

(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 2010/140313 A1

PCT

(43) 国際公開日
2010 年 12 月 9 日(09.12.2010)

- (51) 国際特許分類:
A61B 3/10 (2006.01) G01N 21/17 (2006.01)
A61B 3/12 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2010/003407
- (22) 国際出願日: 2010 年 5 月 20 日(20.05.2010)
- (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 2009-134516 2009 年 6 月 3 日(03.06.2009) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社トプコン(KABUSHIKI KAISHA TOPCON) [JP/JP]; 〒1748580 東京都板橋区蓮沼町 7 5 番 1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 福間康文 (FUKUMA, Yasufumi) [JP/JP]; 〒1748580 東京都板橋区蓮沼町 7 5 番 1 号株式会社トプコン内 Tokyo (JP). 秋葉正博 (AKIBA, Masahiro) [JP/US]; 07436 ニュージャージー州オークランドバウアー ドライブ 1 1 1 トプコン メディカル システムズ インク. 内 New Jersey (US).

チャンキンパイ (CHAN, Kinpui) [US/US]; 07436 ニュージャージー州オークランドバウアー ドライブ 1 1 1 トプコン メディカル システムズ インク. 内 New Jersey (US).

- (74) 代理人: 特許業務法人三澤特許事務所(MISAWA PATENT OFFICE, p.c.); 〒1600023 東京都新宿区西新宿 7 丁目 1 5 番 8 号 日販ビル 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, LR, 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 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR,

[続葉有]

(54) Title: OPTICAL IMAGE MEASURING DEVICE

(54) 発明の名称: 光画像計測装置

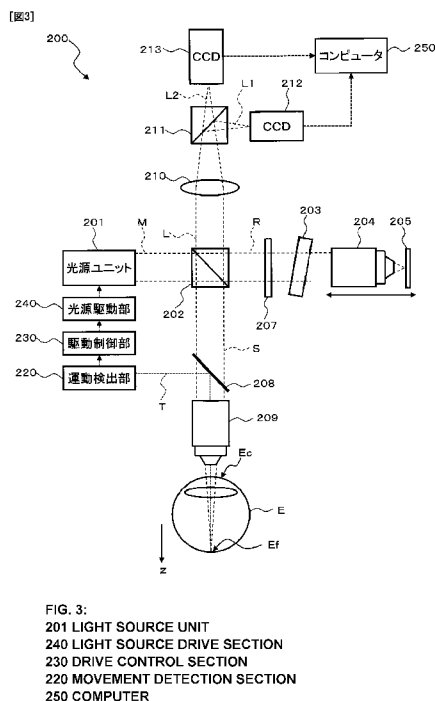


FIG. 3:
201 LIGHT SOURCE UNIT
240 LIGHT SOURCE DRIVE SECTION
230 DRIVE CONTROL SECTION
220 MOVEMENT DETECTION SECTION
250 COMPUTER

(57) Abstract: Disclosed is an optical image measuring device using optical coherence tomography capable of acquiring a clear image even if an object to be measured involves movement. A movement detection section (220) finds a Doppler frequency shift amount based on the movement velocity of a subject's eye (E). A drive control section (230) finds the modulation frequency of the intensity of output light (M) on the basis of the Doppler frequency shift amount. A light source drive section (240) drives a light source unit (201) to output the output light (M), the intensity of which is modulated by the modulation frequency. The output light (M) is divided into signal light (S) and reference light (R). The signal light (S) via the subject's eye (E) and the reference light (R) via a reference optical path are superimposed to generate coherent light (L). Two polarization components of the coherent light (L) have a 180-degree phase difference by a $\lambda/4$ plate (207). Polarization components (L1, L2) separated by a polarization beam splitter (211) are detected by CCDs (212, 213). A computer (250) forms a tomogram on the basis of the results of the detection.

(57) 要約: 被測定物体が運動を伴う場合でも明瞭な画像を取得可能な光コヒーレンストモグラフィを用いた光画像計測装置を提供する。運動検出部 220 は被検眼 E の運動速度に基づくドップラー周波数シフト量を求める。駆動制御部 230 は、このドップラー周波数シフト量に基づいて出力光 M の強度の変調周波数を求める。光源駆動部 240 はこの変調周波数で強度が変調された出力光 M を光源ユニット 201 に出力させる。出力光 M は信号光 S と参照光 R に分割される。被検眼 E を経由した信号光 S と参照光路を経由した参照光 R を重畳して干渉光 L を生成する。 $\lambda/4$ 板 207 により干渉光 L の 2 つの偏光成分は 180° の位相差を有する。偏光ビー

ムスプリッタ 211 により分離された偏光成分 L1、L2 は CCD 212、213 に検出される。コンピュータ 250 はこれら検出結果に基づき断層像を形成する。



GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, 添付公開書類:

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).

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：光画像計測装置

技術分野

[0001] この発明は、光コヒーレンストモグラフィ（Optical Coherence Tomography）を用いて被測定物体の画像を形成する光画像計測装置に関する。

背景技術

[0002] 近年、光を用いて被測定物体の表面や内部の画像を形成する光画像計測技術が注目を集めている。光画像計測技術は、放射線画像撮影のような人体への侵襲性を持たないことから、特に医療分野での展開が期待されている。なかでも、眼科、歯科、皮膚科等の分野における進展が著しい。また、生物学や工学などの分野への応用も進められている。

[0003] 光画像計測技術の代表的な手法として、光コヒーレンストモグラフィ（光干渉断層画像化法：OCT）がある。この手法によれば、干渉計を用いることから、高分解能かつ高感度の計測が可能である。また、広帯域の微弱な光を照明光として用いるため、人体等に対する安全性が高いという利点もある。

[0004] OCTを利用した装置（OCT装置）の例として特許文献1に記載されたものがある。このOCT装置は、角膜を経由した光（信号光）と参照物体を経由した光（参照光）とを重畳させて干渉光を生成し、この干渉光の検出結果に基づいて角膜の画像を形成する。これにより得られる画像は、信号光の進行方向に対して略直交する断面の画像である。このような手法は、フルフィールド（full-field）タイプ或いはインファス（en-face）タイプなどと呼ばれる。このタイプのOCT装置は、他のタイプと比較して高倍率で高分解能の画像を取得できるという特徴があり、たとえば角膜の微細構造（細胞等）の観察に適用することが可能である。

[0005] 他のタイプのOCT装置としては、波長走査型（swept source

e) OCT、フーリエドメイン型 (Fourier domain) OCT、偏光感受型 (polarization-sensitive) OCT、ドップラー (Doppler) OCTなどがある。

[0006] 生体眼のように運動を伴う被測定物体をOCT装置で計測する場合、フリンジウォッシュアウト (fringe washout) と呼ばれる現象が発生することがある (たとえば特許文献2を参照)。フリンジウォッシュアウトは、被測定物体の運動の影響で干渉光の検出感度が低下し (つまり干渉縞が不鮮明になり)、それにより画像の鮮明度が低下する現象である。

[0007] フルフィールドタイプのOCT装置において発生するフリンジウォッシュアウトについて説明する。被測定物体が信号光の光軸方向に沿って運動すると、信号光にドップラー周波数シフトが発生する。この信号光が参照鏡 (静止状態) に反射された参照光と干渉して生じる干渉信号の干渉成分 $I_{interference}$ は、次式のように振幅が変調されたものとなる。

[0008] [数1]

$$I_{interference} = \sqrt{I_s I_r} \sin(2\pi f_{Doppl} t + \phi) \quad (1)$$

[0009] ここで、被測定物体の光屈折率を n とし、被測定物体の光軸方向の速度を v とし、信号光の波長を λ とすると、ドップラー周波数シフトの量 (ドップラー周波数シフト量) は $f_{Doppl} = 2nv/\lambda$ と表される。また、式 (1) において、 I_s は信号光の強度であり、 I_r は参照光の強度であり、 ϕ は初期位相差である。

[0010] CCD等の電荷量蓄積型の光検出デバイスで式 (1) の干渉成分を検出すると、この干渉成分はデバイスの蓄積時間 (露光時間とも呼ばれる) 内において積算されて次式のようなになる。なお、 $\langle \cdot \rangle$ は積算記号である。

[0011] [数2]

$$I_{interference} = \langle \sqrt{I_s I_r} \sin(2\pi f_{Doppl} t + \phi) \rangle \quad (2)$$

[0012] 式 (2) から分かるように、デバイスの積算効果により、正弦関数で表現されている項は平均化されることになる。これがフリンジウォッシュアウト

現象である。このような被測定物体の運動に起因する検出感度の低下については、たとえば非特許文献 1 に記載されている。この文献には、信号光の光軸方向への運動速度が大きくなるほど干渉信号が弱くなること（つまり検出感度が低くなること）が記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0013] 特許文献1：特開 2009-22502 号公報

特許文献2：特開 2008-39651 号公報

非特許文献

[0014] 非特許文献1：「Stroboscopic ultrahigh-resolution full-field optical coherence tomography」、G. Moneron、A. C. Boccara、and A. Dubois、OPTICS LETTERS、Vol. 30、No. 11、June 1、2005

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0015] 光コヒーレンストモグラフィを利用した従来の光画像計測装置では、上記のようなフリンジウォッシュアウトの影響により、運動を伴う被測定物体の明瞭な画像を取得することは困難であった。特に、生体眼においては、血流（拍動）に起因する運動とともに、調節微動等による比較的高速で不規則な運動も発生するので、明瞭な画像を取得することは非常に困難である。

[0016] この発明は、以上のような問題を解決するためになされたもので、その目的は、被測定物体が運動を伴う場合であっても明瞭な画像を取得することが可能な光画像計測装置を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0017] 上記の課題を解決するために、請求項 1 に記載の発明は、光源から出力された光を信号光と参照光とに分割し、前記信号光を被測定物体に照射し、前

記被測定物体を経由した前記信号光と参照光路を経由した前記参照光とを重畳させて干渉光を生成して検出する光学系と、前記被測定物体に対する前記信号光の照射方向における前記被測定物体の運動速度に応じた周波数で、前記光源により出力される光の強度を変調させる変調手段と、前記強度が変調された光に基づき前記光学系により生成された前記干渉光の検出結果に基づいて前記被測定物体の画像を形成する形成手段と、を備えることを特徴とする光画像計測装置である。

[0018] また、請求項 2 に記載の発明は、請求項 1 に記載の光画像計測装置であって、前記変調手段は、前記照射方向における前記被測定物体の運動状態を測定する測定手段を含み、その測定結果に基づく周波数で前記光の強度を変調させる、ことを特徴とする。

[0019] また、請求項 3 に記載の発明は、請求項 2 に記載の光画像計測装置であって、前記測定手段は、測定光源と、前記測定光源から出力された測定光を前記照射方向に沿って前記被測定物体に照射する測定光学系と、該照射された測定光の前記被測定物体による反射光を受光する受光手段とを含み、前記受光手段による受光結果に基づいて前記照射方向における前記被測定物体の運動速度に応じたドップラー周波数シフト量を前記運動状態として求め、前記変調手段は、前記ドップラー周波数シフト量に基づく周波数で前記光の強度を変調させる、ことを特徴とする。

[0020] また、請求項 4 に記載の発明は、請求項 3 に記載の光画像計測装置であって、前記測定光学系は、前記測定光源から出力された測定光の一部を反射させ一部を透過させるハーフミラーを含み、前記受光手段は、前記ハーフミラーを透過した前記一部の測定光の前記被測定物体による反射光と、前記ハーフミラーに反射された前記一部の測定光との干渉光を受光し、前記測定手段は、前記ドップラー周波数シフト量として、該受光された干渉光の周波数を求める、ことを特徴とする。

[0021] また、請求項 5 に記載の発明は、請求項 3 に記載の光画像計測装置であって、前記測定光学系は、前記測定光源から出力された測定光を二分割する測

定光分割手段と、前記二分割された一方の測定光を反射する反射鏡とを含み、前記一方の測定光の前記反射光による反射光と他方の測定光の前記被測定物体による反射光との干渉光を生成する測定干渉計を備え、前記受光手段は、前記測定干渉計により生成された干渉光を受光し、前記測定手段は、前記ドップラー周波数シフト量として、該受光された干渉光の周波数を求める、ことを特徴とする。

[0022] また、請求項 6 に記載の発明は、請求項 2 に記載の光画像計測装置であって、前記測定手段は、前記参照光路を経由する光の周波数を所定周波数だけ変更する変更手段と、測定光源と、前記測定光源から出力された測定光を第 1 測定光と第 2 測定光とに分割し、前記第 1 測定光を前記被測定物体に照射し、前記被測定物体を経由した前記第 1 測定光と前記参照光路を経由して前記所定周波数だけ周波数が変更された前記第 2 測定光とを重畳させて測定干渉光を生成する測定光学系と、前記測定干渉光を受光する受光手段とを含み、前記受光手段による受光結果に基づいて前記測定干渉光の周波数を求め、前記測定干渉光の周波数と前記所定周波数とに基づいて前記照射方向における前記被測定物体の運動速度に応じたドップラー周波数シフト量を前記運動状態として求め、前記変調手段は、前記ドップラー周波数シフト量に基づく周波数で前記光の強度を変調させる、ことを特徴とする。

[0023] また、請求項 7 に記載の発明は、請求項 3 に記載の光画像計測装置であって、前記変調手段は、前記光源から出力される光の波長と前記測定光の波長との比を前記ドップラー周波数シフト量に乘算して得られる周波数で前記光の強度を変調させる、ことを特徴とする。

[0024] また、請求項 8 に記載の発明は、請求項 6 に記載の光画像計測装置であって、前記変調手段は、前記光源から出力される光の波長と前記測定光の波長との比を前記ドップラー周波数シフト量に乘算して得られる周波数で前記光の強度を変調させる、ことを特徴とする。

[0025] また、請求項 9 に記載の発明は、光源から出力された光を信号光と参照光とに分割し、前記信号光を被測定物体に照射し、前記被測定物体を経由した

前記信号光と参照光路を経由した前記参照光とを重畳させて干渉光を生成して検出する光学系と、前記参照光路を経由する光の周波数を変更する変更手段と、前記被測定物体に対する前記信号光の照射方向における前記被測定物体の運動速度に基づいて前記変更手段に周波数を変更させる制御手段と、前記被測定物体を経由した前記信号光と前記制御手段により周波数が増えられた参照光とに基づき前記光学系により生成された前記干渉光の検出結果に基づいて前記被測定物体の画像を形成する形成手段と、を備えることを特徴とする光画像計測装置である。

[0026] また、請求項 10 に記載の発明は、請求項 9 に記載の光画像計測装置であって、前記制御手段は、前記照射方向における前記被測定物体の運動状態を測定する測定手段を含み、その測定結果に基づいて前記変更手段に周波数を変更させる、ことを特徴とする。

[0027] また、請求項 11 に記載の発明は、請求項 10 に記載の光画像計測装置であって、前記測定手段は、測定光源と、前記測定光源から出力された測定光を第 1 測定光と第 2 測定光とに分割し、前記第 1 測定光を前記被測定物体に照射し、前記被測定物体を経由した前記第 1 測定光と前記参照光路を経由して前記所定周波数だけ周波数が増えられた前記第 2 測定光とを重畳させて測定干渉光を生成する測定光学系と、前記測定干渉光を受光する受光手段とを含み、前記受光手段による受光結果に基づいて前記測定干渉光の周波数を求め、前記測定干渉光の周波数と前記変更手段による周波数の増え量とに基づいて前記照射方向における前記被測定物体の運動速度に応じたドップラー周波数シフト量を前記運動状態として求め、前記制御手段は、前記ドップラー周波数シフト量に基づく新たな増え量だけ前記変更手段に周波数を変更させる、ことを特徴とする。

[0028] また、請求項 12 に記載の発明は、請求項 2 に記載の光画像計測装置であって、前記光学系は、前記参照光の光路長を変更する光路長変更手段を含み、前記測定手段により測定された前記運動状態に基づいて、前記照射方向における前記被測定物体の変位を求め、前記被測定物体の前記光路長変更手段

を制御して前記光路長を前記変位の分だけ変更させる光路長制御手段を備える、ことを特徴とする。

[0029] また、請求項 13 に記載の発明は、請求項 10 に記載の光画像計測装置であって、前記光学系は、前記参照光の光路長を変更する光路長変更手段を含み、前記測定手段により測定された前記運動状態に基づいて、前記照射方向における前記被測定物体の変位を求め、前記被測定物体の前記光路長変更手段を制御して前記光路長を前記変位の分だけ変更させる光路長制御手段を備える、ことを特徴とする。

[0030] また、請求項 14 に記載の発明は、請求項 1 に記載の光画像計測装置であって、前記光学系は、前記信号光及び前記参照光のうちの一方の光路上に設けられて前記一方の光の 2 つの偏光成分の間に 2 分の 1 波長分の光路差を付与する 4 分の 1 波長板と、前記干渉光を 2 つの偏光成分に分割する分割手段と、該分割された 2 つの偏光成分をそれぞれ検出して電気信号を出力する 2 つの検出手段と、を含み、前記形成手段は、前記 2 つの検出手段により略同時に検出された 2 つの偏光成分に基づく 2 つの前記電気信号に基づいて前記被測定物体の画像を形成する、ことを特徴とする。

[0031] また、請求項 15 に記載の発明は、請求項 9 に記載の光画像計測装置であって、前記光学系は、前記信号光及び前記参照光のうちの一方の光路上に設けられて前記一方の光の 2 つの偏光成分の間に 2 分の 1 波長分の光路差を付与する 4 分の 1 波長板と、前記干渉光を 2 つの偏光成分に分割する分割手段と、該分割された 2 つの偏光成分をそれぞれ検出して電気信号を出力する 2 つの検出手段と、を含み、前記形成手段は、前記 2 つの検出手段により略同時に検出された 2 つの偏光成分に基づく 2 つの前記電気信号に基づいて前記被測定物体の画像を形成する、ことを特徴とする。

発明の効果

[0032] この発明に係る光画像計測装置によれば、被測定物体の運動速度に応じた周波数で光源からの出力光の強度を変調し、この出力光に基づく干渉光の検出結果に基づいて被測定物体の画像を形成するように構成されているので、

被測定物体の運動速度に基づくドップラー周波数シフト量に出力光の強度の変調周波数を追従させて計測を行うことができる。それにより、被測定物体が運動を伴う場合であっても明瞭な画像を取得することが可能である。

- [0033] また、この発明に係る光画像計測装置によれば、被測定物体の運動速度に基づいて参照光の周波数を変更し、この参照光と信号光とに基づく干渉光の検出結果に基づいて被測定物体の画像を形成するように構成されているので、被測定物体の運動速度に基づくドップラー周波数シフト量に合わせて参照光の周波数を変更しながら計測を行うことができる。それにより、被測定物体が運動を伴う場合であっても明瞭な画像を取得することが可能である。

図面の簡単な説明

- [0034] [図1] この発明に係る光画像計測装置の計測原理を説明するための概略図である。
- [図2] この発明に係る光画像計測装置の実施の形態の構成の一例を表す概略図である。
- [図3] この発明に係る光画像計測装置の実施の形態の構成の一例を表す概略図である。
- [図4] この発明に係る光画像計測装置の実施の形態の構成の一例を表す概略図である。
- [図5] この発明に係る光画像計測装置の実施の形態の構成の一例を表す概略図である。
- [図6A] この発明に係る光画像計測装置の実施の形態により得られる干渉信号の一例を説明するための図である。
- [図6B] この発明に係る光画像計測装置の実施の形態により得られる干渉信号の一例を説明するための図である。
- [図6C] この発明に係る光画像計測装置の実施の形態により得られる干渉信号の一例を説明するための図である。
- [図7] この発明に係る光画像計測装置の実施の形態の構成の一例を表す概略図である。

[図8] この発明に係る光画像計測装置の実施の形態の構成の一例を表す概略図である。

発明を実施するための形態

[0035] この発明に係る光画像計測装置の実施形態を説明する。以下、この発明に係る計測原理についてまず説明し、それからこの計測原理を適用した光画像計測装置について説明する。

[0036] [計測原理]

この発明に係る計測原理について図1を参照しつつ説明する。この光画像計測装置1000は、光源から出力される光の強度変調を行うことによりフリンジウォッシュアウトの影響を改善するものである。

[0037] 光コヒーレンストモグラフィにおいては一般に次のような計測が実施される。光源1001からの出力光Mは、ビームスプリッタ1002により、参照鏡1003に向かう参照光Rと被測定物体1006に向かう信号光Sとに分割される。参照光Rは参照鏡1003により反射されてビームスプリッタ1002に戻ってくる。信号光Sは被測定物体1006の表面や内部において反射、散乱されてビームスプリッタ1002に戻ってくる。ビームスプリッタ1002は信号光Sと参照光Rとを重畳して干渉させる。それにより生成された干渉光Lは光検出デバイス（CCD等）1004により検出される。この検出結果（干渉信号）を解析することで被測定物体1006の内部や表面の画像（断層像や3次元画像）が形成される。この処理は、図示しないコンピュータ（形成手段）が行う。

[0038] 図1に示すように、信号光Sの光軸方向（進行方向）に沿って被測定物体1006が速度vで運動している場合、従来の計測方法ではフリンジウォッシュアウトによって明瞭な画像が得られなかった。

[0039] これに対し、この発明では、強度変調器1005（変調手段）により、出力光Mの強度を所定の周波数で変調させることにより、フリンジウォッシュアウトの影響を改善する。この原理を以下に説明する。

[0040] 光検出デバイス1004から出力される干渉信号の干渉成分は次式で表さ

れる。

[0041] [数3]

$$\begin{aligned} & \langle \sqrt{I_s I_r} \sin(2\pi f_{\text{mod}} t + \phi') \sin(2\pi f_{\text{Doppl}} t + \phi) \rangle \\ &= \frac{1}{2} \sqrt{I_s I_r} \langle \cos[2\pi(f_{\text{mod}} + f_{\text{Doppl}})t + \Delta\phi'] + \cos[2\pi(f_{\text{mod}} - f_{\text{Doppl}})t + \Delta\phi] \rangle \quad (3) \end{aligned}$$

[0042] ここで、 I_s は信号光Sの強度であり、 I_r は参照光Rの強度である。 f_{mod} は、強度変調器1005による出力光Mの強度の変調周波数である。 f_{Doppl} は、被測定物体1006の運動に起因する信号光Sのドップラー周波数シフト量である。 $\Delta\phi$ 、 $\Delta\phi'$ は、初期位相差 ϕ 、 ϕ' に基づく位相差である。

[0043] 変調周波数とドップラー周波数シフト量との和（ $f_{\text{mod}} + f_{\text{Doppl}}$ ）が光検出デバイス1004の応答周波数（蓄積時間の逆数）よりも十分に高ければ、式（3）の右辺の第1項は蓄積効果により平均化されてゼロとみなされる。後述の構成例では、変調周波数とドップラー周波数シフト量との和が光検出デバイス1004の応答周波数よりも十分に高く、式（3）の右辺の第1項は平均化されるように設定されているものとする。

[0044] 一方、変調周波数とドップラー周波数シフト量との差（ $f_{\text{mod}} - f_{\text{Doppl}}$ ）が光検出デバイス1004の応答周波数より低くなるように設定すれば、式（3）の右辺の第2項は平均化されることなく干渉成分として検出される。

[0045] したがって、変調周波数とドップラー周波数シフト量との差が応答周波数より低くなるように設定することにより、次式のような干渉成分が検出されることになる。

[0046] [数4]

$$\begin{aligned} & \langle \sqrt{I_s I_r} \sin(2\pi f_{\text{mod}} t + \phi') \sin(2\pi f_{\text{Doppl}} t + \phi) \rangle \\ &= \frac{1}{2} \sqrt{I_s I_r} \langle \cos[2\pi(f_{\text{mod}} - f_{\text{Doppl}})t + \Delta\phi] \rangle \quad (4) \end{aligned}$$

[0047] このようにして干渉成分に対するフリンジウォッシュアウトの影響が改善される。更に、変調周波数とドップラー周波数シフト量とが等しく（ $f_{\text{mod}} = f_{\text{Doppl}}$ ）なるように設定することにより、次式のような干渉成分が得られ、フリンジウォッシュアウトの影響を解消することができる。

[0048] [数5]

$$\begin{aligned} & \langle \sqrt{I_s I_r} \sin(2\pi f_{\text{mod}} t + \phi') \sin(2\pi f_{\text{Dopp}} t + \phi) \rangle \\ &= \frac{1}{2} \sqrt{I_s I_r} \langle \cos \Delta\phi \rangle \end{aligned} \quad (5)$$

[0049] 以上から分かるように、この発明では、変調周波数とドップラー周波数シフト量とを等しく設定してもよいし（式（5）参照）、互いに異なるように設定してもよい（式（4）参照）。

[0050] なお、この発明により対処可能なドップラー周波数シフト量（つまり被測定物体 1006 の運動速度 v ）は、光検出デバイス 1004 の応答周波数に依存する。すなわち、変調周波数とドップラー周波数シフト量との差が応答周波数未満である必要があるので、光検出デバイス 1004 の応答周波数が高いほど（蓄積時間が短いほど）、一つの変調周波数で対応できるドップラー周波数シフト量の範囲が広くなり、より広い範囲の運動速度 v に対応できる。

[0051] [構成例 1]

以上のような計測原理を適用した光画像計測装置の構成例を説明する。図 2 に示す光画像計測装置 100 は、従来と同様に、光源 101 からの出力光 M をビームスプリッタ 102 で信号光 S と参照光 R に分割し、被測定物体 110 に信号光 S を照射し、被測定物体 110 を経由した信号光 S と参照鏡 103 に反射された参照光 R とを重畳させて干渉光 L を生成し、この干渉光 L を光検出デバイス 104 で検出する。コンピュータ 109 は、この検出結果を解析して被測定物体 110 の画像を形成する。また、コンピュータ 109 は、光画像計測装置 100 の各部を制御する。

[0052] 信号光 S の光路（信号光路）上、つまりビームスプリッタ 102 と被測定物体 110 との間には、ビームスプリッタ 105 が斜設されている。ビームスプリッタ 105 は、運動検出部 106 から出力された光（測定光） T を、信号光 S の光軸方向（つまり被測定物体 110 に対する信号光 S の照射方向）に沿って被測定物体 110 に照射する。なお、測定光 T と信号光 S （出力

光M)は、波長(波長帯)が同じでも異なってもよい。

[0053] 測定光Tは被測定物体110に反射される。このとき、信号光Sの光軸方向に沿って被測定物体110が運動していると、ドップラー効果によって測定光Tの周波数(波長)が変化する。この周波数の変化量がドップラー周波数シフト量である。

[0054] 被測定物体110による測定光Tの反射光はビームスプリッタ105により反射されて運動検出部106に戻ってくる。運動検出部106は、この測定光Tの反射光を受光する。上記のように、この反射光には、被測定物体110の運動状態を表す情報(ドップラー周波数シフト量)が含まれている。運動検出部106は、この反射光の受光結果に基づいてドップラー周波数シフト量を求めて駆動制御部107に送る。なお、運動検出部106の構成例については後述する(図4、図5を参照)。

[0055] 駆動制御部107は、運動検出部106から受けたドップラー周波数シフト量に基づいて光源駆動部108を制御する。そのために駆動制御部107は、ドップラー周波数シフト量に基づいて出力光Mの強度の変調周波数を求める。出力光Mと測定光Tの波長が等しい場合には、ドップラー周波数シフト量をそのまま変調周波数とする。一方、出力光Mと測定光Tの波長が異なる場合には、出力光Mの波長と測定光Tの波長との比をドップラー周波数シフト量に乗算し、この積を変調周波数とする。駆動制御部107は、求められた変調周波数を有する光源駆動用の電気信号(駆動信号)を生成して光源駆動部108に送る。駆動信号は、たとえば、当該変調周波数を有する矩形パルスである。

[0056] 光源駆動部108は、駆動制御部107から受けた駆動信号に基づいて光源101を駆動する。それにより光源101は、当該変調周波数で強度が変調された出力光Mを出力する。たとえば当該変調周波数が矩形パルスである場合、光源101は当該変調周波数で出力光Mの出力のオン/オフを繰り返す。

[0057] このような出力光Mを用いることにより、変調周波数とドップラー周波数

シフト量とを（ほぼ）等しくすることができる。なお、変調周波数を求めるためのドップラー周波数シフト量の測定時と、求めた変調周波数を用いた計測時との時間差はほとんどないので、この間に被測定物体 110 の運動速度が極端に変わらない限り、式（４）や式（５）に示す干渉成分を含む干渉信号が得られる。

[0058] このような光画像計測装置 100 によれば、被測定物体 110 の運動状態を測定し、その測定結果に基づく変調周波数で出力光 M の強度を変調するように構成されているので、被測定物体 110 の運動状態に基づくドップラー周波数シフト量に変調周波数を追従させることができる。それにより、被測定物体 110 が運動を伴う場合であっても明瞭な画像を取得することが可能である。

[0059] また、被測定物体 110 の運動状態の測定をたとえば所定時間間隔で反復しつつ（ほぼ）リアルタイムで出力光 M の強度変調を実行することにより、被測定物体 110 の運動状態の変化に対して（ほぼ）リアルタイムで変調周波数を追従させることが可能である。

[0060] この構成例において、コンピュータ 250 は「形成手段」の一例である。また、運動検出部 106、駆動制御部 107 及び光源駆動部 108 は「変調手段」の一例である。また、運動検出部 106 は「測定手段」の一例である。

[0061] [構成例 2]

この発明に係る計測原理を適用したフルフィールドタイプの OCT 装置（光画像計測装置）について説明する。このような光画像計測装置の構成例を図 3 に示す。この光画像計測装置 200 は、フルフィールドタイプの OCT 装置を眼科に適用したものである。被検眼 E は生体眼とし、拍動や調節微動によって複雑に運動している。光画像計測装置 200 は、被検眼 E の眼底 E_f の画像を取得するために用いられる。なお、光画像計測装置 200 は角膜 E_c の画像を取得可能に構成されていてもよい。

[0062] 光源ユニット 201 は、たとえばランダム偏光の出力光 M を発する。ラン

ダム偏光とは、互いに直交する2つの直線偏光成分を有し、各直線偏光成分のパワーが時間的にランダムに変化する偏光状態を意味する（たとえば特開平7-92656号公報参照）。

[0063] 光源ユニット201は、ランダム偏光の光を発する光源装置とともに、この光を導光する光ファイババンドルや、出力光の照射野を一様に照明するためのケーラー照明光学系などを含んで構成される。光源装置としては、たとえばLED (light Emitting Diode) や、SLD (Super Luminescent Diode) などが用いられる。光源ユニット201は、この発明の「光源」の一例である。

[0064] 光源ユニット201からの出力光Mは、ビームスプリッタ202により信号光Sと参照光Rとに分割される。

[0065] また、信号光Sの光路（信号光路）上には、ビームスプリッタ208が設けられている。ビームスプリッタ208は、運動検出部220からの測定光Tの光路を信号光路に合成する。

[0066] 更に、信号光路上には対物レンズ209が設けられている。信号光Sは対物レンズ209により被検眼Eの計測部位（眼底Ef）に合焦される。信号光Sは、所定のビーム径で計測部位に照射される。このとき、被検眼Eに対する信号光Sの入射方向は、+z方向（深度方向）である。被検眼Eに照射された信号光Sは、被検眼Eの表面や内部にて反射、散乱される。この反射光や散乱光は、信号光路を逆に進行してビームスプリッタ202に戻ってくる。

[0067] 参照光Rの光路（参照光路）上には4分の1波長板（ $\lambda/4$ 板）207と分散補償部材203が設けられている。参照光Rは $\lambda/4$ 板207を2回經由する。それにより、 $\lambda/4$ 板207は、参照光Rの2つの偏光成分（S偏光成分、P偏光成分）の間に、参照光Rの2分の1波長分の光路差を付与する。分散補償部材203は、所定の光学距離を形成する厚さのガラス板により構成され、被検眼Eの眼球光学系が信号光Sに与える分散の影響を補償する。

- [0068] なお、この実施形態とは逆に、 $\lambda/4$ 板を信号光路に配置してもよい。
- [0069] 参照光Rは、分散補償部材203を通過し、対物レンズ204によって参照鏡205の反射面に合焦される。参照鏡205により反射された参照光Rは、同じ光路を逆向きに経由してビームスプリッタ202に戻ってくる。
- [0070] 参照鏡205及び対物レンズ204は、図示しない参照光路長変更機構によって参照光Rの進行方向、すなわち参照鏡205の反射面に直交する方向（図3の両側矢印方向）に移動可能とされる。参照光路長変更機構は、たとえばピエゾ素子やパルスモータ等の駆動手段を含んで構成される。
- [0071] このように参照鏡205（及び対物レンズ204）を移動させることにより参照光Rの光路長（参照光路長）が変更される。参照光路長は、ビームスプリッタ202と参照鏡205との間の往復距離である。参照光路長を変更することにより、被検眼Eの様々な深度位置の画像を選択的に取得できる。すなわち、干渉光Lは、信号光Sの光路長（信号光路長）が参照光路長と等しくなる深度位置における形態情報を干渉成分として含むからである。
- [0072] なお、この実施形態では参照光路長を変更しているが、信号光路長を変更するように構成することも可能である。その場合、装置光学系と被検眼Eとの間隔を変更可能な機構を設ける。この機構の例としては、装置光学系をz方向に移動させるステージや、被検者をz方向に移動させるステージなどがある。また、参照光路長と信号光路長の双方を変更できるようにしてもよい。
- [0073] 被検眼Eを経由した信号光Sと、参照鏡205を経由した参照光Rは、ビームスプリッタ202により重畳されて干渉光Lを生成する。干渉光LはS偏光成分とP偏光成分とを含んでいる。これら偏光成分の間には、 $\lambda/4$ 板207によって互いに2分の1波長（ 180° ）分の位相差が付与されている。
- [0074] ビームスプリッタ202により生成された干渉光Lは、結像レンズ210によって集束光となる。偏光ビームスプリッタ211は、干渉光Lの二つの偏光成分を分割する。すなわち、干渉光LのS偏光成分L1は、偏光ビーム

スプリッタ 211 により反射されて CCD (イメージセンサ) 212 により検出される。一方、干渉光 L の P 偏光成分 L2 は、偏光ビームスプリッタ 211 を透過して CCD (イメージセンサ) 213 により検出される。各 CCD 212、213 は 2 次元の受光面を有している。S 偏光成分 L1 と P 偏光成分 L2 は、それぞれ、所定のビーム径を持って CCD 212、213 の受光面に投射される。

[0075] CCD 212 は、S 偏光成分 L1 を所定の蓄積時間だけ受光して電荷を蓄積し、蓄積された電荷に基づく電気信号 (干渉信号) を生成してコンピュータ 250 に送る。同様に、CCD 213 は、P 偏光成分 L2 を所定の蓄積時間だけ受光して電荷を蓄積し、蓄積された電荷に基づく電気信号 (干渉信号) を生成してコンピュータ 250 に送る。CCD 212、213 の電荷蓄積時間 (蓄積タイミング) は同期されている。これら 2 つの干渉信号は位相差 180° (π) を有している。コンピュータ 250 は、これら干渉信号に基づいて被検眼 E の画像を形成する。この画像は、信号光 S の光軸方向 (z 方向) に略直交する断面における断層像である。また、コンピュータ 250 は、光画像計測装置 200 の各部を制御する。

[0076] 上記構成例 1 と同様に、光画像計測装置 200 は運動検出部 220、駆動制御部 230 及び光源駆動部 240 を有する。

[0077] 運動検出部 220 は、z 方向における被検眼 E の運動状態を測定する。運動検出部 220 は、測定光 T を出力する。測定光 T と信号光 S (出力光 M) は、波長 (波長帯) が同じでも異なってもよい。測定光 T は、ビームスプリッタ 208 及び対物レンズ 209 を介して被検眼 E に照射される。被検眼 E による測定光 T の反射光の周波数は、被検眼 E の運動に応じたドップラー周波数シフト量だけ、元の周波数から変更されている。

[0078] 被検眼 E による測定光 T の反射光は、同じ経路を逆方向に進行して運動検出部 220 に戻ってくる。運動検出部 220 は、この測定光 T の反射光を受光し、その受光結果に基づいてドップラー周波数シフト量を求めて駆動制御部 230 に送る。

- [0079] ここで、図４、図５を参照し、運動検出部２２０の２つの構成例を説明する。図４に示す運動検出部２２０のレーザ光源２２１から出力されるレーザ光は、比較的長い可干渉距離を有する。出力されたレーザ光は、ビームスプリッタ２２２を透過してハーフミラー２２３に到達する。ハーフミラー２２３を透過したレーザ光の一部が測定光Ｔとして被検眼Ｅに照射される。
- [0080] 被検眼Ｅによる測定光Ｔの反射光は、同じ経路を逆方向に進行してハーフミラー２２３に到達し、ハーフミラー２２３に反射されたレーザ光の一部と重畳される。それにより干渉光（測定干渉光）が生成される。測定干渉光は、ビームスプリッタ２２２に反射され、結像レンズ２２４により集束光とされて光検出器２２５の受光面に投影される。なお、ピンホールを追加で配置させるとともに光検出器２２５の受光面を小さく設定して共焦点光学系を構成することも可能である。
- [0081] 光検出器２２５は、測定干渉光の検出結果に基づく干渉信号を生成して周波数測定器２２６に送る。周波数測定器２２６は、この干渉信号の周波数、つまりドップラー周波数シフト量を求めて駆動制御部２３０に送る。
- [0082] 次に、図５に示す運動検出部２２０について説明する。この運動検出部２２０の広帯域光源２３１から出力された広帯域光は、ビームスプリッタ２３２により二分割される。ビームスプリッタ２３２に反射された広帯域光（基準光）は、反射鏡２３３に反射されてビームスプリッタ２３２に戻ってくる。ビームスプリッタ２３２を透過した広帯域光は、測定光Ｔとして被検眼Ｅに照射される。
- [0083] 被検眼Ｅによる測定光Ｔの反射光は、同じ経路を逆方向に進行してビームスプリッタ２３２に到達して基準光と重畳される。それにより干渉光（測定干渉光）が生成される。測定干渉光は、結像レンズ２３４により集束光とされて光検出器２３５の受光面に投影される。
- [0084] 光検出器２３５は、測定干渉光の検出結果に基づく干渉信号を生成して周波数測定器２３６に送る。周波数測定器２３６は、この干渉信号の周波数、つまりドップラー周波数シフト量を求めて駆動制御部２３０に送る。

- [0085] 反射鏡 233 は、基準光の進行方向（図 5 の両側矢印方向）に移動可能とされる。それにより、被検眼 E の様々な深度位置における測定光 T の反射光に基づく測定干渉光を生成できるので、被検眼 E 全体の運動だけでなく、被検眼 E の部分的な運動（たとえば眼底 E f の微動など）を選択的に測定できるという利点がある。
- [0086] 駆動制御部 230 は、運動検出部 220 から受けたドップラー周波数シフト量に基づいて、出力光 M の強度の変調周波数を求める。出力光 M と測定光 T の波長が等しい場合には、ドップラー周波数シフト量をそのまま変調周波数とする。出力光 M と測定光 T の波長が異なる場合には、出力光 M の波長と測定光 T の波長との比をドップラー周波数シフト量に乗算し、この積を変調周波数とする。更に、駆動制御部 230 は、求められた変調周波数を有する光源駆動用の電気信号（駆動信号）を生成して光源駆動部 240 に送る。
- [0087] 光源駆動部 240 は、駆動制御部 230 から受けた駆動信号に基づいて光源ユニット 201 を駆動する。それにより光源ユニット 201 は、当該変調周波数で強度が変調された出力光 M を出力する。たとえば当該変調周波数が矩形パルスである場合、光源ユニット 201 は当該変調周波数で出力光 M の出力のオン／オフを繰り返す。
- [0088] このような出力光 M を用いることにより、変調周波数とドップラー周波数シフト量とを（ほぼ）等しくすることができる。それにより、式（4）や式（5）に示す干渉成分を含む干渉信号が得られる。
- [0089] 光画像計測装置 200 により得られる干渉信号の一例を図 6 A ～ C に基づき説明する。図 6 A は、光源ユニット 201 からの出力光 M の強度の時間変化を表す。この例では、矩形パルスによって光源ユニット 201 を駆動して出力光 M をオン／オフする場合を説明する。出力光 M は、各 CCD 212、213 の蓄積時間よりも短い時間間隔で点滅される。特に、蓄積時間内に複数回出力光 M を出力させるように制御される。
- [0090] 前述のように、S 偏光成分 L_1 と P 偏光成分 L_2 は位相差 180° （ π ）を有する。各偏光成分 L_1 、 L_2 の直流成分の強度は $I_s + I_r$ である。また

、各偏光成分 L_1 、 L_2 の振幅は、交流成分（干渉成分）の強度の時間変化を表す。S偏光成分 L_1 の干渉成分は式（3）の第2項のように表現される。P偏光成分 L_2 の干渉成分は当該第2項に負号（マイナス）を付したものとなる（又は、当該第2項の位相に $+\pi$ を加えたものとしても表現できる）。

[0091] CCD 212は、図6Bに示すように、出力光Mが出力されたタイミングで断続的にS偏光成分 L_1 を検出する。同様に、CCD 213は、図6Cに示すように、出力光Mが出力されたタイミングで断続的にP偏光成分 L_2 を検出する。なお、CCD 212、213の電荷蓄積タイミングは同期されており、同じ蓄積時間の間に同じ回数だけ、それぞれ偏光成分 L_1 、 L_2 を検出する。CCD 212、213による検出結果（干渉信号）は、互いに位相差 180° を有する。

[0092] コンピュータ250は、これら一対の干渉信号から干渉成分の波形を再構成することにより被検眼Eの画像を形成する。

[0093] このような光画像計測装置200によれば、被検眼Eの運動状態を測定し、その測定結果に基づく変調周波数で出力光Mの強度を変調するように構成されているので、被検眼Eの運動状態に基づくドップラー周波数シフト量に変調周波数を追従させて計測を行うことができる。それにより、被検眼Eが拍動や調節微動等の運動を伴う場合であっても明瞭な画像を取得することが可能である。

[0094] また、被検眼Eの運動状態の測定をたとえば所定時間間隔で反復しつつ（ほぼ）リアルタイムで出力光Mの強度変調を実行することにより、被検眼Eの運動状態の変化に対して（ほぼ）リアルタイムで変調周波数を追従させることが可能である。

[0095] この構成例において、光源ユニット201は「光源」の一例である。また、偏光ビームスプリッタ211は「分割手段」の一例である。また、CCD 212、213は「2つの検出手段」の一例である。また、コンピュータ250は「形成手段」の一例である。

[0096] また、運動検出部 220、駆動制御部 230 及び光源駆動部 240 は「変調手段」の一例である。また、運動検出部 220 は「測定手段」の一例である。また、レーザ光源 221 及び広帯域光源 231 のそれぞれは「測定光源」の一例である。また、図 4 に示すビームスプリッタ 222、ハーフミラー 223 及び結像レンズ 224 は「測定光学系」の一例である。また、図 5 に示すビームスプリッタ 232、反射鏡 233 及び結像レンズ 234 は「測定光学系」及び「測定干渉計」の一例である。また、ビームスプリッタ 232 は「測定光分割手段」の一例である。また、各光検出器 225、235 は「受光手段」の一例である。

[0097] [構成例 3]

この発明に係る計測原理を適用した光画像計測装置の他の構成例を説明する。図 7 に示す光画像計測装置 300 は、フルフィールドタイプの OCT 装置を眼科に適用したものであり、構成例 2（図 3 を参照）とほぼ同様の構成を有する。構成例 2 と同様の構成部分については同じ符号を付して説明する。以下、構成例 2 と相違する部分について特に詳しく説明する。

[0098] 光画像計測装置 300 には、構成例 2 のビームスプリッタ 208 と運動検出部 220 が設けられていない。これらの代わりに、光画像計測装置 300 には、測定光源 301、ビームスプリッタ 302、ダイクロイックミラー 303、光検出器 304 及び周波数測定部 260 が設けられている。

[0099] また、光画像計測装置 300 には参照鏡移動機構 206 が設けられている。参照鏡移動機構 206 は、たとえばピエゾ素子を含んで構成され、参照鏡 205 を所定の微小距離だけ移動させる。この微小距離は出力光 M の可干渉距離以内に設定される。参照鏡移動機構 206 は、コンピュータ 250 により制御され、参照鏡 205 に反射される光（参照光 R、測定光 T）の周波数を所定周波数だけ変更（シフト）するように参照鏡 205 を移動させる。

[0100] 測定光源 301 は、出力光 M と異なる波長の測定光 T を出力する。測定光源 301 は、たとえばレーザダイオードを含んで構成される。ビームスプリッタ 302 は、たとえばハーフミラーにより構成される。ダイクロイックミ

ラー 303 は、測定光 T を反射させ、干渉光 L を透過させる。

[0101] 測定光源 301 から出力された測定光 T は、ビームスプリッタ 302 を透過し、ダイクロイックミラー 303 に反射されてビームスプリッタ 202 に入射する。ビームスプリッタ 202 は、この測定光 T を、被検眼 E に向かう第 1 測定光 T S と参照鏡 205 に向かう第 2 測定光 T R とに分割する。

[0102] 第 1 測定光 T S は対物レンズ 209 を経由して被検眼 E に照射される。被検眼 E による第 1 測定光 T S の反射光は、同じ経路を逆向きに進行してビームスプリッタ 202 に戻ってくる。第 1 測定光 T S が眼底 E f に反射されるときに眼底 E f が z 方向に運動している場合、ドップラー効果により第 1 測定光 T S の周波数がシフトされる。

[0103] 第 2 測定光 T R は、 $\lambda/4$ 板 207、分散補償部材 203 及び対物レンズ 204 を経由して参照鏡 205 に照射される。参照鏡 205 による第 2 測定光 T R の反射光は、同じ経路を逆向きに進行してビームスプリッタ 202 に戻ってくる。参照鏡 205 に反射されるときに第 2 測定光 T R の周波数が所定周波数だけ変更される。

[0104] ビームスプリッタ 202 は、被検眼 E を経由した第 1 測定光 T S と、参照光路を経由した第 2 測定光 T R とを重畳させて測定干渉光 T L を生成する。第 1 測定光に基づく測定干渉光 T L は、ダイクロイックミラー 303 に反射され、更にビームスプリッタ 302 に反射されて光検出器 304 に導かれる。

[0105] 光検出器 304 は、測定干渉光 T L の検出結果に基づく干渉信号を生成して周波数測定部 260 に送る。周波数測定部 260 は、構成例 2 の周波数測定器 226 と同様に、この干渉信号の周波数を求めて駆動制御部 230 に送る。

[0106] 駆動制御部 230 は、周波数測定部 260 が求めた測定干渉光 T L の周波数と、参照鏡移動機構 206 に起因する所定周波数とに基づいて、眼底 E f に起因するドップラー周波数シフト量を算出する。このドップラー周波数シフト量は、測定干渉光 T L の周波数から所定周波数を除算することで得られ

る。駆動制御部 230 は、出力光 M の波長と測定光 T の波長との比をドップラー周波数シフト量に乗算し、この積を変調周波数とする。更に、駆動制御部 230 は、求められた変調周波数を有する光源駆動用の電気信号（駆動信号）を生成して光源駆動部 240 に送る。

[0107] 光源駆動部 240 は、駆動制御部 230 から受けた駆動信号に基づいて光源ユニット 201 を駆動する。それにより光源ユニット 201 は、当該変調周波数で強度が変調された出力光 M を出力する。このような出力光 M を用いることにより、変調周波数とドップラー周波数シフト量とを（ほぼ）等しくすることができる。それにより、式（4）や式（5）に示す干渉成分を含む干渉信号が得られる。

[0108] このような光画像計測装置 300 によれば、被検眼 E（眼底 E f）の運動状態を測定し、その測定結果に基づく変調周波数で出力光 M の強度を変調するように構成されているので、被検眼 E の運動状態に基づくドップラー周波数シフト量に変調周波数を追従させて計測を行うことができる。それにより、眼底 E f が拍動や調節微動等の運動を伴う場合であっても明瞭な画像を取得することが可能である。

[0109] また、被検眼 E の運動状態の測定をたとえば所定時間間隔で反復しつつ（ほぼ）リアルタイムで出力光 M の強度変調を実行することにより、被検眼 E の運動状態の変化に対して（ほぼ）リアルタイムで変調周波数を追従させることが可能である。

[0110] なお、この構成例において、ビームスプリッタ 302、ダイクロイックミラー 303、ビームスプリッタ 202 を含む光学系は「測定光学系」に相当する。また、光検出器 304 は「受光手段」に相当する。また、参照鏡移動機構 206 は「変更手段」に相当する。

[0111] 参照光路を経由する光の周波数を変更するための構成として、参照鏡移動機構 206 の代わりに、2次元周波数シフタを用いることが可能である。2次元周波数シフタは、2次元的な断面を有する光の周波数を変調するデバイスである。2次元周波数シフタの例としては、液晶空間光変調素子（L i q

uid Crystal Spatial Light Modulator) などがある。

[0112] [構成例 4]

この発明に係る計測原理を適用した光画像計測装置の他の構成例を説明する。図 8 に示す光画像計測装置 400 は、フルフィールドタイプの OCT 装置を眼科に適用したものであり、構成例 3 (図 7 を参照) と同様の光学系を有する。構成例 3 と同様の構成部分については同じ符号を付して説明する。以下、構成例 3 と相違する部分について特に詳しく説明する。

[0113] 構成例 3 と異なり、光画像計測装置 400 には周波数測定部 260、駆動制御部 230 及び光源駆動部 240 が設けられていない。光源ユニット 201 の動作はコンピュータ 250 によって制御される。

[0114] 上記の構成例は、被測定物体の運動状態に基づいて光源からの出力光を強度変調させることによりフリンジウォッシュアウトの影響を回避するものである。一方、この構成例では、被測定物体の運動状態に基づいて参照光の周波数を変更することによりフリンジウォッシュアウトの影響を回避する。

[0115] 参照鏡移動機構 206 は、コンピュータ 250 により制御され、参照鏡 205 を移動させることにより、参照鏡 205 に反射される光 (参照光 R、測定光 T) の周波数を変更 (シフト) する。この周波数シフト量はコンピュータ 250 によって変更される。

[0116] 測定光 T を用いた眼底 E f の運動状態の測定は、構成例 3 と同様にして実行される。光検出器 304 は、測定干渉光 T L の検出結果に基づく干渉信号を生成してコンピュータ 250 に送る。コンピュータ 250 は、構成例 3 の周波数測定部 260 と同様に、この干渉信号の周波数を求める。

[0117] 更に、コンピュータ 250 は、求められた測定干渉光 T L の周波数と、運動状態測定時における参照鏡移動機構 206 による周波数の変更量 (シフト量) とに基づいて、眼底 E f に起因するドップラー周波数シフト量を算出する。このドップラー周波数シフト量は、測定干渉光 T L の周波数から上記周波数の変更量を除算することで得られる。コンピュータ 250 は、出力光 M

の波長と測定光Tの波長との比をドップラー周波数シフト量に乗算し、この積を参照鏡移動機構206による新たな周波数の変更量とする。

[0118] 更に、コンピュータ250は、この新たな変更量に対応する参照鏡205の移動速度、すなわち、この新たな変更量だけ光の周波数を変更させるために必要な移動速度を算出する。この処理は、ドップラー効果の公式を用いて容易に行うことができる。

[0119] コンピュータ250は、算出された移動速度で参照鏡205を移動させるように参照鏡移動機構206を制御するとともに、光源ユニット201を制御して出力光Mを出力させる。この出力光Mに基づく参照光Rの周波数は、上記新たな変更量だけ変更される。この新たな変更量は、眼底Efの運動に起因するドップラー周波数シフト量と（ほぼ）等しくなる。それにより、式（4）や式（5）に示す干渉成分を含む干渉信号が得られる。

[0120] このような光画像計測装置400によれば、眼底Efの運動状態を測定し、その測定結果に基づく新たな変更量だけ参照光Rの周波数を変更するように構成されているので、眼底Efの運動状態に基づくドップラー周波数シフト量に参照光Rの周波数を追従させて計測を行うことができる。それにより、眼底Efが拍動や調節微動等の運動を伴う場合であっても明瞭な画像を取得することが可能である。

[0121] また、眼底Efの運動状態の測定をたとえば所定時間間隔で反復しつつ（ほぼ）リアルタイムで参照光Rの周波数を変更することにより、眼底Efの運動状態の変化に対して（ほぼ）リアルタイムで参照光Rの周波数を追従させることが可能である。

[0122] なお、この構成例において、ビームスプリッタ302、ダイクロイックミラー303、ビームスプリッタ202を含む光学系は「測定光学系」に相当する。また、光検出器304は「受光手段」に相当する。また、参照鏡移動機構206は「変更手段」に相当する。

[0123] なお、眼底Efの運動状態を測定する測定手段の構成は上記のものに限定されるものではない。また、液晶空間光変調素子等の2次元周波数シフトな

どを用いて参照光路を経由する光の周波数を変更することも可能である。

[0124] [変形例]

以上に説明した構成は、この発明に係る光画像計測装置の一例に過ぎない。この発明を実施しようとする者は、この発明の要旨の範囲内における任意の変形を施すことが可能である。

[0125] たとえば、図5に示す運動検出部220において、反射鏡233を所定速度で移動させることで、測定干渉光に所定の周波数（基準周波数）の干渉成分を含ませることが可能である。反射鏡233の移動速度は、たとえば、基準周波数が、出力光Mの強度変調周波数が所定の基準値（基準変調周波数）に応じた周波数になるように設定される。

[0126] それにより、被検眼Eが運動していないときには基準変調周波数で出力光Mが強度変調される。また、被検眼Eが運動を伴うときには、測定干渉光の干渉成分の周波数が基準周波数から変化し、その変化量に応じて変調周波数が増減されることになる。

[0127] この変形例によれば、被検眼Eが運動していないときであっても運動を伴うときであっても、好適な変調周波数で出力光Mを強度変調でき、それにより明瞭な画像を取得することが可能となる。

[0128] 上記の実施形態では、被測定物体の運動を測定し、その測定結果に基づいて出力光の強度変調を行うようになっているが、この発明はこれに限定されるものではない。たとえば、被測定物体に対する信号光の照射方向における被測定物体の運動速度に応じた周波数（事前に設定された値）で、光源により出力される光の強度を変調させるようにしてもよい。この変形例は、被測定物体が（ほぼ）等速度で運動する場合に特に有効である。すなわち、この運動速度に対応する変調周波数を予め算出し、算出された周波数で出力光の強度変調を行うようにすればよい。

[0129] 被測定物体の運動状態の検出結果に基づいて参照鏡を移動させることにより、被測定物体の計測深度を調整するように構成することが可能である。上記の実施形態では、測定光Tの反射光のドップラー周波数シフトを検出する

ことにより被検眼Eの運動速度を測定している。被検眼Eに対する測定光Tの照射方向（図2の+z方向）に被検眼Eが運動している場合、測定光Tの反射光の周波数は元の周波数よりも低くなる。逆に、被検眼Eが-z方向に運動している場合には、測定光Tの反射光の周波数は元の周波数よりも高くなる。

[0130] よって、測定光Tの反射光を受光してその周波数を測定する手段（反射光測定手段）を設け、測定された周波数が測定光Tの元の周波数よりも高いか低いかに判断することにより、測定光Tが反射された時点における被検眼Eの運動方向を求めることができる。また、運動検出部220により得られる周波数に基づいて被検眼Eの運動速度を求めることができる。なお、元の周波数と反射光の周波数との差を演算して被検眼Eの運動速度を求めることも可能である。

[0131] 上記の反射光測定手段はたとえば次のように構成される。まず、測定光Tの光路上にビームスプリッタを斜設して反射光を分割する。次に、ビームスプリッタにより分割された反射光を光検出器で受光する。そして、光検出器による受光結果を周波数測定器で解析して反射光の周波数を求める。

[0132] このような測定を所定の時間間隔で反復実施する。各測定において求められた運動速度に当該測定間隔を乗算することにより、当該測定間隔内において被検眼Eが等速度で運動していると仮定した場合の移動距離が得られる。なお、測定間隔を十分に短くすることで当該仮定はほぼ満たされる。

[0133] このようにして得られた被検眼Eの変位（移動距離及び運動方向）の分だけ参照鏡205を移動させて参照光Rの光路長を変更することにより、移動後とほぼ同じ深度位置を計測できる。なお、深度位置を順次変更しながら被検眼Eの3次元画像を取得する場合には、次の深度位置までの参照鏡205の移動距離を、上記測定に基づく参照鏡205の変位に加味することにより、次の深度位置の計測にスムーズに移行できる。

[0134] また、測定を反復実施する場合、たとえば今回、前回、前々回の測定結果に基づいて運動速度の時間変化を求め、この時間変化に基づいて今回の測定

から次回の測定までの間の運動速度を推定することができる。そして、この運動速度の推定値と測定間隔とを乗算することにより、被検眼Eが当該推定値で運動していると仮定した場合の移動距離が得られ、この移動距離を利用して参照鏡205を移動させることが可能である。

[0135] この変形例において、コンピュータ250が被検眼Eの変位を演算し、この変位の分だけ参照鏡205を移動させる。コンピュータ250はこの発明の「光路長制御手段」に相当する。また、参照光路長変更機構はこの発明の「光路長変更手段」に相当する。

[0136] 上記の実施形態では、CCDを用いて干渉光を検出しているが、たとえばCMOS等の任意の2次元光センサアレイをCCDの代わりに用いることが可能である。

[0137] 上記の実施形態では、光源を制御して出力光の強度変調を行っているが、連続光を発する光源からの出力光の光路上にシャッタやフィルタ等の強度変更部材を配設してもよい。その場合、変調周波数に対応して強度変更部材を光路に挿脱することで出力光の強度が変調される。

[0138] 上記の実施形態においては、マイケルソン型の干渉計を備えた光画像計測装置について説明したが、例えばマッハツェンダー型などその他の干渉計を適用してもよい。

[0139] また、干渉計の一部に光ファイバ（バンドル）を設けて導光部材として用いることにより、装置設計上の自由度を高めたり、装置のコンパクト化を図ったり、あるいは、被測定物体の配置の自由度を高めたりすることができる。

[0140] この発明に係る光画像計測装置は、以上に説明した実施形態や変形例の構成を任意に組み合わせたものであってもよい。

符号の説明

- [0141] 100、200、300、400 光画像計測装置
101 光源
201 光源ユニット

103、205 参照鏡
104 光検出デバイス
212、213 CCD
106、220 運動検出部
107、230 駆動制御部
108、240 光源駆動部
109、250 コンピュータ
M 出力光
S 信号光
R 参照光
L 干渉光
T 測定光

請求の範囲

[請求項1] 光源から出力された光を信号光と参照光とに分割し、前記信号光を被測定物体に照射し、前記被測定物体を経由した前記信号光と参照光路を経由した前記参照光とを重畳させて干渉光を生成して検出する光学系と、

前記被測定物体に対する前記信号光の照射方向における前記被測定物体の運動速度に応じた周波数で、前記光源により出力される光の強度を変調させる変調手段と、

前記強度が変調された光に基づき前記光学系により生成された前記干渉光の検出結果に基づいて前記被測定物体の画像を形成する形成手段と、

を備えることを特徴とする光画像計測装置。

[請求項2] 前記変調手段は、前記照射方向における前記被測定物体の運動状態を測定する測定手段を含み、その測定結果に基づく周波数で前記光の強度を変調させる、

ことを特徴とする請求項1に記載の光画像計測装置。

[請求項3] 前記測定手段は、測定光源と、前記測定光源から出力された測定光を前記照射方向に沿って前記被測定物体に照射する測定光学系と、該照射された測定光の前記被測定物体による反射光を受光する受光手段とを含み、前記受光手段による受光結果に基づいて前記照射方向における前記被測定物体の運動速度に応じたドップラー周波数シフト量を前記運動状態として求め、

前記変調手段は、前記ドップラー周波数シフト量に基づく周波数で前記光の強度を変調させる、

ことを特徴とする請求項2に記載の光画像計測装置。

[請求項4] 前記測定光学系は、前記測定光源から出力された測定光の一部を反射させ一部を透過させるハーフミラーを含み、

前記受光手段は、前記ハーフミラーを透過した前記一部の測定光の

前記被測定物体による反射光と、前記ハーフミラーに反射された前記一部の測定光との干渉光を受光し、

前記測定手段は、前記ドップラー周波数シフト量として、該受光された干渉光の周波数を求める、

ことを特徴とする請求項 3 に記載の光画像計測装置。

[請求項5]

前記測定光学系は、前記測定光源から出力された測定光を二分割する測定光分割手段と、前記二分割された一方の測定光を反射する反射鏡とを含み、前記一方の測定光の前記反射光による反射光と他方の測定光の前記被測定物体による反射光との干渉光を生成する測定干渉計を備え、

前記受光手段は、前記測定干渉計により生成された干渉光を受光し、

前記測定手段は、前記ドップラー周波数シフト量として、該受光された干渉光の周波数を求める、

ことを特徴とする請求項 3 に記載の光画像計測装置。

[請求項6]

前記測定手段は、前記参照光路を経由する光の周波数を所定周波数だけ変更する変更手段と、測定光源と、前記測定光源から出力された測定光を第 1 測定光と第 2 測定光とに分割し、前記第 1 測定光を前記被測定物体に照射し、前記被測定物体を経由した前記第 1 測定光と前記参照光路を経由して前記所定周波数だけ周波数が変更された前記第 2 測定光とを重畳させて測定干渉光を生成する測定光学系と、前記測定干渉光を受光する受光手段とを含み、前記受光手段による受光結果に基づいて前記測定干渉光の周波数を求め、前記測定干渉光の周波数と前記所定周波数とに基づいて前記照射方向における前記被測定物体の運動速度に応じたドップラー周波数シフト量を前記運動状態として求め、

前記変調手段は、前記ドップラー周波数シフト量に基づく周波数で前記光の強度を変調させる、

ことを特徴とする請求項 2 に記載の光画像計測装置。

[請求項 7] 前記変調手段は、前記光源から出力される光の波長と前記測定光の波長との比を前記ドップラー周波数シフト量に乗算して得られる周波数で前記光の強度を変調させる、

ことを特徴とする請求項 3 に記載の光画像計測装置。

[請求項 8] 前記変調手段は、前記光源から出力される光の波長と前記測定光の波長との比を前記ドップラー周波数シフト量に乗算して得られる周波数で前記光の強度を変調させる、

ことを特徴とする請求項 6 に記載の光画像計測装置。

[請求項 9] 光源から出力された光を信号光と参照光とに分割し、前記信号光を被測定物体に照射し、前記被測定物体を経由した前記信号光と参照光路を経由した前記参照光とを重畳させて干渉光を生成して検出する光学系と、

前記参照光路を経由する光の周波数を変更する変更手段と、

前記被測定物体に対する前記信号光の照射方向における前記被測定物体の運動速度に基づいて前記変更手段に周波数を変更させる制御手段と、

前記被測定物体を経由した前記信号光と前記制御手段により周波数に変更された参照光とに基づき前記光学系により生成された前記干渉光の検出結果に基づいて前記被測定物体の画像を形成する形成手段と、

を備えることを特徴とする光画像計測装置。

[請求項 10] 前記制御手段は、前記照射方向における前記被測定物体の運動状態を測定する測定手段を含み、その測定結果に基づいて前記変更手段に周波数を変更させる、

ことを特徴とする請求項 9 に記載の光画像計測装置。

[請求項 11] 前記測定手段は、測定光源と、前記測定光源から出力された測定光を第 1 測定光と第 2 測定光とに分割し、前記第 1 測定光を前記被測定

物体に照射し、前記被測定物体を経由した前記第 1 測定光と前記参照光路を経由して前記所定周波数だけ周波数が変更された前記第 2 測定光とを重畳させて測定干渉光を生成する測定光学系と、前記測定干渉光を受光する受光手段とを含み、前記受光手段による受光結果に基づいて前記測定干渉光の周波数を求め、前記測定干渉光の周波数と前記変更手段による周波数の変更量とに基づいて前記照射方向における前記被測定物体の運動速度に応じたドップラー周波数シフト量を前記運動状態として求め、

前記制御手段は、前記ドップラー周波数シフト量に基づく新たな変更量だけ前記変更手段に周波数を変更させる、

ことを特徴とする請求項 10 に記載の光画像計測装置。

[請求項12] 前記光学系は、前記参照光の光路長を変更する光路長変更手段を含み、

前記測定手段により測定された前記運動状態に基づいて、前記照射方向における前記被測定物体の変位を求め、前記被測定物体の前記光路長変更手段を制御して前記光路長を前記変位の分だけ変更させる光路長制御手段を備える、

ことを特徴とする請求項 2 に記載の光画像計測装置。

[請求項13] 前記光学系は、前記参照光の光路長を変更する光路長変更手段を含み、

前記測定手段により測定された前記運動状態に基づいて、前記照射方向における前記被測定物体の変位を求め、前記被測定物体の前記光路長変更手段を制御して前記光路長を前記変位の分だけ変更させる光路長制御手段を備える、

ことを特徴とする請求項 10 に記載の光画像計測装置。

[請求項14] 前記光学系は、前記信号光及び前記参照光のうちの一方の光路上に設けられて前記一方の光の 2 つの偏光成分の間に 2 分の 1 波長分の光路差を付与する 4 分の 1 波長板と、前記干渉光を 2 つの偏光成分に分

割する分割手段と、該分割された2つの偏光成分をそれぞれ検出して電気信号を出力する2つの検出手段と、

を含み、

前記形成手段は、前記2つの検出手段により略同時に検出された2つの偏光成分に基づく2つの前記電気信号に基づいて前記被測定物体の画像を形成する、

ことを特徴とする請求項1に記載の光画像計測装置。

[請求項15]

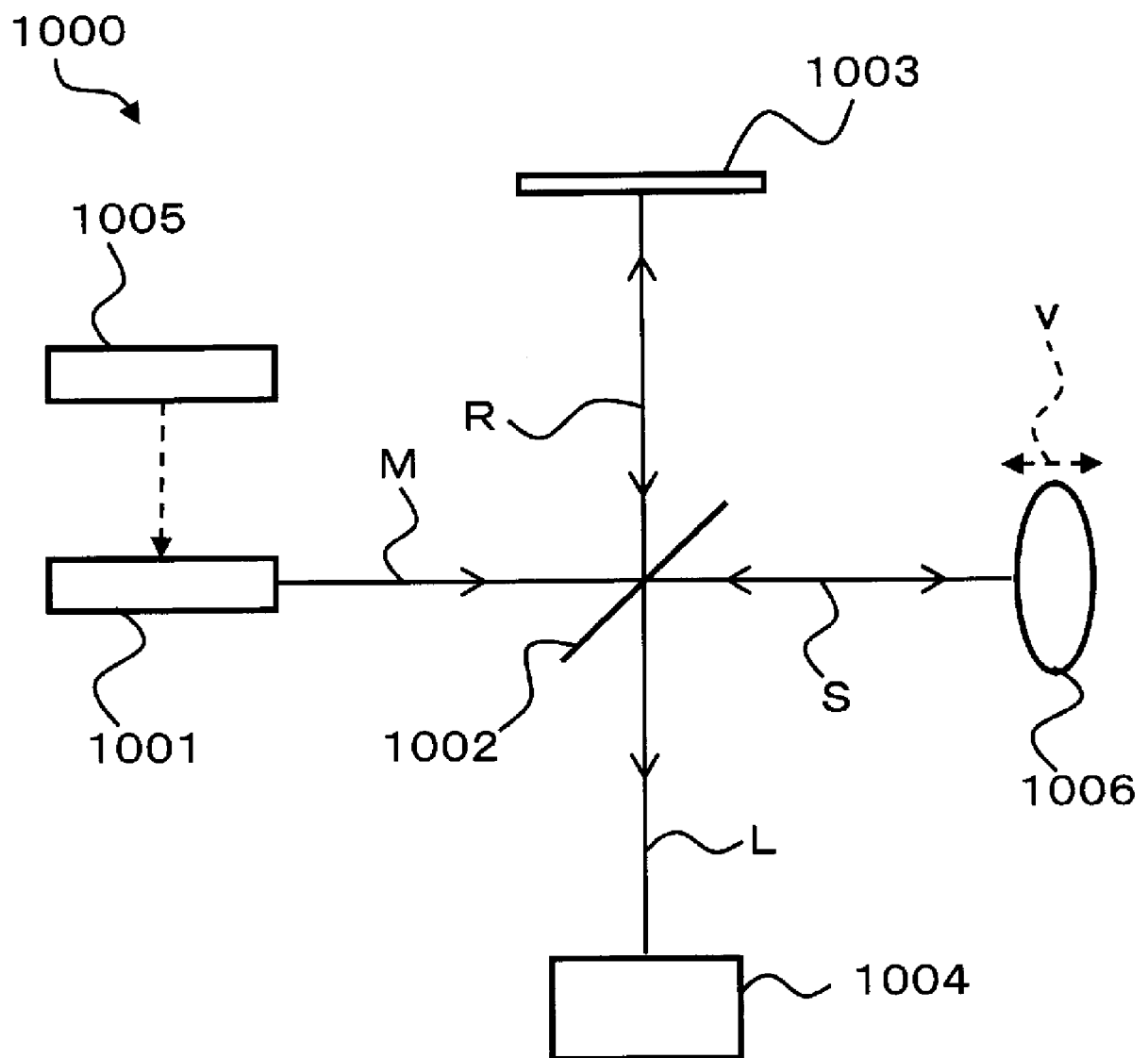
前記光学系は、前記信号光及び前記参照光のうちの一方の光路上に設けられて前記一方の光の2つの偏光成分の間に2分の1波長分の光路差を付与する4分の1波長板と、前記干渉光を2つの偏光成分に分割する分割手段と、該分割された2つの偏光成分をそれぞれ検出して電気信号を出力する2つの検出手段と、

を含み、

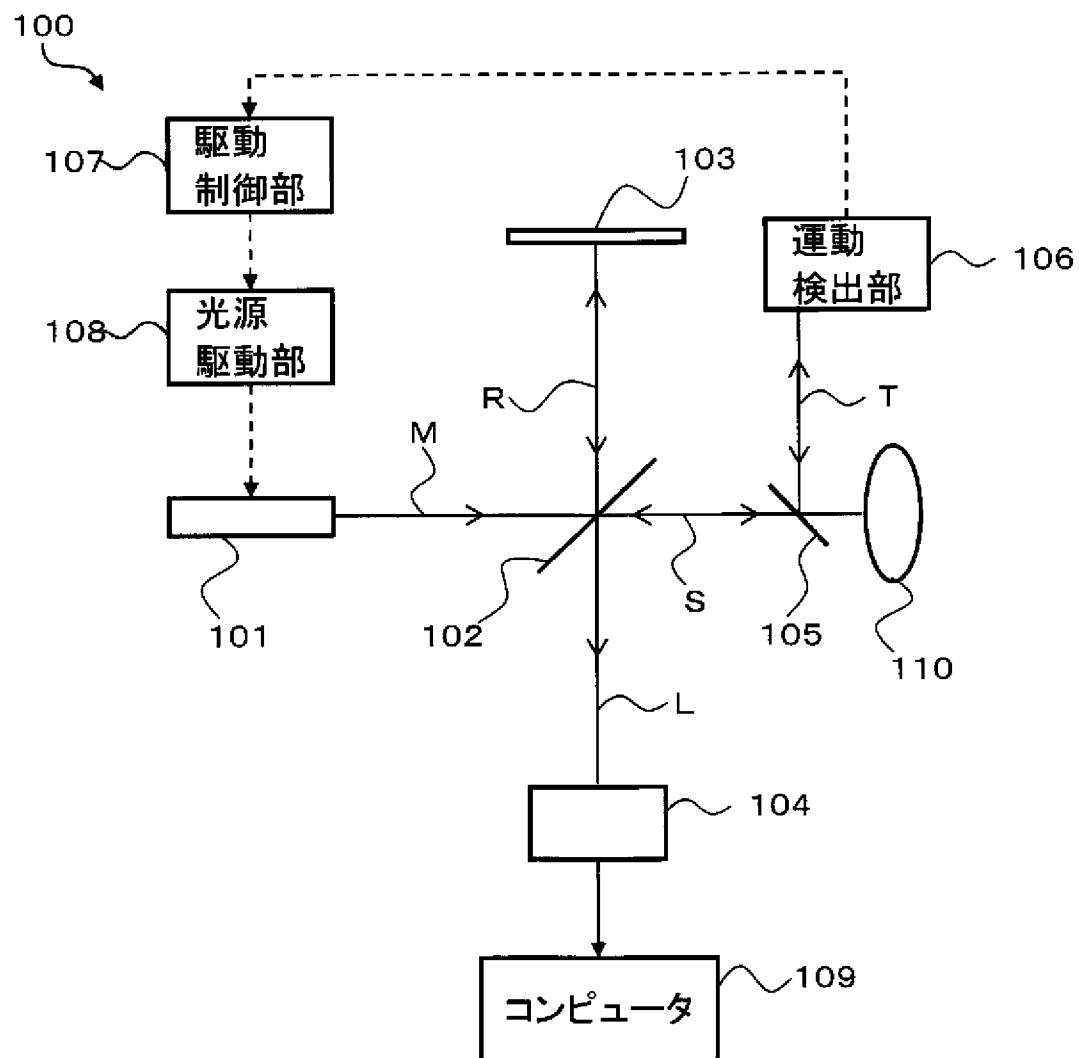
前記形成手段は、前記2つの検出手段により略同時に検出された2つの偏光成分に基づく2つの前記電気信号に基づいて前記被測定物体の画像を形成する、

ことを特徴とする請求項9に記載の光画像計測装置。

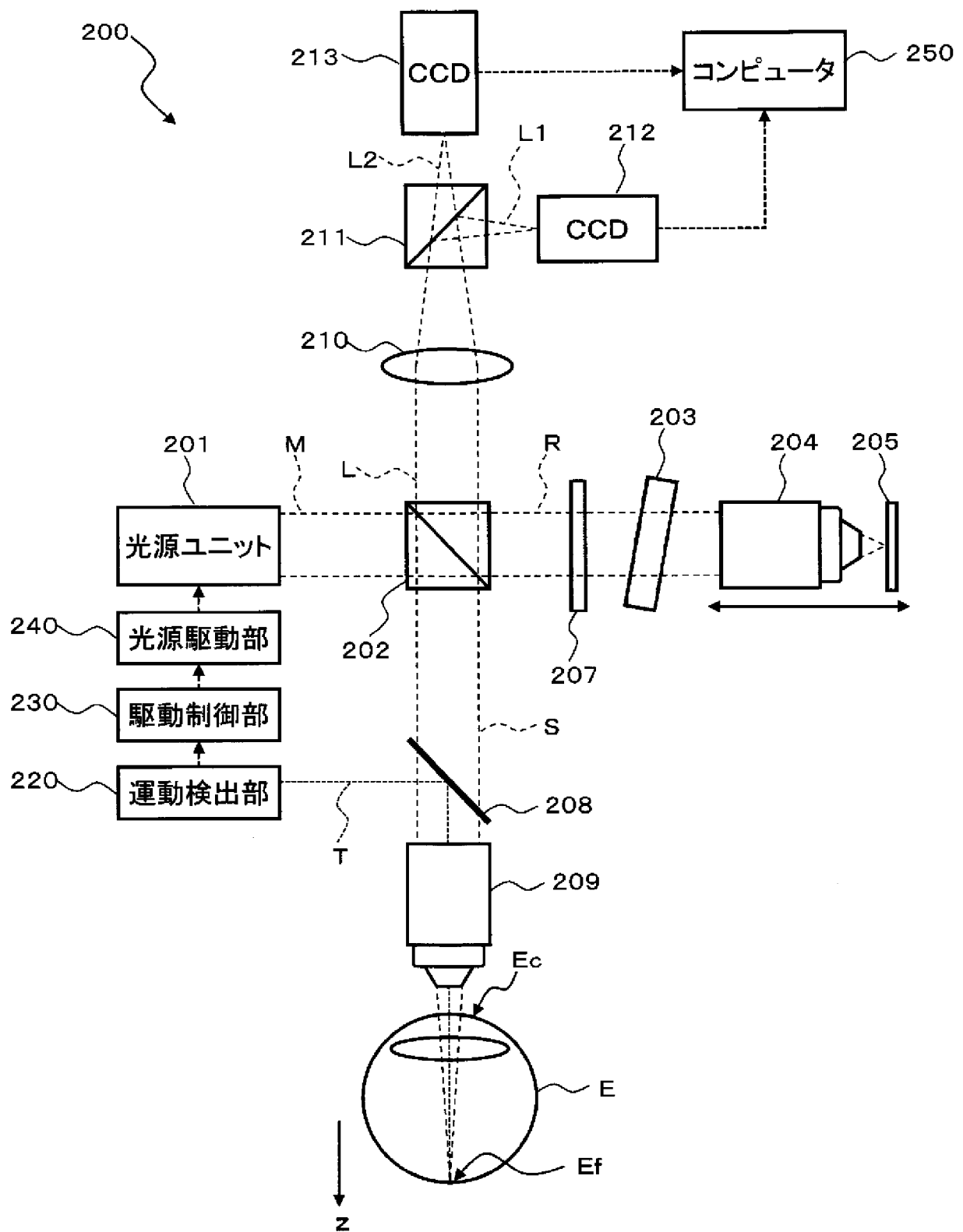
[図1]



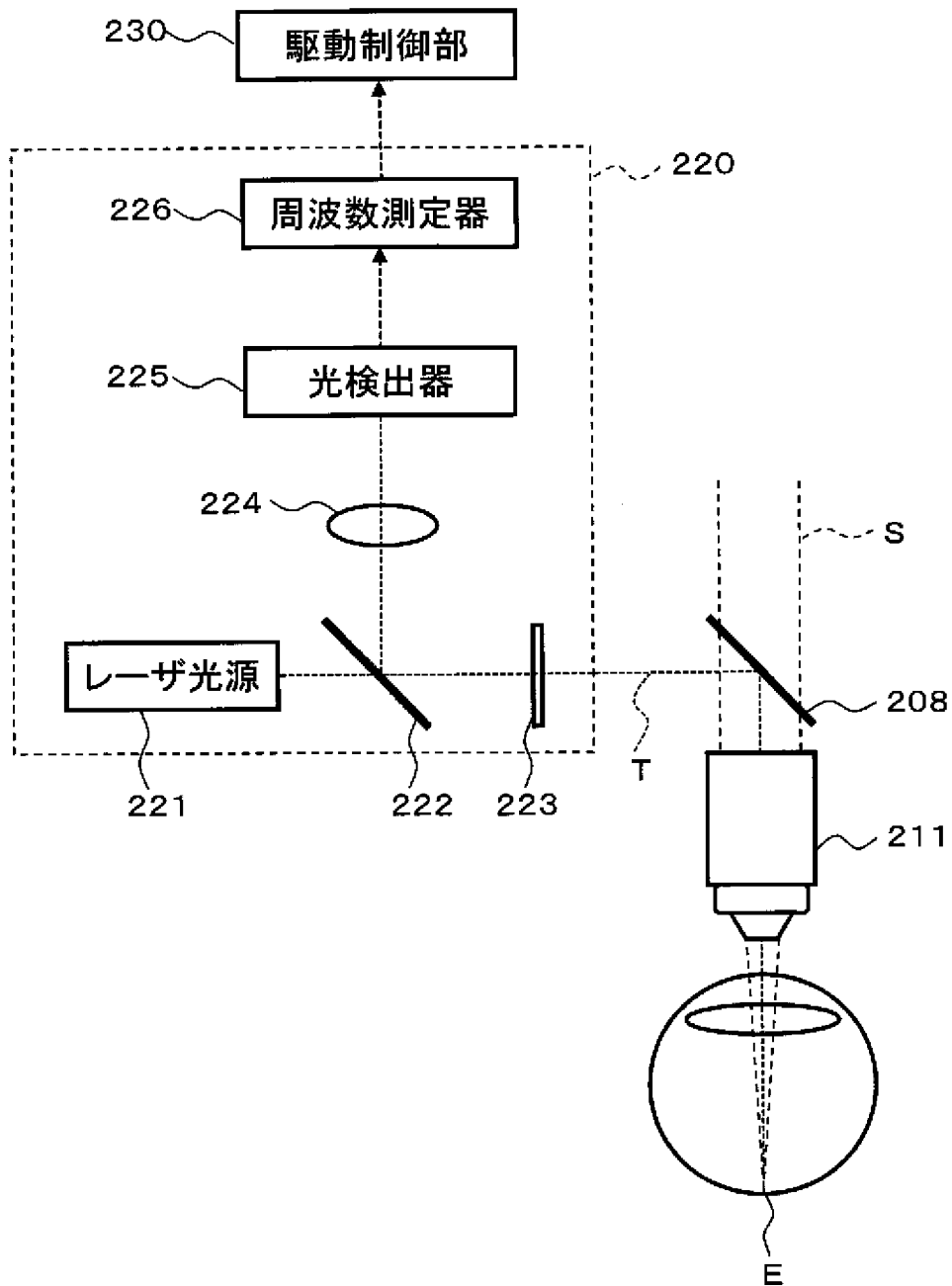
[図2]



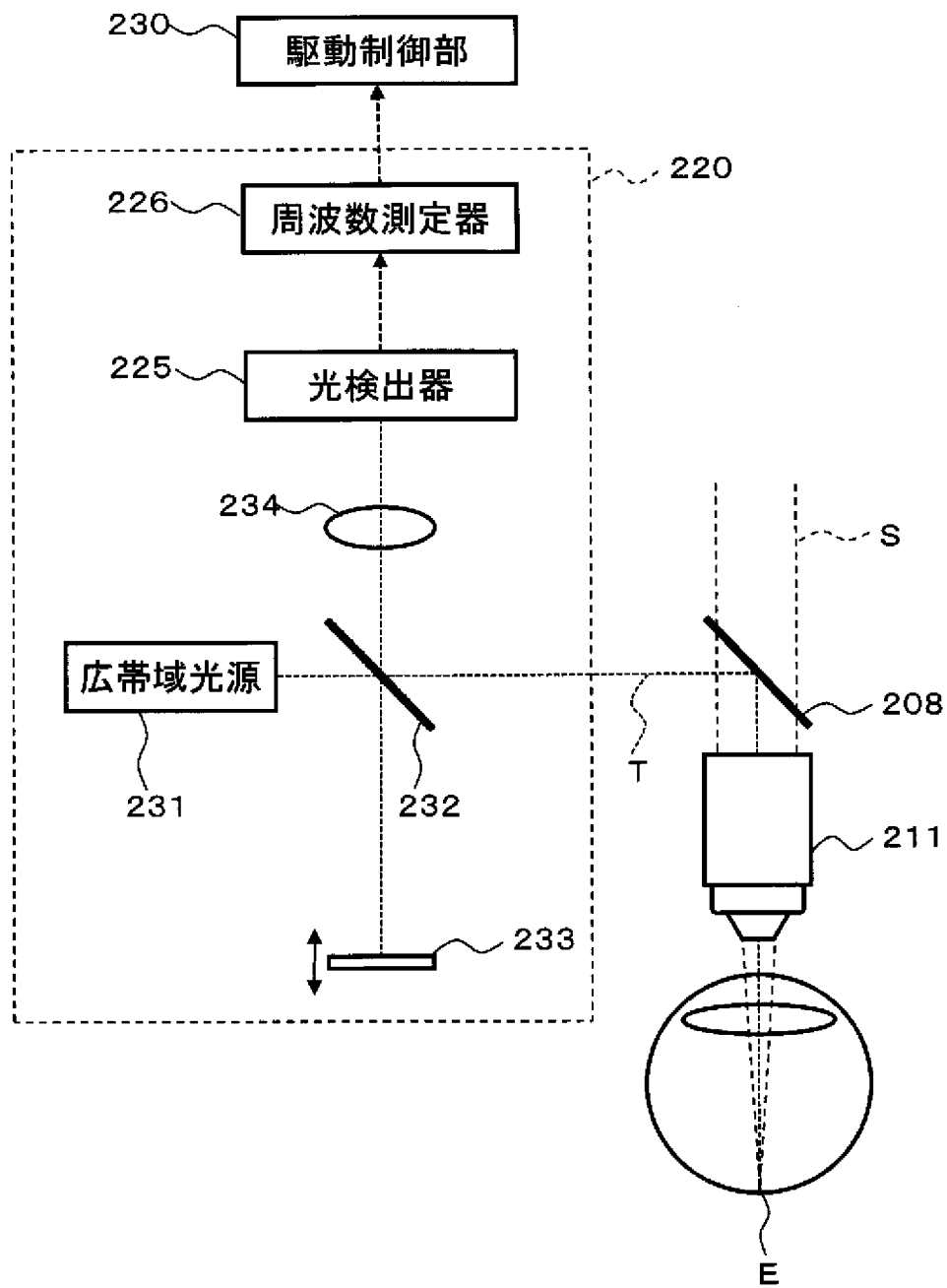
[図3]



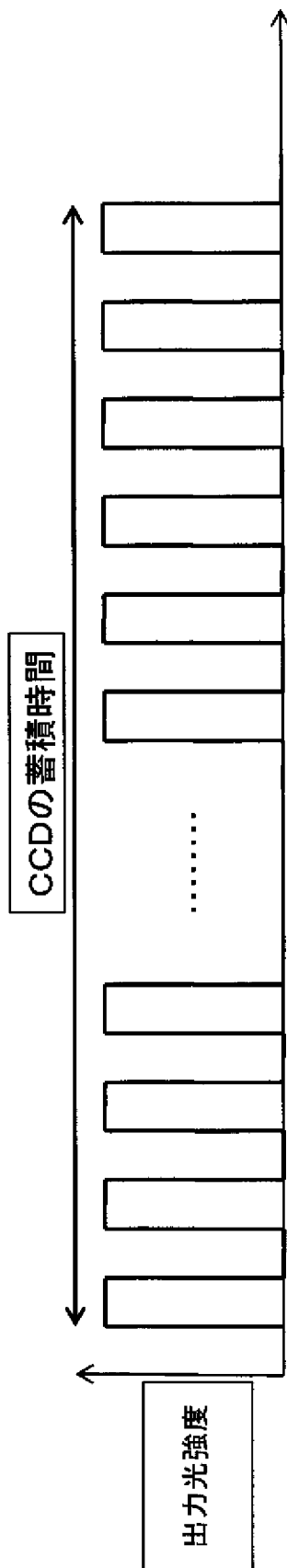
[図4]



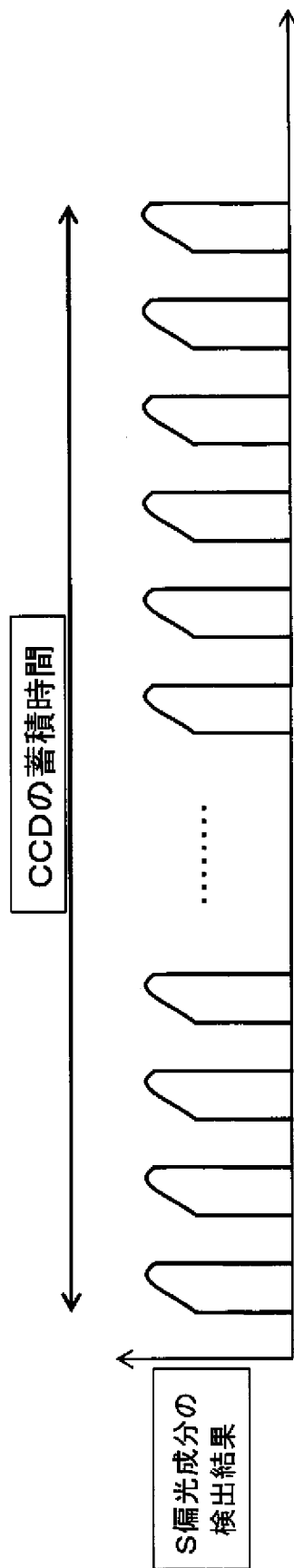
[図5]



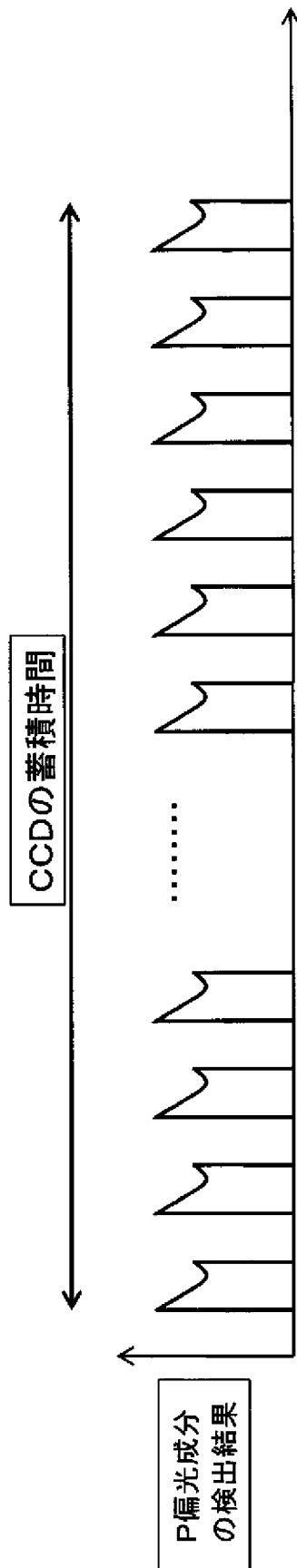
[図6A]



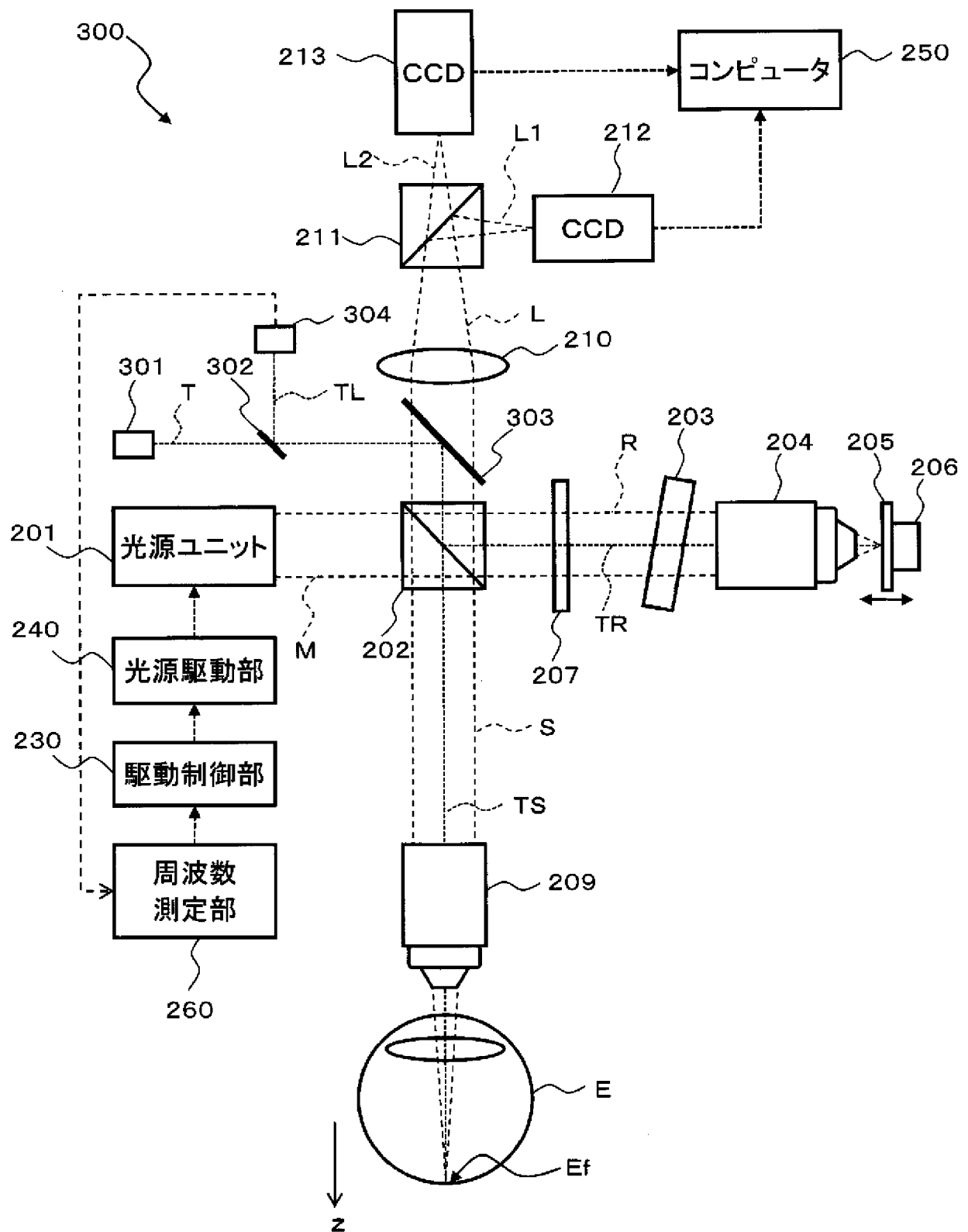
[図6B]



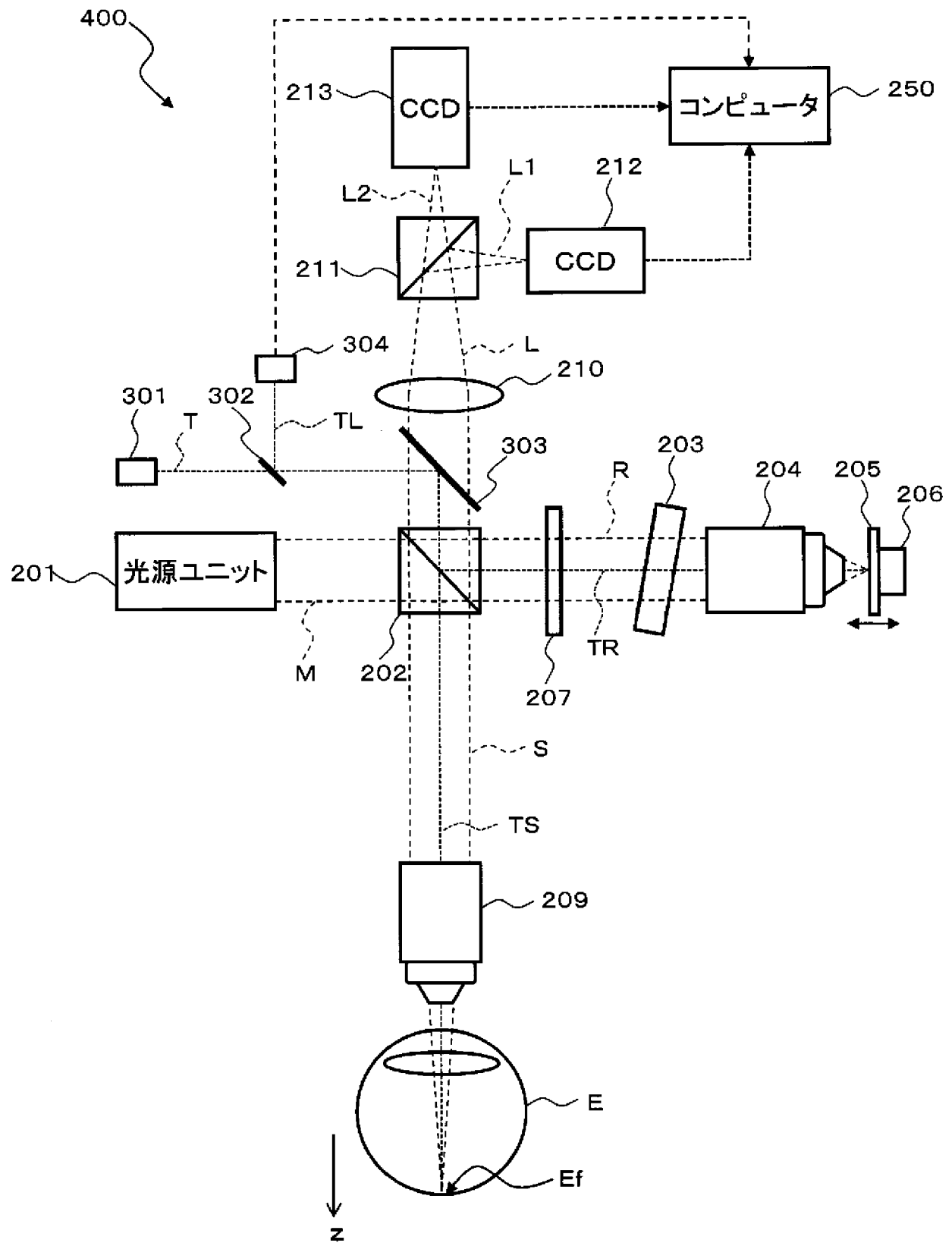
[図6C]



[図7]



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/003407

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

A61B3/10(2006.01)i, A61B3/12(2006.01)i, G01N21/17(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)

A61B3/10, A61B3/12, G01N21/17

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)

JSTPlus/JMEDPlus/JST7580 (JDreamII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2006-153838 A (Topcon Corp.), 15 June 2006 (15.06.2006), paragraphs [0058], [0073], [0216]; fig. 1, 2 & US 2006/0100528 A1	1, 2, 14
A	JP 2006-112864 A (Topcon Corp.), 27 April 2006 (27.04.2006), paragraph [0097]; fig. 5 & US 2006/0077395 A1 & EP 1650528 A2 & CN 1760663 A	1-15
A	JP 2008-39651 A (University of Tsukuba), 21 February 2008 (21.02.2008), entire text; all drawings (Family: none)	1-15

☒ 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
07 July, 2010 (07.07.10)

Date of mailing of the international search report
20 July, 2010 (20.07.10)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/003407

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 2004-251838 A (I.T. Research Co., Ltd.), 09 September 2004 (09.09.2004), entire text; all drawings (Family: none)	1-15
A	JP 2008-545500 A (Koninklijke Philips Electronics N.V.), 18 December 2008 (18.12.2008), entire text; all drawings & US 2008/0208022 A1 & EP 1903933 A & WO 2006/131859 A2	1-15

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. A61B3/10(2006.01)i, A61B3/12(2006.01)i, G01N21/17(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. A61B3/10, A61B3/12, G01N21/17

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）

JSTPlus/JMEDPlus/JST7580(JDreamII)

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 2006-153838 A（株式会社トプコン） 2006.06.15, 段落 0058, 0073, 0216, 第 1, 2 図 & US 2006/0100528 A1	1, 2, 14
A	JP 2006-112864 A（株式会社トプコン） 2006.04.27, 段落 0097, 第 5 図 & US 2006/0077395 A1 & EP 1650528 A2 & CN 1760663 A	1-15

☒ 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 7 . 0 7 . 2 0 1 0

国際調査報告の発送日

2 0 . 0 7 . 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）

島田 保

2 Q

4 0 0 4

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 9 2

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 2008-39651 A (国立大学法人筑波大学) 2008.02.21, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-15
A	JP 2004-251838 A (株式会社アイ・ティ・リサーチ) 2004.09.09, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-15
A	JP 2008-545500 A (コーニンクレッカ フィリップス エレクトロ ニクス エヌ ヴィ) 2008.12.18, 全文、全図 & US 2008/0208022 A1 & EP 1903933 A & WO 2006/131859 A2	1-15