



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本

(11)證書號數：TW I681211 B

(45)公告日：中華民國 109 (2020) 年 01 月 01 日

(21)申請案號：107109498

(22)申請日：中華民國 107 (2018) 年 03 月 20 日

(51)Int. Cl. : G02B27/02 (2006.01)

A63F13/25 (2014.01)

(30)優先權：2017/05/25 世界智慧財產權組織 PCT/JP2017/019590

(71)申請人：日商島津製作所股份有限公司 (日本) SHIMADZU CORPORATION (JP)  
日本

(72)發明人：田中真人 TANAKA, MASATO (JP)

(74)代理人：葉璟宗；卓俊傑

(56)參考文獻：

TW 200521559A

TW 201621395A

JP H07-218859A

JP 2010-019874A

JP 2013-178422A

US 5035474

US 6715150B1

審查人員：黃同慶

申請專利範圍項數：21 項 圖式數：8 共 30 頁

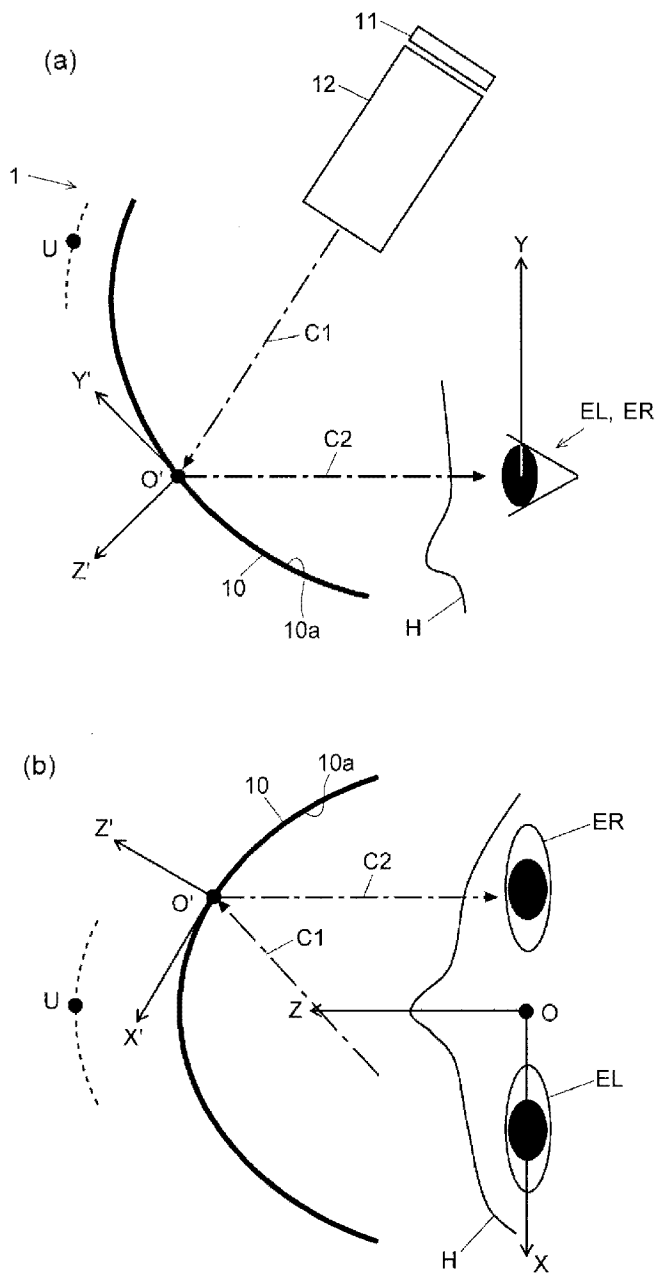
(54)名稱

頭戴式顯示裝置

(57)摘要

本發明提出一種頭戴式顯示裝置，目的在於：於航空器用的頭盔顯示器中減輕散光像差而可觀察廣視野的顯示圖像。將自投射光學系統(12)投影顯示光的觀察窗(10)的反射面(10a)的形狀設為垂直方向的曲率小於水平方向的非球面形狀而不是球面形狀。藉由該曲率之差而消除由對反射面(10a)的入射角度的不同等所引起的光功率差，減輕散光像差。另外，於投射光學系統(12)的內部或自投射光學系統(12)至反射面(10a)為止的顯示光的光路中途，於垂直方向及水平方向上均形成中間像，藉此提高光學元件的配置自由度，並實現小型化、輕量化。

指定代表圖：



符號簡單說明：

1 . . . 頭盔顯示器 (HMD)

10 . . . 觀察窗

10a . . . 反射面

11 . . . 圖像顯示部

12 . . . 投射光學系統

C1 . . . 入射光束的光軸

C2 . . . 出射光束的光軸

EL . . . 左眼

ER . . . 右眼

H . . . 使用者

O . . . 原點

O' . . . 交點

U . . . 頂點

X、Y、Z、X'、Y'、

Z' . . . 軸

【圖1】

## 【發明說明書】

【中文發明名稱】頭戴式顯示裝置

【英文發明名稱】HELMET MOUNTED DISPLAY DEVICE

【技術領域】

【0001】 本發明是有關於一種將圖像資訊等以虛像（virtual image）的形式顯示於使用者的眼前的顯示裝置，更詳細而言，本發明是有關於一種使用者佩戴於頭部而使用的頭戴式顯示裝置。

【先前技術】

【0002】 近年來，於操縱直升機（helicopter）或飛機等航空器時，一直使用被稱為頭盔顯示器（Helmet Mounted Display，以下稱為「HMD」）的顯示裝置。HMD 將布朗管（陰極射線管（Cathode Ray Tube，CRT））或液晶顯示器（Liquid Crystal Display，LCD）等顯示元件中顯示的圖像投影至操縱者佩戴於頭部的頭盔中所設置的觀察窗（visor）（護目罩）中而反射至操縱者側，藉此於操縱者的眼前形成虛像的顯示圖像。

【0003】 航空器（主要是軍用機）用的頭盔與一般的摩托車用頭盔不同，觀察窗通常為球面形狀。推測其原因在於如下理由等：於製作尺寸精度高即變形等盡可能小的觀察窗的情形時，製成球面形狀的情況下加工最容易；以及若製成球面形狀，則針對由加速度所致的大外力而容易確保高強度。因此，航空器用的 HMD

中，以使顯示光於球面形狀的觀察窗中反射的方式構成光學系統。

【0004】 圖 8 為先前的 HMD 的包含觀察窗的光學系統的概略構成圖，圖 8 的 (a) 為概略縱剖面圖，圖 8 的 (b) 為概略橫剖面圖。

將剖面為圓形的一部分切取所得的形狀即球形狀的觀察窗 100 是以可上下滑動的狀態而安裝於未圖示的頭盔，該頭盔為包覆使用者 H 的頭部且另一方面使用者 H 的臉部前方經開放的形狀。觀察窗 100 朝向使用者 H 的內面為反射面 100a，於該反射面 100a 上形成有將顯示光的一部分反射且使自外界而來的光的一部分透射的被覆層。

【0005】 自形成顯示圖像的圖像顯示部 101 出射的顯示光藉由投射光學系統 (projection optical system) 102 而投影至觀察窗 100 的反射面 100a 的規定區域。繼而，其反射光到達使用者 H 的眼 EL、眼 ER。另外，通過觀察窗 100 的來自外界的光的一部分亦到達使用者 H 的眼 EL、眼 ER。藉此，於使用者 H 的眼前，重疊於外界的景象而形成顯示圖像的虛像 (參照專利文獻 1 等)。

【0006】 如專利文獻 1 所記載，通常投射光學系統 102 將自圖像顯示部 101 出射的顯示光準直地投影至觀察窗 100 的反射面。圖 8 中，以一點鏈線表示該顯示光的光束的光軸。

【0007】 此種 HMD 中，如圖 8 的 (a) 所示，剖面部分圓形狀的觀察窗 100 的反射面 100a 是配置成以下狀態：相對於在使用者 H 的視線前方水平地延伸的軸 (Z 軸)，觀察窗 100 的上部側向外界

側傾斜。此種配置的情況下，無法避免散光像差（astigmatism）的產生，越是通過偏離光軸的位置的顯示光，即越遠離顯示圖像的中心，像差的影響變越大而圖像模糊。尤其若欲擴大顯示圖像的視野則像差增大，故此種先前構成的 HMD 有難以擴大顯示圖像的視野等問題。

【0008】 另一方面，於專利文獻 2 中揭示有一種將顯示圖像投影至摩托車用頭盔的護目罩的內面（反射面）而進行虛像顯示的 HMD。該情形時，存在必須將護目罩的形狀設為與先前的市售品的摩托車用頭盔相同的形狀（垂直方向的曲率與水平方向的曲率相比極其小，即彎曲程度為平緩的非球面形狀）等限制。因此，藉由對將顯示光照射於護目罩的光學系統的構成進行設計，可顯示虛像。然而，此種構成的 HMD 亦難以擴大視野，而且對於小型輕量化亦不利。

【0009】 [先前技術文獻]

[專利文獻]

[專利文獻 1]日本專利特開 2015-154420 號公報

[專利文獻 2]日本專利特開 2010-19874 號公報

【發明內容】

【0010】 [發明所欲解決之課題]

一般而言，航空器用的 HMD 中大多顯示對於使用者進行操縱而言極為重要的資訊，因此對廣視野的顯示圖像要求高可見

性。所述先前的 HMD 難以應對此種要求。

【0011】 本發明是為了解決此種課題而成，其主要目的在於：於將顯示圖像投影至配置於使用者眼前的觀察窗的頭戴式顯示裝置中，提供一種可減少散光像差而擴大顯示圖像的視野並且可實現高可見性的顯示裝置。

【0012】 [解決課題之手段]

為了解決所述課題而成的本發明是一種頭戴式顯示裝置，具備：頭盔，由使用者佩戴於頭部；觀察窗，安裝於該頭盔，且配置於使用者眼前並且為向外方鼓出的曲面狀；顯示部，形成顯示圖像；以及投射光學系統，將包含該顯示部的顯示圖像作為資訊的顯示光投影至所述觀察窗的反射作用面；並且用於重疊於通過所述觀察窗所看到的外界的景象而形成所述顯示圖像的虛像，且在所述頭戴式顯示裝置中，

於將朝向水平前方的使用者的左右兩眼之間的中央位置定義為原點  $O$ ，將自使用者觀看而自原點  $O$  朝向前方的軸定義為  $Z$  軸，將與  $Z$  軸正交且自使用者觀看而朝向上方向的軸定義為  $Y$  軸，將與  $Z$  軸及  $Y$  軸均正交的軸定義為  $X$  軸，並且將朝向所述觀察窗的反射作用面的入射光線的光軸與該反射作用面之交點定義為  $O'$ ，將該反射作用面的所述交點  $O'$  處的法線定義為  $Z'$  軸，將與該  $Z'$  軸正交且與  $Z'$  軸形成包含所述入射光線的光軸、及針對該入射光線由所述反射作用面反射並朝向使用者的眼而行進的出射光線的光軸的平面的軸定義為  $Y'$  軸，將與  $Y'$  軸及  $Z'$  軸均正交的軸定義為  $X'$

軸時，

於所述投射光學系統的內部、或該投射光學系統與所述反射作用面之間的光路上形成中間像，

所述觀察窗相對於所述頭盔以與 X 軸平行的軸為中心而可旋轉，可藉由向上方滑動而由使用者佩戴或脫下所述頭盔，另一方面，於使用該觀察窗時，將該觀察窗保持於使用者的眼前且以其反射作用面的上側倒向外方的方式傾斜的狀態，

該觀察窗的反射作用面的形狀為 Y'-Z'平面內的曲率小於 X'-Z'平面內的曲率的非球面形狀。

【0013】 此處，所述觀察窗的反射作用面的形狀亦可設為 Y'-Z'平面內的曲率僅以如下程度小於 X'-Z'平面內的曲率的非球面形狀，即，相當於由顯示光對該反射作用面的入射角的不同所致的光功率差異的程度。

【0014】 如上文所述，先前的航空器用 HMD 中觀察窗的反射作用面為球面狀，相對於此，本發明的頭戴式顯示裝置中，觀察窗的反射作用面為 Y'-Z'平面內的曲率小於 X'-Z'平面內的曲率的非球面形狀。然而，不存在如專利文獻 2 所揭示的 HMD 般需要將觀察窗的形狀設為與市售品的頭盔相同的形狀等限制。因此，無需使垂直方向的曲率與水平方向的曲率相比極度小，故反射作用面的垂直方向與水平方向的光功率之差為小的狀態。藉此，可於在垂直方向與水平方向上均形成有中間像的狀態下，以消除由顯示光的入射角不同所致的光功率的相對較小的差異的方式，分別調

整反射作用面的  $Y'$ - $Z'$  平面內與  $X'$ - $Z'$  平面內的曲率。結果，可使顯示光到達使用者的眼為止的光路中的垂直方向與水平方向的光功率大致一致，可減小反射作用面為球面狀的情形時產生的散光像差。

**【0015】** 另外，本發明的頭戴式顯示裝置中，若設為於垂直方向與水平方向上均於投射光學系統的內部或投射光學系統與反射作用面之間的光路上形成中間像的構成，則於到達反射作用面之前暫且彙聚的光照射於反射作用面並反射之後到達使用者的眼。因此，可於垂直方向、水平方向上均實現廣觀察視野。另外，於投射光學系統的內部或投射光學系統與反射作用面之間的光路上將顯示光的光束彙聚，故容易避免使用者所佩戴的頭盔內側的該使用者的頭部或臉部與光束之間的干涉。另外，構成投射光學系統的光學零件的配置的自由度增大，由此亦有顯示部或投射光學系統的光學設計變容易等優點。

**【0016】** 本發明的頭戴式顯示裝置中，觀察窗的反射作用面只要為非球面則可設為各種形狀。

作為本發明的頭戴式顯示裝置的一實施態樣，亦可設為以下構成：所述觀察窗的反射作用面為自由曲面形狀，且相對於與使用者的兩眼分別對應的  $Y'$  軸而為面對稱形狀。

**【0017】** 另外，作為本發明的頭戴式顯示裝置的其他實施態樣，亦可設為以下構成：所述觀察窗的反射作用面為相對於位於  $Z$ - $Y$  平面上的頂點而呈旋轉對稱的非球面形狀。

【0018】 另外，作為本發明的頭戴式顯示裝置的另一實施態樣，亦可設為以下構成：所述觀察窗的反射作用面為曲率於 Y'-Z'平面內與 X'-Z'平面內彼此不同的環形（toroidal）面形狀。

【0019】 另外，尤其於將本發明的頭戴式顯示裝置用作航空器用的 HMD 的情形時，不僅需要考慮顯示圖像的可見性，而且亦需要考慮高佩戴性、活動容易程度、對身體的負擔小等要素。

【0020】 因此，本發明的頭戴式顯示裝置例如亦可設為以下構成：交點 O'處的所述反射作用面的傾斜角為大於或等於  $10^\circ$ ，該反射作用面的 Y'-Z'平面內與 X'-Z'平面內的曲率半徑均為 50 mm~500 mm 的範圍內，該觀察窗的厚度為 0.1 mm~10 mm 的範圍內。

【0021】 再者，所述構成中，亦可設為以下構成：所述觀察窗於其內面或外面形成有與該觀察窗的基材不同的材料的表面層。

藉此，可不依賴於觀察窗自身的基材的種類或厚度，而形成可實現適當的反射及外光透射的反射作用面。

【0022】 另外，於該構成中，尤其亦可於與反射作用面不同的面形成與觀察窗的基材不同的材料的表面層，將該面設為減少反射的面。

藉此，可不依賴於觀察窗自身的基材的種類或厚度，而形成可減少反射而抑制重像（ghost image）的反射減少面。

【0023】 另外，供安裝觀察窗的頭盔為曲面形狀。另外，使用者的臉部與觀察窗的正面相向，故投射光學系統必須自避開使用者的頭部及臉部的傾斜方向將顯示光照射於觀察窗，由此會形成附

加有非對稱模糊的模糊圖像。通常，需要對該模糊圖像進行光學校正。

【0024】 因此，作為本發明的頭戴式顯示裝置的一實施態樣，可設為以下構成：所述投射光學系統包含至少一片反射鏡，該反射鏡的反射作用面為非球面形狀。另外，於該構成中所述反射鏡的反射作用面亦可設為凹面。另外，所述構成中，所述反射鏡亦可為背面反射鏡，且除了具有反射作用以外亦具有折射作用。於該情形時，所述具有折射作用的面亦可設為非球面形狀。

【0025】 另外，作為本發明的頭戴式顯示裝置的其他實施態樣，亦可設為以下構成：所述投射光學系統包含至少一片於兩面具有折射作用的透鏡，該透鏡的至少一面為非球面形狀。

【0026】 藉由如上所述來構成投射光學系統，可修正顯示圖像的非對稱模糊，於使用者的眼前顯示良好的虛像。

再者，於該構成中，所述透鏡亦可設為折射率  $n_d$  為大於或等於 1.58。

藉由如此使用折射率高的透鏡，光功率增加，可減少透鏡片數，可減小重量、尺寸、成本等。

【0027】 另外，作為本發明的頭戴式顯示裝置的一實施態樣，亦可設為所述顯示部進行二色或二色以上的顯示的構成。

根據該構成，例如可將一般資訊的顯示與緊急資訊的顯示設為不同顏色，更確切地將資訊傳達給使用者。

【0028】 另外，本發明的頭戴式顯示裝置中，亦可設為以下構

成：以成為自所述顯示部出射的顯示光的視野中心的主光線相對於該顯示部的顯示面而以非正交方向的角度出射的方式，配置有該顯示部及所述投射光學系統。

【0029】 另外，本發明的頭戴式顯示裝置中，亦可設為以下構成：以成為自所述顯示部出射的顯示光的視野中心的主光線自偏離該顯示部的顯示面中心的位置出射的方式，配置有該顯示部及所述投射光學系統。

【0030】 即，藉由此種構成，可實現顯示光的光路避開使用者的頭部及臉部的非同軸光學系統。

【0031】 另外，本發明的頭戴式顯示裝置中，顯示部可設為各種構成。

例如作為本發明的頭戴式顯示裝置的一實施態樣，所述顯示部可設為包含透射式的顯示元件、及對該顯示元件自背面側照射照明光的背光照明部的構成。

【0032】 另外，作為本發明的頭戴式顯示裝置的其他實施態樣，所述顯示部亦可設為包含反射式的顯示元件、出射照明光的照明部、及將所述照明光照射至所述顯示元件的顯示面側並且對經該顯示面反射的光進行導引的反射式光學系統的構成。

【0033】 另外，作為本發明的頭戴式顯示裝置的另一的實施態樣，所述顯示部亦可設為包含有機電致發光（Electroluminescence，EL）顯示器等自發光式顯示元件的構成。根據該構成，無需照明顯示元件的照明部，故顯示部的構成變得

簡單而對於小型化或輕量化有利。

【0034】 另外，作為本發明的頭戴式顯示裝置的另一的實施態樣，所述顯示部亦可設為包含小型投影機及小型屏幕的構成。

【0035】 於該情形時，所述顯示部可設為包含透射式的顯示元件、及對該顯示元件自背面側照射照明光且至少一部分為小型投影機的背光照明部的構成。

【0036】 另外，本發明的頭戴式顯示裝置亦可設為以下構成：所述顯示部及所述投射光學系統是與使用者的兩眼對應而設有左右一對，構成該左右的投射光學系統的光學元件的一部分是共同地用於兩眼。

【0037】 根據該構成，藉由共用一部分光學元件，可減少所使用的光學元件的數量而實現成本降低。

【0038】 [發明的效果]

根據本發明的頭戴式顯示裝置，可減少觀察窗的反射作用面所產生的散光像差，可觀察視野廣的顯示圖像。另外，作為虛像的顯示圖像與外界的景象均可實現高可見性。而且，向觀察窗投影顯示圖像的投射光學系統的配置等的自由度增加，故可實現裝置的小型化及輕量化。

【圖式簡單說明】

【0039】

圖 1 為本發明的一實施例的 HMD 的包含觀察窗的光學系統

的概略構成圖，(a) 為概略縱剖面，(b) 為概略橫剖面圖。

圖 2 為本實施例的 HMD 的顯示部及投射光學系統的縱向詳細構成圖。

圖 3 為本實施例的 HMD 的顯示部及投射光學系統的橫向詳細構成圖。

圖 4 為表示本實施例的 HMD 的顯示光的概略光路的立體圖。

圖 5 為表示本實施例的 HMD 的顯示部的其他構成例的圖。

圖 6 為表示本實施例的 HMD 的顯示部的其他構成例的圖。

圖 7 為表示本實施例的 HMD 的顯示部的其他構成例的圖。

圖 8 為先前的 HMD 的包含觀察窗的光學系統的概略構成圖，(a) 為概略縱剖面圖，(b) 為概略橫剖面圖。

### 【實施方式】

【0040】 參照隨附圖式對作為本發明的頭戴式顯示裝置的一實施例的 HMD 進行說明。

圖 1 為本實施例的 HMD 的包含觀察窗的光學系統的概略構成圖，(a) 為概略縱剖面圖，(b) 為概略橫剖面圖。另外，圖 2 及圖 3 分別為更詳細地表示圖 1 的 (a) 及圖 1 的 (b) 中的光學系統的構成的圖。另外，圖 4 為表示顯示光的概略光路的立體圖。圖 4 中省略觀察窗等的記載。

【0041】 典型而言，本實施例的 HMD 1 是操縱航空器的操縱者佩戴於頭部而使用的裝置。該 HMD 1 具備：觀察窗 10，以能以與

後述 X 軸平行的軸為中心旋轉且可上下滑動的狀態，安裝於包覆使用者 H 的頭部且另一方面其臉部前方為經開放的形狀的未圖示的頭盔；圖像顯示部 11，根據自未圖示的圖像處理部輸入的圖像資料而形成顯示圖像；以及投射光學系統 12，將包含顯示圖像作為資訊的顯示光投影至觀察窗 10 的規定區域。如圖 3 所示，圖像顯示部 11 及投射光學系統 12 是與使用者 H 的一對眼（左眼 EL、右眼 ER）對應而設有左右一對。以符號 11R 及符號 12R 表示右眼 ER 用的顯示部及投射光學系統，且以符號 11L 及符號 12L 表示左眼 EL 用的顯示部及投射光學系統。

【0042】 觀察窗 10 於使用者 H 側的面形成有反射面 10a，該反射面 10a 為將顯示光的一部分反射，並且使自外界而來的光的一部分透射的被覆層。該被覆層是由與觀察窗 10 自身的基材不同的材料所構成，例如觀察窗 10 的基材是由聚碳酸酯所構成，形成反射面 10a 的被覆層是由 SiO、SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、MgO、Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、TiO<sub>2</sub> 等的一種或多種的組合所構成。另外，觀察窗 10 的厚度視基材的種類而不同，大致為 0.1 mm~10 mm 的範圍內。

【0043】 包含圖像顯示部 11L、圖像顯示部 11R 中形成的顯示圖像的顯示光自投射光學系統 12L、投射光學系統 12R 出射，分別投影至觀察窗 10 的反射面 10a 上，其反射光到達使用者 H 的左眼 EL 及右眼 ER。另外，通過觀察窗 10 的來自外界的光的一部分亦到達使用者 H 的眼 EL、眼 ER。藉此，於使用者 H 的眼前，重疊於外界的景象而形成顯示圖像的虛像。此種基本的光學系統的總

體構成與先前相同。

【0044】 此處，為便於說明，如底下所述來定義 X 軸、Y 軸和 Z 軸以及定義 X'軸、Y'軸和 Z'軸。

如圖 1、圖 4 中所示，將使用者 H 的左眼 EL 及右眼 ER 的中間位置設為原點 O，將自使用者 H 觀看而自該原點 O 朝向前方的軸設定為 Z 軸，將與該 Z 軸正交的方向且自使用者 H 觀看而成為上方向的軸設定為 Y 軸，將與 Y 軸及 Z 軸兩者正交且自使用者 H 觀看而成為左外方的軸設定為 X 軸。另外，將自投射光學系統 12 (12L、12R) 出射至到達觀察窗 10 為止的光線的光軸 C1 與觀察窗 10 的反射面 10a 之交點設定為交點 O'，將該交點 O' 處的觀察窗 10 的法線方向且自使用者 H 觀看而朝向外方向的軸設定為 Z'軸，將與該 Z'軸正交的方向且經觀察窗 10 反射之前的光線的光軸 C1 與反射之後的光線的光軸 C2 均存在於 Y'-Z'平面上的軸設定為 Y'軸，將與 Y'軸及 Z'軸兩者正交的軸設定為 X'軸。再者，交點 O' 是與左眼 EL、右眼 ER 對應而分別存在，故如圖 4 所示，X'軸、Y'軸、Z'軸亦於左右分別存在。

【0045】 圖 8 所示的先前的 HMD 中觀察窗 100 的反射面 100a 為球面狀，相對於此，本實施例的 HMD 中，觀察窗 10 的反射面 10a 為下述 (1) 式所表示的旋轉對稱非球面形狀 (軸對稱非球面形狀)，其頂點 U 存在於 Y-Z 平面上。

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

c：曲率；

k：圓錐常數；

$$r^2 = x^2 + y^2；$$

$A_i$ ：非球面係數。

由於為非球面形狀，故交點 O'處的 Y'軸方向的曲率與 X'軸方向的曲率不同，如同後述，將前者設定得小於後者（即，使 Y'軸方向的曲率半徑大於 X'軸方向的曲率半徑）。

【0046】 以下，對本實施例的 HMD 的光學系統的詳細構成進行說明。

觀察窗 10 是繞 X 軸可旋轉地安裝於未圖示的頭盔。如圖 1 的 (a) 及圖 2 所示，於將觀察窗 10 完全放下的狀態（即，使用狀態）下，於使用者 H 的眼前，反射面 10a 成為以其上部側倒向前的方式傾斜的狀態。交點 O'處的其傾斜角（交點 O'處的反射面 10a 的切平面與直立平面所成的角度）為大於或等於 10°。

【0047】 如圖 2 所示，圖像顯示部 11 包含透射式彩色液晶顯示元件等透射式顯示元件 112 及背光照明部 111，自背光照明部 111 出射的光透射穿過透射式顯示元件 112 的顯示面，由此形成於透射式顯示元件 112 的顯示面上的圖像以顯示光的形式而出射。這一情況為左右完全對稱（即，關於 Y-Z 平面而為面對稱）。投射光學系統 12 包含多個透鏡 121、反射面為凹形狀的背面反射式鏡 122 及平板狀鏡 123。這一情況亦為左右完全對稱，但透鏡 121 及背面反射式鏡 122 是左右獨立地設置，相對於此，平板狀鏡 123 是以

恰好垂直地橫穿 Y-Z 平面的方式配置，於左右的投射光學系統 12L、投射光學系統 12R 中共用。

【0048】 自圖像顯示部 11 出射的顯示光經過透鏡(圖 2 中使用 2 片透鏡，但其片數不限) 121 而到達背面反射式鏡 122，經該背面反射式鏡 122 的入射側的折射面 122a 折射後到達反射面 122b，於該反射面 122b 聚光並且反射。然後，其反射光經平板狀鏡 123 再次反射而朝向觀察窗 10 的反射面 10a，但由於在背面反射式鏡 122 的反射面 122b 聚光，故於平板狀鏡 123 與反射面 10a 之間的光路上暫且形成中間像。圖 2 中以符號 Q 表示形成中間像的成像面。此處，於垂直方向(即，與 Y-Z 平面平行的面內)、水平方向(與 X-Z 平面平行的面內)上均形成中間像。然而，亦可於包含平板狀鏡 123 的投射光學系統 12 的內部形成中間像，而非平板狀鏡 123 與反射面 10a 之間的光路上形成中間像。

【0049】 再者，如圖 2 所示，此處，自圖像顯示部 11 出射並入射至投射光學系統 12 的透鏡 121 的顯示光的光軸並未與圖像顯示部 11 的透射式顯示元件 112 的顯示面正交。即，採用非同軸光學系統的構成。因此，會形成附加有非對稱模糊的顯示圖像。此處，藉由將背面反射式鏡 122 的折射面 122a 與反射面 122b 的至少一個或透鏡 121 設為非球面形狀，而修正如上所述的顯示圖像的模糊。

【0050】 另外，自投射光學系統 12 出射的顯示光、嚴格而言自中間像的成像面 Q 逐漸擴大並行進的顯示光照射於觀察窗 10 的反

射面 10a，於其凹面聚光並且反射。此時，Y'-Z'平面內的人射光的光軸的入射角度與 X'-Z'平面內的人射光的光軸的入射角度不同，故，若假設反射面為球面狀，則兩平面內的光功率 (optical power) 產生差，導致散光像差。相對於此，本實施例的 HMD 中，以與所述入射光的光軸的入射角度的差異對應的程度，使 Y'-Z'平面內的曲率小於 X'-Z'平面內的曲率，藉此使兩平面內的光功率為大致相同程度。實際上，所述曲率的差很小。再者，通常這些曲率半徑均為 50 mm~500 mm 的範圍內。

【0051】 藉由如此，於 Y'-Z'平面內與 X'-Z'平面內使光功率基本相等，於顯示光分別到達兩眼 EL、ER 時散光像差幾乎不成問題。藉此，使用者 H 可於垂直方向、水平方向上均以虛像的形式觀測到視野廣的顯示圖像。

【0052】 再者，只要觀察窗 10 的反射面 10a 的形狀為非球面形狀，則不限於如上所述之將點 U 設為頂點的旋轉對稱非球面形狀。例如亦可為以下的 (2) 式所定義的環形面形狀。

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

另外，亦可為以下的 (3) 式所定義，且相對於與兩眼 EL、ER 分別對應的 Y'軸而為面對稱的自由曲面形狀。

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

$A_{ij}$ ：自由曲面係數。

【0053】 另外，於所述實施例的 HMD 中，圖像顯示部 11 或投射

光學系統 12 的構成可分別適當變更。

圖 5～圖 7 分別為關於顯示部而示出不同構成的示例的概略圖。

【0054】 圖 5 所示的圖像顯示部 11A 是由照明部 11A1、反射式彩色液晶顯示元件等反射式顯示元件 11A2、及包含光束分離器等反射式光學元件 11A3 所構成。自照明部 11A1 出射的光經反射式光學元件 11A3 反射而朝向反射式顯示元件 11A2。繼而，於經反射式顯示元件 11A2 的顯示面反射時，接受該顯示面中形成的圖像資訊，以顯示光的形式通過反射式光學元件 11A3 而向外部出射。

【0055】 圖 6 所示的圖像顯示部 11B 包含有機 EL 顯示器等自發光式顯示元件 11B1。於該構成中，顯示元件 11B1 自身發光而出射顯示光，故無需另設置照明部。

【0056】 圖 7 所示的圖像顯示部 11C 是由小型投影機 11C1 及小型屏幕 11C2 所構成。自小型投影機 11C1 出射的顯示光投影至小型屏幕 11C2 上，於該小型屏幕 11C2 中形成經放大的顯示圖像。繼而，該小型屏幕 11C2 上的顯示圖像直接以顯示光的形式出射。

【0057】 再者，於圖 2 所示的所述實施例的構成中，藉由使用單色顯示元件作為顯示元件 112，且背光照明部 111 使用彩色或發出二色或二色以上的光的小型投影機，亦可實質上形成彩色或二色或二色以上的顯示圖像。

【0058】 而且，所述實施例僅為本發明的一例，不限於所述記載

的變形例，即便於本發明的主旨範圍內適當進行變更或修正、追加，亦當然包含於本案申請專利範圍內。

**【符號說明】**

**【0059】**

1：頭盔顯示器（HMD）

10、100：觀察窗

10a、100a：反射面

11、11A、11B、11C、11L、11R、101：圖像顯示部

11A1：照明部

11A2：反射式顯示元件

11A3：反射式光學元件

11B1：自發光式顯示元件

11C1：小型投影機

11C2：小型屏幕

12、12L、12R、102：投射光學系統

111：背光照明部

112：透射式顯示元件

121：透鏡

122：背面反射式鏡

122a：折射面

122b：反射面

123：平板狀鏡

C1：入射光束的光軸

C2：出射光束的光軸

EL：左眼

ER：右眼

H：使用者

O：原點

O'：交點

Q：成像面

U：頂點

X、Y、Z、X'、Y'、Z'：軸



I681211

## 【發明摘要】

【中文發明名稱】頭戴式顯示裝置

【英文發明名稱】HELMET MOUNTED DISPLAY DEVICE

【中文】

本發明提出一種頭戴式顯示裝置，目的在於：於航空器用的頭盔顯示器中減輕散光像差而可觀察廣視野的顯示圖像。將自投射光學系統（12）投影顯示光的觀察窗（10）的反射面（10a）的形狀設為垂直方向的曲率小於水平方向的非球面形狀而不是球面形狀。藉由該曲率之差而消除由對反射面（10a）的入射角度的不同等所引起的光功率差，減輕散光像差。另外，於投射光學系統（12）的內部或自投射光學系統（12）至反射面（10a）為止的顯示光的光路中途，於垂直方向及水平方向上均形成中間像，藉此提高光學元件的配置自由度，並實現小型化、輕量化。

【指定代表圖】圖 1。

【代表圖之符號簡單說明】

1：頭盔顯示器（HMD）

10：觀察窗

10a：反射面

11：圖像顯示部

12：投射光學系統

C1：入射光束的光軸

C2：出射光束的光軸

EL：左眼

ER：右眼

H：使用者

O：原點

O'：交點

U：頂點

X、Y、Z、X'、Y'、Z'：軸

【特徵化學式】

無

## 【發明申請專利範圍】

【第1項】一種頭戴式顯示裝置，具備：頭盔，由使用者佩戴於頭部；觀察窗，安裝於所述頭盔，且配置於使用者的眼前並且為向外方鼓出的曲面狀；顯示部，形成顯示圖像；以及投射光學系統，將包含所述顯示部的顯示圖像作為資訊的顯示光投影至所述觀察窗的反射作用面；並且所述頭戴式顯示裝置用於重疊於通過所述觀察窗所看到的外界的景象而形成所述顯示圖像的虛像，且所述頭戴式顯示裝置的特徵在於：

於將朝向水平前方的使用者的左右兩眼之間的中央位置定義為原點  $O$ ，將自使用者觀看而自原點  $O$  朝向前方的軸定義為  $Z$  軸，將相對於  $Z$  軸而正交且自使用者觀看而朝向上方向的軸定義為  $Y$  軸，將與  $Z$  軸及  $Y$  軸均正交的軸定義為  $X$  軸，並且將朝向所述觀察窗的反射作用面的入射光線的光軸與所述反射作用面之交點定義為  $O'$ ，將該反射作用面的所述交點  $O'$  處的法線定義為  $Z'$  軸，將與所述  $Z'$  軸正交且與  $Z'$  軸形成包含所述入射光線的光軸、及針對所述入射光線由所述反射作用面反射並朝向使用者的眼而行進的出射光線的光軸的平面的軸定義為  $Y'$  軸，將與  $Y'$  軸及  $Z'$  軸均正交的軸定義為  $X'$  軸時，

於所述投射光學系統的內部、或所述投射光學系統與所述反射作用面之間的光路中途，與  $Y-Z$  平面平行的面上以及與  $X-Z$  平面平行的面上，均形成中間像，

所述觀察窗相對於所述頭盔以與  $X$  軸平行的軸為中心為可旋

轉，且可藉由向上方滑動而由使用者佩戴或脫下所述頭盔，另一方面，於使用所述觀察窗時，將所述觀察窗保持於使用者的眼前且以其反射作用面的上側倒向外方的方式傾斜的狀態，

所述觀察窗的反射作用面的形狀為  $Y'-Z'$  平面內的曲率以如下程度小於  $X'-Z'$  平面內的曲率的非球面形狀，即，相當於由顯示光對所述反射作用面的入射角的不同所致的光功率差異的程度。

【第2項】如申請專利範圍第 1 項所述的頭戴式顯示裝置，其中所述觀察窗的反射作用面為自由曲面形狀，且相對於與使用者的兩眼分別對應的  $Y'$  軸而為面對稱形狀。

【第3項】如申請專利範圍第 1 項所述的頭戴式顯示裝置，其中所述觀察窗的反射作用面為相對於位於  $Z-Y$  平面上的頂點而呈旋轉對稱的非球面形狀。

【第4項】如申請專利範圍第 1 項所述的頭戴式顯示裝置，其中所述觀察窗的反射作用面為曲率於  $Y'-Z'$  平面內與  $X'-Z'$  平面內彼此不同的環形面形狀。

【第5項】如申請專利範圍第 1 項所述的頭戴式顯示裝置，其中交點  $O'$  處的所述反射作用面的傾斜角為大於或等於  $10^\circ$ ，所述反射作用面的  $Y'-Z'$  平面內與  $X'-Z'$  平面內的曲率半徑均為  $50\text{ mm} \sim 500\text{ mm}$  的範圍內，所述觀察窗的厚度為  $0.1\text{ mm} \sim 10\text{ mm}$  的範圍內。

【第6項】如申請專利範圍第 5 項所述的頭戴式顯示裝置，其中所述觀察窗於其內面或外面形成有與所述觀察窗的基材不同材料的表面層。

【第7項】 如申請專利範圍第 1 項所述的頭戴式顯示裝置，其中所述投射光學系統包含至少一片反射鏡，所述反射鏡的反射作用面為非球面形狀。

【第8項】 如申請專利範圍第 7 項所述的頭戴式顯示裝置，其中所述反射鏡的反射作用面為凹面。

【第9項】 如申請專利範圍第 8 項所述的頭戴式顯示裝置，其中所述反射鏡為背面反射鏡，除了具有反射作用以外亦具有折射作用。

【第10項】 如申請專利範圍第 9 項所述的頭戴式顯示裝置，其中具有所述折射作用的面為非球面形狀。

【第11項】 如申請專利範圍第 1 項所述的頭戴式顯示裝置，其中所述投射光學系統包含至少一片於兩面具有折射作用的透鏡，所述透鏡的至少一面為非球面形狀。

【第12項】 如申請專利範圍第 11 項所述的頭戴式顯示裝置，其中所述透鏡的折射率  $n_d$  為大於或等於 1.58。

【第13項】 如申請專利範圍第 1 項所述的頭戴式顯示裝置，其中所述顯示部進行二色或二色以上的顯示。

【第14項】 如申請專利範圍第 1 項所述的頭戴式顯示裝置，其中以成為自所述顯示部出射的顯示光的視野中心的主光線相對於所述顯示部的顯示面而以非正交方向的角度出射的方式，配置有所述顯示部及所述投射光學系統。

【第15項】 如申請專利範圍第 1 項所述的頭戴式顯示裝置，其中以成為自所述顯示部出射的顯示光的視野中心的主光線自偏離所

述顯示部的顯示面中心的位置出射的方式，配置有所述顯示部及所述投射光學系統。

【第16項】如申請專利範圍第1項所述的頭戴式顯示裝置，其中所述顯示部是包含透射式的顯示元件、以及對所述顯示元件自背面側照射照明光的背光照明部而構成。

【第17項】如申請專利範圍第1項所述的頭戴式顯示裝置，其中所述顯示部是包含反射式的顯示元件、出射照明光的照明部、以及將所述照明光照射於所述顯示元件的顯示面側並且對經所述顯示面反射的光進行導引的反射式光學系統而構成。

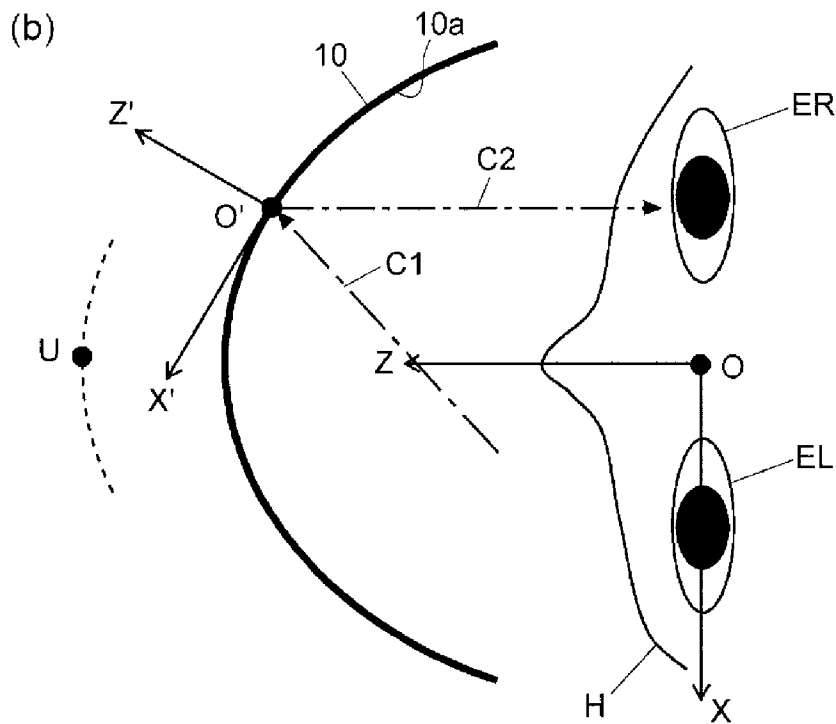
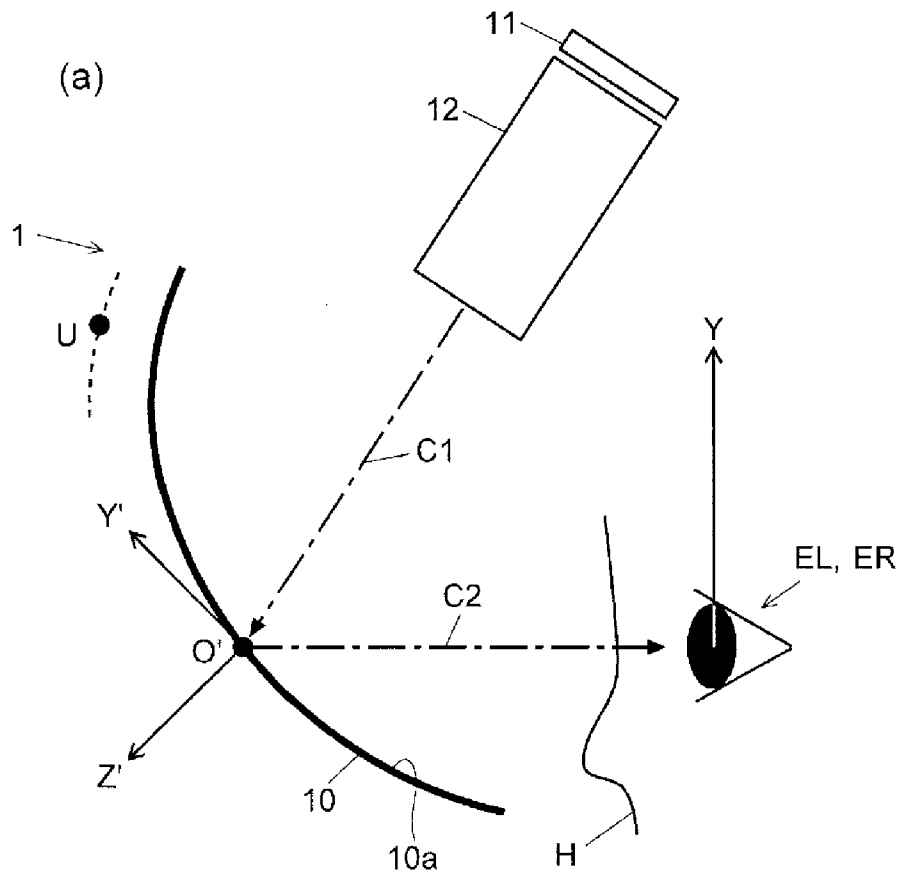
【第18項】如申請專利範圍第1項所述的頭戴式顯示裝置，其中所述顯示部包含自發光式的顯示元件。

【第19項】如申請專利範圍第1項所述的頭戴式顯示裝置，其中所述顯示部包含小型投影機及小型屏幕。

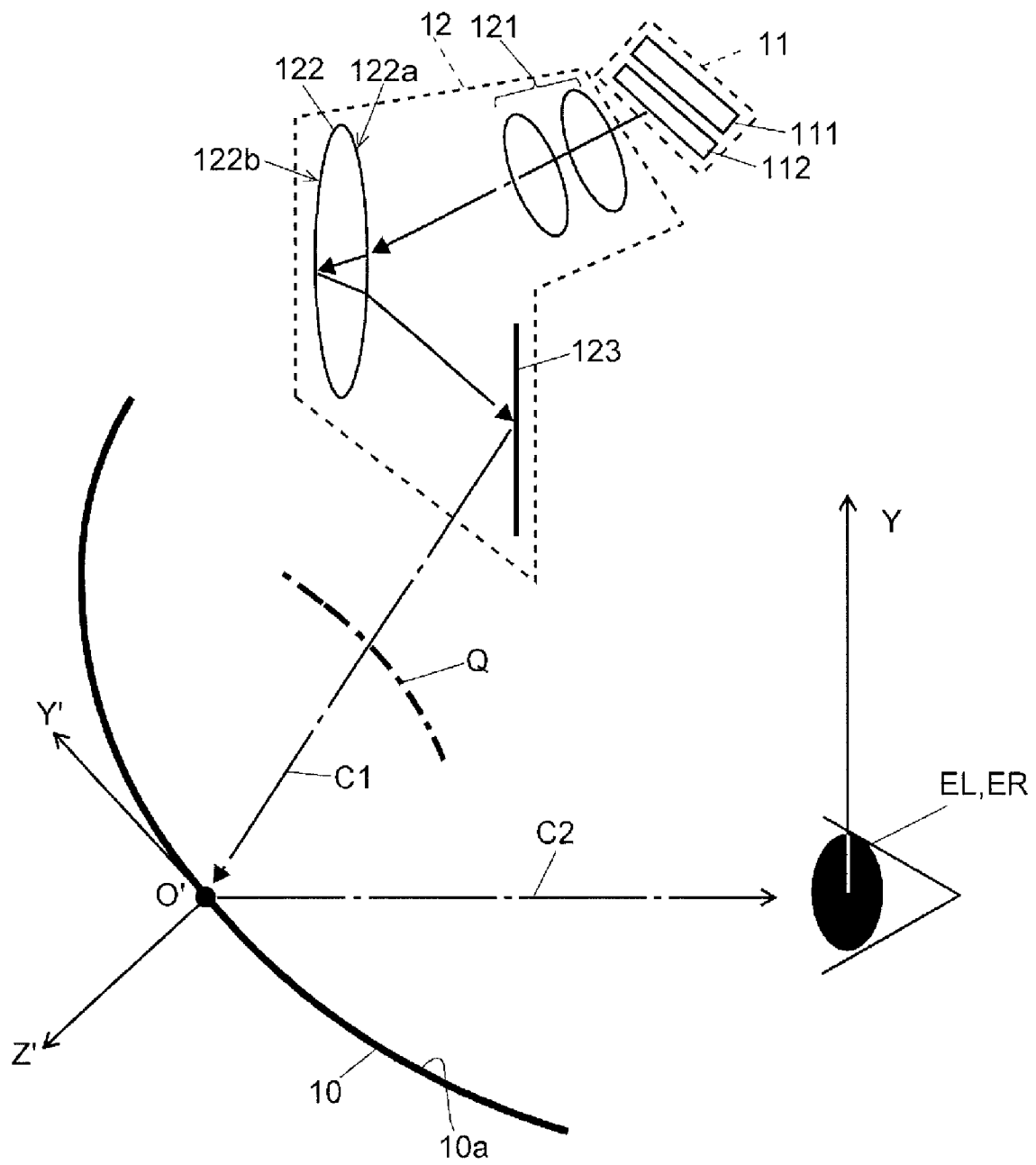
【第20項】如申請專利範圍第13項所述的頭戴式顯示裝置，其中所述顯示部包含透射式的顯示元件、及對所述顯示元件自背面側照射照明光且至少一部分為小型投影機的背光照明部。

【第21項】如申請專利範圍第1項所述的頭戴式顯示裝置，其中所述顯示部及所述投射光學系統是與使用者的兩眼對應而設有左右一對，構成所述左右一對的投射光學系統的光學元件的一部分是共同地用於兩眼。

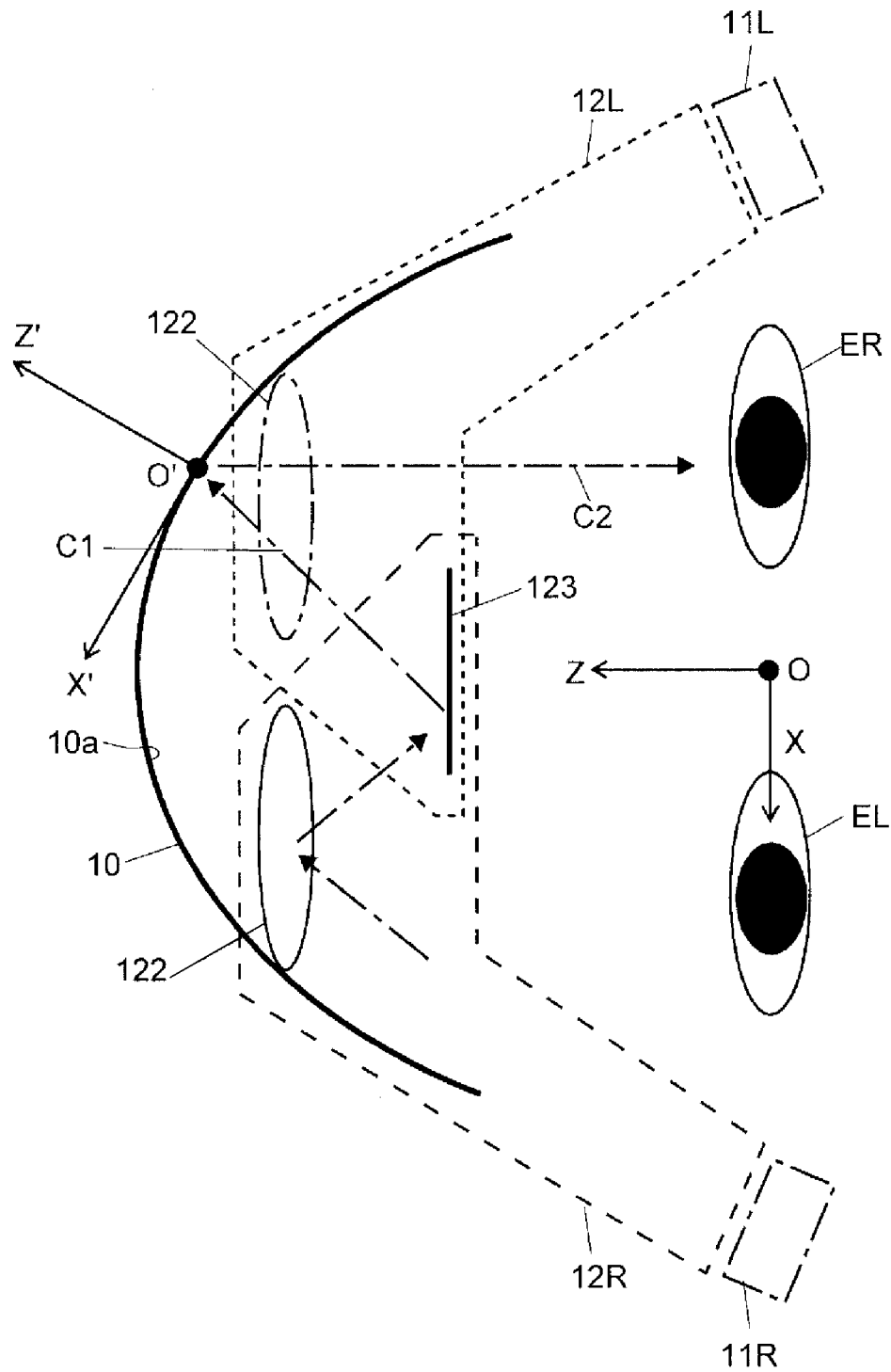
【發明圖式】



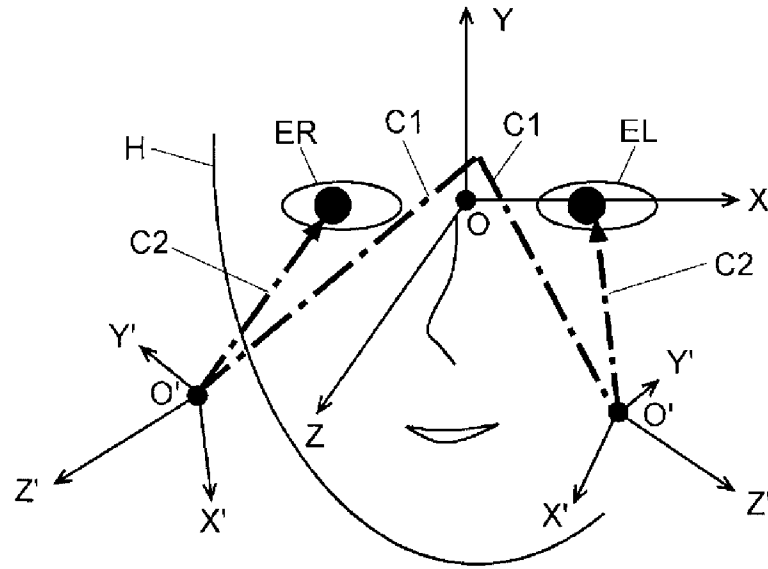
【圖1】



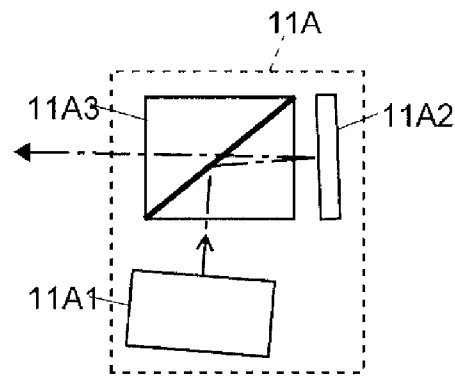
【圖2】



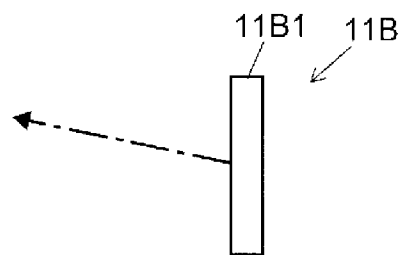
【圖3】



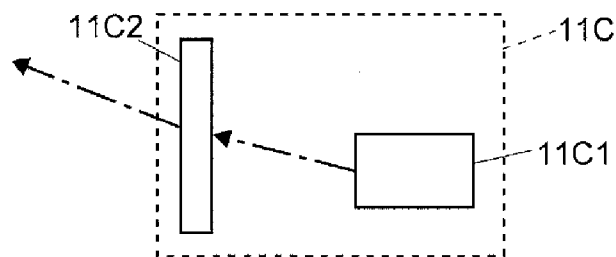
【圖4】



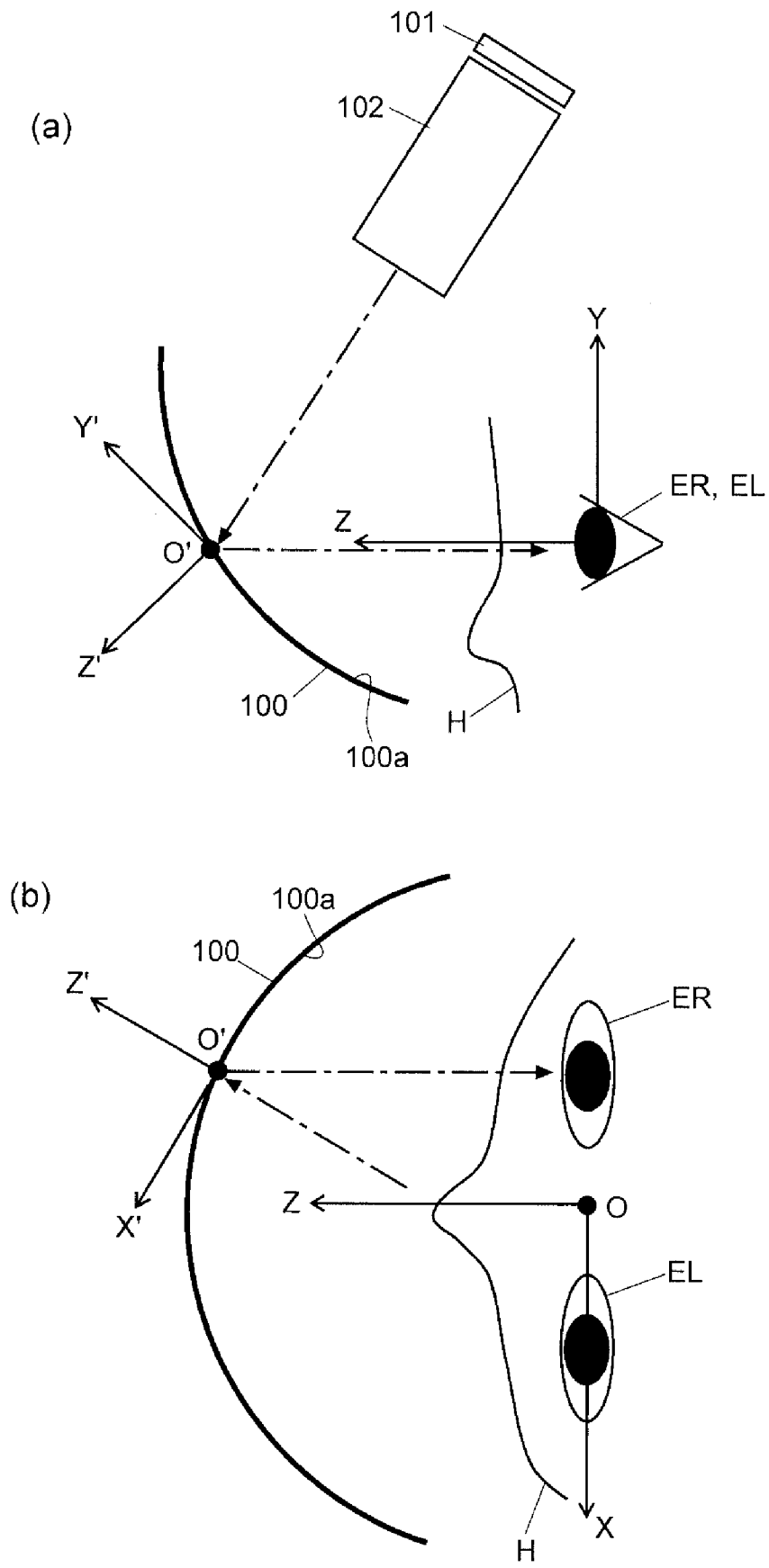
【圖5】



【圖6】



【圖7】



【圖8】