(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第3683934号

(P3683934)

(45)発行日　平成17年8月17日(2005.8.17)　(24)登録日　平成17年6月3日(2005.6.3)

(51)Int.Cl.[7]	F I		
G02B 27/02	G02B	27/02	Z
G02B 17/08	G02B	17/08	A
G02B 25/00	G02B	25/00	A
H04N 5/64	H04N	5/64	511A

請求項の数 27　(全 19 頁)

(21)出願番号　特願平7-66992
(22)出願日　平成7年2月28日(1995.2.28)
(65)公開番号　特開平8-234136
(43)公開日　平成8年9月13日(1996.9.13)
審査請求日　平成14年2月26日(2002.2.26)

(73)特許権者　000001007
キヤノン株式会社
東京都大田区下丸子３丁目３０番２号
(74)代理人　100086818
弁理士　高梨　幸雄
(72)発明者　奥山　敦
東京都大田区下丸子３丁目３０番２号　キヤノン株式会社内
(72)発明者　山崎　章市
東京都大田区下丸子３丁目３０番２号　キヤノン株式会社内

審査官　三橋　健二

最終頁に続く

(54)【発明の名称】画像観察装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

表示手段に表示した画像を複数の反射面を有し、全体として正の屈折力の光学ブロックより成る光学素子で観察者の前方に虚像として形成し、該虚像を観察する画像観察系と、光源からの光束で照明した該観察者の眼球からの反射光を該光学素子の一部を通した後に、該光学素子の一部を介したことにより発生する非点収差を補正する光学部材を介して結像レンズ系で眼球像を受光素子面上に形成する視線検出系と、を具備し、該光学素子は該表示手段で表示した画像からの光束を入射させる入射面と、該入射面からの光束を全反射させる第１の作用面と、該第１の作用面からの光束を該第１の作用面側方向へ反射させる第２の作用面、そして該第２の作用面からの光束を出射させる該第１の作用面の一部に設けた出射面と、を有し、該第２の作用面の一部の領域に該表示手段に表示した画像からの光束を反射させる反射膜を設け、かつその一部の領域に該観察者の眼球からの反射光を通過させる少なくとも１つの開口部Ａを設けていることを特徴とする画像観察装置。

【請求項２】

前記光源からの光束を前記第２の作用面の一部に設けた開口部Ａ´と、前記第１の作用面とを通過させて観察者の眼球に導光していることを特徴とする請求項１の画像観察装置。

【請求項３】

前記開口部Ａ上には可視光を反射し、赤外光を透過するダイクロイック膜が形成されていることを特徴とする請求項１の画像観察装置。

【請求項４】
前記開口部Ａ内の一部の領域には前記表示手段に表示した画像からの光束を反射させる複数の反射膜が設けられていることを特徴とする請求項１の画像観察装置。
【請求項５】
前記第１の作用面と前記第２の作用面は回転非対称の曲面より成っていることを特徴とする請求項１又は２の画像観察装置。
【請求項６】
前記入射面と第１の作用面と第２の作用面は回転対称軸を有しない３次元曲面より構成されていることを特徴とする請求項１の画像観察装置。
【請求項７】
前記第２の作用面は前記観察者の眼球に対して上下方向又は左右方向に傾斜されていることを特徴とする請求項１、２、５、又は６の画像観察装置。
【請求項８】
前記表示手段は該観察者の眼球に対して上下方向又は左右方向に設けられていることを特徴とする請求項１又は４の画像観察装置。
【請求項９】
前記光学部材の少なくとも１つの面には曲率が付けられていることを特徴とする請求項１の画像観察装置。
【請求項１０】
前記光学部材は内部反射面を有していることを特徴とする請求項１又は９の画像観察装置。
【請求項１１】
前記光学部材はくさび形状より成るくさびプリズム又はくさびレンズであることを特徴とする請求項１、９又は１０の画像観察装置。
【請求項１２】
前記結像レンズ系を構成するレンズのうち少なくとも１つのレンズのレンズ面には回転対称な非球面が施されていることを特徴とする請求項１の画像観察装置。
【請求項１３】
前記光源は赤外光源であることを特徴とする請求項１又は２の画像観察装置。
【請求項１４】
表示手段に表示した画像からの光束を入射させる入射面と、該入射面からの光束を全反射させる第１の作用面と、該第１の作用面からの光束を該第１の作用面側方向へ反射させる第２の作用面、そして該第２の作用面からの光束を出射させる該第１の作用面の一部に設けた出射面と、を有する光学ブロックから成る正の屈折力の光学素子を介して観察者側に導光して、該画像の虚像を観察する画像観察系と、
光源からの光束で観察者の眼球を照明し、該眼球からの反射光を該光学素子の出射面と該第２の作用面に設けた少なくとも１つの開口部Ａを介して射出させた後、該光学素子を通過させたことにより発生する非点収差を補正する為の光学部材を介して結像レンズにより受光素子面上に眼球像を形成し、該受光素子からの信号を用いて該観察者の眼球の視線を検出する視線検出系とを有し、
該表示手段に表示した画像を観察する際に該視線検出系からの視線情報を利用していることを特徴とする画像観察装置。
【請求項１５】
前記第２の作用面の一部の領域には前記表示手段に表示した画像からの光束を反射させる反射膜が形成されており、前記開口部Ａは該反射膜の一部の領域に設けられていることを特徴とする請求項１４の画像観察装置。
【請求項１６】
前記光源からの光束を前記第２の作用面の一部に設けた開口部Ａ´と、前記第１の作用面とを通過させて観察者の眼球に導光していることを特徴とする請求項１４の画像観察装置。

【請求項１７】
前記開口部Ａ上には可視光を反射し、赤外光を透過するダイクロイック膜が形成されていることを特徴とする請求項１４、又は１５の画像観察装置。
【請求項１８】
前記開口部Ａ内の一部の領域には前記表示手段に表示した画像からの光束を反射させる複数の反射膜が設けられていることを特徴とする請求項１４、又は１５の画像観察装置。
【請求項１９】
前記第１の作用面と前記第２の作用面は回転非対称の曲面より成っていることを特徴とする請求項１４又は１６の画像観察装置。
【請求項２０】
前記入射面と第１の作用面と第２の作用面は回転対称軸を有しない３次元曲面より構成されていることを特徴とする請求項１４の画像観察装置。
【請求項２１】
前記第２の作用面は前記観察者の眼球に対して上下方向又は左右方向に傾斜されていることを特徴とする請求項１４、１５、１６、１９又は２０の画像観察装置。
【請求項２２】
前記表示手段は該観察者の眼球に対して上下方向又は左右方向に設けられていることを特徴とする請求項１４、１５又は１８の画像観察装置。
【請求項２３】
前記光学部材の少なくとも１つの面には曲率が付けられていることを特徴とする請求項１４の画像観察装置。
【請求項２４】
前記光学部材は内部反射面を有していることを特徴とする請求項１４又は２３の画像観察装置。
【請求項２５】
前記光学部材はくさび形状より成るくさびプリズム又はくさびレンズであることを特徴とする請求項１４、２３又は２４の画像観察装置。
【請求項２６】
前記結像レンズ系を構成するレンズのうち少なくとも１つのレンズのレンズ面には回転対称な非球面が施されていることを特徴とする請求項１４の画像観察装置。
【請求項２７】
前記光源は赤外光源であることを特徴とする請求項１４、又は１６の画像観察装置。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【産業上の利用分野】
本発明は画像観察装置に関し、特に表示手段に表示した画像の虚像を観察する観察者の眼球の視線を検出し、該視線情報を利用して画像の観察状態を調整するようにした、視線入力機能付きの例えばビデオカメラなどのファインダーや頭部に装着して画像を観察する視線入力機能付きのヘッドマウントディスプレイ等に好適な画像観察装置に関するものである。
【０００２】
【従来の技術】
従来より、表示手段に表示した画像情報を観察者の眼に導き、これを観察できるようにした画像観察装置が種々知られている。そしてこのような画像観察装置に視線検出系、即ち観察者の注視方向、いわゆる視線を観察者の眼球の像を解析することにより検出するようにした光学系を設け、該視線検出系で得られる視線情報を利用して表示手段に表示する画像情報を制御するようにした画像観察装置も知られている。
【０００３】
図１０、図１１はかかる画像観察装置として特開平３-１０１７０９号公報において開示されているものである。図１０はこの従来例の画像観察装置の観察光学系としての光路図

であり、図１１はこの画像観察装置の視線検出光学系としての光路図である。図中、２０７はＣＲＴの表示面（ＣＲＴ）である。２００はプリズムブロックであり、光学要素２１０，２１１，２１２，２１３から構成されている。２０１は第１凹面ミラーであり、赤外光のみを反射し、その他の光は透過する。２０２は第２凹面ミラーであり、ＣＲＴ２０７からの狭い波長範囲の可視光は反射し、その他の波長の光は透過する。２０３は第１平面ミラーであり、赤外光に対してはハーフミラーであり、その他の光は反射する。２０４はリレーレンズである。２０５は第２平面ミラーであり、ＣＲＴ２０７からの狭い波長範囲の可視光は反射し、その他の可視光及び赤外光は透過する特性を持っている。２０６は点状の赤外光源、２０８は赤外光の受光素子である。

【０００４】

この従来例の作用について説明する。まず画像観察光学系の作用について図１０によって説明する。ＣＲＴの表示面２０７に形成された画像からの光束は第２平面ミラー２０５で反射し、リレーレンズ２０４を通って第１平面ミラー２０３で反射し、第２凹面ミラー２０２の焦点位置に中間像Ｐ１を形成する。中間像Ｐ１からの光束はプリズムブロック２００の面２１８に入射し、面２１６で全反射した後、第２凹面ミラー２０２で反射して観察者の眼Ｉに向かい、面２１６を透過して、面２１５に入射し、面２１４から射出して眼Ｉに入射する。これにより観察者の前方に拡大された虚像を形成している。観察者はこのＣＲＴ２０７の画像の虚像とプリズムブロック２００の面２１７、第１凹面ミラー２０１、第２凹面ミラー２０２、面２１６，２１５，２１４を透過してくる外界の風景２１９とを重ねて観察する。

【０００５】

次いで、視線検出光学系の作用を図１１によって説明する。赤外光源２０６から発する赤外光束は、第２平面ミラー２０５を透過し、リレーレンズ２０４を通って、第１平面ミラー２０３で一部反射し、プリズムブロック２００の面２１８に入射し、面２１６で全反射した後、第２凹面ミラー２０２を透過して第１凹面ミラー２０１に達し、ここで反射して観察者の眼に向かい、第２凹面ミラー２０２を透過し、面２１６を透過して、面２１５に入射し、面２１４から射出して観察者の眼Ｉに達し、観察者の眼を照明する。赤外光で照射された観察者の眼Ｉの映像は再びプリズムブロック２００に入射し、照射した光路を逆行し、プリズムブロック２００を射出後、第１平面ミラー２０３を一部透過して受光素子２０８に入射する。そして受光素子２０８上に結像した眼の画像を解析して視線を検出している。

【０００６】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら従来例においては、画像表示面２０７からの光路と眼球照明及び視線検出の光路が同軸であり、かつ視線検出の受光素子２０８の位置が、第２の凹面ミラー２０２の焦点位置Ｐ１よりも遠い位置に設定されているため、ＣＲＴの表示面２０７の画像はリレーレンズ２０４を用いて一旦中間像を形成しなければならず、これによって画像観察光学系の光路が長くなり、装置全体が大きくなる問題があった。また、眼の像を形成する第１の凹面ミラー２０１と受光素子２０８の間隔が長くなってしまうために、眼の像の結像倍率が大きくなってしまい、これにより受光素子２０８が大型化し、装置が大きくなってしまう問題があった。さらに、赤外光源２０６からの照明光及び眼からの反射赤外光は第１平面ミラー２０３で反射、透過するために、第１平面ミラー２０３は赤外光に対してハーフミラーの特性が必要となり、光源２０６から受光素子２０８に至る赤外光の利用効率が悪化してしまう問題があった。

【０００７】

本発明は、特にビデオカメラ等のファインダーや観察者の頭部に装着して、表示手段に表示した画像情報を観察出来るようにした画像観察装置、所謂ヘッドマウントディスプレイなどにおいて、表示手段で表示された画像情報を拡大観察する画像観察系と、観察者の視線を検出する視線検出系とを適切に設定することにより、装置全体の小型化を実現し、更に視線情報に基づいて画像観察系の表示手段に表示する画像情報やその他の機能を種々と

制御できる視線検出系を有した画像観察装置の提供を目的とする。

【０００８】

【課題を解決するための手段】

請求項１の発明の画像観察装置は、表示手段に表示した画像を複数の反射面を有し、全体として正の屈折力の光学ブロックより成る光学素子で観察者の前方に虚像として形成し、該虚像を観察する画像観察系と、光源からの光束で照明した該観察者の眼球からの反射光を該光学素子の一部を通した後に、該光学素子の一部を介したことにより発生する非点収差を補正する光学部材を介して結像レンズ系で眼球像を受光素子面上に形成する視線検出系と、を具備し、該光学素子は該表示手段で表示した画像からの光束を入射させる入射面と、該入射面からの光束を全反射させる第１の作用面と、該第１の作用面からの光束を該第１の作用面側方向へ反射させる第２の作用面、そして該第２の作用面からの光束を出射させる該第１の作用面の一部に設けた出射面と、を有し、該第２の作用面の一部の領域に該表示手段に表示した画像からの光束を反射させる反射膜を設け、かつその一部の領域に該観察者の眼球からの反射光を通過させる少なくとも１つの開口部Ａを設けていることを特徴としている。

【０００９】

請求項２の発明は、請求項１の発明において、前記光源からの光束を前記第２の作用面の一部に設けた開口部Ａ´と、前記第１の作用面とを通過させて観察者の眼球に導光していることを特徴としている。

【００１０】

請求項３の発明は、請求項１の発明において、前記開口部Ａ上には可視光を反射し、赤外光を透過するダイクロイック膜が形成されていることを特徴としている。

【００１１】

請求項４の発明は、請求項１の発明において、前記開口部Ａ内の一部の領域には前記表示手段に表示した画像からの光束を反射させる複数の反射膜が設けられていることを特徴としている。

【００１２】

請求項５の発明は、請求項１又は２の発明において、前記第１の作用面と前記第２の作用面は回転非対称の曲面より成っていることを特徴としている。

【００１３】

請求項６の発明は、請求項１の発明において、前記入射面と第１の作用面と第２の作用面は回転対称軸を有しない３次元曲面より構成されていることを特徴としている。

【００１４】

請求項７の発明は、請求項１、２、５又は６の発明において、前記第２の作用面は前記観察者の眼球に対して上下方向又は左右方向に傾斜されていることを特徴としている。

【００１５】

請求項８の発明は、請求項１又は４の発明において、前記表示手段は該観察者の眼球に対して上下方向又は左右方向に設けられていることを特徴としている。

【００１６】

請求項９の発明は、請求項１の発明において、前記光学部材の少なくとも１つの面には曲率が付けられていることを特徴としている。

【００１７】

請求項１０の発明は、請求項１又は９の発明において、前記光学部材は内部反射面を有していることを特徴としている。

【００１８】

請求項１１の発明は、請求項１、９又は１０の発明において、前記光学部材はくさび形状より成るくさびプリズム又はくさびレンズであることを特徴としている。

【００１９】

請求項１２の発明は、請求項１の発明において、前記結像レンズ系を構成するレンズのうち少なくとも１つのレンズのレンズ面には回転対称な非球面が施されていることを特徴

としている。

【００２０】

請求項１３の発明は、請求項１又は２の発明において、前記光源は赤外光源であることを特徴としている。

【００２１】

請求項１４の発明の画像観察装置は、表示手段に表示した画像からの光束を入射させる入射面と、該入射面からの光束を全反射させる第１の作用面と、該第１の作用面からの光束を該第１の作用面側方向へ反射させる第２の作用面、そして該第２の作用面からの光束を出射させる該第１の作用面の一部に設けた出射面と、を有する光学ブロックから成る正の屈折力の光学素子を介して観察者側に導光して、該画像の虚像を観察する画像観察系と、

光源からの光束で観察者の眼球を照明し、該眼球からの反射光を該光学素子の出射面と該第２の作用面に設けた少なくとも１つの開口部Ａを介して射出させた後、該光学素子を通過させたことにより発生する非点収差を補正する為の光学部材を介して結像レンズにより受光素子面上に眼球像を形成し、該受光素子からの信号を用いて該観察者の眼球の視線を検出する視線検出系とを有し、

該表示手段に表示した画像を観察する際に該視線検出系からの視線情報を利用していることを特徴としている。

【００２２】

請求項１５の発明は、請求項１４の発明において、前記第２の作用面の一部の領域には前記表示手段に表示した画像からの光束を反射させる反射膜が形成されており、前記開口部Ａは該反射膜の一部の領域に設けられていることを特徴としている。

【００２３】

請求項１６の発明は、請求項１４の発明において、前記光源からの光束を前記第２の作用面の一部に設けた開口部Ａ´と、前記第１の作用面とを通過させて観察者の眼球に導光していることを特徴としている。

【００２４】

請求項１７の発明は、請求項１４又は１５の発明において、前記開口部Ａ上には可視光を反射し、赤外光を透過するダイクロイック膜が形成されていることを特徴としている。

【００２５】

請求項１８の発明は、請求項１４又は１５の発明において、前記開口部Ａ内の一部の領域には前記表示手段に表示した画像からの光束を反射させる複数の反射膜が設けられていることを特徴としている。

【００２６】

請求項１９の発明は、請求項１４又は１６の発明において、前記第１の作用面と前記第２の作用面は回転非対称の曲面より成っていることを特徴としている。

【００２７】

請求項２０の発明は、請求項１４の発明において、前記入射面と第１の作用面と第２の作用面は回転対称軸を有しない３次元曲面より構成されていることを特徴としている。

【００２８】

請求項２１の発明は、請求項１４、１５、１６、１９又は２０の発明において、前記第２の作用面は前記観察者の眼球に対して上下方向又は左右方向に傾斜されていることを特徴としている。

【００２９】

請求項２２の発明は、請求項１４、１５又は１８の発明において、前記表示手段は該観察者の眼球に対して上下方向又は左右方向に設けられていることを特徴としている。

【００３０】

請求項２３の発明は、請求項１４の発明において、前記光学部材の少なくとも１つの面には曲率が付けられていることを特徴としている。

【００３１】

請求項２４の発明は、請求項１４又は２３の発明において、前記光学部材は内部反射面を有していることを特徴としている。

【００３２】

請求項２５の発明は、請求項１４、２３又は２４の発明において、前記光学部材はくさび形状より成るくさびプリズム又はくさびレンズであることを特徴としている。

【００３３】

請求項２６の発明は、請求項１４の発明において、前記結像レンズ系を構成するレンズのうち少なくとも１つのレンズのレンズ面には回転対称な非球面が施されていることを特徴としている。

【００３４】

請求項２７の発明は、請求項１４又は１６の発明において、前記光源は赤外光源であることを特徴としている。

【００３７】

【実施例】

図１（Ａ）は本発明の実施例１の要部概略図、図１（Ｂ）は図１（Ａ）に示した光学素子の第２の作用面の説明図である。

【００３８】

図中、１は光学素子（観察光学素子）であり、全反射面と出射面とを併用する第１の作用面ａ、反射面と一部開口部（透過部）を有する第２の作用面ｂ、入射面としての第３の作用面ｃを有し、全体として正の屈折力を有した光学ブロックより成り、基本光軸Ｌに対して全体としてくさび状の形状より成っている。光学素子１の第２の作用面ｂは観察者の眼Ｉの上下方向に対して傾斜しており、該第２の作用面ｂの一部に後述する表示手段２で表示した画像からの光束を反射させる反射膜Ｍを形成しており、かつその中央部に観察者の眼球からの反射光を通過させる所定形状より成る開口部Ａを設けている。

【００３９】

又、本実施例における光学素子１は像性能と歪みを補正し、テレセントリックな系とする為に３つの作用面ａ，ｂ，ｃをそれぞれ回転対称軸を有しない３次元曲面で構成しており、本実施例の３つの作用面ａ，ｂ，ｃは基本光軸Ｌを含む垂直面（紙面に平行な平面）にのみ対称な曲面形状にしている。

【００４０】

２は表示手段であり、例えば液晶画像表示素子などで構成して画像（映像）を表示している。表示手段２は観察者の上方(第１の作用面ａの傾きが図の逆ならば下方）に配置している。

【００４１】

３（３ａ，３ｂ）は光源としての赤外光源であり、観察者の眼球（眼）Ｉの前眼部を赤外光で照明している。赤外光源３は基本光軸（中心軸）Ｌを含む垂直面（紙面に平行な平面）に対して対称に少なくとも２個、斜め下方から観察者の眼Ｉを照明するように配置している。

【００４２】

５は光学素子１の第１の作用面ａと第２の作用面ｂを介したときに発生する非点収差を補正する光学部材としてのくさび形状より成るくさびプリズムであり、光学素子１側のプリズム面（透過面）には曲率を付けている。本実施例では、後述するように、このくさびプリズム５によりくさび形状より成る光学素子１で発生する非点収差を良好に補正して高精度の視線検出を行なっている。

【００４３】

４は結像レンズ系であり、２つの正レンズ４ａ，４ｂを有しており、正レンズ４ａの両レンズ面に回転対称な非球面を施しており、観察者の眼および眼の角膜反射像を縮小結像している。

【００４４】

６は受光素子であり、例えば光電変換素子などで構成して結像レンズ系４で形成された像

を検出している。尚、後述する視線検出系で観察者の眼Ｉから絞りに至るまでの光路を図中Ｅで示し、観察者の眼Ｉと表示手段２の中心を結ぶ線を基本光軸Ｌとして示している。

【００４５】

以上の各要素のうち、表示手段２、光学素子１等は画像観察系の一要素を構成しており、赤外光源３、くさびプリズム５、結像レンズ系４、受光素子６等は視線検出系の一要素を構成している。

【００４６】

次に画像観察系の光学作用について説明する。表示手段２で表示した画像からの光束は第３の作用面（入射面）ｃに入射して、第１の作用面ａで全反射し、第２の作用面ｂに形成された反射膜Ｍで反射されて第１の作用面ａに向かい、該第１の作用面ａを透過・屈折して光学素子１を射出し、観察者の視度に適合した拡がり角(収束角または平行）の光束となって観察者の眼Ｉに入射する。これにより観察者の前方に虚像を形成している。

【００４７】

観察者の視度に対する調整は表示手段２を光学素子１の光軸Ｌに沿って平行移動することにより行なっている。

【００４８】

次に視線検出系の光学作用について説明する。２つの赤外光源３ａ，３ｂから発した赤外光は、図１に示すように基本光軸Ｌとは異なる方向から観察者の眼球の前眼部を照明する。照明光は観察者の角膜及び瞳孔で反射散乱され、これらの反射光は光学素子１の第１の作用面ａより入射し、第２の作用面ｂに形成した反射膜Ｍの中央部に設けた開口部Ａを通過してくさびプリズム５を介し結像レンズ系４により受光素子６上に結像される。

【００４９】

そして角膜で反射した光はプルキンエ像を形成し、瞳孔で散乱した光は瞳孔像を形成する。そして受光素子６から得られるプルキンエ像と瞳孔の画像を基に視線検出回路（不図示）によって観察者の視線方向を検出している。尚、このときの検出方法は、例えば本出願人が特開平３－１０９０２９号公報に開示している方法が適用できる。

【００５０】

同公報では受光手段を構成する複数の光電素子列のうちから所定の２つの光電素子列を適切に選択し、該選択した２つの光電素子列より角膜反射像と虹彩反射像に基づく情報を得ることにより観察者の視線を高精度に算出している。

【００５１】

本実施例では前述の如く結像レンズ系４を構成するレンズの少なくとも１つのレンズのレンズ面に非球面を施しており、これにより軸外における結像性能を向上させている。

【００５２】

本実施例の光学素子１は前述の如く基本光軸Ｌに対してくさび状の形状より成っている。この為、光学素子１で発生する非点収差を補正する為に、くさび形状より成るくさびプリズム（非点収差を補正する光学部材）５を結像レンズ系４に用いることによって効果的に補正している。更に本実施例ではくさびプリズム５の少なくとも１つの面（光学素子１側の透過面）に曲率を付けることによって更に非点収差を良好に補正している。

【００５３】

又、本実施例では反射膜Ｍに設けた開口部が単一の場合には、結像レンズ系４の絞りを、その開口部Ａ近傍に設けるのが良い。これにより開口部Ａの大きさを小さくすることができ、画像観察系（観察像）に対する中抜けを有効に防止することができる。尚望ましくは開口部Ａと絞りとが一致していることが良い。又この開口部Ａの大きさを２ｍｍより小さく設定することにより、眼の瞳径よりも小さくすることができ、これにより更に画像観察系に対する中抜けを有効に防止することができる。

【００５４】

又、本実施例では前述の如く観察者の眼Ｉを照明する光束に視感度の低い赤外光を用いている。そこで本実施例では、例えば結像レンズ系４に可視光をカットする部材（レンズ）を少なくとも１つ設けることによって、視線の検出精度を向上させている。

【００５５】
図２は本発明の実施例２の要部概略図である。同図において図１に示した要素と同一要素には同符番を付している。
【００５６】
本実施例において前述の実施例１と異なる点は光学素子の形状及び視線検出系の一部の構成であり、その他の構成及び光学的作用は略同様であり、これにより同様な効果を得ている。
【００５７】
即ち、２１は光学素子（観察光学素子）であり、全反射面と出射面とを併用する第１の作用面ａ、反射面と一部開口部（透過部）を有する第２の作用面ｂ、入射面としての第３の作用面ｃを有し、全体として正の屈折力を有した光学ブロックより成り、基本光軸Ｌに対して全体としてくさび状の形状より成っている。
【００５８】
光学素子２１の第２の作用面ｂは観察者の眼Ｉの上下方向に対して傾斜しており、該第２の作用面ｂの一部に後述する表示手段２からの光束を反射させる反射膜Ｍを形成しており、その中央部に観察者の眼球からの反射光を通過させる所定形状より成る開口部Ａを設けている。
【００５９】
又、光学素子２１は像性能と歪みを補正し、テレセントリックな系とする為に３つの作用面ａ，ｂ，ｃをそれぞれ回転対称軸を有しない３次元曲面で構成しており、本実施例の３つの作用面ａ，ｂ，ｃは基本光軸Ｌを含む垂直面（紙面に平行な平面）にのみ対称な曲面形状にしている。
【００６０】
２４は結像レンズ系であり、光学素子２１の第１の作用面ａと第２の作用面ｂを介したときに発生する非点収差を補正する光学部材としてのくさび形状より成るくさびレンズ２４ａと、光学素子２１側のレンズ面に回転対称な非球面を施した正レンズ（結像レンズ）２４ｂとを有し、該くさびレンズ２４ａは光学素子１の第２の作用面ｂと僅かな空気間隔を隔てて配置している。これにより結像レンズ系４を少ないレンズ枚数で構成することができ、装置全体の小型化を図っている。又このくさびレンズ２４ａの斜めの面（傾斜面）２４ａ１に曲率を付けることにより第２の作用面ｂで発生する偏心収差を更に良好に補正している。更にこの傾斜面２４ａ１の形状を第２の作用面ｂの形状と同一又はそれに近い形状とし、例えば該第２の作用面ｂと接合することで傾斜面の屈折を無くすことにより、更に光学性能を向上させている。
【００６１】
尚、本実施系における各要素のうち表示手段２、光学素子２１等は画像観察系の一要素を構成しており、赤外光源３、くさびレンズ２４ａ、結像レンズ２４ｂ、受光素子６等は視線検出系の一要素を構成している。
【００６２】
図３は本発明の実施例３の要部概略図である。同図において図２に示した要素と同一要素には同符番を付している。
【００６３】
本実施例では画像観察系を観察者に対して横に展開した例であり、前述の実施例２と異なる点は光学素子２１の第２の作用面ｂを観察者の眼の左右方向に対して傾斜させ、かつ表示手段２を観察者の左方（又は右方）方向に対して配置させたことであり、その他の構成及び光学的作用は実施例２と略同様であり、これにより同様な効果を得ている。
【００６４】
図４（Ａ）は本発明の実施例４の要部概略図、図４（Ｂ）は図４（Ａ）に示した光学素子の第２の作用面の一部分の説明図である。同図において図２に示した要素と同一要素には同符番を付している。
【００６５】

本実施例において前述の実施例２と異なる点は第２の作用面ｂに設けた開口部Ａ上に赤外光を透過させ、可視光を反射させるダイクロイック膜Ｄを形成し、観察像の中抜けを更に有効に防止したことであり、その他の構成及び光学的作用は実施例２と略同様であり、これにより同様な効果を得ている。

【００６６】

即ち、図４（Ｂ）においてＡは第２の作用面ｂの一部に設けた開口部であり、この開口部Ａ上に赤外光を透過させ、可視光を反射させるダイクロイック膜Ｄを形成している。これにより本実施例では視線検出の為の赤外光を透過させ、観察像を観察する為の可視光を反射させることによって、画像観察系及び視線検出系を適切に構成している。

【００６７】

尚、本実施例において第２の作用面の領域Ｍ全体に表示手段に表示した画像からの光束（可視光）を反射させ、赤外光源からの光束（赤外光）を透過させる反射膜（ダイクロイック膜）を施しても良い。

【００６８】

図５（Ａ）は本発明の実施例５の要部概略図、図５（Ｂ）は図５（Ａ）に示した光学素子の第２の作用面の説明図である。図５において図２に示した要素と同一要素には同符番を付している。

【００６９】

本実施例において前述の実施例２と異なる点は赤外光源３を光学素子２１の第２の作用面ｂの外側（光学素子２１に対して観察者の眼Ｉと反対側）の位置に設け、かつ該第２の作用面ｂに形成した反射膜Ｍの一部に該赤外光源３から発する赤外光が通過する２つの開口部Ａ１，Ａ２を設けたことであり、その他の構成及び光学的作用は実施例２と略同様であり、これにより同様な効果を得ている。

【００７０】

即ち、図５（Ｂ）においてＡ１，Ａ２は各々反射膜Ｍに設けた所定形状より成る開口部であり、赤外光源３（３ａ，３ｂ）から発する赤外光をこの２つの開口部Ａ１，Ａ２を通過させることにより観察者の眼球の前眼部を照明するようにしている。

【００７１】

本実施例における画像観察系の光学作用については前述した実施例１と同様である。ここでは視線検出系の光学作用について説明する。

【００７２】

第２の作用面ｂの外側に設けた赤外光源３（３ａ，３ｂ）から発した赤外光は該第２の作用面ｂに形成した反射膜Ｍの一部（図面上、下方）に設けた開口部Ａ´（本実施例では２つの開口部Ａ１，Ａ２）を通過し、第１の作用面ａを透過し・屈折して、基本光軸Ｌとは異なる方向から観察者の眼球の前眼部を照明している。照明光は前述の実施例２と同様に観察者の角膜、瞳孔で反射散乱され、これらの反射光は光学素子１の第１の作用面ａより入射し、第２の作用面ｂの反射膜Ｍの中央部に設けた開口部Ａを通過してくさびレンズ２４ａを通り結像レンズ２４ｂにより受光素子６上に結像される。

【００７３】

そして角膜で反射した光はプルキンエ像を形成し、瞳孔で散乱した光は瞳孔像を形成する。そして受光素子６から得られるプルキンエ像と瞳孔の画像を基に視線検出回路（不図示）によって観察者の視線方向を検出している。

【００７４】

図６は本発明の実施例６の要部概略図である。同図において図１に示した要素と同一要素には同符番を付している。

【００７５】

本実施例において前述の実施例２と異なる点は視線検出系の一部の構成であり、その他の構成及び光学的作用は実施例２と略同様であり、これにより同様な効果を得ている。

【００７６】

即ち、６４は結像レンズ系であり、内部反射面を有するくさび形状より成るくさびレンズ

（非点収差を補正する光学部材）６４ａと正レンズ（結像レンズ）６４ｂとを有しており、該くさびレンズ６４ａの内部反射面を利用して結像レンズ系の光軸を屈曲せしめている。

【００７７】

本実施例におけるくさびレンズ６４ａは射出面近傍に１次像を形成し、この１次像を結像レンズ６４ｂにより受光素子６面上に再結像させている。これにより本実施例では結像レンズ系を図面上、上方又は下方に展開させることにより、装置全体の小型化を図っている。

【００７８】

図７（Ａ）は本発明の実施例７の要部概略図、図７（Ｂ）は図７（Ａ）に示した第２の作用面の説明図、図７（Ｃ）は図７（Ｂ）に示した一部分の拡大説明図である。同図において図２に示した要素と同一要素には同符番を付している。

【００７９】

本実施例において前述の実施例２と異なる点は第２の作用面ｂに形成された反射膜Ｍの中央付近に所定形状より成る多数の小さな開口部Ａを設けたことと、視線検出系の一部の構成であり、その他の構成及び光学的作用は実施例２と略同様であり、これにより同様な効果を得ている。

【００８０】

即ち、図中７５は非点収差を補正する光学部材としてのくさび形状より成るくさびプリズムであり、そのプリズム面（光学素子１側の透過面）に曲率を付けている。７４は結像レンズ系であり、該結像レンズ系７４を構成する少なくとも１つのレンズのレンズ面に回転対称な非球面を施しており、観察者の眼および眼の角膜反射像を縮小結像している。

【００８１】

ｂは光学素子２１の第２の作用面であり、図７（Ｂ），（Ｃ）に示すようにその一部に表示手段２からの光束を反射させる反射膜Ｍを形成しており、かつその中央部に観察者の眼球からの反射光を通過させる所定形状より成る多数の小さな開口部Ａを設けている。

【００８２】

本実施例において画像観察系の光学作用については前述した実施例１と同様である。ここでは視線検出系の光学作用について説明する。

【００８３】

赤外光源３から発した赤外光は基本光軸Ｌとは異なる方向から観察者の眼球の前眼部を照明する。照明光は前述の実施例２と同様に観察者の角膜、瞳孔で反射散乱され、これらの反射光は光学素子１の第１の作用面ａより入射し、第２の作用面ｂに形成した反射膜Ｍの中央部に設けた多数の開口部Ａを通過して、くさびプリズム７５を介し結像レンズ系７４により受光素子６上に結像される。

【００８４】

そして角膜で反射した光はプルキンエ像を形成し、瞳孔で散乱した光は瞳孔像を形成する。そして受光素子６から得られるプルキンエ像と瞳孔の画像を基に視線検出回路（不図示）によって観察者の視線方向を検出している。

【００８５】

このとき第２の作用面ｂにおける結像レンズ系７４の光束有効部を大きく設定しても、開口部Ａによる画像観察系のケラレが生じないので、該結像レンズ系７４の絞りは開口部Ａに設けなくとも良い。これにより結像レンズ系を簡略化でき、更に小型化を図ることができる。

【００８６】

又、本実施例では図７（Ｂ），（Ｃ）に示すように反射膜Ｍの中央部に多数の小さな開口部Ａを設けたが、これに限らず、例えば図８に示すように大きい開口部ＬＡ内に多数の反射部S_mを設けるように形成しても本発明は前述の実施例と同様に適用することができる。

【００８７】

次の本発明に係る視線検出系の数値実施例１，２を以下に示す。数値実施例１は前述した実施例１に、又数値実施例２は前述した実施例２に基づいている。面番号は観察者の眼Ｉ側から数えている。最後の２つの面は受光素子の材料の面である。

数値実施例１

【００８８】

【数１】

面	R (mm)	d (mm)	n	シフト(mm)	チルト(deg)
1	自由曲面	10.35	1.49	1.73	16.00
2	自由曲面	-0.70		3.28	-13.80
3	∞	3.00	1.49	0.00	-15.00
4	∞	2.00		0.00	16.00
5	-27.083	2.40	1.49	1.45	0.00
6	回転非球面	0.30		1.45	0.00
7	回転非球面	2.21	1.49	1.45	0.00
8	-8.38	0.50		1.45	0.00
9	∞	0.87	1.49	1.45	0.00
10	∞			1.45	0.00

図９は本発明の数値実施例における座標系を表わす説明図であり、ｄは基本光軸上の各面の間隔で、シフト、チルトは基本光軸（A_0）に対する実際の面頂点（Ｐ）の移動量（ｄＹ）と傾き（θ）を表わす。各面はシフト、チルトで変換されたローカルな座標系で定義される。第１面、第２面は自由曲面で、２次曲面に以下の多項式で表わされる非球面項を有する。自由曲面を表わす式は次のようになる。

【００８９】

【数２】

$$
\begin{aligned}
z = {} & \frac{c(x^2+y^2)}{1+\sqrt{1-(1+k)c^2(x^2+y^2)}} + c_2 \\
& + c_4 y \\
& + c_5(x^2-y^2) \\
& + c_6(-1+2x^2+2y^2) \\
& + c_{10}(-2y+3x^2y+3y^3) \\
& + c_{11}(3x^2y-y^3) \\
& + c_{12}(x^4-6x^2y^2+y^4) \\
& + c_{13}(-3x^2+4x^4+3y^2-4y^4) \\
& + c_{14}(1-6x^2+6x^4-6y^2+12x^2y^2+6y^4)
\end{aligned}
$$

第６面、第７面は回転対称の非球面で次の式で表わす。

【００９０】

【数３】

$$Z=\frac{cY^2}{1+\sqrt{1-(1+k)(cY)^2}}+AY^4+BY^6+CY^8+DY^{10}+EY^{12}$$

各面の非球面係数は次のようになる。

【００９１】

【数４】

R1		R2	
c	-5.017e-4	c	-1.127e-2
k	-6.662e+3	k	4.620e+0
c2	0.000e+0	c2	0.000e+0
c4	0.000e+0	c4	0.000e+0
c5	-1.104e-5	c5	-1.087e-3
c6	-5.061e-5	c6	-2.514e-6
c10	-1.104e-5	c10	-7.495e-6
c11	8.647e-6	c11	8.647e-6
c12	1.883e-7	c12	1.883e-7
c13	1.802e-7	c13	-2.302e-7
c14	-4.616e-8	c14	3.059e-7

【００９２】

【数５】

R6		R7	
c	-4.382e-1	c	3.404e-1
k	-8.813e-1	k	-1.442e-1
A	3.699e-3	A	5.579e-3
B	1.198e-3	B	6.032e-4
C	-1.493e-4	C	-6.459e-4
D	4.780e-6	D	-1.015e-5
E	0.000e+0	E	0.000e+0

数値実施例２

【００９３】

【数６】

面	R (mm)	d (mm)	n	シフト(mm)	チルト(deg)
1	自由曲面	7.77	1.49	-13.66	8.17
2	自由曲面	1.50		1.18	-23.57
3	-38.764	2.39	1.49	1.18	-23.57
4	-3.719	0.40		0.15	0.00
5	2.72	2.40	1.49	0.15	0.00
6	回転非球面	0.50		0.15	0.00
7	∞	0.60	1.49	0.15	0.00
8	∞			0.15	0.00

第１面、第２面は数値実施例１と同様な自由曲面であり、第６面は回転対称の非球面である。

【００９４】

各面の非球面係数は次のようになる。

【００９５】

【数７】

R1		R2	
c	-4.165e-3	c	-1.511e-2
k	9.462e+1	k	4.597e+0
c2	0.000e+0	c2	0.000e+0
c4	0.000e+0	c4	0.000e+0
c5	-4.399e-3	c5	-1.832e-3
c6	-2.966e-4	c6	-2.762e-4
c10	-1.286e-5	c10	-2.063e-5
c11	-1.699e-6	c11	2.010e-5
c12	1.383e-7	c12	3.243e-7
c13	9.559e-7	c13	-8.128e-7
c14	-3.688e-8	c14	-3.688e-8

【００９６】

【数８】

R6	
c	-4.129e-1
k	-2.218e+1
A	-5.919e-2
B	4.894e-2
C	-1.537e-2
D	1.914e-3
E	0.000e+0

【００９７】

【発明の効果】

本発明によれば前述の如く、特にビデオカメラ等のファインダーや観察者の頭部に装着して、表示手段に表示した画像情報を観察できるようにした画像観察装置、所謂ヘッドマウ

ントディスプレイなどにおいて、表示手段で表示された画像情報を拡大観察する画像観察系と、観察者の視線を検出する視線検出系を適切に設定することにより、装置全体の小型化を実現し、更に視線情報に基づいて画像観察系の表示手段に表示する画像情報やその他の機能を種々と制御できる視線検出系を有した画像観察装置を達成することができる。

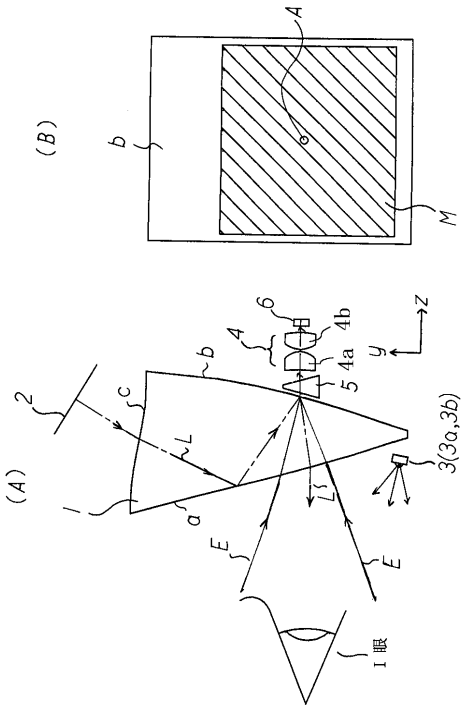
【図面の簡単な説明】

【図１】　本発明の実施例１の要部概略図
【図２】　本発明の実施例２の要部概略図
【図３】　本発明の実施例３の要部概略図
【図４】　本発明の実施例４の要部概略図
【図５】　本発明の実施例５の要部概略図
【図６】　本発明の実施例６の要部概略図
【図７】　本発明の実施例７の要部概略図
【図８】　本発明の実施例７の変形例を示す説明図
【図９】　本発明の数値実施例における座標系を表わす説明図
【図１０】　従来の画像観察装置の要部概略図
【図１１】　従来の画像観察装置の要部概略図

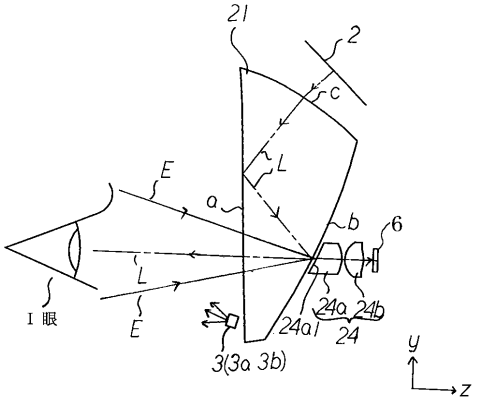
【符号の説明】

１，２１　　光学素子
２　　表示手段
３，５３　　光源
４，７４　　結像レンズ系
５，７５　　くさびプリズム
６　　受光素子
２４ａ，６４ａ　くさびレンズ
２４ｂ，６４ｂ　結像レンズ
Ａ，Ａ１，Ａ２，ＬＡ　開口部
Ｍ，S_m　　反射膜
Ｄ　　ダイクロイック膜

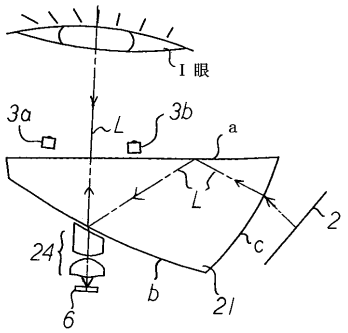
【図１】


(B)
b
A
M
(A)
2
c
b
L
a
1
E
E
L
4
6
4b
4a
5
3(3a,3b)
I 眼
y
z

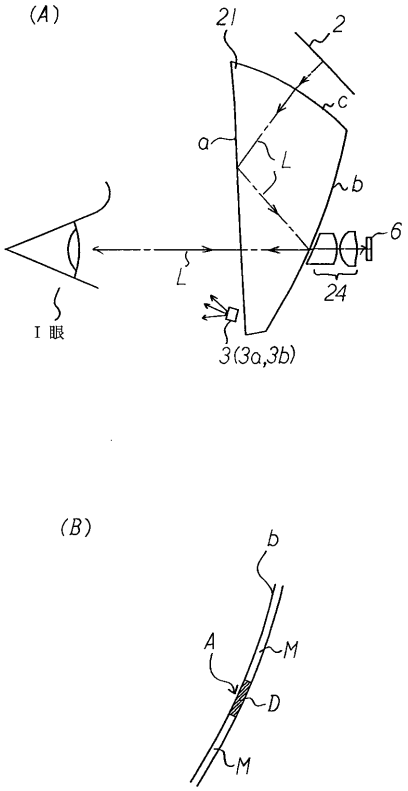
【図２】


21
2
c
L
E
a
b
6
L
E
I 眼
24a
24b
24a1
24
3(3a 3b)
y
z

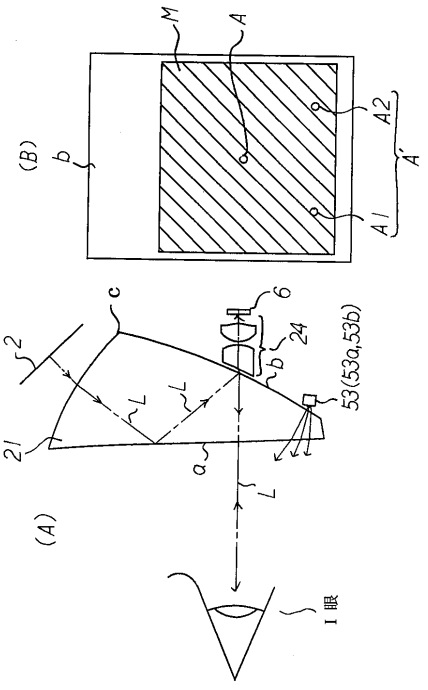
【図３】


I 眼
3a
L
3b
a
L
2
c
24
b
21
6

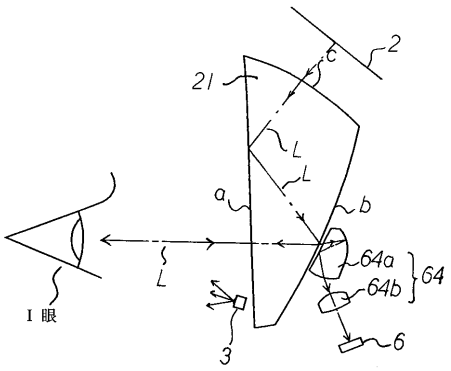
【図４】


(A)
21
2
c
a
L
b
6
L
24
I 眼
3(3a,3b)
(B)
b
A
M
D
M

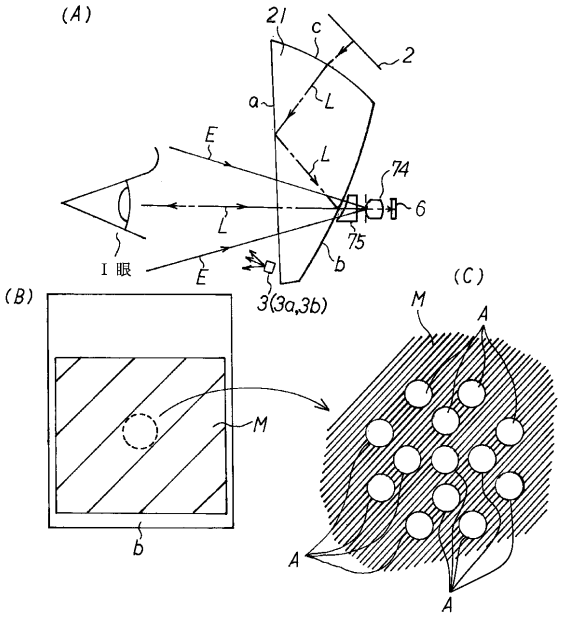
【図５】


M
A
(B)
b
A2
A'
A1
c
6
2
24
b
53(53a,53b)
L
L
21
a
L
(A)
I 眼

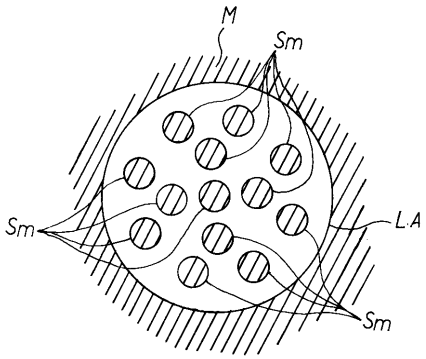
【図６】



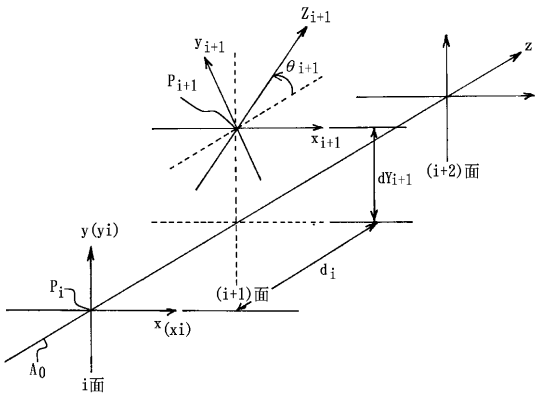
【図７】



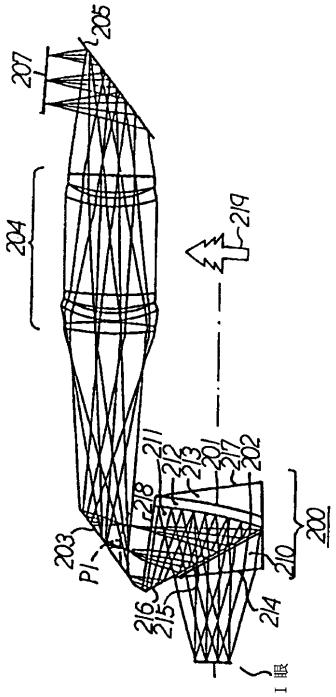
【図８】



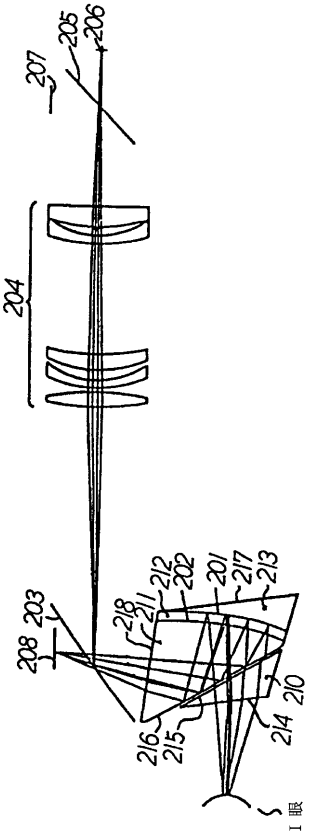
【図９】



【図１０】



【図１１】


207
205
206
204
208
203
218
211
212
202
201
217
213
210
214
216
215
眼I

フロントページの続き

(56)参考文献 特開平０６－３２４２８３（ＪＰ，Ａ）
米国特許第０４３２２１３５（ＵＳ，Ａ）
特開平０５－１５４１０６（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.[7]，ＤＢ名)
G02B 27/02
G02B 17/00 - 08