

(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2021-156995

(P2021-156995A)

(43) 公開日 令和3年10月7日(2021.10.7)

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)		
GO2B	27/02	(2006.01)	GO2B	27/02	Z	2H199		
GO2B	5/18	(2006.01)	GO2B	5/18		2H249		
GO2B	5/32	(2006.01)	GO2B	5/32				
HO4N	5/64	(2006.01)	HO4N	5/64	511A			

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2020-55571 (P2020-55571)
 (22) 出願日 令和2年3月26日 (2020.3.26)

(71) 出願人 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
 (74) 代理人 100116665
 弁理士 渡辺 和昭
 (74) 代理人 100179475
 弁理士 仲井 智至
 (74) 代理人 100216253
 弁理士 松岡 宏紀
 (72) 発明者 齋藤 淳
 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) 2H199 CA12 CA25 CA27 CA42 CA46
 CA50 CA53 CA54 CA59 CA68
 CA70 CA75 CA84 CA87
 最終頁に続く

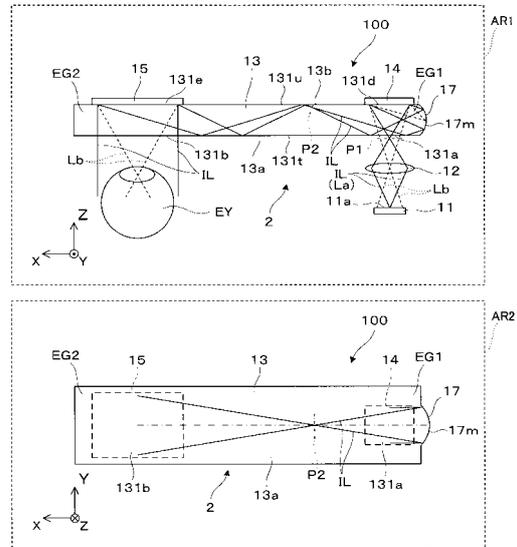
(54) 【発明の名称】 表示装置及び光学ユニット

(57) 【要約】

【課題】 光学部材を追加の追加によって光学系が大型化することを防止する。

【解決手段】 表示装置100は、画像光生成装置11と、画像光生成装置11から射出された画像光ILが入射する導光部材13と、導光部材13の入射側に設けられ、正のパワーを有する第1回折素子14と、導光部材13の射出側に設けられ、正のパワーを有する第2回折素子15と、導光部材13の入射側の端部に設けられて正のパワーを有するミラー17と、を備え、第1回折素子14を経た画像光ILは、ミラー17で反射されて導光部材13内を伝搬し、第2回折素子15に入射した画像光ILは、第2回折素子15により偏向されて射出瞳を形成する。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

画像光生成装置と、
前記画像光生成装置から射出された画像光が入射する導光部材と、
前記導光部材の入射側に設けられ、正のパワーを有する第 1 回折素子と、
前記導光部材の射出側に設けられ、正のパワーを有する第 2 回折素子と、
前記導光部材の入射側の端部に設けられて正のパワーを有するミラーと、を備え、
前記第 1 回折素子を経た前記画像光は、前記ミラーで反射されて前記導光部材内を伝搬し、

前記第 2 回折素子に入射した前記画像光は、前記第 2 回折素子により偏向されて射出瞳を形成する表示装置。

10

【請求項 2】

前記第 1 回折素子は、前記導光部材の外界側に配置され、前記第 2 回折素子は、前記導光部材の外界側に配置されている、請求項 1 に記載の表示装置。

【請求項 3】

前記画像光生成装置は、前記導光部材の観察者側に配置される、請求項 1 及び 2 のいずれか一項に記載の表示装置。

【請求項 4】

前記第 1 回折素子は、球面波で露光され、干渉縞のピッチ及び傾斜角度が連続的に変化する第 1 体積ホログラムであり、前記第 2 回折素子は、球面波で露光され、干渉縞のピッチ及び傾斜角度が連続的に変化する第 2 体積ホログラムである、請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載の表示装置。

20

【請求項 5】

前記第 1 回折素子と前記第 2 回折素子とは、共役な位置に配置される、請求項 4 に記載の表示装置。

【請求項 6】

前記第 1 回折素子と前記第 2 回折素子との間に中間像と瞳が形成される、請求項 1 ~ 5 のいずれか一項に記載の表示装置。

【請求項 7】

画像光が入射する導光部材と、
前記導光部材の入射側に設けられ、正のパワーを有する第 1 回折素子と、
前記導光部材の射出側に設けられ、正のパワーを有する第 2 回折素子と、
前記導光部材の入射側の端部に設けられて正のパワーを有するミラーと、を備え、
前記第 1 回折素子を経た前記画像光は、前記ミラーで反射されて前記導光部材内を伝搬し、

30

前記第 2 回折素子に入射した前記画像光は、前記第 2 回折素子により偏向されて射出瞳を形成する光学ユニット。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、導光部材の入射側と射出側とに回折素子を設けた表示装置及び光学ユニットに関する。

40

【背景技術】**【0002】**

ヘッドマウントディスプレイ等の表示装置として、導光部材の入射側と射出側とに回折素子を設けるとともに、導光部材の一端又は両端に平面ミラーを設けて回折素子への画像光の入射角や回折素子からの画像光の射出角を調整し、画像光の入射方向や射出方向の傾きの設定の自由度を高めているものが公知となっている（特許文献 1）。

【先行技術文献】**【特許文献】**

50

【 0 0 0 3 】

【特許文献 1】特開 2 0 1 4 - 1 4 2 3 8 6 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 4 】

表示装置において、画像の輝度ムラ等を抑制するために正のパワーを有するミラーその他の光学部材を追加することが望ましいが、このような光学部材の追加によって光学系が大型化してしまう可能性がある。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 5 】

本発明の一側面における表示装置は、画像光生成装置と、画像光生成装置から射出された画像光が入射する導光部材と、導光部材の入射側に設けられ、正のパワーを有する第 1 回折素子と、導光部材の射出側に設けられ、正のパワーを有する第 2 回折素子と、導光部材の入射側の端部に設けられて正のパワーを有するミラーと、を備え、第 1 回折素子を経た画像光は、ミラーで反射されて導光部材内を伝搬し、第 2 回折素子に入射した画像光は、第 2 回折素子により偏向されて射出瞳を形成する。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 0 6 】

【図 1】実施形態の表示装置の外観を示す斜視図である。

【図 2】表示装置の光学系を示す概念的な平面断面図及び背面図である。

【図 3】光学系の作用を説明するための光線図である。

【図 4】第 1 回折素子の断面図及び背面図を示し、第 2 回折素子の断面図及び背面図を示す。

【図 5】変形例の表示装置を説明する平面断面図である。

【図 6】変形例の表示装置を説明する平面断面図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 0 7 】

図 1 は、本発明の一実施形態である表示装置を含むヘッドマウントディスプレイ（以下、HMDとも称する。）200の外観を示す斜視図であり、図 2 は、図 1 に示す表示装置 100の光学系を示す概念的な平面断面図及び背面図である。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、表示装置 100 を装着した観察者又は装着者の両眼 E Y の並ぶ横方向に対応し、+ Y 方向は、観察者にとっての両眼 E Y の並ぶ横方向に直交する上方向に相当し、+ Z 方向は、観察者にとっての前方向又は正面方向に相当する。

【 0 0 0 8 】

図 1 に示す HMD 200 は、画像光 I L a を右眼に入射させる第 1 表示装置 100 A と、画像光 I L b を左眼に入射させる第 2 表示装置 100 B とを有している。HMD 200 は、例えば眼鏡のような形状に構成されている。具体的に、HMD 200 は、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 とを保持するフレーム 90 をさらに備えている。HMD 200 は、フレーム 90 によって観察者の頭部に装着される。

【 0 0 0 9 】

HMD 200 は、フレーム 90 として、本体 91 と、本体 91 の右側に設けられ、観察者の右耳に支持されるテンプル 92 a と、本体 91 の左側に設けられ、観察者の左耳に支持されるテンプル 92 b とを備えている。本体 91 は、両側部にケース状の収納部 91 s を有しており、収納部 91 s 内に、後述する光学系や、かかる光学系に表示動作行わせる電子部品その他の各種部品が収容されている。

【 0 0 1 0 】

右眼用の表示装置 100 A と左眼用の表示装置 100 B とは、光学的に左右を反転させたものであり、以後では、右眼用の表示装置 100 A を代表の表示装置 100 として説明する。本明細書において、一对の表示装置 100 A, 100 B を組み合わせた HMD 200

10

20

30

40

50

0 を表示装置と呼ぶ場合もある。

【0011】

図2を参照して、表示装置100の光学系の基本的な構成を説明する。図2において、第1領域AR1は、表示装置100の光学系を説明する概念的な平面断面図であり、第2領域AR2は、表示装置100の光学系を説明する背面図である。表示装置100は、画像光生成装置11と、投射光学系12と、導光部材13と、第1回折素子14と、第2回折素子15と、ミラー17とを備えている。これらのうち、画像光生成装置11を除いた部分である、投射光学系12と導光部材13と第1回折素子14と第2回折素子15とミラー17とは、画像光生成装置11の表示動作に応じて虚像を表示する光学ユニット2を構成する。光学ユニット2において、第1回折素子14は、導光部材13の入射側に設けられ、第2回折素子15は、導光部材13の射出側に設けられている。ミラー17は、導光部材13の入射側の端部である第1端EG1側に設けられている。

10

【0012】

画像光生成装置11は、自発光型の表示デバイスであり、例えば有機EL（有機エレクトロルミネッセンス、Organic Electro-Luminescence）であり、2次元の表示面11aにカラーの静止画又は動画を形成する。画像光生成装置11は、不図示の表示制御回路に駆動されて表示動作を行う。画像光生成装置11を有機ELで構成することにより、小型で高画質な画像表示が可能な表示装置100を実現できる。また、画像光生成装置11は、図示を省略するが、照明光源と、照明光源から射出された照明光を変調する液晶表示素子等の表示パネルとを備えた構成を採用してもよい。

20

【0013】

画像光生成装置11は、本実施形態の場合、単色の表示パネルを有し、単色の表示を行う。画像光生成装置11は、レーザー光をマイクロミラーデバイスで変調する構成を採用してもよい。

【0014】

投射光学系12は、画像光生成装置11と導光部材13との間における画像光ILの光路に設けられ、正のパワーを有する。投射光学系12は、画像光生成装置11から射出された画像光ILを導光部材13に導く。投射光学系12は、球面レンズ、自由曲面レンズ等、種々のレンズを含むものとすることができる。なお、図2では、投射光学系12が1つのレンズを有する例を挙げたが、投射光学系12を構成するレンズの数はこれに限定されることはなく、投射光学系12が2つ以上のレンズを備えていてもよい。また、複数のレンズを貼り合わせて一体化し、一体化されたレンズによって投射光学系12を構成してもよい。なお、投射光学系12は、レンズ以外に例えばプリズム等の光学素子で構成されていてもよい。

30

【0015】

画像光生成装置11や投射光学系12は、導光部材13の観察者側に配置されている。この場合、画像光生成装置11等が外観に影響しにくい配置となり、表示装置100のデザイン性が損なわれることを防止しやすくなる。

【0016】

導光部材13は、投射光学系12から射出された画像光ILを全反射させつつ導光させた後、観察者の眼EYに向けて射出させる。導光部材13は、板状の部材であって、観察者及び画像光生成装置11に対向する第1面13aと、外界に対向する第2面13bとを有する。第1面13aと第2面13bとは、平面であり、互いに平行に延びる。導光部材13を平板状とすることにより、平板ガラスや平板樹脂で導光部材13を形成することができ、導光部材13の作製や光学ユニット2の作製が容易になる。

40

【0017】

第1面13aのうち、画像光生成装置11又は投射光学系12に対向する領域は、画像光生成装置11から射出された画像光ILが入射する入射面131aとなっている。入射面131aは、平面の光学面である。この実施形態では、入射面131aは、全反射面131tとして機能し、ARコートを形成しないことが望ましい場合もある。また、観察者

50

の眼 E Y に対向する領域は、眼 E Y に向けて画像光 I L を射出させる射出面 1 3 1 b となっている。射出面 1 3 1 b も、入射面 1 3 1 a と同様に平面の光学面である。この実施形態では、射出面 1 3 1 b は、全反射面 1 3 1 t として機能しておらず、所望の特性の A R コートを比較的自由に形成することができる。入射面 1 3 1 a と射出面 1 3 1 b との間は、全反射面 1 3 1 t として機能する。

【0018】

導光部材 1 3 の外界側に形成されている第 2 面 1 3 b のうち、導光部材 1 3 の本体又は基材を挟んで入射面 1 3 1 a に対向する外側面 1 3 1 d には、第 1 回折素子 1 4 が設けられている。つまり、第 1 回折素子 1 4 は、導光部材 1 3 の外界側であって、第 1 端 E G 1 又はその近くに配置されている。第 2 面 1 3 b のうち、導光部材 1 3 の本体又は基材を挟んで射出面 1 3 1 b に対向する外側面 1 3 1 e には、第 2 回折素子 1 5 が設けられている。つまり、第 2 回折素子 1 5 は、導光部材 1 3 の外界側であって、第 2 端 E G 2 又はその近くに配置されている。第 1 回折素子 1 4 及び第 2 回折素子 1 5 のそれぞれは、反射型体積ホログラムから構成されている。一对の外側面 1 3 1 d , 1 3 1 e の間は、全反射面 1 3 1 u として機能する。第 1 回折素子 1 4 及び第 2 回折素子 1 5 の構成については、後述する。

10

【0019】

ミラー 1 7 は、第 1 回折素子 1 4 を経た画像光 I L を反射して導光部材 1 3 内で伝搬させる。ミラー 1 7 は、内面反射を行う凹面であり、正のパワーを有し、外観的には外側に凸の曲面で構成されている。ミラー 1 7 の外側は、ミラー層 1 7 m でコートされている。ミラー層 1 7 m は、金属膜又は誘電体多層膜からなる。この場合、導光部材 1 3 の基材上に、例えば A l 、 A g のような金属で形成された単層膜又は多層膜からなる反射膜を蒸着等によって成膜する。ミラー 1 7 は、例えば導光部材 1 3 とは別に同一屈折率の基材から作製したミラー部品を導光部材 1 3 の第 1 端 E G 1 に接合したものであるが、導光部材 1 3 と一体の部材として、導光部材 1 3 と同一の基材から作製することもできる。

20

【0020】

本実施形態の表示装置 1 0 0 は、結像に直接的に寄与する光学素子として、画像光 I L の光路に沿って順に配置された、正のパワーを有する投射光学系 1 2 と、正のパワーを有する第 1 回折素子 1 4 と、正のパワーを有するミラー 1 7 と、正のパワーを有する第 2 回折素子 1 5 とを備えている。表示装置 1 0 0 の光学系において、画像光 I L の進行に着目すると、画像光生成装置 1 1 は、投射光学系 1 2 に向けて画像光 I L を射出する。投射光学系 1 2 は、入射した画像光 I L を第 1 回折素子 1 4 に向けて射出する。第 1 回折素子 1 4 は、導光部材 1 3 の入射面 1 3 1 a から入射した画像光 I L を斜め方向になるミラー 1 7 に向けて回折させる。ミラー 1 7 は、入射した画像光 I L を全反射面 1 3 1 t のうち入射面 1 3 1 a の内側に向けて反射する。全反射面 1 3 1 t のうち入射面 1 3 1 a の内側で反射された画像光 I L は、反対側の全反射面 1 3 1 u 等で反射され、第 2 回折素子 1 5 に入射する。第 2 回折素子 1 5 は、斜め方向から入射した画像光 I L を導光部材 1 3 の射出面 1 3 1 b から観察者の眼 E Y に向けて射出する。

30

【0021】

以上の光学系において、投射光学系 1 2 と第 1 回折素子 1 4 との間に画像光 I L の第 1 中間像 P 1 が形成され、ミラー 1 7 と第 2 回折素子 1 5 との間に画像光 I L の第 2 中間像 P 2 が形成され、第 2 回折素子 1 5 によって射出瞳が形成される。

40

【0022】

図 3 は、表示装置 1 0 0 における光線図である。図 3 では、光軸に沿って配置された各光学素子を上下に延びる矢印で示している。また、画像光生成装置 1 1 の 1 つの画素（図示の例では光軸上）から射出された光線を実線 L a で示し、画像光生成装置 1 1 の端部領域から射出される主光線を点線 L b で示している。図 3 においては、図面を簡略化するため、全ての光学部を透過型として図示している。

【0023】

表示装置 1 0 0 において、第 1 回折素子 1 4 を経た画像光 I L は、ミラー 1 7 で反射さ

50

れて導光部材 13 内を伝搬し、第 2 回折素子 15 に入射した画像光 I L は、第 2 回折素子 15 により偏向されて射出瞳 P E を形成する。ここで、投射光学系 12 と第 1 回折素子 14 との間に画像光 I L の第 1 中間像 P 1 が形成され、第 1 回折素子 14 と第 2 回折素子 15 との間であって、の近傍に開口又は瞳 P A が形成され、ミラー 17 と第 2 回折素子 15 との間に画像光 I L の第 2 中間像 P 2 が形成され、第 2 回折素子 15 によって射出瞳 P E が形成される。詳細な説明を省略するが、第 1 回折素子 14 と第 2 回折素子 15 とは、共役な位置に配置されている。以上において、第 1 回折素子 14 と第 2 回折素子 15 との間に第 2 中間像 P 2 と瞳 P A とが形成されており、両回折素子 14, 15 において光線が入射する位置を制御して波長補償を適正にすることができ、また、光線が広がって導光板が厚くなったり第 2 回折素子 P 2 が大きくなりすぎたりすることを防止できる。

10

【0024】

表示装置 100 の光学系によれば、以下に示す 3 つの条件を満たしている。第 1 の条件は、画像光生成装置 11 の 1 つの点から射出された光線は、網膜 E 0 に 1 つの点として結像されることである。第 2 の条件は、表示装置 100 の光学系の入射瞳と眼球の瞳の配置を前提とする射出瞳 P E とが共役であることである。第 3 の条件は、第 1 回折素子 14 と第 2 回折素子 15 とが共役の関係にあることである。

【0025】

より具体的には、図 3 に示す実線 L a から分かるように、画像光生成装置 11 の 1 つの点から射出された光線は、網膜 E 0 に 1 つの点として結像されるという第 1 の条件を満たしていることで、観察者は 1 つの画素を視認することができる。また、図 3 に示す点線 L b から分かるように、表示装置 100 の光学系の入射瞳と眼 E Y の配置に対応する射出瞳 P E とが共役（瞳の共役）の配置関係にあるという第 2 の条件を満たしていることで、画像光生成装置 11 で生成された画像の全域を視認することができる。

20

【0026】

また、ミラー 17 の配置やパワーを調整すること等によって、第 1 回折素子 14 と第 2 回折素子 15 とが共役関係にあるという第 3 の条件を満たすようにできるため、第 1 回折素子 14 と第 2 回折素子 15 とでは、光線を後述する干渉縞に関して対応する個所に入射させることができ、波長分散について波長補償を適正に行うことができる。よって、画像光 I L の解像度の劣化を少なく抑えることができる。

【0027】

以下、図 4 を参照して、第 1 回折素子 14 と第 2 回折素子 15 との構成について説明し、波長補償について説明する。図 4 において、第 1 領域 B R 1 は、第 1 回折素子 14 の断面図であり、第 2 領域 B R 2 は、第 1 回折素子 14 の観察者側からの背面図であり、第 3 領域 B R 3 は、第 2 回折素子 15 の断面図であり、第 4 領域 B R 4 は、第 2 回折素子 15 の観察者側からの背面図である。

30

【0028】

第 1 領域 B R 1 及び第 2 領域 B R 2 に示す第 1 回折素子 14 は、反射型の第 1 体積ホログラムで構成された回折光学素子である。第 1 回折素子 14 は、特定波長に対応するピッチを有する干渉縞 16 を有している。干渉縞 16 は、互いに屈折率が異なる領域が縞状に形成されたものとしてホログラフィック感光層に記録されている。干渉縞 16 は、特定の射出角度に対応するように、導光部材 13 の第 2 面 13 b に対して一方向に傾いている。本実施形態の場合、干渉縞 16 は、図 4 の第 1 領域 B R 1 の紙面の左下から右上に向かう方向に傾いている。これにより、第 1 回折素子 14 は、画像光 I L を所定の方向に回折して偏向させ、ミラー 17 に導くことができる。特定波長及び特定の射出角度とは、画像光 I L の波長と射出角度とに対応する。干渉縞 16 は、例えば平面波である参照光と球面波である物体光とを用いてホログラフィック感光層に干渉露光を行うことにより形成することができる。なお、干渉縞 16 は、理解しやすくするため拡大し間隔を間引いて表示している。

40

【0029】

第 1 回折素子 14 は、第 1 体積ホログラムの断面視において、第 2 回折素子 15 の一端

50

から他端に向けて干渉縞 16 のピッチと傾きとが連続的に変化している。より具体的には、干渉縞 16 のピッチは、ミラー 17 に近い側の第 1 端部 E 11 で相対的に大きく、ミラー 17 から遠い側の第 2 端部 E 12 で相対的に小さく、第 1 端部 E 11 から第 2 端部 E 12 に向かって順次小さくなっている。換言すると、干渉縞 16 の密度は、第 1 端部 E 11 から第 2 端部 E 12 に向けて粗から密に変化している。この結果、第 1 回折素子 14 に所望の正のパワーを持たせつつ画像光 I L の入射方向に対して画像光 I L の射出方向を傾けることができる。なお、第 1 体積ホログラム又は第 1 回折素子 14 の断面視とは、X Z 平面、すなわち、観察者が表示装置 100 を装着した状態における水平面に沿って第 1 体積ホログラムを切断したときの断面を見ていることを意味する。

【0030】

また、第 2 面 13 b に対する干渉縞 16 の傾きは、ミラー 17 に近い側の第 1 端部 E 11 で相対的に小さく、ミラー 17 から遠い側の第 2 端部 E 12 で相対的に大きく、第 1 端部 E 11 から第 2 端部 E 12 に向かって順次大きくなっている。

【0031】

第 1 回折素子 14 の第 1 体積ホログラムの背面視において、干渉縞 16 は、第 1 回折素子 14 の外側に中心を有する略同心円状に形成されている。第 1 回折素子 14 の背後から見える干渉縞 16 の模様は、円弧状となっている。また、第 1 回折素子 14 は、第 1 体積ホログラムの背面視において、第 1 回折素子 14 の一端から他端に向けて干渉縞 16 の曲率半径が連続的に変化している。より具体的には、干渉縞 16 の曲率半径は、第 1 端部 E 11 から第 2 端部 E 12 に向けて順次大きくなっている。このため、投射光学系 12 から光軸を中心として、±Y 方向に拡がる光線についても、傾斜したミラー 17 の方向に少ないムラで効率よく射出させることができる。なお、第 1 体積ホログラム又は第 1 回折素子 14 の背面視とは、Z 軸に沿う方向、すなわち、観察者が表示装置 100 を装着した状態における観察者の眼 E Y の方向から第 1 体積ホログラムを見ていることを意味する。

【0032】

第 3 領域 B R 3 及び第 4 領域 B R 4 に示す第 2 回折素子 15 は、反射型の第 2 体積ホログラムで構成された部分反射型の回折光学素子である。したがって、画像光 I L に加えて、外光が第 2 回折素子 15 を介して眼 E Y に入射するため、観察者は、画像光生成装置 11 で形成した画像光 I L と外光（背景）とが重畳した画像を認識することができる。

【0033】

第 2 回折素子 15 は、特定波長に対応するピッチを有する干渉縞 116 を有している。干渉縞 116 は、互いに屈折率が異なる領域が縞状に形成されたものとしてホログラフィック感光層に記録されている。干渉縞 116 は、特定の入射角度に対応するように、導光部材 13 の第 2 面 13 b に対して一方向に傾いている。本実施形態の場合、干渉縞 116 は、図 4 の第 3 領域 B R 3 の紙面において、左下から右上に向かう方向に傾いている。これにより、第 2 回折素子 15 は、画像光 I L を所定の方向に回折して偏向させ、観察者の眼 E Y に導くことができる。特定波長及び特定の入射角度とは、画像光 I L の波長と入射角度とに対応する。干渉縞 116 は、例えば平面波である参照光と球面波である物体光とを用いてホログラフィック感光層に干渉露光を行うことにより形成することができる。

【0034】

第 2 回折素子 15 は、第 2 体積ホログラムの断面視において、第 2 回折素子 15 の一端から他端に向けて干渉縞 116 のピッチと傾きとが連続的に変化している。より具体的には、干渉縞 116 のピッチは、画像光 I L の入射側、すなわち、第 1 回折素子 14 又はミラー 17 に近い側の第 1 端部 E 21 で相対的に大きく、第 1 回折素子 14 から遠い側の第 2 端部 E 22 で相対的に小さく、第 1 端部 E 21 から第 2 端部 E 22 に向かって順次小さくなっている。換言すると、干渉縞 116 の密度は、第 1 端部 E 21 から第 2 端部 E 22 に向けて粗から密に変化している。この結果、第 2 回折素子 15 に所望の正のパワーを持たせつつ画像光 I L の入射方向に対して画像光 I L の射出方向を傾けることができる。

【0035】

また、第 2 面 13 b に対する干渉縞 116 の傾きは、第 1 回折素子 14 又はミラー 17

10

20

30

40

50

に近い側の第1端部E21で相対的に小さく、第1回折素子14から遠い側の第2端部E22で相対的に大きく、第1端部E21から第2端部E22に向かって順次大きくなっている。

【0036】

第2回折素子15の第2体積ホログラムの背面視において、干渉縞116は、第2回折素子15の外側に中心を有する略同心円状に形成されている。第2回折素子15の背後から見える干渉縞116の様子は、円弧状となっている。また、第2回折素子15は、第2体積ホログラムの背面視において、第2回折素子15の一端から他端に向けて干渉縞116の曲率半径が連続的に変化している。より具体的には、干渉縞116の曲率半径は、第1端部E21から第2端部E22に向けて順次大きくなっている。このため、 $\pm Y$ 方向に広がる画角を形成する光線についても、小さく絞られた射出瞳が形成され、画像の輝度ムラが生じにくい構成となっている。

10

【0037】

以上のように、本実施形態の表示装置100において、第1回折素子14と第2回折素子15とは、同様の体積ホログラムから構成されている。

【0038】

第1回折素子14からは、導光部材13に入射した光線がミラー17に向けて大きな射出角をもって斜めに射出する。同様に、第2回折素子15には、導光部材13で伝搬された光線が大きな入射角をもって斜めに入射する。そのため、第1回折素子14では、ミラー17から遠い第2端部E12側の干渉縞16からの光線は、第1端部E12側に隣接する干渉縞16を透過する。また、第2回折素子15では、第1回折素子14から遠い第2端部E22側の干渉縞116には、第1端部E21側に隣接する干渉縞116を透過した光線が入射する。この場合、第1回折素子14や第2回折素子15が、干渉縞のピッチが一定の従来の回折素子で構成されていたとすると、第1回折素子14や第2回折素子15に入射した光線は、第1端部E11、E21側で反射する光量が多く、第2端部E12、E22側で反射する光量が少なくなる結果、画像の輝度ムラが発生しやすい。

20

【0039】

これに対して、本実施形態の表示装置100において、第1回折素子14や第2回折素子15は、画角を形成する全ての光線に対してできるだけブラッグの法則に則る干渉縞16、116を有するものとなっており、第1回折素子14や第2回折素子15は、干渉縞16、116のピッチと傾きの双方が一端から他端に向けて連続的に変化する構成となる。さらに、干渉縞16、116のピッチは、第1端部E11、E21から第2端部E12、E22に向かって順次小さくなっているため、従来の回折素子を用いた場合に比べて、第1端部E11、E21側で反射する光量と第2端部E12、E22側で反射する光量とが均等になりやすい。結果的に、上述のような第1回折素子14や第2回折素子15を用いることで、画像の輝度ムラが発生しにくくなる。

30

【0040】

以上で説明した実施形態の表示装置100では、光路上において第1回折素子14と第2回折素子15との間に配置されるミラー17に画像光ILを補正する機能を持たせることができる。このミラー17が導光部材13の入射側の端部に設けられていることから、導光部材13の厚みの増加を抑制することができ、導光部材13を平板状のものとしやすくなる。

40

【0041】

〔変形例その他〕

以上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。

【0042】

第1回折素子14や第2回折素子15は、単色の表示用に形成されたものに限らず、複数色の表示用に形成されたものとする事ができる。この場合、例えば、RGBの3色に

50

対応する3層の回折素子を積層した構造とすることができる。また1層の回折素子の中にRGBそれぞれの回折に対応した3種類の干渉縞を形成することができる。この場合、画像光生成装置11は、カラー表示が可能な1枚の表示パネルを有するものであり、或いはRGBの3つの単色パネルからの画像光を合成プリズムで合成して出力するものであってもよい。

【0043】

第1回折素子14や第2回折素子15は、反射型のホログラムで形成されるものに限らず、透過型のホログラムで形成されるものであってもよい。

【0044】

上記実施形態の表示装置100では、ミラー17から第2回折素子15に向かう画像光ILを導光部材13の一对の内面すなわち全反射面131t, 131uによって複数回反射させているが、図5に示すように、ミラー17から第2回折素子15に向かう画像光ILを導光部材13の内面で一回だけ反射させてもよい。

10

【0045】

上記実施形態の表示装置100では、導光部材13の第1面13a及び第2面13bにおいて画像光ILを屈折率を利用した全反射によって導光しているが、第1面13a及び第2面13bを金属ミラーのような反射面とすることができる。

【0046】

導光部材13は、平行平板に限らず、図6に示すように、若干の湾曲が許容される。この場合、レンズ状に湾曲した導光部材13によって観察者の眼EYを覆う形状とすることができる。

20

【0047】

上記実施形態の表示装置100では、画像光生成装置11として有機EL素子等の自発光型の表示デバイスやLCDその他の光変調素子を用いているが、これに代えて、レーザー光源とポリゴンミラー等であるスキャナーとを組み合わせたレーザスキャナーを用いた構成も可能である。つまり、レーザー網膜投影型のヘッドマウントディスプレイに対して本発明を適用することも可能である。

【0048】

第2回折素子15の外界側には、第2回折素子15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ことができる。調光デバイスとして、ミラー液晶、電子シェード、エレクトロクロミック素子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。調光デバイスによって外界光を遮断する場合、外界像の作用を受けていない虚像のみを観察することができる。また、本願発明の表示装置は、外光を遮断し画像光のみを視認させるいわゆるクローズ型の頭部搭載型表示装置(HMD)に適用できる。この場合、表示装置と撮像装置とで構成されるいわゆるビデオシースルーの製品に対応させたりするものとしてもよい。

30

【0049】

上記実施形態では、表示装置100をHMD200に組み込んでいるが、表示装置100をヘッドアップディスプレイに組み込むことができる。

40

【0050】

具体的な態様における表示装置は、画像光生成装置と、画像光生成装置から射出された画像光が入射する導光部材と、導光部材の入射側に設けられ、正のパワーを有する第1回折素子と、導光部材の射出側に設けられ、正のパワーを有する第2回折素子と、導光部材の入射側の端部に設けられて正のパワーを有するミラーと、を備え、第1回折素子を経た画像光は、ミラーで反射されて導光部材内を伝搬し、第2回折素子に入射した画像光は、第2回折素子により偏向されて射出瞳を形成する。

【0051】

上記表示装置では、光路上において第1回折素子と第2回折素子との間に配置されるミラーに画像光を補正する機能を持たせることができる。このミラーが導光部材の入射側の

50

端部に設けられていることから、導光部材の厚みの増加を抑制することができ、導光部材を平板状のものとしやすくなる。

【0052】

具体的な側面において、第1回折素子は、導光部材の外界側に配置され、第2回折素子は、導光部材の外界側に配置されている。

【0053】

具体的な側面において、画像光生成装置は、導光部材の観察者側に配置される。この場合、画像光生成装置が外観に影響しにくい配置となり、表示装置のデザイン性が損なわれることを防止できる。

【0054】

具体的な側面において、第1回折素子は、球面波で露光され、干渉縞のピッチ及び傾斜角度が連続的に変化する第1体積ホログラムであり、第2回折素子は、球面波で露光され、干渉縞のピッチ及び傾斜角度が連続的に変化する第2体積ホログラムである。この場合、回折素子に所望のパワーを持たせつつ入射方向に対して射出方向を傾けることができる。

10

【0055】

具体的な側面において、第1回折素子と第2回折素子とは、共役な位置に配置される。この場合、光線を第1回折素子と第2回折素子とにおいて干渉縞に関して対応する箇所に入射させることができ、波長補償を適正に行うことができ、輝度ムラや解像度の劣化を少なく抑えることができる。

20

【0056】

具体的な側面において、第1回折素子と第2回折素子との間に中間像と瞳が形成される。この場合、回折素子の光線があたる位置を制御して波長補償を適正にすることができ、光線が広がって導光板が厚くなったり第2回折素子が大きくなりすぎたりすることを防止できる。

【0057】

具体的な態様における光学ユニットは、画像光が入射する導光部材と、導光部材の入射側に設けられ、正のパワーを有する第1回折素子と、導光部材の射出側に設けられ、正のパワーを有する第2回折素子と、導光部材の入射側の端部に設けられて正のパワーを有するミラーと、を備え、第1回折素子を経た画像光は、ミラーで反射されて導光部材内を伝搬し、第2回折素子に入射した画像光は、第2回折素子により偏向されて射出瞳を形成する。

30

【0058】

上記表示装置では、光路上において第1回折素子と第2回折素子との間に配置されるミラーに画像光を補正する機能を持たせることができる。このミラーが導光部材の入射側の端部に設けられていることから、導光部材の厚みの増加を抑制することができ、導光部材を平板状のものとしやすくなる。

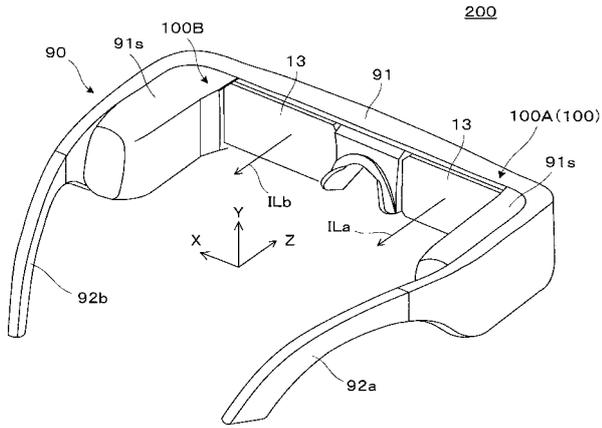
【符号の説明】

【0059】

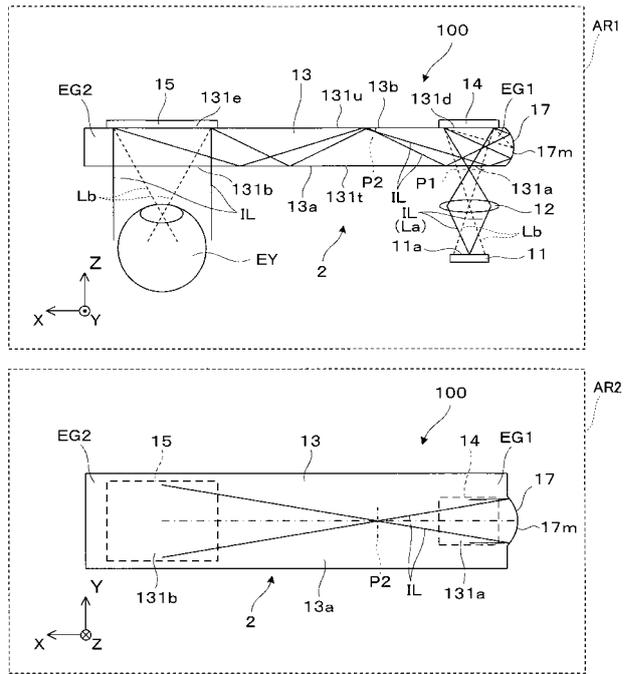
2 ... 光学ユニット、11 ... 画像光生成装置、11a ... 表示面、12 ... 投射光学系、13 ... 導光部材、16, 116 ... 干渉縞、17 ... ミラー、17m ... ミラー層、90 ... フレーム、91 ... 本体、91s ... 収納部、92a, 92b ... テンプル、100 ... 表示装置、100A, 100B ... 表示装置、131a ... 入射面、131b ... 射出面、131d, 131e ... 外側面、131t, 131u ... 全反射面、E0 ... 網膜、EY ... 眼、IL ... 画像光、ILa, ILb ... 画像光、La ... 点線、Lb ... 一点鎖線、PA ... 瞳、PE ... 射出瞳

40

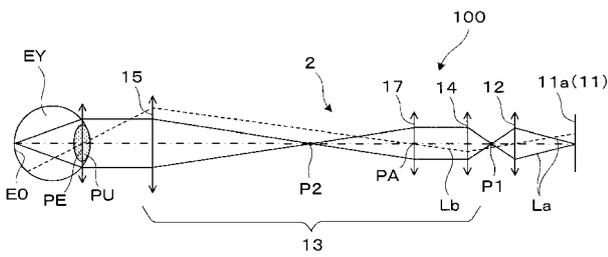
【 図 1 】



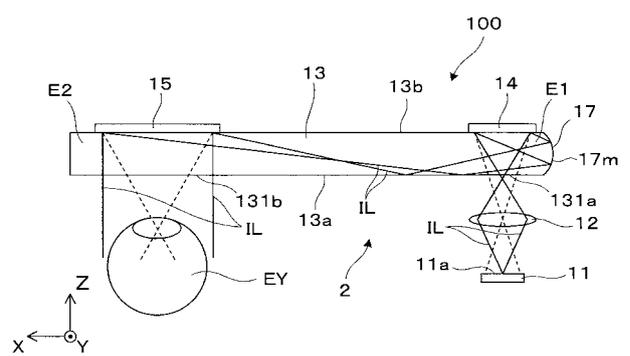
【 図 2 】



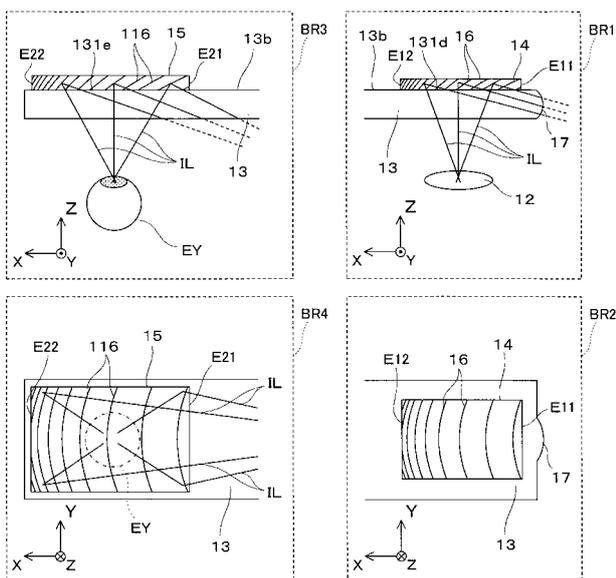
【 図 3 】



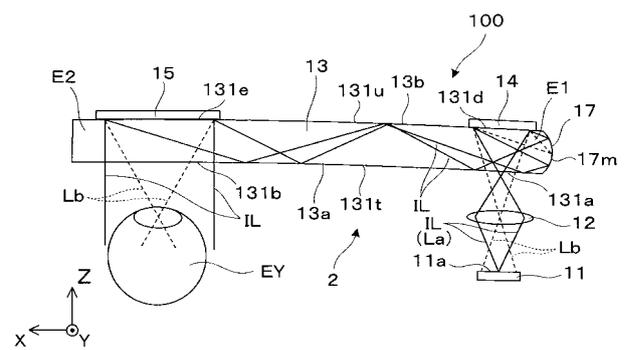
【 図 5 】



【 図 4 】



【 図 6 】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2H249 AA08 AA12 AA34 AA60 AA62 CA04 CA08 CA09 CA22