

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2018年11月29日(29.11.2018)



(10) 国際公開番号

WO 2018/216176 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 27/02 (2006.01) *H04N 9/31* (2006.01)
H04N 5/64 (2006.01) *H04N 13/04* (2006.01)
H04N 5/74 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/019590
- (22) 国際出願日: 2017年5月25日(25.05.2017)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 株式会社島津製作所 (SHIMADZU CORPORATION) [JP/JP]; 〒6048511 京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地 Kyoto (JP).
- (72) 発明者: 田中 真人 (TANAKA, Masato); 〒6048511 京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地 株式会社島津製作所内 Kyoto (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人京都国際特許事務所 (KYOTO INTERNATIONAL PATENT LAW OFFICE); 〒6008091 京都府京都市下京区東

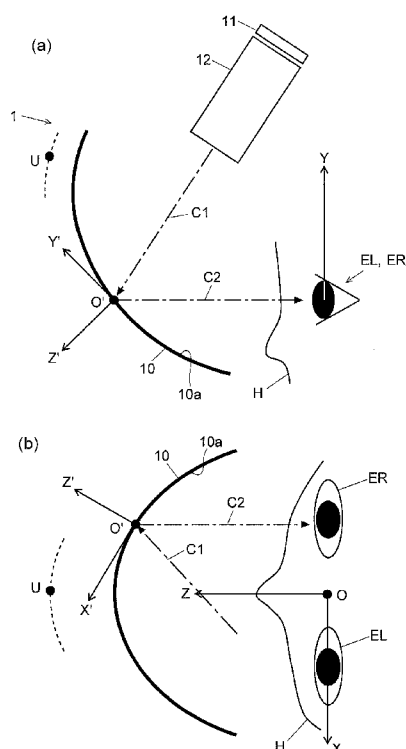
洞院通四条下ル元悪王子町37番地 豊元四条烏丸ビル Kyoto (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT,

(54) Title: HEAD-MOUNTED DISPLAY DEVICE

(54) 発明の名称: 頭部装着型表示装置



(57) Abstract: The purpose of the present invention is to provide a head-mounted display (HMD) for an aircraft that allows a user to view a wide-field display image with reduced astigmatism. The reflective surface (10a) of a visor (10) whereon a projection optical system (12) projects display light is formed aspherically and not spherically with a smaller curvature in a vertical direction than in a horizontal direction. The difference in curvature eliminates the difference in optical power due to the difference in incidence angle on the reflective surface (10a) and so forth, to thereby reduce the astigmatism. The HMD is structured to form an intermediary image in any of a vertical direction and a horizontal direction inside the projection optical system (12) or along an optical path from the projection optical system (12) to the reflective surface (10a), thereby increasing the flexibility in arranging an optical element while reducing the size and weight of the HMD.

LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS,
SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

- 一 国際調査報告（条約第21条(3)）

(57) 要約：航空機用のHMDにおいて、非点収差を軽減して広い視野の表示画像を観察可能とすることを目的とする。投射光学系（12）から表示光を投影するバイザ（10）の反射面（10a）の形状を球面形状ではなく、水平方向に比べて垂直方向に曲率が小さな非球面形状とする。この曲率の差によって、反射面（10a）への入射角度の相違等に起因する光学的パワーの差をなくし、非点収差を軽減する。また、投射光学系（12）の内部又は投射光学系（12）から反射面（10a）に至る表示光の光路の途中で、垂直方向及び水平方向のいずれにおいても中間像を形成するようにし、それによって光学素子の配置の自由度を高めるとともに、小形化・軽量化を図る。

明 細 書

発明の名称： 頭部装着型表示装置

技術分野

[0001] 本発明は、画像情報などを虚像として使用者の眼前に表示する表示装置に関し、さらに詳しくは、使用者が頭部に装着して使用する頭部装着型の表示装置に関する。

背景技術

[0002] 近年、ヘリコプタや飛行機などの航空機を操縦する際に、ヘルメットマウントディスプレイ（Helmet Mounted Display：以下「HMD」と称す）と呼ばれる表示装置が使用されるようになってきている。HMDは、ブラウン管（CRT）や液晶ディスプレイ（LCD）などの表示素子に表示された画像を、操縦者が頭部に着用するヘルメットに設けられたバイザ（シールド）に投影して操縦者側に反射させることにより、操縦者の眼前に虚像による表示画像を形成するものである。

[0003] 航空機（主として軍用機）用のヘルメットでは一般的な二輪車用ヘルメットとは異なり、通常、バイザは球面形状である。これは、寸法精度の高いつまりは歪み等ができるだけ小さいバイザを作製する場合に球面形状とするのが最も加工が容易であること、球面形状とすると加速度による大きな外力に対して高い強度を確保し易いこと、などの理由によるものと推測される。そのため、航空機用のHMDでは、球面形状であるバイザにおいて表示光を反射させるように光学系が構成されている。

[0004] 図8は従来のHMDにおけるバイザを含む光学系の概略構成図であり、（a）は概略縦断面図、（b）は概略横断面図である。

断面が円形の一部を切り取った形状である球形状のバイザ100は、使用者Hの頭部を被う一方、使用者Hの顔面前方が開放された形状である図示しないヘルメットに上下にスライド可能な状態で取り付けられている。バイザ100は使用者Hに向いた内面が反射面100aであり、該反射面100a

には、表示光の一部を反射するとともに、外界から到来する光の一部を透過する被覆層が形成されている。

[0005] 表示画像を形成する画像表示部101から出射された表示光は、投射光学系102により、バイザ100の反射面100aの所定領域に投影される。そして、その反射光が使用者Hの眼EL、ERに到達する。また、バイザ100を通過した外界からの光の一部も使用者Hの眼EL、ERに到達する。これにより、使用者Hの眼前には外界の光景に重畳して表示画像による虚像が形成される（特許文献1など参照）。

[0006] 特許文献1に記載されているように、通常、投射光学系102は画像表示部110から出射した表示光をコリメートしてバイザ100の反射面に投影する。図8ではその表示光の光束の光軸を一点鎖線で示している。

[0007] こうしたHMDでは、図8(a)に示しているように、断面部分円形状であるバイザ100の反射面100aは使用者Hの視線前方に水平に延伸する軸（Z軸）に対し、バイザ100の上部側が外界側に傾斜した状態に配置されている。こうした配置では、非点収差の発生が避けられず、光軸から外れた位置を通過する表示光ほど、つまりは表示画像の中心から離れるほど、収差の影響が大きくなって画像がぼけてしまう。特に表示画像の視野を広げようとするとき収差は増大するため、こうした従来の構成によるHMDでは、表示画像の視野を広げることが難しいという問題があった。

[0008] 一方、特許文献2には、二輪車用ヘルメットのシールドの内面（反射面）に表示画像を投影して虚像表示を行うHMDが開示されている。この場合、シールドの形状を従来の市販品である二輪車用ヘルメットと同じ形状（垂直方向の曲率が水平方向の曲率に比べて極端に小さい、つまりは曲がり具合がゆるやかである非球面形状）にしなければならないという制約がある。そのため、表示光をシールドに照射する光学系の構成を工夫することで虚像表示を可能としている。しかしながら、こうした構成のHMDでも、視野の拡大は難しく、また、小形軽量化にも不利である。

先行技術文献

特許文献

[0009] 特許文献1：特開 2 0 1 5 - 1 5 4 4 2 0 号公報

特許文献2：特開 2 0 1 0 - 1 9 8 7 4 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0010] 一般に航空機用のHMDでは、使用者が操縦を行う上できわめて重要である情報を表示することが多いため、広い視野の表示画像について高い視認性が求められる。上述した従来のHMDではこうした要求に応えることは困難である。

[0011] 本発明はこうした課題を解決するために成されたものであり、その主たる目的は、使用者の眼前に配置されるバイザに表示画像を投影する頭部装着型表示装置において、非点収差を低減して表示画像の視野を広げることが可能であるとともに高い視認性を実現することができる表示装置を提供することである。

課題を解決するための手段

[0012] 上記課題を解決するために成された本発明は、使用者が頭部に装着するヘルメットと、該ヘルメットに取り付けられ、使用者の眼前に配置される外方に膨出した曲面状のバイザと、表示画像を形成する表示部と、該表示部による表示画像を情報として含む表示光を前記バイザの反射作用面に投影する投射光学系と、を具備し、前記バイザを通して視認される外界の光景に前記表示画像による虚像を形成する頭部装着型表示装置であって、

水平前方を向いた使用者の左右両眼の間の中央の位置を原点O、使用者から見て原点Oから前方に向かう軸をZ軸、Z軸に対し直交し使用者から見て上方向に向かう軸をY軸、Z軸及びY軸に共に直交する軸をX軸として定義するとともに、前記バイザの反射作用面への入射光線の光軸と該反射作用面との交点をO'、該反射作用面における前記交点O'での法線をZ'軸、該Z'軸に直交し、且つ、前記入射光線の光軸と該入射光線に対し前記反射作

用面で反射して使用者の眼に向かって進行する出射光線の光軸とが含まれる平面を Z' 軸とでなす軸を Y' 軸、 Y' 軸及び Z' 軸に共に直交する軸を X' 軸、として定義したとき、

前記投射光学系の内部、又は該投射光学系と前記反射作用面との間の光路上において中間像が形成され、

前記バイザは、前記ヘルメットに対し X 軸に平行な軸を中心に回転可能であり、上方へスライドすることで使用者が前記ヘルメットを着脱することを可能とする一方、当該バイザの使用時には使用者の眼前でその反射作用面の上側が外方に倒れるように傾斜した状態に保持され、

該バイザの反射作用面の形状は、 $Y' - Z'$ 平面内の曲率が $X' - Z'$ 平面影面内の曲率よりも小さな非球面形状であることを特徴としている。

[0013] ここで、前記バイザの反射作用面の形状は、該反射作用面に対する表示光の入射角の相違による光学的パワーの差異に相当する分だけ $Y' - Z'$ 平面内の曲率が $X' - Z'$ 平面内の曲率よりも小さな非球面形状とするとよい。

[0014] 上述したように従来の航空機用HMDではバイザの反射作用面は球面状であるのに対し、本発明に係る頭部装着型表示装置では、バイザの反射作用面は $Y' - Z'$ 平面内の曲率が $X' - Z'$ 平面影面内の曲率よりも小さな非球面形状である。但し、特許文献2に開示されているHMDのようにバイザの形状を市販品のヘルメットと同じ形状にする必要があるといった制約はない。そのため、垂直方向の曲率を水平方向の曲率に比べて極端に小さくする必要はないので、反射作用面における垂直方向と水平方向との光学的パワーの差は小さい状態である。それによって、垂直方向と水平方向のいずれにおいても中間像を形成した状態で、表示光の入射角の相違による光学的パワーの比較的小さな差異を打ち消すように反射作用面における $Y' - Z'$ 平面内と $X' - Z'$ 平面内の曲率をそれぞれ調整することができる。その結果、表示光が使用者の眼に到達するまでの光路における垂直方向と水平方向との光学的パワーを概ね揃えることができ、反射作用面が球面状であった場合に生じていた非点収差を小さくすることができる。

[0015] また本発明に係る頭部装着型表示装置において、垂直方向と水平方向のいずれにおいても投射光学系の内部又は投射光学系と反射作用面との間の光路上で中間像を形成させる構成とすると、反射作用面に到達する前に一旦、絞られた光が反射作用面に当たって反射して使用者の眼に到達する。そのため、垂直方向、水平方向のいずれにおいても広い観察視野を実現することができる。また、投射光学系の内部又は投射光学系と反射作用面との間の光路上で表示光の光束が絞られるので、使用者が装着するヘルメットの内側での該使用者の頭部や顔面と光束との干渉を回避し易くなる。また、投射光学系を構成する光学部品の配置の自由度が大きくなることで、表示部や投射光学系の光学設計が容易になるという利点もある。

[0016] 本発明に係る頭部装着型表示装置において、バイザの反射作用面は非球面であれば様々な形状にすることができる。

本発明に係る頭部装着型表示装置の一実施態様として、前記バイザの反射作用面は自由曲面形状であり、使用者の両眼にそれぞれ対応した Y' 軸に対し面对称形状である構成とすることができる。

[0017] また本発明に係る頭部装着型表示装置の別の実施態様として、前記バイザの反射作用面は、 $Z-Y$ 平面上に位置する頂点に対し回転対称である非球面形状である構成としてもよい。

[0018] また本発明に係る頭部装着型表示装置のさらに別の実施態様として、前記バイザの反射作用面は、 $Y'-Z'$ 平面内と $X'-Z'$ 平面内とで曲率が互いに相違するトロイダル面形状である構成としてもよい。

[0019] また本発明に係る頭部装着型表示装置を特に航空機用のHMDとして使用する場合、表示画像の視認性のみならず、高い装着性、動き易さ、身体への負担の小ささなどの要素も考慮したものである必要がある。

[0020] そこで本発明に係る頭部装着型表示装置では例えば、交点 O' における前記反射作用面の傾斜角は 10° 以上であり、該反射作用面の $Y'-Z'$ 平面内と $X'-Z'$ 平面内とでの曲率半径は共に $50\sim500\text{mm}$ の範囲内であり、該バイザの厚さは $0.1\sim10\text{mm}$ の範囲内である構成とするといよい。

[0021] なお、上記構成において、前記バイザは、その内面又は外面に該バイザの基材と異なる材料による表面層が形成されている構成とするとよい。

これにより、バイザ自体の基材の種類や厚さに依らずに、適切な反射及び外光の透過を実現可能な反射作用面を形成することができる。

[0022] また、この構成では特に、反射作用面とは異なる面にバイザの基材と異なる材料による表面層を形成して、該面を反射を低減する面とするとよい。

これにより、バイザ自体の基材の種類や厚さに依らずに、反射を低減しゴースト像を抑制可能な反射低減面を形成することができる。

[0023] また、バイザが取り付けられるヘルメットは曲面形状である。また、バイザの正面には使用者の顔面が対向するため、投射光学系は使用者の頭部及び顔面を避けた斜め方向から表示光をバイザに照射する必要がある、これにより非対称なぼけが加わったぼけ画像が形成されてしまう。通常、このぼけ画像の光学的な補正が必要である。

[0024] そこで本発明に係る頭部装着型表示装置の一実施態様として、前記投射光学系は少なくとも1枚の反射鏡を含み、該反射鏡の反射作用面は非球面形状である構成とすることができる。また、この構成において前記反射鏡の反射作用面は凹面とすればよい。また上記構成において、前記反射鏡は裏面反射鏡であり、反射作用に加えて屈折作用も有するものとしてもよい。この場合、前記屈折作用を有する面は非球面形状とするとよい。

[0025] また本発明に係る頭部装着型表示装置の別の実施態様として、前記投射光学系は両面に屈折作用を有するレンズを少なくとも1枚含み、該レンズの少なくとも一面は非球面形状である構成とすることができる。

[0026] 投射光学系を上記のように構成することにより、表示画像の非対称なぼけを補正して、良好な虚像を使用者の眼前に表示することができる。

なお、この構成において、前記レンズは屈折率 n_d が1.58以上であるものとする。

このように屈折率が高いレンズを用いることにより、光学的パワーが増加し、レンズ枚数を少なくすることができ、重量、サイズ、コスト等を低減す

ることができる。

[0027] また本発明に係る頭部装着型表示装置の一実施態様として、前記表示部は二色以上の表示を行う構成とするとよい。

この構成によれば、例えば、一般的な情報の表示と緊急を要する情報の表示とを異なる色として、よりの確に情報を使用者に伝えることができる。

[0028] また本発明に係る頭部装着型表示装置において、前記表示部から出射される表示光の視野中心となる主光線は、該表示部の表示面に対し非直交方向の角度で出射するように該表示部及び前記投射光学系が配置されている構成とすることができる。

[0029] また本発明に係る頭部装着型表示装置において、前記表示部から出射される表示光の視野中心となる主光線は、該表示部の表示面の中心を外れた位置から出射するように該表示部及び前記投射光学系が配置されている構成としてもよい。

[0030] 即ち、こうした構成により、表示光の光路が使用者の頭部及び顔面を避けた非同軸光学系を実現することができる。

[0031] また本発明に係る頭部装着型表示装置において表示部は様々な構成とすることができる。

例えば本発明に係る頭部装着型表示装置の一実施態様として、前記表示部は、透過型の表示素子、及び、該表示素子に背面側から照明光を照射するバックライト照明部、を含む構成とすることができる。

[0032] また本発明に係る頭部装着型表示装置の別の実施態様として 前記表示部は、反射型の表示素子、照明光を出射する照明部、及び、前記照明光を前記表示素子の表示面側に照射するとともに該表示面で反射した光を案内する反射型光学系と、を含む構成とすることもできる。

[0033] また本発明に係る頭部装着型表示装置のさらに別の実施態様として 前記表示部は、有機ELディスプレイなどの自発光型の表示素子を含む構成としてもよい。この構成によれば、表示素子を照明する照明部が不要になるので、表示部の構成が簡素になり小形化や軽量化に有利である。

[0034] また本発明に係る頭部装着型表示装置のさらに別の実施態様として 前記表示部は、小型プロジェクタ及び小型スクリーンを含む構成としてもよい。

[0035] この場合、前記表示部は、透過型の表示素子、及び、該表示素子に背面側から照明光を照射するものであって少なくとも一部が小型プロジェクタであるバックライト照明部、を含むものとすることができる。

[0036] また本発明に係る頭部装着型表示装置では、前記表示部及び前記投射光学系は使用者の両眼に対応して左右一対設けられ、該左右の投射光学系を構成する光学素子の一部は両眼に共通に利用されている構成とすることができる。

[0037] この構成によれば、一部の光学素子を共用することで、使用する光学素子の数を減らしてコスト低減を図ることができる。

発明の効果

[0038] 本発明に係る頭部装着型表示装置によれば、バイザの反射作用面で生じる非点収差を低減し、視野の広い表示画像を観察可能とすることができる。また、虚像である表示画像と外界の光景とのいずれについても高い視認性を実現することができる。さらにまた、バイザへ表示画像を投影する投射光学系の配置等の自由度が増すので、装置の小形化及び軽量化を図ることができる。

図面の簡単な説明

[0039] [図1]本発明の一実施例であるHMDにおけるバイザを含む光学系の概略構成図であり、（a）は概略縦断面図、（b）は概略横断面図。

[図2]本実施例のHMDにおける表示部及び投射光学系の縦方向の詳細構成図。

[図3]本実施例のHMDにおける表示部及び投射光学系の横方向の詳細構成図。

[図4]本実施例のHMDにおける表示光の概略光路を示す斜視図。

[図5]本実施例のHMDにおける表示部の他の構成例を示す図。

[図6]本実施例のHMDにおける表示部の他の構成例を示す図。

[図7]本実施例のHMDにおける表示部の他の構成例を示す図。

[図8]従来のHMDにおけるバイザを含む光学系の概略構成図であり、（a）は概略縦断面図、（b）は概略横断面図。

発明を実施するための形態

[0040] 本発明に係る頭部装着型表示装置の一実施例であるHMDについて、添付図面を参照して説明する。

図1は本実施例のHMDのバイザを含む光学系の概略構成図であり、（a）は概略縦断面図、（b）は概略横断面図である。また、図2及び図3はそれぞれ図1（a）及び（b）において、光学系の構成をより詳細に示した図である。また、図4は表示光の概略光路を示す斜視図である。図4ではバイザ等の記載を省略している。

[0041] 本実施例のHMD 1は、典型的には、航空機を操縦する操縦者が頭部に装着して使用するものである。このHMD 1は、使用者Hの頭部を被う一方、その顔面前方が開放された形状である図示しないヘルメットに後述するX軸に平行な軸を中心に回転可能で上下にスライド可能な状態に取り付けられたバイザ10と、図示しない画像処理部から入力される画像データに基づいて表示画像を形成する画像表示部11と、表示画像を情報として含む表示光をバイザ10の所定領域に投影する投射光学系12と、を備える。図3に示すように、画像表示部11及び投射光学系12は使用者Hの一对の眼（左眼EL、右眼ER）に対応して左右一对で設けられている。右眼ER用の表示部及び投射光学系を符号11R及び12R、左眼EL用の表示部及び投射光学系を符号11L及び12Lで示す。

[0042] バイザ10は使用者H側の面に反射面10aが形成されており、該反射面10aは、表示光の一部を反射するとともに、外界から到来する光の一部を透過する被覆層である。この被膜層はバイザ10自体の基材とは異なる材料からなり、例えば、バイザ10の基材はポリカーボネイト、反射面10aを形成する被膜層はSiO、SiO₂、Al₂O₃、MgO、Ta₂O₅、TiO₂等の1種類又は複数種類の組合せからなる。また、バイザ10の厚さは基材の種

類によって相違するが、概ね0.1～10mmの範囲内である。

[0043] 画像表示部11L、11Rで形成された表示画像を含む表示光は投射光学系12L、12Rから出射してバイザ10の反射面10a上にそれぞれ投影され、その反射光が使用者Hの左眼EL及び右眼ERに到達する。また、バイザ10を通過した外界からの光の一部も使用者Hの眼EL、ERに到達する。これにより、使用者Hの眼前には外界の光景に重畳して表示画像の虚像が形成される。こうした基本的な光学系の全体的な構成は従来と同じである。

[0044] ここでは、説明の便宜上、X軸、Y軸、及びZ軸、並びに、X'軸、Y'軸、及びZ'軸を以下のように定義する。

図1、図4中に示すように、使用者Hの左眼EL及び右眼ERの中間の位置を原点Oとし、使用者Hから見てその原点Oから前方へ向かう軸をZ軸、該Z軸に直交する方向で使用者Hから見て上方向となる軸をY軸、Y軸及びZ軸の両方に直交する軸で使用者Hから見て左外方となる軸をX軸、と定める。また、投射光学系12（12L、12R）から出射してバイザ10に到達するまでの光線の光軸C1とバイザ10の反射面10aとの交点を交点O'、その交点O'におけるバイザ10の法線方向で使用者Hから見て外方向に向かう軸をZ'軸、該Z'軸に直交する方向であってバイザ10で反射する前の光線の光軸C1と反射したあとの光線の光軸C2とが共にY'-Z'平面上に存在するような軸をY'軸、Y'軸及びZ'軸の両方に直交する軸をX'軸と定める。なお、交点O'は左眼EL、右眼ERに対応してそれぞれ存在するから、図4に示すように、X'軸、Y'軸、Z'軸も左右それぞれ存在する。

[0045] 図8に示した従来のHMDではバイザ100の反射面100aは球面状であったのに対し、本実施例のHMDにおいて、バイザ10の反射面10aは下記(1)式で表される回転対称非球面形状（軸対称非球面形状）であり、その頂点UはY-Z平面上に存在する。

[数1]

$$z = \frac{c r^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k) c^2 r^2}} + \sum_{i=1}^n A_i r^{2i} \quad \cdots(1)$$

c : 曲率

k : 円錐定数

$r^2 = x^2 + y^2$

A_i : 非球面係数

非球面形状であるから、交点 O' における Y' 軸方向の曲率と X' 軸方向の曲率とは相違しており、後述するように、前者を後者より小さく（つまりは Y' 軸方向の曲率半径を X' 軸方向の曲率半径よりも大きく）設定している。

[0046] 以下、本実施例のHMDにおける光学系の詳細な構成について説明する。

バイザ10は図示しないヘルメットに対して X 軸周りに回転可能に取り付けられている。図1(a)及び図2に示すように、バイザ10が完全におろされた状態（つまりは使用状態）では、使用者Hの眼前において反射面10aはその上部側が前方に倒れるように傾斜した状態となっている。交点 O' におけるその傾斜角（交点 O' における反射面10aの接平面と直立する平面とのなす角度）は 10° 以上である。

[0047] 図2に示すように、画像表示部11は、透過型カラー液晶表示素子などの透過型表示素子112とバックライト照明部111とを含み、バックライト照明部111から出射した光が透過型表示素子112の表示面を透過することで、透過型表示素子112の表示面上に形成された画像が表示光として出射される。これは左右全く対称（つまりは $Y-Z$ 平面について面对称）である。投射光学系12は、複数のレンズ121と、反射面が凹形状である裏面反射型ミラー122と、平板状ミラー123とを含む。これも左右全く対称であるが、レンズ121と裏面反射型ミラー122とは左右独立に設けられているのに対し、平板状ミラー123はちょうど $Y-Z$ 平面を垂直に横切るように配置されており、左右の投射光学系12L、12Rにおいて共用されている。

[0048] 画像表示部11から出射した表示光はレンズ（図2では2枚のレンズを用

いているがその枚数は問わない) 1 2 1 を経て裏面反射型ミラー 1 2 2 に達するが、該裏面反射型ミラー 1 2 2 の入射側の屈折面 1 2 2 a で屈折されたあと反射面 1 2 2 b に達し該反射面 1 2 2 b で集光されつつ反射される。そして、その反射光はミラー 1 2 3 で再び反射されてバイザ 1 0 の反射面 1 0 a に向かうが、裏面反射型ミラー 1 2 2 の反射面 1 2 2 b で集光されているため、ミラー 1 2 3 と反射面 1 0 a との間の光路上で一旦中間像を形成する。図 2 では中間像が形成される結像面を符号 Q で示している。ここでは、垂直方向（つまりは Y-Z 平面に平行な面内）、水平方向（X-Z 平面に平行な面内）のいずれにおいても中間像が形成される。ただし、ミラー 1 2 3 と反射面 1 0 a との間の光路上でなく、ミラー 1 2 3 を含む投射光学系 1 2 の内部で中間像を形成するようにしてもよい。

[0049] なお、図 2 に示しているように、ここでは、画像表示部 1 1 から出射して投射光学系 1 2 のレンズ 1 2 1 に入射する表示光の光軸は、画像表示部 1 1 の透過型表示素子 1 1 2 の表示面に直交してない。即ち、非同軸光学系の構成が採られている。そのため、非対称なぼけが加わった表示画像が形成されてしまう。そこで、裏面反射型ミラー 1 2 2 の屈折面 1 2 2 a と反射面 1 2 2 b との少なくとも一方、或いは、レンズ 1 2 1 を非球面形状とすることで、上述したような表示画像のぼけを補正するようにしている。

[0050] また、投射光学系 1 2 から出射された表示光、厳密に言えば、中間像の結像面 Q から徐々に拡がりつつ進む表示光は、バイザ 1 0 の反射面 1 0 a に当たり、その凹面で集光されつつ反射される。このとき、Y'-Z' 平面内での入射光の光軸の入射角度と X'-Z' 平面内での入射光の光軸の入射角度とが同一ではないため、仮に、反射面が球面状であると、両平面内での光学的パワーに差が生じ、非点収差の原因となる。これに対し、本実施例の HMD では、上記入射光の光軸の入射角度の相違に対応する分だけ、Y'-Z' 平面内での曲率を X'-Z' 平面内での曲率よりも小さくし、それによって両平面内での光学的パワーをほぼ同程度に揃えている。実際には、この曲率の差は僅かである。なお、通常、それらの曲率半径は共に 50~500mm の

範囲内である。

[0051] こうして $Y' - Z'$ 平面内と $X' - Z'$ 平面内とで光学的パワーをほぼ等しくすることで、表示光がそれぞれ両眼 E_L 、 E_R に達したときに非点収差は殆ど問題にならない。それにより、使用者 H は、垂直方向、水平方向のいずれにも広い視野の表示画像を虚像として観測することができる。

[0052] なお、バイザ 10 の反射面 $10a$ の形状は非球面形状であれば、上述したような点 U を頂点とする回転対称非球面形状に限らない。例えば、次の(2)式で定義されるトロイダル面形状でもよい。

[数2]

$$z = \sqrt{(Rx - Ry + \sqrt{Ry^2 - y^2})^2 - x^2} \quad \cdots(2)$$

また、次の(3)式で定義され、且つ両眼 E_L 、 E_R にそれぞれ対応する Y' 軸に対して面对称である自由曲面形状でもよい。

[数3]

$$z = \sum_{i=0} \sum_{j=0} A_{ij} x^{i-j} y^j \quad \cdots(3)$$

A_{ij} : 自由曲面係数

[0053] また、上記実施例のHMDにおいて画像表示部 11 や投射光学系 12 の構成はそれぞれ適宜に変更することが可能である。

図5～図7はそれぞれ、表示部について異なる構成の例を示す概略図である。

[0054] 図5に示した画像表示部 $11A$ は、照明部 $11A1$ と、反射型カラー液晶表示素子などの反射型表示素子 $11A2$ と、ビームスプリッタなどを含む反射型光学素子 $11A3$ と、から成る。照明部 $11A1$ から出射した光は反射型光学素子 $11A3$ で反射されて反射型表示素子 $11A2$ へと向かう。そして、反射型表示素子 $11A2$ の表示面で反射される際に該表示面に形成されている画像情報を受け、表示光として反射型表示素子 $11A3$ を通過して外部へと出射される。

[0055] 図6に示した画像表示部 $11B$ は、有機ELディスプレイなどの自発光型表示素子 $11B1$ を含む。この構成では表示素子 $11B1$ そのものが発光し

て表示光を出射するので、照明部を別途設ける必要がない。

[0056] 図7に示した画像表示部11Cは、小型プロジェクタ11C1と小型スクリーン11C2とから成る。小型プロジェクタ11C1から出射した表示光は小型スクリーン11C2上に投影され、該小型スクリーン11C2に拡大した表示画像が形成される。そして、この小型スクリーン11C2上の表示画像がそのまま表示光として出射される。

[0057] なお、図2に示した上記実施例の構成において、表示素子112としてモノクロ表示素子を用い、バックライト照明部111にカラー又は二色以上の光を発する小型プロジェクタを用いることで、実質的にカラー又は二色以上の表示画像を形成することもできる。

[0058] さらにまた、上記実施例は本発明の一例にすぎず、上記記載の変形例にとどまらず、本発明の趣旨の範囲で適宜、変更や修正、追加を行っても本願特許請求の範囲に包含されることは当然である。

符号の説明

- [0059] 1…ヘルメットマウントディスプレイ（HMD）
10…バイザ
10a…反射作用面
10a…反射面
11、11A、11B、11C、11L、11R…画像表示部
111…バックライト照明部
112…透過型表示素子
12、12L、12R…投射光学系
121…レンズ
122…裏面反射型ミラー
122a…屈折面
122b…反射面
123…平板状ミラー
C1…入射光束の光軸

C2…出射光束の光軸

E L …左眼

E R …右眼

H…使用者

請求の範囲

[請求項1]

使用者が頭部に装着するヘルメットと、該ヘルメットに取り付けられ、使用者の眼前に配置される外方に膨出した曲面状のバイザと、表示画像を形成する表示部と、該表示部による表示画像を情報として含む表示光を前記バイザの反射作用面に投影する投射光学系と、を具備し、前記バイザを通して視認される外界の光景に前記表示画像による虚像を形成する頭部装着型表示装置であって、

水平前方を向いた使用者の左右両眼の間の中央の位置を原点 O 、使用者から見て原点 O から前方に向かう軸を Z 軸、 Z 軸に対し直交し使用者から見て上方向に向かう軸を Y 軸、 Z 軸及び Y 軸に共に直交する軸を X 軸として定義するとともに、前記バイザの反射作用面への入射光線の光軸と該反射作用面との交点を O' 、該反射作用面における前記交点 O' での法線を Z' 軸、該 Z' 軸に直交し、且つ、前記入射光線の光軸と該入射光線に対し前記反射作用面で反射して使用者の眼に向かって進行する出射光線の光軸とが含まれる平面を Z' 軸とでなす軸を Y' 軸、 Y' 軸及び Z' 軸に共に直交する軸を X' 軸、として定義したとき、

前記投射光学系の内部、又は該投射光学系と前記反射作用面との間の光路上において中間像が形成され、

前記バイザは、前記ヘルメットに対し X 軸に平行な軸を中心に回転可能であり、上方へスライドすることで使用者が前記ヘルメットを着脱することを可能とする一方、当該バイザの使用時には使用者の眼前でその反射作用面の上側が外方に倒れるように傾斜した状態に保持され、

該バイザの反射作用面の形状は、 $Y' - Z'$ 平面内の曲率が $X' - Z'$ 平面影面内の曲率よりも小さな非球面形状であることを特徴とする頭部装着型表示装置。

[請求項2]

請求項1に記載の頭部装着型表示装置であって、

前記バイザの反射作用面の形状は、該反射作用面に対する表示光の入射角の相違による光学的パワーの差異に相当する分だけ $Y' - Z'$ 平面内の曲率が $X' - Z'$ 平面内の曲率よりも小さな非球面形状であることを特徴とする頭部装着型表示装置。

[請求項3] 請求項1に記載の頭部装着型表示装置であって、

前記バイザの反射作用面は自由曲面形状であり、使用者の両眼にそれぞれ対応した Y' 軸に対し面对称形状であることを特徴とする頭部装着型表示装置。

[請求項4] 請求項1に記載の頭部装着型表示装置であって、

前記バイザの反射作用面は、 $Z - Y$ 平面上に位置する頂点に対し回転対称である非球面形状であることを特徴とする頭部装着型表示装置。

[請求項5] 請求項1に記載の頭部装着型表示装置であって、

前記バイザの反射作用面は、 $Y' - Z'$ 平面内と $X' - Z'$ 平面内とで曲率が互いに相違するトロイダル面形状であることを特徴とする頭部装着型表示装置。

[請求項6] 請求項1に記載の頭部装着型表示装置であって、

交点 O' における前記反射作用面の傾斜角は 10° 以上であり、該反射作用面の $Y' - Z'$ 平面内と $X' - Z'$ 平面内とでの曲率半径は共に $50 \sim 500 \text{ mm}$ の範囲内であり、該バイザの厚さは $0.1 \sim 1.0 \text{ mm}$ の範囲内であることを特徴とする頭部装着型表示装置。

[請求項7] 請求項6に記載の頭部装着型表示装置であって、

前記バイザは、その内面又は外面に該バイザの基材と異なる材料による表面層が形成されていることを特徴とする頭部装着型表示装置。

[請求項8] 請求項1に記載の頭部装着型表示装置であって、

前記投射光学系は少なくとも1枚の反射鏡を含み、該反射鏡の反射作用面は非球面形状であることを特徴とする頭部装着型表示装置。

[請求項9] 請求項8に記載の頭部装着型表示装置であって、

前記反射鏡の反射作用面は凹面であることを特徴とする頭部装着型表示装置。

[請求項10] 請求項9に記載の頭部装着型表示装置であって、
前記反射鏡は裏面反射鏡であり、反射作用に加えて屈折作用も有することを特徴とする頭部装着型表示装置。

[請求項11] 請求項10に記載の頭部装着型表示装置であって、
前記屈折作用を有する面は非球面形状であることを特徴とする頭部装着型表示装置。

[請求項12] 請求項1に記載の頭部装着型表示装置であって、
前記投射光学系は両面に屈折作用を有するレンズを少なくとも1枚含み、該レンズの少なくとも一面は非球面形状であることを特徴とする頭部装着型表示装置。

[請求項13] 請求項12に記載の頭部装着型表示装置であって、
前記レンズは屈折率 n_d が1.58以上であることを特徴とする頭部装着型表示装置。

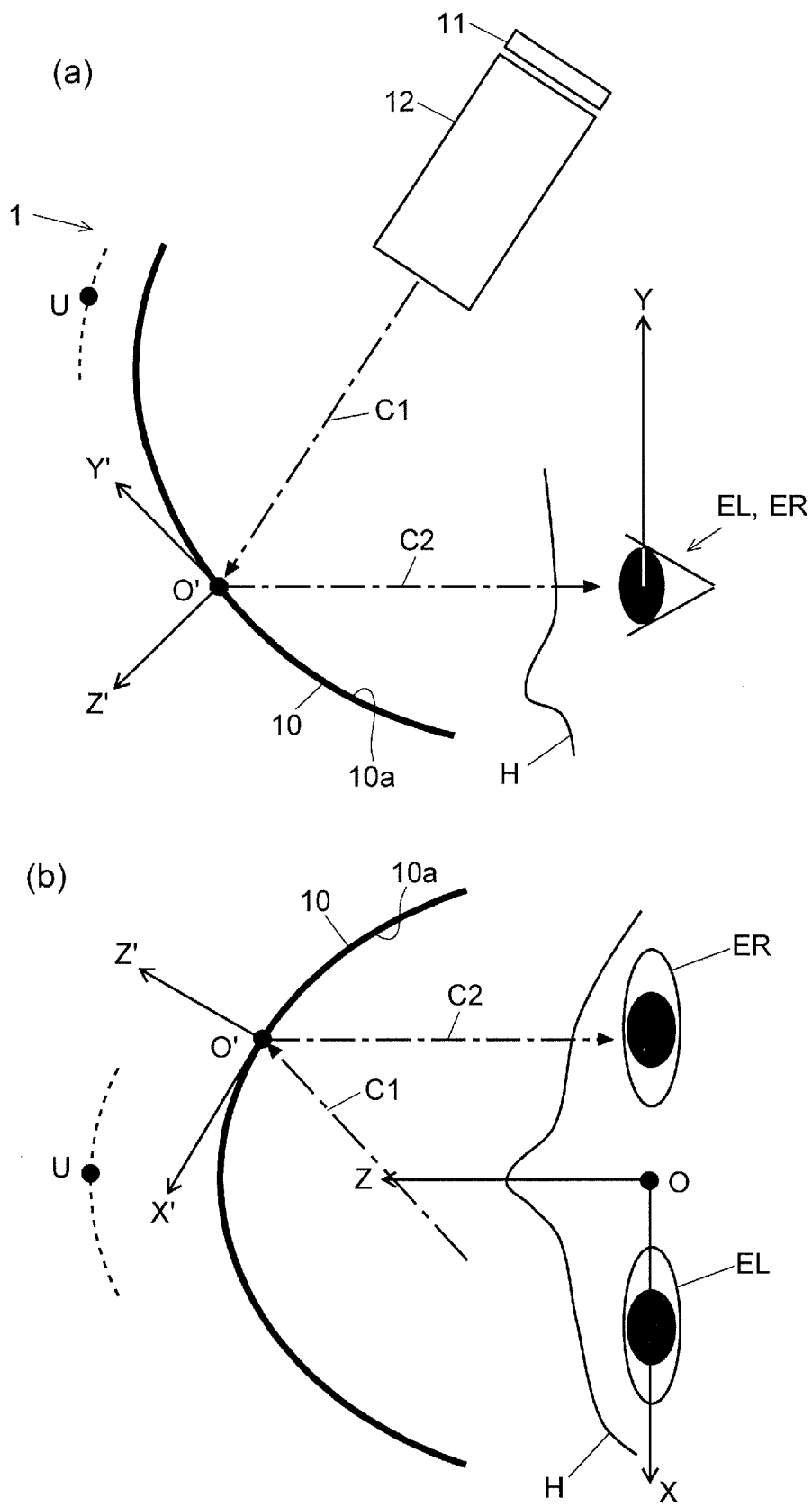
[請求項14] 請求項1に記載の頭部装着型表示装置であって、
前記表示部は二色以上の表示を行うものであることを特徴とする頭部装着型表示装置。

[請求項15] 請求項1に記載の頭部装着型表示装置であって、
前記表示部から出射される表示光の視野中心となる主光線は、該表示部の表示面に対し非直交方向の角度で出射するように該表示部及び前記投射光学系が配置されていることを特徴とする頭部装着型表示装置。

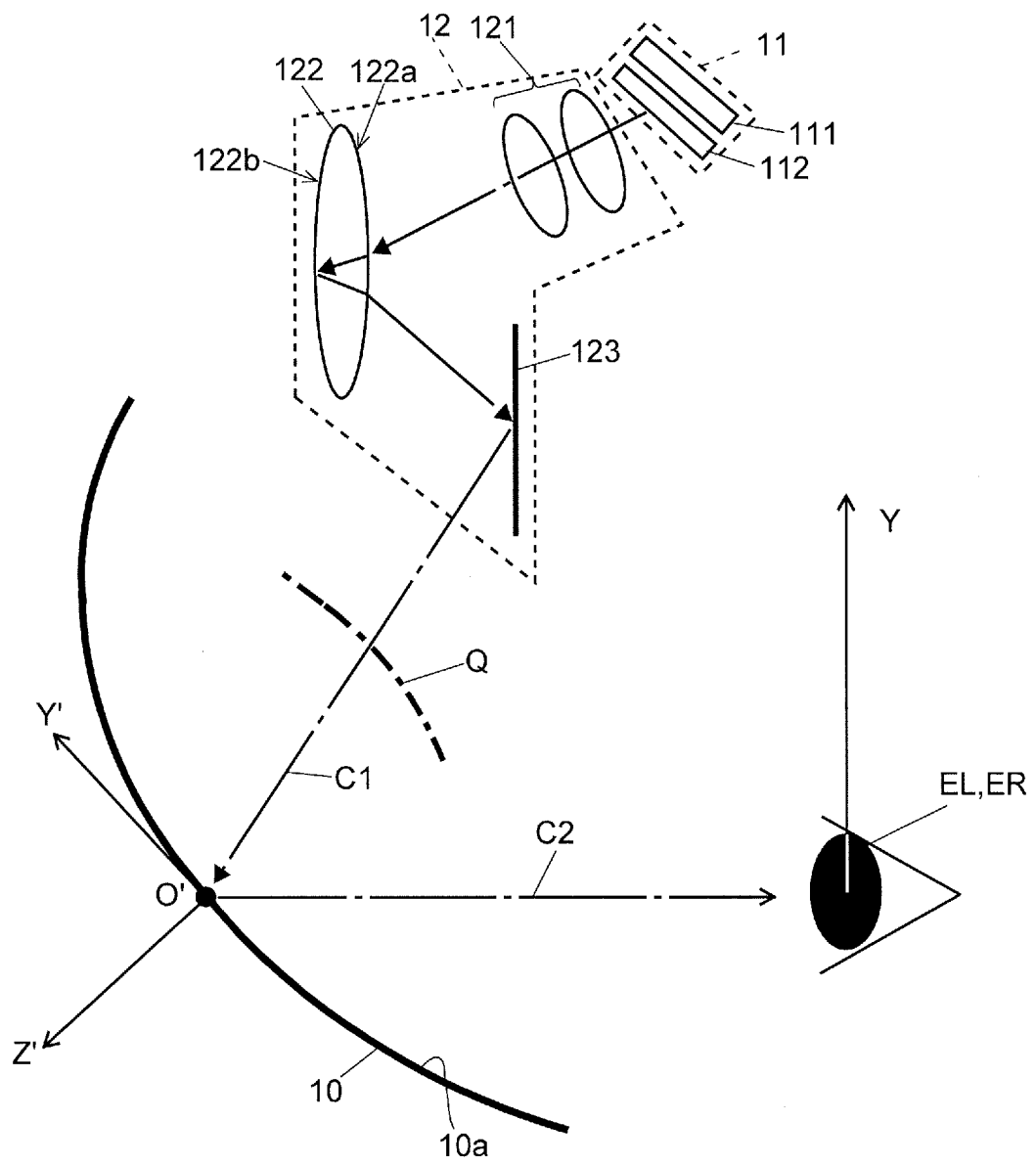
[請求項16] 請求項1に記載の頭部装着型表示装置であって、
前記表示部から出射される表示光の視野中心となる主光線は、該表示部の表示面の中心を外れた位置から出射するように該表示部及び前記投射光学系が配置されていることを特徴とする頭部装着型表示装置。

- [請求項17] 請求項1に記載の頭部装着型表示装置であって、
前記表示部は、透過型の表示素子、及び、該表示素子に背面側から照明光を照射するバックライト照明部、を含んで構成されていることを特徴とする頭部装着型表示装置。
- [請求項18] 請求項1に記載の頭部装着型表示装置であって、
前記表示部は、反射型の表示素子、照明光を出射する照明部、及び、前記照明光を前記表示素子の表示面側に照射するとともに該表示面で反射した光を案内する反射型光学系と、を含んで構成されていることを特徴とする頭部装着型表示装置。
- [請求項19] 請求項1に記載の頭部装着型表示装置であって、
前記表示部は、自発光型の表示素子を含むことを特徴とする頭部装着型表示装置。
- [請求項20] 請求項1に記載の頭部装着型表示装置であって、
前記表示部は、小型プロジェクタ及び小型スクリーンを含むことを特徴とする頭部装着型表示装置。
- [請求項21] 請求項1 4に記載の頭部装着型表示装置であって、
前記表示部は、透過型の表示素子、及び、該表示素子に背面側から照明光を照射するものであって少なくとも一部が小型プロジェクタであるバックライト照明部、を含むことを特徴とする頭部装着型表示装置。
- [請求項22] 請求項1に記載の頭部装着型表示装置であって、
前記表示部及び前記投射光学系は使用者の両眼に対応して左右一対設けられ、該左右の投射光学系を構成する光学素子の一部は両眼に共通に利用されていることを特徴とする頭部装着型表示装置。

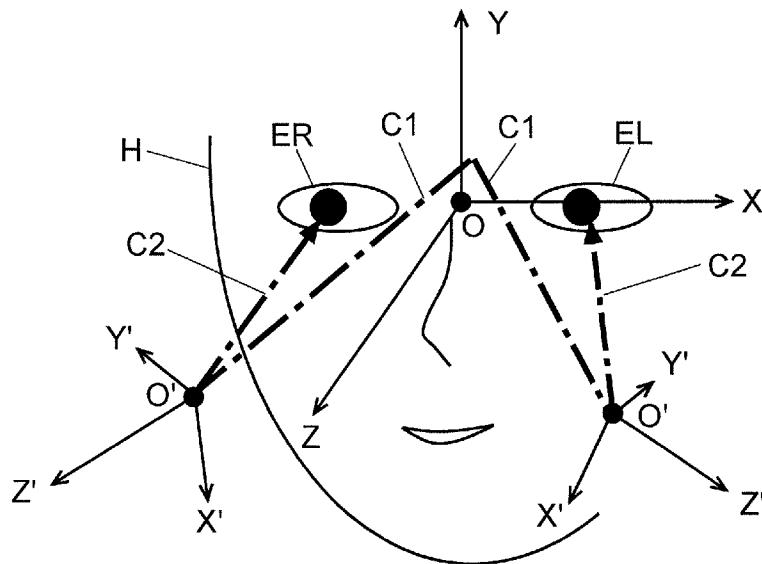
[図1]



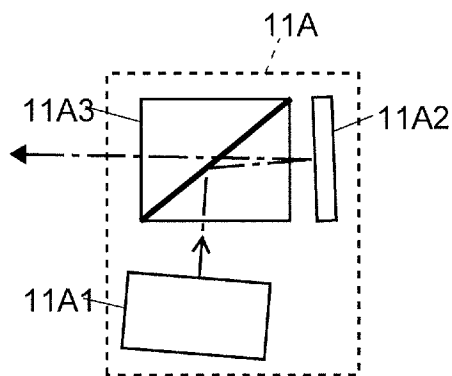
[図2]



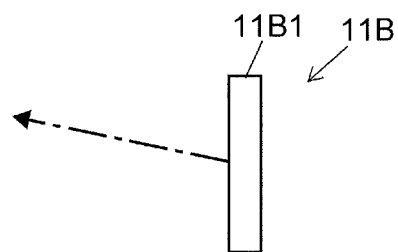
[図4]



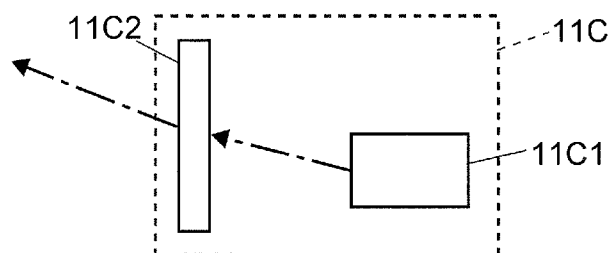
[図5]



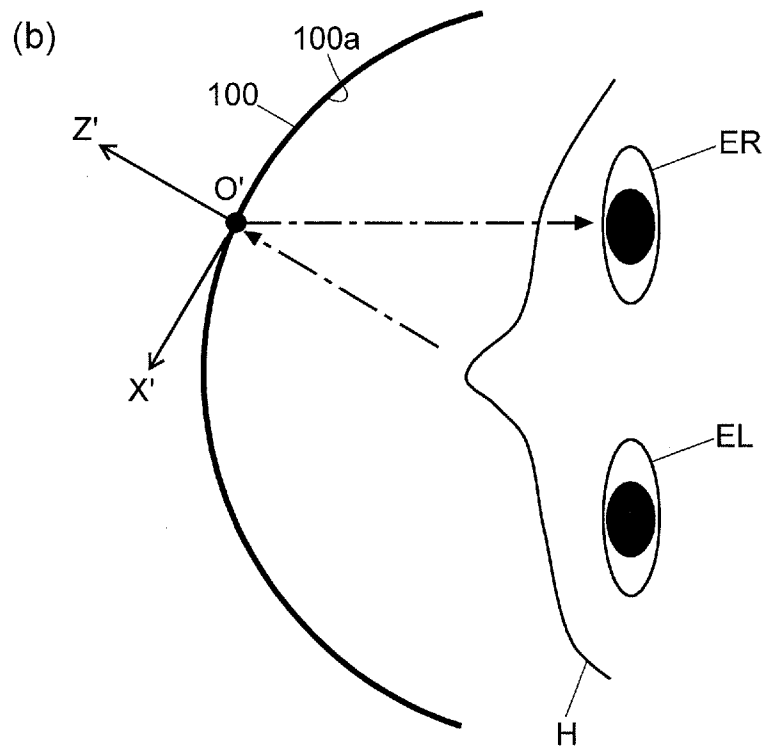
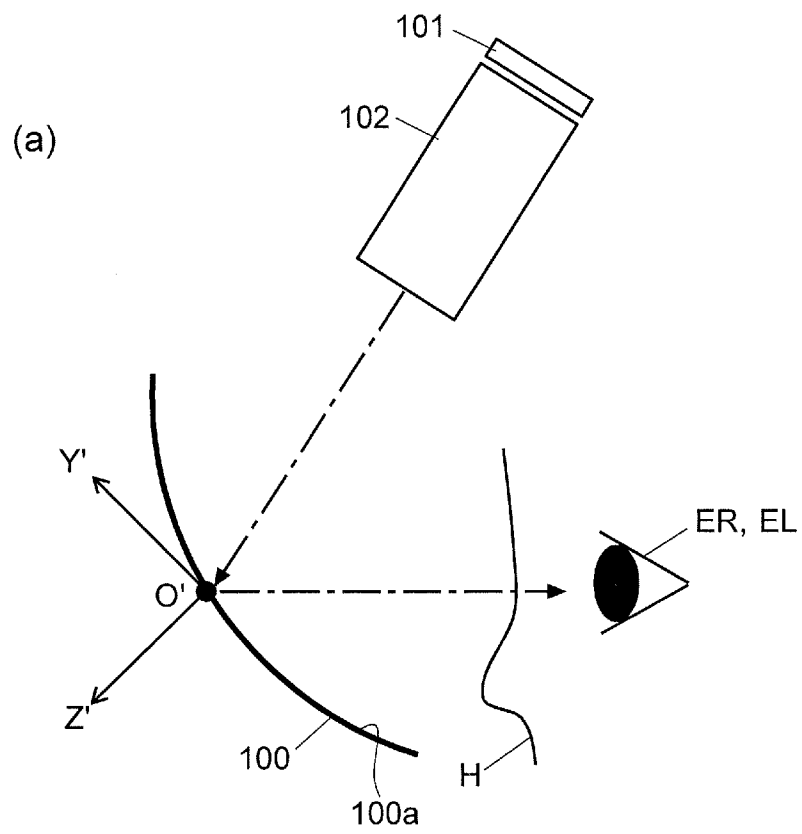
[図6]



[図7]



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/019590

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B27/02(2006.01)i, H04N5/64(2006.01)i, H04N5/74(2006.01)i, H04N9/31(2006.01)i, H04N13/04(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G02B27/02, H04N5/64, H04N5/74, H04N9/31, H04N13/04

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2010-19874 A (Shimadzu Corp.), 28 January 2010 (28.01.2010), claims 1 to 2; paragraphs [0012] to [0020]; fig. 1 to 6 (Family: none)	1-22
Y	JP 2002-542409 A (Thales Avionics SA), 10 December 2002 (10.12.2002), paragraphs [0001] to [0004] & US 6715150 B1 column 1, lines 29 to 46 & EP 1181613 A1 & FR 2792174 A1	1-22
Y	JP 2013-178422 A (Nippon Seiki Co., Ltd.), 09 September 2013 (09.09.2013), paragraph [0026] & WO 2013/129041 A1	7

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
02 August 2017 (02.08.17)

Date of mailing of the international search report
15 August 2017 (15.08.17)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/019590

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 7-218859 A (Olympus Corp.), 18 August 1995 (18.08.1995), claim 2; paragraph [0001] (Family: none)	8-11
Y	JP 61-501946 A (Hughes Aircraft Co.), 04 September 1986 (04.09.1986), fig. 2 & US 5035474 A fig. 2 & EP 179124 A1	15
A	US 5722091 A (INTERTECHNIQUE), 03 March 1998 (03.03.1998), entire text; all drawings & EP 738117 A1 & FR 2726438 A1	1-22

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G02B27/02(2006.01)i, H04N5/64(2006.01)i, H04N5/74(2006.01)i, H04N9/31(2006.01)i, H04N13/04(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G02B27/02, H04N5/64, H04N5/74, H04N9/31, H04N13/04

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2010-19874 A (株式会社島津製作所) 2010.01.28, 請求項1-2、段落 [0012] - [0020]、図1-6 (ファミリーなし)	1-22
Y	JP 2002-542409 A (タレス アヴィオニクス エス.アー.) 2002.12.10, 段落 [0001] - [0004] & US 6715150 B1:column 1 line 29-line 46 & EP 1181613 A1 & FR 2792174 A1	1-22

☑ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

02.08.2017

国際調査報告の発送日

15.08.2017

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

佐藤 洋允

2 L

3 4 1 3

電話番号 03-3581-1101 内線 3295

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2013-178422 A (日本精機株式会社) 2013. 09. 09, 段落 [0026] & WO 2013/129041 A1	7
Y	JP 7-218859 A (オリンパス株式会社) 1995. 08. 18, 請求項2、段落 [0001] (ファミリーなし)	8-11
Y	JP 61-501946 A (ヒューズ・エアクラフト・カンパニー) 1986. 09. 04, FIG. 2 & US 5035474 A:FIG. 2 & EP 179124 A1	15
A	US 5722091 A (INTERTECHNIQUE) 1998. 03. 03, 全文、全図 & EP 738117 A1 & FR 2726438 A1	1-22