

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4950467号  
(P4950467)

(45) 発行日 平成24年6月13日 (2012. 6. 13)

(24) 登録日 平成24年3月16日 (2012. 3. 16)

(51) Int. Cl.

F 1

G O 2 B 27/02 (2006. 01)

G O 2 B 27/02 Z

H O 4 N 13/04 (2006. 01)

H O 4 N 13/04

請求項の数 10 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2005-289873 (P2005-289873)  
 (22) 出願日 平成17年10月3日 (2005. 10. 3)  
 (65) 公開番号 特開2007-101790 (P2007-101790A)  
 (43) 公開日 平成19年4月19日 (2007. 4. 19)  
 審査請求日 平成20年9月25日 (2008. 9. 25)

(73) 特許権者 000001007  
 キヤノン株式会社  
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号  
 (74) 代理人 100110412  
 弁理士 藤元 亮輔  
 (74) 代理人 100104628  
 弁理士 水本 敦也  
 (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 林 祥恵

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像表示装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

それぞれ原画を形成する第1及び第2の画像形成素子と、

該第1及び第2の画像形成素子からの光束をそれぞれ第1及び第2の観察領域に導く光学系とを有し、

前記光学系は、前記第1及び第2の観察領域の間を通る面を対称面とする面对称に構成されており、

前記第1の画像形成素子及び前記第1の観察領域は前記対称面に対して一方の側の第1の領域に、前記第2の画像形成素子及び前記第2の観察領域は前記対称面に対して他方の側の第2の領域にそれぞれ配置されており、

前記光学系は、

それぞれ前記第1及び第2の領域に配置され、前記第1及び第2の画像形成素子からの光束を反射する一対の第1の反射面と、

それぞれ前記第2及び第1の領域に配置され、前記第1及び第2の領域に配置された前記第1の反射面からの光束を前記第1の反射面に向けて反射する一対の第2の反射面と、

それぞれ前記第1及び第2の領域に配置され、前記第2及び第1の領域に配置された前記第2の反射面における反射を介して前記第1の反射面で再び反射した光束を反射して前記第1及び第2の観察領域に導く一対の第3の反射面を有することを特徴とする画像表示装置。

【請求項 2】

10

20

それぞれ前記第 2 及び第 1 の領域に配置された第 1 の反射面は、前記第 2 及び第 1 の領域に配置された前記第 2 の反射面で反射した光束を、前記第 1 及び第 2 の領域に配置された前記第 3 の反射面に向けて再び反射することを特徴とする請求項 1 に記載の画像表示装置。

【請求項 3】

それぞれ前記第 1 及び第 2 の領域に配置された第 1 の反射面は、前記第 2 及び第 1 の領域に配置された前記第 2 の反射面で反射した光束を、前記第 1 及び第 2 の領域に配置された前記第 3 の反射面に向けて再び反射することを特徴とする請求項 1 に記載の画像表示装置。

【請求項 4】

前記第 1 及び第 2 の画像形成素子は、前記対称面に対して対称な位置に配置されていることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の画像表示装置。

【請求項 5】

前記対称面から各画像形成素子までの距離が、該対称面から各観察領域までの距離よりも長いことを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の画像表示装置。

【請求項 6】

前記光学系は、前記対称面に直交する断面に対して面对称な形状を有することを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の画像表示装置。

【請求項 7】

前記光学系は、該光学系内に中間実像を形成することを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の画像表示装置。

【請求項 8】

前記光学系は、複数の反射面を有し、  
該複数の反射面のうち少なくとも 2 つは偏心反射面であることを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の画像表示装置。

【請求項 9】

前記光学系は、複数の反射面を有し、  
該複数の反射面は、凹面反射面と凸面反射面とを少なくとも 1 つずつ含むことを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれか 1 項に記載の画像表示装置。

【請求項 10】

請求項 1 乃至 9 のいずれか 1 項に記載の画像表示装置と、  
該画像表示装置に画像情報を供給する画像情報供給装置とを有することを特徴とする画像表示システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、液晶表示素子（液晶パネル）などの画像形成素子に形成された画像を光学系を介して観察者に提示する画像表示装置に関し、特にヘッドマウントディスプレイ（HMD）に好適な画像表示装置に関する。

【背景技術】

【0002】

HMD に対しては広画角化により臨場感を高める要望がある一方で、装置を小型にする要望もある。装置の重量バランスを考慮すると、特に薄型であることが望まれる。

【0003】

広画角化の要望に応えるには液晶パネルを大型化することが望ましいが、パネルの大型化はコストの増大につながる。小型のパネルで広画角化を達成するには、0 回結像光学系よりも、パネルに表示された画像の中間実像を形成し、該中間像の虚像を拡大像として提示する 1 回結像光学系の方が適している。但し、1 回結像光学系では、光学系を構成する要素の数が多くなり、また光路長が長くなるため、一般に、大型で重い装置になってしまう。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 0 4 】

広画角と小型の両立を目的としたHMDとして、例えば特許文献1にて開示されたものがある。このHMDでは、折り返し反射面とその前後に光が通る偏心反射面を用いて往復光路を形成し、1回結像させるのに必要な長い光路を小型の光学系内に収めている。

## 【 0 0 0 5 】

また、HMDは、観察者が頭部に装着した状態での見た目もある程度格好の良いものである必要がある。特に、前方からHMD装着者を見た場合に、同じ投影面積であれば、装置が細く横長である方が印象が良い。例えば、図7(a)に示す観察者に対し、図7(b)に示すように縦長で横幅が小さい装置よりも、図7(c)に示すように縦に短く横に長い装置の方が、格好が良い。このような横長に装置を構成するためには、複数の偏心反射面の偏心方向を顔の上下方向に展開していくのではなく、顔の左右方向に展開する横折り光学系を用いる方が有利である。

10

## 【 0 0 0 6 】

特許文献2には、特許文献1に開示された折り返し反射面による往復光路を用いた横折り光学系が開示されている。該特許文献2の実施例(図6)には、往復光路を形成する光学素子3と画像形成素子1との間に反射面2を配置し、画像形成素子1と反射面2の間および反射面2と光学素子3との間で左右の眼への光路が交差する光学系が開示されている。

【特許文献1】特開2003-149593号公報(段落0047~0060、図1等)

【特許文献2】特開2004-341324号公報(段落0061~0063、図6)

20

## 【発明の開示】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【 0 0 0 7 】

しかしながら、特許文献2にて開示された光学系では、装置を横長に構成することはできるが、観察者の前方への厚みが十分に薄型化されていない。

## 【 0 0 0 8 】

本発明は、従来よりもさらに小型(薄型)でありながらも、広画角化が図れるようにした画像表示装置を提供することを目的の1つとしている。

## 【課題を解決するための手段】

## 【 0 0 0 9 】

30

本発明の一側面としての画像表示装置は、それぞれ原画を形成する第1及び第2の画像形成素子と、該第1及び第2の画像形成素子からの光束をそれぞれ第1及び第2の観察領域に導く光学系とを有し、前記光学系は、前記第1及び第2の観察領域の間を通る面を対称面とする面対称に構成されており、前記第1の画像形成素子及び前記第1の観察領域は前記対称面に対して一方の側の第1の領域に、前記第2の画像形成素子及び前記第2の観察領域は前記対称面に対して他方の側の第2の領域にそれぞれ配置されており、前記光学系は、それぞれ前記第1及び第2の領域に配置され、前記第1及び第2の画像形成素子からの光束を反射する一対の第1の反射面と、それぞれ前記第2及び第1の領域に配置され、前記第1及び第2の領域に配置された前記第1の反射面からの光束を前記第1の反射面に向けて反射する一対の第2の反射面と、それぞれ前記第1及び第2の領域に配置され、前記第2及び第1の領域に配置された前記第2の反射面における反射を介して前記第1の反射面で再び反射した光束を反射して前記第1及び第2の観察領域に導く一対の第3の反射面を有することを特徴とする。

40

## 【発明の効果】

## 【 0 0 1 0 】

本発明によれば、対称面に対して右側に配置された画像形成素子からの光束は、右側に配置された反射面で反射した後、左側に配置された反射面での反射を介して右側の観察領域に導かれる。また、同様に、対称面に対して左側に配置された画像形成素子からの光束は、左側に配置された反射面で反射した後、右側に配置された反射面での反射を介して左側の観察領域に導かれる。このような光学系を採用することで、広画角化に必要な長い

50

光路長を確保しつつ、薄型の画像表示装置を実現することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0011】

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。

【実施例1】

【0012】

図1には、本発明の実施例1である画像表示装置としてのヘッドマウントディスプレイ(HMD)の構成を示している。図1は、HMDを上方から見た図である。

【0013】

図1において、1(第1の画像形成素子)は左眼EL用の画像形成素子である液晶表示素子(以下、LCDと記す)である。2は左眼EL用の偏心反射曲面群であり、SL1, SL2, SL3, SL4の4つのミラーにより構成されている。3はLCD1からの光束を集光するためのレンズである。これら偏心反射曲面群2およびレンズ3は、本実施例の左眼光学系を形成している。

【0014】

1'(第2の画像形成素子)は右眼ER用の画像形成素子であるLCDである。2'は右眼ER用の偏心反射曲面群であり、SR1, SR2, SR3, SR4の4つのミラーにより構成されている。3'はLCD1'からの光束を集光するためのレンズである。これら偏心反射曲面群2'およびレンズ3'は、本実施例の右眼光学系を形成している。

【0015】

SC L, SC Rはそれぞれ、左眼光学系および右眼光学系により形成される射出瞳の中心位置である。

【0016】

Cは左眼光学系の射出瞳中心SC Lと右眼光学系の射出瞳中心SC Rとを結ぶ線分の中心を通り、該線分に垂直な平面である。本実施例の光学系およびLCD1, 1'の画像表示面は該平面Cを対称面とした面对称な構成を有する。

【0017】

また、本実施例では、左眼光学系のミラー(反射面)SL2と右眼光学系のミラー(反射面)SR4とが同一面として形成されており、左眼光学系のミラー(反射面)SL4と右眼光学系のミラー(反射面)SR2とが同一面として形成されている。

【0018】

なお、本実施例のHMDは、LCD1, 1'を駆動する駆動回路100を含む。駆動回路100には、パーソナルコンピュータ、DVDプレーヤ、テレビチューナ等の画像情報供給装置110が接続されており、画像表示システムが構成される。駆動回路100は入力された画像情報に応じた原画をLCD1, 1'に表示させる。このことは、以下の実施例でも同じである。

【0019】

本実施例での光路について、まず左眼光学系から説明する。平面Cに対して左眼側(第1の領域)に配置されたLCD1からの光束は、レンズ3により集光され、4つのミラーSL1, SL2, SL3, SL4によって囲まれた空間に入射する。該空間に導かれた光束は、平面Cよりも左眼側に配置されたミラー(第1の反射面)SL4によって反射され、平面Cよりも右眼側(他方の側)にあるミラー(第2の反射面)SL3に向かう。ミラーSL3で反射された光束は、平面Cよりも右眼側にあるミラー(第4の反射面)SL2によって反射された後、平面Cよりも左眼側にあるミラー(第3の反射面)SL1に向かう。ミラーSL1で反射された光束は、射出瞳を形成し、該射出瞳の位置又はその近傍である観察領域(第1の観察領域)に置かれた観察者の左眼ELに導かれる。これにより、観察者の左眼ELには、左眼用のLCD1に表示された原画の拡大像が提示される。

【0020】

一方、右眼光学系においては、平面Cに対して右眼側(一方の側)にあるLCD1'からの光束は、レンズ3'により集光されて4つのミラーSR1, SR2, SR3, SR4

10

20

30

40

50

によって囲まれた空間に入射する。

【 0 0 2 1 】

該空間に導かれた光束は、平面 C よりも右眼側に配置されたミラー（第 1 の反射面）S R 4 によって反射され、平面 C よりも左眼側（第 2 の領域）にあるミラー（第 2 の反射面）S R 3 に向かう。ミラー S R 3 で反射された光束は、平面 C よりも左眼側にあるミラー S R 2 によって反射された後、平面 C よりも右眼側にあるミラー（第 3 の反射面）S R 1 に向かう。ミラー S R 1 で反射された光束は、射出瞳を形成し、該射出瞳の位置又はその近傍である観察領域（第 2 の観察領域）に置かれた観察者の右眼 E R に導かれる。これにより、観察者の左眼 E R には、右眼用の L C D 1 ' に表示された原画の拡大像が提示される。

10

【 0 0 2 2 】

このように、左眼光学系と右眼光学系は平面 C に対して対称形状を有しており、左眼用の光路と右眼用の光路も平面 C に対して対称となっている。このため、以下では、左眼光学系のみについて詳細に説明する。

【 0 0 2 3 】

図 2 には、L C D 1 の表示面の中心から射出して射出瞳中心 S C L に至る光線である中心画角主光線を示している。ここでは、図 2 において、図の紙面と平面 C とが交わって形成される直線を z 軸とする。z 軸において、左右の眼 E L , E R に中心画角主光線が入射する方向とは略逆側の方向を正の向きとする。また、光学系の左右の射出瞳の中心を結んだ直線を y 軸とする。y 軸において、右眼側の射出瞳から左眼側の射出瞳へ向かう方向を正の向きとする。さらに、y 軸および z 軸に対して直交する直線を x 軸とする。x 軸において、右手系を構成するように紙面奥向き方向を正の方向とする。y 軸と平面 C との交点を原点 ( 0 , 0 , 0 ) とする。

20

【 0 0 2 4 】

まず、z 軸方向について光路を説明する。なお、以下の説明において、ミラーを「面（もしくは反射面、光学面）」という。L C D 1 から射出した光束は、面 S L 4 を介して z + 側に進行し、面 S L 3 に導かれ、面 S L 3 で反射されて z - 側に進行する。さらに、面 S L 2 で反射されて z + 側に進行し、面 S L 1 によって反射されて z - 側に進行して左眼 E L に導かれる。このように光路をジグザグに折り畳むことによって、光学系を z 軸方向において薄く構成することができる。

30

【 0 0 2 5 】

次に、y 軸方向について光路を説明する。平面 C に対して左眼側、すなわち y + 側の L C D 1 から射出した光束は、面 S L 4 を介して右眼側、すなわち y - 側の面 S L 3 に導かれ、y - 側の面 S L 2 を介して y + 側に戻される。そして、y + 側の面 S L 1 によって y + 側の左眼 E L に導かれる。

【 0 0 2 6 】

本実施例では、L C D 1 を左眼光学系の射出瞳中心 ( 0 , y s c , 0 ) よりも y + 側の位置に配置している。すなわち、平面 C から L C D 1 までの距離が、該平面 C から射出瞳中心までの距離よりも長い。また、右眼光学系の射出瞳中心 ( 0 , - y s c , 0 ) よりも y - 側の位置に、y - 側に進行する光束を y + 側に進行するように戻す役目を果たす面 S L 3 を配置している。これらによって、従来の光学系に対して非常に長い光路長を確保することができる。また、これにより、L C D 1 に表示された原画を左眼 E L に拡大虚像として提示するのに必要な光学面のパワーを弱めることができるため、光学性能を高め易い。特に、本発明のような左右の眼を結ぶ方向に光路を展開する構成では、眼間距離  $2 * y s c$  よりも長い光路長は困難であり、上述したように観察者の顔の前方の光学系内に眼間距離  $2 * y s c$  よりも長い光路長を確保して、光学性能を高め易くしている。

40

【 0 0 2 7 】

さらに、y - 側に進行する光束を y + 側に戻す面 S L 3 を、y - 側の位置であって、光路を z 軸方向にジグザグに折り畳む位置に配置したことによって、長い光路長を有する光学系でありながらも、視軸方向（z 軸方向）に薄く小型の光学系とすることができる。し

50

たがって、光学系が小型であっても、光路長を非常に長くすることができる。

【0028】

このような光学系の構成を採る場合は、LCD 1 に表示した原画の中間実像を光学系内の光路中に形成することが容易である。中間実像を形成する場合は、光学系を構成する各面のパワーと光路の引き回しとの関係を適宜定めることができ、光学面の配置自由度が高まる。したがって、原画のサイズに対して観察者が観察する画像の画角を広げやすくなり、臨場感の高い迫力ある映像を観察者に提示できる。

【0029】

次に、図3を用いて、本実施例における中間像について説明する。ここでは、LCD 1 の表示面（原画）の中心から射出して有効な射出瞳の両端に至る図3の断面上の2つの光線の交点を、中間結像位置とする。本実施例においては、偏心反射曲面である面SL1と面SL2との間に中間像が形成されることが好ましい。これは、面SL2の有効サイズを小さく抑えやすいためである。但し、このことは、本発明において、中間結像位置を面SL1と面SL2との間に限定する意味ではなく、面SL2と面SL3との間に中間像が形成されてもよい。言い換えれば、実質的に面SL1と面SL3との間に中間結像位置があればよい。

【0030】

なお、光学系のサイズをできるだけ小さく抑えるためには、中間瞳結像位置も重要である。ここでは、図1の断面上で表示面の端を発して射出瞳中心に至る光線が光路の途中で交差する点を中間瞳結像位置とする。図1では、折り返し反射面である面SL3から面SL2に到る光路中にある。特に、面SL2よりも面SL3に近い位置であると、折り返し反射面SL3の有効径を小型化できるため、よりよい。本発明は、中間瞳結像の位置を限定するものではないが、光学系を小型に構成する上で、折り返し反射面SL3の前後で中間瞳結像が成されるようにすることが好ましい。

【0031】

本実施例の光学系においては、中心画角主光線と各反射面との偏心方向が一方向のみであり、中心画角主光線を含む面（図1～3の紙面）に対して各反射面が面対称な形状となっていることが好ましい。これにより、左眼光学系の各面を構成する部品と右眼光学系の各面を構成する部品として同じ部品を用いることができる。

【0032】

また、光学系を構成する各面の形状は、図2のyz断面に対してのみ対称な非回転対称形状であることが望ましい。面SL1～SL4の偏心反射曲面群により発生する非回転対称な収差を補正することが可能になり、高画質の画像を提示することが可能になるからである。

【0033】

本実施例の構成において、面SL1は面SL3に対して偏心の度合いが高く、また、パワーもより強いいため、面SL1で発生する非回転対称収差が大きい。このため、特に面SL1を非回転対称形状にして、非回転対称収差の発生を抑制することが望ましい。非回転対称面を増やせば、光学性能は高めやすくなるが、必ずしも全ての面を非回転対称面にする必要はない。

【0034】

面SL2および面SL4を有する部品と、面SL1および面SR1を有する部品とは、別部品でも一体の部品でもよい。また、面SR3, SL1, SR1, SL3を1つの部品に形成してもよい。このように、複数の反射面を1つの部品に形成することによって、部品点数や組立工程数を減少させることができる。

【0035】

また、この際、左右の光学系の対称性から考えて、面SL2と面SL4とは自ずと同一部品に形成されることになる。面SL2と面SL4は、それぞれの光学有効面で考えた場合には回転対称性を持たなくとも、z軸に対して回転対称な非球面形状としてもよい。ま

10

20

30

40

50

た、面 S L 2 と面 S L 4 を球面としてもよい。このような回転対称性を有する部品を使えば、非対称収差の補正効果は薄れるが、コストの低減効果が得られる。

【 0 0 3 6 】

本実施例では、レンズ 3 を単レンズとしたが、複数のレンズや、レンズとミラーとの組み合わせ等で構成してもよい。複数の凸レンズで構成した場合は、各面のパワーを弱められ、各面で発生する収差を抑えることができ、しかも複数のレンズに凹レンズを使って色消しを行うなど、光学性能を向上させることができる。

【 0 0 3 7 】

偏心反射曲面群（複数の偏心反射面）には凹面ミラー（凹面反射面）が含まれるが、さらに少なくとも 1 つの凸面ミラー（凸面反射面）を含む構成とすることが好ましい。本実施例では、偏心反射曲面群に凹面ミラー S L 1 , S L 3 と凸面ミラー S L 2 , S L 4 とを含ませて、偏心反射曲面群で発生するペッツパール和を抑え、さらにこれをレンズ 3 で打ち消す構成としている。これにより、像面湾曲の少ない画像の提示が可能である。

【 0 0 3 8 】

以上、図 2 および図 3 を用いて説明した事項は、右眼光学系についても同様である。

【実施例 2】

【 0 0 3 9 】

図 4 には、本発明の実施例 2 である画像表示装置としてのヘッドマウントディスプレイ（HMD）の構成を示している。図 4 は、HMD を上方から見た図である。なお、図 4 において、実施例 1 と同様の構成部分については、実施例 1 と同じ符号を付して説明に代える。

【 0 0 4 0 】

本実施例は、面 S L 1 , S L 2 , S L 3 , S L 4 の 4 つの偏心反射曲面が、プリズム 2 1 , 2 2 上に形成され、面 S R 1 , S R 2 , S R 3 , S R 4 の 4 つの偏心反射曲面がプリズム 2 1 , 2 2 ' 上に形成されている点で実施例 1 と異なる。また、面 S L 1 , S L 3 および面 S R 1 , S R 3 をそれぞれ、反射と透過の兼用面としている点でも実施例 1 と異なる。

【 0 0 4 1 】

さらに、本実施例では、左眼光学系と右眼光学系とでプリズム 2 1 を共有し、該プリズム 2 1 上に面 S L 1 , S R 1 , S L 2 , S R 2 , S L 3 , S R 3 が形成されている。また、面 S L 3 は、プリズム 2 1 とプリズム 2 2 との接合面であり、面 S R 3 は、プリズム 2 1 とプリズム 2 2 ' との接合面となっている。

【 0 0 4 2 】

本実施例においても、実施例 1 と同様に、左眼光学系と右眼光学系とが平面 C に対して共通（対称）であるので、以下、光路および光学作用について左眼光学系にて説明する。

【 0 0 4 3 】

平面 C に対して左眼側にある L C D 1 を射出した光束は、レンズ 3 により集光されてプリズム 2 2 に導かれる。透過面 S L 5 からプリズム 2 2 内に入射した光は、面 S L 1 , S L 2 , S L 3 , S L 4 の 4 つの偏心反射曲面群によって囲まれた領域に入射する。該領域に導かれた光束は、平面 C よりも左眼側にある面 S L 4 によって反射されてハーフミラーである接合面 S L 3 からプリズム 2 1 内に入射する。

【 0 0 4 4 】

プリズム 2 1 に入射した光束は、プリズム 2 1 の媒質の屈折率を  $n$  とするとき、平面 C よりも左眼側にある面（第 1 の反射面）S L 1 に、臨界角である  $\arcsin(1/n)$  以上の入射角で入射する。これにより、光束は、面 S L 1 において内部全反射され、平面 C よりも右眼側にある面（第 2 の反射面）S L 2 に向かう。面 S L 2 で反射されて平面 C よりも左眼側に戻された光束は、面 S L 1 に  $\arcsin(1/n)$  以上の入射角で入射することで再度内部全反射され、面（第 3 の反射面）S L 3 に向かう。ハーフミラー面 S L 3 で反射された光束は、面 S L 1 に  $\arcsin(1/n)$  より小さい入射角で入射してプリズム 2 1 から射出した後、観察者の左眼 E L に導かれる。

## 【0045】

図5に示すように、LCD1上の異なる箇所から射出した複数の主光線は、SCLを中心として左眼光学系の射出瞳を形成する。これにより、該射出瞳の位置又はその近傍である観察領域に置かれた観察者の左眼ELに、左眼用のLCD1に表示された原画の拡大像が提示される。

## 【0046】

図4においては、実施例1(図2)と同様に $x$ 、 $y$ 、 $z$ 軸を定義する。まず、 $z$ 軸方向について光路を説明する。LCD1から射出して $z$ ＋方向に進行する光束は、面SL5を透過し、面SL4で反射されて $z$ －方向に進行する。 $z$ －側に進行した光束は、面SL3を透過して $z$ －側に進行し、面SL1で反射されて $z$ ＋方向に進行し、面SL2に導かれる。面SL2では、 $z$ －方向に再度進路を変えられ、再度面SL1に導かれる。光束は面SL1で反射されることにより再び $z$ ＋方向に進行し、面SL3で反射されて $z$ －側に進行し、眼ELに導かれる。このように光路をジグザグに折り畳むことによって、光学系を $z$ 軸方向に薄くすることができる。

## 【0047】

次に、 $y$ 軸方向について光路を説明する。平面Cに対して左眼側、すなわち $y$ ＋側のLCD1から射出して $y$ －方向に進行した光束は、面SL4での反射、面SL3での透過および面SL1での反射において $y$ －方向に進行方向を保ったまま、平面Cよりも右眼側、すなわち $y$ －側の面SL2に導かれる。そして、面SL2で反射されることによって、 $y$ ＋方向に進行方向を変えられ、平面Cよりも左眼側である $y$ ＋側に戻される。 $y$ ＋方向に進行した光束は、 $y$ ＋側の面SL1によって進行方向を $y$ ＋に保ったまま反射され、面SL3によって反射されて進行方向の $y$ 成分が略0の状態にされて $y$ ＋側の眼ELに導かれる。

## 【0048】

本実施例においても、LCD1を左眼光学系の射出瞳中心(0,  $syc$ , 0)よりも $y$ ＋側の位置に配置している。すなわち、平面CからLCD1までの距離が、該平面Cから射出瞳中心までの距離よりも長い。これにより、長い光路長を光学系中に収められる。さらに、これによってLCD1に表示された原画を観察者の左眼ELに拡大虚像として提示するのに必要な光学面のパワーを弱めることができるため、光学性能を高め易い。

## 【0049】

また、 $y$ －側に進行する光束を $y$ ＋側に戻す役目を果たす反射面SL2を、 $y$ －側の位置であって、光路を $z$ 軸方向にジグザグに折り畳む(光束が $z$ ＋方向と $z$ －方向とに交互に進行する)位置に配置している。これにより、視軸方向( $z$ 軸方向)に薄い小型の光学系とすることができる。

## 【0050】

このような光学系の構成を採る場合は、LCD1に表示した原画の中間実像を光学系内の光路中に形成することが容易である。中間実像を形成する場合は、光学系を構成する各面のパワーと光路の引き回しとの関係を適宜定めることができ、光学面の配置自由度が高まる。このため、原画のサイズに対して観察者の観察する画像の画角を広げやすくなり、光学系のサイズに比べて臨場感の高い迫力ある拡大映像を観察者に提示できる。

## 【0051】

なお、本実施例では、面SL1で反射した光線を、再度、面SL1に向けて反射する面SL2を有し、面SL1に再度入射した中心画角主光線はそのヒットポイント上での面の法線に対し、前回とは反対側に反射して進む。これにより、面SL1と面SL2との間で光線を往復させて光路をほぼ重複させ、小型の光学系でありながらも光路長を長く確保できるようにしている。このため、小型のLCD1を用いつつ広画角表示を行うことができる。折り返し反射面としての面SL2での反射において、中心画角主光線のうち入射光線と反射光線の成す角度は40度より小さいことが望ましい。より好ましくは、20度より小さいことが好ましい。

## 【0052】

図 6 を用いて、本実施例における中間像について説明する。本実施例においては、偏心反射曲面  $S L 1$  と  $S L 2$  との間に中間像が形成される。ここでも、実施例 1 と同様に、 $L C D 1$  の表示面（原画）の中心から射出して有効な射出瞳の両端に至る図の断面上の 2 つの光線の交点を中間結像位置とする。本実施例においては、 $S L 2$  から偏心反射曲面  $S L 1$  に向かう光路中に中間像が形成される。これは、面  $S L 2$  の有効サイズを小さく抑えやすいためである。但し、このことは、本発明において、中間結像位置を面  $S L 1$  と面  $S L 2$  との間に限定する意味ではない。さらに、中間瞳結像位置は面  $S L 4$  から面  $S L 1$  に向かう光路中にあることが好ましいが、本発明がこれに限定されるものではない。折り返し反射面  $S L 2$  のサイズを小型化するためには、面  $S L 2$  よりも前の光路に中間瞳結像がなされ、面  $S L 2$  よりも後の光路に中間結像がなされるように構成し、瞳光束と物体光束とのバランスをとることが好ましい。

10

#### 【0053】

本実施例の光学系では、中心画角主光線と各反射面との偏心方向が一方向のみにであり、中心画角主光線を含む面（図 4～6 の紙面）に対して各光学面が面対称な形状となっていることが好ましい。これにより、プリズム 22, 22' として同じ部品を用いることができる。

#### 【0054】

また、光学系を構成する光学面の形状は、図 4 の  $y z$  断面に対してのみ対称な非回転対称形状であることが望ましい。これにより、面  $S L 1 \sim S L 4$  からなる偏心反射曲面群により発生する非回転対称な収差を補正することが可能になり、高画質の画像を提示することが可能になる。

20

#### 【0055】

プリズム 21 は、面  $S L 1 \sim S L 3$  を有する一体成形部品として製作してもよいし、複数のブロックを接合して 1 部品としたものを用いてもよい。また、左右の光学系の対称性から考えて、面  $S L 2$ ,  $S R 2$  および面  $S L 1$ ,  $S R 1$  は、それぞれの光学有効面で考えた場合に回転対称性を持たなくとも、 $z$  軸に対して回転対称な非球面形状としてもよい。また、これらの面を、 $z$  軸を法線とする球面としてもよい。このような回転対称性を有する部品を用いることにより、非対称収差の補正効果は薄れるが、コスト低減効果が得られる。他の面に関しても同様である。

#### 【0056】

但し、本実施例の構成において、面  $S L 3$  は偏心の度合いが高く、また強いパワーを有するため、面  $S L 3$  にて発生する非回転対称収差が大きい。このため、特に面  $S L 1$  は非回転対称形状にして、非回転対称収差の発生を抑制することが望ましい。非回転対称面を増やせば、光学性能を高めやすくなる。

30

#### 【0057】

また、本実施例では、プリズム 21 とプリズム 22, 22' とを接合して一体化した場合について説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、これらを別体としてもよい。別体化すると、光学面が 1 つ増えるため、収差補正上有利となる。一方、本実施例のようにプリズム 21 とプリズム 22, 22' とを一体化すれば、最終組立工程においてプリズム同士の位置合わせが不要となる等、組立工程数を削減することができる。

40

#### 【0058】

また、本実施例では、面  $S L 1$  での 2 回の反射を、光束を臨界角以上の入射角度で入射させることによる内部全反射とした場合について説明したが、本発明はこれに限定されるものでない。例えば、ハーフミラーを用いて、反射面と透過面とを兼用してもよい。内部全反射を用いれば、光量損失が極めて少なくなり、明るい光学系を構成し易い。

#### 【0059】

また、本実施例では、レンズ 3 を単レンズとしたが、凹面ミラーや、複数のレンズや、レンズとミラーとの組み合わせ等で構成してもよい。複数の凸レンズで構成した場合は、各面のパワーを弱めることができ、各面で発生する収差を抑えることができる。また、複数のレンズに凹レンズを用いて色消しを行うなど、光学性能を向上させることもできる。

50

## 【 0 0 6 0 】

また、本実施例中の屈折面 S L 5 と反射面 S L 4 のパワーを強めることで、レンズ 3 を省いてもよい。

## 【 0 0 6 1 】

偏心反射曲面群には凹面ミラーが含まれるが、さらに少なくとも 1 つの凸面ミラーを含む構成とすることが好ましい。本実施例では、偏心反射曲面群に凹面ミラー S L 2 , S L 3 , S L 4 と凸面ミラー S L 1 とを含ませて、偏心反射曲面群で発生するペッツパール和を抑え、さらにこれをレンズ 3 で打ち消す構成としている。これにより、像面湾曲の少ない画像の提示が可能である。

## 【 0 0 6 2 】

以上、図 4 から図 6 を用いて説明した事項は、右眼光学系についても同様である。

## 【図面の簡単な説明】

## 【 0 0 6 3 】

【図 1】本発明の実施例 1 である H M D の光学系の構成を示す平面断面図。

【図 2】実施例 1 の中心画角主光線の光路を説明する平面断面図。

【図 3】実施例 1 の中間結像位置を説明する平面断面図。

【図 4】本発明の実施例 2 である H M D の光学系の構成を示す平面断面図。

【図 5】実施例 2 の中心画角主光線の光路を説明する平面断面図。

【図 6】実施例 2 の中間結像位置を説明する平面断面図。

【図 7】前方から H M D 装着者を見た場合の印象を説明するための図。

## 【符号の説明】

## 【 0 0 6 4 】

1 , 1 '    L C D

2 , 2 '    偏心反射曲面群

3 , 3 '    レンズ

E L    左眼

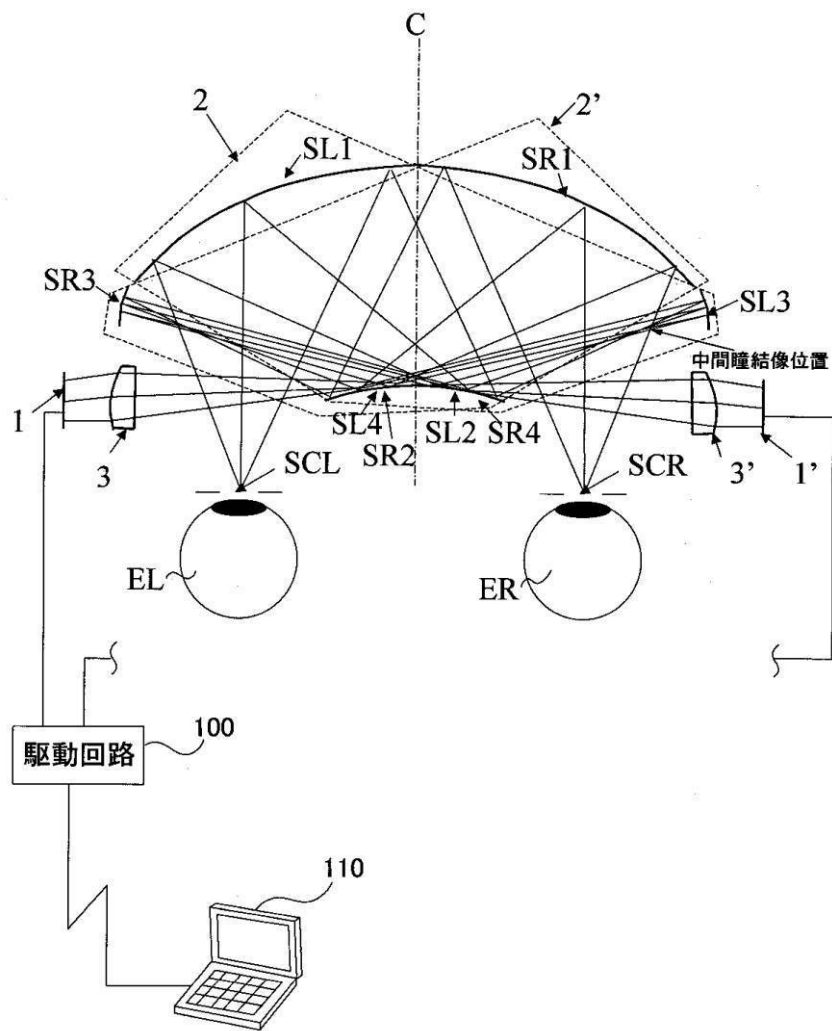
E R    右眼

S C L , S C R    射出瞳 ( の中心 )

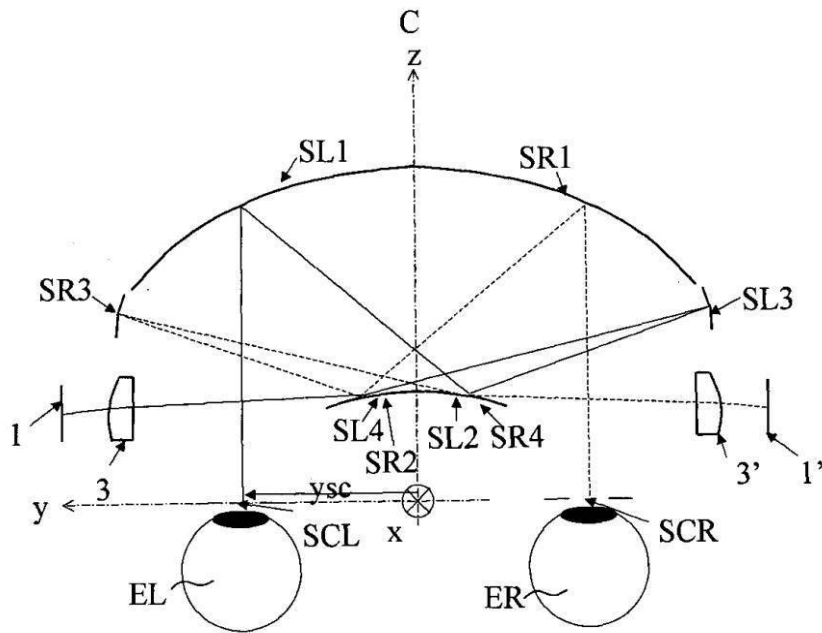
10

20

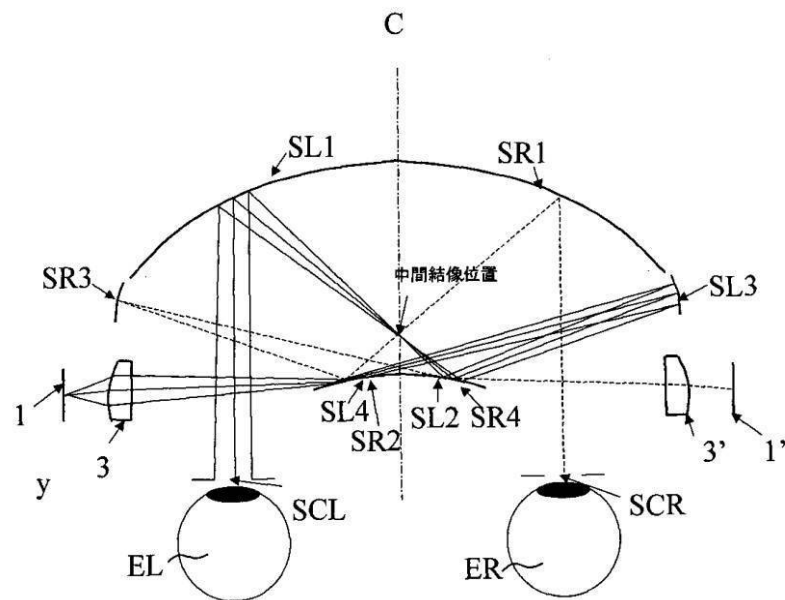
【図 1】



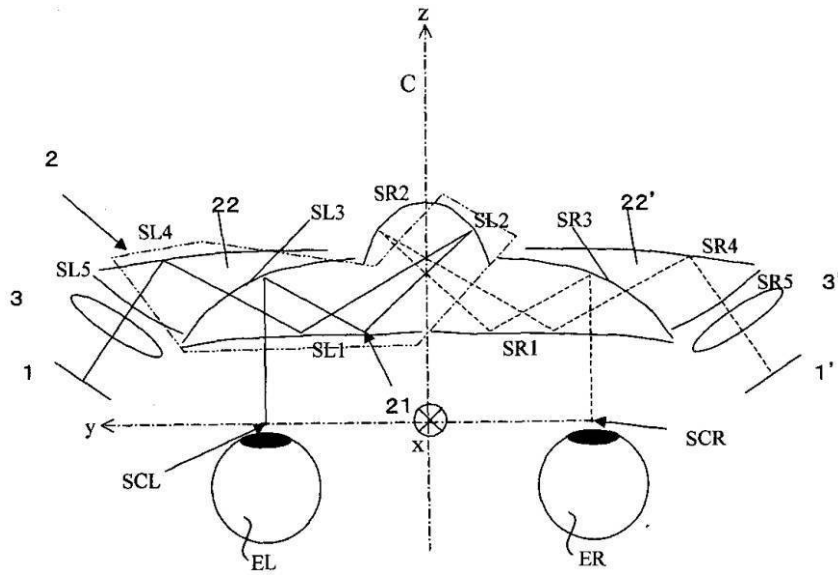
【図2】



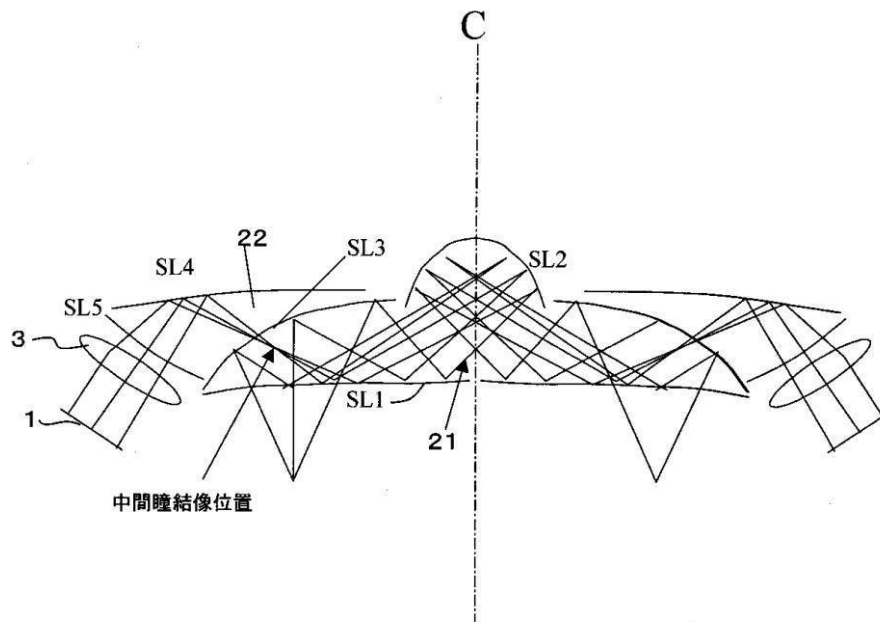
【図3】



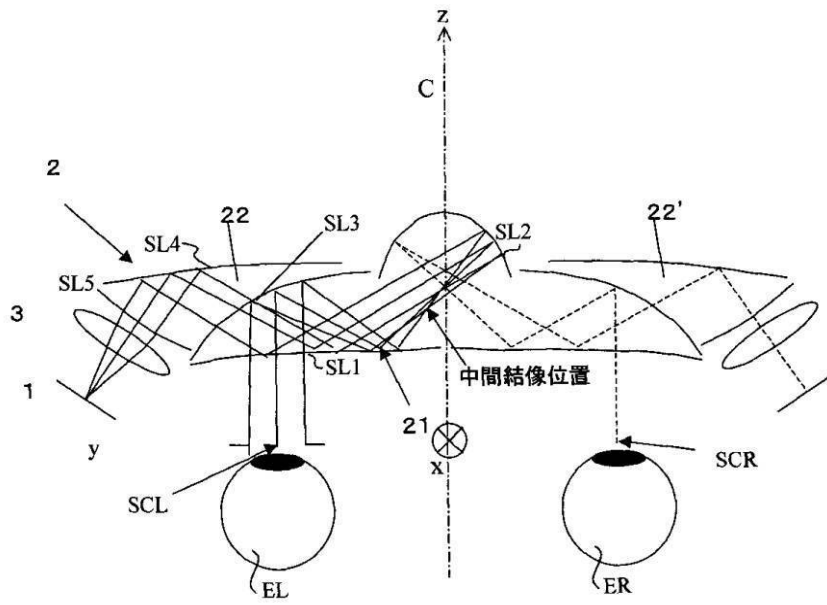
【図4】



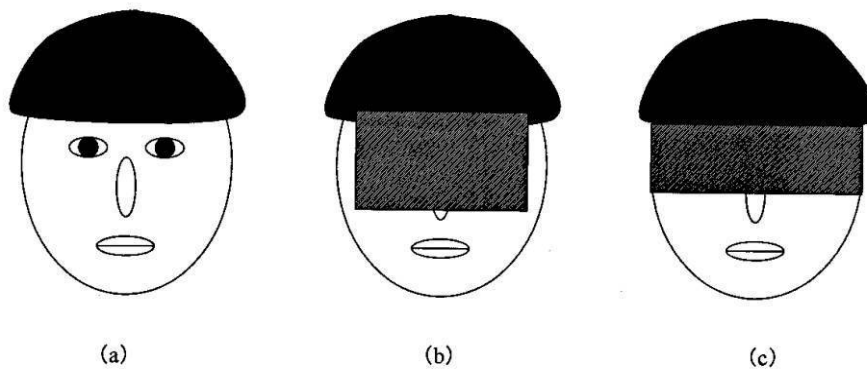
【図5】



【図 6】



【図 7】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2004-341324(JP,A)  
特開平08-262366(JP,A)  
特開2004-258332(JP,A)  
特開2001-311903(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
G02B 27/02  
H04N 13/04  
JSTPlus/JST7580(JDreamII)