

(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



(10) 国際公開番号

WO 2010/146906 A1

PCT

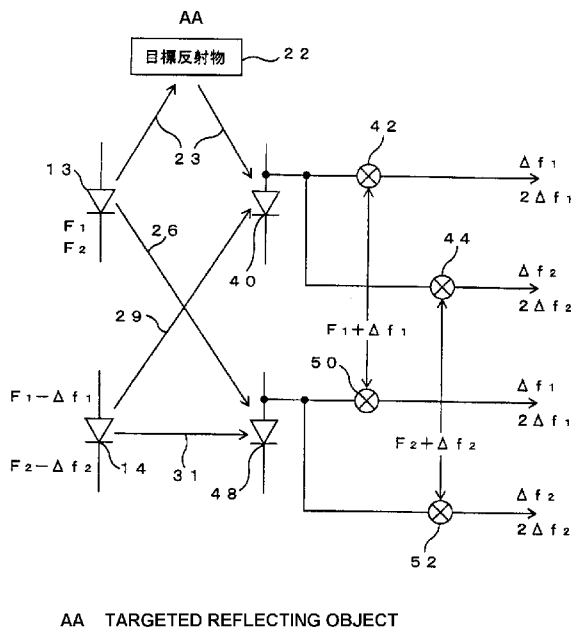
(43) 国際公開日
2010年12月23日(23.12.2010)

- (51) 国際特許分類:
G01S 17/36 (2006.01) G01C 3/06 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2010/054586
- (22) 国際出願日: 2010年3月17日(17.03.2010)
- (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:
特願 2009-144488 2009年6月17日(17.06.2009) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社 ソキア・トプコン(SOKKIA TOPCON CO., LTD.) [JP/JP]; 〒2430036 神奈川県厚木市長谷260番地63 Kanagawa (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 青木 康俊 (AOKI, Yasutoshi) [JP/JP]; 〒2430036 神奈川県厚木市長谷260番地63 株式会社 ソキア・トプコン本社内 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 八木秀人, 外(YAGI, Hidehito et al.); 〒1030021 東京都中央区日本橋本石町3丁目2番6号 ストックビルディング本石5階 あお葉国際特許事務所 Tokyo (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, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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, GH, GM, KE, LS, MW, 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 (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, 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))

(54) Title: ELECTRO-OPTICAL DISTANCE METER

(54) 発明の名称: 光波距離計

[図1]



(57) Abstract: Provided is an electro-optical distance meter wherein the measurement time is reduced and wherein, furthermore, the temperature phase drift of electrical parts is decreased. The aforementioned electro-optical distance meter is equipped with a first light-emitting element (13) which emits light modulated by a plurality of main modulation frequencies (F_1) and (F_2); a second light-emitting element (14) which emits light modulated by proximity frequencies ($F_1 - \Delta f_1$) and ($F_2 - \Delta f_2$) that are in the vicinity of the main modulation frequencies (F_1) and (F_2), respectively; a first light receiving element (40) and a second light receiving element (48) which receives light emitted by the first light-emitting element (13) and the second light-emitting element (14), respectively; first frequency conversion groups (42) and (44) which are connected to the first light receiving element (40); second frequency conversion groups (50) and (52) which are connected to the second light receiving element (48). Light beams emitted from the first light-emitting element (13) are divided into two fluxes. One of the above-mentioned two fluxes goes into the first light receiving element (40) via a distance measuring light path (23) which leads to, and departs from, a targeted reflecting object (22). The other flux goes into the second light receiving element (48) via a first reference light path (26). Light beams emitted from the second light-emitting element (14) are divided into two fluxes.

One of the second above-mentioned two fluxes goes into the second light receiving element (40) via a second reference light path (31). The remaining other flux goes into the first light receiving element (40) via a third reference light path (29).

(57) 要約:

[続葉有]



【課題】測定時間を短縮するとともに、電気部品の温度位相ドリフトを低減させた光波距離計を提供する。【解決手段】複数の主変調周波数 F_1 、 F_2 で変調された光を出射する第 1 の発光素子 13 と、各主変調周波数それぞれに近接した傍変調周波数 $F_1 - \Delta f_1$ 、 $F_2 - \Delta f_2$ で変調された光を出射する第 2 の発光素子 14 と、両発光素子から出射された光を受光する第 1 及び第 2 の受光素子 40、48 と、第 1 の受光素子に接続された第 1 の周波数変換器群 42、44 と、第 2 の受光素子に接続された第 2 の周波数変換器群 50、52 とを備える。第 1 の発光素子から出射された光は 2 つに分けられ、一方は目標反射物 22 までを往復する測距光路 23 を経て第 1 の受光素子に入射し、他方は第 1 の参照光路 26 を経て第 2 の受光素子に入射し、第 2 の発光素子から出射された光は 2 つに分けられ、一方は第 2 の参照光路 31 を経て第 2 の受光素子に入射し、他方は第 3 の参照光路 29 を経て第 1 の受光素子に入射する。

明 細 書

発明の名称：光波距離計

技術分野

[0001] 本発明は、光波距離計に関し、さらに詳細には、発光素子から出射した光を測距光路（外部光路）と参照光路（内部光路）とに切換えるシャッターを省いた光波距離計に関する。

背景技術

[0002] 従来の光波距離計では、発光素子から出射した光をシャッターを移動させることによって、目標反射物（ターゲット、反射シート又はノンプリズムの物体）まで往復する測距光路と、光源から直ちに受光素子へ向かう参照光路とに交互に切換えて距離測定することによって、光波距離計の固有な誤差を補正していた。しかしながら、シャッターの移動を伴うため、距離測定に時間にかかるうえ、低温で動きが遅くなるという短所があった。そこで、測距光路と参照光路とに切換えるシャッターを用いない光波距離計が望まれていた。

[0003] このようなシャッターを用いない光波距離計としては、下記特許文献１に開示されたようなものが知られている。図９に、この光波距離計のブロック図を示す。

[0004] この光波距離計は、２つの発光素子１Ｐ、２Ｐを備える。発光素子１Ｐから出射された光３０Ｐは、ビームスプリッタ３Ｐで２つに分けられ、一方は、測距光３２Ｐとして目標反射物６０Ｐまで往復する測距光路を経て受光素子５Ｐに入射し、他方は、参照光３３Ｐとして光波距離計内部の参照光路を経て受光素子４Ｐに入射する。発光素子２Ｐから出射された光３１Ｐは、参照光となり、ビームスプリッタ６Ｐで２つに分けられ、一方３４Ｐは受光素子４Ｐに入射し、他方３５Ｐは受光素子５Ｐに入射する。なお、受光素子４Ｐの手前には光を拡散させるデヒューザ５１Ｐが配置されており、受光素子５Ｐの手前には光を散乱させるスキャッター１１Ｐが配置されている。

- [0005] 発光素子 1 P は、増幅器 2 3 P を介してシンセサイザー 2 1 P に接続されていて、周波数 f_1 で変調された光を出射する。発光素子 2 P は、増幅器 2 4 P を介してシンセサイザー 2 2 P に接続されていて、周波数 f_2 で変調された光を出射する。両シンセサイザー 2 1 P、2 2 P は、共通の発振器 2 0 P に接続されている。
- [0006] 受光素子 4 P は増幅器 9 P を介して周波数変換器 7 P に接続されており、受光素子 5 P は増幅器 1 0 P を介して周波数変換器 8 P に接続されている。両周波数変換器 7 P、8 P には局部発振器 1 2 P から周波数 f_{LO} の局部発振信号が加えられている。両周波数変換器 7 P、8 P は、受光素子 4 P、5 P からの出力信号と局部発振信号の差に等しい周波数の中間周波信号 f_{ZF1} 、 f_{ZF2} に変換される。
- [0007] 周波数変換器 7 P に接続されたフィルタ 1 3 P は、周波数 f_1 と f_{LO} の差の周波数 f_{ZF1} のみ通すようになっており、周波数 f_1 で変調された参照光 3 3 P に係る中間周波信号、すなわち参照距離 D_1 に係る中間周波信号のみを選別する。周波数変換器 8 P に接続されたフィルタ 1 4 P は、 f_2 と f_{LO} の差の周波数 f_{ZF2} のみを通すようになっており、周波数 f_2 で変調された参照光 3 5 P に係る中間周波信号、すなわち参照距離 $D_2 + D_3$ に係る中間周波信号のみを選別する。
- [0008] 次に、発光素子 1 P から周波数 f_2 で変調された光を出射し、発光素子 2 P から周波数 f_1 で変調された光を出射するように、それぞれの変調周波数を変更する。すると、周波数変換器 7 P に接続されたフィルタ 1 3 P は、周波数 f_1 と f_{LO} の差の周波数 f_{ZF1} のみを通すようになっているから、周波数 f_1 で変調された参照光 3 4 P に係る中間周波信号、すなわち参照距離 D_2 に係る中間周波信号のみを選別する。周波数変換器 8 P に接続されたフィルタ 1 4 P は、周波数 f_2 と f_{LO} の差の周波数 f_{ZF2} のみを通すようになっており、周波数 f_2 で変調された測距光 3 2 P に係る中間周波信号、すなわち測距距離 D_0 に係る中間周波信号のみを選別する。
- [0009] こうして、両発光素子 1 P、2 P から出射する光の変調周波数 f_1 、 f_2 を

交互に変えることにより、測距距離 D_0 に係る中間周波信号、参照距離 D_1 、 D_2 、 $D_2 + D_3$ に係る各中間周波信号の合わせて4つの中間周波信号が得られる。

- [0010] フィルタ13Pは、増幅器15Pを介してA/D変換器17Pに接続されている。フィルタ14Pは、増幅器16Pを介してA/D変換器18Pに接続されている。両A/D変換器17P、18Pは、デジタルフーリエ変換器19Pに接続されている。これで、4つの中間周波信号の初期位相を求めることにより、光波距離計に固有な誤差分を補正して、測定対象60Pまでの精確な距離を求めることができる。

先行技術文献

特許文献

- [0011] 特許文献1：特開2001-255369号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0012] 前記特許文献1に開示された光波距離計では、両発光素子1P、2Pから出射する光の変調周波数 f_1 、 f_2 を交互に切換えることが必要であるため、一度に4つの中間周波信号を得ることができず、なお距離測定に時間がかかるうえ、各中間周波信号を得た時刻の相違により、発光素子1P、2Pや受光素子4P、5P等の電気部品による温度位相ドリフトによっても誤差が出るという問題があった。

- [0013] 本発明は、前記問題に鑑みてなされたものであって、距離測定に要する時間を短縮するとともに、電気部品の温度位相ドリフトを低減させた光波距離計を提供することを課題とする。

課題を解決するための手段

- [0014] 前記課題を解決するため、請求項1に係る発明の光波距離計は、複数の主変調周波数（例えば、 F_1 、 F_2 ）で変調された光を出射する第1の発光素子と、前記各主変調周波数それぞれに近接した複数の傍変調周波数（例えば、

$F_1 - \Delta f_1$ 、 $F_2 - \Delta f_2$) で変調された光を出射する第2の発光素子と、両発光素子から出射された光を受光する第1の受光素子及び第2の受光素子と、第1の受光素子に接続された第1の周波数変換器群と、第2の受光素子に接続された第2の周波数変換器群とを備え、第1の発光素子から出射された光は2つに分けられ、一方は測距光として目標反射物までを往復する測距光路を経て第1の受光素子に入射し、他方は参照光として第1の参照光路を経て第2の受光素子に入射し、第2の発光素子から出射された光は2つに分けられ、一方は参照光として第2の参照光路を経て第2の受光素子に入射し、他方は参照光として第3の参照光路を経て第1の受光素子に入射し、前記第1の周波数変換器群及び前記第2の周波数変換器群は、それぞれ、前記主変調周波数と同数の周波数変換器から構成され、各周波数変換器にはそれぞれ異なる周波数の局部発振信号が入力され、該局部発振信号の周波数は、それぞれ、各主変調周波数と各主変調周波数に近接した各傍変調周波数との両方に近接した周波数（例えば、 $F_1 + \Delta f_1$ 、 $F_2 + \Delta f_2$ ）とされ、前記各周波数変換器で発生させた中間周波信号を用いて目標反射物までの距離を算出するように構成されている。

[0015] 請求項2に係る発明では、請求項1に係る発明の光波距離計において、前記各中間周波信号の周波数は、最も低いものに対して整数倍になっており、前記各中間周波信号はデジタル帯域フィルタによって分離されるように構成される。

発明の効果

[0016] 請求項1に係る発明の光波距離計によれば、測距光と参照光とを切替えるのに、シャッターを使うことなく、また変調周波数を切替えることもなく、測距光路と参照光路に係る各中間周波信号の初期位相が同時に求まるため、従来よりも高速に距離測定を行うことができる。また、シャッターを省くことによるコストダウンが可能になる。さらに、本発明によれば、測距距離と参照距離の同時測定が可能になるため、温度位相ドリフトが打ち消し合って、電気部品の温度位相ドリフトを低減できる。このため、従来は、電気部品

の温度位相ドリフトを少なくするため、連続測距中の発光素子を電源ONに保っていたが、本発明では測距毎に発光素子の電源をON/OFFすることが可能となって、節電を図ることができる。

[0017] 請求項2に係る発明によれば、さらに、各中間周波信号の周波数は、最も低いものに対して整数倍になっており、前記各中間周波信号はデジタル帯域フィルタによって分離されるから、4つの周波数を確実に分離して、測定精度を上げることができる。

図面の簡単な説明

[0018] [図1]本発明の一実施例に係る光波距離計の主要部のブロック図である。

[図2]前記光波距離計の詳細なブロック図である。

[図3]前記光波距離計の主変調周波数、傍変調周波数、局部発振周波数及び中間周波数の例を示す表である。

[図4]本発明の第2の実施例に係る光波距離計のブロック図である。

[図5]本発明の第3の実施例に係る光波距離計のブロック図である。

[図6]本発明の第4の実施例に係る光波距離計のブロック図である。

[図7]前記第4の実施例に係る光波距離計によって、遠距離測定が可能なる理由を説明する図である。

[図8]本発明の第5の実施例に係る光波距離計のブロック図である。

[図9]従来の光波距離計のブロック図である。

発明を実施するための形態

[0019] 以下に図1～図3に基づいて、本発明の光波距離計の一実施例について詳細に説明する。

[0020] まず、この光波距離計の主要部について、図1に基づいて説明する。この光波距離計は、レーザダイオード等の発光素子13、14を2つ備え、第1の発光素子13からは周波数 F_1 及び F_2 （以下、主変調周波数と呼ぶ。）で変調された光を出射し、第2の発光素子14からは、主変調周波数 F_1 及び F_2 それぞれに近接した周波数 $F_1 - \Delta f_1$ 及び $F_2 - \Delta f_2$ （以下、傍変調周波数と呼ぶ。）で変調された光を出射する。第1の発光素子13から出射された

光は、2つに分けられ、一方は測距光として、目標反射物22までを往復する測距光路23を経て第1の受光素子40に入射し、他方は参照光として、第1の参照光路26を経て第2の受光素子48に入射する。第2の発光素子14から出射された光は、2つに分けられ、一方は参照光として、第2の参照光路31を経て第2の受光素子48に入射し、他方は参照光として、第3の参照光路29を経て第1の受光素子40に入射する。

[0021] 第1の受光素子40は第1の周波数変換群42、44に接続され、第2の受光素子48は第2の周波数変換群50、52に接続される。すなわち、第1の受光素子40の出力は主変調周波数 F_1 及び F_2 の個数と同数の2つに分けられ、一方は第1の周波数変換器42に入力され、他方は第2の周波数変換器44に入力される。第2の受光素子48の出力も主変調周波数 F_1 及び F_2 の個数と同数の2つに分けられ、一方は第3の周波数変換器50に入力され、他方は第4の周波数変換器52に入力される。

[0022] 第1の周波数変換器42は、主変調周波数 F_1 で変調されて測距光路23を経た測距光から得られた信号に、前述した主変調周波数 F_1 及び傍変調周波数 $F_1 - \Delta f_1$ それぞれと近接した周波数 $F_1 + \Delta f_1$ の局部発振信号を乗算して、周波数 Δf_1 の中間周波信号を発生させる。また、第1の周波数変換器42は、傍変調周波数 $F_1 - \Delta f_1$ で変調されて第3の参照光路29を経た参照光から得られた信号に周波数 $F_1 + \Delta f_1$ の局部発振信号を乗算して、周波数 $2\Delta f_1$ の中間周波信号を発生させる。

[0023] 第2の周波数変換器44は、主変調周波数 F_2 で変調されて測距光路23を経た測距光から得られた信号に、前述した主変調周波数 F_2 及び傍変調周波数 $F_2 - \Delta f_2$ それぞれと近接した周波数 $F_2 + \Delta f_2$ の局部発振信号を乗算して、周波数 Δf_2 の中間周波信号を発生させる。また、第2の周波数変換器44は、傍変調周波数 $F_2 - \Delta f_2$ で変調されて第3の参照光路29を経た参照光から得られた信号に周波数 $F_2 + \Delta f_2$ の局部発振信号を乗算して、周波数 $2\Delta f_2$ の中間周波信号を発生させる。

[0024] 第3の周波数変換器50は、主変調周波数 F_1 で変調されて第1の参照光路

26を経た参照光から得られた信号に周波数 $F_1 + \Delta f_1$ の局部発振信号を乗算して、周波数 Δf_1 の中間周波信号を発生させる。また、第3の周波数変換器50は、傍変調周波数 $F_1 - \Delta f_1$ で変調されて第2の参照光路31を経た参照光から得られた信号に周波数 $F_1 + \Delta f_1$ の局部発振信号を乗算して、周波数 $2\Delta f_1$ の中間周波信号を発生させる。

[0025] 第4の周波数変換器52は、主変調周波数 F_2 で変調されて第1の参照光路26を経た参照光から得られた信号に周波数 $F_2 + \Delta f_2$ の局部発振信号を乗算して、周波数 Δf_2 の中間周波信号を発生させる。また、第4の周波数変換器52は、傍変調周波数 $F_2 - \Delta f_2$ で変調されて第2の参照光路31を経た参照光から得られた信号に周波数 $F_2 + \Delta f_2$ の局部発振信号を乗算して、周波数 $2\Delta f_2$ の中間周波信号を発生させる。

[0026] こうして同時に、測距光路23に係る周波数 Δf_1 及び Δf_2 の中間周波信号、第1の参照光路26に係る周波数 Δf_1 及び Δf_2 の中間周波信号、第2の参照光路31に係る周波数 $2\Delta f_1$ 及び $2\Delta f_2$ の中間周波信号、第3の参照光路29に係る周波数 $2\Delta f_1$ 及び $2\Delta f_2$ の中間周波信号の合わせて8つの中間周波信号が一度に得られる。8つの中間周波信号をフィルタやフーリエ変換器等の適当な手段で分離し、各中間周波信号の初期位相を求めれば、ターゲット22までの距離が光波距離計内部で発生する誤差を補正して算出される。

[0027] この光波距離計について、図2のブロック図に基づいて、さらに詳細に説明する。

[0028] まず、発振器1で主変調周波数 F_1 の信号を発生させる。この主変調周波数 F_1 の信号は、分周部2に入力されるとともに、PLL9、10を介して、発振器5、11に入力される。PLL9、10は、発振器5、11を傍変調周波数 $F_1 - \Delta f_1$ 、局部発振周波数 $F_1 + \Delta f_1$ で正確に発振させるために使用する。

[0029] 分周部2は、主変調周波数 F_1 の信号を分周して、主変調周波数 F_2 の信号を発生する。この主変調周波数 F_2 及び F_1 の信号とは、周波数重畳回路3を経て

駆動回路 4 へ入力される。第 1 の発光素子 1 3 は、駆動回路 4 によって駆動され、主変調周波数 F_1 及び F_2 で変調された光を出射する。

[0030] 発振器 5 は、傍変調周波数 $F_1 - \Delta f_1$ の信号を発生する。この傍変調周波数 $F_1 - \Delta f_1$ の信号は、さらに分周部 6 で周波数を分周されて、傍変調周波数 $F_2 - \Delta f_2$ の信号となる。傍変調周波数 $F_1 - \Delta f_1$ 及び $F_2 - \Delta f_2$ の信号とは、周波数重畳回路 7 を経て駆動回路 8 へ入力される。第 2 の発光素子 1 4 は、駆動回路 8 によって駆動され、傍変調周波数 $F_1 - \Delta f_1$ 及び $F_2 - \Delta f_2$ で変調された光を出射する。

[0031] 発振器 1 1 は、周波数 $F_1 + \Delta f_1$ の局部発振信号を発生する。この周波数 $F_1 + \Delta f_1$ の局部発振信号からは、周波数生成回路 1 2 で周波数 $F_2 + \Delta f_2$ の局部発振信号も生成される。これらの周波数 $F_1 + \Delta f_1$ 、 $F_2 + \Delta f_2$ の局部発振信号は、後述するように、周波数変換器 4 2、4 4、5 0、5 2 へ入力される。

第 1 の発光素子 1 3 から出射された光は、ビームスプリッタ 2 0 で 2 つに分けられ、一方は図示しない送光光学系から測距光として出射され、目標反射物 2 2 までを往復する測距光路 2 3 を経て第 1 の受光素子 4 0 に入射し、他方は参照光として、第 1 の参照光路 2 6 を経て第 2 の受光素子 4 8 に入射する。測距光路 2 3 には、受光素子 4 0 の前に、光量調整用の濃度フィルタ 2 4 と受光光学系 2 5 が配置されている。第 1 の参照光路 2 6 にも、受光素子 4 8 の前に光量調整用の濃度フィルタ 2 7 が配置されている。

[0032] 第 2 の発光素子 1 4 から出射された光は、ビームスプリッタ 2 8 で 2 つに分けられ、一方は参照光として、第 2 の参照光路 3 1 を経て第 2 の受光素子 4 8 に入射し、他方は参照光として、第 3 の参照光路 2 9 を経て第 1 の受光素子 4 0 に入射する。第 2 の参照光路 3 1 にも、受光素子 4 8 の前に光量調整用の濃度フィルタ 3 2 が配置されており、第 3 の参照光路 2 9 にも、受光素子 4 0 の前に光量調整用の濃度フィルタ 3 0 が配置されている。

[0033] 第 1 の受光素子 4 0 の出力は、増幅器 4 1 を経て 2 つに分けられ、一方は第 1 の周波数変換器 4 2 に入力され、他方は第 2 の周波数変換器 4 4 に入力さ

れる。第2の受光素子48の出力も、増幅器49を経て2つに分けられ、一方は第3の周波数変換器50に入力され、他方は第4の周波数変換器52に入力される。

[0034] 第1～第4の各周波数変換器42、44、50、52から、合計8つの中間周波信号が得られることは、前述したとおりである。各周波数変換器42、44、50、52から出力された中間周波信号は、それぞれ、低域フィルタ43、45、51、53によって高周波成分が除去される。

[0035] 低域フィルタ43及び低域フィルタ45の出力は、加算器46で加算された後にA/D変換器47に入力される。すなわち、A/D変換器47には、測距光路23に係る周波数 Δf_1 及び Δf_2 の2つの中間周波信号と、第3の参照光路29に係る周波数 $2\Delta f_1$ 、 $2\Delta f_2$ の2つの中間周波信号が入力される。これらの中間周波信号は、A/D変換された後に、図示しないデジタル帯域フィルタによって分離され、さらに各中間周波信号の初期位相及び振幅が求められる。

[0036] 低域フィルタ51及び低域フィルタ53の出力は、加算器54で加算された後にA/D変換器55に入力される。すなわち、A/D変換器55には、第1の参照光路26に係る周波数 Δf_1 、 Δf_2 の2つの中間周波信号と、第2の参照光路31に係る周波数 $2\Delta f_1$ 、及び $2\Delta f_2$ の2つの中間周波信号が入力される。これらの中間周波信号は、A/D変換された後に、図示しないデジタル帯域フィルタによって分離され、さらに各中間周波信号の初期位相及び振幅が求められる。

[0037] 8つの中間周波信号の初期位相が求まると、目標反射物22までの距離が光波距離計内部で発生する誤差を補正して算出される。また、各中間周波信号の振幅も求まると、これらの振幅は各濃度フィルタ24、27、30、32による光量調節に利用される。

[0038] ところで、中間周波信号に関しては、周波数 Δf_2 の整数倍が周波数 $2\Delta f_2$ 、 Δf_1 、 $2\Delta f_1$ となっている。これにより、デジタル帯域フィルタによって確実に4つの周波数を分離することができる。また、各中間周波信号は、

A/D変換器47、55に入力するとき、1信号だけのときの1/4の信号レベルにする。これは、4信号が合成されたとき、入力レベルが飽和しないようにするためである。もちろん、A/D変換器47、55への入力レベルが飽和しなければ、各中間周波信号レベルを1信号だけのときの1/4以上の信号レベルにしてもよい。

[0039] 本実施例によれば、測距光と参照光とを切替えるのに、シャッターを使うことなく、また周波数を切替えることもなく、測距光路と参照光路に係る各中間周波信号の初期位相が同時に求まるため、従来よりも高速に距離測定を行うことができる。また、シャッターを省くことによるコストダウンが可能になる。さらに、従来は、温度位相ドリフトを少なくするため、連続測距中の発光素子を電源ONに保っていた。しかし、本実施例によれば、測距光路と参照光路の同時測距が可能になるため、温度位相ドリフトが打ち消し合うので、測距毎に発光素子の電源をON/OFFでき、節電を図ることができる。

[0040] ここで、温度位相ドリフトが打ち消し合う理由について説明する。温度位相ドリフトは、周波数 F_1 及び F_2 の両方で起きるが、同じ理由であるから、ここでは周波数 F_1 について説明する。第1の発光素子13に印加される電気信号の周波数を $F_1 = (1+0)F_1$ 、第2の発光素子14に印加される電気信号の周波数を $F_1 - \Delta f_1 = (1+b)F_1$ 、受光素子40、48に接続された周波数変換器42、50に印加される局部発振周波数 $F_{10} = (1+a)F_1$ とし、かつ、 $a > 0 > b$ の条件で考える。

[0041] 受光素子40の出力の波形 y_1 は、次式のようにになる。

$$\begin{aligned}
 y_1 = & y_{pd1,ld1} \cos \{ 2\pi F_1 t + \psi_{ld1}(F_1) + \psi_{pd1}(F_1) - 2\pi F_1 (2D_0/c) \} \\
 & + y_{pd1,ld2} \cos \{ 2\pi (1+b) F_1 t + \psi_{ld2}((1+b)F_1) + \psi_{pd1}((1+b)F_1) - 2\pi (1+b) F_1 (2D_3/c) \} \quad (1)
 \end{aligned}$$

[0042] 受光素子48の出力の波形 y_2 は、次式のようにになる。

$$y_2 = y_{pd2,ld1} \cos \{ 2\pi F_1 t + \psi_{ld1}(F_1) + \psi_{pd2}(F_1) - 2\pi F_1 (2D_0/c) \}$$

$$\begin{aligned}
&_1 (2D_1/c) \} \\
&+ y_{pd2,ld2} \cos \{ 2\pi (1+b) F_1 t + \psi_{ld2} ((1+b) F_1) + \psi_{pd2} ((1+b) F_1) - 2\pi (1+b) F_1 (2D_2/c) \} \quad (2)
\end{aligned}$$

[0043] ただし、各記号は、次のように定義される。

$y_{pd1,ld1}$: 第1の発光素子13と第1の受光素子40間の信号の振幅

$y_{pd1,ld2}$: 第2の発光素子14と第1の受光素子40間の信号の振幅

$y_{pd2,ld1}$: 第1の発光素子13と第2の受光素子48間の信号の振幅

$y_{pd2,ld2}$: 第2の発光素子14と第2の受光素子48間の信号の振幅

ψ_{ld1} : 第1の発光素子13の温度位相ドリフト

ψ_{ld2} : 第2の発光素子14の温度位相ドリフト

ψ_{pd1} : 第1の受光素子40の温度位相ドリフト

ψ_{pd2} : 第2の受光素子48の温度位相ドリフト

$2D_0$: 光波距離計から目標反射物までの往復距離

$2D_1$: 第1の参照光路26の光路長

$2D_2$: 第2の参照光路31の光路長

$2D_3$: 第3の参照光路29の光路長

c : 光速

[0044] 次に、周波数変換器42、50に入力される局部発振信号の波形 y_3 は、局部発振信号の振幅を y_{lo} 、局部発振信号の初期位相を ϕ とすると、次式のようになる。

$$y_3 = y_{lo} \cos \{ 2\pi (1+a) F_1 t + \phi \} \quad (3)$$

[0045] 周波数変換器42、50に接続された低域フィルタ43、51からの出力波形 y_4 、 y_5 は、それぞれ $y_1 \times y_3$ 、 $y_2 \times y_3$ に低域フィルタ43、51の温度位相ドリフト ψ_{f1} 、 ψ_{f2} を加えて、次式のようになる。

$$\begin{aligned}
y_4 = & (y_{pd1,ld1} y_{lo} / 2) \cos \{ 2\pi a F_1 t - \psi_{ld1} (F_1) - \psi_{pd1} (F_1) + \psi_{f1} (a F_1) + 2\pi F_1 (2D_0/c) + \phi \} \\
& + (y_{pd1,ld2} y_{lo} / 2) \cos \{ 2\pi (a-b) F_1 t - \psi_{ld2} ((1+b) F_1) - \psi_{pd1} ((1+b) F_1) + \psi_{f1} ((a-b) F_1) + 2\pi (1+b) F_1
\end{aligned}$$

$$(2D_3/c) + \phi \quad (4)$$

$$\begin{aligned} y_5 = & (y_{pd2, id1} y_{lo} / 2) \cos \{2\pi a F_1 t - \psi_{id1}(F_1) - \psi_{pd2} \\ & (F_1) + \psi_{f2}(a F_1) + 2\pi F_1 (2D_1/c) + \phi\} \\ & + (y_{pd2, id2} y_{lo} / 2) \cos \{2\pi (a-b) F_1 t - \psi_{id2}((1+b) \\ &) F_1) - \psi_{pd2}((1+b) F_1) + \psi_{f2}((a-b) F_1) + 2\pi (1+b) F_1 \\ & (2D_2/c) + \phi\} \end{aligned} \quad (5)$$

[0046] 測距値 d は、中間周波信号の初期位相を θ とすると、 $d = \theta c / (2\pi F)$ と求まるから（ただし、 F は変調周波数）、測距光路 23 に係る y_4 の第 1 項の位相成分から求まる測距値を d_0 、第 3 の参照光路 29 に係る y_4 の第 2 項の位相成分から求まる測距値を d_3 、第 1 の参照光路 26 に係る y_5 の第 1 項の位相成分から求まる測距値を d_1 、第 2 の参照光路 31 に係る y_5 の第 2 項の位相成分から求まる測距値を d_2 とすると、 d_0 、 d_3 、 d_1 、 d_2 は、それぞれ次のように求まる。但し、 $F_1 = 75 \text{ MHz}$ とする。

$$\begin{aligned} d_0 = & 2D_0 + \{4 / (2\pi)\} \{-\psi_{id1}(F_1) - \psi_{pd1}(F_1) + \psi_{f1}(a F_1) + \phi\} \\ d_3 = & 2D_3 + \{4 / (2\pi(1+b))\} \{-\psi_{id2}((1+b) F_1) - \psi_{pd1}((1+b) F_1) \\ & + \psi_{f1}((a-b) F_1) + \phi\} \\ d_1 = & 2D_1 + \{4 / (2\pi)\} \{-\psi_{id1}(F_1) - \psi_{pd2}(F_1) + \psi_{f2}(a F_1) + \phi\} \\ d_2 = & 2D_2 + \{4 / (2\pi(1+b))\} \{-\psi_{id2}((1+b) F_1) - \psi_{pd2}((1+b) F_1) \\ & + \psi_{f2}((a-b) F_1) + \phi\} \end{aligned} \quad (6)$$

[0047] 測距値 d_0 、 d_3 、 d_1 、 d_2 を次のように加減算を行う。

$$\begin{aligned} (d_0 - d_3) - (d_1 - d_2) &= d_0 - d_1 + d_2 - d_3 \\ &= 2D_0 - 2D_1 + 2D_2 - 2D_3 \\ &+ \{4 / (2\pi)\} \{\psi_{pd2}(F_1) - \psi_{pd1}(F_1) - \psi_{f2}(a F_1) + \psi_{f1}(a F_1)\} \\ &- \{4 / (2\pi(1+b))\} \{\psi_{pd2}((1+b) F_1) - \psi_{pd1}((1+b) F_1) \\ &- \psi_{f2}((a-b) F_1) + \psi_{f1}((a-b) F_1)\} \end{aligned} \quad (7)$$

[0048] ここで、各周波数 F_1 、 $F_1 - \Delta f_1$ 、 F_1 は近接しているので、次のように近似する。

$$\{4 / (2\pi)\} \{\psi_{pd2}(F_1) \div \{4 / (2\pi(1+b))\}\} \{\psi_{pd2}((1+b)F_1)\} \quad (8)$$

$$\{4 / (2\pi)\} \{-\psi_{pd1}(F_1) \div \{4 / (2\pi(1+b))\}\} \{-\psi_{pd1}((1+b)F_1)\} \quad (9)$$

[0049] すると、(7) 式は、次式のように書ける。

$$\begin{aligned} & (d_0 - d_3) - (d_1 - d_2) \div 2D_0 - 2D_1 + 2D_2 - 2D_3 \\ & + [\{4 / (2\pi)\} \{\psi_{f1}(aF_1)\} - \{4 / (2\pi(1+b))\} \{\psi_{f1}((a-b)F_1)\}] \\ & - [\{4 / (2\pi)\} \{\psi_{f2}(aF_1)\} - \{4 / (2\pi(1+b))\} \{\psi_{f2}((a-b)F_1)\}] \end{aligned} \quad (10)$$

[0050] (10) 式からは、発光素子 13、14 の温度位相ドリフト ψ_{ld1} 、 ψ_{ld2} 、受光素子 40、48 の温度位相ドリフト ψ_{pd1} 、 ψ_{pd2} が無くなっているうえ、(10) 式の第 2 行及び第 3 行では、それぞれ前後の項が打ち消し合い、さらに (10) 式の第 2 行と第 3 行も打ち消し合うことから、低域フィルタ 43、51 の温度位相ドリフト ψ_{f1} 、 ψ_{f2} も低減されていることが分かる。

[0051] また、低域フィルタ 43、51 の温度位相ドリフト低減効果を奏するためには、 $a > 0 > b$ の他に、 $a > b > 0$ 、 $b > 0 > a$ 、 $0 > b > a$ の条件でもよいことも分かる。このような条件を持たず周波数の例を図 3 に示す。なお、 $b > a > 0$ 、 $0 > a > b$ の場合は、温度位相ドリフト低減効果は少ない。

[0052] ここで、本実施例のデジタル帯域フィルタの原理についても、簡単に説明する。周期関数 y は、定数項を省略すると、次式のようなフーリエ級数で表すことができる。

$$\begin{aligned} y = & a_1 \sin \omega t + a_2 \sin 2\omega t + a_3 \sin 3\omega t + \cdots + a_n \sin(n\omega t) + \cdots \\ & + b_1 \cos \omega t + b_2 \cos 2\omega t + b_3 \cos 3\omega t + \cdots + b_n \end{aligned}$$

$$\cos(n\omega t) + \dots \quad (11)$$

[0053] ただし、 $a_n = (1/\pi) \int_0^{2\pi} y \sin(n\omega t) dt$ (12)

$$b_n = (1/\pi) \int_0^{2\pi} y \cos(n\omega t) dt \quad (13)$$

[0054] 前記(12)式及び(13)式から、周期関数 y に対して基本波(最も周波数が低いもの) $a_1 \sin \omega t + b_1 \cos \omega t$ と同じ周期の $\sin$ 波を乗じたものを基本波の1周期にわたって積分すると a_1 が求まり、周期関数 y に対して基本波の n 倍波の $\sin$ 波を乗じたものを基本波の1周期にわたって積分すると a_n が求まる。また、周期関数 y に対して基本波 $a_1 \sin \omega t + b_1 \cos \omega t$ と同じ周期の $\cos$ 波を乗じたものを基本波の1周期にわたって積分すると b_1 が求まり、周期関数 y に対して基本波の n 倍波の $\cos$ 波を乗じたものを基本波の1周期にわたって積分すると b_n が求まる。これから、 n 倍波($n=1$ の場合は基本波)の振幅 A_n と初期位相 ϕ_n は次式から求まる。

$$A_n = \sqrt{a_n^2 + b_n^2} \quad (14)$$

$$\phi_n = \tan^{-1}(b_n/a_n) \quad (15)$$

[0055] 前記実施例において、各中間周波信号の周波数は、最も低いものが Δf_2 で、その他のものは Δf_2 の整数倍で $2\Delta f_2$ 、 Δf_1 、 $2\Delta f_1$ となっている。したがって、4つの中間周波信号を加算した全中間周波信号は、周波数 Δf_2 を基本波 $a_1 \sin \omega t + b_1 \cos \omega t$ とする周期関数 y となり、前記(11)～(13)式で表すことができる。

[0056] そこで、4つの中間周波信号を加算した全中間周波信号 y を基本波の1周期について適宜回数(例えば320回)サンプリングして基本波と同じ周期の $\sin$ 波を乗じたものを合計すると a_1 が求まる。全中間周波信号 y を基本波の1周期について適宜回数サンプリングして基本波と同じ周期の $\cos$ 波を乗じたものを合計すると b_1 が求まる。これから、(14)式及び(15)式を用いると、周波数 Δf_2 の中間周波信号の振幅 A_1 と初期位相 ϕ_1 が求まる。

[0057] 次に、全中間周波信号 y を基本波の1周期について適宜回数サンプリング

して基本波の2倍波の $\sin$ 波を乗じたものを合計すると a_2 が求まる。全中間周波信号 y を基本波の1周期について適宜回数サンプリングして基本波の2倍波の $\cos$ 波を乗じたものを合計すると、 b_2 が求まる。これから、(14)式及び(15)式を用いると、周波数 $2\Delta f_2$ で2倍波である中間周波信号の振幅 A_2 と初期位相 ϕ_2 が求まる。

[0058] 以下同様に、全中間周波信号 y を基本波の1周期について適宜回数サンプリングして基本波の n 倍波の $\sin$ 波を乗じたものを合計すると a_n が求まる。全中間周波信号 y を基本波の1周期について適宜回数サンプリングして基本波の n 倍波の $\cos$ 波を乗じたものを合計すると b_n が求まる。これから、(14)及び(15)式を用いると、 n 倍波である中間周波信号の振幅 A_n と初期位相 ϕ_n が求まる。例えば、各中間周波信号の周波数比が、 $1:2:20:40$ であったとすると、周波数 Δf_1 、 $2\Delta f_1$ の中間周波数についても、それぞれの振幅 A_{20} 、 A_{40} と、それぞれの初期位相 ϕ_{20} 、 ϕ_{40} を求めることができる。なお、この周波数比の場合、 A_1 、 A_2 、 A_{20} 、 A_{40} 及び ϕ_1 、 ϕ_2 、 ϕ_{20} 、 ϕ_{40} 以外については計算する必要はない。

[0059] ところで、本発明は、前記実施例に限るものではなく、種々の変形が可能である。たとえば、図4に示したように、低域フィルタ43、45、51、53の後に、それぞれ増幅器60、61、62、63を配置して、加算器46、54に入力される信号レベルを調節してもよい。また、図5に示したように、増幅器41、49の後に分波回路70、71を配置し、各周波数変換器42、44、50、52それぞれに適切な信号のみが入力されるようにしてもよい。

[0060] さらに、図6に示したように、低域フィルタ45に続く増幅器61の出力が加算器54に入力され、低域フィルタ53に続く増幅器63の出力が加算器46に入力されるように変更してもよい。この場合は、いずれのA/D変換器47、55にも参照光路に係わる信号レベルの大きな3つの中間周波信号と測距光路に係わる信号レベルの小さな中間周波信号が入力される。すると、図2～5に示した実施例のようにA/D変換器55に参照光路に係わる

4つの中間周波信号が入力され、A/D変換器47に参照光路に係わる2つの中間周波信号と測距光路に係わる2つの中間周波信号とが入力される場合に比べて、増幅器62、63の増幅度を下げて、A/D変換器47への入力信号を飽和し難くできる。逆に増幅器60、61の増幅度を上げることができるので、いっそうの遠距離測定が可能となる。

[0061] 増幅器60、61の増幅度を上げると、遠距離測定が可能となる理由を図7に基づいて説明する。図7は、測定距離と増幅器60、61の出力の関係を示している。遠距離ほど受光素子40、48の受光量が小さくなるので、増幅器60、61の増幅器60、61の出力は右下がりになる。増幅度が小さい場合、A/D変換器47、55への入力に必要な最小レベル V_{min} 以上になるのは、距離 L よりも近距離の場合である。増幅器60、61の増幅度が大きくなると、さらに遠距離の距離 L' でも、増幅器60、61の出力をA/D変換器47、55への入力に必要な最小レベル V_{min} にまで増幅できるので、いっそうの遠距離測定が可能となる。

[0062] さらに、図8に示したように、分周部2で発生させる主変調周波数に周波数 F_3 を追加し、分周部6で発生させる傍変調周波数に周波数 $F_3 - \Delta f_3$ を追加し、両発光素子13、14をそれぞれ3つの周波数で変調するとともに、2つの周波数変換器70、72と、2つの低域フィルタ71、73を追加し、両周波数変換器70、72に、それぞれ周波数 $F_3 + \Delta f_3$ の局部発振信号を入力して、周波数両低域フィルタ71、73から、それぞれ周波数 Δf_3 及び $2\Delta f_3$ の中間周波信号を得て、全部で12の中間周波信号が得られるようにしてもよい。こうして、変調周波数が増えた分だけ測定レンジを増えるので、測定レンジをいっそう広くすることができる。

[0063] この場合、中間周波信号の周波数 Δf_3 及び $2\Delta f_3$ が低すぎて、増幅器やフィルタ等で扱いづらい場合は、局部発振周波数を $F_3 + \delta f_3 + \Delta f_3$ と変更して、周波数 $\delta f_3 + \Delta f_3$ 、 $\delta f_3 + 2\Delta f_3$ の中間周波信号を発生させるようにしてもよい。ただし、デジタル帯域フィルタで確実に各中間周波信号を分離できるように、全ての中間周波信号の周波数は、最も低い周波数 $\delta f_3 +$

Δf_3 の整数倍にする必要がある。

[0064] さらに、本発明は、前記実施例に限るものではなく、例えば、本発明は、光波距離計だけでなく、光波距離計を内蔵した測量機、例えばトータルステーションや、その他の距離測定装置等にも広く利用できる。

符号の説明

[0065] 13、14 発光素子
22 目標反射物
23 測距光路
26、29、31 参照光路
40、48 受光素子
42、44、50、52 周波数変換器
 F_1 、 F_2 、 F_3 主変調周波数
 $F_1 - \Delta f_1$ 、 $F_2 - \Delta f_2$ 、 $F_3 - \Delta f_3$ 傍変調周波数
 $F_1 + \Delta f_1$ 、 $F_2 + \Delta f_2$ 、 $F_3 + \Delta f_3$ 局部発振周波数

請求の範囲

[請求項1]

複数の主変調周波数で変調された光を出射する第1の発光素子と、前記各主変調周波数それぞれに近接した複数の傍変調周波数で変調された光を出射する第2の発光素子と、両発光素子から出射された光を受光する第1の受光素子及び第2の受光素子と、第1の受光素子に接続された第1の周波数変換器群と、第2の受光素子に接続された第2の周波数変換器群とを備え、

第1の発光素子から出射された光は2つに分けられ、一方は測距光として目標反射物までを往復する測距光路を経て第1の受光素子に入射し、他方は参照光として第1の参照光路を経て第2の受光素子に入射し、第2の発光素子から出射された光は2つに分けられ、一方は参照光として第2の参照光路を経て第2の受光素子に入射し、他方は参照光として第3の参照光路を経て第1の受光素子に入射し、

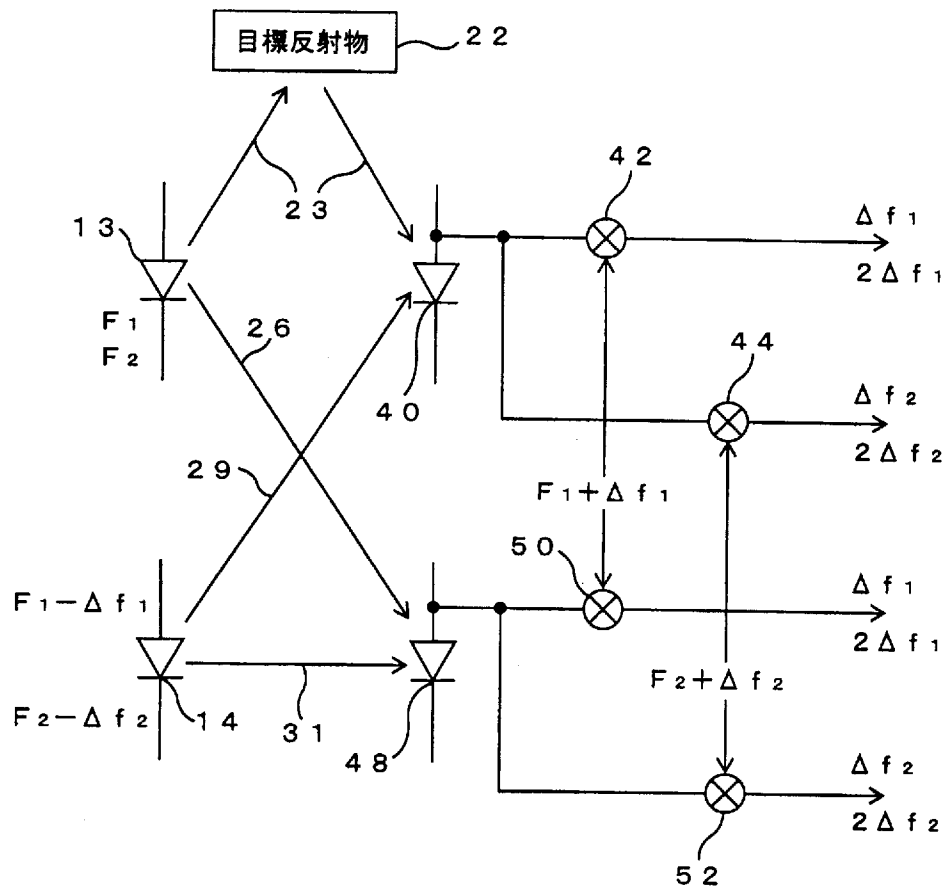
前記第1の周波数変換器群及び前記第2の周波数変換器群は、それぞれ、前記主変調周波数と同数の周波数変換器から構成され、各周波数変換器にはそれぞれ異なる周波数の局部発振信号が入力され、該局部発振信号の周波数は、それぞれ、各主変調周波数と各主変調周波数に近接した各傍変調周波数との両方に近接した周波数とされ、

前記各周波数変換器で発生させた中間周波信号を用いて目標反射物までの距離を算出する光波距離計。

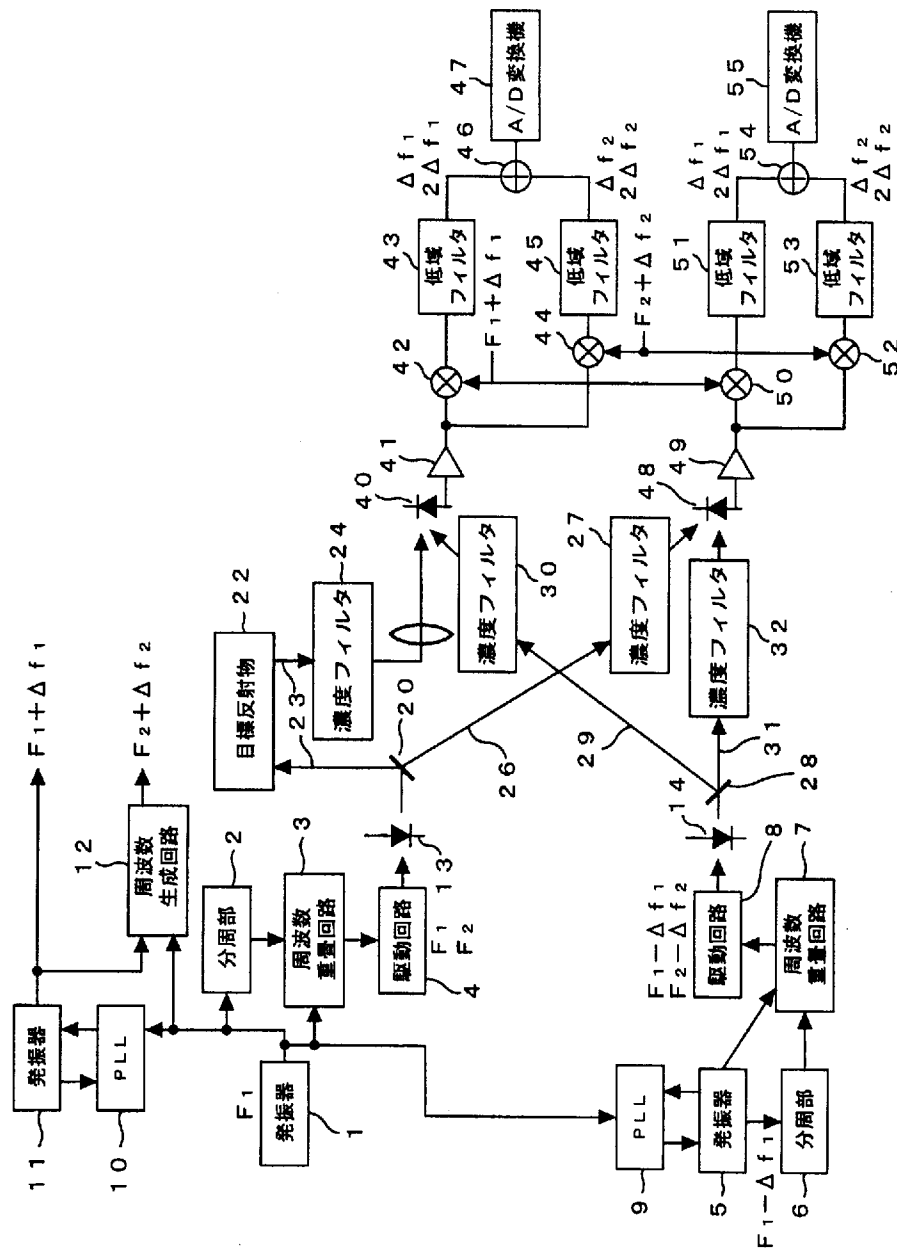
[請求項2]

前記各中間周波信号の周波数は、最も低いものに対して整数倍になっており、前記各中間周波信号はデジタル帯域フィルタによって分離される請求項1に記載の光波距離計。

[図1]



[図2]

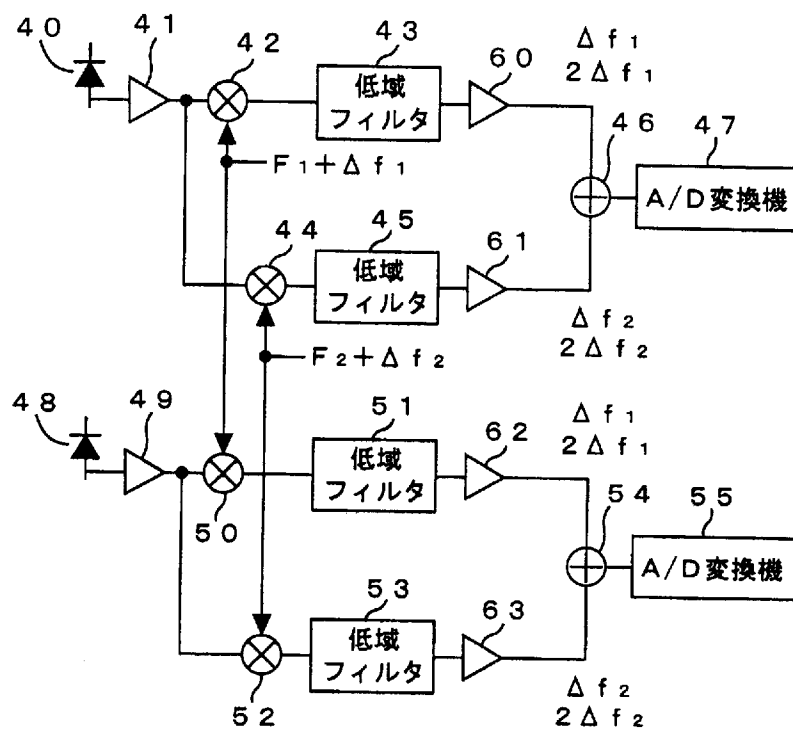


[図3]

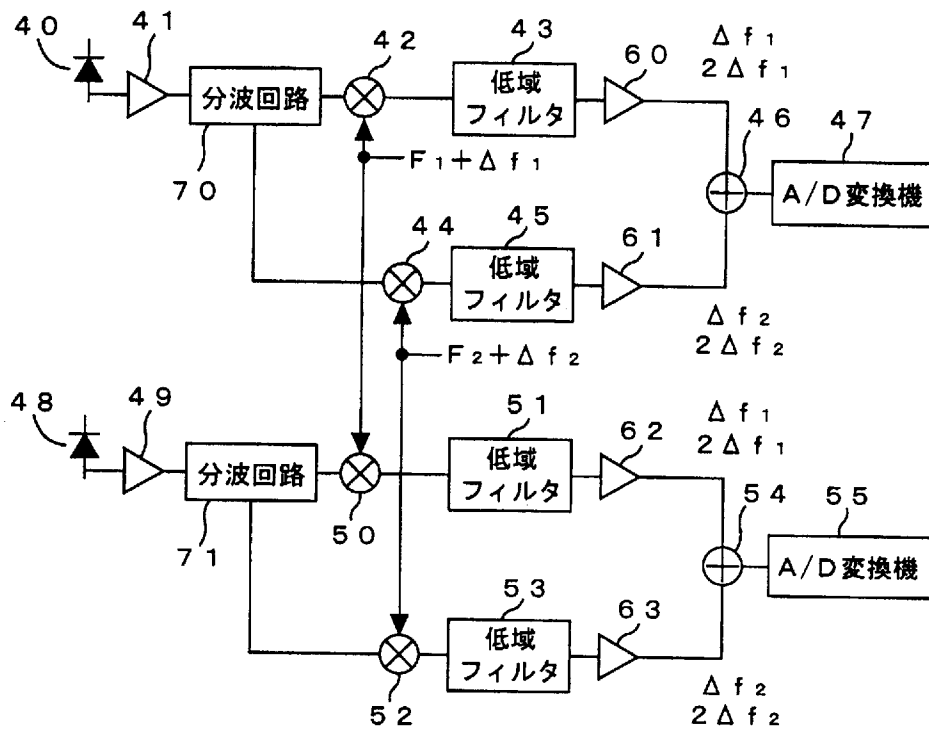
周波数の例

	$a > 0 > b$	$a > b > 0$	$b > 0 > a$	$0 > b > a$
発光素子 1 3 の変調周波数	F_1 F_2	F_1 F_2	F_1 F_2	F_1 F_2
発光素子 1 4 の変調周波数	$F_1 - \Delta f_1$ $F_2 - \Delta f_2$	$F_1 + \frac{\Delta f_1}{2}$ $F_2 + \frac{\Delta f_2}{2}$	$F_1 + \Delta f_1$ $F_2 + \Delta f_2$	$F_1 - \frac{\Delta f_1}{2}$ $F_2 - \frac{\Delta f_2}{2}$
局部発振 周波数	$F_1 + \Delta f_1$ $F_2 + \Delta f_2$	$F_1 + \Delta f_1$ $F_2 + \Delta f_2$	$F_1 - \Delta f_1$ $F_2 - \Delta f_2$	$F_1 - \Delta f_1$ $F_2 - \Delta f_2$
中間周波数	Δf_1 $2 \Delta f_2$ Δf_2 $2 \Delta f_2$	Δf_1 $\frac{\Delta f_1}{2}$ Δf_2 $\frac{\Delta f_2}{2}$	Δf_1 $2 \Delta f_1$ Δf_2 $2 \Delta f_2$	Δf_1 $\frac{\Delta f_1}{2}$ Δf_2 $\frac{\Delta f_2}{2}$

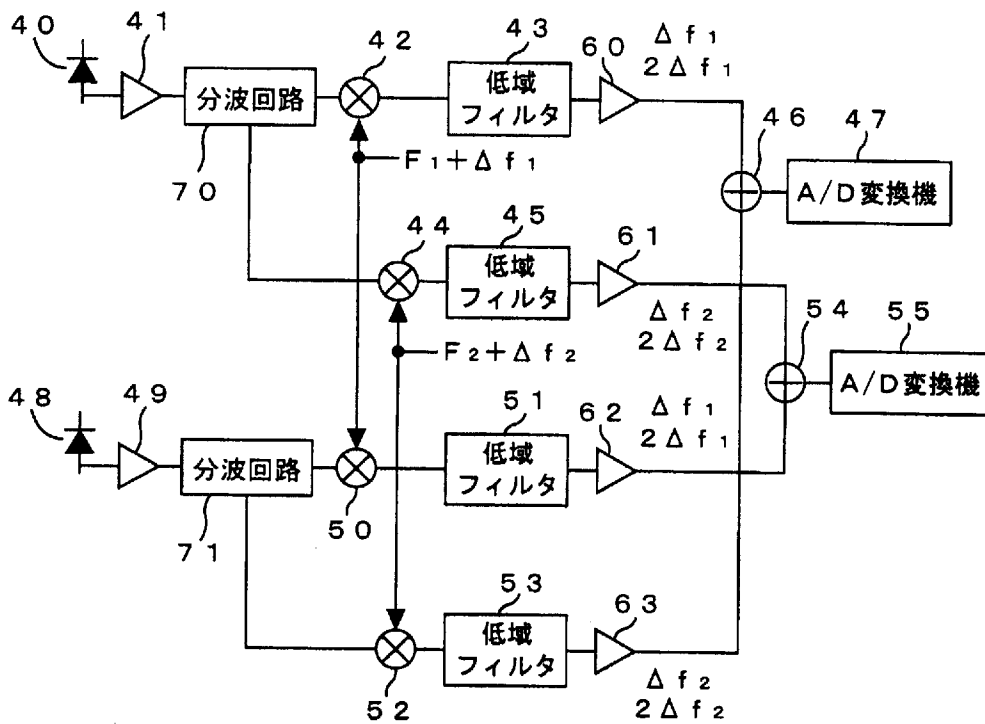
[図4]



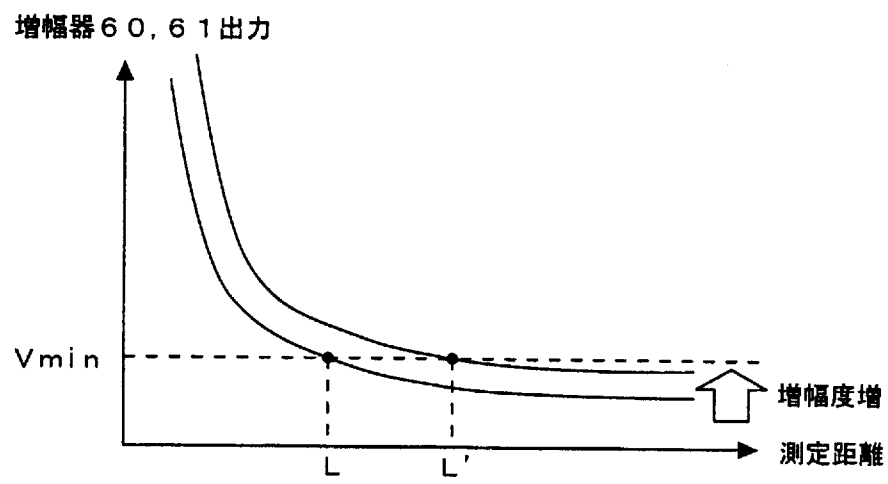
[図5]



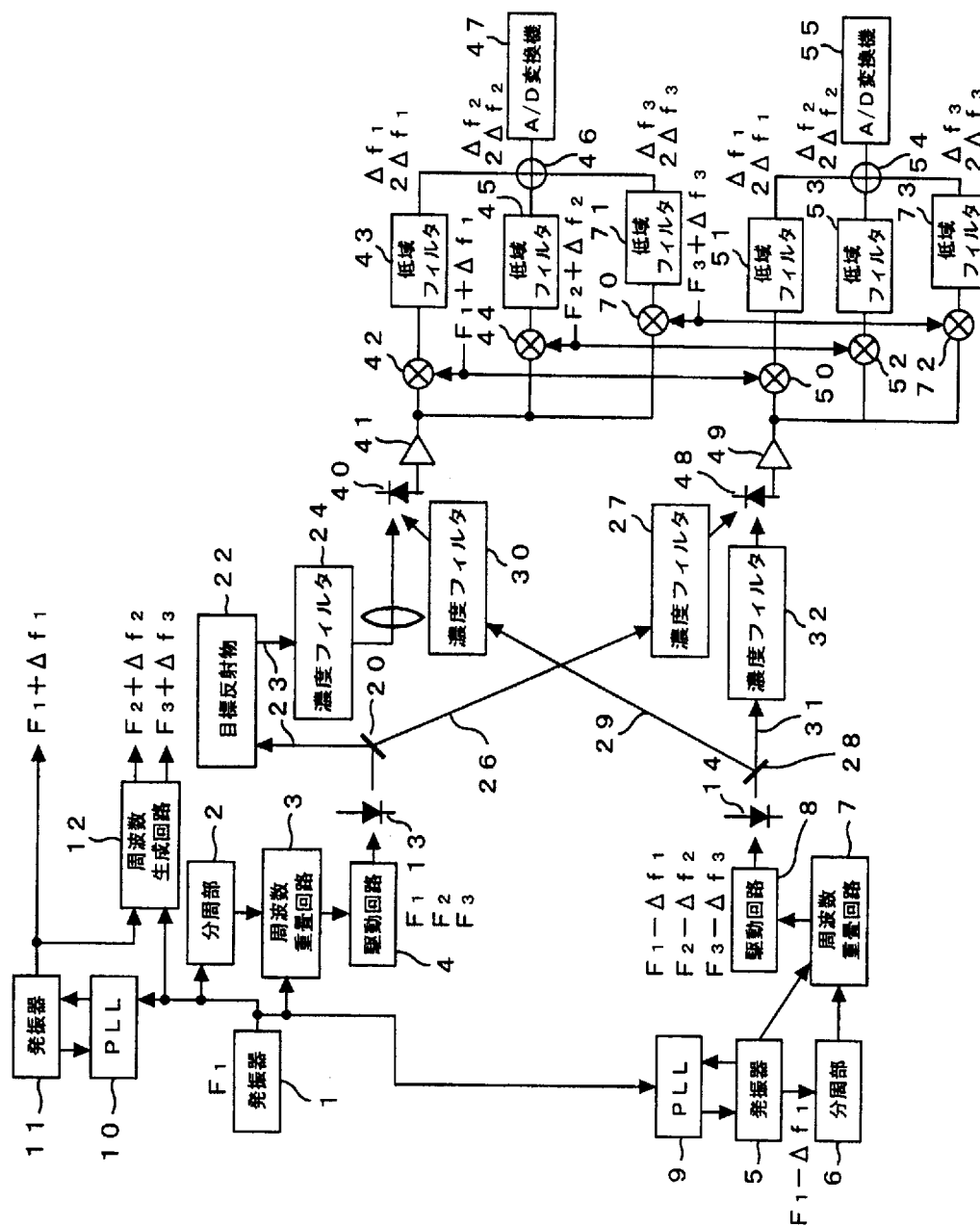
[図6]



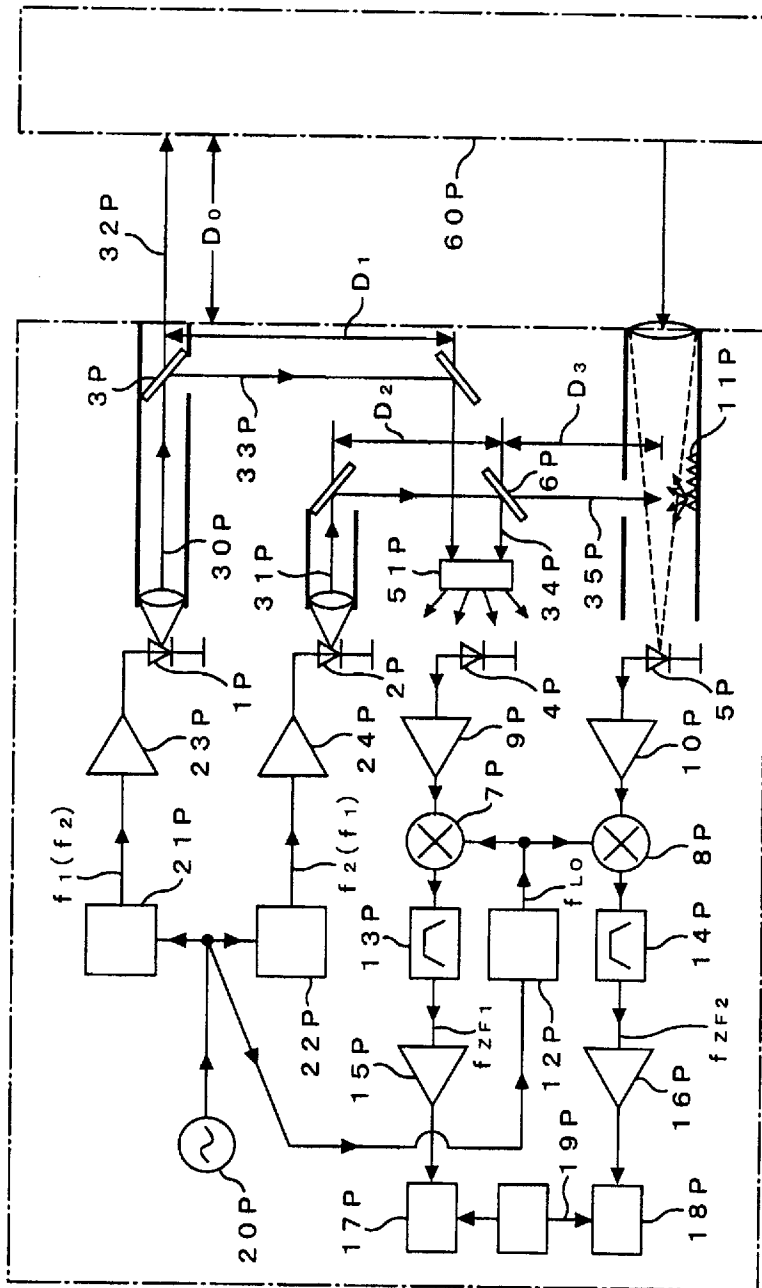
[図7]



[図8]



[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/054586

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01S17/36(2006.01) i, G01C3/06(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)

G01S7/00-17/95, G01C3/06, G01B9/02, G01B11/00

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	1996-2010
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2010	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2010

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 58-38880 A (Tokyo Optical Co., Ltd.), 07 March 1983 (07.03.1983), page 1, lower right column, 2nd line from the bottom to page 3, lower left column, line 2; page 5, upper left column to page 8, upper right column; fig. 3 to 4 & US 4531833 A	1-2
A	JP 6-66516 A (Idec Izumi Corp.), 08 March 1994 (08.03.1994), paragraphs [0012] to [0029]; fig. 1 (Family: none)	1-2
A	JP 2005-221330 A (Hokuyo Automatic Co., Ltd.), 18 August 2005 (18.08.2005), paragraphs [0006], [0014] (Family: none)	2

☐ 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
10 June, 2010 (10.06.10)

Date of mailing of the international search report
22 June, 2010 (22.06.10)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. G01S17/36(2006.01)i, G01C3/06(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. G01S7/00-17/95, G01C3/06, G01B9/02, G01B11/00

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

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 0 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 0 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 0 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 58-38880 A (東京光学機械株式会社) 1983.03.07, 第1頁右下欄 下から2行目-第3頁左下欄第2行、第5頁左上欄-第8頁右上欄、 第3-4図 & US 4531833 A	1-2
A	JP 6-66516 A (和泉電気株式会社) 1994.03.08, 段落 0012-0029、図 1 (ファミリーなし)	1-2
A	JP 2005-221330 A (北陽電機株式会社) 2005.08.18, 段落 0006, 0014 (ファミリーなし)	2

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

1 0 . 0 6 . 2 0 1 0

国際調査報告の発送日

2 2 . 0 6 . 2 0 1 0

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 1 0 0 - 8 9 1 5

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)

山下 雅人

2 S

9 3 0 3

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