

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2014-142386  
(P2014-142386A)

(43) 公開日 平成26年8月7日(2014. 8. 7)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>GO2B 27/02 (2006.01)</b>	GO2B 27/02 Z	2H088
<b>F21S 2/00 (2006.01)</b>	F21S 2/00 433	2H199
<b>GO2F 1/13 (2006.01)</b>	F21S 2/00 437	3K244
	F21S 2/00 436	
	GO2F 1/13 505	

審査請求 未請求 請求項の数 13 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2013-9016 (P2013-9016)  
(22) 出願日 平成25年1月22日 (2013. 1. 22)

(71) 出願人 000002369  
セイコーエプソン株式会社  
東京都新宿区西新宿2丁目4番1号  
(74) 代理人 100095728  
弁理士 上柳 雅誉  
(74) 代理人 100127661  
弁理士 宮坂 一彦  
(74) 代理人 100116665  
弁理士 渡辺 和昭  
(72) 発明者 山田 文香  
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 米窪 政敏  
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

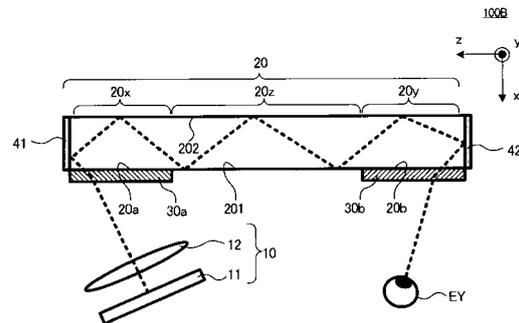
(54) 【発明の名称】 光学デバイス及び画像表示装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 製造上の困難性を解消しつつ、より小型化、高画角化、高効率化を進め易い光学デバイス並びにそのデバイスを備えた画像表示装置を提供する。

【解決手段】 画像形成部10に対向配置された第1パネル面201及び第1パネル面201と対向する第2パネル面202を有し、第1パネル面201端部に形成された光入射面20aを通じて画像光が入射され、第1パネル面201及び第2パネル面202により観察者の眼前に形成された光出射面20bへ導光する導光体20と、光入射面20aに設けられ光入射面20aに入射される画像光を所定の方向へ回折させ導光体内へ透過させる第1回折光学素子30aと、光出射面20bに設けられ光出射面20bから出射される画像光を所定の方向へ回折させ観察者の眼前に透過させる第2回折光学素子30bと、第1回折光学素子30aにより回折された画像光の導波路中に配置される単一又は複数の反射面41, 42とを備える。

【選択図】 図2



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

画像光を発する画像形成部と、  
光入射面と光出射面とを備える導光体と、  
前記導光体の前記光入射面と前記画像形成部との間に位置する第 1 回折光学素子と、  
前記導光体の前記光入射面と異なる部分で接する反射層と、を有し、  
前記画像光は、前記第 1 回折光学素子で少なくとも一部が回折されて回折画像光となり

、  
前記回折画像光は、少なくとも一部が前記導光体の前記光入射面から前記導光体の内部  
に入射し、

前記反射層は、前記導光体の内部に入射した前記回折画像光の少なくとも一部が照射する  
位置に設けられていることを特徴とする光学デバイス。

**【請求項 2】**

請求項 1 に記載の光学デバイスにおいて、

さらに、前記導光体の前記光出射面に接する第 2 回折光学素子と、を有し、

前記反射層は、前記導光体の前記光出射面と異なる部分で接していることを特徴とする  
光学デバイス。

**【請求項 3】**

請求項 2 に記載の光学デバイスにおいて、

前記導光体は、

前記光入射面と前記光入射面に対向する面との間の部分である入射部と、

前記光出射面と前記光出射面に対向する面との間の部分である出射部と、

前記入射部と前記出射部との間の部分である導光部と、を備え、

前記反射層は、前記導光体の前記出射部よりも前記導光部と逆側の部分にある面に接し  
ていることを特徴とする光学デバイス。

**【請求項 4】**

画像光を発する画像形成部と、

光入射面と光出射面とを備える導光体と、

前記導光体の前記光入射面に対向する面に接する第 1 回折光学素子と、

前記導光体の前記光入射面と異なる部分で接する反射層と、を有し、

前記画像光は、少なくとも一部が前記導光体の前記光入射面から入射光として前記導光  
体の内部に入射し、

前記入射光は、前記第 1 回折光学素子で少なくとも一部が回折されて回折画像光となり

、  
前記反射層は、前記回折画像光の少なくとも一部が照射する位置に設けられていること  
を特徴とする光学デバイス。

**【請求項 5】**

請求項 4 に記載の光学デバイスにおいて、

さらに、前記導光体の前記光出射面に対向する面に接する第 2 回折光学素子と、を有し

、  
前記反射層は、前記導光体の前記光出射面と異なる部分で接していることを特徴とする  
光学デバイス。

**【請求項 6】**

請求項 5 に記載の光学デバイスにおいて、

前記導光体は、

前記光入射面と前記光入射面に対向する面との間の部分である入射部と、

前記光出射面と前記光出射面に対向する面との間の部分である出射部と、

前記入射部と前記出射部との間の部分である導光部と、を備え、

前記反射層は、前記導光体の前記入射部よりも前記導光部と逆側の部分にある面に接し  
ていることを特徴とする光学デバイス。

10

20

30

40

50

## 【請求項 7】

請求項 2、3、5 または 6 のいずれかに記載の光学デバイスにおいて、  
前記第 1 回折光学素子及び前記第 2 回折光学素子は、いずれも体積ホログラムであることを特徴とする光学デバイス。

## 【請求項 8】

請求項 2、3、5 または 6 のいずれかに記載の光学デバイスにおいて、  
前記第 1 回折光学素子及び前記第 2 回折光学素子は、いずれも表面に凹凸を備えた表面レリーフ型のホログラムであることを特徴とする光学デバイス。

## 【請求項 9】

請求項 2、3、5 または 6 のいずれかに記載の光学デバイスにおいて、  
前記第 1 回折光学素子及び前記第 2 回折光学素子は、いずれも表面に対して傾斜した凹凸を備えた傾斜表面レリーフ型のホログラムであることを特徴とする光学デバイス。

10

## 【請求項 10】

請求項 2、3、5 または 6 のいずれかに記載の光学デバイスにおいて、  
前記第 1 回折光学素子及び前記第 2 回折光学素子は、いずれも表面にブレース格子を備えた回折素子であることを特徴とする光学デバイス。

## 【請求項 11】

請求項 2 または 3 のいずれか、または 5 乃至 10 のいずれかに記載の光学デバイスにおいて、

前記第 1 回折光学素子の格子周期及び前記第 2 回折光学素子の格子周期は、同一の格子周期であることを特徴とする光学デバイス。

20

## 【請求項 12】

画像光を発する画像形成部と、  
第 1 光入射面と第 1 光出射面とを備える第 1 導光体と、  
前記第 1 導光体の前記第 1 光入射面と前記画像形成部との間に位置する第 1 回折光学素子と、

前記第 1 導光体の前記第 1 光出射面に接する第 2 回折光学素子と、  
前記第 1 導光体の前記第 1 光入射面及び前記第 1 光出射面とは異なる部分で接する第 1 反射層と、

第 2 光入射面と第 2 光出射面とを備える第 2 導光体と、  
前記第 2 導光体の前記第 2 光入射面と前記第 1 導光体との間に位置する第 3 回折光学素子と、

30

前記第 2 導光体の前記第 2 光出射面と前記第 1 導光体との間に位置する第 4 回折光学素子と、

前記第 2 導光体の前記第 2 光入射面及び前記第 2 光出射面とは異なる部分で接する第 2 反射層と、を有し、

前記画像光は、前記第 1 回折光学素子で一部が回折されて第 1 回折画像光となり、  
前記第 1 回折画像光は、少なくとも一部が前記第 1 導光体の内部を導光し、  
前記第 1 反射層は、前記第 1 導光体の内部を導光する前記第 1 回折画像光の少なくとも一部が照射する位置に設けられ、

40

前記画像光は、前記第 1 回折光学素子で回折されない光のうち、少なくとも一部が第 3 回折光学素子で回折されて第 2 回折画像光となり、

前記第 2 回折画像光は、少なくとも一部が前記第 2 導光体の前記第 2 光入射面から前記第 2 導光体の内部に入射し、

前記第 2 反射層は、前記第 2 導光体の内部に入射した前記第 2 回折画像光の少なくとも一部が照射する位置に設けられ、

前記第 1 回折光学素子の格子周期及び前記第 3 回折光学素子の格子周期が異なる格子周期であり、

前記第 2 回折光学素子の格子周期及び前記第 4 回折光学素子の格子周期が異なる格子周期であることを特徴とする光学デバイス。

50

## 【請求項 13】

請求項 1 乃至 12 に記載の光学デバイスを備えたことを特徴とする画像表示装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、導光体と回折光学素子とを用いた光学デバイス、並びにその光学デバイスを備えた画像表示装置に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

近年、画像投影装置の 1 つとして画像表示装置からの画像を、導光体を用いて、観察者の眼前まで導光して表示させるヘッドマウントディスプレイが商品化され、さらなる小型化、広画角化、高効率化に関する開発が行われている。その中で、導光体内への入射、出射を行うための素子の 1 つとして回折光学素子が注目されている。この回折光学素子は、回折現象を利用して光の進行方向を制御することが可能であるため、反射や屈折を利用するよりも小型で光の操作自由度も高いという特性が得られる。

## 【0003】

回折光学素子の中で、特に体積ホログラムは、比較的高い効率で回折させることができる。ところが、この体積ホログラムは、ブラッグ条件に従い回折光の波長、角度などが決まることから、入射角度に対して回折光の角度及び波長が大きく影響される。このため、ヘッドマウントディスプレイ等の画像表示装置に用いる場合には、表示画像の画角（大きさ）、色むらに与える影響が大きくなる場合がある。そこで、従来より、体積ホログラムの入射角度を調整する画像表示装置が提案されている（例えば、特許文献 1 及び特許文献 2）。

## 【0004】

特許文献 1 に開示された画像表示装置は、干渉縞の傾斜角度を部分的に変化させることによってブラッグ条件に起因する入射角度変化に対する回折光の波長変化を抑え、表示画像に色むらが発生するのを低減している。

## 【0005】

一方、特許文献 2 に開示された画像表示装置では、回折光学素子に入射させる光軸を傾けることによりブラッグ条件起因の波長選択性を緩和させ、回折可能な波長範囲を制御し色むら等の問題を改善している。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0006】

【特許文献 1】特開 2007 - 94175 号公報

【特許文献 2】特開 2009 - 133998 号公報

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0007】

しかしながら、特許文献 1 に開示された画像表示装置のように、干渉縞の傾斜角度を部分的に変化させることは、製造上困難であり、実用性に欠けるという問題がある。一方、特許文献 2 に開示された画像表示装置のように波長選択性を緩和させる方向に入射角度を傾けた場合、導光体に対する入射光及び出射光の角度が拡開する方向となるため、観察者の頭部に装着するというヘッドマウントディスプレイの使用態様の下では、左右の導光体及び画像形成装置の位置関係と、観察者の顔の形状とが一致せず、観察者の顔に対するフィット性が低下し使用時に違和感を抱く形態となってしまう問題がある。

## 【0008】

そこで、本発明は、上述した事情を考慮して、製造上の困難性を解消しつつ、より小型化、高画角化、高効率化を進めやすい光学デバイス、並びにその光学デバイスを備えた画

10

20

30

40

50

像表示装置を提案することを解決課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

上記課題を解決するために、本発明に係る光学デバイスの第1の態様は、画像光を発する画像形成部と、光入射面と光出射面とを備える導光体と、前記導光体の前記光入射面と前記画像形成部との間に位置する第1回折光学素子と、前記導光体の前記光入射面と異なる部分で接する反射層と、を有し、前記画像光は、前記第1回折光学素子で少なくとも一部が回折されて回折画像光となり、前記回折画像光は、少なくとも一部が前記導光体の前記光入射面から前記導光体の内部に入射し、前記反射層は、前記導光体の内部に入射した前記回折画像光の少なくとも一部が照射する位置に設けられていることを特徴とする。

10

【0010】

なお、上記本発明に係る光学デバイスの第1の態様において「画像形成部」とは、例えば画像を表示する液晶ディスプレイやレーザー光を走査することにより観察者に画像として認識させるレーザー走査式ディスプレイなどの画像表示装置、及び画像表示から出射された画像光を集光及び変換する光学系を含む。また、本発明において、「反射面」は、例えば、導光体の光入射側の内側面や、光出射側の内側面のいずれか一方の面、或いは両面に配置することができる他、光板内の導波路中であれば、いずれの位置、角度、及び数を配置することができる。

【0011】

上述した本発明に係る光学デバイスの第1の態様によれば、光入射面に、画像光を所定方向へ回折させる第1回折光学素子を配置し、導光体に対して入射する画像光を所定の方向に回折させるとともに、導光体内における導波路中に配置された反射層により、導光体内で所要の方向へ画像光を反射させる。これにより、画像形成部から導光体へ入射される画像光の入射角度を任意に設定することが可能となる。この結果、本発明に係る光学デバイスの一態様によれば、広い画角を得るために画像形成部からの入射光を、光軸に対して傾斜させる場合であっても、左右の導光体及び画像形成装置の位置関係と、観察者の顔の形状や両眼の位置とを一致させることができる。さらには、本発明に係る光学デバイスの一態様を、観察者の頭部に装着するヘッドマウントディスプレイに適用した場合、観察者の顔に対するフィット性を向上させることができる。

20

【0012】

上述した本発明に係る光学デバイスの第1の態様において、前記導光体の前記光出射面に接する第2回折光学素子と、を有し、前記反射層は、前記導光体の前記光出射面と異なる部分で接していること好ましい。この場合には、光入射面における第1回折光学素子で回折させた画像光を、光出射面の第2回折光学素子で更に回折させるので、左右の導光体及び画像形成装置の位置関係と、観察者の顔の形状や両眼の位置とを、より適正に一致させることができる。

30

【0013】

上述した本発明に係る光学デバイスの第1の態様において、前記導光体は、前記光入射面と前記光入射面に対向する面との間の部分である入射部と、前記光出射面と前記光出射面に対向する面との間の部分である出射部と、前記入射部と前記出射部との間の部分である導光部と、を備え、前記反射層は、前記導光体の前記出射部よりも前記導光部と逆側の部分にある面に接していることが好ましい。

40

【0014】

本発明に係る光学デバイスの第2の態様は、画像光を発する画像形成部と、光入射面と光出射面とを備える導光体と、前記導光体の前記光入射面に対向する面に接する第1回折光学素子と、前記導光体の前記光入射面と異なる部分で接する反射層と、を有し、前記画像光は、少なくとも一部が前記導光体の前記光入射面から入射光として前記導光体の内部に入射し、前記入射光は、前記第1回折光学素子で少なくとも一部が回折されて回折画像光となり、前記反射層は、前記回折画像光の少なくとも一部が照射する位置に設けられていることを特徴とする。

50

## 【0015】

なお、本発明に係る光学デバイスの第2の態様においても、「画像形成部」とは、画像を表示する液晶ディスプレイなどの画像表示装置、及び画像表示から出射された画像光を集光及び変換する光学系を含む。また、本発明においても「反射面」は、例えば、導光体の光入射側の内側面や、光出射側の内側面のいずれか一方の面、或いは両面に配置することができる他、光板内の導波路中であれば、いずれの位置、角度、及び数を配置することができる。

## 【0016】

本発明に係る光学デバイスの第2の態様によれば、光入射面に対向する面に、画像光を所定方向へ回折させる第1回折光学素子を配置し、導光体に対して入射する画像光を所定の方向に回折させるとともに、その回折画像光が反射層により反射させる。これにより、本発明に係る光学デバイスの他の態様によれば、画像形成部から導光体へ入射される画像光の入射角度、若しくは導光体から観察者の眼への出射角度を任意に設定することが可能となり、左右の導光体及び画像形成装置の位置関係と、観察者の顔の形状や両眼の位置とを一致させることができる。さらには、本発明に係る光学デバイスの他の態様を、観察者の頭部に装着するヘッドマウントディスプレイに適用した場合、観察者の顔に対するフィット性を向上させることができる。

10

## 【0017】

上述した本発明に係る光学デバイスの第2の態様において、前記導光体の前記光出射面に対向する面に接する第2回折光学素子と、を有し、前記反射層は、前記導光体の前記光出射面と異なる部分で接していることが好ましい。この場合、第1回折光学素子で回折させた画像光を、光出射面に対向する面に接する第2回折光学素子で更に回折させるので、左右の導光体及び画像形成装置の位置関係と、観察者の顔の形状や両眼の位置とを、より適正に一致させることができる。

20

## 【0018】

上述した本発明に係る光学デバイスの第2の態様において、前記導光体は、前記光入射面と前記光入射面に対向する面との間の部分である入射部と、前記光出射面と前記光出射面に対向する面との間の部分である出射部と、前記入射部と前記出射部との間の部分である導光部と、を備え、前記反射層は、前記導光体の前記入射部よりも前記導光部と逆側の部分にある面に接していることが好ましい。

30

## 【0019】

また、上述した本発明に係る光学デバイスの第1の及び第2の態様において、第1回折光学素子及び第2回折光学素子が体積ホログラムで形成されることが好ましい。この場合には、広い入射角度範囲で高い回折効率を得ることができる。

## 【0020】

上述した本発明に係る光学デバイスの第1の及び第2の態様において、前記第1回折光学素子及び前記第2回折光学素子は、いずれも表面に凹凸を備えた表面レリーフ型のホログラムであることが好ましい。この場合には、第1及び第2回折光学素子を、表面レリーフ型のホログラムで形成することにより、量産性をより向上させることができる。

## 【0021】

40

上述した本発明に係る光学デバイスの一態様及び他の態様において、前記第1回折光学素子及び前記第2回折光学素子は、いずれも表面に対して傾斜した凹凸を備えた傾斜表面レリーフ型のホログラムであることが好ましい。この場合には、一方の格子形状を導光の光軸に対して傾斜させることにより、例えば、+1次回折光をより強くすることができ、伝播中におけるノイズ光の発生をより低減させる効果が得られる。

## 【0022】

上述した本発明に係る光学デバイスの第1の及び第2の態様において、前記第1回折光学素子及び前記第2回折光学素子は、いずれも表面にブレース格子を備えた回折素子であることが好ましい。この場合には、第1回折光学素子及び第2回折光学素子を、ブレース格子とすることにより、1次回折効率を高くすることが可能となり、導光体への伝播効率

50

を向上させることができる。

【0023】

上述した本発明に係る光学デバイスの第1の及び第2の態様において、前記第1回折光学素子の格子周期及び前記第2回折光学素子の格子周期は、同一の格子周期であることが好ましい。この場合、入射光及び出射光の光軸を平行とすることができる。

【0024】

本発明に係る光学デバイスの第3の態様は、画像光を発する画像形成部と、第1光入射面と第1光出射面とを備える第1導光体と、前記第1導光体の前記第1光入射面と前記画像形成部との間に位置する第1回折光学素子と、前記第1導光体の前記第1光出射面に接する第2回折光学素子と、前記第1導光体の前記第1光入射面及び前記第1光出射面とは異なる部分で接する第1反射層と、第2光入射面と第2光出射面とを備える第2導光体と、前記第2導光体の前記第2光入射面と前記第1導光体との間に位置する第3回折光学素子と、前記第2導光体の前記第2光出射面と前記第1導光体との間に位置する第4回折光学素子と、前記第2導光体の前記第2光入射面及び前記第2光出射面とは異なる部分で接する第2反射層と、を有し、前記画像光は、前記第1回折光学素子で一部が回折されて第1回折画像光となり、前記第1回折画像光は、少なくとも一部が前記第1導光体の内部を導光し、前記第1反射層は、前記第1導光体の内部を導光する前記第1回折画像光の少なくとも一部が照射する位置に設けられ、前記画像光は、前記第1回折光学素子で回折されない光のうち、少なくとも一部が第3回折光学素子で回折されて第2回折画像光となり、前記第2回折画像光は、少なくとも一部が前記第2導光体の前記第2光入射面から前記第2導光体の内部に入射し、前記第2反射層は、前記第2導光体の内部に入射した前記第2回折画像光の少なくとも一部が照射する位置に設けられ、前記第1回折光学素子の格子周期及び前記第3回折光学素子の格子周期が異なる格子周期であり、前記第2回折光学素子の格子周期及び前記第4回折光学素子の格子周期が異なる格子周期である。

この発明によれば、第1導光体と第2導光体とを積層し、各導光体に格子周期が異なる回折光学素子を用いることにより、導光体毎に異なる波長を伝播させることが可能となり、複数波長に対する回折効率を高めることができる。

【0025】

次に、本発明に係る画像表示装置は、上述した本発明に係る光学デバイスを備える。そのような画像表示装置は、液晶ディスプレイ等の画像形成部やコリメート光学系を備えてもよく、ヘッドマウントディスプレイ等のように観察者の頭部に装着する形態に適合させることができる。

【0026】

このように、本発明によれば、ヘッドマウントディスプレイ等のように観察者の頭部に装着する形態の画像表示装置においても、製造上の困難性を解消して製造コストの低廉化を図りつつ、観察者の顔に対するフィットリング性を向上させるとともに、広い画角を得ることができる光学デバイスを得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0027】

【図1】第1本実施形態に係るヘッドマウントディスプレイの全体像を示す斜視図である。

【図2】第1本実施形態に係るヘッドマウントディスプレイの内部構造及び導波路を示す要部断面図である。

【図3】透過型体積ホログラムに入射される入射光の光軸傾斜に応じた、RGB各波長の入射角変化に対する回折効率を示すグラフであり、同図(a)は、光軸傾斜0°の光に対して最適化された回折光学素子の回折効率を示すグラフであり、同図(b)は、光軸傾斜が-20°傾斜された光に対して最適化された回折光学素子の回折効率を示すグラフである。

【図4】透過型体積ホログラムに入射される入射光の光軸傾斜に応じた導光体内の導波路、及び画像表示装置の位置を示す説明図であり、図(a)は、光軸傾斜0°の画像光を用

10

20

30

40

50

いた場合を示す説明図であり、同図(b)は、光軸傾斜が $-20^\circ$ 傾斜された画像光を用いた場合を示す説明図である。

【図5】従来のヘッドマウントディスプレイにおける、導波路及び各装置の位置を示す説明図である。

【図6】(a)は、従来のヘッドマウントディスプレイ装着時における各装置の位置を示す説明図であり、同図(b)は、第1実施形態に係るヘッドマウントディスプレイ装着時における各装置の位置を示す説明図である。

【図7】(a)は、第2実施形態に係る左眼用光学系の内部構造及び導波路を示す要部断面図であり、同図(b)は、右眼用光学系の内部構造及び導波路を示す要部断面図である。

【図8】投射光学系のサイズが大きいヘッドマウントディスプレイを装着した場合における各装置の位置を示す説明図である。

【図9】第3実施形態に係るヘッドマウントディスプレイの内部構造及び導波路を示す要部断面図である。

【図10】第1変更例に係るヘッドマウントディスプレイの内部構造及び導波路を示す要部断面図である。

【図11】第1変形例に係るヘッドマウントディスプレイの内部構造及び導波路を示す要部断面図である。

【図12】第1変形例に係るヘッドマウントディスプレイの内部構造及び導光体を示す要部断面図である。

【図13】第2変更例に係るヘッドマウントディスプレイの内部構造及び導光体を示す要部断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0028】

以下、添付の図面を参照しながら本発明に係る様々な実施の形態を説明する。なお、図面においては、各部の寸法の比率は実際のものとは適宜に異ならせてある。また、以下に説明する実施形態では、本発明の光学デバイスを、観察者の頭部に装着する形態の画像表示装置の一例であるヘッドマウントディスプレイに適用した場合を例に説明するが、かかる実施の形態は、本発明の一態様を示すものであり、この発明を限定するものではなく、本発明の技術的思想の範囲内に任意に変更可能である。

【0029】

< A : 第1実施形態 >

(ヘッドマウントディスプレイの全体構成)

図1は、第1実施形態に係るヘッドマウントディスプレイ100の全体像を示す斜視図である。図1に示すように、本実施形態に係るヘッドマウントディスプレイ100は、眼鏡のような外観を有するヘッドマウントディスプレイであり、このヘッドマウントディスプレイ100を装着した観察者に対して虚像による画像光を認識させることができるとともに、観察者に外界像をシースルーで観察させることができる。

【0030】

具体的にヘッドマウントディスプレイ100は、導光体20と、導光体20を支持する左右一对のテンプル101、102と、テンプル101、102に付加された一对の画像形成装置111、112とを備える。ここで、図面上において、導光体20の左側と画像形成装置111とを組み合わせた第1表示装置100Aは、右眼用の虚像を形成する部分であり、単独でも画像表示装置として機能する。また、図面上において、導光体20で右側と画像形成装置112とを組み合わせた第2表示装置100Bは、左眼用の虚像を形成する部分であり、単独でも画像表示装置として機能する。

【0031】

このようなヘッドマウントディスプレイ100の内部構造及び導光体について説明する。図2は、本実施形態に係るヘッドマウントディスプレイの内部構造及び導光体を模式的に示す要部断面図である。図2に示すように、第1表示装置100Bは、画像形成部10

10

20

30

40

50

と、導光体 20 とを備える。

【0032】

画像形成部 10 は、画像表示装置 11 と、投射光学系 12 とを有する。このうち、画像表示装置 11 は、本実施形態では、液晶表示デバイスであり、光源から赤、緑、青の 3 色を含む光を発生させ、光源からの光を拡散させて矩形断面の光束にして、投射光学系 12 に向けて出射する。一方、投射光学系 12 は、液晶ディスプレイ 11 上の各点から出射された画像光を平行状態の光束に変換して、導光体 20 に入射させるコリメートレンズである。特に、本実施形態において、画像形成部 10 は、広い画角を得るために、パネルに対して垂直な法線方向に対して傾斜されて配置されている。

【0033】

導光体 20 の全体的な外観は、図中 YZ 面に平行に延びる平板状の部材によって形成されている。この導光体 20 は、光透過性の樹脂材料等により形成された板状の部材であり、画像形成部 10 に対向配置された第 1 のパネル面 201、及び第 1 のパネル面 201 と対向する第 2 のパネル面 202 を有し、第 1 のパネル面 201 端部に形成された光入射面 20a を通じて画像光が入射され、第 1 のパネル面 201 及び第 2 のパネル面 202 により、観察者の眼前に形成された光出射面 20b へ導光する。

【0034】

詳述すると導光体 20 は、YZ 面に平行で画像形成部 10 に対向する裏側又は観察側の平面上に、画像形成部 10 からの画像光を取り込む光入射部である光入射面 20a と、画像光を観察者の眼 EY に向けて出射させる光出射面 20b とを有している。光入射面 20a には、入射光を入射位置に近い、テンブル 102 側の端面方向に回折させる第 1 回折光学素子 30a が設けられ、光出射面 20b には、光出射面 20b から外部に向けて出射された画像光を回折させて透過させ、虚像光として観察者の眼 EY に投射する第 2 回折光学素子が設けられている。すなわち、導光体 20 は、光入射面 20a と光入射面 20a に対向する面との間の部分である入射部 20x と、光出射面 20b と光出射面 20b に対向する面との間の部分である出射部 20y と、入射部 20x と出射部 20y との間の部分である導光部 20z とを備える。

【0035】

本実施形態において、第 1 回折光学素子 30a と第 2 回折光学素子 30b は、透過型体積ホログラムが用いられており、第 1 回折光学素子 30a と第 2 回折光学素子 30b の格子周期は同一となっている。また、第 1 回折光学素子 30a 及び第 2 回折光学素子 30b の格子パターンは正反対となっており、光入射面 20a から導光体 20 内に入射された画像光は、回折されて導光体 20 端面側（テンブル側）へ導光された後、反射層 41 で反射されて、導光体 20 内を観察者の眼の方向へ導光される。そして、光出射面 20b 側において、導波路端部（観察者の鼻側）の反射層 42 において反射された後、光出射面 20b の第 2 回折光学素子 30b で回折された後、眼 EY に向けて出射される。すなわち、導光体 20 の光入射面 20a 側（テンブル側）の内側面に反射層 41 を有し、光出射面 20b 側（鼻側）に反射層 42 を有し、反射層 41 及び反射層 42 は対向配置されている。ここで、反射層 41 及び反射層 42 は、導光体 20 の内部に入射した回折画像光の少なくとも一部が照射する位置に設けられており、導光体 20 の光入射面 20b と異なる部分で接している。さらに、反射層 41 は、導光体 20 の出射部 20y よりも導光部 20z と逆側の部分にある面に接している。

【0036】

また、導光体 20 は、互いに対向し YZ 面に対して平行に延びる第 1 及び第 2 のパネル面 201、202 を有しており、入射側の反射層 41 で反射された画像光をそれぞれ全反射させて、観察者の眼前に導光する。詳述すると、反射層 41 で反射された画像光は、先ず、第 2 のパネル面 202 に入射して全反射され、次いで、第 1 のパネル面 201 に入射して全反射される。以下この動作が繰り返されることで、画像光は、導光体 20 の他端に設けた反射層 42 に導かれる。なお、第 1 及び第 2 のパネル面 201、202 には反射コートを施さず、両パネル面 201、202 に対して外界側から入射する外界光が、高い透

10

20

30

40

50

過率で導光体 20 を通過するようにしてもよい。これにより、導光体 20 を、外界像の透視が可能なシースルータイプとすることができる。

【0037】

そして、導光体 20 の他方の端部に設けられた反射層 42 は、画像光を導光体 20 の光出射面 20b に向けて反射させ、第 2 回折光学素子 30b を、所定角度に回折させつつ透過させて、外部へ出射するようになっている。この第 2 光学回折素子から外部に出射された画像光は、虚像光として観察者の眼 EY に入射する。当該虚像光が観察者の網膜において結像することで、観察者は虚像による映像光等の画像光を認識することができる。

【0038】

なお、本実施形態においては、第 1 回折光学素子 30a を介して導光体 20 内に入射される画像光が、反射層 41 で反射され、導光体 20 内において適切に全反射により伝播するために、第 1 回折光学素子 30a による回折角は臨界角以上になるように記録されている。

10

【0039】

(入射角度の設定)

次いで、回折光学素子に対する入射角度について説明する。本実施形態では、回折光学素子として、体積ホログラムを用いているため、光束の入射角により回折効率は大きく変化し、特定の入射角(ブラッグ角)時に回折効率は最大になる。したがって、回折効率を向上させるため、図 4 に示すように、画像形成部 10 から出射される画像光の入射角度を所定の角度に設定する。

20

【0040】

図 3(a) 及び(b)に、薄い透過型体積ホログラムにおける、入射光の光軸を傾斜させた場合の RGB 各波長の入射角と回折効率の計算例を示す。図 4(a) に示すように、画像形成部 10 から出射される画像光の入射角度を光軸傾斜 0°(垂直入射用に最適化された回折光学素子)とした場合には、回折効率の最大値が低く、所定値以上の回折効率の分布範囲も狭いのに対し、図 4(b) に示すように、画像形成部 10 から出射される画像光の入射角度を光軸傾斜 -20°(-20°傾斜した画像光入射用に最適化された回折光学素子)とした場合には、回折効率の最大値が高く、所定値以上の回折効率の分布が広範囲にわたっている。この結果、回折光学素子に対する入射角度を大きくし、光軸傾斜を採った方が、広い入射角度範囲で高い回折効率を得られ、画角を拡げられることが分かる。

30

【0041】

以上説明したように、本実施形態によれば、先ず、回折光学素子に対する入射角度について、光軸傾斜を大きくすることで、広い入射角度範囲で高い回折効率を得ることができ、画角を広く設定することができる。そして、導光体 20 端面において反射させた画像光を伝播させる回折光学素子、導光体 20 構成にすることにより、広い画角を得るために入射画像光の光軸傾斜角を大きくした場合でも、観察者の顔へのフィッティング性を低下させることなく、装着しやすく、使用しやすいヘッドマウントディスプレイ等の画像表示装置を得ることが可能となる。

【0042】

すなわち、図 5 に示すように、従来の構成の導光体で、画像形成部 10 からの入射角度について、光軸傾斜角を大きく採った場合には、図 6(a) に示すように、導光体 20 に対する画像形成部 10 の角度、及び観察者の視線に対する画像形成部 10 の角度が拡大してしまい、画像形成部 10 と導光体 20 との位置関係が、観察者の顔の形状と一致せず、ヘッドマウントディスプレイの形状が、顔とのフィッティングとは逆の方向になり、使用時に違和感が生じることとなる。

40

【0043】

これに対し、本実施形態のヘッドマウントディスプレイによれば、図 6(b) に示すように、ヘッドマウントディスプレイの形状を、観察者の顔にフィットする方向に傾けられることとなり、装置をコンパクトにできるとともに、装着しやすく、使用しやすい形状とすることができる。

50

## 【0044】

## &lt; B : 第2実施形態 &gt;

次いで、本発明の第2実施形態について説明する。本実施形態では、入射される画像光と、出射される画像光とが平行の光軸となるように設定することを要旨とする。図7(a)は、第2実施形態に係る左眼用光学系の内部構造及び導光体を示す要部断面図であり、同図(b)は、右眼用光学系の内部構造及び導光体を示す要部断面図である。

## 【0045】

図7に示すように、第2実施形態では、上述した第1実施形態における、透過型の回折光学素子を用いた導光体20において、反射層42のみが、導光体20内における第2回折光学素子30b側の導波路端部に配置され、出射側のみ導光体20の端面反射を行い、もう一方は端面反射をさせない構成としている。なお、本実施形態においても、第1回折光学素子30a及び第2回折光学素子30bとして透過型体積ホログラムを用いている。そして、本実施形態では、第1回折光学素子30a及び第2回折光学素子30bの各体積ホログラムの格子周期を等しくし、干渉縞の方向を入射側、出射側で同一方向とすることにより、入射、出射で平行の光軸となる構成としている。

10

## 【0046】

このような本実施形態によれば、光入射側における第1回折光学素子30aで回折させた画像光を、第2回折光学素子30b側の導波路端部で反射させることで、導光体20からの出射直前で、導光体20内における導光方向とは逆方向に転換させることができ、光入射面20aに対する入射光と、光出射面20bからの出射光とを平行にすることができ、左右の導光体及び画像形成装置の位置関係と、観察者の顔の形状や両眼の位置とを、より適正に一致させることができる。すなわち、図8(a)に示すように、投射光学系の大きさによっては、観察者の顔に画像形成部10が接触して邪魔になる可能性があるが、本実施形態によれば、同図(b)に示すように、観察者の顔に接触する方向から避けることができるため、顔へのフィット性がさらに増した外形とすることができる。

20

## 【0047】

また、本実施形態では、第1回折光学素子30aと第2回折光学素子30bの格子周期を等しくしたことから、入射側と出射側とによる2回の回折間における光の干渉や、光量の損失を低減することができ、画像の明度が低下したり、部分的に色ムラが生じるのを防ぐことができる。さらに、本実施形態では、第1回折光学素子30a及び第2回折光学素子30bが体積ホログラムで形成され、各体積ホログラムの格子パターンが同一であることから、入射光及び出射光の光軸を平行とすることができるとともに、広い入射角度範囲で高い回折効率を得ることができる。

30

## 【0048】

## &lt; C : 第3実施形態 &gt;

次いで、本発明の第3実施形態について説明する。上述した第1実施形態及び第2実施形態では、透過型の光学回折素子を用いたが、本実施形態では、反射型の光学回折素子を用いることを要旨とする。図9は、第3実施形態に係るヘッドマウントディスプレイの内部構造及び導光体を示す要部断面図である。

## 【0049】

図9に示すように、第1回折光学素子31aが、第2のパネル面202側の光入射面20aに対向する位置に設けられ、この第1回折光学素子31aによって光入射面20aから入射された光を所定の方向へ回折させて導光体20内へ反射させるようにするとともに、第2回折光学素子31bが、第2のパネル面202側の光出射面20bに対向する位置に設けられ、この第2回折光学素子31bによって、導光体20内を導光された画像光を、光出射面20bに向けて回折させつつ反射させ、光出射面20bから導光体20外へ出射させる。

40

## 【0050】

そして、導光体20内には、画像光の導波路中に反射層41が配置されている。この反射層41は、本実施形態では、導光体20内における第1回折光学素子31a側の導波路

50

端部に配置されており、反射型の回折光学素子 3 1 a 及び 3 1 b を用いた導光体 2 0 において、入射側のみ導光体 2 0 の端面反射を行い、もう一方では端面反射をさせない構成となっている。なお、この反射層としては、単一又は複数を設けることができ、上述した第 1 実施形態のように、導光体 2 0 の両端に 2 つの反射層を設けるようにしてもよい。

#### 【0051】

なお、本実施形態においては、第 1 回折光学素子 3 1 a 及び第 2 回折光学素子 3 1 b として例えば、反射型体積ホログラムを用いる。そして、本実施形態においても、第 1 回折光学素子 3 1 a 及び第 2 回折光学素子 3 1 b の各体積ホログラムの格子周期を等しくし、干渉縞の方向を入射側、出射側で同一方向とすることにより、入射、出射で平行の光軸となる構成としている。

10

#### 【0052】

このような本実施形態によれば、導光体 2 0 へ入射された画像光を、第 1 回折光学素子 3 1 a で、導光体 2 0 内における導光方向とは逆方向に反射・回折させた直後に、さらに、反射層 4 1 により導光方向へ転換させる。そして、第 2 回折光学素子 3 1 b で反射・回折させて、光出射面 2 0 b から観察者の眼 E Y に向けて出射させる。これにより、光入射面 2 0 a に対する入射光と、光出射面 2 0 b からの出射光とを平行にすることができ、左右の導光体 2 0 及び画像形成部 1 0 の位置関係と、観察者の顔の形状や両眼の位置とを、より適正に一致させることができる。すなわち、図 8 ( a ) に示すように、投射光学系の大きさによっては、観察者の顔に画像形成部 1 0 が接触して邪魔になる可能性があるが、本実施形態によれば、同図 ( b ) に示すように、観察者の顔に接触する方向から避けることができるため、顔へのフィッティング性がさらに増した外形とすることができる。

20

#### 【0053】

また、本実施形態では、第 1 回折光学素子 3 1 a と第 2 回折光学素子 3 1 b の格子周期を等しくしたことから、入射側と出射側とによる 2 回の回折間における光の干渉や、光量の損失を低減することができ、画像の明度が低下したり、部分的に色ムラが生じるのを防ぐことができる。さらに、本実施形態では、第 1 回折光学素子 3 1 a 及び第 2 回折光学素子 3 1 b が体積ホログラムで形成され、各体積ホログラムの格子パターンが同一であることから、入射光及び出射光の光軸を平行とすることができるとともに、広い入射角度範囲で高い回折効率を得ることができる。

30

#### 【0054】

< D : 第 1 変形例 >

上述した第 1 実施形態 ~ 第 3 実施形態では、回折光学素子として、体積ホログラムを用いたが、本発明は、これに限定するものではなく、種々の回折光学素子を用いることができる。以下に、他の回折光学素子を用いた変更例について説明する。

#### 【0055】

例えば、図 1 0 に示すように、第 1 回折光学素子 3 3 a 及び第 2 回折光学素子 3 3 b として、表面レリーフホログラムを用いてもよい。この場合には、表面レリーフホログラムは、量産性に優れているため、製造コストを低減させることができる。

#### 【0056】

また、例えば、図 1 1 に示すように、第 1 回折光学素子 3 4 a 及び第 2 回折光学素子 3 4 b として、表面レリーフホログラムの表面を傾斜させた傾斜表面レリーフホログラムを用いてもよい。このように、表面レリーフホログラムを傾斜させることにより、傾斜させない表面レリーフホログラムは  $\pm 1$ 、2 次光の  $\pm$  両方対称に回折光が発生するが、傾斜させることにより、+1 次回折光をより強くすることができ導光体 2 0 への伝播効率向上、及びノイズ光の低減に効果が得られる。なお、この場合には、第 1 回折光学素子 3 4 a 及び第 2 回折光学素子 3 4 b のうち少なくとも片方の格子が傾斜されていてもよい。

40

#### 【0057】

さらに、図 1 2 に示すように、第 1 回折光学素子 3 5 a 及び第 2 回折光学素子 3 5 b として、ブレイズ格子を用いてもよい。ブレイズ格子を用いることにより 1 次回折光効率を高くすることが可能であるため導光体 2 0 への伝播効率向上、及びノイズ光の低減に効果

50

が得られる。なお、この場合についても、第1回折光学素子35a及び第2回折光学素子35bのうち少なくとも片方の格子がブレース格子であってもよい。

【0058】

< E : 第2変形例 >

上述した第1実施形態～第3実施形態では、単一層の導光体を用いるとともに、入射側及び出射側にそれぞれ1つの回折光学素子を用いたが、本発明は、これに限定するものでなく、画像光の波長に対応した回折光学素子を複数用いてもよい。すなわち、上述した各実施形態において、導光体20を、各パネル面201, 202が平行となるように積層し、積層型導光体200を形成するとともに、各導光体20, 20が備える第1回折光学素子36a, 37a...、及び第2回折光学素子36b, 37b...の格子周期が、各導光体毎に異なるようにする。

10

【0059】

このような変形例によれば、複数の導光体20を積層させ、各導光体20に格子周期が異なる回折光学素子を用いることにより、導光体毎に異なる波長を伝播させることが可能となり、複数波長に対する回折効率を高めることができる。

【0060】

なお、本変更例においては、第2実施形態で説明した透過型体積ホログラムを用い、出射側にのみ反射層42を設けた構成を用いたが、本発明は、これに限定するものではなく、上述した第1実施形態及び第3実施形態の構成において、複数の導光体20を積層させることも可能である。

20

また、上述した実施形態からは、以下の発明が把握される。画像形成部で表示された画像光を導いて観察者側に結像させる光学デバイスであって、前記画像形成部に対向配置された第1のパネル面、及び前記第1のパネル面と対向する第2のパネル面を有し、前記第1のパネル面端部に形成された光入射面を通じて前記画像光が入射され、前記第1のパネル面及び前記第2のパネル面により、前記観察者の眼前に形成された光出射面へ導光する導光体と、前記光入射面に設けられ、前記光入射面に入射される前記画像光を所定の方向へ回折させて前記導光体内へ透過させる第1回折光学素子と、前記光出射面に設けられ、前記光出射面から出射される前記画像光を所定の方向へ回折させて前記観察者の眼前に透過させる第2回折光学素子と、前記第1回折光学素子により回折された前記画像光の導光体中に配置される単一又は複数の反射層とを備えることを特徴とする光学デバイス。

30

画像形成部で表示された画像光を導いて観察者側に結像させる光学デバイスであって、前記画像形成部に対向配置された第1のパネル面、及び前記第1のパネル面と対向する第2のパネル面を有し、前記第1のパネル面端部に形成された光入射面を通じて前記画像光が入射され、前記第1のパネル面及び前記第2のパネル面により、前記観察者の眼前に形成された光出射面へ導光する導光板と、前記第2のパネル面側の前記光入射面に対向する位置に設けられ、前記光入射面から入射された光を所定の方向へ回折させて前記導光板内へ反射させる第1回折光学素子と、前記第2のパネル面側の前記光出射面に対向する位置に設けられ、前記導光板内を導光された画像光を、所定の方向へ回折させて前記光出射面へ向けて反射させる第2回折光学素子と、前記第1回折光学素子により回折された前記画像光の導波路中に配置される単一又は複数の反射層とを備えることを特徴とする光学デバイス。

40

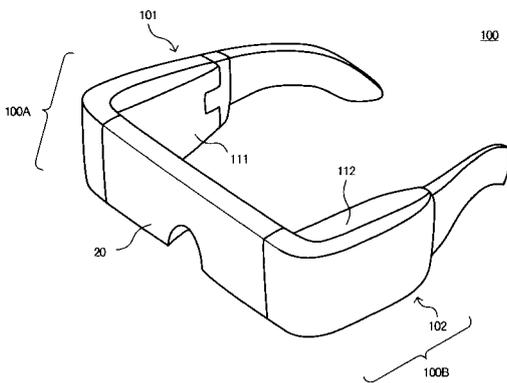
【符号の説明】

【0061】

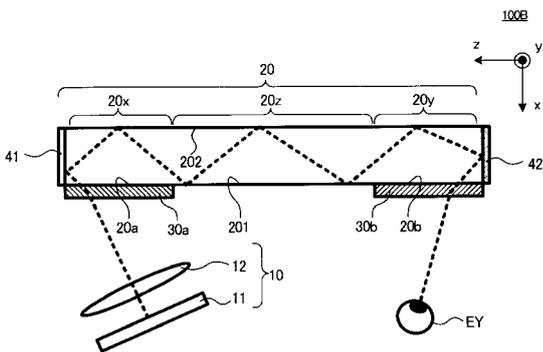
10...画像形成部、11...画像表示装置、12...投射光学系、20...導光体、20a...光入射面、20b...光出射面、30a, 31a, 33a, 34a, 35a, 36a, 37a...第1回折光学素子、30b, 31b, 33b, 34b, 35b, 36b, 37b...第2回折光学素子、41, 42...反射層、100...ヘッドマウントディスプレイ、100A...第1表示装置、100B...第2表示装置、101, 102...テンブル、111, 112...画像形成装置、200...積層型導光体、201...第1のパネル面、202...第2のパネル面。

50

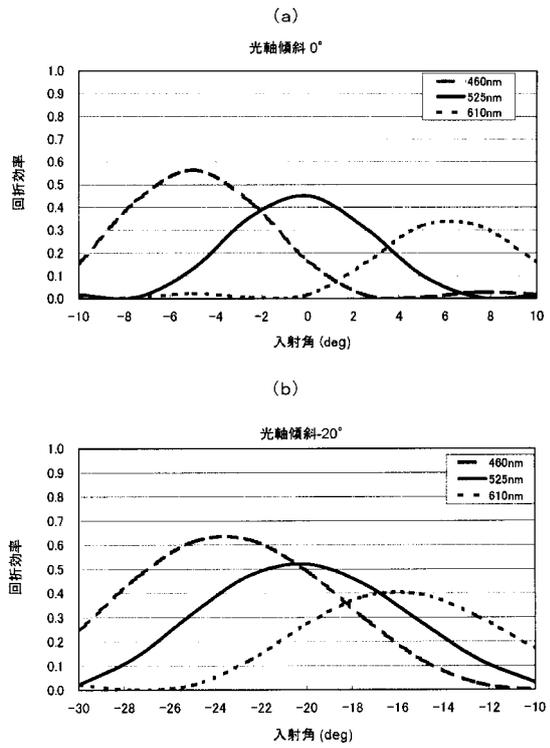
【 図 1 】



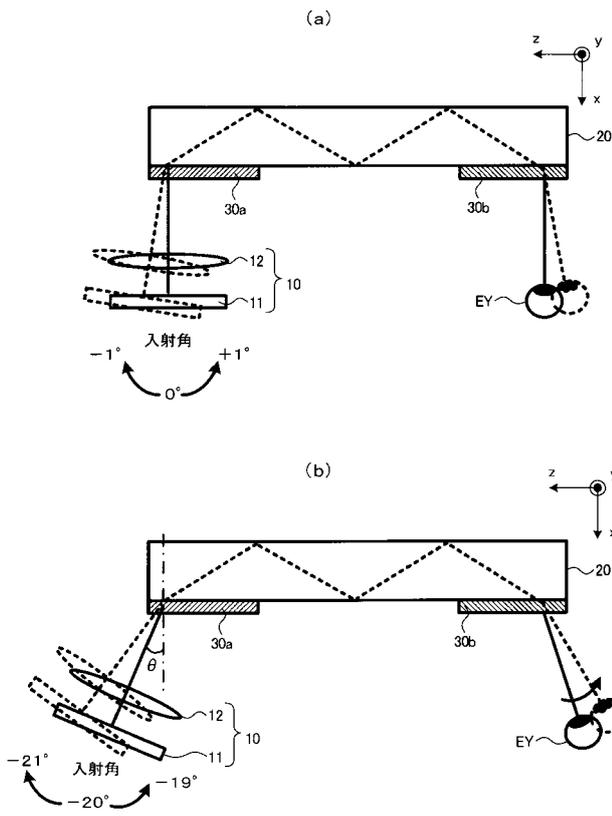
【 図 2 】



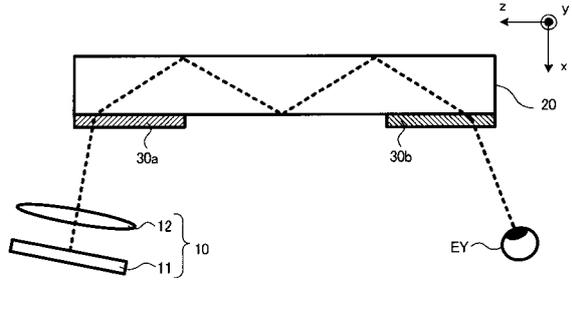
【 図 3 】



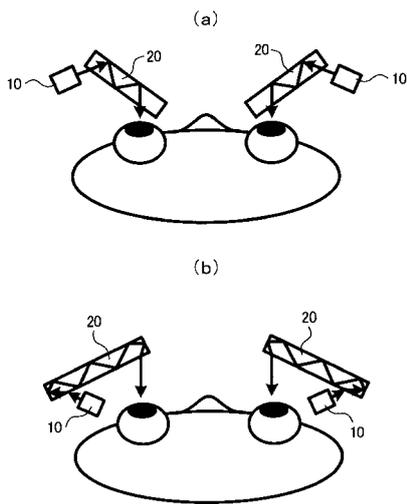
【 図 4 】



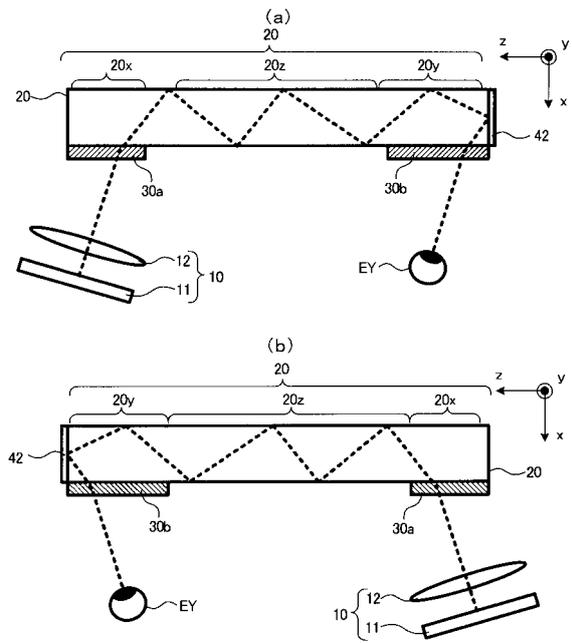
【 図 5 】



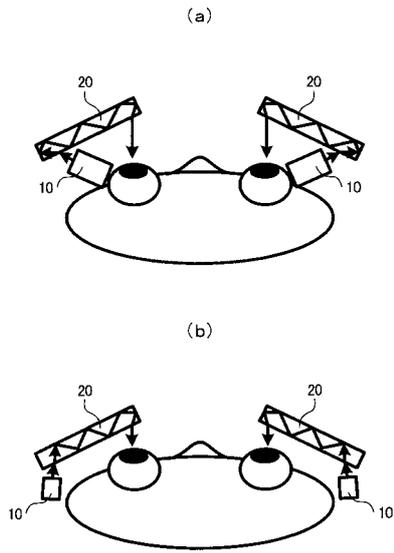
【 図 6 】



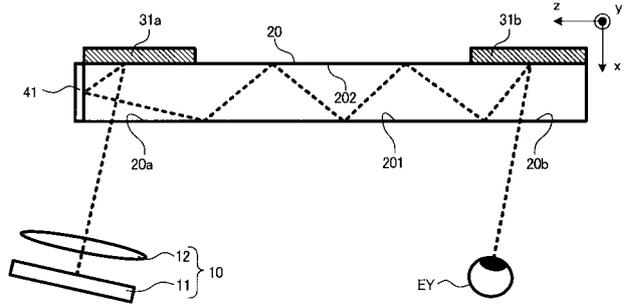
【 図 7 】



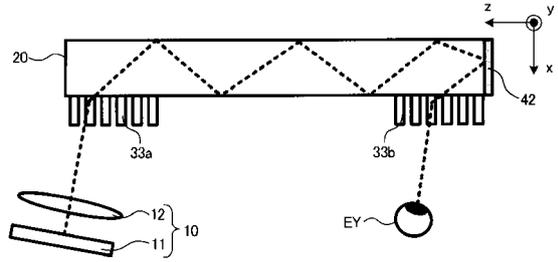
【 図 8 】



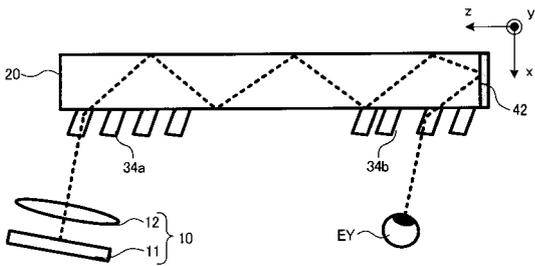
【 図 9 】



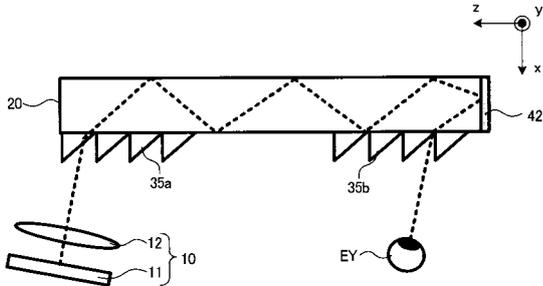
【 図 10 】



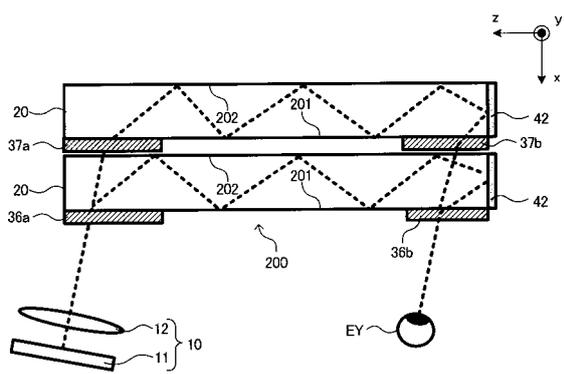
【 図 11 】



【 図 12 】



【 図 13 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 横山 修

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

Fターム(参考) 2H088 EA10 MA20

2H199 CA04 CA12 CA23 CA29 CA32 CA42 CA49 CA54 CA67 CA68  
CA85

3K244 AA02 AA04 BA03 BA07 BA11 BA15 BA26 BA31 BA50 CA03  
DA17 EA02 EA17 EA22 EE03 FA03 GA01 GC02 GC08 GC12  
GC13