5 0 の出力 V_{28} から、素子 1 2 0 に加わった加速度に対応する信号を出力することができる。このように、図 3 ~ 図 5 に示したジャイロセンサ 1 0 0 に適用した本発明に係る物理量検出センサの構成は、加速度センサにも適用可能であ

る。なお、図 6 及び図 7 に加速度センサを構成する素子として示した素子 120 は一例であってそれに限定されるものではない。

図 8 は、物理量センサを他のジャイロセンサ 200 を例にして示した図である。

図 8 に示すジャイロセンサ 200 において、図 3 と同じ構成には同じ番号を付して説明を省略する。図 3 に示すジャイロセンサ 100 と図 8 に示すジャイロセンサ 200 との差異は、ジャイロセンサ 100 の検出回路 50 の基準電圧信号 (V_{std}) の代わりに、一定の電圧ではなく可変電圧を出力することができる電源回路 220 を含む検出回路 210 を有している点のみである。

電源回路 220 は、基準電源と接続されたデジタルアナログコンバータ (DAC) 90、DAC 90 の出力を設定するための設定信号を出力する制御回路 91、複数の設定データを記憶したメモリ 92 等を含んで構成されている。

図 3 に示すジャイロセンサ 100 では、上述したように、LPF 80 において、出力信号 V_{27} の交流成分を除去したものが角速度検出信号 V_{28} であること及び上記の式 (3) より、角速度検出信号 V_{28} 、被検波信号 I_1 に対応した電圧 V_{10} 、被検波信号 I_2 に対応した電圧 V_{11} 、検波信号 V_9 、及び基準電圧信号 (V_{std}) の関係は以下の式 (4) の様に表わすことができる。

$$V_{28} = (V_{11} - V_{10}) V_9 / V_{std} \quad (4)$$

式 (4) より、ジャイロセンサ 200 において、基準電圧信号 (V_{std}) の代わりに DAC 90 の出力電圧 V_{30} を用い、その値を可変することによって、角速度検出信号 V_{28} のゲイン調整を行うことが可能となる。具体的には、出力電圧 V_{30} を高く設定すれば、角速度検出信号 V_{28} は低い値を有することとなり、出力電圧 V_{30} を低く設定すれば、角速度検出信号 V_{28} は高い値を有する

こととなる。

ところで、水晶振動子 20 には個体差が存在するため、出力される角速度検出信号 V 28 の値に差が生じる。そこで、予想される水晶振動子の特性の個体差を補償できるように、出力電圧 V 30 の出力範囲を設計しておく。そして、ジャイロセンサ 100 に搭載された水晶振動子 20 の特性が分かった段階で、メモリ 92 を書き換えて出力電圧 V 30 を切り替えることで、予想される水晶振動子の特性の個体差を補償する。メモリ 92 へ書き込む値は、水晶振動子 20 単体の特性から決定してもよいし、角速度検出信号 V 28 の測定結果から決定してもよい。いずれにしろ、制御回路 91 は、入力されたタイプに応じて、ジャイロセンサ 100 に搭載された水晶振動子 20 のタイプに合った最適な出力電圧 30 を出力すべく、DAC 90 を制御することとなる。

上記のような電源回路 220 によって、水晶振動子 20 の固体差に拘らず、ほぼ一定の角速度検出信号 V 28 を出力することが可能となった。即ち、電源回路 220 は、検出回路 210 に対して可変利得増幅機能（感度補償機能）を持たせる働きをしているが、専用の可変利得増幅回路が不要であるので、専用回路による雑音の発生や回路規模の増大といった不具合を防止することができるという更なる利点がある。

図 9 は、物理量センサを更に他のジャイロセンサ 201 を例にして示した図である。

図 9 に示すジャイロセンサ 201 において、図 3 と同じ構成には同じ番号を付して説明を省略する。図 3 に示すジャイロセンサ 100 と図 9 に示すジャイロセンサ 201 との差異は、ジャイロセンサ 100 の検出回路 50 の基準電圧信号（V s t d）の代わりに、一定の電圧ではなく可変電圧を出力することができる電源回路 221 を

含む検出回路 2 1 1 有している点のみである。

電源回路 2 2 1 は、基準電源と接続されたデジタルアナログコンバータ（D A C） 9 0、D A C 9 0 の出力を設定するための設定信号を出力する制御回路 9 1、水晶振動子 2 0 の周囲温度を検出して、検出した温度に対応した温度信号を出力する温度センサ 9 3 等を含んで構成されている。

ところで、水晶振動子 2 0 は、温度特性を有しているため、周囲温度が変化すると、それに応じて出力される角速度検出信号 V 2 8 の値も変化する。そこで、温度センサ 9 3 からの出力に応じて、制御回路 9 1 が D A C 9 0 の出力を可変するように制御する。

上記のような電源回路 2 2 1 によって、水晶振動子 2 0 の温度特性に拘らず、ほぼ一定の角速度検出信号 V 2 8 を出力することが可能となった。即ち、電源回路 2 2 1 は、検出回路 2 1 1 に対して温度補償機能を持たせる働きをしている。

図 1 0 は、物理量センサを更に他のジャイロセンサ 2 0 2 を例にして示した図である。

図 1 0 に示すジャイロセンサ 2 0 2 おいて、図 3 と同じ構成には同じ番号を付して説明を省略する。図 3 に示すジャイロセンサ 1 0 0 と図 1 0 に示すジャイロセンサ 2 0 2 との差異は、ジャイロセンサ 1 0 0 の検出回路 5 0 の基準電圧信号（V s t d）の代わりに、一定の電圧ではなく可変電圧を出力することができる電源回路 2 2 2 を含む検出回路 2 1 2 有している点のみである。

電源回路 2 2 2 は、基準電源と接続されたデジタルアナログコンバータ（D A C） 9 0、D A C 9 0 の出力を設定するための設定信号を出力する制御回路 9 1、複数の設定データを記憶したメモリ 9 2、ジャイロセンサ 2 0 2 の周囲温度を検出して、検出した温度に対応した温度信号を出力する温度センサ 9 3 等を含んで構成されて

いる。

電源回路 222 では、水晶振動子 20 の特性の個体差、および特性の温度依存性を補償するために、水晶振動子の特性に関するデータがメモリ 92 に記憶され且つ水晶振動子の温度特性を補償するための温度センサ 93 を有している。したがって、電源回路 222 からは、メモリ 92 に書き込まれたデータに対応する、水晶振動子 20 の特性に応じた電圧を基準に、温度センサ 93 からの温度信号による補正が加えられた出力電圧 30 が出力されることとなる。なお、水晶振動子の温度特性にも個体差が生じる場合がある。そこで、制御回路 91 が、更に、水晶振動子毎の温度特性の個体差を補償するように、温度センサ 93 からの温度信号による補正をした出力電圧 30 に対して、更に補正を加えるようにしても良い。

上記のような電源回路 222 によって、水晶振動子 20 の個体差及び温度特性に拘らず、ほぼ一定の角速度検出信号 V28 を出力することが可能となった。即ち、電源回路 222 は、検出回路 212 に対して可変利得増幅機能（感度補償機能）及び温度補償機能を持たせる働きをしている。

上記のジャイロセンサ 100、200、201 及び 202 では、検波信号 V9 を $\Delta\Sigma$ 変調器 70 を利用してデジタル信号に変換したものを利用して、被検波信号 V12 を検波するように構成した。しかしながら、被検波信号 V12 を $\Delta\Sigma$ 変調器 70 を利用してデジタル信号に変換したものを利用して、検波信号 V9 を検波するように構成しても良い。

更に、上記のジャイロセンサ 100、200、201 及び 202 において、検波信号 V9 の反転信号を $\Delta\Sigma$ 変調器 70 を利用してデジタル信号に変換したものを利用して、被検波信号 V12 を検波するように構成しても良いし、被検波信号 V12 の反転信号を $\Delta\Sigma$ 変調

器 7 0 を利用してデジタル信号に変換したものを利用して、検波信号 V 9 を検波するように構成しても良い。

上述した物理量センサは、ジャイロセンサ、加速度センサ等の水晶振動子を利用した物理量を測定するセンサに良好に適用することが可能である。

請 求 の 範 囲

〔請求項 1〕

外部から印加された物理量を電気信号に変換する振動子と、前記振動子を発振させる発振回路と、前記振動子からの被検波信号を前記発振回路からの検波信号に基づいて検波する検波回路と、を有する物理量センサにおいて、

前記検波回路の前段で、前記発振回路からの検波信号及び前記振動子からの被検波信号の何れか一方の信号を $\Delta\Sigma$ 変調し、変調信号を出力する $\Delta\Sigma$ 変調器と、

出力電圧が可変な可変電圧源と、

前記可変電圧源の出力電圧を制御する制御部と、を更に有し、

前記 $\Delta\Sigma$ 変調器は、前記出力電圧を基準として作成されたフィードバック信号を用いて $\Delta\Sigma$ 変調を行う、

ことを特徴とする物理量センサ。

〔請求項 2〕

振動子に応じたデータを記憶するメモリを更に有し、

前記制御部は、前記データに基づいて前記可変電圧源の出力電圧を制御する、請求項 1 に記載の物理量センサ。

〔請求項 3〕

前記振動子の周囲温度を検出するための温度センサを更に有し、

前記制御部は、前記温度センサの出力に基づいて前記可変電圧源の出力電圧を制御する、請求項 1 に記載の物理量センサ。

〔請求項 4〕

振動子に応じたデータを記憶するメモリと、
前記振動子の周囲温度を検出するための温度センサを更に有し、
前記制御部は、前記データ及び前記温度センサの出力に基づいて
前記可変電圧源の出力電圧を制御する、請求項 1 に記載の物理量センサ。

〔請求項 5〕

前記検波回路の出力信号の交流成分を除去するローパスフィルタを更に有する、請求項 1 に記載の物理量センサ。

〔請求項 6〕

前記検波回路は、前記振動子からの被検波信号及び前記被検波信号の反転信号の何れか一方を、前記 $\Delta \Sigma$ 変調器の変調信号に基づいて出力する第 1 スイッチング回路を更に有する、請求項 1 に記載の物理量センサ。

〔請求項 7〕

前記可変電圧源からの出力電圧及び前記可変電圧源からの出力電圧の反転出力の何れか一方を、前記 $\Delta \Sigma$ 変調器の変調信号に基づいて出力する第 2 スイッチング回路を更に有し、

前記第 2 スイッチング回路の出力信号をフィードバック信号として用いる、請求項 1 に記載の物理量センサ。

図1

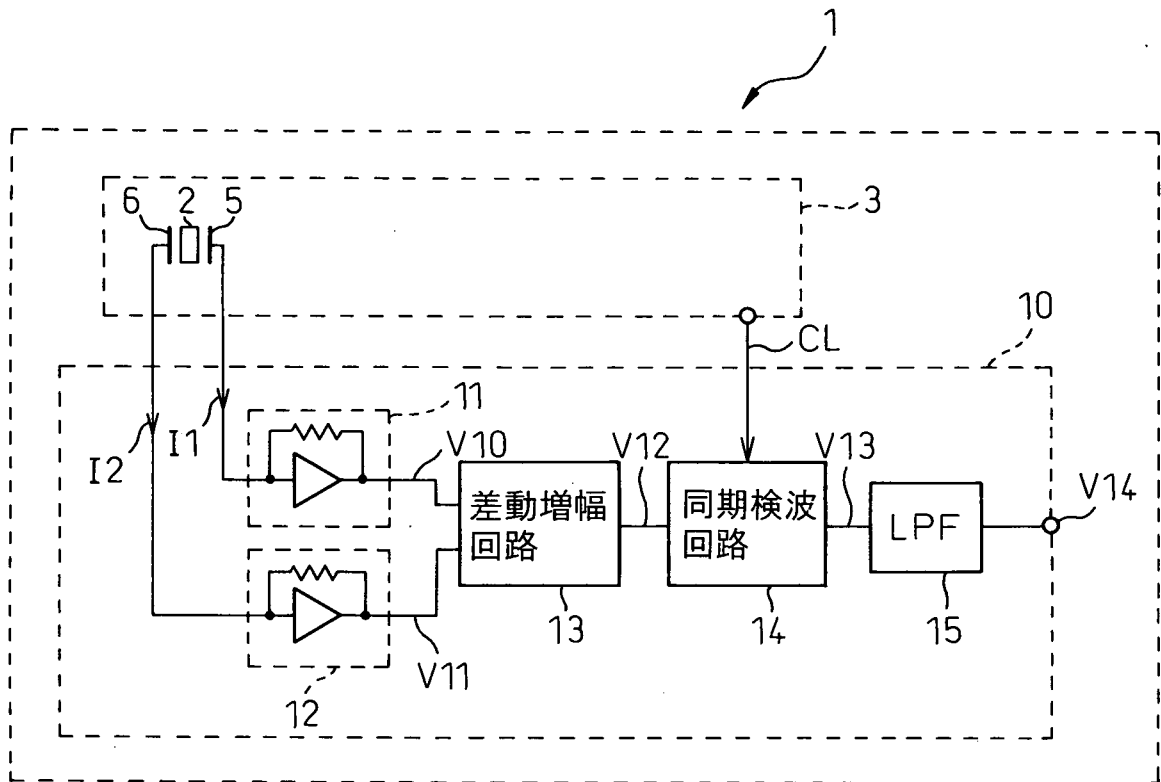


図2

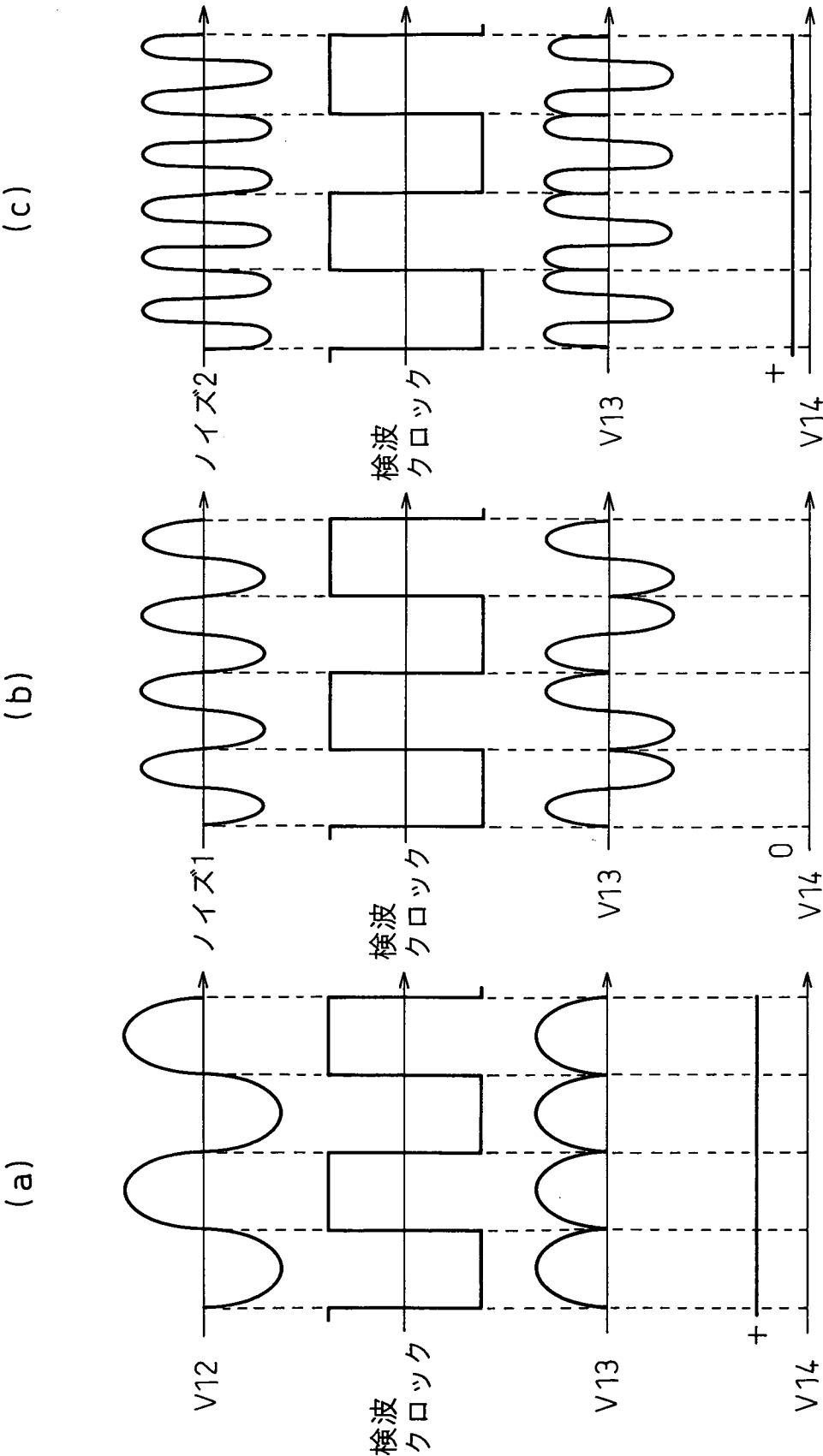


図3

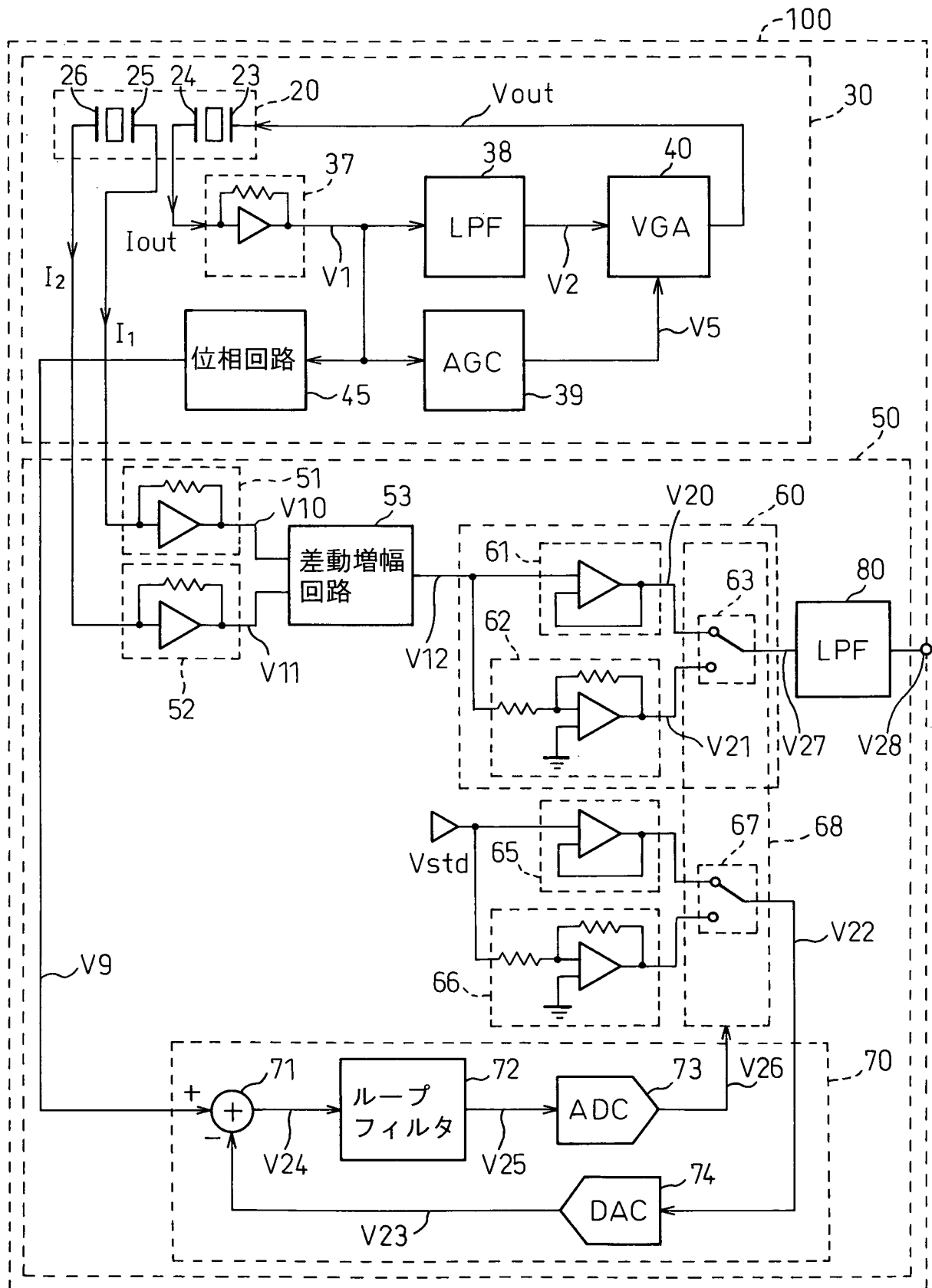


図4

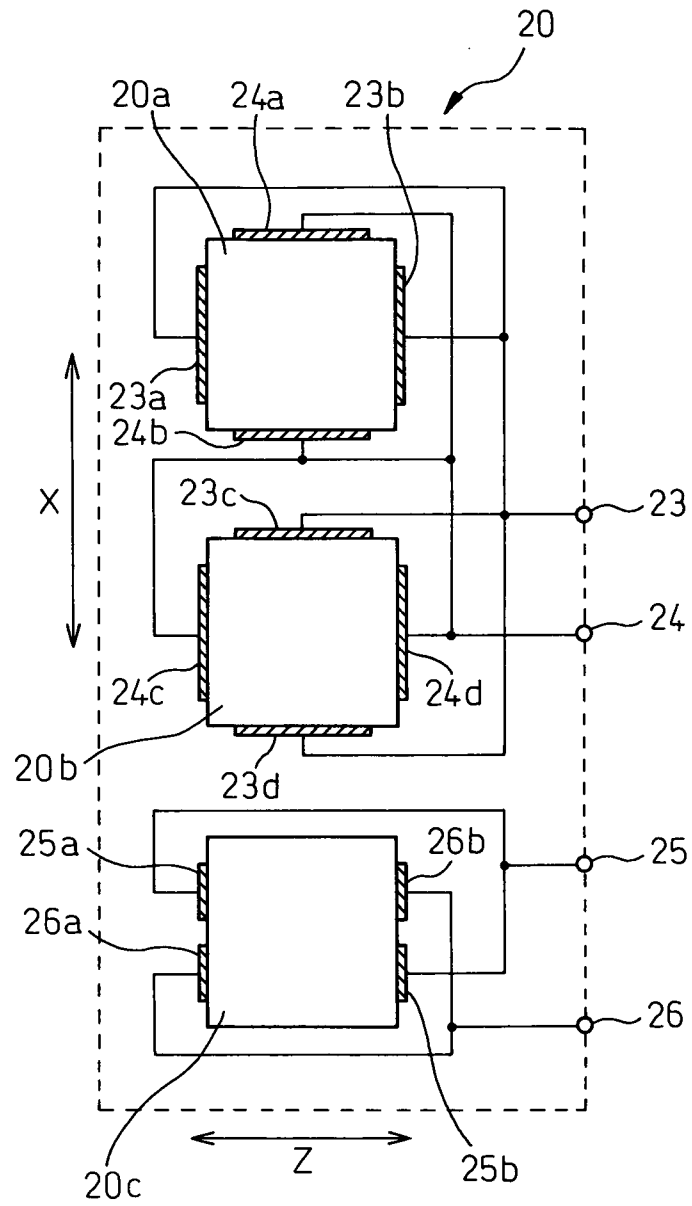


図5

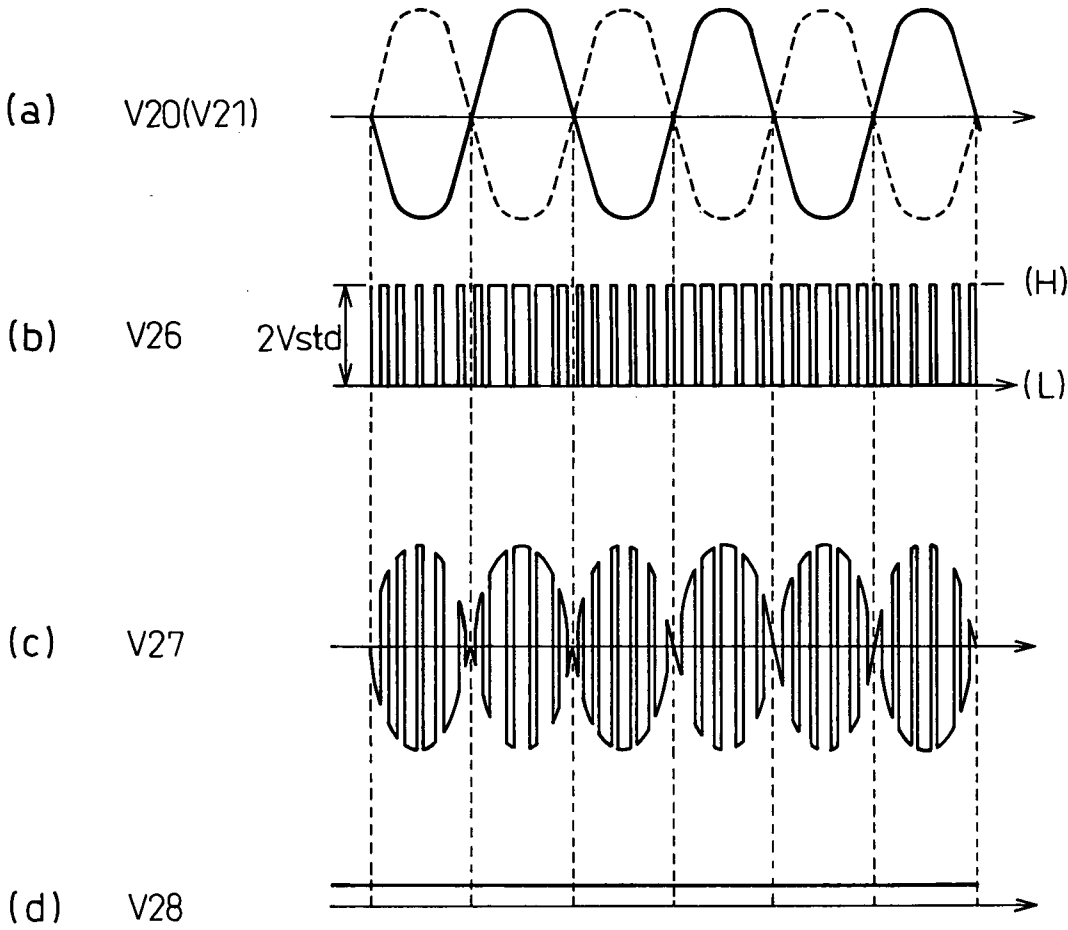


図6

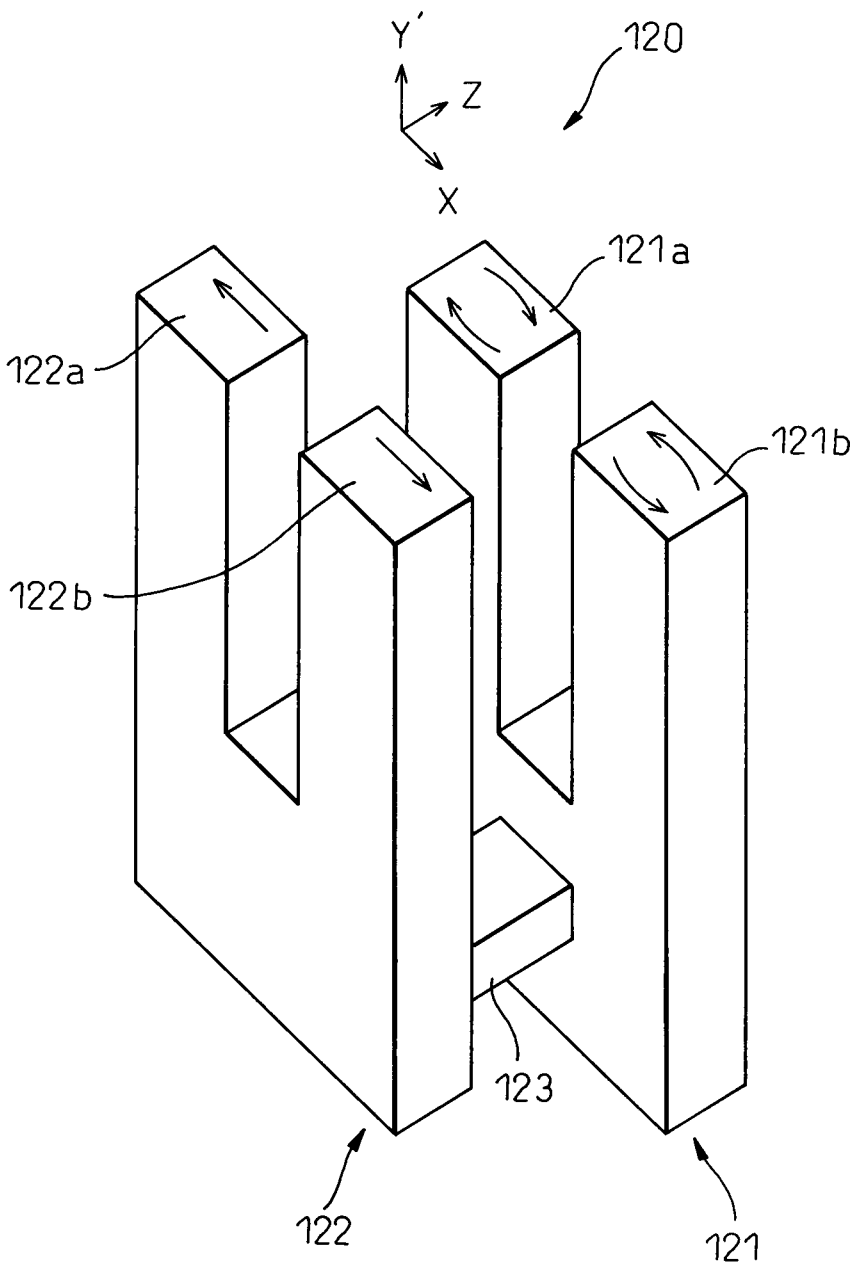


図7

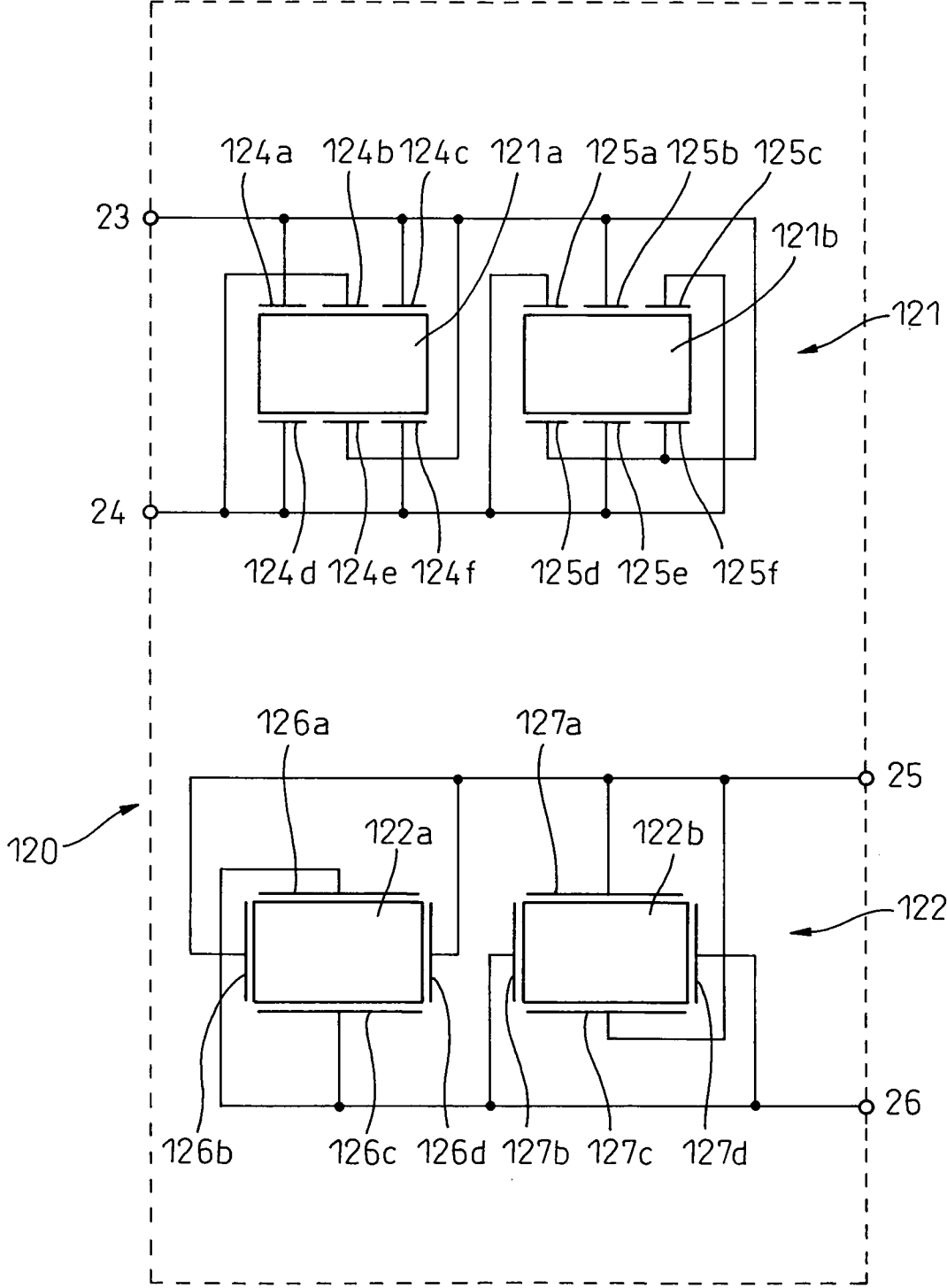


図8

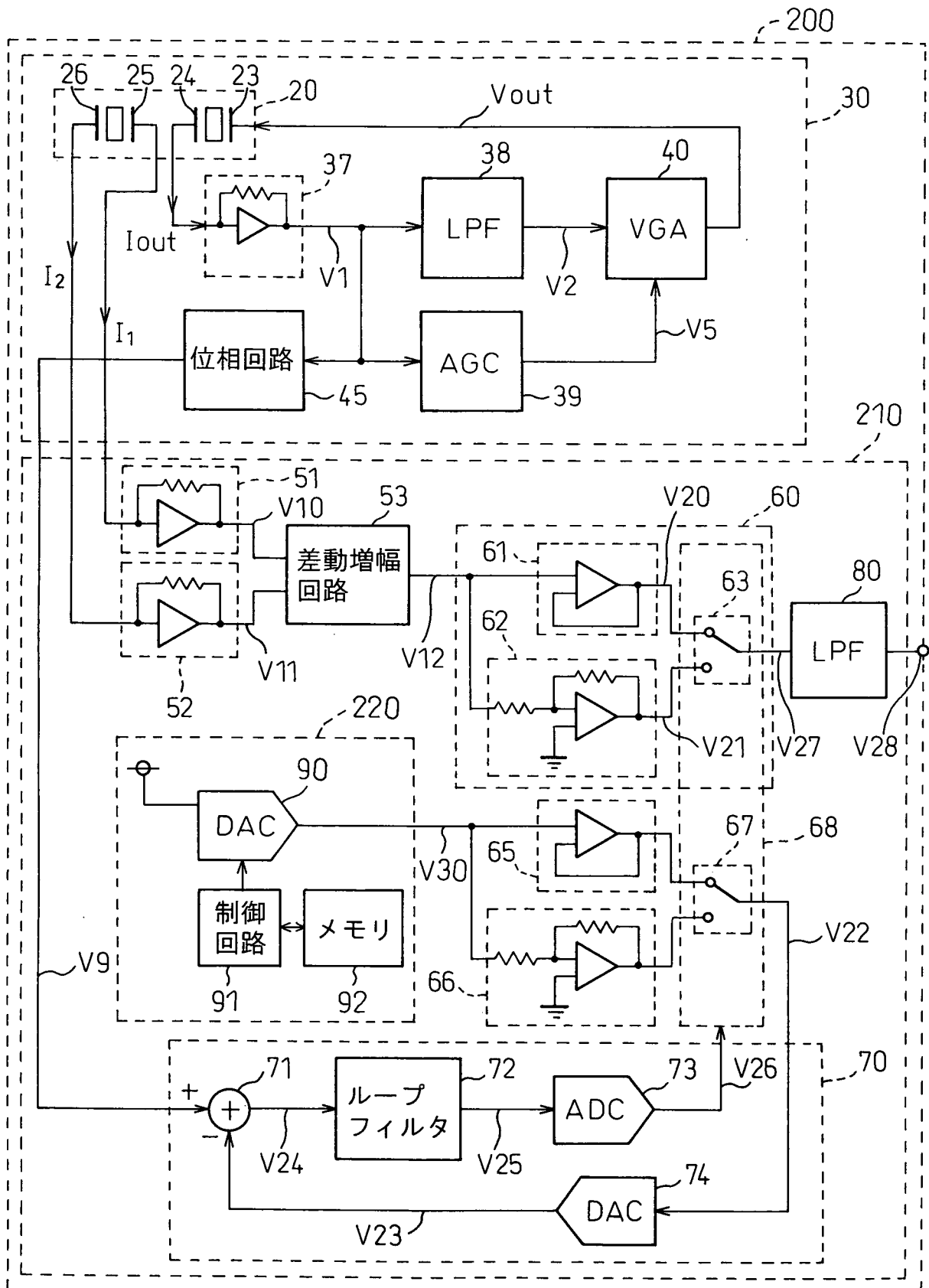


図9

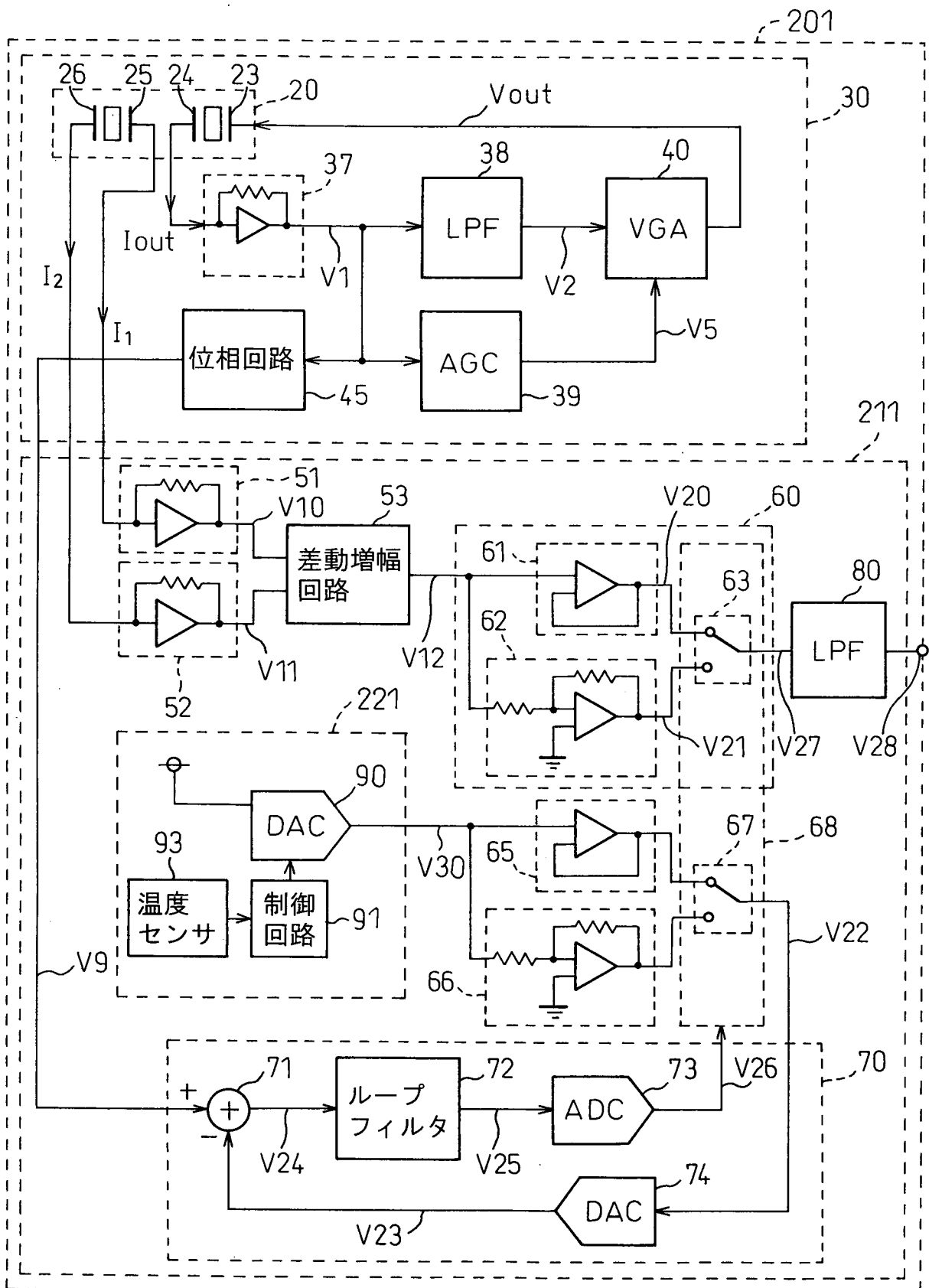
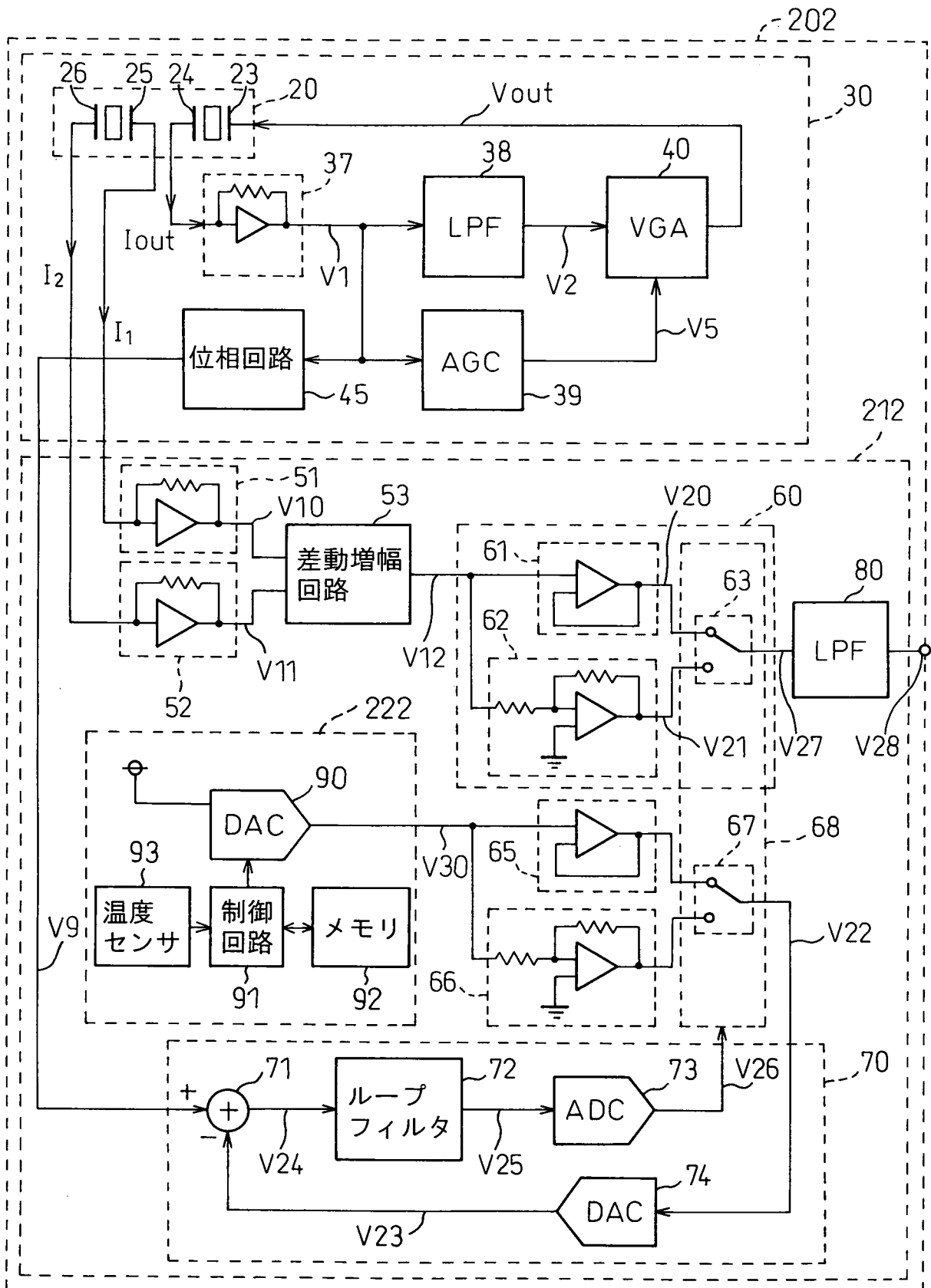


図10



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/058657

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01C19/56(2006.01) i

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)

G01C19/56

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2011
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2011	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2011

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.
A	JP 2010-54438 A (Hitachi, Ltd.), 11 March 2010 (11.03.2010), paragraphs [0015] to [0018]; fig. 1 (Family: none)	1-7
A	JP 2008-309527 A (Tokyo Keiki Inc.), 25 December 2008 (25.12.2008), entire text; all drawings (Family: none)	1-7

☒ 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
08 June, 2011 (08.06.11)

Date of mailing of the international search report
21 June, 2011 (21.06.11)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/058657

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2008-206134 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 04 September 2008 (04.09.2008), entire text; all drawings & US 2010/0013688 A1 & US 2010/0206069 A & EP 2096759 A1 & EP 2192690 A1 & WO 2009/063603 A1 & WO 2008/090747 A1 & CN 101842987 A & CN 101611548 A	1-7
A	JP 2008-507713 A (BEI Technologies, Inc.), 13 March 2008 (13.03.2008), paragraphs [0020] to [0021]; fig. 2 & US 2006/0016259 A1 & EP 1774344 A & WO 2006/023031 A1	1-7
A	US 2009/0066550 A1 (Dirk Hammerschmidt), 12 March 2009 (12.03.2009), paragraphs [0031] to [0034]; fig. 4 (Family: none)	1-7
A	JP 2006-238501 A (Sharp Corp.), 07 September 2006 (07.09.2006), entire text; all drawings (Family: none)	1-7
A	JP 2002-208824 A (Sharp Corp.), 26 July 2002 (26.07.2002), entire text; all drawings (Family: none)	1-7

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G01C19/56(2006.01)i

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（I P C））

Int.Cl. G01C19/56

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 1 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 1 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 1 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
A	JP 2010-54438 A（株式会社日立製作所）2010.03.11, 【0015】－【0018】、第1図（ファミリーなし）	1－7
A	JP 2008-309527 A（東京計器株式会社）2008.12.25, 全文, 全図 （ファミリーなし）	1－7

☒ 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矛盾するものではなく、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

0 8 . 0 6 . 2 0 1 1

国際調査報告の発送日

2 1 . 0 6 . 2 0 1 1

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

小野寺 麻美子

2 S

9 5 0 5

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 5 8

C (続き) . 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 2008-206134 A (松下電器産業株式会社) 2008.09.04, 全文, 全図 & US 2010/0013688 A1 & US 2010/0206069 A & EP 2096759 A1 & EP 2192690 A1 & WO 2009/063603 A1 & WO 2008/090747 A1 & CN 101842987 A & CN 101611548 A	1 - 7
A	JP 2008-507713 A (ビーイーアイ テクノロジーズ インコーポレイテッド) 2008.03.13, 【0020】 - 【0021】、第2図 & US 2006/0016259 A1 & EP 1774344 A & WO 2006/023031 A1	1 - 7
A	US 2009/0066550 A1 (Dirk Hammerschmidt) 2009.03.12, 【0031】 - 【0034】、第4図 (ファミリーなし)	1 - 7
A	JP 2006-238501 A (シャープ株式会社) 2006.09.07, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1 - 7
A	JP 2002-208824 A (シャープ株式会社) 2002.07.26, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1 - 7