

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7183003号
(P7183003)

(45)発行日 令和4年12月5日(2022.12.5)

(24)登録日 令和4年11月25日(2022.11.25)

(51)国際特許分類

F I

G 0 2 B 27/02 (2006.01)

G 0 2 B 27/02

Z

請求項の数 10 (全18頁)

(21)出願番号	特願2018-215326(P2018-215326)	(73)特許権者	000001007
(22)出願日	平成30年11月16日(2018.11.16)		キヤノン株式会社
(65)公開番号	特開2020-85956(P2020-85956A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43)公開日	令和2年6月4日(2020.6.4)	(74)代理人	100114775
審査請求日	令和3年11月10日(2021.11.10)		弁理士 高岡 亮一
		(74)代理人	100121511
			弁理士 小田 直
		(72)発明者	東原 正和
			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	北上 真梨奈
			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	横井 亜矢子

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 画像表示装置、接眼光学系、及び、接眼光学系の製造方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

画像表示素子と、該画像表示素子の矩形の画像表示領域からの光を観察者に導く接眼光学系とを有する画像表示装置であって、

前記接眼光学系は、偏光素子と、外周の一部に成形ゲート跡が設けられた光学素子とを含み、

前記接眼光学系の光軸に垂直な断面における前記光学素子の外形は矩形であり、
前記画像表示素子及び前記光学素子を前記光軸方向から見たときの、前記成形ゲート跡に最も近い前記画像表示領域の頂点と前記光軸とを結ぶ直線と、前記成形ゲート跡の中心と前記光軸とを結ぶ直線とのなす角を A とするとき、

$$|A| \geq 20^\circ$$

なる条件式を満足することを特徴とする画像表示装置。

【請求項2】

$|A| \geq 15^\circ$ なる条件式を満足することを特徴とする請求項1に記載の画像表示装置。

【請求項3】

前記成形ゲート跡の断面積を S 、前記成形ゲート跡と前記光学素子の光学有効領域との最短距離を L とするとき、

$$1 \leq L/S \leq 4$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項1又は2に記載の画像表示装置。

【請求項4】

前記光学素子は、光学有効領域と前記成形ゲート跡との間に位置する非光学有効領域を含むことを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の画像表示装置。

【請求項 5】

前記接眼光学系は、前記光学素子としての第 1 及び第 2 の光学素子を含み、
前記第 1 の光学素子には前記成形ゲート跡としての第 1 の成形ゲート跡が設けられ、
前記第 2 の光学素子には前記成形ゲート跡としての第 2 の成形ゲート跡が設けられ、
前記第 1 及び第 2 の光学素子を前記光軸方向から見たときの、前記光軸と前記第 1 の成形ゲート跡の中心とを結ぶ直線と、前記光軸と前記第 2 の成形ゲート跡の中心とを結ぶ直線とのなす角を B とするとき、

$$60^\circ \leq B \leq 120^\circ$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載の画像表示装置。

【請求項 6】

前記画像表示素子としての右眼用の画像表示素子及び左眼用の画像表示素子と、前記接眼光学系としての右眼用の接眼光学系及び左眼用の接眼光学系とを有し、

前記右眼用の接眼光学系は、前記光学素子としての右眼用の光学素子を含み、

前記左眼用の接眼光学系は、前記光学素子としての左眼用の光学素子を含み、

前記右眼用の光学素子及び前記左眼用の光学素子を前記右眼用の接眼光学系の光軸方向から見たときの、前記右眼用の接眼光学系の光軸と前記右眼用の光学素子の成形ゲート跡の中心とを結ぶ直線と、前記左眼用の接眼光学系の光軸と前記左眼用の光学素子の成形ゲート跡の中心とを結ぶ直線とのなす角を θ とするとき、

$$\theta \leq 30^\circ$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載の画像表示装置。

【請求項 7】

前記接眼光学系は、前記画像表示素子の側から前記観察者の側へ順に配置された、第 1 の $\lambda/4$ 板、半透過反射面、第 2 の $\lambda/4$ 板、反射偏光板を含み、

前記反射偏光板は、第 1 の直線偏光を反射し、かつ偏光方向が該第 1 の直線偏光と直交する第 2 の直線偏光を透過させることを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載の画像表示装置。

【請求項 8】

前記第 1 の $\lambda/4$ 板の遅相軸と前記第 1 の直線偏光の偏光方向とのなす角が 45° であり、

前記第 2 の $\lambda/4$ 板の遅相軸と前記第 1 の直線偏光の偏光方向とのなす角が -45° であることを特徴とする請求項 7 に記載の画像表示装置。

【請求項 9】

前記接眼光学系は、前記画像表示素子と前記第 1 の $\lambda/4$ 板との間に配置され、前記第 1 の直線偏光を透過させる第 1 の偏光板を含むことを特徴とする請求項 7 または 8 に記載の画像表示装置。

【請求項 10】

前記接眼光学系は、前記反射偏光板と前記観察者との間に配置され、前記第 2 の直線偏光を透過させる第 2 の偏光板を含むことを特徴とする請求項 7 から 9 のいずれか一項に記載の画像表示装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

画像表示装置、接眼光学系、及び、接眼光学系の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

バーチャルリアリティ（VR）用、あるいは、一人で大画面の観察像を楽しむことなど

10

20

30

40

50

を目的として、ヘッドマウントディスプレイ（HMD）の開発が進められている。ヘッドマウントディスプレイ等に用いる画像表示装置としては、自然な観察をおこない、臨場感を増すために、広画角の画像提示が望まれている。また、頭部装着型の画像表示装置としては軽量であることが望ましい。

【0003】

広画角の画像提示を達成する技術として、偏光を利用して光路を折り畳む接眼光学系が提案されている。この偏光を利用した接眼光学系を軽量化するために、接眼光学系を構成するレンズを樹脂レンズにすることが考えられるが、樹脂レンズは成形時に複屈折等の光学歪み（以下簡単のために複屈折と略す）が発生してしまう。偏光を利用した接眼光学系で複屈折が発生すると、光量低下・光量ムラ・色ムラなどの悪影響が起きうる。特にレンズをモールド成形する際に形成される成形ゲート付近で発生する複屈折が大きい場合、偏光を利用した接眼光学系では、成形ゲート付近での画質が低下する。

10

【0004】

樹脂レンズの成形ゲート付近での複屈折を低減する例として、特許文献1、2等が開示されている。特許文献1では、樹脂レンズの成形ゲート位置を光学有効領域から遠ざけることで成形ゲート付近の複屈折の影響を受けにくくしている。特許文献2では、光学有効領域と成形ゲート位置との間に非光学有効領域を設けることで、光学有効領域での複屈折を低減している。

【先行技術文献】

【特許文献】

20

【0005】

【文献】特開2018-10031号公報

特開平05-040203号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、特許文献1に記載の樹脂レンズでは成形ゲート位置が観察画像の最大画角の方向ではないため、成形ゲート位置が光学有効領域から遠いものの複屈折の影響を受けた画像を観察しやすい。特許文献2に記載の樹脂レンズでは成形ゲート位置と光学有効領域との間に非光学有効領域が設けられているが、特許文献1と同様に成形ゲート位置が最大画角の方向ではないため、複屈折の影響を受けた画像を観察しやすい。

30

【0007】

本発明は、例えば、偏光を利用した接眼光学系の光学素子において、複屈折による画質低下を低減する点で有利な画像表示装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記課題を解決するために、本発明は、画像表示素子と、該画像表示素子の矩形の画像表示領域からの光を観察者に導く接眼光学系とを有する画像表示装置であって、前記接眼光学系は、偏光素子と、外周の一部に成形ゲート跡が設けられた光学素子とを含み、

前記接眼光学系の光軸に垂直な断面における前記光学素子の外形は矩形であり、
前記画像表示素子及び前記光学素子を前記光軸方向から見たときの、前記成形ゲート跡に最も近い前記画像表示領域の頂点と前記光軸とを結ぶ直線と、前記成形ゲート跡の中心と前記光軸とを結ぶ直線とのなす角を A とするとき、

40

$$|A| \geq 20^\circ$$

なる条件式を満足することを特徴とする。

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、例えば、偏光を利用した接眼光学系の光学素子において、複屈折による画質低下を低減することができる。

【図面の簡単な説明】

50

【 0 0 1 0 】

【図 1】第 1 実施形態に係る画像表示装置の概略図である。

【図 2】第 1 実施形態に係る接眼光学系の詳細を説明する図である。

【図 3】HMD の外観図である。

【図 4】ゴースト光を説明する図である。

【図 5】第 1 実施形態に係る右眼用接眼光学系のレンズの成形ゲート位置について説明する図である。

【図 6】第 2 実施形態に係る画像表示装置の概略図である。

【図 7】第 2 実施形態に係るレンズ 2 0 4 の成形ゲート位置を説明する図である。

【図 8】第 2 実施形態に係るレンズ 2 0 6 の成形ゲート位置を説明する図である。

10

【図 9】第 2 実施形態に係るレンズ 2 0 5 の成形ゲート位置を説明する図である。

【図 1 0】第 3 実施形態に係る画像表示装置の概略図である。

【図 1 1】第 3 実施形態に係る右眼用接眼光学系のレンズ 3 0 4 の成形ゲート位置について説明する図である。

【図 1 2】第 3 実施形態に係る左眼用接眼光学系のレンズ 3 0 6 の成形ゲート位置について説明する図である。

【図 1 3】左右のレンズのモールド成形について説明する図である。

【図 1 4】レンズの鼻逃げ部の加工について説明する図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 1 】

20

以下、本発明の実施形態について図面を参照して詳細に説明する。各図において、同一の部材については、同一の参照番号を付し、重複する説明は省略する。

【 0 0 1 2 】

(第 1 実施形態)

図 1 の画像表示装置の接眼光学系を参照して第 1 実施形態に係る画像表示装置の構成を説明する。図 1 は、第 1 実施形態に係る画像表示装置の概略図である。図中、1 0 1 は画像表示装置としての HMD、1 0 2 は観察者の右眼、1 0 3 は観察者の左眼である。レンズ 1 0 4、レンズ 1 0 5、レンズ 1 0 6、レンズ 1 0 7 で右眼用接眼光学系を構成し、レンズ 1 0 8、レンズ 1 0 9、レンズ 1 1 0、レンズ 1 1 1 で左眼用接眼光学系を構成している。1 1 2 は右眼用画像表示素子、1 1 3 は左眼用画像表示素子であり、有機 E L ディスプレイである。右眼用画像表示素子 1 1 2 および左眼用画像表示素子の画像を表示することが可能な領域(画像表示領域)は、それぞれ矩形である。

30

【 0 0 1 3 】

右眼用接眼光学系は右眼用画像表示素子 1 1 2 に表示された原画像を拡大投影して観察者の右眼 1 0 2 に導き、左眼用接眼光学系は左眼用画像表示素子 1 1 3 に表示された原画像を拡大投影して観察者の左眼 1 0 3 に導く。右眼用接眼光学系と左眼用接眼光学系の水平表示画角は 7 0 °、垂直表示画角 4 0 °、対角表示画角 7 6 °であり、HMD 1 0 1 と観察者の眼球との距離(アイレリーフ)は 2 0 mm である。

【 0 0 1 4 】

本実施形態の接眼光学系は偏光素子を含み、偏光を利用して光路を折り畳む光学系である。なお、本明細書において、偏光素子は、 $\lambda/4$ 波長板、 $\lambda/2$ 波長板等の波長板(位相差付与部材)や、反射型の偏光板、透過型の偏光板等の偏光板等を含む、光の偏光方向によって作用が替わる光学素子を指す。また、液晶表示素子のように偏光機能を内蔵したものも含む。本実施形態の接眼光学系の光路について右眼用接眼光学系で説明する。図 2 は、第 1 実施形態に係る接眼光学系の詳細を説明する図である。まず、図 2 のようにレンズ 1 0 7 の右眼用画像表示素子 1 1 2 側の平面に、右眼用画像表示素子 1 1 2 側から順に偏光板 1 1 4 と $\lambda/4$ 板 1 1 5 を形成し、レンズ 1 0 5 のレンズ 1 0 6 側の面にハーフミラー 1 1 6 を蒸着する。ハーフミラー 1 1 6 を蒸着する面が半透過反射面として作用し、接眼光学系の中で最も光学パワーが強い面としている。

40

【 0 0 1 5 】

50

また、レンズ105のレンズ104側の平面に右眼用画像表示素子112側から順に / 4板117と反射偏光板のPBS (Polarizing Beam Splitter) 118を形成する。このとき、 / 4板115の遅相軸と、 / 4板117の遅相軸とは直交する関係になっている。したがって、偏光板114が透過する偏光方向と / 4板115の遅相軸が45°傾いているとき、偏光板114が透過する偏光方向と / 4板117の遅相軸は-45°傾いている。また、偏光板114が透過する偏光方向とPBS118が透過する偏光方向は直交している。尚、ここで遅相軸が45°傾いている、或いは-45°傾いている、については、実質的に45°、或いは-45°傾いていれば良く、例えば、絶対値が40°以上50°以下、より好ましくは43°以上47°以下であれば構わない。また、傾きのプラスとマイナスは、プラスを時計回りの方向、マイナスを反時計回りの方向とする。また、後段に出てくる同様の45°の記載についても、同様の幅を持っていると解釈する。

10

【0016】

このような構成の場合に、右眼用画像表示素子112から出射した光は偏光板114を透過して直線偏光となり、 / 4板115を透過して円偏光となる。ハーフミラー116を透過して / 4板117を透過して直線偏光になり、この直線偏光の偏光方向がPBS118で透過する偏光方向と直交しているため、PBS118で反射し / 4板117を透過して円偏光となる。ハーフミラー116で反射して / 4板117を透過して直線偏光になるが、この直線偏光の偏光方向は先ほどと異なり、PBS118で透過する偏光方向と一致するため、PBS118を透過して観察者の右眼102に導かれる。左眼用接眼光学系についても同様の光路である。

20

【0017】

本実施形態のように偏光を利用して光路を折り畳む光学系とすることで、薄型かつ接眼光学系の焦点距離を短くでき、広画角な画像観察を実現できる。

【0018】

図3は、HMD101の外観図である。HMD101は頭部装着型の画像表示装置であるため、軽量であることが望ましい。そのため、接眼光学系を構成するレンズは硝子よりも比重の小さい樹脂で製作することが望ましく、本実施形態のレンズはすべて樹脂レンズとしている。

【0019】

しかし、樹脂レンズをモールド成形で製作した場合には、成形時の残留応力の影響で複屈折が生じる。本実施形態のように偏光を利用した光学系の場合には、レンズ内の複屈折により上記で説明した正規の光路の光利用効率が下がり、波長ごとの光利用効率の差も生じることから、観察画像の光量低下、光量ムラ、色ムラが発生してしまう。また、正規の光路においてPBS118で反射すべき光の中で、複屈折の影響によりPBS118を透過する光の割合が増えてしまい、図4のように表示素子からの光が直接観察者の眼に導かれるゴースト光が発生してしまう。そのため、接眼光学系を構成する樹脂レンズの複屈折は出来るだけ小さくする必要がある。

30

【0020】

本実施形態では、樹脂レンズを成形する場合、成形ゲート付近には複屈折が大きくなる領域（歪み領域）が発生するため、成形ゲート付近の光路の見え方が悪化する。そこで、成形ゲートの位置を光学有効領域から遠ざけて、観察画像において目立ちにくい位置に配置することで、成形ゲート付近の複屈折による画質低下の影響を小さくする。なお、ここで、レンズの成形ゲートとは、モールド成形する際に、モールド（型）の内部に材料（樹脂や硝材）を流入させるためのゲート、或いはそのゲートが形成されたレンズの一部を指している。モールド成形している限りは全ての光学素子が持っているものであり、当業者が見れば、光学素子の成形ゲートがどこなのか（光学素子を成形する際のモールドのゲートがどこにあったのか）はすぐに分かる。具体的には、レンズの周辺部で他の部分よりも出っ張っている部分であったり、他の部分よりも粗さが大きい部分であったり、他の部分とは形状が違っていたり、色々なケースが考えられる。また、この成形ゲート（或いは成

40

50

形ゲート跡)、或いはこの成形ゲート跡を切り落とした場合は成形ゲート跡から最も近い位置は、光学素子の中で最も複屈折量が多い位置(領域)である。従って、成形ゲート(跡)は、光学素子の中で最も複屈折量が多い部分(領域)と読み替えても構わない。

【0021】

なお、レンズをモールド成形する際にゲート付近で発生する複屈折は、レンズの材料が樹脂である場合に特に顕著に大きくなるため、本実施形態では、樹脂レンズを例に説明するが、これに限られるものではない。ガラスレンズであっても複屈折が生じる場合があり、この課題は、レンズを含む全ての光学素子(モールド成形を行う光学素子)に共通であるため、本発明はモールド成形を行う光学素子に適用することが可能である。

【0022】

図5は、第1実施形態に係る右眼用接眼光学系のレンズ105の成形ゲート位置について説明する図である。図5(A)レンズ105の成形ゲート位置の一例を示す図である。成形ゲート121は、レンズ105の外周の一部に設けられ、光学有効領域(有効領域)119と成形ゲート121との間に非光学有効領域(非有効領域)120が設けられている。この非光学有効領域(非有効領域)120があることで、光学有効領域119と成形ゲート121の距離を離すことができ、成形ゲート121付近の複屈折が大きくても光学有効領域119に影響を与えにくくすることができる。

【0023】

また、図5(B)に示すように、成形ゲート121は、光軸上の点に対して画像表示素子112の矩形の画像表示領域132の頂点の方向(以下、頂点方向と略す)に設けられる。つまり、右眼用接眼光学系に組み込まれる際に、レンズ105は、成形ゲート121またはその跡およびその近傍に生じた歪み領域が、光軸上の点に対して画像表示素子112の矩形の画像表示領域132の頂点方向に配置されるように組み込まれる。なお、ここで画像表示領域132の頂点とは、画像表示素子112が画像を表示することが可能であって、観察可能な領域の頂点のことである。本実施形態においては、光軸と垂直な断面において光軸上の点と成形ゲート121の中心とを結ぶ直線を直線130とする。光軸上の点と成形ゲート121に最も近い画像表示領域132の頂点とを結ぶ直線を直線131とする。直線130と直線131とがなす角度 θ は 20° であり、成形ゲート121は観察画像の頂点方向に設けられている。

【0024】

観察画像において頂点方向が最も画角が大きい方向であり、その方向で複屈折による画質低下が起こっても目立ちにくい。そのため、光軸と垂直な断面(平面)において光軸上の点と成形ゲート121の中心とを結ぶ直線130と、光軸上の点と成形ゲート121に最も近い画像表示領域132の頂点とを結ぶ直線131と、がほぼ同じ方向を向いていることが望ましい。具体的には、この直線130と直線131とがなす角度 θ (θ は A)の絶対値が 30° 以下、つまり $|\theta| \leq 30^\circ$ を満足することが望ましい。更に望ましくは、 $|\theta| \leq 7^\circ$ を満足すると尚良い。ここで、角度 θ (θ は A)の絶対値が、 30° を超えると成形ゲート付近の複屈折による画質低下が最大画角よりも内側の画角で発生して観察者が気付きやすくなってしまう。ここで、本実施例に記載した θ の他に、角度 2° 、 3° 、 4° 、 6° 、 7° が、上述の角度 θ に対応しており、上述の条件式を満足する。

【0025】

成形ゲート付近の複屈折を小さくする方法として、成形ゲートの断面積を大きくすることが考えられる。レンズ105の成形ゲートの断面積 S は $3\text{ mm} \times 2\text{ mm} = 6\text{ mm}^2$ である。また、光学有効領域における成形ゲート付近の複屈折の影響を小さくするために、成形ゲート位置を光学有効領域から遠ざける方法が考えられる。光学有効領域119と成形ゲート121との最短距離 L は 8 mm である。そのため、レンズ105の $L/S^{1/2}$ は 2.1 となる。

【0026】

本実施形態のように樹脂レンズの $L/S^{1/2}$ は 1 以上 4 以下であることが望ましい。こ

10

20

30

40

50

の値が1よりも小さい場合には、成形ゲート位置と光学有効領域が近い、もしくは成形ゲートの断面積が大きく、前者の場合には成形ゲート付近の複屈折の影響が光学有効領域にも出てきてしまい画質が低下する。また後者の場合には、樹脂レンズが厚くなって接眼光学系が薄型化できずに重くなってしまったり、成形ゲートの幅が広くて複屈折の影響の範囲が広がってしまったりする。

【0027】

$L/S^{1/2}$ の値が4よりも大きい場合には、成形ゲート位置と光学有効領域が離れ過ぎ、もしくは成形ゲートの断面積が小さく、前者の場合には樹脂レンズの外形が大きくなり接眼光学系が大型化し重くなってしまふ。また後者の場合には、成形ゲートの断面積が小さく成形ゲート付近の複屈折量が大きくなってしまふ。

10

【0028】

図5に示すようにレンズ105の成形ゲート121は観察者がHMD101を装着した状態で、観察者から見て左上に設けられている。上側にしている理由は、人間の視野は上側と下側を比較すると下側の方が広く下側を観察する機会が多いからである。そのため、複屈折による画質低下が発生する場合、下側よりも上側に発生した方が観察者は気付にくい。そのため、成形ゲートは上側に設けることが望ましい。

【0029】

レンズ105以外の樹脂レンズについても、成形ゲートの位置をレンズ105と同様に配置することが望ましい。本実施形態のレンズ107、111のように比較的小さいレンズの場合には、ガラスレンズと樹脂レンズとの重量の差が小さいので、すべてを樹脂レンズとするのではなく、ガラスレンズと樹脂レンズを組み合わせても良い。その場合には、ガラスレンズの複屈折は非常に小さいため、高品位な画像観察が可能となる。

20

【0030】

レンズ104、105、106やレンズ108、109、110は接合して一体のレンズとしても良い。接合レンズとすることで、レンズを保持する際に保持しやすくなる。本実施形態では偏光板114と $\lambda/4$ 板115の面積を小さくしてコスト低減するためにレンズ107にそれぞれ形成したが、偏光板と $\lambda/4$ 板への入射角を小さくして偏光特性を良好にするためにレンズ106の画像表示素子112側の平面に形成しても良い。また、不要なゴースト光を低減して観察画像のコントラストを高めるために、PBSと観察者の眼球との間に偏光板を配置しても良い。

30

【0031】

PBS118はレンズ105の平面部に形成したが、曲面にしてレンズ104の眼側の面に形成しても良い。こうすることで、レンズ104とレンズ105を一体にすることができ、レンズ枚数を低減して薄型化、低コスト化が可能となる。また、偏光板114と $\lambda/4$ 板115はレンズ107に形成するのではなく、右眼用画像表示素子112との間に配置しても良い。

【0032】

本実施形態では画像表示素子は有機ELとして無偏光の光が放射される画像表示素子としたが、液晶ディスプレイとして直線偏光の光が放射されるようにすることで、画像表示素子側の偏光板114が必要なくなり薄型化とコスト低減しても良い。

40

【0033】

(第2実施形態)

図6の画像表示装置の接眼光学系を参照して第2実施形態に係る画像表示装置の構成を説明する。図6は、第2実施形態に係る画像表示装置の概略図である。図中、201はHMD、202は観察者の右眼、203は観察者の左眼である。レンズ204、レンズ205で右眼用接眼光学系を構成し、レンズ206、レンズ207で左眼用接眼光学系を構成している。208は右眼用画像表示素子、209は左眼用画像表示素子であり、有機ELディスプレイである。

【0034】

右眼用接眼光学系は右眼用画像表示素子208に表示された原画像を拡大投影して観察

50

者の右眼 202 に導き、左眼用接眼光学系は左眼用画像表示素子 209 に表示された原画像を拡大投影して観察者の左眼 203 に導く。右眼用接眼光学系と左眼用接眼光学系の水平表示画角は 60° 、垂直表示画角 60° 、対角表示画角 78° であり、アイレリーフは 18mm である。

【0035】

本実施形態の接眼光学系は第 1 実施形態と同様に偏光を利用して光路を折り畳む光学系であり、その光路について右眼用接眼光学系で説明する。まず、レンズ 205 と右眼用画像表示素子 208 との間に、右眼用画像表示素子 208 側から順に偏光板と $\lambda/4$ 板を形成し、レンズ 204 のレンズ 205 側の面にハーフミラーを蒸着する。ハーフミラーを蒸着する面が半透過反射面として作用し、接眼光学系の中で最も光学パワーが強い面として

10

【0036】

このような構成の場合に、右眼用画像表示素子 208 から出射した光は偏光板を透過して直線偏光となり、 $\lambda/4$ 板を透過して円偏光となる。ハーフミラーを透過して $\lambda/4$ 板を透過して直線偏光になり、この直線偏光の偏光方向が PBS で透過する偏光方向と直交しているため、PBS で反射し $\lambda/4$ 板を透過して円偏光となる。ハーフミラーで反射して $\lambda/4$ 板を透過して直線偏光になるが、この直線偏光の偏光方向は先ほどと異なり、PBS で透過する偏光方向と一致するため、PBS を透過して観察者の右眼 202 に導かれる。左眼用接眼光学系についても同様の光路である。

20

【0037】

本実施形態のように偏光を利用して光路を折り畳む光学系とすることで、薄型かつ接眼光学系の焦点距離を短くでき、広画角な画像観察を実現できる。HMD 201 は頭部装着型の画像表示装置であるため、軽量であることが望ましい。そのため、接眼光学系を構成するレンズは硝子よりも比重の小さい樹脂で製作することが望ましく、本実施形態のレンズはすべて樹脂レンズとしている。

30

【0038】

図 7 は、第 2 実施形態に係る右眼用接眼光学系のレンズ 204 の成形ゲート位置について説明する図である。図 7 を参照して右眼用接眼光学系のレンズ 204 の成形ゲート位置について説明する。図 7 (A) は、レンズ 204 の成形ゲート位置の一例を示す図である。レンズ 204 の外周の一部に成形ゲート 212 が設けられており、光学有効領域 210 の周囲に非光学有効領域 211 があり、非光学有効領域 211 の外側に成形ゲート 212 が配置されている。非光学有効領域 211 があることで、光学有効領域 210 と成形ゲート 212 の距離を離すことができ、成形ゲート 212 付近の複屈折が大きくても光学有効領域 210 に影響を与えにくくすることができる。

40

【0039】

また、図 7 (B) に示すように光軸と垂直な断面においてレンズ 204 の光軸上の点と成形ゲート 212 の中心とを結ぶ直線を直線 220 とする。レンズ 204 の光軸上の点と成形ゲート 212 に最も近い画像表示領域 221 の頂点とを結ぶ直線を直線 222 とする。直線 220 と直線 222 とがなす角度 θ の絶対値は 5° であり、成形ゲート 212 は観察画像の頂点方向に設けられる。観察画像において頂点方向が最も画角が大きい方向であり、その方向で複屈折による画質低下が起こっても目立ちにくい。そのため、光軸と垂直な断面において光軸上の点から成形ゲート 212 の中心に向かう方向と、右眼用画像表示素子 208 の成形ゲート 212 に近い対角方向となす角の絶対値は 30° 以下であるこ

50

とが望ましい。更に望ましくは 7° 以下とするのが良い。

【0040】

成形ゲート付近の複屈折を小さくする方法として、成形ゲートの断面積を大きくすることが考えられる。レンズ204の成形ゲートの断面積 S は $5\text{ mm} \times 1.6\text{ mm} = 8\text{ mm}^2$ である。また、光学有効領域における成形ゲート付近の複屈折の影響を小さくするために、成形ゲート位置を光学有効領域から遠ざける方法が考えられる。光学有効領域210と成形ゲート212との最短距離 L は 3.5 mm である。そのため、レンズ204の $L/S^{1/2}$ は 1.2 となる。

【0041】

次に、図8を参照して左眼用接眼光学系のレンズ206の成形ゲート位置について説明する。図8は、第2実施形態に係る左眼用接眼光学系のレンズ206の成形ゲート位置について説明する図である。図8(A)は、レンズ206の成形ゲート位置の一例を示す図である。レンズ206の外周の一部に成形ゲート215が設けられており、光学有効領域213の周囲に非光学有効領域214があり、非光学有効領域214の外側に成形ゲート215が配置されている。前述の通り、このようにすることで、成形ゲート215付近の複屈折は大きくても光学有効領域213に影響を与えにくくすることができる。

10

【0042】

また、図8(B)に示すように光軸と垂直な断面においてレンズ206の光軸上の点と成形ゲート215の中心とを結ぶ直線を直線223とする。レンズ206の光軸上の点と成形ゲート215に最も近い画像表示領域224の頂点とを結ぶ直線を直線225とする。直線223と直線225とがなす角度 θ_3 の絶対値は 5° であり、成形ゲート215は観察画像の頂点方向に設けられる。観察画像において頂点方向が最も画角が大きい方向であり、その方向で複屈折による画質低下が起こっても目立ちにくい。

20

【0043】

レンズ206の成形ゲートの断面積 S は $5\text{ mm} \times 1.6\text{ mm} = 8\text{ mm}^2$ であり、光学有効領域213と成形ゲート215との最短距離 L は 3.5 mm である。そのため、レンズ206の $L/S^{1/2}$ は 1.2 となる。

【0044】

図7、図8に示すように本実施形態では左右のレンズの成形ゲート位置を左上として揃えている。これは、観察者がHMDを観察した際に左右で複屈折の影響が似た画像を観察した方が、両眼で融像した際に快適に観察できるからである。もしも、左右のレンズの成形ゲート位置が異なり、複屈折の影響による画質低下の発生する場所が左右で大きく異なる場合、両眼で融像した際に視野闘争が発生して快適に観察できない。また、左右それぞれの画質の悪い方の画像を認識してしまい、左上と右上の両方が画質低下したように観察される。

30

【0045】

そのため、左右のレンズの成形ゲート位置は近い方が望ましい。本実施形態の光軸と垂直な断面においてレンズ204の光軸上の点と成形ゲート212の中心とを結ぶ直線220と、レンズ206の光軸上の点と成形ゲート215の中心とを結ぶ直線223と、の差の絶対値は 10° である。換言すると、レンズ204の光軸上の点と、レンズ206の光軸上の点とを重ねた場合に、直線220と直線223とがなす角度 θ_1 の絶対値は 10° である。図8では、説明を簡単にするため、レンズ204の光軸上の点と成形ゲート212の中心とを結ぶ直線220を図示している。角度 θ_1 はその絶対値が 30° 以下、つまり、 $|\theta_1| < 30^\circ$ を満たすことが望ましく、更に好ましくは 15° 以下であると尚望ましい。このような条件を満たすことで、左右のレンズの成形ゲート位置が近く、観察者がHMDを観察した際に左右で複屈折の影響が似た画像となり、両眼で融像した際に快適に観察できる。ここで、この実施例に記載した角度 θ_1 と後述する角度 θ_2 が、前述の角度 θ に対応しており、前述の条件式を満足する。

40

【0046】

図9を参照して右眼用接眼光学系のレンズ205の成形ゲート位置について説明する。

50

図 6 に示すように、レンズ 205 はレンズ 204 と同じ光が通るレンズ（両方とも右眼用）である。図 9 は、第 2 実施形態に係る右眼用接眼光学系のレンズ 205 の成形ゲート位置について説明する図である。図 9（A）は、レンズ 205 の成形ゲート位置の一例を示す図である。レンズ 205 の外周の一部に成形ゲート 218 が設けられており、光学有効領域 216 の周囲に非光学有効領域 217 があり、非光学有効領域 217 の外側に成形ゲート 218 が配置されている。前述の通り、このようにすることで、成形ゲート 218 付近の複屈折は大きくても光学有効領域 216 に影響を与えにくくすることができる。

【0047】

また、図 9（B）に示すように光軸と垂直な断面においてレンズ 205 の光軸上の点と成形ゲート 218 の中心とを結ぶ直線を直線 226 とする。レンズ 205 の光軸上の点と成形ゲート 218 に最も近い画像表示領域 227 の頂点とを結ぶ直線を直線 228 とする。直線 226 と直線 228 とがなす角度 θ の絶対値は 5° であり、成形ゲート 218 は観察画像の頂点方向に設けられる。観察画像において頂点方向が最も画角が大きい方向であり、その方向で複屈折による画質低下が起こっても目立ちにくい。

【0048】

レンズ 205 の成形ゲート 218 の断面積 S は $5\text{ mm} \times 2\text{ mm} = 10\text{ mm}^2$ であり、光学有効領域 216 と成形ゲート 218 との最短距離 L は 11 mm である。そのため、レンズ 205 の $L/S^{1/2}$ は 3.5 となる。

【0049】

図 7、図 9 に示すように本実施形態では右眼用接眼光学系を構成するレンズ 204 とレンズ 205 の成形ゲート位置を左右で離れた位置としている。これは、レンズ 204 のゲート付近の複屈折とレンズ 205 のゲート付近の複屈折が合算されないようにするためである。もしも、レンズ 204 とレンズ 205 の成形ゲート位置が近い場合には、2 つのレンズのゲート付近の複屈折が合算されて画質低下が大きくなってしまう。また、左上と右上の画質の差が大きくなってしまうため、観察時に違和感が生じてしまう。

【0050】

本実施形態では、光軸と垂直な断面において右眼用接眼光学系の光軸上の点とレンズ 204 の成形ゲート 212 の中心とを結ぶ直線を直線 220 とする。右眼用接眼光学系の光軸上の点とレンズ 205 の成形ゲート 218 の中心とを結ぶ直線を直線 226 とする。直線 220 と直線 226 とがなす角度 θ （B）の絶対値は 100° である。図 9 では、説明を簡単にするため、右眼用接眼光学系の光軸上の点と成形ゲート 212 の中心とを結ぶ直線 220 を図示している。レンズ 204 とレンズ 205 のゲート位置を左右で離れた位置とすることで、それぞれのゲート付近の複屈折を合算されないようにして、画質低下を小さく抑えることができ、左上と右上の画質の差も小さくできる。

【0051】

そのため、直線 220 と、直線 226 とがなす角度 θ （B）の絶対値は 60° 以上 120° 以下である、つまり $60^\circ \leq |\theta| \leq 120^\circ$ を満足することが望ましい。更に望ましくは 75° 以上 105° 以下とするのが良い。この値が 60° よりも小さい場合には、それぞれのレンズの成形ゲート位置が近く、成形ゲート付近の複屈折が合算されてしまい画質低下が大きくなる。尚、ここで、この角度 θ （B）に対応しているのは、前述の θ である。また、 120° よりも大きい場合には、どちらかのレンズの成形ゲート位置が対角方向の最大画角から離れてしまい、複屈折による画質低下が目立ってしまう。なお、ここでは、一例として、成形ゲート 212 を有する第 1 の樹脂レンズとしてのレンズ 204 と、外周の一部に成形ゲート 218 を有する第 2 の樹脂レンズとしてのレンズ 205 と、を含む右眼用接眼光学系を例に説明をした。第 1 の樹脂レンズと第 2 の樹脂レンズは、同じ光が通るレンズであればよく、両方とも右眼用または両方とも左眼用であれば良い。したがって、左眼用接眼光学系を構成するレンズ 206 とレンズ 207 の成形ゲート位置についても同様に、左右で離れた位置にするのが望ましい。

【0052】

図 7、図 8、図 9 に示すように本実施形態においても第 1 実施形態と同様に接眼光学系

10

20

30

40

50

を構成しているレンズの成形ゲートは上側に設けている。上側にしている理由についても、第1実施形態と同様である。

【0053】

なお、本実施形態においては、レンズ204、205やレンズ206、207は接合レンズであるが、非接合レンズとしても良い。また、不要なゴースト光を低減して観察画像のコントラストを高めるために、PBSの後に偏光板を配置しても良い。本実施形態では画像表示素子は有機ELとして無偏光の光が放射される画像表示素子としたが、液晶ディスプレイとして直線偏光の光が放射されるようにすることで、画像表示素子側の偏光板を配置せずにコスト低減と薄型化しても良い。

【0054】

(第3実施形態)

図10の画像表示装置の接眼光学系を参照して第3実施形態に係る画像表示装置の構成を説明する。図10は、第3実施形態に係る画像表示装置の概略図である。図中、301はHMD、302は観察者の右眼、303は観察者の左眼である。レンズ304、レンズ305で右眼用接眼光学系を構成し、レンズ306、レンズ307で左眼用接眼光学系を構成している。308は右眼用画像表示素子、309は左眼用画像表示素子であり、有機ELディスプレイである。

【0055】

右眼用接眼光学系は右眼用画像表示素子308に表示された原画像を拡大投影して観察者の右眼302に導き、左眼用接眼光学系は左眼用画像表示素子309に表示された原画像を拡大投影して観察者の左眼303に導く。右眼用接眼光学系と左眼用接眼光学系の水平表示画角は65°、垂直表示画角65°、対角表示画角84°であり、アイレリーフは18mmである。

【0056】

本実施形態の接眼光学系は実施形態1、2と同様に偏光を利用して光路を折り畳む光学系であり、その光路について右眼用接眼光学系で説明する。まず、レンズ305と右眼用画像表示素子308との間に、右眼用画像表示素子308側から順に偏光板とλ/4板を形成し、レンズ304のレンズ305側の面にハーフミラーを蒸着する。ハーフミラーを蒸着する面が半透過反射面として作用し、接眼光学系の中で最も光学パワーが強い面としている。また、レンズ304の観察者の右眼302側の平面に右眼用画像表示素子308側から順にλ/4板と反射偏光板のPBSを形成する。このとき、右眼用画像表示素子308側のλ/4板の遅相軸と、観察者の右眼302側のλ/4板の遅相軸とは直交する関係になっている。したがって、レンズ305と右眼用画像表示素子308側との間の偏光板が透過する偏光方向とλ/4板の遅相軸が45°傾いているとき、レンズ304の観察者の右眼302側の平面のλ/4板の遅相軸は-45°傾いている。また、レンズ305と右眼用画像表示素子308側との間の偏光板が透過する偏光方向とPBSが透過する偏光方向は直交している。

【0057】

このような構成の場合に、右眼用画像表示素子308から出射した光は偏光板を透過して直線偏光となり、λ/4板を透過して円偏光となる。ハーフミラーを透過してλ/4板を透過して直線偏光になり、この直線偏光の偏光方向がPBSで透過する偏光方向と直交しているため、PBSで反射しλ/4板を透過して円偏光となる。ハーフミラーで反射してλ/4板を透過して直線偏光になるが、この直線偏光の偏光方向は先ほどと異なり、PBSで透過する偏光方向と一致するため、PBSを透過して観察者の右眼302に導かれる。左眼用接眼光学系についても同様の光路である。

【0058】

本実施形態のように偏光を利用して光路を折り畳む光学系とすることで、薄型かつ接眼光学系の焦点距離を短くでき、広画角な画像観察を実現できる。HMDは頭部装着型の画像表示装置であるため、軽量であることが望ましい。そのため、接眼光学系を構成するレンズは硝子よりも比重の小さい樹脂で製作することが望ましく、本実施形態のレンズはす

10

20

30

40

50

べて樹脂レンズとしている。

【 0 0 5 9 】

図 1 1 は、第 3 実施形態に係る右眼用接眼光学系のレンズ 3 0 4 の成形ゲート位置について説明する図である。図 1 1 を参照して右眼用接眼光学系のレンズ 3 0 4 の成形ゲート位置について説明する。図 1 1 (A) は、レンズ 3 0 4 の成形ゲート位置の一例を示す図である。レンズ 3 0 4 の外周の一部に成形ゲート 3 1 2 が設けられており、光学有効領域 3 1 0 の周囲に非光学有効領域 3 1 1 があり、非光学有効領域 3 1 1 の外側に成形ゲート 3 1 2 が配置されている。非光学有効領域 3 1 1 があることで、光学有効領域 3 1 0 と成形ゲート 3 1 2 の距離を離すことができ、成形ゲート 3 1 2 付近の複屈折が大きくても光学有効領域 3 1 0 に影響を与えにくくすることができる。

10

【 0 0 6 0 】

また、図 1 1 (B) に示すように光軸と垂直な断面においてレンズ 3 0 4 の光軸上の点と成形ゲート 3 1 2 の中心とを結ぶ直線を直線 3 2 0 とする。レンズ 3 0 4 の光軸上の点と成形ゲート 3 1 2 に最も近い画像表示領域 3 2 1 の頂点とを結ぶ直線を直線 3 2 2 とする。直線 3 2 0 と直線 3 2 2 とがなす角度 θ_6 の絶対値は 10° であり、成形ゲート 3 1 2 は観察画像の頂点方向に設けられる。観察画像において頂点方向が最も画角が大きい方向であり、その方向で複屈折による画質低下が起こっても目立ちにくい。そのため、直線 3 2 0 と直線 3 2 2 とがなす角度 θ_6 の絶対値は 30° 以下であることが望ましい。更に望ましくは 15° 以下とするのが良い。

【 0 0 6 1 】

20

成形ゲート付近の複屈折を小さくする方法として、成形ゲートの断面積を大きくすることが考えられる。レンズ 3 0 4 の成形ゲートの断面積 S は $4\text{ mm} \times 2\text{ mm} = 8\text{ mm}^2$ である。また、光学有効領域における成形ゲート付近の複屈折の影響を小さくするために、成形ゲート位置を光学有効領域から遠ざける方法が考えられる。光学有効領域 3 1 0 と成形ゲート 3 1 2 との最短距離 L は 5 mm である。そのため、レンズ 3 0 4 の $L / S^{1/2}$ は 1.8 となる。

【 0 0 6 2 】

次に図 1 2 を参照して左眼用接眼光学系のレンズ 3 0 6 の成形ゲート位置について説明する。図 1 2 は、第 3 実施形態に係る左眼用接眼光学系のレンズ 3 0 6 の成形ゲート位置について説明する図である。図 1 2 (A) は、レンズ 3 0 6 の成形ゲート位置の一例を示す図である。レンズ 3 0 6 の外周の一部に成形ゲート 3 1 5 が設けられており、光学有効領域 3 1 3 の周囲に非光学有効領域 3 1 4 があり、非光学有効領域 3 1 4 の外側に成形ゲート 3 1 5 が配置されている。非光学有効領域 3 1 4 があることで、光学有効領域 3 1 3 と成形ゲート 3 1 4 の距離を離すことができ、成形ゲート 3 1 5 付近の複屈折は大きくても光学有効領域 3 1 3 に影響を与えにくくすることができる。

30

【 0 0 6 3 】

また、図 1 2 (B) に示すように光軸と垂直な断面においてレンズ 3 0 6 の光軸上の点と成形ゲート 3 1 5 の中心とを結ぶ直線を直線 3 2 3 とする。レンズ 3 0 6 の光軸上の点と成形ゲート 3 1 5 に最も近い画像表示領域 3 2 4 の頂点とを結ぶ直線を直線 3 2 5 とする。直線 3 2 3 と直線 3 2 5 とがなす角度 θ_7 の絶対値は 10° であり、成形ゲート 3 1 5 は観察画像の頂点方向に設けられる。観察画像において頂点方向が最も画角が大きい方向であり、その方向で複屈折による画質低下が起こっても目立ちにくい。

40

【 0 0 6 4 】

レンズ 3 0 6 の成形ゲートの断面積 S は $4\text{ mm} \times 2\text{ mm} = 8\text{ mm}^2$ であり、光学有効領域 3 1 3 と成形ゲート 3 1 5 との最短距離 L は 5 mm である。そのため、レンズ 3 0 6 の $L / S^{1/2}$ は 1.8 となる。

【 0 0 6 5 】

図 1 1、図 1 2 に示すように本実施形態ではレンズ 3 0 4 とレンズ 3 0 6 の成形ゲート位置を右上として揃えている。これは、観察者が HMD を観察した際に左右で複屈折の影響が似た画像を観察した方が、両眼で融像した際に快適に観察できるからである。もしも

50

、左右のレンズの成形ゲート位置が異なり、複屈折の影響による画質低下の発生する場所が左右で大きく異なる場合、両眼で融像した際に視野闘争が発生して快適に観察できない。また、左右それぞれの画質の悪い方の画像を認識してしまい、左上と右上の両方が画質低下したように観察される。

【 0 0 6 6 】

そのため、左右のレンズの成形ゲート位置は近い方が望ましい。本実施形態の光軸と垂直な断面においてレンズ 3 0 4 の光軸上の点と成形ゲート 3 1 2 の中心とを結ぶ直線 3 2 0 と、レンズ 3 0 6 の光軸上の点と成形ゲート 3 1 5 の中心とを結ぶ直線 3 2 3 と、の差の絶対値は 0° である。換言すると、レンズ 3 0 4 の光軸上の点と、レンズ 3 0 6 の光軸上の点とを重ねた場合に、直線 3 2 0 と直線 3 2 3 とがなす角度 2 の絶対値は 0° である。

10

図 1 2 では、説明を簡単にするため、レンズ 3 0 4 の光軸上の点と成形ゲート 3 1 2 の中心とを結ぶ直線 3 2 0 を図示している。本図では、直線 3 2 0 と直線 3 2 3 とがなす角度 2 は 0° であるため、直線 3 2 0 と直線 3 2 3 とは同一直線となっている。この数値は 30° 以下が望ましく、このようにすることで、左右のレンズの成形ゲート位置が近く、観察者が HMD を観察した際に左右で複屈折の影響が似た画像となり、両眼で融像した際に快適に観察できる。更に望ましくは 15° 以下とするのが良い。

【 0 0 6 7 】

図 1 0 に示すように HMD 3 0 1 は観察者が頭に装着した際に観察者の鼻がぶつからないように鼻逃げ部 3 1 6 を有している。鼻逃げ部とは、右眼用のレンズの左下、左眼用レンズの右下に設けられた、使用者の鼻との干渉と避けるためにレンズ端面を斜めにした（切欠きを設けた、或いは面取りした）形状（鼻逃げ形状）のことである。具体的には、図 1 1 に示すように、右眼用のレンズの左下側の端部が、左から右に向かうに連れて下に下がるような面形状にして、第 1 鼻逃げ部 3 1 7 を設けている。同様に、図 1 2 に示すように左眼用のレンズの右下側の端部が、右から左に向かうに連れて下に下がるような面形状にして第 2 鼻逃げ部 3 1 8 を設けている。この第 1 鼻逃げ部 3 1 7 および第 2 鼻逃げ部 3 1 8 は、レンズの他の角部と比べて大きく面取りされている（えぐれている）構成となっている。別の言い方をすれば、レンズの光軸からレンズの対角方向の 4 つの角部までの距離を比べると、第 1 鼻逃げ部 3 1 7 または第 2 鼻逃げ部 3 1 8 に最も近い角部までの距離が他の 3 つよりも短い（好ましくは他の 3 つの距離のうち最も長い距離の 0.9 倍（更に望ましくは 0.8 倍）より短い）。ここでの対角方向とは、画像表示素子（矩形の画像表示領域）の対角方向のことである。

20

30

【 0 0 6 8 】

接眼光学系を構成するレンズに鼻逃げ形状がある場合、レンズ 3 0 4 とレンズ 3 0 6 のように左右のレンズの形状は同じではなく左右対称となる。そのため、モールド成形でレンズを製作する場合には、1 つのモールドで左右のレンズを同時に成形することが望ましい。そうすることで、左右それぞれの型を製作する場合に比べて、型製作コストを削減し、左右のレンズを成形する時間を短くすることができる。

【 0 0 6 9 】

図 1 3 は、左右のレンズのモールド成形について説明する図である。左右のレンズを 1 つのモールドで成形する場合、通常は図 1 3 (B) に示すように成形ランナー 3 2 6 を配置するのが一般的である。しかし、本実施形態のように左右のレンズの成形ゲート位置を揃える場合には図 1 3 (A) に示すように成形ランナーを配置するのが良い。このように成形ランナーを配置して左右のレンズを成形し、成形ゲート位置がそれぞれの接眼光学系の光軸上の点に対する画像表示領域の頂点の方向と一致するように、接眼光学系を組み立てる。これにより、成形ゲート付近の複屈折影響が少ない接眼光学系を製造することができる。

40

【 0 0 7 0 】

レンズ 3 0 5 とレンズ 3 0 7 の成形ゲート位置については、レンズ 3 0 4 とレンズ 3 0 6 の成形ゲート位置と離れた左上として揃えることが望ましく、鼻逃げ形状があることを

50

考慮して１つのモールドで成形することが望ましい。また、レンズ３０４の成形ゲート位置とレンズ３０５の成形ゲート位置、及び、レンズ３０６とレンズ３０７の成形ゲート位置は離れて配置することが望ましい。

【００７１】

図１１、図１２のように接眼光学系を構成しているレンズの成形ゲートは上側に設けている。上側にしている理由は、人間の視野は上側と下側を比較すると下側の方が広く下側を観察する機会が多いからである。そのため、複屈折による画質低下が発生する場合、下側よりも上側に発生した方が観察者は気付きにくい。そのため、成形ゲートは上側に設けることが望ましい。

【００７２】

図１４は、レンズの鼻逃げ部の加工について説明する図である。本実施形態のようにレンズに鼻逃げ形状を設ける場合、例えば、図１４（Ａ）に示すように、まず鼻逃げ形状が無い状態でレンズを成形する。モールドの成形ランナー３２６からモールドに材料を流し込むことによって鼻逃げ形状が無い状態のレンズが成形される。その後、鼻逃げ部を追加加工で製作する方法でも良い。その場合、成形ゲートを除去するように鼻逃げ部を加工しても良い。すなわち、成形ゲートと歪み領域の一部とを除去して鼻逃げ部を形成する。鼻逃げ部に対応する位置に成形ゲートを配置することで、成形ゲート付近の複屈折が大きい領域を追加加工で無くすることができる。これにより、成形ゲート付近の複屈折の影響を低減することが可能となる。

【００７３】

なお、不要なゴースト光を低減して観察画像のコントラストを高めるために、ＰＢＳの後に偏光板を配置しても良い。また、本実施形態では画像表示素子は有機ＥＬとして無偏光の光が放射される画像表示素子としたが、液晶ディスプレイとして直線偏光の光が放射されるようにすることで、画像表示素子側の偏光板を配置せずにコスト低減と薄型化しても良い。

【００７４】

（その他の実施形態）

以上、本発明の実施の形態を説明してきたが、本発明はこれらの実施の形態に限定されず、その要旨の範囲内において様々な変更が可能である。

【符号の説明】

【００７５】

１０１、２０１、３０１ ＨＭＤ
１０２、２０２、３０２ 観察者の右眼
１０３、２０３、３０３ 観察者の左眼
１０４、１０５、１０６、１０７、２０４、２０５、３０４、３０５ 右眼用接眼光学系を構成するレンズ
１０８、１０９、１１０、１１１、２０６、２０７、３０６、３０７ 左眼用接眼光学系を構成するレンズ
１１２、２０８、３０８ 右眼用画像表示素子
１１３、２０９、３０９ 左眼用画像表示素子
１３２、２２１、２２４、２２７、３２１、３２４ 画像表示領域
１２１、２１２、２１５、２１８、３１２、３１５ 成形ゲート

10

20

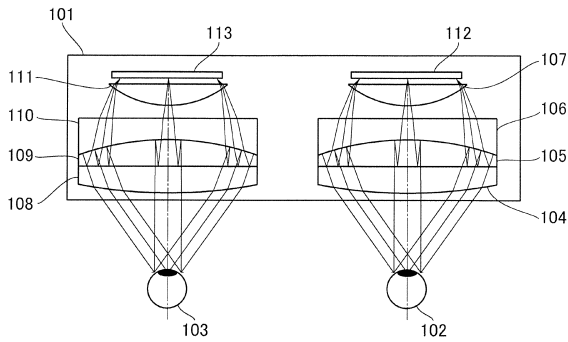
30

40

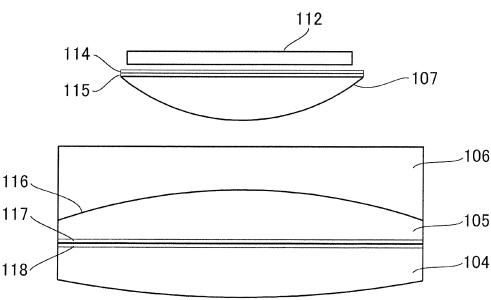
50

【図面】

【図 1】

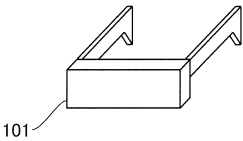


【図 2】

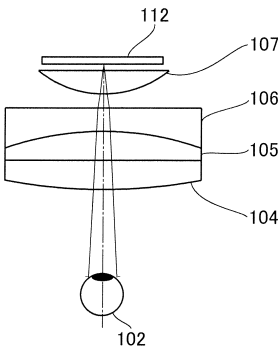


10

【図 3】



【図 4】



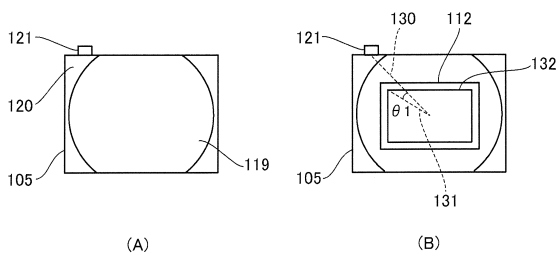
20

30

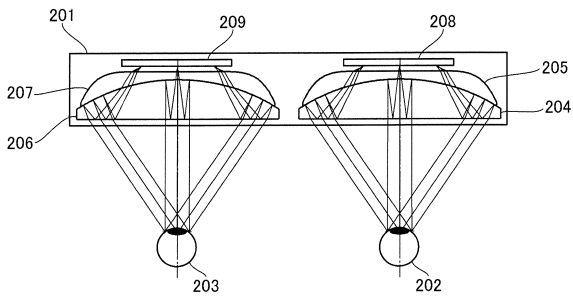
40

50

【図 5】

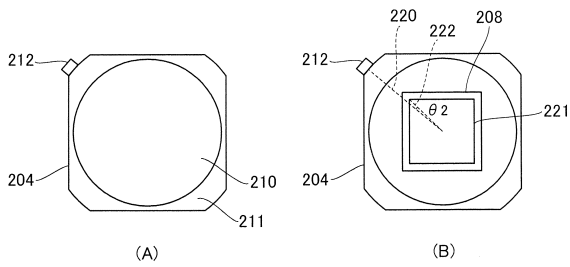


【図 6】

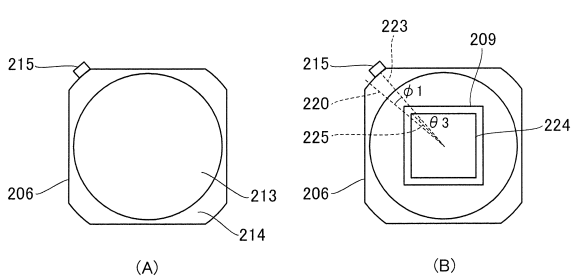


10

【図 7】

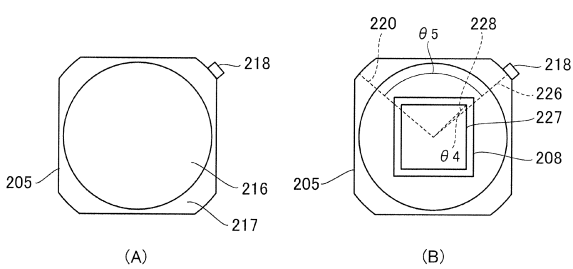


【図 8】

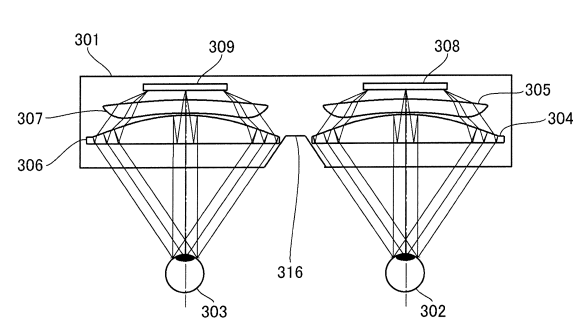


20

【図 9】



【図 10】

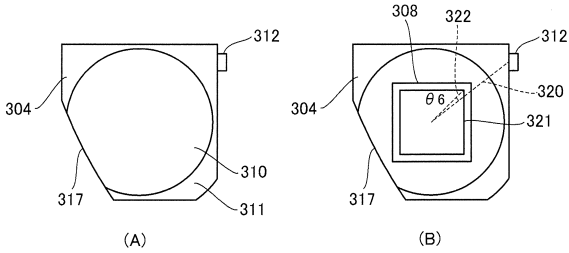


30

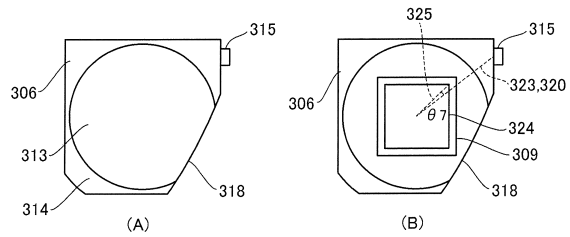
40

50

【図 1 1】

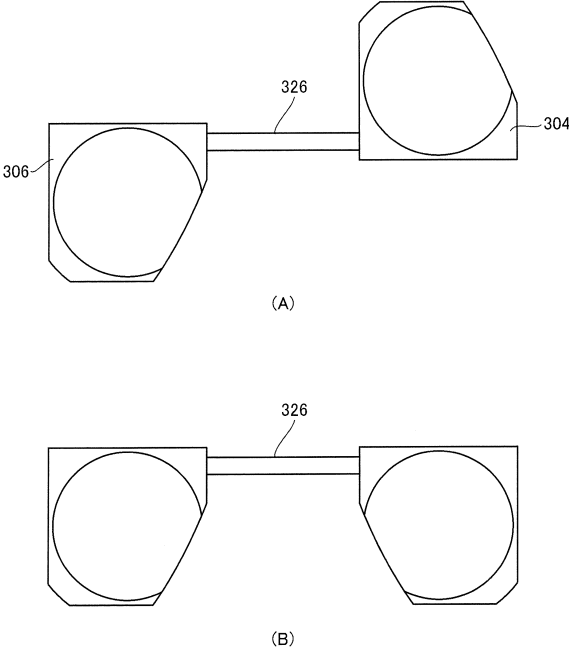


【図 1 2】

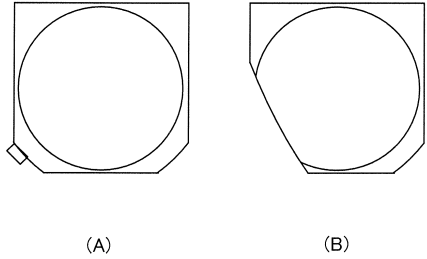


10

【図 1 3】



【図 1 4】



20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開 2 0 1 8 - 0 1 0 0 3 1 (J P , A)
特開 2 0 0 5 - 2 8 5 1 7 7 (J P , A)
特開平 0 5 - 0 4 0 2 0 3 (J P , A)
国際公開第 2 0 1 8 / 1 5 6 9 4 1 (W O , A 1)
特開 2 0 0 3 - 0 2 1 7 7 1 (J P , A)
特開 2 0 0 1 - 3 5 6 2 9 5 (J P , A)
米国特許出願公開第 2 0 1 8 / 0 1 0 1 0 2 0 (U S , A 1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
G 0 2 B 2 7 / 0 0 - 3 0 / 6 0