

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7600756号
(P7600756)

(45)発行日 令和6年12月17日(2024.12.17)

(24)登録日 令和6年12月9日(2024.12.9)

(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 17/08 (2006.01) G 0 2 B 17/08
 H 0 4 N 5/64 (2006.01) H 0 4 N 5/64 5 1 1 A

請求項の数 14 (全20頁)

(21)出願番号	特願2021-29756(P2021-29756)	(73)特許権者	000002369 セイコーエプソン株式会社 東京都新宿区新宿四丁目1番6号
(22)出願日	令和3年2月26日(2021.2.26)	(74)代理人	100179475 弁理士 仲井 智至
(65)公開番号	特開2022-131033(P2022-131033 A)	(74)代理人	100216253 弁理士 松岡 宏紀
(43)公開日	令和4年9月7日(2022.9.7)	(74)代理人	100225901 弁理士 今村 真之
審査請求日	令和5年12月1日(2023.12.1)	(72)発明者	武田 高司 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイ コーエプソン株式会社内
		(72)発明者	高 木 将行 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイ コーエプソン株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光学ユニット及び画像表示装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

画像光を射出する表示素子と、
 前記表示素子から射出された前記画像光の一部を反射する部分透過性の第1ミラーと、
 前記第1ミラーで反射された前記画像光を前記第1ミラーに折り返して射出瞳を形成する第2ミラーと、
 前記表示素子から射出された前記画像光を、前記第1ミラーに向けて投射する投射レンズと、
 を備え、
 前記第1ミラーは、前記表示素子から第1入射角度で前記画像光が入射され、
 前記第1ミラーは、前記第2ミラーから前記第1入射角度よりも小さい第2入射角度で前記画像光が入射され、
 前記第1ミラーは、前記第1入射角度と前記第2入射角度との差異に応じて前記画像光について異なる分離特性を示す角度依存性分離膜を有し、
 全画角についての前記画像光に関して、前記第1入射角度の最小角度は、 44.8° であり、前記第2入射角度の最大角度は、 37.3° であり、
 前記投射レンズは、前記第2ミラーで発生する収差を補正し、
 前記表示素子は、前記第2ミラーで発生する収差に応じて歪曲した表示面を有している、光学ユニット。

【請求項2】

前記角度依存性分離膜は、前記分離特性として、前記第 2 入射角度の最大角度から前記第 1 入射角度の最小角度までの間において異なる反射透過特性を示す、請求項 1 に記載の光学ユニット。

【請求項 3】

前記第 1 ミラーは、平面ミラーであり、

前記第 2 ミラーは、凹面ミラーであり、

前記表示素子の中心画素の主光線は、前記表示素子から前記第 1 入射角度で前記第 1 ミラーに射出され、前記第 1 ミラーから反射された前記主光線が前記第 2 ミラーに入射する入射位置において、前記第 2 ミラーの接平面における法線に対して角度を有して入射する、請求項 1 または 2 に記載の光学ユニット。

10

【請求項 4】

前記角度依存性分離膜は、所定の角度範囲より大きな入射角度で入射する成分の反射率を 50% よりも大きくし、前記所定の角度範囲より小さな入射角度で入射する成分の透過率を 50% よりも大きくする特性を有する、請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載の光学ユニット。

【請求項 5】

前記表示素子は、前記第 1 ミラーまたは前記第 2 ミラーの少なくともいずれかで生じる収差に応じて表示面の表示領域を制御する制御回路を有している、請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載の光学ユニット。

【請求項 6】

前記表示素子は、複数の偏光方向を含み、かつ、偏光方向の光量差を 50% 以下とする光を、前記画像光として射出する、請求項 1 ~ 5 のいずれか一項に記載の光学ユニット。

20

【請求項 7】

前記表示素子から同一画角の光線として射出される前記画像光の成分において、前記第 1 入射角度と前記第 2 入射角度との差は、5 度以上ある、請求項 1 ~ 6 のいずれか一項に記載の光学ユニット。

【請求項 8】

前記角度依存性分離膜は、前記第 1 入射角度で入射する赤色波長帯域、緑色波長帯域及び青色波長帯域の成分に対して所定値以上の反射率を有する、請求項 1 ~ 7 のいずれか一項に記載の光学ユニット。

30

【請求項 9】

前記第 2 ミラーは、部分透過性を有し、前記第 1 ミラーで反射された前記画像光の一部を折り返すとともに、外界光の一部を透過させる、請求項 1 ~ 8 のいずれか一項に記載の光学ユニット。

【請求項 10】

請求項 1 ~ 9 のいずれか一項に記載の光学ユニットを備える画像表示装置。

【請求項 11】

画像光を射出する表示素子と、

前記表示素子から射出された前記画像光の一部を反射する部分透過性の第 1 ミラーと、前記第 1 ミラーで反射された前記画像光を前記第 1 ミラーに折り返して射出瞳を形成する第 2 ミラーと、

40

前記表示素子から射出された前記画像光を、前記第 1 ミラーに向けて投射する投射レンズと、備え、

前記表示素子から射出される前記画像光の光軸と前記第 1 ミラーの法線とで成す角度を第 1 入射角度とし、

前記第 1 ミラーで反射された前記画像光の光軸と前記第 2 ミラーの法線とで成す角度を第 2 入射角度とし、

前記第 2 入射角度は、前記第 1 入射角度よりも小さく、

前記第 1 ミラーにおいて、前記第 1 入射角度の成分に対する反射率が、前記第 2 入射角度の成分に対する反射率よりも高く、

50

全画角についての前記画像光に関して、前記第 1 入射角度の最小角度は、 44.8° であり、前記第 2 入射角度の最大角度は、 37.3° であり、

前記投射レンズは、前記第 2 ミラーで発生する収差を補正し、

前記表示素子は、前記第 2 ミラーで発生する収差に応じて歪曲した表示面を有している、光学ユニット。

【請求項 1 2】

前記第 1 ミラーは、前記第 1 入射角度が 45° とは異なる角度となるように前記表示素子に対して傾斜する、請求項 1 1 に記載の光学ユニット。

【請求項 1 3】

前記第 2 ミラーは、前記第 2 入射角度が 45° とは異なる角度となるように前記第 1 ミラーに対して傾斜する、請求項 1 2 に記載の光学ユニット。

10

【請求項 1 4】

画像光を射出する表示素子と、

前記表示素子から射出された前記画像光の一部を反射する部分透過性の第 1 ミラーと、前記第 1 ミラーで反射された前記画像光を前記第 1 ミラーに折り返して射出瞳を形成する第 2 ミラーと、

前記表示素子から射出された前記画像光を、前記第 1 ミラーに向けて投射する投射レンズと、
を備え、

前記第 1 ミラーは、前記表示素子から第 1 入射角度で前記画像光が入射され、

20

前記第 1 ミラーは、前記第 2 ミラーから前記第 1 入射角度よりも小さい第 2 入射角度で前記画像光が入射され、

前記第 1 入射角度の最小角度は、前記第 2 入射角度の最大角度よりも大きく、

前記第 1 ミラーにおいて、前記第 1 入射角度での前記画像光の入射に対する反射率が 50% 以上であり、前記第 2 入射角度での入射に対する前記画像光の反射率が 50% 未満であり、

全画角についての前記画像光に関して、前記第 1 入射角度の最小角度は、 44.8° であり、前記第 2 入射角度の最大角度は、 37.3° であり、

前記投射レンズは、前記第 2 ミラーで発生する収差を補正し、

前記表示素子は、前記第 2 ミラーで発生する収差に応じて歪曲した表示面を有している、光学ユニット。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、表示素子等によって形成された虚像の観察を可能にする光学ユニット及び光学ユニットを備える画像表示装置に関する。

【背景技術】

【0002】

虚像の観察を可能にする光学ユニットあるいはこれを組み込んだ画像表示装置（虚像表示装置）に相当するものとして、表示素子としての LCD からの光（画像）をハーフミラーで反射して反射機能を有するレンズに入射させ、レンズによって反射された画像光をハーフミラーで透過させて観察者に視認させるヘッドマウントディスプレイ装置が知られている（特許文献 1）。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開 2001 - 108933 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

50

上記特許文献 1 の装置では、光量の損失に関して、例えばハーフミラーの通過だけについてであっても、LCD から射出された光の反射と、レンズで反射された光の透過との 2 回の通過があり、これについて、光の利用効率を高めるべく、例えば、ハーフミラーの反射率を 50% (透過率も 50%) としたとしても、2 回の通過で、1/4 以下まで光量が低下してしまう。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明の一側面における光学ユニットは、画像光を射出する表示素子と、表示素子から射出された画像光の一部を反射する部分透過性の第 1 ミラーと、第 1 ミラーで反射された画像光を第 1 ミラーに折り返して射出瞳を形成する第 2 ミラーと、表示素子から射出された画像光を、第 1 ミラーに向けて投射する投射レンズと、備え、第 1 ミラーは、表示素子から第 1 入射角度で画像光が入射され、第 1 ミラーは、第 2 ミラーから第 1 入射角度よりも小さい第 2 入射角度で画像光が入射され、第 1 ミラーは、第 1 入射角度と第 2 入射角度との差異に応じて画像光について異なる分離特性を示す角度依存性分離膜を有し、全画角についての前記画像光に関して、前記第 1 入射角度の最小角度は、 44.8° であり、前記第 2 入射角度の最大角度は、 37.3° であり、投射レンズは、第 2 ミラーで発生する収差を補正し、表示素子は、第 2 ミラーで発生する収差に応じて歪曲した表示面を有している。

10

【図面の簡単な説明】

【0006】

【図 1】第 1 実施形態に係る画像表示装置の装着状態を説明する外観斜視図である。

【図 2】画像表示装置の内部の光学系を説明する概念的な側断面図である。

【図 3】第 1 ミラーに対する第 1 入射角度と第 2 入射角度との関係を示す図である。

【図 4】角度依存性分離膜の分離特性について一例を示すグラフである。

【図 5】画角に応じた画像光の入射角度について説明するための概念図である。

【図 6】表示像の歪曲補正を説明する図である。

【図 7】第 1 ミラーに対する光波長帯域と反射率との関係について一例を示すグラフである。

【図 8】画像表示装置の概略構造について説明するための概念的な側断面図である。

【図 9】画像表示装置の概略構造について説明するための概念的な側断面図である。

【図 10】第 2 実施形態に係る画像表示装置の内部の光学系を説明する概念的な側断面図である。

30

【図 11】角度依存性分離膜の分離特性について一例を示すグラフである。

【図 12】表示像の歪曲補正を説明する図である。

【発明を実施するための形態】

【0007】

〔第 1 実施形態〕

以下、図 1 等を参照して、本発明に係る光学ユニット及びこれを組み込んだ画像表示装置の構造、動作等について説明する。

【0008】

図 1 は、画像表示装置 200 の装着状態を説明する図である。画像表示装置 200 は、ヘッドマウントディスプレイ (以下、HMD とも称する。) であり、これを装着する観察者又は装着者 US に虚像としての映像を認識させる。すなわち、画像表示装置 200 は、虚像表示装置であるとも言える。図 1 等において、X、Y、及び Z は、直交座標系であり、+X 方向は、画像表示装置 (又は HMD) 200 を装着した観察者又は装着者 US の両眼 EY の並ぶ横方向に対応し、+Y 方向は、装着者 US にとっての両眼 EY の並ぶ横方向に直交する上方向に相当し、+Z 方向は、装着者 US にとっての前方向又は正面方向に相当する。±Y 方向は、鉛直軸又は鉛直方向に平行になっている。

40

【0009】

画像表示装置 200 は、装着者 US の眼前を覆うように配置される本体 200a と、本

50

体 200 a を支持するテンブル状の一对の支持装置 200 b とを備える。本体 200 a は、機能的に見た場合、右眼用の第 1 表示装置 100 A と、左眼用の第 2 表示装置 100 B とを含む。第 1 表示装置 100 A は、第 1 表示駆動部 102 a と、メガネレンズ状で眼前を覆うコンバイナー 103 a とで構成される。第 2 表示装置 100 B も同様に、上部に配置される第 2 表示駆動部 102 b と、メガネレンズ状で眼前を覆うコンバイナー 103 b とで構成される。

【0010】

図 2 を参照して、画像表示装置 200 の各部のうち、特に、光学的機能を有する部分である光学ユニット O U について説明する。画像表示装置 200 を構成する左右対称な第 1 表示装置 100 A 及び第 2 表示装置 100 B (図 1 参照) のうち、図 2 の例では、第 1 表示装置 100 A を代表として示している。ここでは、図 2 として示す側方断面図を参照して、第 1 表示装置 100 A における光学的構造としての光学ユニット O U について説明する。なお、左眼用の第 2 表示装置 100 B (図 1 参照) については、第 1 表示装置 100 A と同様であるため、詳しい説明等は、省略する。

10

【0011】

図 2 に示すように、光学ユニット O U は、右眼用の第 1 表示装置 100 A の光学的機能を有する部分として、表示素子 10 と結像光学系 30 とを備える。結像光学系 30 は、導光光学装置とも呼ぶ。結像光学系 30 は、投射光学系である投射レンズ 20 と、第 1 ミラー 21 と、第 2 ミラー 22 とを備える。例えば、表示素子 10 と投射レンズ 20 と第 1 ミラー 21 とは、図 1 の第 1 表示駆動部 102 a に対応し、第 2 ミラー 22 は、図 1 の第 1 コンバイナー 103 a に対応する。

20

【0012】

表示素子 10 は、例えば自発光型の表示デバイスであり、画像光 M L を生じさせるべく、発光部を含む。表示素子 10 は、例えば有機 E L (有機エレクトロルミネッセンス、Organic Electro-Luminescence) ディスプレイで構成される。ここでは、一例として、表示素子 10 は、有機 E L ディスプレイで構成されることにより、無偏光の光を画像光 M L として表示面 10 d から射出するものとする、すなわち 2 次元の表示面 10 d にカラーの静止画又は動画を形成する。ただし、表示素子 10 は、有機 E L ディスプレイによる上記態様に限らず、マイクロ L E D ディスプレイ、又は無機 E L、有機 L E D、レーザーアレイ、量子ドット発光型素子等を用いた表示デバイスに置き換えることができる。さらに、表示素子 10 は、自発光型の画像光生成装置に限らず、L C D その他の光変調素子で構成され、当該光変調素子をバックライトのような光源 (発光部) によって照明することによって画像を形成するものであってもよい。表示素子 10 として、L C D に代えて、L C O S (Liquid crystal on silicon, L C o S は登録商標) や、デジタル・マイクロミラー・デバイス等を用いることもできる。なお、表示素子 10 には、例えば画像光 M L の射出に関して各種制御を行う制御回路 C I が設けられている。

30

【0013】

結像光学系 30 のうち、投射レンズ 20 は、表示素子 10 から射出された画像光 M L を通過させ、第 1 ミラー 21 に入射させる投射光学系である。なお、投射レンズ 20 は、単数または複数のレンズで構成されるが、図示の一例では、1 つのレンズによって簡略化して示している。なお、投射レンズ 20 は、後述する第 2 ミラー 22 において発生する収差を補正する収差補正光学系として、あるいは収差補正光学系を含むものとして、設計することが考えられる。

40

【0014】

結像光学系 30 のうち、第 1 ミラー 21 は、部分透過性 (半透過性) を有する平面ミラー (ハーフミラー) すなわち平板板状の光学部材であり、投射レンズ 20 の光射出側に配置されている。第 1 ミラー 21 は、一様な厚さを有し透過性を有する平行平板 21 a の一方面に光の入射角度に応じて異なる分離特性を示す角度依存性分離膜 21 b を形成して、投射レンズ 20 から射出されて入射する画像光 M L の一部を反射しつつ透過させる平面透過反射面として機能する。角度依存性分離膜 21 b は、吸収がほぼ無く、かつ、偏光依存

50

性も無い膜構成とすべく、例えば $Nb_2O_5 - Al_2O_3 - SiO_2$ の組み合わせで構成されている誘電体多層膜とすることが考えられる。

【0015】

結像光学系30のうち、第2ミラー22は、部分透過性（半透過性）を有する凹面ミラー（ハーフミラー）すなわち湾曲した板状の光学部材であり、眼EYの位置として想定される射出瞳の位置を示す瞳位置PPに対して第1ミラー21よりも+Z側において、第1ミラー21に対向するように配置され、第1ミラー21で反射された画像光MLの一部を瞳位置PPに向けて折り返す。凹面ミラーである第2ミラー22で折り返された画像光MLは、平行化されて第1ミラー21に向かい、さらに、第1ミラー21を経て（一部が透過して）、瞳位置PPに到達する。なお、瞳位置PPは、表示面10d上の各点からの画像光MLが所定の発散状態又は平行状態で表示面10d上の各点の位置に対応する角度方向から重畳するように入射する位置となっている。

10

【0016】

ここで、第2ミラー22は、偏心光学系（非対称な光学系）となっており、例えば表示素子10の中心画素の主光線MLcは、第1ミラー21で反射されて第2ミラー22に向かう際に、第2ミラー22に対して垂直入射せず、所定の入射角度を有して第2ミラー22の反射面に入射する。したがって、第2ミラー22で折り曲げられた（反射した）主光線MLcが第1ミラー21に再び入射する際には、最初の入射時と比べて入射角度が異なっている。なお、これらについては詳しくは、図3等を参照して、後述する。

【0017】

また、第2ミラー22は、上記態様の場合、偏心に伴う収差（歪曲収差）が発生する。これについては、既述のように、例えば、投射レンズ20において、当該収差を補正する収差補正光学系を含む構成としておくこと等が考えられる。

20

【0018】

以上のように、本実施形態では、画像光MLについて、第1ミラー21への1回目の入射により反射される際の入射角度（第1入射角度）と、第2ミラー22を経て第1ミラー21に再び向かう2回目の入射により透過される際の入射角度（第2入射角度）とを異なるものとする。一方、第1ミラー21における反射透過については、光分離の分離特性が入射角度に依存して異なる特性を有する角度依存性分離膜21bが担う構成となっている。これにより、光学ユニットOU延いては画像表示装置200は、画像光MLの高効率な利用を可能としている。

30

【0019】

なお、第2ミラー22は、部分透過性を有することで、外界からの外界光OLを一部透過させ、その一方で、上記のように、第1ミラー21で反射された画像光MLの一部を折り返すことで、コンバイナー103aとして機能する。すなわち、画像表示装置200では、画像光MLと外界光OLとを重畳的に視認させるシースルー型の光学系が構成される。

【0020】

以下、図3等を参照して、画像光MLの光路に沿って、各部の機能や動作についてより詳しく説明する。まず、図3に示すように、表示パネルとしての表示素子10の表示面10dの各部から射出された画像光MLは、投射レンズ20により、第1ミラー21に向けて投射される。すなわち、投射レンズ20を経た画像光MLは、第1ミラー21に入射する。ここで、投射レンズ20から射出された画像光MLの第1ミラー21に対する入射角度を、第1入射角度 とする。図示の例では、画像光MLを代表して、表示素子10の中心画素の主光線MLcについて、第1入射角度 として示しているが、画像光MLを構成する他の成分についても、第1入射角度 は、同様である。

40

【0021】

第1入射角度 で第1ミラー21に入射した画像光MLのうち、一部の成分が反射されて、第2ミラー22に向かう。ここで、画像光MLは、第1ミラー21の角度依存性分離膜21bでの反射に際して、角度依存性分離膜21bに、第1入射角度 に対応した光分離特性をもたせておくことで、高効率に（例えば50%超で）画像光MLを反射させる態

50

様とすることが可能になる。なお、これは、主光線 MLc についての第 1 入射角度に限らず、他の画像光 ML の成分についても同様である。

【0022】

第 2 ミラー 22 は、既述のように、偏心光学系であり、第 1 入射角度とは異なる入射角度で画像光 ML が第 1 ミラー 21 に向かうようになっている。より具体的に一例を説明すると、一部拡大して示すように、例えば、画像光 ML のうち主光線 MLc については、平面形状である第 1 ミラー 22 での反射により、第 1 ミラー 22 から第 1 入射角度と同一の角度で射出され、第 2 ミラー 22 への入射位置 P において、第 2 ミラー 22 の接平面 TP に対して垂直ではなく角度 (> 0) を有して入射する。なお、上記について、主光線 MLc の進路を辿ってまとめると、主光線 MLc は、表示素子 10 から第 1 入射角度で第 1 ミラー 21 に射出され、第 1 ミラー 21 から反射された主光線 MLc は、第 2 ミラー 22 に入射する入射位置 P において、第 2 ミラー 22 の接平面 TP における法線に対して角度を有して入射する。この結果、主光線 MLc は、第 2 ミラー 22 で折り返された後においては、第 1 ミラー 21 に対して、第 1 入射角度とは異なる第 2 入射角度で入射する。第 2 入射角度は、第 1 入射角度よりも小さくなっており、角度依存性分離膜 21b に、第 2 入射角度 ($<$) に対応した光分離特性をもたせておくことで、高効率に (例えば 50% 超で) 画像光 ML を透過させる態様とすることが可能になる。なお、画像光 ML について、第 2 ミラー 22 は、主光線 MLc に限らずこれ以外の成分についても、第 1 入射角度よりも小さい第 2 入射角度で第 1 ミラー 21 に入射させる。これにより、主光線 MLc についての第 2 入射角度に限らず、他の画像光 ML の成分についても同様に利用効率を高めることができる。

【0023】

図 4 は、ある特定の可視光波長帯域の光についての角度依存性分離膜 21b の分離特性について一例を示すグラフである。図示において、横軸は、入射角度を示し (単位: $^{\circ}$)、縦軸は、光の入射角度に対する反射率又は透過率を示している (単位: $\%$)。実線で示す曲線 $Q1$ は、角度依存性分離膜 21b における反射特性を示している。すなわち、曲線 $Q1$ において、縦軸は、光の反射率を示している。一方、破線で示す曲線 $Q2$ は、角度依存性分離膜 21b における透過特性を示している。すなわち、曲線 $Q2$ において、縦軸は、光の透過率を示している。図示のように、グラフに示す一例では、曲線 $Q1$ 、 $Q2$ に示すように、入射角度 40° 付近を含む所定の角度範囲 $R1$ を境界として、角度範囲 $R1$ よりも角度の値が大きくなっている範囲である角度範囲 $R2$ では、反射率が高く (例えば 90% 超)、透過率が低い。一方、角度範囲 $R1$ よりも角度の値が小さくなっている範囲である角度範囲 $R3$ では、透過率が高く (例えば 90% 超)、反射率が低い。このような特性を有することにより、角度依存性分離膜 21b は、例えば比較的大きな角度となる第 1 入射角度で入射する成分については、高い反射率となる特性を有し、比較的小さな角度となる第 2 入射角度で入射する成分については、高い透過率となる特性を有するよう

【0024】

以下、図 5 を参照して、表示素子 10 からの画像光 ML における全画角 (FOV) についての第 1 入射角度及び第 2 入射角度に対する角度依存性分離膜 21b による分離について、一例を考察する。ここでは、表示素子 10 における矩形形状の表示面 10d がアスペクト比 16:9 で、対角方向についての全画角 (FOV) が 50° 程度 (例えば 52°) となっており、これに相当する画像 (虚像) が視認される場合を想定する。なお、角度依存性分離膜 21b については、図 4 を参照して説明した分離特性を有するものとし、また、画像光 ML も角度依存性分離膜 21b が上記特性を發揮するような光で構成されるものとする。

【0025】

以上の場合において、図 5 のうち、第 1 領域 $AR1$ に示すように、矩形形状である表示面 10d (表示素子 10) の中心画素から射出される画像光 ML の成分を成分光 $ML1$ とし、矩形形状である表示面 10d の四隅から射出される画像光 ML の成分を成分光 $ML2 \sim M$

L 5 とする。なお、図示では、成分光 M L 1 ~ M L 5 が発光点として示されている。

【 0 0 2 6 】

さらに、各成分光 M L 1 ~ M L 5 について、主光線の成分と主光線以外の周辺側の成分について区別する。具体的には、図 5 のうち、第 2 領域 A R 2 に例示するように、成分光 M L 1 のうち主光線 M L c に相当する成分を成分光 F 1 _ 0 とし、+ Y 側の端（上端）に相当する成分を成分光 F 1 _ + とし、- Y 側の端（下端）に相当する成分を成分光 F 1 _ - とする。成分光 M L 2 ~ 5 についても、同様に、成分光 F 2 _ 0 ~ F 5 _ - までを定め、これらについて、第 1 入射角度 及び第 2 入射角度 の測定結果をまとめたものが、表 1 として示したものである。

【表 1】

第 1 ミラー 2 1 への入射角度		
成分光	α (反射)	β (透過)
F1_0	54.9	17
F1_+	51	16.2
F1_-	58.4	17.8
F2_0	61.2	2.7
F2_+	57.5	1.9
F2_-	64.7	3.4
F3_0	47.4	31.4
F3_+	44.8	30.6
F3_-	49.5	32.2
F4_0	60	21.1
F4_+	56.2	21.1
F4_-	63.7	21.1
F5_0	47.8	36.8
F5_+	45.3	36.2
F5_-	49.8	37.3
max	64.7	37.3
min	44.8	1.9

【 0 0 2 7 】

なお、表 1 において、max 及び min は、上記成分光 F 1 _ 0 から F 5 _ - までにおける第 1 入射角度 及び第 2 入射角度 の最大値及び最小値を示しており、これは、全画角 (F O V) についての第 1 入射角度 及び第 2 入射角度 の最大値及び最小値に相当する。この一例では、第 1 入射角度 の最小角度は、成分光 F 3 _ + の 4 4 . 8 ° であり、第 2 入射角度 の最大角度である成分光 F 5 _ - の 3 7 . 3 ° よりも大きい。見方を変えると、上記態様の場合、3 7 . 3 ° ~ 4 4 . 8 ° の角度範囲で第 1 ミラー 2 1 に入射する成分は存在しない。したがって、図 4 に例示した角度依存性分離膜 2 1 b の分離特性における角度範囲 R 1 では、3 7 . 3 ° ~ 4 4 . 8 ° よりも狭い範囲となるように膜設計がな

10

20

30

40

50

されている。つまり、角度依存性分離膜 21b は、分離特性として、第 2 入射角度 の最大角度 (37.3°) から第 1 入射角度 の最小角度 (44.8°) までの間において異なる反射透過特性を示すものとなっている。これにより、第 1 入射角度 で入射する画像光 ML を効率的に反射し、かつ、第 2 入射角度 で入射する画像光 ML を効率的に透過させることが可能になっている。より具体的には、図 4 の一例では、角度依存性分離膜 21b において、入射角度 44° から 70° までの反射率は、90% 以上となっており、また、入射角度 0° から 38° までの透過率は、90% 以上となっている。この場合、画像光 ML が、第 1 ミラー 21 で反射し、再度、透過しても、第 1 ミラー 21 のみにおける 2 回合計の損失は 20% 以下 ($1 - 0.9 \times 0.9 = 0.19$) になる。従来において、例えば反射透過率 50% として損失が 75% ($1 - 0.5 \times 0.5 = 0.75$) であったとすると、これに対して、損失を約 1/3 に抑えられたことになる。

10

【0028】

ここで、上記一例の場合、第 1 入射角度 の最小角度である 44.8° と、第 2 入射角度 の最大角度である 37.3° との間には、角度差が 5° 以上あることで、高効率な分離特性を有する角度依存性分離膜 21b を、比較的簡易な構成 (例えば上述した一例のような構成の数十層からなる誘電体多層膜) とすることができる。なお、膜の設計的観点からは、少なくとも、表示素子 10 から同一画角の光線として射出される画像光 ML の成分においては、第 1 入射角度 と第 2 入射角度 との差は、5 度以上あることが望ましい。上記一例では、全画角の第 1 入射角度 の最小角度と第 2 入射角度 の最大角度との間において角度差が 5° 以上あるため、当然にこの条件を満たすものとなっている。

20

【0029】

また、以上の場合、第 1 入射角度 の最小角度は、第 2 入射角度 の最大角度よりも大きく、第 1 ミラー 21 において、第 1 入射角度 での画像光 ML の入射に対する反射率が 50% 以上であり、第 2 入射角度 での入射に対する画像光 ML の反射率が 50% 未満となっていることで、少なくとも、反射率を 50% (透過率も 50%) として、第 1 ミラー 21 における 2 回の通過で、1/4 以下まで光量の低下が生じる場合よりは、高効率な光利用が可能となっている。

【0030】

また、上記一例では、第 2 ミラー 22 が偏心し、結像光学系 30 が軸外し光学系であることから、光学系自体で台形歪のようなディストーション (歪曲収差) が発生する。これに対して、上述のように、結像光学系 30 のうち、投射レンズ 20 を、当該収差を補正する収差補正光学系を含む構成とすることが考えられる。また、発生するディストーション (歪曲収差) を取り除くことが容易でない場合には、図 6 に示すように、表示素子 10 の表示面 10d に形成する表示像を、実線で示す格子パターンのように、予め歪を持たせた修正画像 DA1 としておき、結像光学系 30 によって形成される歪を相殺する逆の歪を有するものとする。結像光学系 30 を経て瞳位置 PP で観察される虚像を、破線で示す元の表示像 DA0 に対応する格子パターンとすることができ、最終的に視認される虚像としての画像の輪郭を矩形とすることができる。なお、表示面 10d に形成する表示像については、表示面 10d をはじめてから矩形とせず歪みに応じた形状を有するものとするほか、矩形の表示面 10d について、表示に使用する領域 (表示領域) の制御を、表示素子 10 の制御回路 CI において行う態様とすること等が考えられる。以上のように、表示素子 10 は、後段の光学系である結像光学系 30 で生じる収差に応じて歪曲した表示面を有しているものとする、あるいは、制御回路 IC によって後段の光学系である結像光学系 30 収差に応じて、予め表示面 10d の表示領域を制御する構成とする、といったことが考えられる。

30

40

【0031】

以下、図 7 として一例を示すグラフを参照して、第 1 ミラー 21 に対する画像光 ML の光波長帯域と反射率との関係について説明する。なお、図 7 のグラフにおいて、横軸は、波長 (単位: nm)、縦軸は、光の反射率を示す。

【0032】

50

上記一例のように、表示素子10として有機ELディスプレイを採用する場合において、例えば、赤色波長帯域、緑色波長帯域及び青色波長帯域を含んだ光によりカラー画像を形成するとすると、図7において往復矢印AAr, AAg, AAbに示すように、赤色波長帯域、緑色波長帯域及び青色波長帯域は、ある程度の波長帯域幅を有したブロードな光で画像光MLが構成されることになる。偏光特性については、無偏光の光となり、具体的には、例えば、表示素子10は、第1ミラー21の光入射面に対して、複数の偏光方向を含み、かつ、偏光方向の光量差を50%以下とする光を、画像光MLとして射出する、といった態様となることが想定される。

【0033】

以上に対して、例えば、角度依存性分離膜21bを、例えば既述のように、Nb₂O₅-Al₂O₃-SiO₂の組み合わせで構成されている誘電体多層膜とした場合、上記無偏光の状態すなわちP偏光やS偏光が適度に混ざった状態の光に対して、図7の曲線W1, W2に示すような特性を有するものにできる。具体的に説明すると、まず、実線で示す曲線W1は、表1に例示した第1入射角度の角度範囲についての平均角度で入射する成分についての波長ごとの反射特性を示している。この場合、往復矢印AAr, AAg, AAbで示す各色の波長帯域について所定値以上の反射率を有し、特に、各色において最も効率の高い波長では、約50%に近い反射特性が得られている。

【0034】

次に、破線で示す曲線W2は、表1に例示した第2入射角度の角度範囲についての平均角度で入射する成分についての波長ごとの反射特性(透過特性)を示している。この場合、角度依存性分離膜21bは、光の吸収がほぼ無い構成となっており、十分に反射特性を抑え、高い透過特性が得られている。

【0035】

以上のように、本実施形態に係る光学ユニットOU及びこれを備える画像表示装置200は、画像光MLを射出する表示素子10と、表示素子10から射出された画像光MLの一部を反射する部分透過性の第1ミラー21と、第1ミラー21で反射された画像光MLを第1ミラー21に折り返して射出瞳PPを形成する第2ミラー22とを備え、第1ミラー21は、表示素子10から第1入射角度で画像光MLが入射され、第1ミラー21は、第2ミラー22から第1入射角度よりも小さい第2入射角度で画像光MLが入射され、第1ミラー21は、第1入射角度と第2入射角度との差異に応じて画像光MLについて異なる分離特性を示す角度依存性分離膜21bを有する。この場合、光学ユニットOUでは、第1ミラー21における画像光MLの2回の通過に際して、入射角度を異ならせるとともに、第1ミラー21に入射角度の差異に応じて異なる分離特性を示す角度依存性分離膜21bを設けて反射や透過の特性を調整することで、画像光MLの利用効率を向上させることができる。

【0036】

以下、図8及び図9を参照して、従来技術(比較例)の画像表示装置と本実施形態の画像表示装置200との概略構造の差異について、概要を説明する。ここでは、表示素子10からの画像光MLの光路を代表するものとして、表示素子10の中心画素の主光線MLcの光路を示している。

【0037】

例えば図8のうち、第1領域BR1に示す比較例の画像表示装置200Xでは、光学ユニットOUXにおいて、表示素子10からの主光線MLcが、Y方向に射出され、第1ミラー21に対して第1入射角度 $\theta_1 = 45^\circ$ となって入射し、その一部としての反射成分が、+Z方向に射出される。すなわち、第1ミラー21は、+Y方向から+Z方向に 45° 傾けた方向を法線方向とする平面反射面を有している。+Z方向に射出された主光線MLcは、第2ミラー22に垂直入射してその一部としての反射成分が、Z方向に射出される。すなわち、第2ミラー22は、主光線MLcの入射位置における接平面TPがXY面に平行な面となっている。この場合、第2入射角度 θ_2 も、 45° となる。すなわち、 $\theta_1 = \theta_2 = 45^\circ$ となり、第1入射角度 θ_1 と第2入射角度 θ_2 との間に差異が無いため、本実施

10

20

30

40

50

形態における角度依存性分離膜 2 1 b のように、角度依存性を利用した分離を行うことができない。そこで、例えば第 1 領域 B R 1 に示す画像表示装置 2 0 0 X の状態から、第 1 ミラー 2 1 や第 2 ミラー 2 2 (接平面 T P) を傾けて、第 1 入射角度 と第 2 入射角度 との間に差異を生じさせることが考えられる。

【 0 0 3 8 】

例えば第 2 領域 B R 2 に示す画像表示装置 2 0 0 のように、第 1 領域 B R 1 に示した比較例の状態から第 1 ミラー 2 1 を傾けて、第 1 入射角度 が 45° 以外 (例えば $> 45^\circ$) の値となるようにして、これに伴って第 2 入射角度 を第 1 入射角度 よりも小さくし、第 1 ミラー 2 1 において角度依存性を利用した分離が可能となるようにすることが考えられる。言い換えると、表示素子 1 0 の状態はそのまま、第 1 ミラー 2 1 を表示素子 1 0 に対して 45° 以外で傾けた配置とすることで、第 1 入射角度 と第 2 入射角度 との間に差異を設けた態様とすることができる。以上のように、第 1 ミラー 2 1 について、第 1 入射角度 が 45° とは異なる角度となるように表示素子 1 0 に対して傾斜する構成が考えられる。

10

【 0 0 3 9 】

また、第 3 領域 B R 3 に示す画像表示装置 2 0 0 のように、第 1 領域 B R 1 に示した比較例の状態から第 2 ミラー 2 2 (接平面 T P) を傾けて、第 2 入射角度 が 45° 以外 ($< 45^\circ$) の値となるようにして、第 2 入射角度 を第 1 入射角度 よりも小さくし、第 1 ミラー 2 1 において角度依存性を利用した分離が可能となるようにすることが考えられる。言い換えると、表示素子 1 0 及び第 1 ミラー 2 1 の状態はそのまま、第 2 ミラー 2 2 (接平面 T P) を第 1 ミラー 2 1 に対して 45° 以外で傾けた配置とすることで、第 1 入射角度 と第 2 入射角度 との間に差異を設けた態様とすることができる。以上のように、第 2 ミラー 2 2 について、第 2 入射角度 が 45° とは異なる角度となるように第 1 ミラー 2 1 に対して傾斜する構成が考えられる。

20

【 0 0 4 0 】

さらに、第 4 領域 B R 4 に示す画像表示装置 2 0 0 のように、上記第 2 領域 B R 2 及び第 3 領域 B R 3 を参照して説明した事項の双方を組み合わせてもよい。すなわち、第 1 ミラー 2 1 と第 2 ミラー 2 2 (接平面 T P) との双方を傾けてもよい。また、第 4 領域 B R 4 に示す一例では、光学系全体をさらに傾けて、表示素子 1 0 の中心画素からの成分光である主光線 M L c が、斜め下方から眼 E Y に向かうようにしている。すなわち、眼 E Y から第 2 ミラー 2 2 に向けて、僅かに伏すように傾いた状態となっている。なお、図 1 等において示した例においても、同様に、僅かに伏すように傾いた状態となるように構成してもよい。

30

【 0 0 4 1 】

また、以上において、光学ユニット O U に関して、表示素子 1 0 からの主光線 M L c に沿った光軸を、第 1 光軸 A X 1 とし、第 2 ミラー 2 2 からの主光線 M L c に沿った光軸を、第 2 光軸 A X 2 とする。この上で、さらに、第 1 光軸 A X 1 の方向からの画像光 M L の入射が第 1 入射角度 を代表するものとし、第 2 光軸 A X 2 の方向からの画像光 M L の入射が第 2 入射角度 を代表するものとする。このように捉えた場合、上記各態様は、第 1 ミラー 2 1 を表示素子 1 0 に対して傾斜させて、第 1 入射角度 を 45° 以外の角度とするように配置することにより、または、第 2 ミラー 2 2 を第 1 ミラー 2 1 に対して傾斜させて、第 2 入射角度 を 45° 以外の角度とするように配置することにより、第 1 入射角度 を、第 2 入射角度 よりも大きくなるようにしている、ということになる。この上で、上記態様では、第 1 ミラー 2 1 において、例えば角度依存性分離膜 2 1 b (図 3 等参照) を設けることで、第 1 ミラー 2 1 は、第 1 入射角度 の成分に対する反射率が、第 2 入射角度 の成分に対する反射率よりも高いものとしている。

40

【 0 0 4 2 】

〔 第 2 実施形態 〕

以下、図 1 0 等を参照して、第 2 実施形態に係る光学ユニット及び画像表示装置について説明する。なお、本実施形態に係る光学ユニット O U 及び画像表示装置 2 0 0 は、ディ

50

ストーション（歪曲収差）の発生を抑制した構成となっている点を除いて、第1実施形態の構成と同様であるので、全体構成について他の図と同符号としているものについては、詳細な図示や説明を省略し、必要に応じて、適宜他の図面を参照して説明した事項を援用するものとする。

【0043】

図10は、本実施形態に係る画像表示装置200の内部の光学系を説明する概念的な側断面図であり、図2に対応する図である。また、図11は、角度依存性分離膜21bの分離特性について一例を示すグラフであり、図4に対応する図である。さらに、下記表2は、表1に対応するものであり、各成分光は、図5を参照して説明した場合と同様である。また、図12は、表示像の歪曲補正を説明する図であり、図6に対応する図である。

10

【表2】

第1ミラー21への入射角度		
成分光	α (反射)	β (透過)
F1_0	57	25
F1_+	52.9	26.4
F1_-	61	23.4
F2_0	65	12.9
F2_+	60.5	14
F2_-	69.4	11.7
F3_0	49.2	26.5
F3_+	44.8	38.2
F3_-	54.4	34.4
F4_0	64.5	24.2
F4_+	60.2	24.9
F4_-	68.7	23.4
F5_0	50.5	40.8
F5_+	48.4	42.4
F5_-	55.2	39
max	69.4	42.4
min	44.8	11.7

20

30

40

【0044】

第1実施形態においては、図4において角度範囲R2として示す反射領域と、角度範囲R3として示す透過領域の分離角度が大きくなるように、すなわち角度範囲R1が大きくなるように構成すべく、第2ミラー22における傾きを大きくしていた。これに伴い、光学系において発生するディストーション（歪曲収差）が大きくなっていった。これに対し

50

て、本実施形態では、光学系（結像光学系 30）におけるディストーション（歪曲収差）の発生を低減した構成とした。つまり、図 10 に示す各光学系のうち、凹面ミラーである第 2 ミラー 22 や投射光学系である投射レンズ 20 において、収差補正の負荷が低減された構成となっている。したがって、例えば図 12 に示す修正画像 DA1 と元の表示像 DA0 との差異も、図 6 に例示した場合より小さくなっている。ただし、一方で、反射領域と透過領域の分離角度が小さくなっている。すなわち、図 11 及び表 2 から分かるように、角度範囲 R1 として許容される範囲が狭くなっており、かつ、反射率についても制限が大きくなる場合がある。具体的には、図 4 及び表 1 に示す場合においては、分離角度差は、 $7.5^\circ (= 44.8^\circ - 37.3^\circ)$ あったが、図 11 及び表 2 に示す一例の場合では、 $2.5^\circ (= 44.8^\circ - 42.4^\circ)$ 程度に減少している。なお、透過領域と反射領域とで角度が重なる部分が無いのは、第 1 実施形態の場合と同様である。

10

【0045】

また、図 11 に示す反射 / 透過特性について、曲線 Q3 に示す反射領域（角度範囲 R2）の反射率は、80% 程度であり、曲線 Q4 に示す透過領域（角度範囲 R3）の透過率は、70% 程度である。この場合、第 1 ミラー 21 で反射し、再度透過しても、損失は 45% 以下になり、従来と比較して、約 2 倍の効率向上となっている。

【0046】

本実施形態に係る光学ユニット OU 及び画像表示装置 200 においても、第 1 ミラー 21 における画像光 ML の 2 回の通過に際して、入射角度を異ならせるとともに、第 1 ミラー 21 に入射角度の差異に応じて異なる分離特性を示す角度依存性分離膜 21b を設けて反射や透過の特性を調整することで、画像光 ML の利用効率を向上させることができる。特に、本実施形態では、収差発生を抑えつつ、画像光 ML の利用効率を図る構成にできる。

20

【0047】

〔変形例その他〕

以上各実施形態に即して本発明を説明したが、本発明は、上記の実施形態に限られるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々の態様において実施することが可能であり、例えば次のような変形も可能である。

【0048】

第 1 表示装置 100A に組み込む結像光学系 30 は、図示のものに限らず、様々な構成とすることができる。具体的には、上記結像光学系 30 は、Y 方向又は縦方向に非対称性を持たせた軸外し光学系であるとしたが、X 方向又は横方向に非対称性を持たせた軸外し光学系とすることもできる。結像光学系 30 を構成する光学要素についても、各図に示すものは単なる例示であり、レンズの枚数を増減させる、ミラーを追記する、導光部材を追加するといった変更が可能である。さらに、リレー光学系とすることも等も可能である。

30

【0049】

コンバイナー 103a, 103b の外界側には、コンバイナー 103a, 103b の透過光を制限することで調光を行う調光デバイスを取り付けることができる。調光デバイスは、例えば電動で透過率を調整する。調光デバイスとして、ミラー液晶、電子シェード等を用いることができる。調光デバイスは、外光照度に応じて透過率を調整するものであってもよい。

40

【0050】

コンバイナー 103a, 103b すなわち第 2 ミラー 22 は、遮光性を有するミラーに置き換えることもできる。この場合、外界像の直接観察を前提としない非シースルー形の光学系となる。

【0051】

以上では、画像表示装置 200 が頭部に装着されて使用されることを前提としたが、上記画像表示装置 200 は、頭部に装着せず双眼鏡のようにのぞき込むハンドヘルドディスプレイとしても用いることができる。つまり、本発明において、ヘッドマウントディスプレイには、ハンドヘルドディスプレイも含まれる。

【0052】

50

以上では、縦方向又はY方向について導光しているが、横方向又はX方向に導光する構成も可能である。

【0053】

なお、上記では、両眼用の画像表示装置200としているが、画像表示装置200については、右眼用又は左眼用の部分のうち一方を省略することができ、この場合、片眼型のヘッドマウントディスプレイとなる。

【0054】

また、上記各実施形態に例示した態様において、画像光MLの全体で、透過領域と反射領域とで入射角度が重なる部分が無いものとしているが、一部重なる部分が生じる態様となることも考えられる。例えば、主光線MLc(あるいは成分光ML1)やこれに近い範囲においては、第1入射角度と第2入射角度とを分離するのに十分な角度差を設ける一方、周辺側(例えば成分光ML2等)については、入射角度が重なる態様となる場合も想定される。

10

【0055】

また、色むら等が発生する場合には、これを抑えるべく、予め制御回路CIにて輝度調整を併せて行う態様とすることも考えられる。

【0056】

また、上記各実施形態では、第1ミラー21を、平面ミラー(ハーフミラー)すなわち平板板状の光学部材としたが、自由曲面状の光学部材としてもよい。この場合、当該自由曲面は、平面に近い緩やかな自由曲面とすることが考えられる。

20

【0057】

具体的な態様における第1の光学ユニットは、画像光を射出する表示素子と、表示素子から射出された画像光の一部を反射する部分透過性の第1ミラーと、第1ミラーで反射された画像光を第1ミラーに折り返して射出瞳を形成する第2ミラーとを備え、第1ミラーは、表示素子から第1入射角度で画像光が入射され、第1ミラーは、第2ミラーから第1入射角度よりも小さい第2入射角度で画像光が入射され、第1ミラーは、第1入射角度と第2入射角度との差異に応じて画像光について異なる分離特性を示す角度依存性分離膜を有する。

【0058】

上記光学ユニットでは、第1ミラーにおける画像光の2回の通過に際して、入射角度を異ならせるとともに、第1ミラーに入射角度の差異に応じて異なる分離特性を示す角度依存性分離膜を設けて反射や透過の特性を調整することで、画像光の利用効率を向上させることができる。

30

【0059】

具体的な側面において、全画角についての画像光に関して、第1入射角度の最小角度は、第2入射角度の最大角度よりも大きい。この場合、全画角において、反射と透過とでの分離が可能になる。

【0060】

具体的な側面において、角度依存性分離膜は、分離特性として、第2入射角度の最大角度から第1入射角度の最小角度までの間において異なる反射透過特性を示す。この場合、第1入射角度で入射する成分の反射と、第2入射角度で入射する成分の透過とを全体に亘って高効率に行うことができる。

40

【0061】

具体的な側面において、第1ミラーは、平面ミラーであり、第2ミラーは、凹面ミラーであり、表示素子の中心画素の主光線は、表示素子から第1入射角度で第1ミラーに射出され、第1ミラーから反射された主光線が第2ミラーに入射する入射位置において、第2ミラーの接平面における法線に対して角度を有して入射する。この場合、平面ミラーである第1ミラーに第1入射角度で入射して、射出された主光線が、第2ミラーを経て再度第1ミラーに向かう際に、第1入射角度とは異なる角度(第2入射角度)で第1ミラーに向かうようにできる。

50

【 0 0 6 2 】

具体的な側面において、角度依存性分離膜は、所定の角度範囲より大きな入射角度で入射する成分の反射率を50%よりも大きくし、所定の角度範囲より小さな入射角度で入射する成分の透過率を50%よりも大きくする特性を有する。この場合、第1ミラーにおける画像光の2回の通過に際しての光量低下を抑制できる。

【 0 0 6 3 】

具体的な側面において、表示素子から射出された画像光を、第1ミラーに向けて投射する投射光学系を備える。この場合、投射光学系により、所望の状態、画像光を第1ミラーに向けて投射できる。

【 0 0 6 4 】

具体的な側面において、投射光学系は、第2ミラーにおける収差を補正する収差補正光学系を含む。この場合、第2ミラーに起因して発生する収差を、投射光学系において低減できる。

【 0 0 6 5 】

具体的な側面において、表示素子は、第1ミラーまたは第2ミラーの少なくともいずれかで生じる収差に応じて歪曲した表示面を有している。この場合、第1ミラーや第2ミラー等に起因して発生する収差を加味して、表示素子側において予め補正できる。

【 0 0 6 6 】

具体的な側面において、表示素子は、第1ミラーまたは第2ミラーの少なくともいずれかで生じる収差に応じて表示面の表示領域を制御する制御回路を有している。この場合、第1ミラーや第2ミラー等に起因して発生する収差を加味して、表示素子の制御回路において予め補正できる。

【 0 0 6 7 】

具体的な側面において、表示素子は、複数の偏光方向を含み、かつ、偏光方向の光量差を50%以下とする光を、画像光として射出する。

【 0 0 6 8 】

具体的な側面において、表示素子から同一画角の光線として射出される画像光の成分において、第1入射角度と第2入射角度との差は、5度以上ある。この場合、角度依存性の分離を行いやすくなる。

【 0 0 6 9 】

具体的な側面において、角度依存性分離膜は、第1入射角度で入射する赤色波長帯域、緑色波長帯域及び青色波長帯域の成分に対して所定値以上の反射率を有する。この場合、カラー画像の形成に対応可能となる。

【 0 0 7 0 】

具体的な側面において、第2ミラーは、部分透過性を有し、第1ミラーで反射された画像光の一部を折り返すとともに、外界光の一部を透過させる。この場合、シースルーの光学系を構成できる。

【 0 0 7 1 】

具体的な態様における画像表示装置は、上記いずれかの光学ユニットを備える。この場合、当該光学ユニットを備えることで、画像表示装置において、画像光の利用効率を向上させることができる。

【 0 0 7 2 】

具体的な態様における第2の光学ユニットは、画像光を射出する表示素子と、表示素子から射出された画像光の一部を反射する部分透過性の第1ミラーと、第1ミラーで反射された画像光を第1ミラーに折り返して射出瞳を形成する第2ミラーとを備え、表示素子から射出される画像光の光軸と第1ミラーの法線とで成す角度を第1入射角度とし、第1ミラーで反射された画像光の光軸と第2ミラーの法線とで成す角度を第2入射角度とし、第2入射角度は、第1角度よりも小さく、第1ミラーにおいて、第1入射角度の成分に対する反射率が、第2入射角度の成分に対する反射率よりも高い。

【 0 0 7 3 】

10

20

30

40

50

上記光学ユニットでは、第1ミラーにおける画像光の2回の通過に際して、光学系の配置によって、第1入射角度を、第2入射角度よりも大きくし、第1ミラーにおいて、第1入射角度の成分に対する反射率が、第2入射角度の成分に対する反射率よりも高いことで、画像光の利用効率を向上させることができる。

【0074】

具体的な側面において、第1ミラーは、第1入射角度が45度とは異なる角度となるように表示素子に対して傾斜する。これにより、第1入射角度を、第2入射角度よりも大きくできる。

【0075】

具体的な側面において、第2ミラーは、第2入射角度が45度とは異なる角度となるように第1ミラーに対して傾斜する。これにより、第1入射角度を、第2入射角度よりも大きくできる。

10

【0076】

具体的な態様における第3の光学ユニットは、画像光を射出する表示素子と、第1入射角度で入射した画像光の一部を反射する部分透過性の第1ミラーと、第1ミラーで反射された画像光を折り返して、第2入射角度で第1ミラーに入射させる第2ミラーとを備え、第1入射角度の最小角度は、第2入射角度の最大角度よりも大きく、第1ミラーにおいて、第1入射角度での画像光の入射に対する反射率が50%以上であり、第2入射角度での入射に対する画像光の反射率が50%未満である。

【0077】

20

上記光学ユニットでは、第1ミラーにおける画像光の2回の通過に際して、第1入射角度の最小角度が、第2入射角度の最大角度よりも大きく、第1ミラーにおいて、第1入射角度での画像光の入射に対する反射率が50%以上であり、第2入射角度での入射に対する画像光の反射率が50%未満であることで、画像光の利用効率を向上させることができる。

【符号の説明】

【0078】

10...表示素子、10d...表示面、20...投射レンズ、21...第1ミラー、22...第2ミラー、21a...平行平板、21b...角度依存性分離膜、30...結像光学系、50...反射透過率、100A...第1表示装置、100B...第2表示装置、102a...第1表示駆動部、102b...第2表示駆動部、103a, 103b...コンバイナー、200...画像表示装置、200X...画像表示装置、200a...本体、200b...支持装置、AAr, AAg, AAb...往復矢印、AR1, AR2...第1領域、第2領域、AX1...第1光軸、AX2...第2光軸、BR1~BR4...第1領域~第4領域、CI...制御回路、DA0...表示像、DA1...修正画像、EY...眼、IC...制御回路、ML...画像光、ML1~ML5...成分光、MLc...主光線、OL...外界光、OU...光学ユニット、OUX...光学ユニット、P...入射位置、PP...瞳位置(射出瞳)、Q1~Q4...曲線、R1~R3...角度範囲、TP...接平面、US...装着者、W1, W2...曲線、...第1入射角度、...第2入射角度、...角度

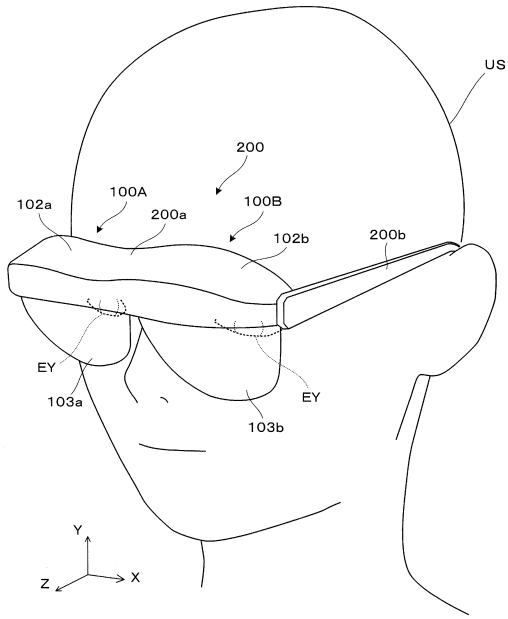
30

40

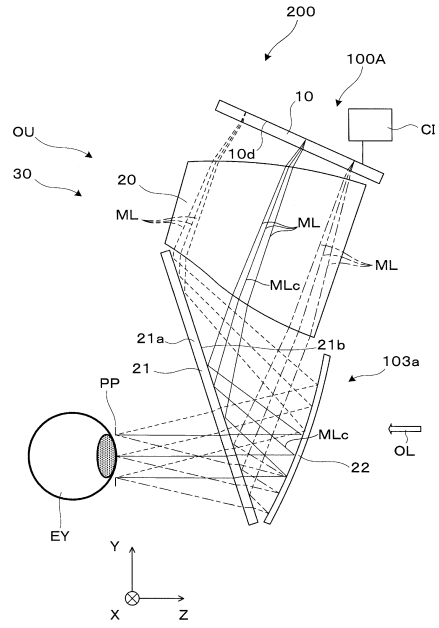
50

【図面】

【図 1】



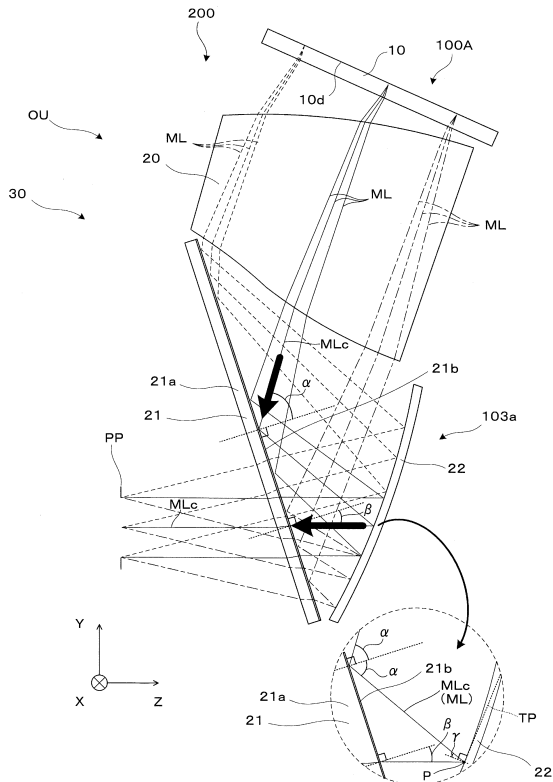
【図 2】



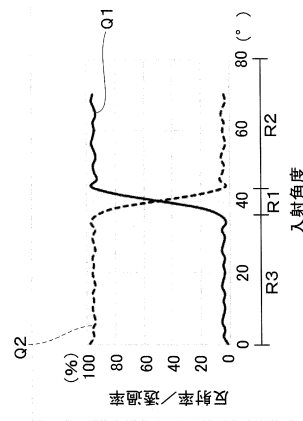
10

20

【図 3】



【図 4】

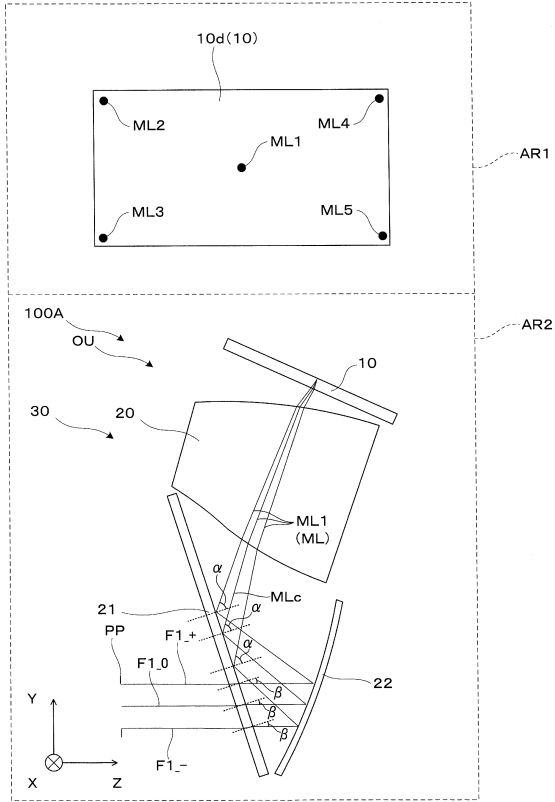


30

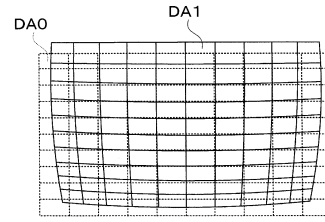
40

50

【図5】



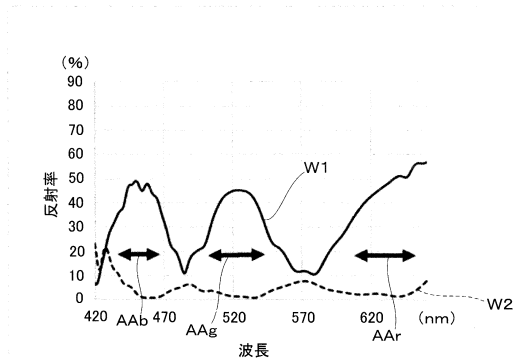
【図6】



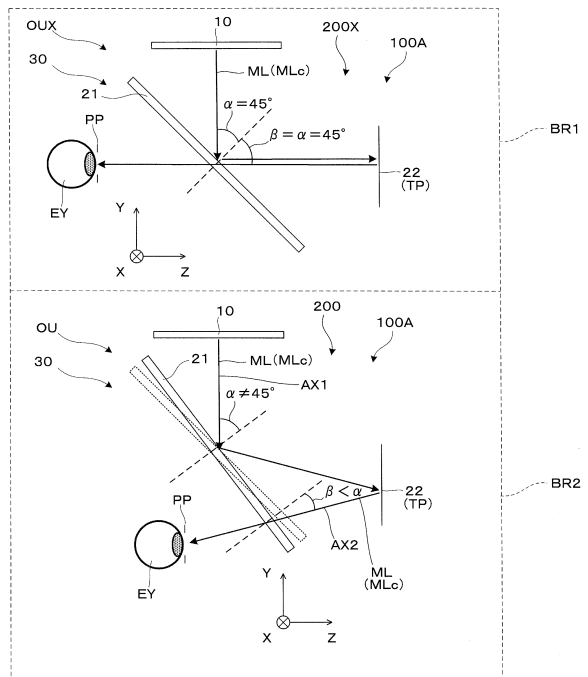
10

20

【図7】



【図8】

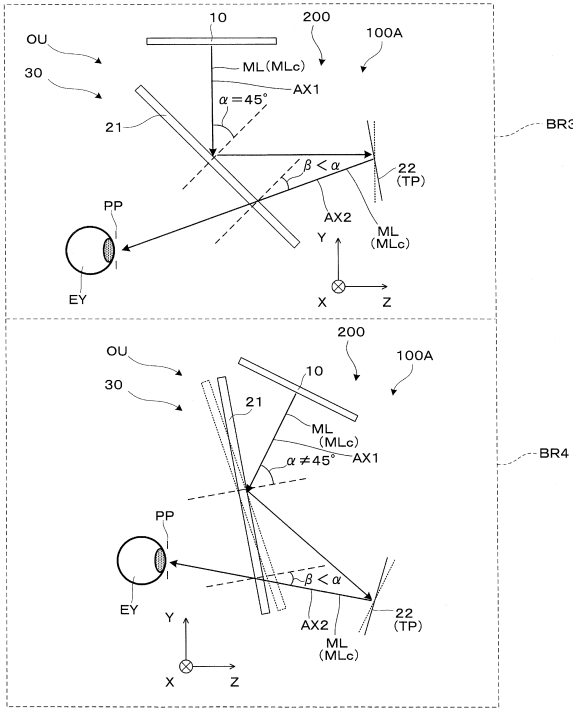


30

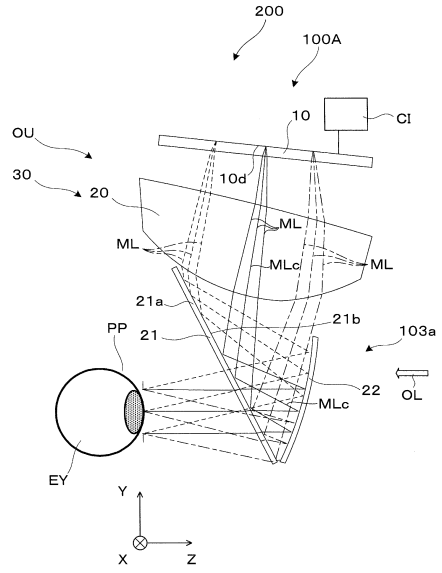
40

50

【 図 9 】



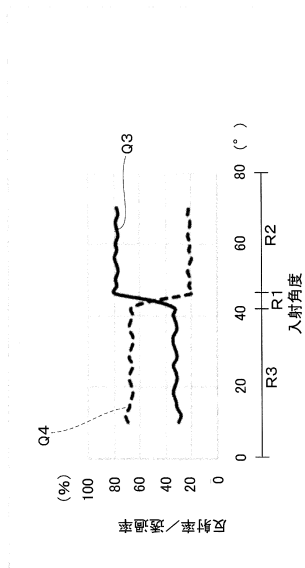
【 図 10 】



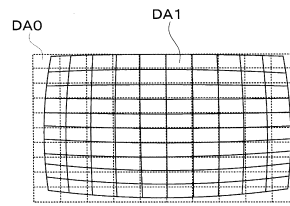
10

20

【 図 11 】



【 図 12 】



30

40

50

フロントページの続き

(72)発明者 矢野 邦彦
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

審査官 磯崎 忠昭

(56)参考文献 中国特許出願公開第106019528(CN, A)
特表2019-507391(JP, A)
国際公開第2020/157747(WO, A1)
特開2020-034722(JP, A)
特表2017-514168(JP, A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
G02B 27/01 - 27/02
G02B 17/08
H04N 5/64