

(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2016-170203

(P2016-170203A)

(43) 公開日 平成28年9月23日(2016.9.23)

(51) Int.Cl. F I テーマコード(参考)  
**G02B 27/02 (2006.01)** G02B 27/02 Z 2H199  
 HO4N 5/64 (2006.01) HO4N 5/64 511A

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2015-48359(P2015-48359)  
 (22) 出願日 平成27年3月11日(2015.3.11)

(71) 出願人 000001270  
 コニカミノルタ株式会社  
 東京都千代田区丸の内二丁目7番2号  
 (74) 代理人 110001933  
 特許業務法人 佐野特許事務所  
 (72) 発明者 金野 賢治  
 東京都千代田区丸の内二丁目7番2号 コ  
 ニカミノルタ株式会社内  
 Fターム(参考) 2H199 CA02 CA12 CA23 CA24 CA25  
 CA27 CA30 CA44 CA59 CA68  
 CA84 CA85 CA86

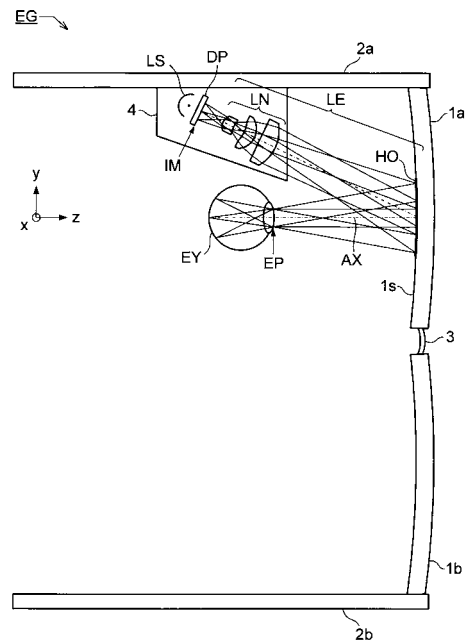
(54) 【発明の名称】 画像表示装置

(57) 【要約】

【課題】コンパクトでありながら、明るい外景に広い画面で画像が重ねられたシースルー表示の可能な画像表示装置を提供する。

【解決手段】画像表示装置EGは、画像IMを表示する表示素子DPと、画像IMが外景に重なるように、画像IMを虚像として観察者眼EYにシースルーで投影表示する観察光学系LEと、を有する。観察光学系LEは、観察者眼EYの側方から前方に向けて画像IMの光を射出する投光光学系LNと、投光光学系LNからの光のうち特定波長の光を回折作用により観察者眼EYに向けて反射させるホログラフィック光学素子HOと、を有する。表示素子DPの画面中心から射出した主光線AXの反射角度が正反射角度よりも小さくなるように、ホログラフィック光学素子HOが回折作用による反射を行う。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

画像を表示する表示素子と、前記画像が外景に重なるように、前記画像を虚像として観察者眼にシースルーで投影表示する観察光学系と、を有する画像表示装置であって、

前記観察光学系が、観察者眼の側方から前方に向けて前記画像の光を出射する投光光学系と、その投光光学系からの光のうち特定波長の光を回折作用により観察者眼に向けて反射させるホログラフィック光学素子と、を有し、

前記表示素子の画面中心から出射した主光線の反射角度が正反射角度よりも小さくなるように、前記ホログラフィック光学素子が前記回折作用による反射を行うことを特徴とする画像表示装置。

10

## 【請求項 2】

観察者眼の側方に位置するテンブルと、観察者眼の前方に位置する透明基板と、を備えた眼鏡型の画像表示装置であって、前記投光光学系が前記テンブルに保持されており、前記ホログラフィック光学素子が前記透明基板に保持されていることを特徴とする請求項 1 記載の画像表示装置。

## 【請求項 3】

以下の条件式 ( 1 ) を満足することを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の画像表示装置；

$$\left| \frac{\sin \theta}{\sin \theta'} - 1 \right| < 0.2 \dots (1)$$

ただし、

$\theta$  : 入射角度、

$\theta'$  : 反射角度、

20

であり、面法線から正反射側へ進む方向を正とし、面法線から入射側へ戻る方向を負とする。

## 【請求項 4】

前記観察光学系で形成される虚像が観察者眼に対して有限距離に位置することを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の画像表示装置。

## 【請求項 5】

観察者眼から前記観察光学系で形成される虚像までの距離が 30 cm 以上 5 m 以下であることを特徴とする請求項 4 記載の画像表示装置。

## 【請求項 6】

前記ホログラフィック光学素子が回折作用による集光パワーを有することを特徴とする請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の画像表示装置。

30

## 【請求項 7】

前記ホログラフィック光学素子が凹面反射による集光パワーを有することを特徴とする請求項 6 記載の画像表示装置。

## 【請求項 8】

前記投光光学系と前記ホログラフィック光学素子との間に中間像を結ぶことを特徴とする請求項 1 ~ 7 のいずれか 1 項に記載の画像表示装置。

## 【請求項 9】

前記表示素子から前記投光光学系までの間隔を調節することによりフォーカスを行う機能を有することを特徴とする請求項 1 ~ 8 のいずれか 1 項に記載の画像表示装置。

40

## 【請求項 10】

前記投光光学系が非軸対称な光学系であることを特徴とする請求項 1 ~ 9 のいずれか 1 項に記載の画像表示装置。

## 【請求項 11】

前記投光光学系が、前記ホログラフィック光学素子で発生する色収差を打ち消す方向の色収差を発生することを特徴とする請求項 1 ~ 10 のいずれか 1 項に記載の画像表示装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

50

## 【 0 0 0 1 】

本発明は画像表示装置に関するものであり、例えば、液晶表示素子(LCD: liquid crystal display)の2次元画像をホログラフィック光学素子(HOE: holographic optical element)を用いて観察者眼にシースルーで投影表示する眼鏡型の画像表示装置に関するものである。

## 【 背景技術 】

## 【 0 0 0 2 】

画像を外景(つまり外界視野)に重ねて表示する眼鏡型の画像表示装置が、特許文献1~3で提案されている。これらの画像表示装置はハンズフリーで使用されるため、使用者に最適な状況で情報を表示することが重要になり、一方、表示画像だけでなく外景も良好に見たいという要望にも応える必要がある。特に外景の明るさは重要であり、画像表示のために外景が暗くなるのは好ましくない。また、表示画像の見える距離も重要である。使用者は近くを見たり遠くを見たりするので、その際に偏った距離に表示が行われると、外景と表示とを良好に重ねて観察することができなくなる。さらに、表示の画面の広さも重要である。使用者がどこを見るかは規定できないので、どこを見てもできる限り画像を提供できることが好ましい。

## 【 先行技術文献 】

## 【 特許文献 】

## 【 0 0 0 3 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 1 4 - 5 9 3 9 5 号 公 報

【 特許文献 2 】 特開 2 0 1 3 - 7 3 0 7 0 号 公 報

【 特許文献 3 】 US 6, 3 5 3, 5 0 3 B 1

## 【 発明の概要 】

## 【 発明が解決しようとする課題 】

## 【 0 0 0 4 】

上述したように、外景の明るさ、表示画像の見える距離、表示画面の広さに関する要求を同時に満足することは困難である。例えば、特許文献1に記載されているようにハーフミラーを用いると、外景の明るさが半分以下になってしまい外景が暗くなる。また、ハーフミラーを順に反射する構成の場合、物体距離を無限にする必要がある。物体距離を近距離にすると、それぞれのハーフミラーで画像が重ならなくなり、結果としてボケたように見えてしまうことになる。

## 【 0 0 0 5 】

特許文献2に記載されているように、ハーフミラー(中間層)を用いた画像表示装置では、外景の明るさが半分以下になってしまい外景が暗くなる。また、眼鏡レンズ面間に挟むように反射面を挿入する方法では、眼鏡レンズの厚みが増大してしまう。

## 【 0 0 0 6 】

特許文献3に記載されているように、反射面をホログラムで構成しただけでは、ホログラムの集光パワーがないため、集光パワーを曲面に集める必要が生じる。また、角度をずらす偏向効果が無いので、眼鏡の横からの光を目に向けて反射するには厚みが必要になる。したがって、画角が限定されてしまうため、大きな画面での画像表示は不可能である。

## 【 0 0 0 7 】

本発明はこのような状況に鑑みてなされたものであって、その目的は、コンパクトでありながら、明るい外景に広い画面で画像が重ねられたシースルー表示の可能な画像表示装置を提供することにある。

## 【 課題を解決するための手段 】

## 【 0 0 0 8 】

上記目的を達成するために、第1の発明の画像表示装置は、画像を表示する表示素子と、前記画像が外景に重なるように、前記画像を虚像として観察者眼にシースルーで投影表示する観察光学系と、を有する画像表示装置であって、

前記観察光学系が、観察者眼の側方から前方に向けて前記画像の光を出射する投光光学

10

20

30

40

50

系と、その投光光学系からの光のうち特定波長の光を回折作用により観察者眼に向けて反射させるホログラフィック光学素子と、を有し、

前記表示素子の画面中心から出射した主光線の反射角度が正反射角度よりも小さくなるように、前記ホログラフィック光学素子が前記回折作用による反射を行うことを特徴とする。

【0009】

第2の発明の画像表示装置は、上記第1の発明において、観察者眼の側方に位置するテンプレートと、観察者眼の前方に位置する透明基板と、を備えた眼鏡型の画像表示装置であって、前記投光光学系が前記テンプレートに保持されており、前記ホログラフィック光学素子が前記透明基板に保持されていることを特徴とする。

10

【0010】

第3の発明の画像表示装置は、上記第1又は第2の発明において、以下の条件式(1)を満足することを特徴とする。

$$\left| \frac{\theta}{\theta'} \right| / 0.2 \dots (1)$$

ただし、

θ：入射角度、

θ'：反射角度、

であり、面法線から正反射側へ進む方向を正とし、面法線から入射側へ戻る方向を負とする。

【0011】

第4の発明の画像表示装置は、上記第1～第3のいずれか1つの発明において、前記観察光学系で形成される虚像が観察者眼に対して有限距離に位置することを特徴とする。

20

【0012】

第5の発明の画像表示装置は、上記第4の発明において、観察者眼から前記観察光学系で形成される虚像までの距離が30cm以上5m以下であることを特徴とする。

【0013】

第6の発明の画像表示装置は、上記第1～第5のいずれか1つの発明において、前記ホログラフィック光学素子が回折作用による集光パワーを有することを特徴とする。

【0014】

第7の発明の画像表示装置は、上記第6の発明において、前記ホログラフィック光学素子が凹面反射による集光パワーを有することを特徴とする。

30

【0015】

第8の発明の画像表示装置は、上記第1～第7のいずれか1つの発明において、前記投光光学系と前記ホログラフィック光学素子との間に中間像を結ぶことを特徴とする。

【0016】

第9の発明の画像表示装置は、上記第1～第8のいずれか1つの発明において、前記表示素子から前記投光光学系までの間隔を調節することによりフォーカスを行う機能を有することを特徴とする。

【0017】

第10の発明の画像表示装置は、上記第1～第9のいずれか1つの発明において、前記投光光学系が非軸対称な光学系であることを特徴とする。

40

【0018】

第11の発明の画像表示装置は、上記第1～第10のいずれか1つの発明において、前記投光光学系が、前記ホログラフィック光学素子で発生する色収差を打ち消す方向の色収差を発生することを特徴とする。

【発明の効果】

【0019】

本発明によれば、コンパクトでありながら、明るい外景に広い画面で画像が重ねられたシールスルー表示の可能な画像表示装置を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

50

## 【 0 0 2 0 】

【 図 1 】 眼鏡型画像表示装置の第 1 の実施の形態を模式的に示す概略断面図。

【 図 2 】 眼鏡型画像表示装置の第 1 の実施の形態（実施例 1）の光学構成図。

【 図 3 】 眼鏡型画像表示装置の第 2 の実施の形態（実施例 2）の光学構成図。

【 発明を実施するための形態 】

## 【 0 0 2 1 】

以下、本発明に係る画像表示装置等を、図面を参照しつつ説明する。なお、各実施の形態等の相互で同一の部分や相当する部分には同一の符号を付して重複説明を適宜省略する。

## 【 0 0 2 2 】

図 1 に、第 1 の実施の形態の画像表示装置 E G の概略断面構造を、その上方から見た状態で示す。この画像表示装置 E G は、画像 I M を表示する表示素子 D P（例えば L C D）と、表示素子 D P を照明するための光源 L S（例えば L E D (light emitting diode)）と、画像 I M が外景に重なるように、画像 I M を虚像として観察者眼 E Y にシースルーで投影表示する観察光学系 L E と、を有している。観察光学系 L E は、観察者眼 E Y の側方から前方に向けて画像 I M の光を出射する投光光学系 L N と、その投光光学系 L N からの光のうち特定波長の光を回折作用により観察者眼 E Y に向けて反射させる体積位相型のホログラフィック光学素子 H O と、を有している。なお、図 1 は透過型液晶素子の図であるが、D P は反射型液晶素子、デジタルマイクロミラーデバイス (D M D)、有機 E L ディスプレイでもよい。また、光源 L S と D P の間にレンズやミラーで構成された照明光学系を配置してもよい。

## 【 0 0 2 3 】

さらに画像表示装置 E G は、眼鏡型の形態をとるため、観察者眼 E Y の側方に位置するテンプル（つる）2 a, 2 b と、観察者眼 E Y の前方に位置する透明基板 1 a, 1 b と、透明基板 1 a, 1 b を連結するブリッジ 3 と、を備えており、投光光学系 L N がテンプル 2 a に保持されており、ホログラフィック光学素子 H O が透明基板 1 a の基板面 1 s に保持されている。光源 L S, 表示素子 D P 及び投光光学系 L N は筐体 4 内に収納されており、筐体 4 はテンプル 2 a に保持されている。

## 【 0 0 2 4 】

観察者は、テンプル 2 a, 2 b によって、通常的眼鏡と同様に画像表示装置 E G を眼前に保持することができる。表示素子 D P は、光源 L S からの照明光を変調して画像を表示する。表示素子 D P から射出した画像光は、投光光学系 L N で前方に向けて投射された後、ホログラフィック光学素子 H O で回折反射されて瞳 E P に入射する。ホログラフィック光学素子 H O は、正のパワーを有しているので（パワー：焦点距離の逆数で定義される量）、画像光は観察者眼 E Y の瞳 E P に入射することにより虚像として観察される。また、外界光（つまり外景からの光）はホログラフィック光学素子 H O を透過し、表示画像は外界視野に重なるように虚像として観察者眼 E Y にシースルーで投影表示されて観察可能となる。したがって観察者は、筐体 4 に覆われた表示素子 D P の画像を虚像として観察しながら、透明基板 1 a, 1 b を通して外景を見ることができる。

## 【 0 0 2 5 】

コンパイナとしてのホログラフィック光学素子 H O と画像光との関係から言えば、例えば、中心波長が 470 nm, 530 nm, 640 nm の B G R 一体の L E D を光源 L S として使い、ホログラフィック光学素子 H O として波長  $470 \text{ nm} \pm 10 \text{ nm}$ , 波長  $530 \text{ nm} \pm 10 \text{ nm}$ , 波長  $640 \text{ nm} \pm 10 \text{ nm}$  の画像光を回折するように作製されたものを用いることが好ましい。ホログラフィック光学素子 H O は、特定入射角・特定波長の光のみを回折するので、外界光には殆ど影響しない。したがって、外界光は透明基板 1 a 及びホログラフィック光学素子 H O を透過するため、通常どおりの外界を見ることができる。

## 【 0 0 2 6 】

眼鏡という小さく限られた構造の中で画像表示装置を構成するのは非常に難しいが、頭部に装着する眼鏡型の画像表示装置では小型化・薄型化を達成することが必須になる。特

10

20

30

40

50

にレンズ部分（前側）に重たいものがあると装着性が良くないので、表示素子やその画像投影に用いられる投光光学系はなるべく後ろ側に位置するのが好ましい。そこで、上記画像表示装置 E G では、表示素子 D P や投光光学系 L N 等をテンブル 2 a に配置して、画像表示装置 E G の重心が後ろ側に位置するようにしている。

【 0 0 2 7 】

そして、装着性を改善するとともに小型化・薄型化を実現するために、前側に配置する反射用光学素子として、回折作用を効果的に利用したホログラフィック光学素子 H O を用いている。つまり、上記画像表示装置 E G では、表示素子 D P の画面中心から出射した主光線（光軸 A X に相当する。）の反射角度が正反射角度よりも小さくなるように、ホログラフィック光学素子 H O が回折作用による反射を行うことを特徴としている。

10

【 0 0 2 8 】

眼鏡型の画像表示装置においてレンズ部分に反射構造を持たせる場合、図 1 に示すように投光光学系 L N が観察者眼 E Y の側方にあると、レンズ部分に設ける反射面が瞳 E P に対して斜めになるためレンズ部分が厚くなり、その厚みを抑えようとすれば画角を大きくすることが困難になる。そこで、上記画像表示装置 E G では、ホログラフィック光学素子 H O の回折作用を利用して反射角度を大きくずらしている。反射角度をずらすことにより、薄型でありながら瞳 E P に向けた光路の折り曲げ（つまり偏向）が可能となる。ホログラフィック光学素子 H O には、上記反射角度をずらす偏向効果のほかに、光透過性が高いという、コンバイナとして好適な特長があり、その実効の視感度透過率は 80% 以上である。

20

【 0 0 2 9 】

したがって、コンパクトでありながら、明るい外景に広い画面で画像が重ねられたシースルー表示の可能な画像表示装置 E G を実現することができる。なお、上記特徴的なホログラフィック光学素子 H O を用いれば、投光光学系 L N がテンブル 2 a で保持される眼鏡型以外の H M D (head mounted display) , H U D (headup display) 等の画像表示装置においても、上記効果を得ることは可能である。

【 0 0 3 0 】

ホログラフィック光学素子 H O での回折作用による偏向反射に関しては、以下の条件式 ( 1 ) を満足することが望ましい。更に好ましくは上限は 0 . 1 であることが好ましい。

30

が小さくなることで薄型を実現できる。

$$\left| \frac{\theta}{\theta_0} \right| \leq 0.2 \dots (1)$$

ただし、

θ : 入射角度、

θ<sub>0</sub> : 反射角度、

であり、面法線から正反射側へ進む方向を正とし、面法線から入射側へ戻る方向を負とする。

【 0 0 3 1 】

条件式 ( 1 ) を満足すれば、ホログラフィック光学素子面が瞳面に正対するので、効果的に薄型化を達成することができる。また、ホログラフィック光学素子面を瞳面に正対させるときの入射角度 θ は、20 ~ 70 ° が好ましい。入射角度 θ を 20 ° 以上にすると、テンブル 2 a に対する投光光学系 L N 等の配置が容易になる。入射角度 θ を 70 ° 以下にすると、回折によって発生する色収差や非軸対称な収差の補正が容易になる。更に好ましくは上限は 45 度であることが好ましい。高解像度の表示素子を用いることができる。

40

【 0 0 3 2 】

観察光学系 L E で形成される虚像が観察者眼 E Y に対して有限距離に位置することが望ましく、観察者眼 E Y から観察光学系 L E で形成される虚像までの距離が 30 cm 以上 5 m 以下であることが更に望ましい。表示画像の虚像位置を有限距離に設定すると、例えば歩行中の視度の切替を容易に行いけるようになる。したがって、表示画像 I M と外景とのシースルーでの重なりを良くするうえで有効である。

【 0 0 3 3 】

50

ホログラフィック光学素子H Oが回折作用による集光パワーを有することが好ましく、ホログラフィック光学素子H Oが凹面反射による集光パワーを有することが更に好ましい。画像表示装置E Gでは、透明基板1 aの基板面1 sが凹形状の曲面からなっており、その基板面1 s上にホログラフィック光学素子H Oが配置されている。つまり、ホログラフィック光学素子H Oでの偏向反射は回折作用のみで行われるが、ホログラフィック光学素子H Oでの集光反射は回折パワーと曲面パワーとで行われる。

【0034】

集光反射を凹面だけで行おうとすると、表示素子D Pとして小さな表示パネルを用いる場合、凹面の曲率が大きくなってしまい、透過する画像が歪む等の弊害が生じるおそれがある。したがって、眼鏡レンズくらいの曲率の曲面を用いることが広画角化を達成するうえで好ましい。また、基板面1 sを平面で構成した場合、ホログラフィック光学素子H Oでの集光反射は回折パワーのみで行われることになる。つまり、ホログラフィック光学素子H Oに集光パワーをすべて負担させることになる。そのように集光反射を回折パワーのみで行おうとすると、ホログラフィック光学素子で発生する色収差を補正することが困難になる。画像表示装置E Gでは、ホログラフィック光学素子H Oの集光パワーの一部を曲面に負担させることにより、上記色収差を効果的に低減することを可能としている。なお、画像表示装置E Gでは、ホログラフィック光学素子H Oが透明基板1 aの基板面1 s上で保持されているが、透明基板1 aの中にホログラフィック光学素子H Oを配置してもよい。また、ホログラフィック光学素子H Oを透明基板の外側に配置してもよい。

10

【0035】

画像表示装置E Gでは、観察光学系L Eにおいて投光光学系L Nを用いることにより、明るい画像表示を可能としている。また、ホログラフィック光学素子H Oと合わせて収差補正できる位置に像面を配置することができ、小型の表示素子D Pを使って大きな画角を実現することができる。つまり、投光光学系L Nとホログラフィック光学素子H Oとの間に中間像を結ぶことが望ましい。画角を大きくするためにホログラフィック光学素子H Oの焦点距離を短くしようとする、目の近傍に表示素子D Pを配置する必要があるが、中間像を形成すれば、観察者眼E Yの近傍に表示素子D Pを配置することなく、画角を大きくすることができる。

20

【0036】

画像表示装置E Gは、表示素子D Pから投光光学系L Nまでの間隔を調節することによりフォーカスを行う機能を有することが好ましい。投光光学系L Nの全体又は一部の移動、又は表示素子D Pの移動により、表示素子D Pから投光光学系L Nまでの間隔を調節すると、観察者眼E Yに対して表示画像I Mの虚像位置を変化させるフォーカス、つまり視度調整が可能となる。

30

【0037】

ここで、画像表示装置E Gの具体的な光学構成を更に詳しく説明する。図2、図3は、第1、第2の実施の形態を構成する観察光学系L Eにそれぞれ対応する光学構成図であり、その光学配置、光路等を光学断面で示している。これらの観察光学系L Eは、画像I M側から順に、第1レンズL 1、第2レンズL 2及び第3レンズL 3からなる投光光学系L Nと、ホログラフィック光学素子H Oと、から構成されている。

40

【0038】

第1の実施の形態(図2)では投光光学系L Nが軸対称な光学系であるのに対し、第2の実施の形態(図3)では投光光学系L Nが非軸対称な光学系である。第1の実施の形態では、ホログラフィック光学素子H Oでの偏向反射が回折作用のみで行われ、ホログラフィック光学素子H Oでの集光反射が回折パワーと曲面パワーとの組み合わせで行われる。第2の実施の形態では、ホログラフィック光学素子H Oでの偏向反射が回折作用のみで行われ、ホログラフィック光学素子H Oでの集光反射が回折パワーのみで行われる。

【0039】

第1の実施の形態(図2)の場合、ホログラフィック光学素子H Oでの集光反射は回折パワーと曲面パワーとで行われるので、ホログラフィック光学素子H Oでの色収差の発生

50

を低減することが可能である。第2の実施の形態(図3)の場合、ホログラフィック光学素子HOでの集光反射は回折パワーのみで行われるので、投光光学系LNは、ホログラフィック光学素子HOで発生する色収差を打ち消す方向の色収差を発生する構成になっている。つまり、ホログラフィック光学素子HOでの斜めに非対称な偏向反射により発生する非対称な色収差は、投光光学系LNの第1,第3レンズL1,L3に設けられている自由曲面のプリズム効果で色収差の横ずれを発生させることにより、効果的に補正することが可能となる。

#### 【実施例】

##### 【0040】

以下、本発明を実施した画像表示装置の構成等を、実施例のコンストラクションデータ等を挙げて更に具体的に説明する。ここで挙げる実施例1,2は、前述した第1,第2の実施の形態にそれぞれ対応する数値実施例であり、第1の実施の形態を表す概略断面図(図1)は対応する実施例1の光学配置,光路等を示しており、第1,第2の実施の形態を表す光学構成図(図2,図3)は、対応する実施例1,2の光学配置,光路等をそれぞれ示している。

##### 【0041】

各実施例のコンストラクションデータとして、面データ1,面データ2及び各種データを示し、実施例2については更に自由曲面データを示す。面データ1,2中、 $i$  ( $i = 1, 2, 3, \dots$ )は面番号である。観察光学系LEで形成される虚像VPの位置を第1面とし、瞳EPの位置を第2面とし、ホログラフィック光学素子HOの貼り付け面を第3面としている。さらに、第3レンズL3の出射面及び入射面を第4面及び第5面とし、第2レンズL2の出射面及び入射面を第6面及び第7面とし、第1レンズL1の出射面及び入射面を第8面及び第9面としている。最終面である第10面は、画像IMを表示する表示素子DPの表示面である。面データ1では、左側の欄から順に、面番号 $i$ ,曲率半径 $r$ (mm),軸上面間隔 $d$ (mm), $d$ 線(波長587.56nm)に関する屈折率 $n_d$ , $d$ 線に関するアッペ数 $v_d$ を示しており、面データ2では、第 $i$ 面の配置データを示している。

##### 【0042】

第 $i$ 面の配置は、面データ2中の面頂点座標( $x, y, z$ )と回転角度の各面データでそれぞれ特定される。第 $i$ 面の面頂点座標は、その面頂点をローカルな直交座標系( $X, Y, Z$ )の原点として、グローバルな直交座標系( $x, y, z$ )におけるローカルな直交座標系( $X, Y, Z$ )の原点の座標( $x, y, z$ )で表されており(単位:mm)、その面頂点を中心とする $X$ 軸回りの回転角度で第 $i$ 面の傾きが表されている(単位: $^\circ$ ;  $X$ 軸の正方向に対して反時計回りが $X$ 回転の回転角度の正方向である。)。ただし、座標系はすべて右手系で定義されており、グローバルな直交座標系( $x, y, z$ )は瞳EPのローカルな直交座標系( $X, Y, Z$ )と一致した絶対座標系になっている。したがって、 $X$ 方向, $Y$ 方向は、第 $i$ 面の面頂点を原点とし、かつ、面頂点での法線を $Z$ 軸とする直交座標系( $X, Y, Z$ )における座標軸方向であり、 $x$ 方向は紙面に垂直方向(画角の上下方向)、 $y$ 方向は紙面の上下方向(画角の左右方向)である。

##### 【0043】

実施例2の自由曲面データに関し、自由曲面( $XY$ 多項式面)からなる第 $i$ 面は、その面頂点を原点とするローカルな直交座標系( $X, Y, Z$ )を用いた以下の式(FS)で定義される。自由曲面データとして自由曲面係数等を示す。ただし、 $A(j, k)$ を $X^j \cdot Y^k$ で表記する。なお、表記の無い項の係数は0であり、すべてのデータに関して $E - n = x 1 0^{-n}$ である。

$$Z = (C_0 \cdot h^2) / [1 + \{1 - (1 + K) \cdot C_0^2 \cdot h^2\}] + \{A(j, k) \cdot X^j \cdot Y^k\} \dots (FS)$$

##### 【0044】

ただし、式(FS)中、  
Z:高さ $h$ の位置での $Z$ 軸方向の変位量(面頂点基準)、

10

20

30

40

50

h : Z 軸に対して垂直な方向の高さ ( $h^2 = X^2 + Y^2$ )、  
 C 0 : 面頂点での曲率 ( $= 1 / r$ )、  
 K : コーニック定数、  
 A ( j , k ) : X の j 次、Y の k 次の多項式自由曲面係数、  
 である。

## 【 0 0 4 5 】

各種データとして、瞳 E P の直径 ( mm ) , Y 方向 ( 画面長辺方向 ) と X 方向 ( 画面短辺方向 ) の画角 ( ° ) と画面サイズ ( mm ) , ホログラフィック光学素子 H O での偏向反射・集光反射の種類, ホログラフィック光学素子 H O に対する画面中心主光線 ( 表示素子 D P の画面中心から出射した主光線であり、実施例 1 , 2 では光軸 A X に相当する。 ) の入射角度  $\theta$  と反射角度  $\theta'$  , 条件式 ( 1 ) の対応値, ホログラフィック光学素子 H O の厚み (  $\mu m$  ) と露光条件を示す。

10

## 【 0 0 4 6 】

実施例 1

面データ 1

| i       | r (mm)   | d (mm)  | nd     | vd   |
|---------|----------|---------|--------|------|
| 1 (VP)  |          | -1000.0 |        |      |
| 2 (EP)  |          | 25.0    |        |      |
| 3 (HO)  | -50.0000 |         |        |      |
| 4 (L3)  | -6.6604  | 3.0     | 1.5168 | 64.1 |
| 5 (L3)  | 283.3587 | 1.0     |        |      |
| 6 (L2)  | -3.3784  | 2.0     | 1.5168 | 64.1 |
| 7 (L2)  | -5.1918  | 2.0     |        |      |
| 8 (L1)  | 2.8963   | 2.0     | 1.5168 | 64.1 |
| 9 (L1)  | 1.9408   | 5.0     |        |      |
| 10 (IM) |          |         |        |      |

20

## 【 0 0 4 7 】

面データ 2

| i       | x | y       | z          |          |
|---------|---|---------|------------|----------|
| 1 (VP)  | 0 | 0.0000  | -1000.0000 | 0.0000   |
| 2 (EP)  | 0 | 0.0000  | 0.0000     | 0.0000   |
| 3 (HO)  | 0 | 0.0000  | 25.0000    | 0.0000   |
| 4 (L3)  | 0 | 11.9034 | 0.3647     | -25.7891 |
| 5 (L3)  | 0 | 13.2086 | -2.3365    | -25.7891 |
| 6 (L2)  | 0 | 13.6436 | -3.2369    | -25.7891 |
| 7 (L2)  | 0 | 14.5138 | -5.0377    | -25.7891 |
| 8 (L1)  | 0 | 15.3839 | -6.8385    | -25.7891 |
| 9 (L1)  | 0 | 16.2540 | -8.6393    | -25.7891 |
| 10 (IM) | 0 | 18.4293 | -13.1413   | -25.7891 |

30

## 【 0 0 4 8 】

40

各種データ

瞳直径 : 3 mm

画角 : 左右方向 ( Y 方向 )  $\pm 10$  度 , 上下方向 ( X 方向 )  $\pm 6$  度画面サイズ ( 横は画角の左右  $\pm 10$  度に対応 ) :横 ( Y 方向 ) 3 . 4 4 mm  $\times$  縦 ( X 方向 ) 2 . 3 0 mm

H O E での偏向反射 : 回折作用のみ

H O E での集光反射 : 回折パワー + 曲面パワー

H O E に対する画面中心主光線の入射角度  $\theta$  と反射角度  $\theta'$  ,入射角度  $\theta$  : 25 . 7 度反射角度  $\theta'$  : 0 度

50

条件式 ( 1 ) :  $| \quad ' \quad | / \quad = 0$

H O E の厚み : 2 0  $\mu$  m

H O E の露光条件

波長 : R 6 4 7 n m , G 5 3 2 n m , B 4 7 7 n m

平行光 図 2 中右側から露光 ( + Z 方向から - Z 方向に露光 )

発散光 図 2 中左側から露光 ( - Z 方向から + Z 方向に露光 )

発散光の発散点 ( 面頂点基準 ) : ( Y , Z ) = ( 3 0 m m , - 7 0 m m )

青 : アルゴンイオンレーザー ( 4 7 6 . 5 n m )

緑 : 固体レーザー ( 5 3 2 n m )

赤 : クリプトンイオンレーザー ( 6 4 7 . 1 n m )

10

【 0 0 4 9 】

実施例 2

面データ 1

| i      | r (mm)   | d (mm)  | nd     | vd   |
|--------|----------|---------|--------|------|
| 1 (VP) |          | -1000.0 |        |      |
| 2 (EP) |          | 25.0    |        |      |
| 3 (HO) |          |         |        |      |
| 4 (L3) | -5.6885  | 3.0     | 1.5168 | 64.1 |
| 5 (L3) | 11.8183  | 1.0     |        |      |
| 6 (L2) | -33.4235 | 2.0     | 1.5168 | 64.1 |
| 7 (L2) | 170.0732 | 2.0     |        |      |
| 8 (L1) | 13.9679  | 2.0     | 1.5168 | 64.1 |
| 9 (L1) | 10.6651  | 5.0     |        |      |

20

10 (IM)

【 0 0 5 0 】

面データ 2

| i       | x | y       | z          |          |
|---------|---|---------|------------|----------|
| 1 (VP)  | 0 | 0.0000  | -1000.0000 | 0.0000   |
| 2 (EP)  | 0 | 0.0000  | 0.0000     | 0.0000   |
| 3 (HO)  | 0 | 0.0000  | 25.0000    | 0.0000   |
| 4 (L3)  | 0 | 10.3786 | 1.8802     | -17.3307 |
| 5 (L3)  | 0 | 11.2723 | -0.9836    | -17.3307 |
| 6 (L2)  | 0 | 11.5702 | -1.9382    | -17.3307 |
| 7 (L2)  | 0 | 12.1659 | -3.8474    | -17.3307 |
| 8 (L1)  | 0 | 12.7617 | -5.7566    | -17.3307 |
| 9 (L1)  | 0 | 13.3575 | -7.6658    | -17.3307 |
| 10 (IM) | 0 | 14.8469 | -12.4388   | -27.7806 |

30

【 0 0 5 1 】

第 5 面の自由曲面データ ( X Y 多項式 )

K: -5.2207E+00

Y: 6.7018E-01

X2: -7.9349E-02

Y2: -7.3470E-02

X2Y: -2.0431E-03

Y3: -1.2904E-03

X4: 9.5386E-05

X2Y2: -2.4057E-03

Y4: 4.7992E-04

X4Y: -5.2011E-04

X2Y3: 6.6944E-04

40

50

Y5: -1.1993E-04  
 X6: 3.5940E-07  
 X4Y2: 1.2389E-04  
 X2Y4: -3.3248E-05  
 Y6: 1.3616E-05

## 【 0 0 5 2 】

第 1 0 面の自由曲面データ ( X Y 多項式 )

K: -5.2111E-01  
 Y: -1.3557E+00  
 X2: -1.7007E-02  
 Y2: 1.7092E-01  
 X2Y: 8.5501E-02  
 Y3: 1.9184E-02  
 X4: 4.6841E-03  
 X2Y2: -6.4199E-02  
 Y4: -2.0803E-02  
 X4Y: 5.7564E-05  
 X2Y3: 1.2288E-02  
 Y5: 4.1813E-03  
 X6: 4.7389E-04  
 X4Y2: 8.8947E-04  
 X2Y4: -4.0715E-04  
 Y6: -1.7996E-04

10

## 【 0 0 5 3 】

各種データ

瞳直径 : 3 mm

画角 : 左右方向 ( Y 方向 )  $\pm 10$  度 , 上下方向 ( X 方向 )  $\pm 6$  度

画面サイズ ( 横は画角の左右  $\pm 10$  度に対応 ) :

横 ( Y 方向 ) 4 . 0 8 mm  $\times$  縦 ( X 方向 ) 2 . 9 6 mm

H O E での偏向反射 : 回折作用のみ

H O E での集光反射 : 回折パワーのみ

H O E に対する画面中心主光線の入射角度  $\theta$  と反射角度  $\theta'$

入射角度  $\theta$  : 2 8 . 6 度

反射角度  $\theta'$  : 0 度

条件式 ( 1 ) :  $| \sin \theta' | / \sin \theta = 0$

H O E の厚み : 3 0  $\mu$  m

H O E の露光条件

波長 : R 6 4 7 nm , G 5 3 2 nm , B 4 7 7 nm

平行光 図 3 中右側から露光 ( + Z 方向から - Z 方向に露光 )

発散光 図 3 中左側から露光 ( - Z 方向から + Z 方向に露光 )

発散光の発散点 ( 面頂点基準 ) : ( Y , Z ) = ( 7 . 5 5 mm , - 1 5 . 7 mm )

青 : アルゴンイオンレーザー ( 4 7 6 . 5 nm )

緑 : 固体レーザー ( 5 3 2 nm )

赤 : クリプトンイオンレーザー ( 6 4 7 . 1 nm )

30

40

## 【 符号の説明 】

## 【 0 0 5 4 】

E G 画像表示装置

L E 観察光学系

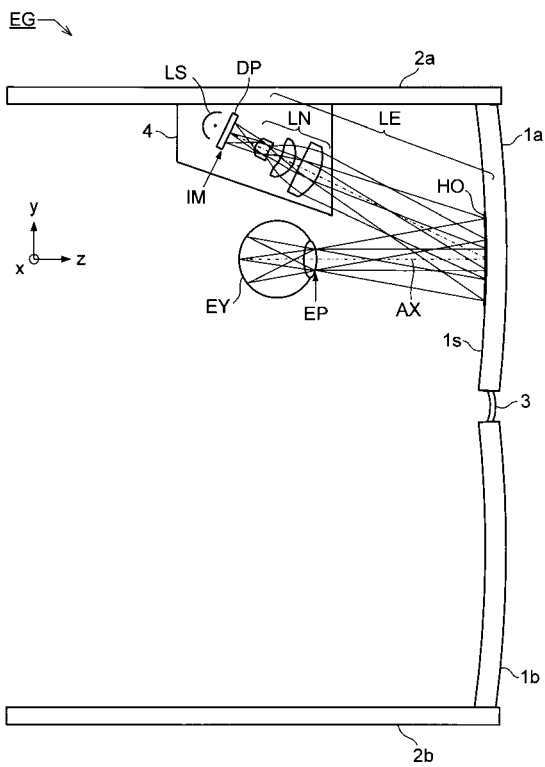
L N 投光光学系

H O ホログラフィック光学素子

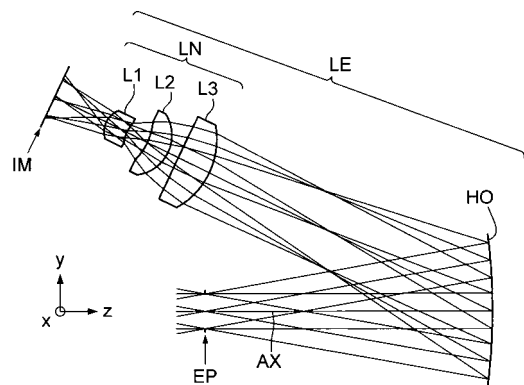
50

- D P 表示素子
- L S 光源
- I M 画像
- A X 光軸 (画面中心から出射した主光線)
- 1 a , 1 b 透明基板
- 1 s 基板面
- 2 a , 2 b テンプル
- 3 ブリッジ
- 4 筐体
- E P 瞳
- E Y 観察者眼

【 図 1 】



【 図 2 】



【 図 3 】

