

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7580975号
(P7580975)

(45)発行日 令和6年11月12日(2024.11.12)

(24)登録日 令和6年11月1日(2024.11.1)

(51)国際特許分類

F I

G 0 2 B 27/02 (2006.01) G 0 2 B 27/02 Z

G 0 2 B 27/28 (2006.01) G 0 2 B 27/28 Z

H 0 4 N 5/64 (2006.01) H 0 4 N 5/64 5 1 1 A

請求項の数 8 (全13頁)

(21)出願番号	特願2020-144484(P2020-144484)	(73)特許権者	000001007
(22)出願日	令和2年8月28日(2020.8.28)		キヤノン株式会社
(65)公開番号	特開2022-39460(P2022-39460A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43)公開日	令和4年3月10日(2022.3.10)	(74)代理人	100110412
審査請求日	令和5年8月7日(2023.8.7)		弁理士 藤元 亮輔
		(74)代理人	100104628
			弁理士 水本 敦也
		(74)代理人	100121614
			弁理士 平山 倫也
		(72)発明者	猪口 和隆
			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	植田 裕美子

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 観察装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

画像を表示する表示光を発する表示素子と、
前記表示光と外界からの光である外界光を射出瞳に導く光学系とを有する観察装置であ
って、

前記光学系は、
第1の偏光分離素子と、
反射面を含み、入射した光に対してパワーを有する第1の光学ユニットと、
半透過反射面と、位相板と、第2の偏光分離素子とを含む第2の光学ユニットと、
偏光板とを有し、

互いに偏光方向が異なる2つの直線偏光を第1の偏光光および第2の偏光光とするとき、
前記偏光板は、前記外界および前記表示素子から前記第1の偏光分離素子に向かう前記外
界光および前記表示光のうち前記第1の偏光光を透過させ、

前記光学系は、
前記第1の偏光光としての前記外界光を、前記第1の偏光分離素子、前記半透過反射面
、前記位相板および前記第2の偏光分離素子を透過させて前記射出瞳に向かわせ、

前記第1の偏光光としての前記表示光を、前記第1の偏光分離素子を透過させ、前記反
射面で反射し、前記第2の偏光光に変えて前記第1の偏光分離素子で反射し、前記半透過
反射面および前記位相板を透過させ、前記第2の偏光分離素子で反射し、前記位相板を透
過させ、前記半透過反射面で反射し、前記位相板および前記第2の偏光分離素子を透過さ

せて前記射出瞳に向かわせ、

前記表示光に、前記第 1 の光学ユニットから前記第 2 の光学ユニットまでの光路中に中間像を形成させることを特徴とする観察装置。

【請求項 2】

前記第 2 の光学ユニットの焦点距離を f_1 、前記第 2 の光学ユニットの光軸上での該第 2 の光学ユニットと前記第 1 の偏光分離素子 30 との間の距離を D_1 、前記第 1 の光学ユニットの光軸上での該第 1 の光学ユニットと前記第 1 の偏光分離素子との間の距離を D_2 とするとき、

$$f_1 < D_1 + D_2$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項 1 に記載の観察装置。

10

【請求項 3】

前記光学系は、前記表示光に、前記第 1 の偏光分離素子から前記第 2 の光学ユニットまでの光路中に前記中間像の少なくとも一部を形成させることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の観察装置。

【請求項 4】

前記第 2 の光学ユニットは前記半透過反射面が設けられた凸面を有するレンズを含み、該レンズの材料の屈折率を N_1 、前記第 2 の光学ユニットの焦点距離を f_1 、前記第 2 の光学ユニットの光軸上での該第 2 の光学ユニットと前記第 1 の偏光分離素子 30 との間の距離を D_1 、前記第 2 の光学ユニットの光軸上での厚みを T_1 、前記第 2 の光学ユニットの光軸上での前記レンズの厚みを T_{11} とするとき、

$$(T_{11} + T_1) / N_1 < f_1 < D_1$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項 3 に記載の観察装置。

20

【請求項 5】

前記第 1 の光学ユニットは、第 2 の位相板を有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観察装置。

【請求項 6】

前記第 2 の偏光分離素子よりも前記射出瞳側に、前記第 1 の偏光光を透過させる偏光板を有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観察装置。

【請求項 7】

前記反射面が凹面鏡であ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観察装置。

30

【請求項 8】

前記凹面鏡が裏面鏡であることを特徴とする請求項 7 に記載の観察装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光学シースルータイプの観察装置に関する。

【背景技術】

【0002】

光学シースルータイプの観察装置として、特許文献 1 には、偏光分離素子、位相板および半透過反射面により構成された接眼光学系の前方（外界側）に、別の偏光分離素子をコンバイナーとして配置したものが開示されている。この観察装置では、表示素子からの光を観察させるための光学系をコンバイナーよりも観察側の接眼光学系だけで構成している。また特許文献 2 には、コンバイナーと表示素子との間にレンズとして作用する光学素子を配置した観察装置が開示されている。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】米国特許公開 2019/0025602 号公報

【文献】特許 6386210 号公報

50

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

上記のような光学シースルータイプの観察装置では、広画角化するとコンバイナーのサイズを大きくする必要がある。また接眼光学系の焦点距離は、接眼光学系とコンバイナーとの間の距離より大きく、最低でもその距離の2倍以上にする必要がある。さらに、広画角化のためには表示素子のサイズも大きくしなければならない。このため、観察装置の大型化や重量の増加につながる。

【0005】

本発明は、小型の光学シースルータイプの観察装置を提供する。

10

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の一側面としての観察装置は、画像を表示する表示光を発する表示素子と、表示光と外界からの光である外界光を射出瞳に導く光学系とを有する。光学系は、第1の偏光分離素子と、反射面を含み、入射した光に対してパワーを有する第1の光学ユニットと、半透過反射面と、位相板と、第2の偏光分離素子とを含む第2の光学ユニットと、偏光板とを有し、互いに偏光方向が異なる2つの直線偏光を第1の偏光光および第2の偏光光とすると、偏光板は、外界および表示素子から第1の偏光分離素子に向かう外界光および表示光のうち第1の偏光光を透過させ、光学系は、第1の偏光光としての外界光を、第1の偏光分離素子、半透過反射面、位相板および第2の偏光分離素子を透過させて射出瞳に向かわせ、第1の偏光光としての前記表示光を、第1の偏光分離素子を透過させ、反射面で反射し、第2の偏光光に変えて第1の偏光分離素子で反射し、半透過反射面および位相板を透過させ、第2の偏光分離素子で反射し、位相板を透過させ、半透過反射面で反射し、位相板および第2の偏光分離素子を透過させて射出瞳に向かわせ、表示光に、第1の光学ユニットから第2の光学ユニットまでの光路中に中間像を形成させることを特徴とする。

20

【発明の効果】

【0007】

本発明によれば、小型の光学シースルータイプの観察装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0008】

30

【図1】実施例1の観察装置の構成を示す図。

【図2】実施例2の観察装置の構成を示す図。

【図3】実施例3の観察装置の構成を示す図。

【図4】実施例1の観察装置の光路図。

【図5】実施例2の観察装置の光路図。

【図6】実施例3の観察装置の光路図。

【図7】各実施例における位相板の遅相軸の傾き方向を示す図。

【発明を実施するための形態】

【0009】

以下、本発明の実施例について図面を参照しながら説明する。

40

【実施例1】

【0010】

図1は、本発明の実施例1である観察装置の断面を示している。本実施例の観察装置は、光学系1と表示素子2とを有する。Sは光学系1の射出瞳であり、ここには観察者の眼が配置される。光学系1は、液晶パネルや有機EL等の表示素子2の表示面21から発せられた表示光1002が射出瞳Sに向かって辿る順に、第1の偏光板50、第1の偏光分離素子30、第1の光学ユニット20、(第1の偏光分離素子30)および第2の光学ユニット10により構成されている。

【0011】

第1の偏光板50は、図1に両矢印で示すように図1の紙面に平行な第1の偏光方向の

50

直線偏光（以下、第１の偏光光という）を透過させる。第２の偏光分離素子１１０は、第１の偏光光を透過させ、図１に丸中黒で示すように第１の偏光方向に直交して図１の紙面に垂直な第２の偏光方向の直線偏光（以下、第２の偏光光という）を反射する。

【００１２】

第１の光学ユニット２０は、第１の位相板（光学素子）２２０および平凸レンズ２１０により構成されている。第１の位相板２２０は、第１の偏光光の透過軸に対して＋４５°傾いた遅相軸を有する $\lambda/4$ 板である。第１の光学ユニット２０における＋の符号は、図７に示すように図１の断面を $y-z$ 断面とする右手系の $x-y-z$ 座標において表示光の進行方向を $\pm z$ 軸方向とするとときに Y 軸から X 軸に向かう方向を示している。

【００１３】

平凸レンズ２１０における第１の位相板２２０側とは反対側の面２０１は、その表面に反射膜が形成された凹面鏡として作用する反射面となっている。

【００１４】

第２の光学ユニット１０は、第２の位相板１５０、平凹レンズ１４０、半透過反射面１０２、平凸レンズ１３０、第３の位相板１２０および第２の偏光分離素子１１０により構成されている。第２の位相板１５０は、第１の偏光光の透過軸に対して＋４５°傾いた遅相軸を有する $\lambda/4$ 板である。また第３の位相板１２０は、第１の偏光光の透過軸に対して－４５°傾いた遅相軸を有する $\lambda/4$ 板である。第２の光学ユニット１０における＋／－の符号は、図７に示すように図１の断面を $Y-Z$ 断面とする右手系の $X-Y-Z$ 座標において表示光の進行方向を $\pm Z$ 軸方向とするとときに Y 軸から X 軸に向かう方向を＋で、その逆方向を－で示す。

【００１５】

平凹レンズ１４０と平凸レンズ１３０は屈折率が同じ（又は同じとみなせるほど近い）材料（媒質）により形成されており、それぞれの凹面と凸面の間に設けられた半透過反射面１０２となる半透過反射膜を挟んで互いに接合されている。第２の偏光分離素子１１０は、第１の偏光分離素子３０と同じく、第１の偏光光を透過させ、第２の偏光光を反射する。

【００１６】

また本実施例の観察装置は、外界からの光である外界光１００１が入射する位置に、第４の偏光板６０を有する。第４の偏光板６０は、外界光１００１のうち第１の偏光光のみを透過させる。

【００１７】

以上のように構成された観察装置において、外界からの外界光１００１のうち第１の偏光光は、第４の偏光板６０を透過し、第１の偏光分離素子３０を透過して第２の光学ユニット１０に入射する。第１の偏光光としての外界光１００１は、第２の位相板１５０によって該外界光の進行方向に向かって見たときに右回りの円偏光に変換される。この円偏光としての外界光１００１は、平凹レンズ１４０、半透過反射面１０２および平凸レンズ１３０を透過して第３の位相板１２０により第１の偏光光に戻される。第１の偏光光としての外界光１００１は、第２の偏光分離素子１１０を透過して射出瞳Ｓに到達する。このように、外界光１００１は、第２の光学ユニット１０の構成部品をそれぞれ１度だけ透過して射出瞳Ｓに到達する。

【００１８】

第２の光学ユニット１０において、曲面である半透過反射面１０２は屈折率が同じ材料により形成された平凹および平凸レンズ１４０、１３０の間に配置されているため、外界光１００１に対するパワーを持たない。したがって、外界光１００１は第２の光学ユニット１０のパワーを受けることなく射出瞳Ｓに到達する。これにより、自然な外界観察が可能となる。

【００１９】

表示素子２の表示面２１から出射して第１の偏光板５０を透過した第１の偏光光としての表示光１００２は、第１の偏光分離素子３０を透過して第１の光学ユニット２０に入射

10

20

30

40

50

する。第1の偏光光としての表示光1002は、第1の位相板220によって該表示光の進行方向に向かって見たときに（以下同じ）右回りの円偏光に変換される。この右回りの円偏光は平凸レンズ210を透過して反射面201で反射されて左回りの円偏光となり、該円偏光は、平凸レンズ210を再度透過し、第1の位相板220に再度入射して第2の偏光光に変換される。第2の偏光光としての表示光1002は、第1の偏光分離素子30により反射されて第2の光学ユニット10に入射する。

【0020】

第2の光学ユニット10内において、第2の偏光光としての表示光1002は、第2の位相板150によって左回りの円偏光に変換され、平凹レンズ140を透過する。この表示光1002は、半透過反射面102および平凸レンズ130を透過し、第3の位相板120により第2の偏光光に変換されて第2の偏光分離素子110により反射される。この反射された第2の偏光光としての表示光1002は、第3の位相板120により左回りの円偏光に変換される。円偏光としての表示光1002は、平凸レンズ130を再度透過して、半透過反射面102で反射されて右回りの円偏光となり、再度平凹レンズ140を透過して第3の位相板120に入射する。

10

【0021】

第3の位相板120に入射した右回りの円偏光としての表示光1002は、第1の偏光光に変換される。第1の偏光光としての表示光1002は、第2の偏光分離素子110を透過して射出瞳Sに到達する。第2の光学ユニット10において、表示光1002は、半透過反射面102で反射される際に結像に寄与するパワーを受ける。

20

【0022】

このように本実施例における光学系は、外界光1001を、第1の偏光分離素子30および第2の光学ユニット20を透過させて射出瞳に向かわせる。また表示光1002を、第1の偏光分離素子30を透過させ、第1の光学ユニット20および第1の偏光分離素子30で反射し、第2の光学ユニット20内で2回反射させて射出瞳Sに向かわせる。このことは、後述する実施例2、3でも同様である。

【0023】

上述した表示光1002の光路において、第1の光学ユニット20の反射面201は結像に寄与するパワーを有しており、ここで反射した表示光1002に第1の光学ユニット20から第2の光学ユニット10までの光路中に中間像IMIを形成させる。すなわち、第1の光学ユニット20はリレー光学系を構成する。そして、接眼光学系としての第2の光学ユニット10は、この中間像IMIを第2の光学ユニット10内の光路を通して射出瞳Sに眼を配置した観察者に観察させる。

30

【0024】

以上説明したように外界光1001の光路と表示光1002の光路を形成することにより、外界に表示素子2に表示された画像を重畳させて観察することが可能となる。なお、第3の位相板120を第1の偏光光の透過軸に対して+45°傾いた遅相軸を有するλ/4板とし、第2の偏光分離素子110が第1の偏光光を反射して第2の偏光光を透過するように構成しても、本実施例と同じ光路が形成される。

【0025】

但し、本実施例のように第2の位相板150であるλ/4板と第3の位相板120であるλ/4板の遅相軸が互いに直交するようにすると、λ/4板が波長依存性を有する場合に発生する色づきを抑えることができ、好ましい。また、第1および第2の偏光板60、50を必ずしも設ける必要はないが、これらを設けることで外界光や表示光のコントラストを向上させたりゴースト等の不要光の発生を抑制したりすることができる。

40

【0026】

また、本実施例では、第1の偏光分離素子30から第1の光学ユニット20に向かう光路と第1の光学ユニット20から第1の偏光分離素子30に向かう光路とを重複させたことにより、光学系1を中間像IMIを形成するにもかかわらず小型とすることができる。

【0027】

50

さらに本実施例では、第 1 の光学ユニット 20 の反射面 201 を凹面鏡として用いることで、透過面と比較して曲率が小さい面でも強いパワーが得られるようにしている。特に、反射面 201 を裏面鏡として、曲率が小さい面でもより強いパワーが得られるようにしている。これにより、収差を抑制することができるとともに、第 1 の光学ユニット 20 を薄型化することができる。

【0028】

次に、図 4 を用いて本実施例における表示光 1002 の光路や結像についてさらに詳しく説明する。図 4 では、図 1 に示した構成要素のうち一部の図示を省略している。図 4 において、 ωv は半画角を示し、 ER は光学系 1 の射出瞳 S と第 2 の光学ユニット 10 における最も出射瞳側の光学面との間の距離、すなわちアイレリーフを示している。 EPR は射出瞳 S の半径を示す。

10

【0029】

第 2 の光学ユニット 10 は、基本的には平凸レンズ 130 と平凹レンズ 140 との接合レンズによって構成されている。平凸レンズ 130 と平凹レンズ 140 の材料の屈折率を $N1$ 、第 2 の光学ユニット 10 の光軸上での厚みを $T1$ 、有効径（半径）を $EA1$ とするとき、

$$EA1 = EPR + (ER + T1 / N1) \times \tan(\omega v)$$

である。第 2 の光学ユニット 10 の光軸上での第 2 の光学ユニット 10 と第 1 の偏光分離素子 30 との間の距離を $D1$ とし、 $D1 \geq EA1$ とすると、射出瞳 S に到達する下側最大半画角 - ωv の外界からの光束のうち第 1 の偏光光のほぼ全てを第 1 の偏光分離素子 30 を透過させることができる。この条件は必ずしも満足すべきものではないが、一般的には $D1 = EA1$ （または $D1 > EA1$ ）であり、本条件を満足する。

20

【0030】

また第 1 の光学ユニット 20 の光軸上での第 1 の光学ユニット 10 と第 1 の偏光分離素子 30 との間の距離を $D2$ とするとき、第 1 の光学ユニット 20 と第 2 の光学ユニット 10 との干渉を避けるために、 $D2 > EA1$ としている。

【0031】

特許文献 1、2 では、本実施例における第 1 の光学ユニット 20 の位置付近に表示素子が配置されている。このため、第 2 の光学ユニット 10 内の光路を無視するとしても、第 2 の光学ユニット 10 の焦点距離 $f1$ は、

$$f1 > D1 + D2$$

である。

30

【0032】

これに対して本実施例では、表示面 21 に表示された画像の中間像 IMI が第 1 の光学ユニット 20 から第 2 の光学ユニット 10 までの光路中に形成される。このため、

$$f1 < D1 + D2 \quad (1)$$

となる。

【0033】

特に、本実施例では、中間像 IMI が第 1 の偏光分離素子 30 から第 2 の光学ユニット 10 までの光路中に形成される。このため、第 2 の光学ユニット 10 の光軸上での平凸レンズ 130 の厚みを $T11$ とするとき、

40

$$(T11 + T1) / N1 < f1 < D1 \quad (2)$$

なる条件を満足することが好ましい。

【0034】

$f1$ が条件式 (2) の下限値を下回ると、中間像 IMI の NA が大きくなり、第 1 の偏光分離素子 30 または第 1 の光学ユニット 20 のサイズが大きくなり、観察装置の厚み（図 4 の左右方向の寸法）増加するので、好ましくない。 $f1$ が条件式 (2) の上限値を超えると、第 1 の光学ユニット 20 の焦点距離を短く（パワーを強く）する必要があり、収差補正が困難となる。また、表示面 30 と第 1 の偏光分離素子 30 との間の距離 $D3$ が大きくなり、観察装置の高さ（図 4 の上下方向の寸法）が大きくなるため、好ましくない。

50

【0035】

また、平凸レンズ130と平凹レンズ140の材料の屈折率は完全に一致していなくてもよい。平凸レンズ130と平凹レンズ140の材料の屈折率をそれぞれ $N11$ 、 $N12$ とし、平凸レンズ130と平凹レンズ140の接合面102の曲率半径を $R102$ とするとき、接合面102を透過する光に対する光学的パワー（屈折力） $\phi102$ は、

$$\phi102 = (N12 - N11) / R102$$

となる。接合面102を透過する光に対する光学的パワーの絶対値 $|\phi102|$ が、

$$|\phi102| < 0.0001 [1/mm]$$

である場合には、 $N12$ と $N11$ とが同一とみなしてよい。また、平凸レンズ130と平凹レンズ140の平面が微小の曲率を有していても、第2の光学ユニット10の各構成要素を1回のみ透過する光に対する全体の光学的パワー ϕ が、

$$|\phi| < 0.000125 [1/mm]$$

であればよい。

【実施例2】

【0036】

図2は、本発明の実施例2である観察装置の断面を示している。本実施例の観察装置は、光学系1Aと表示素子2とを有する。光学系1Aは、表示素子2の表示面21から出射した表示光1002が射出瞳Sに向かって迎る順に、第1の偏光板80、第1の偏光分離素子30、第1の位相板70、第1の光学ユニット20A、（第1の位相板70、第1の偏光分離素子30）および第2の光学ユニット10Aにより構成されている。実施例1と同符号が付された構成要素は、実施例1と同じものである。

【0037】

本実施例では、実施例1の光学系1から第1および第4の偏光板50、60を除いて、コンバイナーとして機能する第1の偏光分離素子30の外界側に第1の偏光板80を配置している。第1の偏光板80は、第1の偏光光を透過させる。

【0038】

第1の光学ユニット20Aは、両凸レンズ210Aと、該両凸レンズ210Aとは別体の反射面201とにより構成されている。なお、実施例1における第1の位相板220は設けられていない。第2の光学ユニット10Aは、平凹レンズ140、半透過反射面102、平凸レンズ130、第3の位相板120、第2の偏光分離素子110および第2の偏光板160により構成されている。第2の光学ユニット10Aは、実施例1における第2の光学ユニット10から第2の位相板150を除き、最も射出瞳側に第2の偏光板160を設けたものである。第2の偏光板160は、第1の偏光光を透過させる。

【0039】

本実施例では、実施例1における第1の位相板220と第2の位相板150の代わりに、第1の偏光分離素子30よりも射出瞳側（第1および第2の光学ユニット側）に、1つの第1の位相板（光学素子）70を配置している。第1の位相板70は、第1方向に直線偏光した光の透過軸に対して45°傾いた遅相軸を有する $\lambda/4$ 板である。

【0040】

以上のように構成された観察装置において、外界光1001のうち第1の偏光光は第1の偏光板80を透過し、第1の偏光分離素子30を透過して第1の位相板70に入射する。第1の偏光光としての外界光1001は、第1の位相板70によって該外界光の進行方向に向かって見たときに右回りの円偏光に変換される。この円偏光はとしての外界光1001は、平凹レンズ140、半透過反射面102および平凸レンズ130を透過して第3の位相板120により第1の偏光光に戻される。第1の偏光光としての外界光1001は、第2の偏光分離素子110および第2の偏光板160を透過して射出瞳Sに到達する。このように、外界光1001は、第2の光学ユニット10Aの構成部品をそれぞれ1度だけ透過して射出瞳Sに到達する。

【0041】

本実施例においても、実施例1と同様に、第2の光学ユニット10Aにおいて曲面であ

る半透過反射面 102 は屈折率が同じ材料により形成された平凹および平凸レンズ 130、140 の間に配置されているため、外界光 1001 に対するパワーを持たない。したがって、外界光 1001 は第 2 の光学ユニット 10A のパワーを受けることなく射出瞳 S に到達する。これにより、自然な外界観察が可能となる。

【0042】

表示素子 2 の表示面 21 から出射した表示光 1002 のうち第 1 の偏光光は、第 1 の偏光板 80 を透過し、第 1 の偏光分離素子 30 を透過して第 1 の位相板 70 に入射する。第 1 の偏光光としての表示光 1002 は、第 1 の位相板 70 によって該表示光の進行方向に向かって見たときに（以下同じ）右回りの円偏光に変換される。この右回りの円偏光は、両凸レンズ 210A を透過して、曲面反射面 201A で反射されて左回りの円偏光となり、該円偏光は両凸レンズ 210A を再度透過し、第 1 の位相板 70 に再度入射して第 2 の偏光光に変換される。第 2 の偏光光としての表示光 1002 は、第 1 の偏光分離素子 30 により反射されて第 2 の光学ユニット 10A に入射する。

10

【0043】

第 2 の光学ユニット 10A 内において、第 2 の偏光光としての表示光 1002 は、平凹レンズ 140、半透過反射面 102 および平凸レンズ 130 を透過して第 3 の位相板 120 により第 2 の偏光光に変換され、第 2 の偏光分離素子 110 により反射される。この反射された第 2 の偏光光としての表示光 1002 は、第 3 の位相板 120 により左回りの円偏光に変換される。円偏光としての表示光 1002 は、平凸レンズ 130 を再度透過し、半透過反射面 102 で反射されて右回りの円偏光となり、再度平凸レンズ 130 を透過して第 3 の位相板 120 に入射する。

20

【0044】

第 3 の位相板 120 に入射した右回りの円偏光としての表示光 1002 は、該第 3 の位相板 120 により第 1 の偏光光に変換され、該第 1 の偏光光としての表示光 1002 は第 2 の偏光分離素子 110 および第 2 の偏光板 160 を透過して射出瞳 S に到達する。第 2 の光学ユニット 10A において、表示光 1002 は、半透過反射面 102 で反射される際に結像に寄与するパワーを受ける。

【0045】

本実施例では、第 2 の偏光板 160 を設けたことにより、表示光 1002 のコントラストを向上させたり、迷光の強度を低下させたりすることができる。

30

【0046】

次に、図 5 を用いて本実施例における表示光 1002 の光路や結像についてさらに詳しく説明する。図 5 では、図 2 に示した構成要素のうち一部の図示を省略している。図 5 において、 ωv 、ER、EPR、 f_1 、T1、T11、D1、D2 および D3 は実施例 1 と同じ意味である。

【0047】

本実施例でも、実施例 1 と同様に、表示面 21 に表示された画像の中間像 IMI が第 1 の光学ユニット 20A から第 2 の光学ユニット 10A までの光路中に形成される。このため、式 (1) の条件を満足する。

【0048】

40

また本実施例でも、中間像 IMI が第 1 の偏光分離素子 30 から第 2 の光学ユニット 10A までの光路中に形成されるように、式 (2) の条件を満足することが好ましい。

【0049】

また本実施例でも、第 2 の光学ユニット 10A の各構成要素を 1 回のみ透過する光に対する全体の光学的パワー ϕ が、

$$|\phi| < 0.000125 [1/mm]$$

であればよい。

【実施例 3】

【0050】

図 3 は、本発明の実施例 3 である観察装置の断面を示している。本実施例の観察装置は

50

、光学系 1 B と表示素子 2 とを有する。光学系 1 B は、表示素子 2 の表示面 2 1 から出射した表示光 1 0 0 2 が射出瞳 S に向かって迎る順に、第 3 のレンズユニットとしてのレンズ 4 0、第 1 の偏光板 8 0、第 1 の偏光分離素子 3 0、第 1 の位相板 7 0、第 1 の光学ユニット 2 0 B、(第 1 の位相板 7 0、第 1 の偏光分離素子 3 0) および第 2 の光学ユニット 1 0 B により構成されている。実施例 2 と同符号が付された構成要素は、実施例 1、2 と同じものである。

【0051】

第 1 の光学ユニット 2 0 B は、両凸レンズ 2 1 0 B と、該両凸レンズ 2 1 0 B の一面に設けられた反射面 2 0 1 B とにより構成されている。レンズ 4 0 と第 1 の光学ユニット 2 0 B によりリレー光学系が構成される。第 2 の光学ユニット 1 0 B は、半透過反射面 1 0 2、平凸レンズ 1 3 1、第 3 の位相板 1 2 0、第 2 の偏光分離素子 1 1 0、第 2 の偏光板 1 6 0 および平凹レンズ 1 4 1 により構成されている。

10

【0052】

以上のように構成された観察装置において、外界光 1 0 0 1 のうち第 1 の偏光光は第 1 の偏光板 8 0 を透過し、第 1 の偏光分離素子 3 0 を透過して第 1 の位相板 7 0 に入射する。第 1 の偏光光としての外界光 1 0 0 1 は、第 1 の位相板 7 0 によって該外界光の進行方向に向かって見たときに右回りの円偏光に変換される。この円偏光はとしての外界光 1 0 0 1 は、半透過反射面 1 0 2 および平凸レンズ 1 3 1 を透過して第 3 の位相板 1 2 0 により第 1 の偏光光に戻される。第 1 の偏光光としての外界光 1 0 0 1 は、第 2 の偏光分離素子 1 1 0、第 2 の偏光板 1 6 0 および平凹レンズ 1 4 1 を透過して射出瞳 S に到達する。このように、外界光 1 0 0 1 は、第 2 の光学ユニット 1 0 B の構成部品をそれぞれ 1 度だけ透過して射出瞳 S に到達する。

20

【0053】

本実施例では平凸レンズ 1 3 1 と平凹レンズ 1 4 1 の空気との界面である面 R 1、R 2 が曲面であるために、外界光 1 0 0 1 は屈折力を受ける。しかし、2 つの面 R 1、R 2 を透過する際にパワーを互いに打ち消し合って外界光 1 0 0 1 に対する第 2 の光学ユニット 1 0 B 全体のパワーがほぼ 0 となるようにすることで、自然な外界観察を可能としている。

【0054】

表示素子 2 の表示面 2 1 から出射してレンズ 4 0 を透過した表示光 1 0 0 2 のうち第 1 の偏光光は、第 1 の偏光板 8 0 を透過し、第 1 の偏光分離素子 3 0 を透過して第 1 の位相板 7 0 に入射する。第 1 の偏光光としての表示光 1 0 0 2 は、第 1 の位相板 7 0 によって該表示光の進行方向に向かって見たときに(以下同じ)右回りの円偏光に変換される。この右回りの円偏光は、両凸レンズ 2 1 0 B を透過して、反射面 2 0 1 B で反射されて左回りの円偏光となり、該円偏光は両凸レンズ 2 1 0 B を再度透過し、第 1 の位相板 7 0 に再度入射して第 2 の偏光光に変換される。第 2 の偏光光としての表示光 1 0 0 2 は、第 1 の偏光分離素子 3 0 により反射されて第 2 の光学ユニット 1 0 B に入射する。

30

【0055】

第 2 の光学ユニット 1 0 B 内において、第 2 の偏光光としての表示光 1 0 0 2 は、半透過反射面 1 0 2 および平凸レンズ 1 3 1 を透過して第 3 の位相板 1 2 0 により第 2 の偏光光に変換され、第 2 の偏光分離素子 1 1 0 により反射される。この反射された第 2 の偏光光としての表示光 1 0 0 2 は、第 3 の位相板 1 2 0 により左回りの円偏光に変換される。円偏光としての表示光 1 0 0 2 は、平凸レンズ 1 3 1 を再度透過し、半透過反射面 1 0 2 で反射されて右回りの円偏光となり、再度平凸レンズ 1 3 1 を透過して第 3 の位相板 1 2 0 に入射する。

40

【0056】

第 3 の位相板 1 2 0 に入射した右回りの円偏光としての表示光 1 0 0 2 は、該第 3 の位相板 1 2 0 により第 1 の偏光光に変換され、該第 1 の偏光光としての表示光 1 0 0 2 は、第 2 の偏光分離素子 1 1 0、第 2 の偏光板 1 6 0 および平凹レンズ 1 4 1 を透過して射出瞳 S に到達する。第 2 の光学ユニット 1 0 B において、表示光 1 0 0 2 は、半透過反射面 1 0 2 を透過する際の屈折によりパワーを受け、半透過反射面 1 0 2 で反射される際にも

50

パワーを受け、さらに平凹レンズ 141 の面 R2 を透過する際にも屈折により結像に寄与するパワーを受ける。

【0057】

次に、図6を用いて本実施例における表示光 1002 の光路や結像についてさらに詳しく説明する。図6では、図3に示した構成要素のうち一部の図示を省略している。図6において、 ωv 、ER、EPR、f1、T1、T11、D1およびD2は実施例1、2と同じ意味である。ただし、D3はレンズ40と第1の偏光分離素子30との間の距離を示している。

【0058】

本実施例でも、実施例1、2と同様に、表示面21に表示された画像の中間像IMIが第1の光学ユニット20Bから第2の光学ユニット10Bまでの光路中に形成される。このため、式(1)の条件を満足する。

【0059】

また本実施例でも、中間像IMIが第1の偏光分離素子30と第2の光学ユニット10Bと間に形成されるように式(2)の条件を満足することが好ましい。これは実施例1で説明した理由に加えて、第1の偏光分離素子30と第1の光学ユニット20Bとの間に中間像IMIが形成されると、レンズ40の径が大きくなるためである。

【0060】

また本実施例でも、第2の光学ユニット10Bの各構成要素を1回のみ透過する光に対する全体の光学的パワー ϕ が、

$$|\phi| < 0.000125 [1/mm]$$

であればよい。

【0061】

以上説明した各実施例によれば、小型の光学シースルータイプの観察装置を実現することができる。

【0062】

なお、上記各実施例では、表示光により中間像の全体が第1の偏光分離素子から第2の光学ユニットまでの光路中に形成される場合について説明した。しかし、中間像の少なくとも一部が第1の偏光分離素子から第2の光学ユニットまでの光路中に形成されればよく、他の部分が第1の光学ユニットから第1の偏光分離素子までの光路中に形成されてもよい。

【0063】

以上説明した各実施例は代表的な例にすぎず、本発明の実施に際しては、各実施例に対して種々の変形や変更が可能である。

【符号の説明】

【0064】

1 光学系

2 表示素子

S 射出瞳

30 第1の偏光分離素子

20 第1の光学ユニット

201 反射面

10 第2の光学ユニット

102 半透過反射面

110 第2の偏光分離素子

70、120、150 位相板

10

20

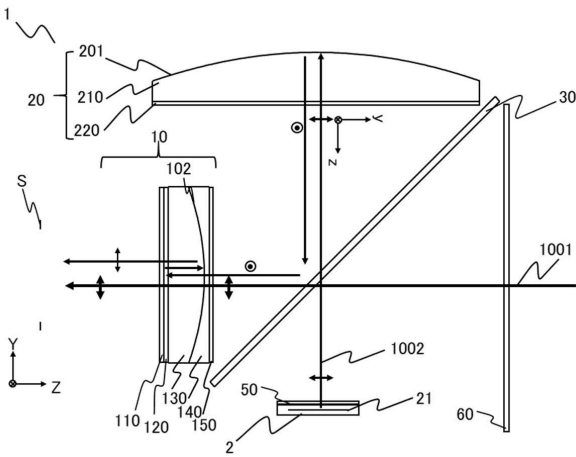
30

40

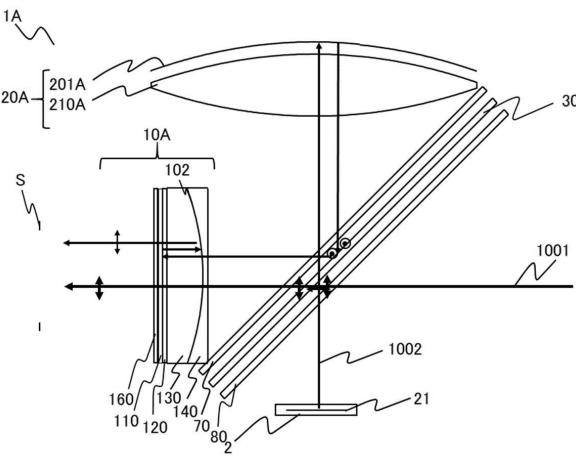
50

【図面】

【図 1】

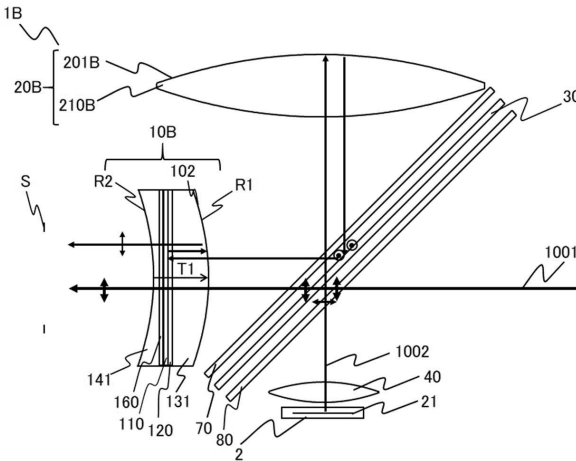


【図 2】

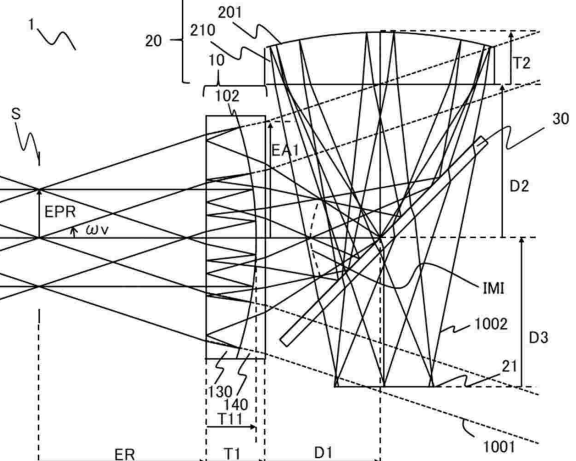


10

【図 3】



【図 4】



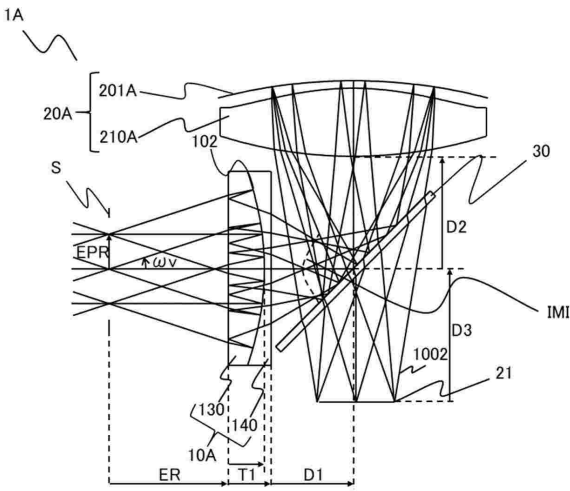
20

30

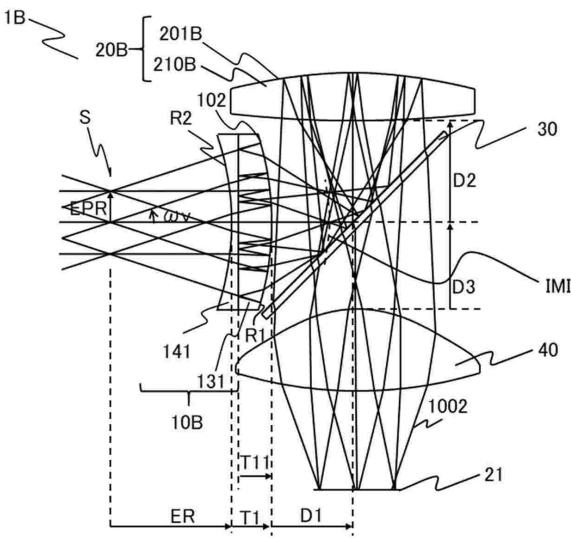
40

50

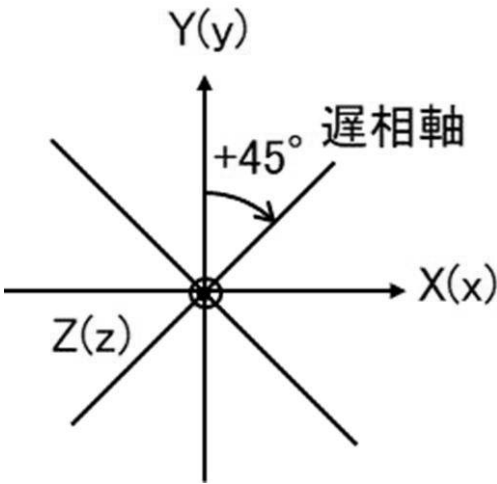
【図 5】



【図 6】



【図 7】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

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