

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2016年10月6日(06.10.2016)



(10) 国際公開番号

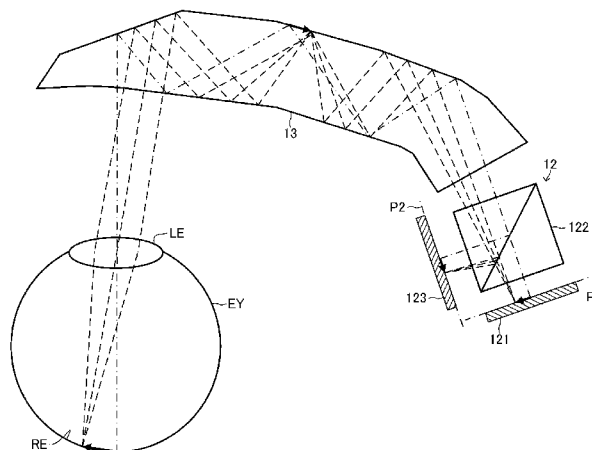
WO 2016/158281 A1

- (51) 国際特許分類:
A61B 3/12 (2006.01) G02B 27/02 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/057497
- (22) 国際出願日: 2016年3月10日(10.03.2016)
- (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 2015-070696 2015年3月31日(31.03.2015) JP
- (71) 出願人: 国立大学法人東北大学(TOHOKU UNIVERSITY) [JP/JP]; 〒9808577 宮城県仙台市青葉区片平二丁目1番1号 Miyagi (JP).
- (72) 発明者: 羽根 一博(HANE, Kazuhiro); 〒9808577 宮城県仙台市青葉区片平二丁目1番1号 国立大学法人東北大学内 Miyagi (JP). 中澤 徹(NAKAZAWA, Toru); 〒9808577 宮城県仙台市青葉区片平二丁目1番1号 国立大学法人東北大学内 Miyagi (JP). 佐々木 敬(SASAKI, Takashi); 〒9808577 宮城県仙台市青葉区片平二丁目1番1号 国立大学法人東北大学内 Miyagi (JP).
- (74) 代理人: 真田 有(SANADA, Tamotsu); 〒1800004 東京都武蔵野市吉祥寺本町1丁目10番31号 N O F 吉祥寺本町ビル5階 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, BN, 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, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, 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, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: IMAGE DISPLAY DEVICE, PROCESSING METHOD, DETECTING METHOD, AND PROCESSING DEVICE

(54) 発明の名称: 画像表示装置、処理方法、検出方法、及び、処理装置



(57) Abstract: This image display device (1) is provided with a light source unit that generates a plurality of light beams corresponding respectively to a plurality of pixels contained in an image, a projecting unit which forms a light path from the light source unit to an eye, and which directly projects the plurality of generated light beams on the retina of the eye through the light path, thereby forming the image on the retina, a branching unit that branches, on the light path, a plurality of reflected light beams from positions respectively corresponding to the plurality of pixels on a prescribed site of the eye, a detecting unit that detects the respective intensities of the plurality of branched reflected light beams, and a processing unit that obtains a parameter indicating the state of the site on the position corresponding to each of the plurality of pixels on the basis of the intensity of the generated light beams corresponding to each of the plurality of pixels and the detected intensity of the reflected light beams.

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2016/158281 A1



添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

画像表示装置（１）は、画像に含まれる複数の画素にそれぞれ対応する複数の光を生成する光源部と、上記光源部から眼までの光路を形成し且つ上記光路を介して上記生成された複数の光を上記眼の網膜に直接に投影することにより上記画像を上記網膜にて形成する投影部と、上記眼の所定の部位における、上記複数の画素にそれぞれ対応する位置からの複数の反射光を、上記光路にて分岐する分岐部と、上記分岐された複数の反射光のそれぞれの強度を検出する検出部と、上記複数の画素のそれぞれに対する上記生成された光の強度と上記検出された反射光の強度とに基づいて、上記複数の画素のそれぞれに対応する位置における上記部位の状態を表すパラメータを取得する処理部と、を備える。

明 細 書

発明の名称：

画像表示装置、処理方法、検出方法、及び、処理装置

技術分野

[0001] 本発明は、画像表示装置、処理方法、検出方法、及び、処理装置に関する。

背景技術

[0002] 人体の頭部に装着されるとともに、光を眼の網膜に直接に投影することにより、画像を網膜にて形成する画像表示装置が知られている（例えば、特許文献1及び2、並びに、非特許文献1）。例えば、画像表示装置は、ヘッドマウントディスプレイ（HMD；Head Mounted Display）と表される。

[0003] HMDが用いる投影方式として、走査方式と非走査方式とが知られている。走査方式は、1つの画素に対応するレーザ光が、画像に含まれる複数の画素にそれぞれ対応する複数の位置を走査することにより画像を網膜にて形成する。走査には、例えば、マイクロミラー等のMEMS（Micro Electro Mechanical Systems）が用いられる。非走査方式は、画像に含まれる複数の画素にそれぞれ対応し、且つ、ある平面にて格子状に配列された複数の光を生成することにより画像を網膜にて形成する。

[0004] また、被検者の眼の網膜に光を照射し、網膜からの反射光の強度を検出する検出装置が知られている（例えば、特許文献3及び4、並びに、非特許文献1）。

例えば、非特許文献1に記載のHMDは、走査方式を用いて網膜にて画像を形成する。更に、このHMDは、網膜からの反射光の強度を検出する。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2015-15563号公報

特許文献2：特開2014-222289号公報

特許文献3：特開2014-209980号公報

特許文献4：特開2015-33423号公報

非特許文献

[0006] 非特許文献1：栗山、外2名、「個人認証機能をもつウェアラブル・ディスプレイ」、第31回「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム論文集 電気学会センサ・マイクロマシン部門〔編〕、一般社団法人電気学会、2014年10月20日、21p m3-PS68

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 検出装置を用いた場合、眼の検査を他の行為と独立して行なうことを被検者が煩雑に感じることもある。そこで、被検者が映像を見ている間に眼の検査を行なうことが考えられる。

[0008] ところで、画像に含まれる複数の画素にそれぞれ対応する複数の光は、異なる強度を有し得る。また、網膜からの反射光の強度は、網膜に照射された光の強度と強い相関を有する。従って、画像に含まれる複数の画素にそれぞれ対応する複数の光を網膜に照射することにより、網膜から反射された光の強度は、網膜の状態を適切に反映しない虞があった。

[0009] 本発明の目的の一つは、眼の検査を被検者に意識させることなく、眼の状態を高い精度にて検出できる画像表示装置を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0010] 一つの側面では、画像表示装置は、
画像に含まれる複数の画素にそれぞれ対応する複数の光を生成する光源部と、

上記光源部から眼までの光路を形成し、且つ、上記光路を介して、上記生成された複数の光を上記眼の網膜に直接に投影することにより、上記画像を

上記網膜にて形成する投影部と、

上記眼の所定の部位における、上記複数の画素にそれぞれ対応する位置からの複数の反射光を、上記光路にて分岐する分岐部と、

上記分岐された複数の反射光のそれぞれの強度を検出する検出部と、

上記複数の画素のそれぞれに対する、上記生成された光の強度と上記検出された反射光の強度とに基づいて、上記複数の画素のそれぞれに対応する位置における上記部位の状態を表すパラメータを取得する処理部と、

を備える。

[0011] 他の一つの側面では、画像表示装置は、

画像に含まれる複数の画素に対応する複数の光をそれぞれ生成し且つ第1の平面にて格子状に配列された複数の光源と、

上記複数の光源から眼までの光路を形成し、且つ、上記光路を介して、上記生成された複数の光を上記眼の網膜に直接に投影することにより、上記画像を上記網膜にて形成する投影部と、

上記眼の所定の部位における、上記複数の画素にそれぞれ対応する位置からの複数の反射光を、上記光路にて分岐する分岐部と、

上記分岐された複数の反射光をそれぞれ検出し且つ第2の平面にて格子状に配列された複数の検出器と、

を備える。

[0012] 他の一つの側面では、処理方法は、

光源部が、画像に含まれる複数の画素にそれぞれ対応する複数の光を生成し、

上記光源部から眼までの光路を介して、上記生成された複数の光を上記眼の網膜に直接に投影することにより、上記画像を上記網膜にて形成し、

上記眼の所定の部位における、上記複数の画素にそれぞれ対応する位置からの複数の反射光を、上記光路にて分岐し、

上記分岐された複数の反射光のそれぞれの強度を検出し、

上記複数の画素のそれぞれに対する、上記生成された光の強度と上記検出

された反射光の強度とに基づいて、上記複数の画素のそれぞれに対応する位置における上記部位の状態を表すパラメータを取得する。

[0013] 他の一つの側面では、検出方法は、

第1の平面にて格子状に配列された複数の光源が、画像に含まれる複数の画素に対応する複数の光をそれぞれ生成し、

上記複数の光源から眼までの光路を介して、上記生成された複数の光を上記眼の網膜に直接に投影することにより、上記画像を上記網膜にて形成し、

上記眼の所定の部位における、上記複数の画素にそれぞれ対応する位置からの複数の反射光を、上記光路にて分岐し、

第2の平面にて格子状に配列された複数の検出器が、上記分岐された複数の反射光をそれぞれ検出する。

[0014] 他の一つの側面では、処理装置は、

画像に含まれる複数の画素にそれぞれ対応する複数の光を生成する光源部と、

上記光源部から眼までの光路を形成し、且つ、上記光路を介して、上記生成された複数の光を上記眼の網膜に直接に投影することにより、上記画像を上記網膜にて形成する投影部と、

上記眼の所定の部位における、上記複数の画素にそれぞれ対応する位置からの複数の反射光を、上記光路にて分岐する分岐部と、

上記分岐された複数の反射光のそれぞれの強度を検出する検出部と、

を備える画像表示装置が、上記複数の画素のそれぞれに対して、上記生成した光の強度と上記検出した反射光の強度とに基づいて、上記複数の画素のそれぞれに対応する位置における上記部位の状態を表すパラメータを取得する。

発明の効果

[0015] 眼の検査を被検者に意識させることなく、眼の状態を高い精度にて検出できる。

図面の簡単な説明

[0016] [図1]第1実施形態の画像表示装置の構成を表す図である。

[図2]図1の光源ユニット及び投影ユニットの構成を表す図である。

[図3]図1の光源ユニット及び投影ユニットが用いる光学系を概念的に表す説明図である。

[図4]図1の制御装置の構成を表すブロック図である。

[図5]図1の制御装置の機能を表すブロック図である。

[図6]第1実施形態の第1変形例の光源ユニット及び投影ユニットの構成を表す図である。

[図7]図6の光源ユニット及び投影ユニットが用いる光学系を概念的に表す説明図である。

[図8]第1実施形態の第2変形例の光源ユニット及び投影ユニットが用いる光学系を概念的に表す説明図である。

[図9]第1実施形態の第3変形例の光源ユニット及び投影ユニットが用いる光学系を概念的に表す説明図である。

[図10]第2実施形態の光源ユニット及び投影ユニットの構成を表す図である。

[図11]図10の光源ユニット及び投影ユニットが用いる光学系を概念的に表す説明図である。

発明を実施するための形態

[0017] 以下、本発明の、画像表示装置、処理方法、検出方法、及び、処理装置、に関する各実施形態について図1乃至図11を参照しながら説明する。

[0018] <第1実施形態>

(構成)

図1に表されるように、第1実施形態の画像表示装置1は、眼鏡型のヘッドマウントディスプレイ(HMD; Head Mounted Display)である。なお、画像表示装置1は、帽子型等の眼鏡型と異なる型のHMDであってもよい。画像表示装置1が用いる投影方式は、非走査方式である。

[0019] 画像表示装置 1 は、本体 10 と制御装置 20 とを備える。本体 10 と制御装置 20 とはケーブル C B により接続されている。制御装置 20 は、図示しない充電池を備え、充電池からの電力によって動作するとともに、充電池からの電力を本体 10 へ供給する。本体 10 は、制御装置 20 から供給された電力によって動作する。

[0020] 更に、制御装置 20 は、本体 10 とケーブル C B を介して通信する。制御装置 20 は、画像を表す画像情報を本体 10 へ送信する。本例では、画像情報は、画像に含まれる複数の画素のそれぞれの光の強度を含む。本体 10 は、制御装置 20 から受信した画像情報が表す画像を表示する。本例では、画像情報が表す画像は、時間の経過に伴って変化する。換言すると、本例では、本体 10 は、映像又は動画を表示する。

[0021] なお、本体 10 は、充電池を備え、充電池からの電力によって動作してよい。また、本体 10 は、非接触電力伝送又は無線電力伝送により供給された電力によって動作してよい。また、本体 10 は、無線により制御装置 20 と通信してよい。この場合、画像表示装置 1 は、ケーブル C B を備えなくてもよい。

[0022] 本体 10 は、フレーム 11 と光源ユニット 12 と投影ユニット 13 とを備える。光源ユニット 12 は、フレーム 11 により支持されている。投影ユニット 13 は、光源ユニット 12 に接続されている。投影ユニット 13 は、本体 10 が使用者に装着された場合に、使用者の眼の前方に位置するように構成される。光源ユニット 12 及び投影ユニット 13 は、光集積回路によって実現されてよい。使用者は、被検者と表されてもよい。

[0023] 図 2 に表されるように、光源ユニット 12 は、光源部 121 と分岐部 122 と検出部 123 とを備える。

光源部 121 は、第 1 の平面 P1 にて格子状に配列された複数の光源を備える。複数の光源は、制御装置 20 から受信された画像情報が表す画像に含まれる複数の画素に対応する複数の光をそれぞれ生成する。

[0024] 本例では、各光源は、N 個の色の光を生成する。N は、各光源により生成

される光の色の数を表す。本例では、Nは、3を表す。本例では、各光源は、赤色、青色、及び、緑色の光を生成する。Nは、1、2、又は、4以上の整数を表してもよい。換言すると、各光源により生成される光は、N個の色の光を含む。

本例では、各画素に対応する光は、画像情報に含まれる、当該画素の光の強度を有する。

[0025] 本例では、光源部121は、液晶ディスプレイ(LCD; Liquid Crystal Display)である。なお、光源部121は、LED(Light Emitting Diode)ディスプレイ、又は、LED液晶ディスプレイ等のLCDと異なるディスプレイであってもよい。

[0026] 分岐部122には、光源部121により生成された複数の光が入射する。分岐部122は、光源部121から入射された複数の光を投影ユニット13へ出射する。

[0027] 投影ユニット13は、光源部121から眼EYまでの光路を形成する。投影ユニット13には、光源部121により生成された複数の光が、分岐部122を介して入射される。本例では、光源部121から眼EYへ向かって進行する光は、投影光と表される。投影ユニット13は、入射された複数の投影光を、形成した光路を介して、眼EYの網膜REに直接に投影することにより、画像を網膜REにて形成する。

[0028] 更に、投影ユニット13には、眼EYの所定の部位における、網膜REに形成される画像に含まれる複数の画素にそれぞれ対応する位置にて反射された複数の光が入射される。本例では、眼EYから検出部123へ向かって進行する光は、反射光と表される。本例では、眼EYの所定の部位は、眼EYの網膜REである。

投影ユニット13は、投影部の一例である。

[0029] 各光源により生成された投影光は、網膜REにおける、当該光源に対応する位置にて反射される。反射された光(換言すると、反射光)は、各光源から網膜REへ到達するまでに通った光路と同じ光路を、網膜REから当該光

源へ向かって進行する。換言すると、反射光は、当該反射光の基となった投影光と同一の光路を、当該投影光と逆方向に進行する。

[0030] 分岐部 122 には、投影ユニット 13 からの複数の反射光が入射する。分岐部 122 は、投影ユニット 13 から入射された複数の反射光を分岐し、分岐した複数の反射光を検出部 123 へ出射する。本例では、分岐部 122 は、ビームスプリッタである。

[0031] 検出部 123 は、第 2 の平面 P2 にて格子状に配列された複数の検出器を備える。複数の検出器は、分岐部 122 により分岐された複数の反射光をそれぞれ検出する。本例では、複数の検出器は、分岐部 122 により分岐された複数の反射光の強度をそれぞれ検出する。

[0032] 本例では、検出部 123 は、固体撮像素子である。固体撮像素子は、例えば、CCD (Charge-Coupled Device) イメージセンサ、又は、CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) イメージセンサである。

[0033] 光源ユニット 12 及び投影ユニット 13 が用いる光学系について説明を加える。図 3 は、光源ユニット 12 及び投影ユニット 13 が用いる光学系を概念的に表す。本例では、投影ユニット 13 は、第 1 のレンズ R1 及び第 2 のレンズ R2 と同様に機能する。

[0034] 第 1 のレンズ R1 は、光源部 121 の第 1 の平面 P1 と、第 1 のレンズ R1 の主面と、の間の距離 d_1 が、第 1 のレンズ R1 の焦点距離 f_1 よりも長くなる位置に配置される。第 1 のレンズ R1 は、光源部 121 により第 1 の平面 P1 にて形成された画像を、第 1 のレンズ R1 の主面からの距離が距離 d_1 となる平面にて結像する。第 1 のレンズ R1 の主面からの距離が距離 d_1' となる平面は、一次像面（又は、第 1 像面）P1 と表されてよい。

[0035] 第 1 のレンズ R1 の焦点距離 f_1 と、第 1 の平面 P1 と第 1 のレンズ R1 の主面との間の距離 d_1 と、第 1 のレンズ R1 の主面と一次像面 P1 との間の距離 d_1' と、の関係は、数式 1 を満たす。

[数1]

$$\frac{1}{f_1} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_1'}$$

[0036] 第2のレンズR2は、一次像面P1と、第2のレンズR2の主面と、の間の距離が、第2のレンズR2の焦点距離 f_2 と一致する位置に配置される。第2のレンズR2は、一次像面P1内の1点における光を、互いに平行に進行する光（換言すると、平行光）として出射する。本例では、第2のレンズR2の主面と、眼EYのレンズ部LEの主面と、の間の距離 d_2 は、第2のレンズR2の焦点距離 f_2 よりも長い。

[0037] 眼EYのレンズ部LEは、レンズ部LEの焦点距離 f_3 が、レンズ部LEの主面と網膜REとの間の距離と一致するように調整される。レンズ部LEは、眼EYにおいて、光を屈折させる機能を有する部分（例えば、角膜、瞳孔及び水晶体等）である。

[0038] これにより、眼EYのレンズ部LEは、第2のレンズR2から入射された平行光を、網膜REにて1点に収束させる。従って、眼EYのレンズ部LEは、一次像面P1にて形成された画像を網膜REにて結像する。

[0039] 上述したように、各光源にて生成された光は、網膜REにおける、当該光源に対応する位置にて反射される。反射光は、各光源から網膜REへ到達するまでに通った光路と同じ光路を、網膜REから当該光源へ向かって進行する。

[0040] 分岐部122は、第1のレンズR1と光源部121との間の光路にて反射光を分岐する。画像に含まれる複数の画素のそれぞれに対して、分岐された反射光は、検出部123の検出器へ入射する。

[0041] 換言すると、画像に含まれる複数の画素のそれぞれに対して、第1の平面P1における光源の位置と、網膜REにおいて光が収束する位置と、第2の平面P2における検出器の位置と、のうちの任意の2つの位置は、光学的に共役な関係を有する。

ところで、網膜REの反射率はかなり低い。しかしながら、画像表示装置

1によれば、高い効率にて反射光を検出器に集めることができる。

なお、光源部121の位置と検出部123の位置とは、互いに交換されてもよい。

[0042] 図4に表されるように、制御装置20は、処理装置21と記憶装置22とを備える。

処理装置21は、記憶装置22に記憶されたプログラムを実行することにより、後述する機能を実現する。本例では、処理装置21は、CPU (Central Processing Unit) である。なお、処理装置21は、DSP (Digital Signal Processor)、又は、プログラム可能な論理回路装置 (PLD; Programmable Logic Device) により構成されていてもよい。

[0043] 記憶装置22は、情報を読み書き可能に記憶する。例えば、記憶装置22は、RAM (Random Access Memory)、ROM (Read Only Memory)、HDD (Hard Disk Drive)、SSD (Solid State Disk)、半導体メモリ、及び、有機メモリの少なくとも1つを備える。なお、記憶装置22は、フレキシブルディスク、光ディスク、光磁気ディスク、及び、半導体メモリ等の記録媒体と、記録媒体から情報を読み取り可能な読取装置と、を備えていてもよい。

なお、制御装置20は、集積回路（例えば、LSI (Large Scale Integration) 等）により実現されてよい。

[0044] 図5に表されるように、制御装置20の機能は、画像情報生成部201と反射光強度取得部202と反射率取得部203とを備える。反射率取得部203は、処理部の一例である。

[0045] 画像情報生成部201は、画像に含まれる複数の画素のそれぞれの光の強度を含む画像情報を生成する。本例では、各画素の光の強度は、数式2により表される。

[数2]

$$\begin{pmatrix} I_n(0,0) & I_n(0,1) & \cdots & I_n(0,j_0) \\ I_n(1,0) & I_n(1,1) & \cdots & I_n(1,j_0) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ I_n(i_0,0) & I_n(i_0,1) & \cdots & I_n(i_0,j_0) \end{pmatrix}$$

[0046] $I_n(i, j)$ は、光源部 121 により生成される光の色のうちの n 番目の色の光の、 i 行 j 列目の画素の強度を表す。 n は、1 から N の各整数を表す。 i は、0 から i_0 までの各整数を表す。 j は、0 から j_0 までの各整数を表す。 i_0 は、 X 軸方向における画素の数から 1 を減じた値を表す。 j_0 は、 X 軸方向に直交する Y 軸方向における画素の数から 1 を減じた値を表す。

[0047] 光源部 121 は、画像情報生成部 201 により生成された画像情報が表す画像に含まれる複数の画素のそれぞれに対して、当該画像情報に含まれる当該画素の光の強度を有する光を生成する。

[0048] 反射光強度取得部 202 は、光源部 121 により生成される光の色毎の、検出部 123 により検出された各画素に対応する光の強度を反射光の強度として取得する。反射光強度取得部 202 は、検出部 123 により検出された光の強度を、本体 10 から受信することにより取得する。

[0049] ところで、 n 番目の色の、 i 行 j 列目の画素に対する反射光の強度 $I_{rn}(i, j)$ は、数式 3 により表される。

[数3]

$$I_{rn}(i, j) = \alpha R_n(i, j) I_n(i, j)$$

[0050] $R_n(i, j)$ は、 n 番目の色の、 i 行 j 列目の画素に対応する位置における、網膜 RE の反射率を表す。 α は、反射光の検出効率を表す。検出効率は、網膜 RE から検出器までの光路において、光の強度が減衰する程度が大きくなるほど小さくなる。

[0051] n 番目の色の、 i 行 j 列目の画素に対する反射率 $R_n(i, j)$ に、検出効率 α を乗じた値は、数式 3 から導出された数式 4 により表される。

[数4]

$$\alpha R_n(i, j) = \frac{I_{rn}(i, j)}{I_n(i, j)}$$

[0052] そこで、反射率取得部203は、画像情報生成部201により生成された画像情報が表す光の強度 $I_n(i, j)$ と、反射光強度取得部202により取得された反射光の強度 $I_{rn}(i, j)$ と、数式4と、に基づいて、網膜REの状態を表すパラメータを取得する。本例では、網膜REの状態を表すパラメータは、反射率 $R_n(i, j)$ に、検出効率 α を乗じた値である。

[0053] なお、網膜REの状態を表すパラメータは、反射率 $R_n(i, j)$ であってもよい。この場合、反射率取得部203は、検出効率 α として、経験則に従って予め定められた値を用いてよい。また、反射率取得部203は、所定のアルゴリズムに従って検出効率 α を推定してもよい。

[0054] また、反射率取得部203は、網膜REの状態を表すパラメータを、画像のX軸方向における位置を表す変数 i に関して微分した値を取得してもよい。なお、反射率取得部203は、網膜REの状態を表すパラメータを、画像のY軸方向における位置を表す変数 j に関して微分した値を取得してもよい。

[0055] 網膜REの状態を表すパラメータを位置に関して微分した値は、当該パラメータの、位置に応じて変化しない成分を含まない。従って、当該パラメータを位置に関して微分した値は、反射光の強度の位置に対する変化を高い精度にて表す。このため、反射率取得部203によれば、眼EYの状態を高い精度にて検出できる。

[0056] 反射率取得部203は、周囲光の強度に基づいて、網膜REの状態を表すパラメータを取得してもよい。周囲光は、環境光と表されてよい。周囲光を考慮に入れた場合、 n 番目の色の、 i 行 j 列目の画素に対する反射光の強度 $I_{rn}(i, j)$ は、数式5により表される。

[数5]

$$I_{rn}(i, j) = \alpha R_n(i, j) I_n(i, j) + I_0$$

[0057] I_0 は、周囲光の強度を表す。従って、 n 番目の色の、 i 行 j 列目の画素に対する反射率 $R_n(i, j)$ に、検出効率 α を乗じた値は、数式5から導出された数式6により表される。

[数6]

$$\alpha R_n(i, j) = \frac{I_{rn}(i, j) - I_0}{I_n(i, j)}$$

[0058] この場合、検出部123は、光源部121が光を生成しない期間において周囲光の強度 I_0 を検出する。

これによれば、周囲光の強度を検出する検出器を別途に設けることなく、周囲光の強度を検出できる。また、周囲光の強度を高い精度にて検出できる。

[0059] 例えば、制御装置20は、画像情報生成部201により生成された画像情報の本体10への送信を開始する前の所定の期間において、検出部123により検出された光の強度を周囲光の強度として取得する。制御装置20は、複数の検出器により検出された光の強度の平均値を周囲光の強度として取得してよい。

[0060] なお、制御装置20は、所定の周期が経過する毎に、画像情報の本体10への送信を所定の時間だけ停止し、画像情報の送信を停止している期間において、検出部123により検出された光の強度を周囲光の強度として取得してもよい。

[0061] 反射率取得部203は、画像情報生成部201により生成された画像情報が表す光の強度 $I_n(i, j)$ と、反射光強度取得部202により取得された反射光の強度 $I_{rn}(i, j)$ と、取得された周囲光の強度 I_0 と、数式6と、に基づいて、網膜REの状態を表すパラメータを取得してもよい。反射光の強度 $I_{rn}(i, j)$ から周囲光の強度 I_0 を減じた値は、反射光の強度に基づく強度の一例である。

[0062] 網膜REの光の反射率は、例えば、約4%である。従って、網膜REからの反射光の強度を検出する検出器において、周囲光の強度は、網膜REから

の反射光の強度よりも大きくなりやすい。このため、網膜 R E に照射される光の強度を周囲光の強度に対して十分に大きくしないと、網膜 R E からの反射光の強度を高い精度にて検出できない虞がある。

[0063] しかしながら、網膜 R E に照射される光の強度が大きくなるほど、画像表示装置 1 の使用者が眩しさを不快に感じやすくなる。これに対し、上記構成によれば、網膜 R E の状態を表すパラメータに対して周囲光の強度が及ぼす影響を抑制できる。この結果、眼 E Y の状態を高い精度にて検出できる。

[0064] 数式 3 の両辺を、0 から T までの期間に亘って時間に関して積分することにより、数式 7 が導出される。数式 8 及び数式 9 により表されるように、画像情報が表す光の強度 $I_n(i, j)$ の上記期間に亘る積分値 $C(i, j)$ と、反射光の強度 $I_{rn}(i, j)$ の上記期間に亘る積分値 $D(i, j)$ と、を定義すると、数式 7 から数式 10 が導出される。n 番目の色の、i 行 j 列目の画素に対する反射率 $R_n(i, j)$ に、検出効率 α を乗じた値は、数式 10 から導出された数式 11 により表される。

[数7]

$$\int_0^T I_{rn}(i, j) dt = \alpha R_n(i, j) \int_0^T I_n(i, j) dt$$

[数8]

$$C(i, j) = \int_0^T I_n(i, j) dt$$

[数9]

$$D(i, j) = \int_0^T I_{rn}(i, j) dt$$

[数10]

$$D(i, j) = \alpha R_n(i, j) C(i, j)$$

[数11]

$$\alpha R_n(i, j) = \frac{D(i, j)}{C(i, j)}$$

[0065] ところで、検出された反射光の強度は、時間の経過に伴って変動する誤差成分を含むことがある。誤差成分は、例えば、眼E Yの状態の変化（例えば、視線の移動、瞳孔の縮小及び拡大、又は、瞬き等）によって生じる。

[0066] そこで、反射率取得部203は、数式11により表されるように、反射光の強度 $I_{rn}(i, j)$ の上記期間に亘る積分値 $D(i, j)$ を、画像情報が表す光の強度 $I_n(i, j)$ の上記期間に亘る積分値 $C(i, j)$ によって除した値を、網膜REの状態を表すパラメータとして取得してもよい。

[0067] これによれば、網膜REの状態を表すパラメータに対する上記誤差成分の影響を抑制できる。この結果、眼E Yの検査を使用者に意識させることなく、眼E Yの状態を高い精度にて検出できる。

[0068] また、数式5の両辺を、0からTまでの期間に亘って時間に関して積分することにより、数式12が導出される。更に、数式8及び数式9に基づいて、数式12から数式13が導出される。n番目の色の、i行j列目の画素に対する反射率 $R_n(i, j)$ に、検出効率 α を乗じた値は、数式13から導出された数式14により表される。

[数12]

$$\int_0^T I_{rn}(i, j) dt = \alpha R_n(i, j) \int_0^T I_n(i, j) dt + I_0 T$$

[数13]

$$D(i, j) = \alpha R_n(i, j) C(i, j) + I_0 T$$

[数14]

$$\alpha R_n(i, j) = \frac{D(i, j) - I_0 T}{C(i, j)}$$

[0069] 反射率取得部203は、数式14により表されるように、周囲光の強度 I_0 に上記期間の長さTを乗じた値を、反射光の強度 $I_{rn}(i, j)$ の上記期間に亘る積分値 $D(i, j)$ から減じた値を、画像情報が表す光の強度 $I_n(i, j)$ の上記期間に亘る積分値 $C(i, j)$ によって除した値を、網膜REの状態を表すパラメータとして取得してもよい。

[0070] これによれば、網膜 R E の状態を表すパラメータに対する上記誤差成分の影響を抑制できる。この結果、眼 E Y の検査を使用者に意識させることなく、眼 E Y の状態を高い精度にて検出できる。

[0071] また、数式 13 の両辺を、画像の X 軸方向における位置を表す変数 i に関して微分することにより、数式 15 が導出される。

[数15]

$$\frac{dD(i,j)}{di} = \alpha \frac{dR_n(i,j)}{di} C(i,j) + \alpha R_n(i,j) \frac{dC(i,j)}{di}$$

[0072] 反射率取得部 203 は、積分値 C (i , j) と、積分値 C (i , j) の変数 i に関する微分値と、積分値 D (i , j) の変数 i に関する微分値と、数式 15 と、に基づいて、網膜 R E の状態を表すパラメータを取得してもよい。

[0073] また、数式 13 の両辺を、画像の Y 軸方向における位置を表す変数 j に関して微分することにより、数式 16 が導出される。

[数16]

$$\frac{dD(i,j)}{dj} = \alpha \frac{dR_n(i,j)}{dj} C(i,j) + \alpha R_n(i,j) \frac{dC(i,j)}{dj}$$

[0074] 反射率取得部 203 は、積分値 C (i , j) と、積分値 C (i , j) の変数 j に関する微分値と、積分値 D (i , j) の変数 j に関する微分値と、数式 16 と、に基づいて、網膜 R E の状態を表すパラメータを取得してもよい。

[0075] なお、反射率取得部 203 は、光源部 121 により生成される N 個の色の光の全体に対する反射率 R (i , j) 、又は、当該反射率 R (i , j) に検出効率 α を乗じた値を、網膜 R E の状態を表すパラメータとして用いてもよい。この場合、反射率取得部 203 は、数式 17 に基づいて反射率 R (i , j) を算出してよい。

[数17]

$$R(i,j) = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N R_n(i,j)$$

[0076] (動作)

次に、画像表示装置 1 の動作について説明する。

制御装置 20 は、画像情報を生成し、生成した画像情報を本体 10 へ送信する。

これにより、本体 10 は、制御装置 20 から画像情報を受信する。

[0077] 本体 10 の光源部 121 は、受信した画像情報が表す画像に含まれる複数の画素のそれぞれに対して、当該画像情報に含まれる当該画素の光の強度を有する投影光を生成する。

本体 10 の投影ユニット 13 は、光源部 121 により生成された複数の投影光を、眼 E Y の網膜 R E に直接に投影する。これにより、画像情報が表す画像が網膜 R E にて形成される。

[0078] 各光源により生成された投影光は、網膜 R E における、当該光源に対応する位置にて反射される。反射光は、各光源から網膜 R E へ到達するまでに通った光路と同じ光路を、網膜 R E から当該光源へ向かって進行する。

[0079] 本体 10 の分岐部 122 は、投影ユニット 13 から入射された複数の反射光を分岐し、分岐した複数の反射光を検出部 123 へ出射する。本体 10 の検出部 123 は、分岐部 122 により分岐された複数の反射光の強度のそれぞれを検出する。

[0080] 制御装置 20 は、光源部 121 により生成される光の色毎の、検出部 123 により検出された各画素に対応する光の強度を本体 10 から受信し、受信した光の強度を反射光の強度として取得する。制御装置 20 は、生成した画像情報が表す光の強度 $I_n(i, j)$ と、取得した反射光の強度 $I_{rn}(i, j)$ と、数式 4 と、に基づいて、網膜 R E の状態を表すパラメータを取得する。

[0081] 以上、説明したように、第 1 実施形態の画像表示装置 1 は、画像に含まれ

る複数の画素にそれぞれ対応する複数の光を光源部 1 2 1 により生成する。更に、画像表示装置 1 は、光源部 1 2 1 から眼 E Y までの光路を介して、生成された複数の光を眼 E Y の網膜 R E に直接に投影することにより、画像を網膜 R E にて形成する。

[0082] 加えて、画像表示装置 1 は、眼 E Y の所定の部位における、複数の画素にそれぞれ対応する位置からの複数の反射光を光路にて分岐する。更に、画像表示装置 1 は、分岐された複数の反射光のそれぞれの強度を検出する。加えて、画像表示装置 1 は、複数の画素のそれぞれに対する、生成された光の強度と検出された反射光の強度とに基づいて、複数の画素のそれぞれに対応する位置における眼 E Y の部位の状態を表すパラメータを取得する。

[0083] これによれば、画像表示装置 1 の使用者が画像を見ている間に、画像に含まれる複数の画素にそれぞれ対応する複数の投影光の強度が反映されたパラメータを取得できる。この結果、眼 E Y の検査を使用者に意識させることなく、網膜 R E の状態を高い精度にて検出できる。本例では、パラメータは、光の反射率を表す。

[0084] 更に、画像表示装置 1 の光源部 1 2 1 は、画像に含まれる複数の画素に対応する複数の光をそれぞれ生成し且つ第 1 の平面 P 1 にて格子状に配列された複数の光源を備える。加えて、画像表示装置 1 の検出部 1 2 3 は、分岐された複数の反射光をそれぞれ検出し且つ第 2 の平面 P 2 にて格子状に配列された複数の検出器を備える。

[0085] これによれば、走査方式を用いるとともに共焦点光学系を用いて反射光の強度を検出する場合よりも、画像表示装置 1 を製造するために要するコストを低減できる。

また、走査方式を用いるとともに共焦点光学系を用いて反射光の強度を検出する場合よりも、分岐部 1 2 2 を設ける位置の自由度を高めることができる。この結果、反射光の強度が検出される対象として設定される眼 E Y の部位の自由度を高めることができる。

[0086] 緑内障は、加齢に伴って発症しやすくなる。緑内障は、初期において、患

者によって自覚されにくい。このため、緑内障は、治療の開始が遅れやすい。網膜 R E を含む眼底の状態は、緑内障と強い相関を有する。従って、画像表示装置 1 によって取得された、網膜 R E の状態を表すパラメータに基づいて、緑内障の発症を早期に検出できる。

[0087] また、網膜 R E を含む眼底においては、動脈を直接に観察できる。眼底における動脈の、血流速及び脈拍の波形から、動脈硬化の状況等の健康の状態を表す情報を取得できる。従って、画像表示装置 1 によって取得された、網膜 R E の状態を表すパラメータに基づいて、動脈硬化の状況等の健康の状態を表す情報を取得できる。

[0088] ところで、夜間に写真を撮影した場合、赤目現象が生じることが知られている。赤目現象は、眼 E Y からの反射光が血液により反射された光を含むことを表す。血液により反射された光を分光測定することにより、血液中のグルコースの濃度を測定できる。従って、画像表示装置 1 によって取得された、網膜 R E の状態を表すパラメータに基づいて、血液中のグルコースの濃度を測定できる。

[0089] ところで、本例では、光源部 1 2 1 により生成される光は、偏光されている。そこで、画像表示装置 1 は、光の利用効率を高めるため、光アイソレータを備えてもよい。例えば、光アイソレータは、偏光ビームスプリッタ、波長板、及び、ファラデー素子を含む。また、画像表示装置 1 は、一次像面 P 1 に位置し且つ配光分布を制御する透過型スクリーン（例えば、マイクロレンズアレイ）を備えてもよい。

[0090] なお、光源ユニット 1 2 及び投影ユニット 1 3 は、一体に形成されていてもよい。また、光源ユニット 1 2 及び投影ユニット 1 3 は、3 つ以上のユニットを構成していてもよい。

[0091] <第 1 実施形態の第 1 変形例>

第 1 実施形態の第 1 変形例の画像表示装置について説明する。第 1 実施形態の第 1 変形例の画像表示装置は、第 1 実施形態の画像表示装置に対して、反射光の強度が検出される対象として、瞳孔及び虹彩の表面を用いる点にお

いて相違している。以下、第1実施形態の第1変形例の画像表示装置の、第1実施形態に対する相違点を中心として説明する。なお、第1実施形態の第1変形例の説明において、第1実施形態と共通する又は対応する符号が用いられる。

[0092] 図6に表されるように、第1実施形態の第1変形例の画像表示装置1において、光源ユニット12は、リレーレンズ124を備える。リレーレンズ124には、分岐部122により分岐された複数の反射光が入射される。リレーレンズ124は、分岐部122から入射された複数の反射光を検出部123へ出射する。リレーレンズ124は、眼EYの瞳孔及び虹彩の表面PUIからの反射光を、第2の平面P2にて結像する。瞳孔及び虹彩の表面PUIは、瞳面と表されてよい。瞳面PUIは、眼EYの所定の部位の一例である。

[0093] 本例では、画像に含まれる複数の画素のそれぞれに対して、第1の平面P1における光源の位置と、網膜REにおいて光が収束する位置と、は、光学的に共役な関係を有する。更に、本例では、画像に含まれる複数の画素のそれぞれに対して、第2の平面P2における検出器の位置と、瞳面PUIにおける位置と、は、光学的に共役な関係を有する。

検出部123は、リレーレンズ124から入射された複数の反射光の強度のそれぞれを検出する。

[0094] 図7は、光源ユニット12及び投影ユニット13が用いる光学系を概念的に表す。

本例では、第2のレンズR2の主面と、瞳面PUIと、の間の距離 d_2 は、第2のレンズR2の焦点距離 f_2 に十分に近い。従って、第2のレンズR2は、瞳面PUI内の1点における反射光を、互いに略平行に進行する光として第1のレンズR1へ出射する。第1のレンズR1及びリレーレンズ124は、第2のレンズR2から入射された、互いに略平行に進行する光を、第2の平面P2にて1点に収束させる。

[0095] 第1実施形態の第1変形例の画像表示装置1によれば、眼EYの検査を使

用者に意識させることなく、瞳面 P U I の状態を高い精度にて検出できる。

[0096] ところで、眼 E Y に照射される光の強度の変化に対する瞳孔の変化を測定することにより、自律神経疾患、及び、視神経疾患等の疾患を検査できる。

従って、第 1 実施形態の第 1 変形例の画像表示装置 1 によれば、眼 E Y に照射される光の強度が変化してから、当該変化に伴って瞳孔の径が変化するまでの時間を測定することにより、上記疾患の検査を行なうことができる。

[0097] <第 1 実施形態の第 2 変形例>

第 1 実施形態の第 2 変形例の画像表示装置について説明する。第 1 実施形態の第 2 変形例の画像表示装置は、第 1 実施形態の画像表示装置と光学系が相違している。以下、第 1 実施形態の第 2 変形例の画像表示装置の、第 1 実施形態に対する相違点を中心として説明する。なお、第 1 実施形態の第 2 変形例の説明において、第 1 実施形態と共通する又は対応する符号が用いられる。

[0098] 図 8 は、第 1 実施形態の第 2 変形例の、光源ユニット 1 2 及び投影ユニット 1 3 が用いる光学系を概念的に表す。本例では、投影ユニット 1 3 は、第 2 のレンズ R 2 と同様に機能する。

[0099] 本例では、光源部 1 2 1 の第 1 の平面 P 1 は、一次像面 P I と表されてよい。

第 2 のレンズ R 2 は、一次像面 P I と、第 2 のレンズ R 2 の主面と、の間の距離が、第 2 のレンズ R 2 の焦点距離 f_2 と一致する位置に配置される。

[0100] 分岐部 1 2 2 は、第 2 のレンズ R 2 と光源部 1 2 1 との間の光路にて反射光を分岐する。画像に含まれる複数の画素のそれぞれに対して、分岐された反射光は、検出部 1 2 3 の検出器へ入射する。

[0101] 第 1 実施形態の第 2 変形例の画像表示装置 1 によれば、第 1 実施形態の画像表示装置 1 と同様の作用及び効果を奏することができる。

[0102] <第 1 実施形態の第 3 変形例>

第 1 実施形態の第 3 変形例の画像表示装置について説明する。第 1 実施形態の第 3 変形例の画像表示装置は、第 1 実施形態の画像表示装置と光学系が

相違している。以下、第1実施形態の第3変形例の画像表示装置の、第1実施形態に対する相違点を中心として説明する。なお、第1実施形態の第3変形例の説明において、第1実施形態と共通する又は対応する符号が用いられる。

[0103] 図9は、第1実施形態の第3変形例の、光源ユニット12及び投影ユニット13が用いる光学系を概念的に表す。本例では、光源ユニット12及び投影ユニット13は、一体に形成される。光源ユニット12は、リレーレンズ125を備える。

本例では、光源ユニット12及び投影ユニット13の機能は、第1のレンズR1、第2のレンズR2、分岐部122及びリレーレンズ125と同様の機能を含む。

[0104] 本例では、分岐部122は、第2のレンズR2と一次像面P1との間の光路にて反射光を分岐する。

リレーレンズ125には、分岐部122により分岐された複数の反射光が入射される。リレーレンズ125は、分岐部122から入射された複数の反射光を検出部123へ出射する。リレーレンズ125は、網膜REからの反射光を、第2の平面P2にて結像する。

検出部123は、リレーレンズ125から入射された複数の反射光の強度のそれぞれを検出する。

[0105] 第1実施形態の第3変形例の画像表示装置1によれば、第1実施形態の画像表示装置1と同様の作用及び効果を奏することができる。

[0106] <第2実施形態>

次に、第2実施形態の画像表示装置について説明する。第2実施形態の画像表示装置は、第1実施形態の画像表示装置に対して、投影方式として走査方式を用いる点において相違している。以下、第2実施形態の画像表示装置の、第1実施形態に対する相違点を中心として説明する。なお、第2実施形態の説明において、第1実施形態と共通する又は対応する符号が用いられる。

[0107] 図10に表されるように、第2実施形態の画像表示装置1において、本体10は、第1実施形態の光源ユニット12及び投影ユニット13に代えて、光源ユニット12A及び投影ユニット13Aを備える。

[0108] 光源ユニット12Aは、光源部126と、レンズ127と、分岐部128と、ミラー129と、レンズ130と、ピンホールフィルタ131と、検出部132と、を備える。

[0109] 光源部126は、レーザ光を生成する光源を備える。光源は、制御装置20から受信された画像情報が表す画像に含まれる複数の画素に対応する複数の光を、所定の時間が経過する毎に1つずつ順に生成する。

本例では、光源は、N個の色のレーザ光を生成する。Nは、光源により生成される光の色の数を表す。本例では、Nは、3を表す。本例では、光源は、赤色、青色、及び、緑色のレーザ光を生成する。Nは、1、2、又は、4以上の整数を表してもよい。換言すると、光源により生成されるレーザ光は、N個の色の光を含む。

本例では、光源は、半導体レーザである。光源は、半導体レーザと異なるレーザであってもよい。

[0110] レンズ127には、光源部126により生成された複数の光が入射する。レンズ127は、光源部126から入射された光を、互いに平行に進行する光（換言すると、平行光）として出射する。

[0111] 分岐部128には、レンズ127から光が入射する。分岐部128は、レンズ127から入射された光をミラー129へ出射する。

[0112] ミラー129には、光源部126により生成された光が、レンズ127及び分岐部128を介して入射される。ミラー129は、反射面を有し、入射された光を反射面にて反射し、反射した光を投影ユニット13Aへ出射する。本例では、光源部126から眼EYへ向かって進行する光は、投影光と表される。

[0113] ミラー129は、反射した光が、画像に含まれる複数の画素にそれぞれ対応する複数の位置を走査するように反射面の法線方向を制御する。走査は、

光源部 1 2 6 により生成される光に対応する画素の位置に対応するようになる。

本例では、ミラー 1 2 9 は、マイクロミラーである。マイクロミラーは、MEMS の一例である。なお、ミラー 1 2 9 は、マイクロミラーと異なるミラーであってもよい。

[0114] 投影ユニット 1 3 A は、光源部 1 2 6 から眼 E Y までの光路を形成する。投影ユニット 1 3 A には、光源部 1 2 6 により生成された光（換言すると、投影光）が、レンズ 1 2 7、分岐部 1 2 8、及び、ミラー 1 2 9 を介して入射される。投影ユニット 1 3 A は、入射された投影光を、形成した光路を介して、眼 E Y の網膜 R E に直接に投影することにより、画像を網膜 R E にて形成する。

[0115] 更に、投影ユニット 1 3 A には、眼 E Y の所定の部位における、網膜 R E に形成される画像に含まれる複数の画素にそれぞれ対応する位置にて反射された複数の光が入射される。本例では、眼 E Y から検出部 1 3 2 へ向かって進行する光は、反射光と表される。本例では、眼 E Y の所定の部位は、眼 E Y の網膜 R E である。

[0116] ミラー 1 2 9 により反射された投影光は、網膜 R E における、当該ミラー 1 2 9 の反射面の法線方向に対応する位置にて反射される。反射された光（換言すると、反射光）は、光源部 1 2 6 から網膜 R E へ到達するまでに通った光路と同じ光路を、網膜 R E から光源部 1 2 6 へ向かって進行する。換言すると、反射光は、当該反射光の基となった投影光と同一の光路を、当該投影光と逆方向に進行する。

[0117] ミラー 1 2 9 には、投影ユニット 1 3 A から反射光が入射される。ミラー 1 2 9 は、入射された反射光を反射面にて反射し、反射した反射光を分岐部 1 2 8 へ出射する。

[0118] 分岐部 1 2 8 には、ミラー 1 2 9 からの反射光が入射する。分岐部 1 2 8 は、ミラー 1 2 9 から入射された反射光を分岐し、分岐した反射光をレンズ 1 3 0 へ出射する。本例では、分岐部 1 2 8 は、ビームスプリッタである。

[0119] レンズ130には、分岐部128により分岐された反射光が入射される。

レンズ130は、分岐部128から入射された、互いに平行に進行する光を、検出部132にて1点に収束させる。

[0120] ピンホールフィルタ131は、ピンホールPHを有する。ピンホールフィルタ131は、レンズ130から検出部132までの反射光の光路がピンホールPHを通過するように、検出部132の近傍に位置する。

[0121] 検出部132は、検出器を備える。検出器には、レンズ130から出射された反射光が入射される。検出器は、レンズ130から入射された反射光を検出する。本例では、検出器は、レンズ130から入射された反射光の強度を検出する。本例では、検出部132は、フィルタ又は分光素子を備えるフォトダイオードである。

[0122] 光源ユニット12A及び投影ユニット13Aが用いる光学系について説明を加える。図11は、光源ユニット12A及び投影ユニット13Aが用いる光学系を概念的に表す。本例では、投影ユニット13Aは、第1のレンズR1及び第2のレンズR2と同様に機能する。

[0123] 第2の実施形態の光源ユニット12A及び投影ユニット13Aが用いる光学系のうちの、眼EYから一次像面PIまでの部分は、第1の実施形態の光源ユニット12及び投影ユニット13が用いる光学系のうちの、眼EYから一次像面PIまでの部分と同じである。

[0124] 第1のレンズR1は、一次像面PIと、第1のレンズR1の主面と、の間の距離が、第1のレンズR1の焦点距離 f_1 と一致する位置に配置される。これにより、第1のレンズR1は、ミラー129から入射された平行光を、一次像面PIにて1点に収束させる。従って、第1のレンズR1は、一次像面PIにて画像を結像する。

[0125] 上述したように、光源部126により生成された投影光は、網膜REにおける、ミラー129の反射面の法線方向に対応する位置にて反射される。反射光は、光源部126から網膜REへ到達するまでに通った光路と同じ光路を、網膜REから当該光源部126へ向かって進行する。

[0126] 分岐部 128 は、ミラー 129 と光源部 126 との間の光路にて反射光を分岐する。分岐された反射光は、レンズ 130 及びピンホール PH を介して、検出部 132 の検出器へ入射する。

[0127] 換言すると、光源部 126 の光源の位置と、検出部 132 の検出器の位置と、は、光学的に共役な関係を有する。ところで、網膜 RE の反射率はかなり低い。しかしながら、画像表示装置 1 によれば、高い効率にて反射光を検出器に集めることができる。

なお、光源部 126 の位置と検出部 132 の位置とは、互いに交換されてもよい。

[0128] 本例では、光源部 126 により生成される光の色のうちの n 番目の色の光の、 i 行 j 列目の画素の光を生成するタイミング $S(n, i, j)$ は、数式 18 により表される。例えば、各画素の光を生成するタイミングは、各画素の光の生成を開始するタイミングである。

[数18]

$$S(n, i, j) = i(\Delta t_0 + \Delta t_1) + j(\Delta t_0 + \Delta t_2)$$

[0129] Δt_0 は、各画素の光の生成が継続する時間を表す。 Δt_1 は、画像の X 軸方向において隣接する 2 つの画素間の移動、及び、画像の Y 軸方向における両端の画素間の移動に対応する、ミラー 129 の反射面の法線方向の変化に要する時間を表す。 Δt_2 は、画像の Y 軸方向において隣接する 2 つの画素間の移動に対応する、ミラー 129 の反射面の法線方向の変化に要する時間を表す。

[0130] 本例では、画像表示装置 1 は、数式 18 により表されるタイミング $S(n, i, j)$ に基づいて、画素毎の光を生成するとともに、画素毎の反射光の強度を取得する。

本例では、画像表示装置 1 は、ラスタ走査方式を用いている。なお、画像表示装置 1 は、ラスタ走査方式と異なる走査方式を用いてもよい。

[0131] なお、光源が N 個の色の光を 1 つずつ順に生成する場合、画像表示装置 1 は、数式 18 に代えて、数式 19 を用いてもよい。

[数19]

$$S(n, i, j) = i(\Delta t_0 + \Delta t_1) + j(\Delta t_0 + \Delta t_2) + (n - 1)\{i_0(\Delta t_0 + \Delta t_1) + j_0(\Delta t_0 + \Delta t_2)\}$$

[0132] 第2実施形態の画像表示装置1によれば、第1実施形態の画像表示装置1と同様の作用及び効果を奏することができる。

[0133] ところで、光源の位置と光学的に共役な関係を有する位置にて、ピンホールを用いて反射光を受光する光学系は、共焦点顕微鏡が用いる光学系と同様の光学系（換言すると、共焦点光学系）である。

従って、第2実施形態の画像表示装置1によれば、検出部132の検出器に入射される光に含まれる、網膜REにおいて投影光が照射される点（換言すると、集光点）の周辺からの反射光及び散乱光の成分を、ピンホールフィルタ131によって抑制することができる。この結果、集光点からの反射光の強度を高い精度にて検出できる。従って、検出された反射光の強度に基づいて、網膜REの状態を高い精度にて検出できる。

[0134] また、第2実施形態の画像表示装置1によれば、検出部132の検出器に入射される光に含まれる、検出部132の検出器の位置と光学的に共役な関係を有する位置と異なる位置（例えば、網膜REにおける集光点と異なる位置、又は、光路における光学素子間の境界面等）からの反射光の成分を、ピンホールフィルタ131によって抑制することができる。この結果、信号対雑音比を高めることができるので、集光点からの反射光の強度を高い精度にて検出できる。従って、検出された反射光の強度に基づいて、網膜REの状態を高い精度にて検出できる。

[0135] なお、画像表示装置1は、ピンホールフィルタ131に代えて、光ファイバを用いてもよい。この場合、画像表示装置1は、ピンホールフィルタ131におけるピンホールPHに代えて、光ファイバにおける光路を用いてよい。

[0136] ところで、光源部126により生成される光が偏光されている場合、画像表示装置1は、光の利用効率を高めるため、光アイソレータを備えてもよい。例えば、光アイソレータは、偏光ビームスプリッタ、波長板、及び、ファ

ラダー素子を含む。また、画像表示装置 1 は、一次像面 P 1 に位置し且つ配光分布を制御する透過型スクリーン（例えば、マイクロレンズアレイ）を備えてもよい。

[0137] なお、画像表示装置 1 は、光路の複数の位置にそれぞれ配置される複数の分岐部と、複数の分岐部にそれぞれ対応する複数の検出部と、を備え、眼 E Y の複数の部位における反射光の強度を複数の検出部によりそれぞれ検出してもよい。

[0138] 例えば、画像表示装置 1 は、光コヒーレンストモグラフィ（OCT ; Optical Coherence Tomography）に適用されてもよい。OCT によれば、網膜 R E の断層像を取得できる。従って、網膜神経線維層、及び、血管壁等の状態を検出できる。このように、緑内障、及び、加齢黄斑変性の診断に用いられる情報を取得できる。

[0139] なお、本発明は、上述した実施形態に限定されない。例えば、上述した実施形態に、本発明の趣旨を逸脱しない範囲内において当業者が理解し得る様々な変更が加えられてよい。例えば、本発明の趣旨を逸脱しない範囲内において、上述した実施形態の他の変形例として、上述した実施形態及び変形例の任意の組み合わせが採用されてもよい。

符号の説明

- [0140] 1 画像表示装置
- 1 0 本体
- 1 1 フレーム
- 1 2, 1 2 A 光源ユニット
- 1 2 1 光源部
- 1 2 2 分岐部
- 1 2 3 検出部
- 1 2 4 リレーレンズ
- 1 2 5 リレーレンズ
- 1 2 6 光源部

1 2 7 レンズ
1 2 8 分岐部
1 2 9 ミラー
1 3, 1 3 A 投影ユニット
1 3 0 レンズ
1 3 1 ピンホールフィルタ
1 3 2 検出部
2 0 制御装置
2 1 処理装置
2 2 記憶装置
2 0 1 画像情報生成部
2 0 2 反射光強度取得部
2 0 3 反射率取得部
C B ケーブル
E Y 眼
L E レンズ部
P 1 第 1 の平面
P 2 第 2 の平面
P H ピンホール
P I 一次像面
P U I 瞳面
R 1 第 1 のレンズ
R 2 第 2 のレンズ
R E 網膜

請求の範囲

- [請求項1] 画像に含まれる複数の画素にそれぞれ対応する複数の光を生成する光源部と、
- 前記光源部から眼までの光路を形成し、且つ、前記光路を介して、前記生成された複数の光を前記眼の網膜に直接に投影することにより、前記画像を前記網膜にて形成する投影部と、
- 前記眼の所定の部位における、前記複数の画素にそれぞれ対応する位置からの複数の反射光を、前記光路にて分岐する分岐部と、
- 前記分岐された複数の反射光のそれぞれの強度を検出する検出部と、
- 、
- 前記複数の画素のそれぞれに対する、前記生成された光の強度と前記検出された反射光の強度とに基づいて、前記複数の画素のそれぞれに対応する位置における前記部位の状態を表すパラメータを取得する処理部と、
- を備える、画像表示装置。
- [請求項2] 請求項1に記載の画像表示装置であって、
- 前記パラメータの取得は、前記検出された反射光の強度に基づく強度を、前記生成された光の強度によって除することを含む、画像表示装置。
- [請求項3] 請求項1又は請求項2に記載の画像表示装置であって、
- 前記画像は、時間の経過に伴って変化し、
- 前記パラメータの取得は、前記検出された反射光の強度に基づく強度の所定の期間に亘る積分値を、前記生成された光の強度の前記期間に亘る積分値によって除することを含む、画像表示装置。
- [請求項4] 請求項1乃至請求項3のいずれか一項に記載の画像表示装置であって、
- 前記反射光の強度に基づく強度は、前記検出された反射光の強度から周囲光の強度を減じた値である、画像表示装置。

- [請求項5] 請求項4に記載の画像表示装置であって、
前記検出部は、前記光源部が光を生成しない期間において前記周囲光の強度を検出する、画像表示装置。
- [請求項6] 請求項1乃至請求項5のいずれか一項に記載の画像表示装置であって、
前記処理部は、前記パラメータを位置に関して微分した値を取得する、画像表示装置。
- [請求項7] 画像に含まれる複数の画素に対応する複数の光をそれぞれ生成し且つ第1の平面にて格子状に配列された複数の光源と、
前記複数の光源から眼までの光路を形成し、且つ、前記光路を介して、前記生成された複数の光を前記眼の網膜に直接に投影することにより、前記画像を前記網膜にて形成する投影部と、
前記眼の所定の部位における、前記複数の画素にそれぞれ対応する位置からの複数の反射光を、前記光路にて分岐する分岐部と、
前記分岐された複数の反射光をそれぞれ検出し且つ第2の平面にて格子状に配列された複数の検出器と、
を備える、画像表示装置。
- [請求項8] 光源部が、画像に含まれる複数の画素にそれぞれ対応する複数の光を生成し、
前記光源部から眼までの光路を介して、前記生成された複数の光を前記眼の網膜に直接に投影することにより、前記画像を前記網膜にて形成し、
前記眼の所定の部位における、前記複数の画素にそれぞれ対応する位置からの複数の反射光を、前記光路にて分岐し、
前記分岐された複数の反射光のそれぞれの強度を検出し、
前記複数の画素のそれぞれに対する、前記生成された光の強度と前記検出された反射光の強度とに基づいて、前記複数の画素のそれぞれに対応する位置における前記部位の状態を表すパラメータを取得する

、処理方法。

[請求項9] 第1の平面にて格子状に配列された複数の光源が、画像に含まれる複数の画素に対応する複数の光をそれぞれ生成し、

前記複数の光源から眼までの光路を介して、前記生成された複数の光を前記眼の網膜に直接に投影することにより、前記画像を前記網膜にて形成し、

前記眼の所定の部位における、前記複数の画素にそれぞれ対応する位置からの複数の反射光を、前記光路にて分岐し、

第2の平面にて格子状に配列された複数の検出器が、前記分岐された複数の反射光をそれぞれ検出する、検出方法。

[請求項10] 画像に含まれる複数の画素にそれぞれ対応する複数の光を生成する光源部と、

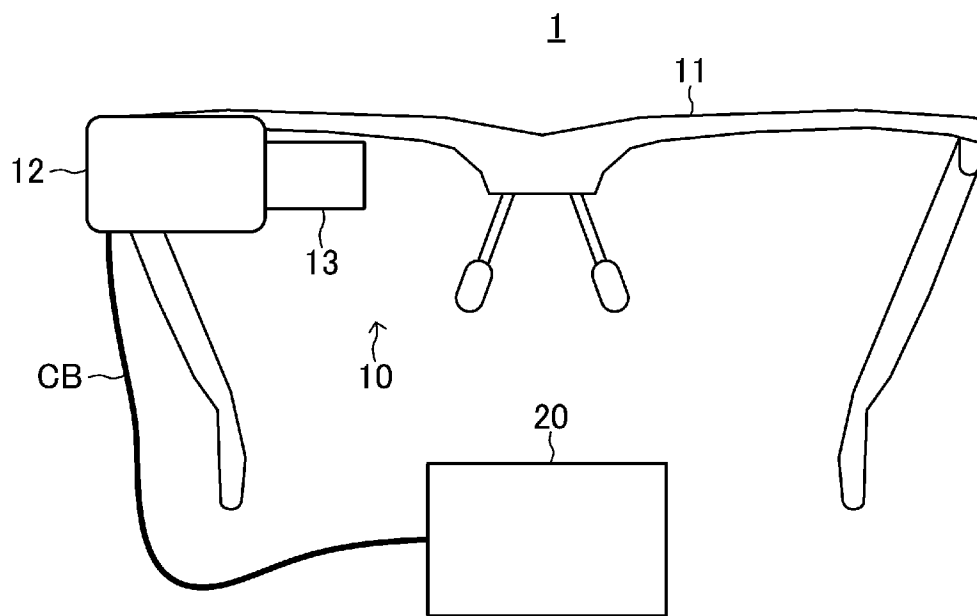
前記光源部から眼までの光路を形成し、且つ、前記光路を介して、前記生成された複数の光を前記眼の網膜に直接に投影することにより、前記画像を前記網膜にて形成する投影部と、

前記眼の所定の部位における、前記複数の画素にそれぞれ対応する位置からの複数の反射光を、前記光路にて分岐する分岐部と、

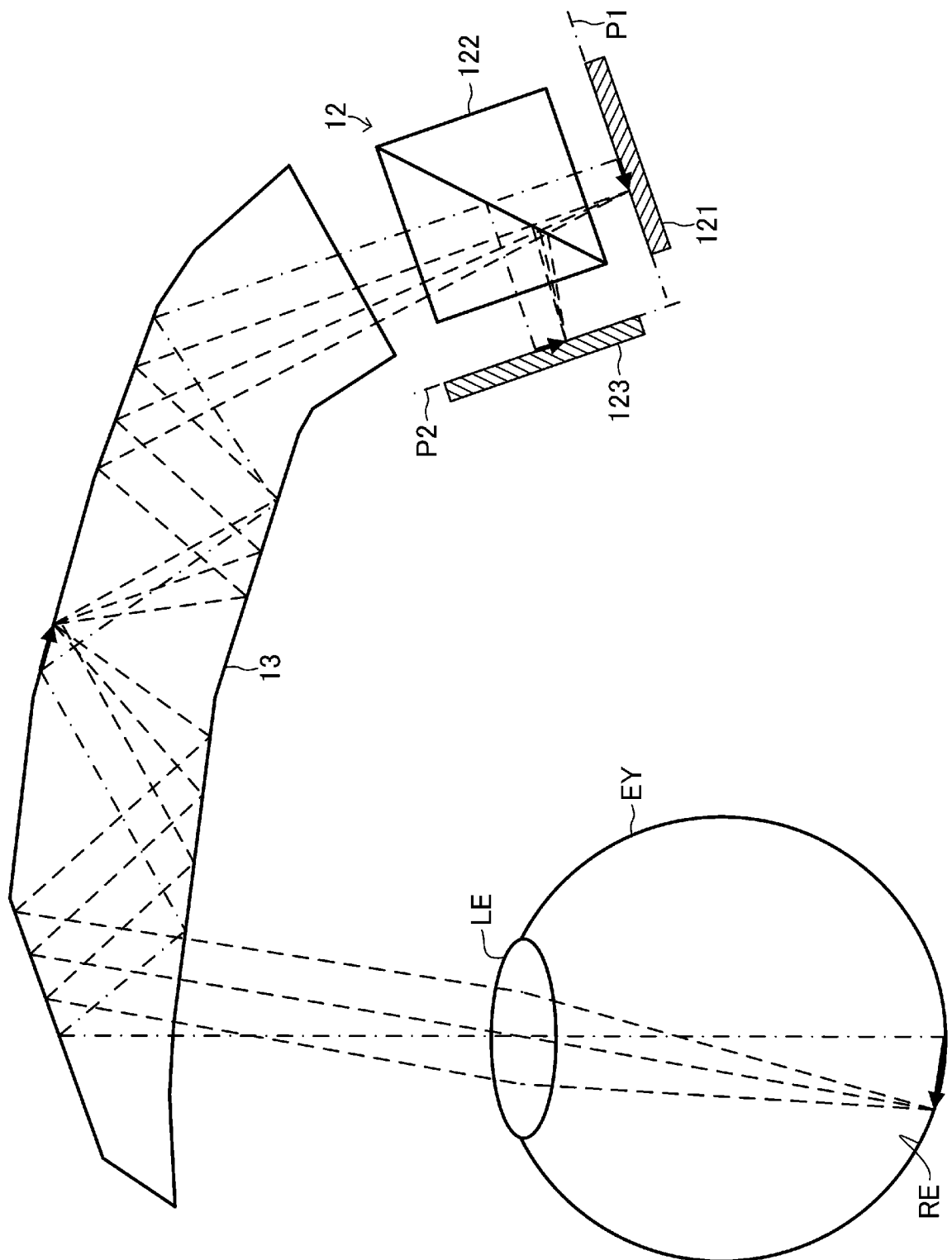
前記分岐された複数の反射光のそれぞれの強度を検出する検出部と、

を備える画像表示装置が、前記複数の画素のそれぞれに対して、前記生成した光の強度と前記検出した反射光の強度とに基づいて、前記複数の画素のそれぞれに対応する位置における前記部位の状態を表すパラメータを取得する、処理装置。

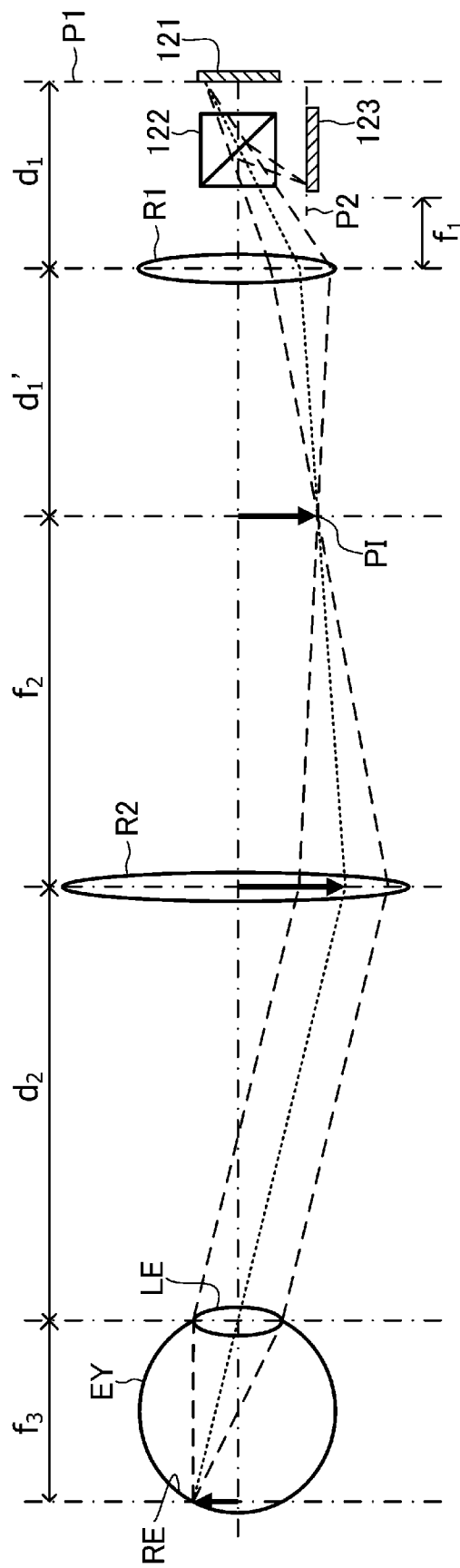
[図1]



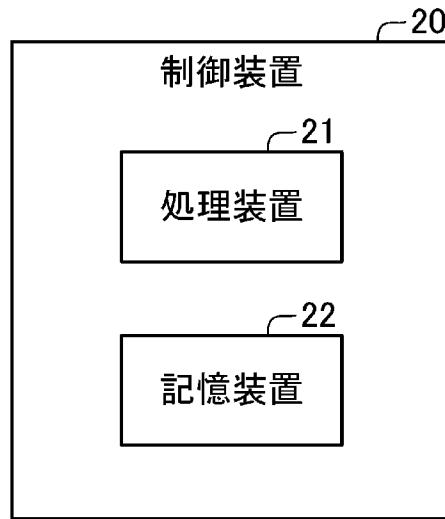
[図2]



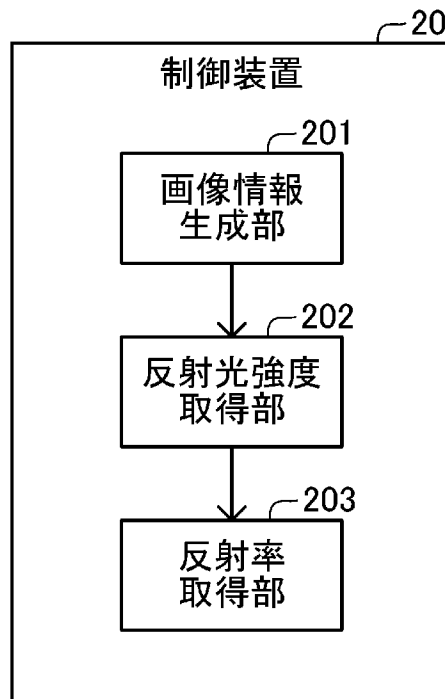
[図3]



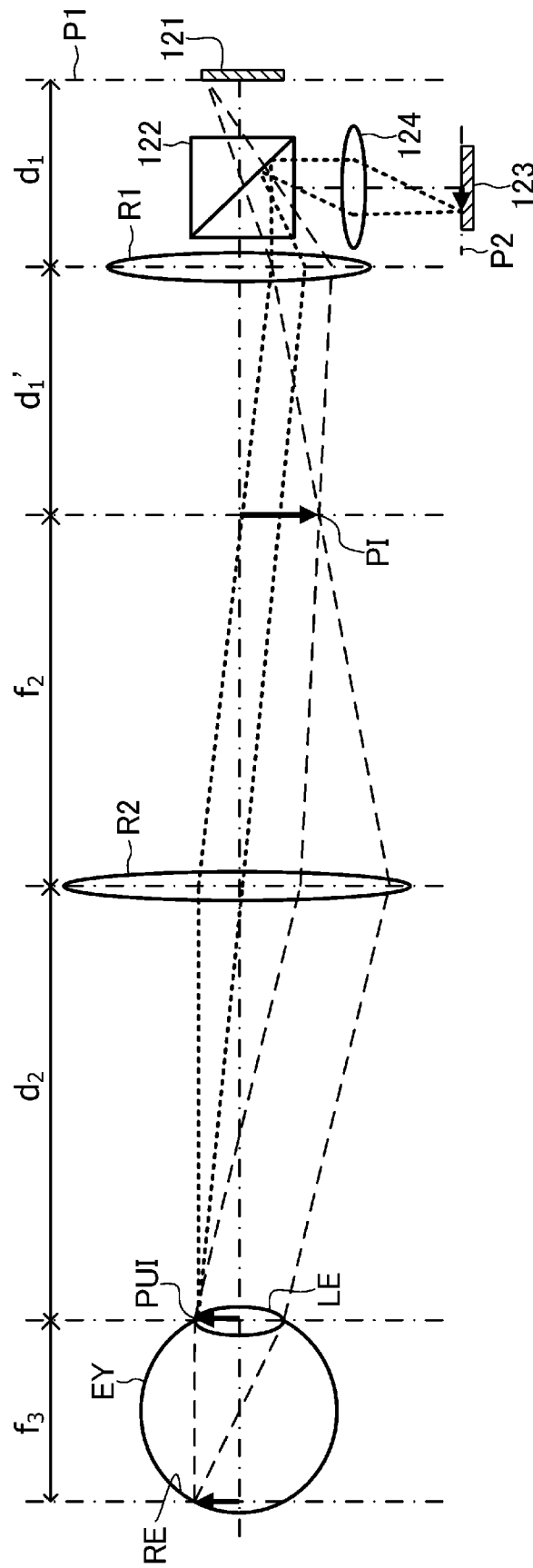
[図4]



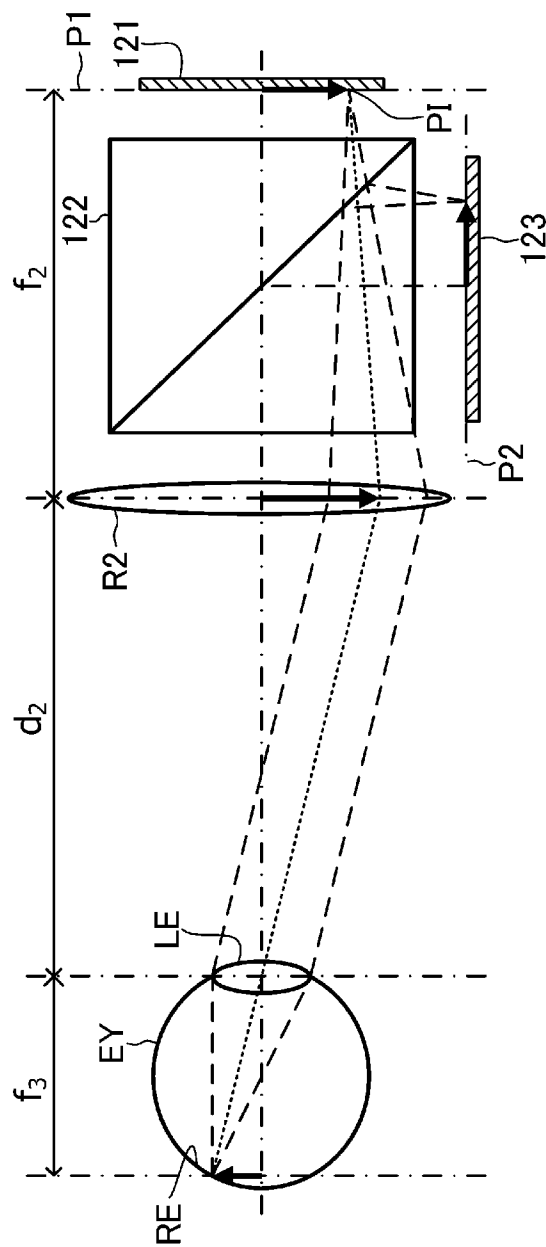
[図5]



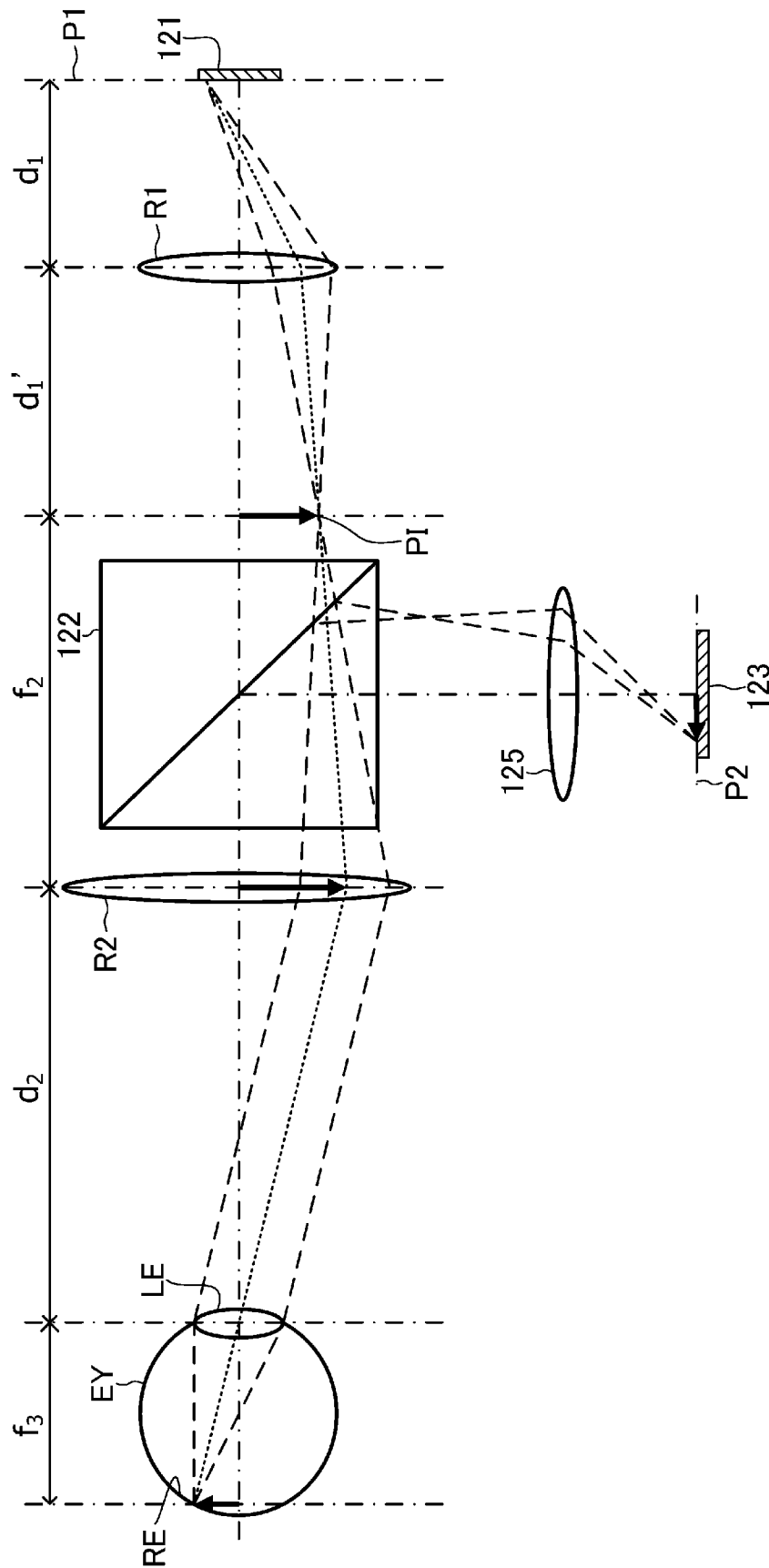
[図7]



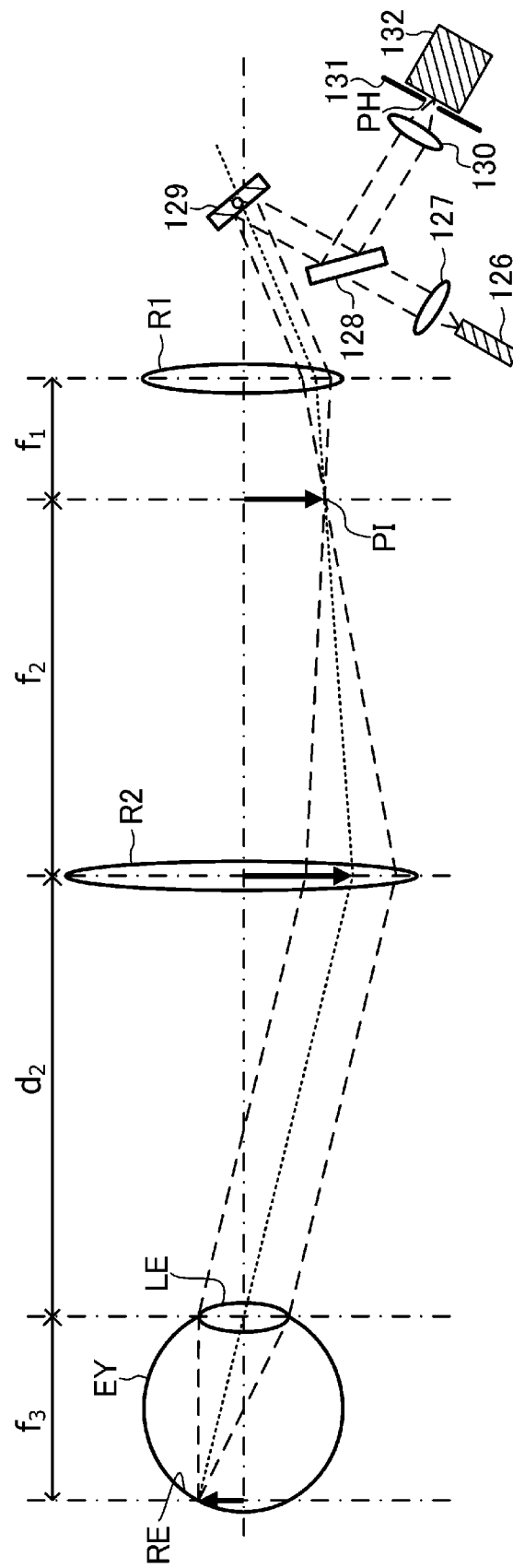
[図8]



[図9]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/057497

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

A61B3/12(2006.01)i, G02B27/02(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)

A61B3/12, G02B27/02

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	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2006-15061 A (Brother Industries, Ltd.), 19 January 2006 (19.01.2006), paragraphs [0039] to [0054], [0067] to [0075]; fig. 9 (Family: none)	1-10
Y	JP 2010-529896 A (University of Southern California), 02 September 2010 (02.09.2010), claims 1, 5; paragraph [0063] & US 2008/0309881 A1 claims 1, 5; paragraph [0083] & WO 2008/157406 A1 & CN 101778593 A	1-10

☒ 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
12 May 2016 (12.05.16)

Date of mailing of the international search report
31 May 2016 (31.05.16)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/057497

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 4-242627 A (Canon Inc.), 31 August 1992 (31.08.1992), abstract; paragraph [0008] & US 5298927 A abstract; column 2, lines 13 to 20	3-6
Y	JP 11-259225 A (Shimadzu Corp.), 24 September 1999 (24.09.1999), paragraphs [0011] to [0019]; fig. 1 to 2 (Family: none)	4-6
Y	JP 2008-228781 A (Nidek Co., Ltd.), 02 October 2008 (02.10.2008), paragraphs [0029] to [0046]; fig. 8 & US 2008/0225226 A1 paragraphs [0049] to [0062]; fig. 8 & EP 1969996 A1	6
A	WO 2007/113975 A1 (National University Corporation Shizuoka University), 11 October 2007 (11.10.2007), entire text; all drawings & JP 5167545 B & US 2009/0219484 A1	1-10
A	WO 2015/012280 A1 (Konica Minolta, Inc.), 29 January 2015 (29.01.2015), entire text; all drawings (Family: none)	1-10
A	Toshihide KURIYAMA, Shin'ya AOKI, Hiroto HONDA, "Wearable display with personal authentication", The 31st Sensor Symposium on Sensors, Micromachines and Applied Systems Ronbunshu, Edited by IEEJ Sensors and Micromachine Society, The Institute of Electrical Engineers of Japan, 20 October 2014 (20.10.2014), 21pm3-PS68	1-10

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. A61B3/12(2006.01)i, G02B27/02(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（IPC））

Int.Cl. A61B3/12, G02B27/02

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016年

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

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2006-15061 A（ブラザー工業株式会社） 2006.01.19, [0039]-[0054], [0067]-[0075]、図9 （ファミリーなし）	1-10

☒ 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

12.05.2016

国際調査報告の発送日

31.05.2016

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/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）

山口 裕之

2Q

2913

電話番号 03-3581-1101 内線 3292

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
Y	JP 2010-529896 A (ユニヴァーシティー オブ サザン カリフォルニア) 2010.09.02, 請求項 1、5、[0063] & US 2008/0309881 A1, 請求項 1、5、[0083] & WO 2008/157406 A1 & CN 101778593 A	1-10
Y	JP 4-242627 A (キヤノン株式会社) 1992.08.31, 要約、[0008] & US 5298927 A, 要約、第 2 欄第 13～20 行	3-6
Y	JP 11-259225 A (株式会社島津製作所) 1999.09.24, [0011]-[0019]、図 1～2 (ファミリーなし)	4-6
Y	JP 2008-228781 A (株式会社ニデック) 2008.10.02, [0029]-[0046]、図 8 & US 2008/0225226 A1, [0049]-[0062]、図 8 & EP 1969996 A1	6
A	WO 2007/113975 A1 (国立大学法人静岡大学) 2007.10.11, 全文, 全図 & JP 5167545 B & US 2009/0219484 A1	1-10
A	WO 2015/012280 A1 (コニカミノルタ株式会社) 2015.01.29, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-10
A	栗山敏秀、青木伸也、本多広人, 個人認証機能をもつウェアラブル・ディスプレイ, 第 31 回「センサ・マイクロシステムと応用システム」シンポジ ウム論文集 電気学会センサ・マイクロマシン部門 [編], 一般社団法人電気学会, 2014.10.20, 21 pm 3-P S 6 8	1-10