



(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 I594015 B

(45) 公告日：中華民國 106 (2017) 年 08 月 01 日

(21) 申請案號：105134484 (22) 申請日：中華民國 105 (2016) 年 10 月 26 日

(51) Int. Cl. : **G02B25/00 (2006.01)** **G02B3/02 (2006.01)**  
**G02B3/08 (2006.01)**

(30) 優先權：2016/09/29 中國大陸 201610862363.5

(71) 申請人：玉晶光電股份有限公司 (中華民國) GENIUS ELECTRONIC OPTICAL CO., LTD.  
 (TW)  
 臺中市大雅區中部科學園區科雅東路 1 號

(72) 發明人：張加欣 JHANG, JIA-SIN (TW)；陳白娜 CHEN, BAI-NA (CN)；謝振鋒 XIE, ZHEN-FENG (CN)

(74) 代理人：葉璟宗；卓俊傑

(56) 參考文獻：  
 US 5835279 US 6349004B1

審查人員：劉人維

申請專利範圍項數：20 項 圖式數：23 共 59 頁

(54) 名稱

目鏡光學系統

OCULAR OPTICAL SYSTEM

(57) 摘要

一種目鏡光學系統，從目側至顯示側沿一光軸依序包括一第一透鏡及一第二透鏡，且第一透鏡與第二透鏡各自包括一目側面及一顯示側面。第一透鏡的目側面具有位於光軸附近區域的凸面部，且第二透鏡具有負屈光率。目鏡光學系統符合： $1.5 \leq |f2/f1|$ ；及  $250 \text{ 毫米}/EFL \leq 10$ ，其中  $f2$  為第二透鏡的焦距， $f1$  為第一透鏡的焦距，且  $EFL$  為目鏡光學系統的系統焦距。

An ocular optical system includes a first lens element and a second lens element from an eye side to a display side in order along an optical axis. The first lens element and the second lens element each include an eye-side surface and a display-side surface. The eye-side surface of the first lens element has a convex portion in a vicinity of the optical axis. The second lens element has negative refracting power. The ocular optical system satisfies  $1.5 \leq |f2/f1|$  and  $250 \text{ millimeters}/EFL \leq 10$ , wherein  $f2$  is the focal length of the second lens element,  $f1$  is the focal length of the first lens element, and  $EFL$  is the effective focal length of the ocular optical system.

指定代表圖：

符號簡單說明：

10：目鏡光學系統

100：顯示畫面 2：瞳

孔 3：第一透鏡 31、

41：目側面 311、

313、321、323、

411：凸面部 414、

422、424：凹面部

32、42：顯示側面

4：第二透鏡 I：光軸

 $\omega$ ：半眼視視角

第六實施例							
系統焦距= 32.106 mm, 半眼視視角= 44.999°, TTL= 37.451 mm, EPD= 2.000 mm, 0.5DLD= 30.550 mm, SL= 45.451 mm							
透鏡	面	曲率半徑 (mm)	厚度 (mm)	折射率	阿貝數	焦距 (mm)	有效半徑 (mm)
瞳孔 2		無限大	8.000				2
第一透鏡 3	目側面 31	31.313	6.794	1.492	57.441	23.269	16.692
	顯示側面 32	-16.675	0.755				17.305
第二透鏡 4	目側面 41	-33.765	2.500	1.661	20.401	-78.568	17.267
	顯示側面 42	-100.793	27.402				16.753
	顯示畫面 100	無限大					30.61

【圖 29】

面	K	$a_2$	$a_4$	$a_6$
31	0.000000E+00	0.000000E+00	-6.551000E-06	0.000000E+00
32	-2.333248E+00	0.000000E+00	-1.129700E-05	0.000000E+00
41	0.000000E+00	0.000000E+00	9.947200E-05	-1.790000E-07
42	0.000000E+00	0.000000E+00	8.948300E-05	-8.300000E-08

【圖 30】



申請日: 105/10/26

IPC分類: **G02B 25/00** (2006.01)  
**G02B 3/02** (2006.01)  
**G02B 3/08** (2006.01)

## 【發明摘要】

【中文發明名稱】目鏡光學系統

【英文發明名稱】OCULAR OPTICAL SYSTEM

【中文】一種目鏡光學系統，從目側至顯示側沿一光軸依序包括一第一透鏡及一第二透鏡，且第一透鏡與第二透鏡各自包括一目側面及一顯示側面。第一透鏡的目側面具有位於光軸附近區域的凸面部，且第二透鏡具有負屈光率。目鏡光學系統符合： $1.5 \leq |f2/f1|$ ；及 $250 \text{毫米}/EFL \leq 10$ ，其中 $f2$ 為第二透鏡的焦距， $f1$ 為第一透鏡的焦距，且 $EFL$ 為目鏡光學系統的系統焦距。

【英文】An ocular optical system includes a first lens element and a second lens element from an eye side to a display side in order along an optical axis. The first lens element and the second lens element each include an eye-side surface and a display-side surface. The eye-side surface of the first lens element has a convex portion in a vicinity of the optical axis. The second lens element has negative refracting power. The ocular optical system satisfies  $1.5 \leq |f2/f1|$  and  $250 \text{ millimeters}/EFL \leq 10$ , wherein  $f2$  is the focal length of the second lens element,  $f1$  is the focal length of the first lens element, and  $EFL$  is the effective focal length of the ocular optical system.

【指定代表圖】圖7。

## 【代表圖之符號簡單說明】

10：目鏡光學系統

100：顯示畫面

2：瞳孔

3：第一透鏡

31、41：目側面

311、313、321、323、411：凸面部

414、422、424：凹面部

32、42：顯示側面

4：第二透鏡

I：光軸

$\omega$ ：半眼視視角

## 【發明說明書】

【中文發明名稱】目鏡光學系統

【英文發明名稱】OCULAR OPTICAL SYSTEM

【技術領域】

【0001】本發明是有關於一種光學系統，且特別是有關於一種目鏡光學系統。

【先前技術】

【0002】虛擬實境（Virtual Reality, VR）是利用電腦技術模擬產生一個三維空間的虛擬世界，提供使用者關於視覺、聽覺等感官模擬，讓使用者感覺身歷其境。目前現有的 VR 裝置都是以視覺體驗為主。藉由對應左右眼的兩個視角略有差異的分割畫面來模擬人眼的視差，以達到立體視覺。為了縮小虛擬實境裝置的體積，讓使用者藉由較小的顯示畫面得到放大的視覺感受，具有放大功能的目鏡光學系統成了 VR 研究發展的其中一個主題。

【0003】現有的目鏡光學系統之半眼視視角較小，讓觀察者感到視覺狹窄、解析度低且像差嚴重到顯示畫面要先進行像差補償，因此如何增加半眼視視角並加強成像品質是目鏡光學系統是一個需要改善的問題。

【發明內容】

【0004】 本發明提供一種目鏡光學系統，其在縮短系統長度的條件下，仍能保有良好的光學成像品質與大的半眼視視角。

【0005】 本發明的一實施例提出一種目鏡光學系統，用於成像光線從顯示畫面經目鏡光學系統進入觀察者的眼睛成像，朝向眼睛的方向為目側，朝向顯示畫面的方向為顯示側。目鏡光學系統從目側至顯示側沿一光軸依序包括一第一透鏡及一第二透鏡，且第一透鏡與第二透鏡各自包括一目側面及一顯示側面。第一透鏡的目側面具有位於光軸附近區域的凸面部，且第二透鏡具有負屈光率。目鏡光學系統符合： $1.5 \leq |f2/f1|$ ；及  $250 \text{ 毫米}/EFL \leq 10$ ，其中  $f2$  為第二透鏡的焦距， $f1$  為第一透鏡的焦距，且  $EFL$  為目鏡光學系統的系統焦距。

【0006】 基於上述，本發明的實施例的目鏡光學系統的有益效果在於：藉由上述透鏡的表面形狀與屈光率設計與排列，以及光學參數的設計，使目鏡光學系統在縮短系統長度的條件下，仍具備能夠有效克服像差的光學性能，提供良好的成像品質，且具有大的眼視視角（*apparent field of view*）。

【0007】 為讓本發明的上述特徵和優點能更明顯易懂，下文特舉實施例，並配合所附圖式作詳細說明如下。

### 【圖式簡單說明】

#### 【0008】

圖 1 是一示意圖，說明一目鏡光學系統。

圖 2 是一示意圖，說明一透鏡的面型結構。

圖 3 是一示意圖，說明一透鏡的面型凹凸結構及光線焦點。

圖 4 是一示意圖，說明一範例一的透鏡的面型結構。

圖 5 是一示意圖，說明一範例二的透鏡的面型結構。

圖 6 是一示意圖，說明一範例三的透鏡的面型結構。

圖 7 為本發明之第一實施例之目鏡光學系統的示意圖。

圖 8A 至圖 8D 為第一實施例之目鏡光學系統的縱向球差與各項像差圖。

圖 9 示出本發明之第一實施例之目鏡光學系統的詳細光學數據。

圖 10 示出本發明之第一實施例之目鏡光學系統的非球面參數。

圖 11 為本發明的第二實施例的目鏡光學系統的示意圖。

圖 12A 至圖 12D 為第二實施例之目鏡光學系統的縱向球差與各項像差圖。

圖 13 示出本發明之第二實施例之目鏡光學系統的詳細光學數據。

圖 14 示出本發明之第二實施例之目鏡光學系統的非球面參數。

圖 15 為本發明的第三實施例的目鏡光學系統的示意圖。

圖 16A 至圖 16D 為第三實施例之目鏡光學系統的縱向球差與各項像差圖。

圖 17 示出本發明之第三實施例之目鏡光學系統的詳細光學數據

據。

圖 18 示出本發明之第三實施例之目鏡光學系統的非球面參數。

圖 19 為本發明的第四實施例的目鏡光學系統的示意圖。

圖 20A 至圖 20D 為第四實施例之目鏡光學系統的縱向球差與各項像差圖。

圖 21 示出本發明之第四實施例之目鏡光學系統的詳細光學數據。

圖 22 示出本發明之第四實施例之目鏡光學系統的非球面參數。

圖 23 為本發明的第五實施例的目鏡光學系統的示意圖。

圖 24A 至圖 24D 為第五實施例之目鏡光學系統的縱向球差與各項像差圖。

圖 25 示出本發明之第五實施例之目鏡光學系統的詳細光學數據。

圖 26 示出本發明之第五實施例之目鏡光學系統的非球面參數。

圖 27 為本發明的第六實施例的目鏡光學系統的示意圖。

圖 28A 至圖 28D 為第六實施例之目鏡光學系統的縱向球差與各項像差圖。

圖 29 示出本發明之第六實施例之目鏡光學系統的詳細光學數據。

圖 30 示出本發明之第六實施例之目鏡光學系統的非球面參數。

圖 31 為本發明的第七實施例的目鏡光學系統的示意圖。

圖 32A 至圖 32D 為第七實施例之目鏡光學系統的縱向球差與



各項像差圖。

圖 33 示出本發明之第七實施例之目鏡光學系統的詳細光學數據。

圖 34 示出本發明之第七實施例之目鏡光學系統的非球面參數。

圖 35 為本發明的第八實施例的目鏡光學系統的示意圖。

圖 36A 至圖 36D 為第八實施例之目鏡光學系統的縱向球差與各項像差圖。

圖 37 示出本發明之第八實施例之目鏡光學系統的詳細光學數據。

圖 38 示出本發明之第八實施例之目鏡光學系統的非球面參數。

圖 39 為本發明的第九實施例的目鏡光學系統的示意圖。

圖 40A 至圖 40D 為第九實施例之目鏡光學系統的縱向球差與各項像差圖。

圖 41 示出本發明之第九實施例之目鏡光學系統的詳細光學數據。

圖 42 示出本發明之第九實施例之目鏡光學系統的非球面參數。

圖 43 與圖 44 示出本發明之第一至第九實施例之目鏡光學系統的各重要參數及其關係式的數值。

## 【實施方式】

【0009】 一般而言，目鏡光學系統 V100 的光線方向為一成像光線 VI 由顯示畫面 V50 射出，經由目鏡光學系統 V100 進入眼睛 V60，

於眼睛 V60 的視網膜聚焦成像並且於明視距離 VD 產生一放大虛像 VV，如圖 1 所示。在以下說明本案之光學規格的判斷準則是假設光線方向逆追跡 (reversely tracking) 為一平行成像光線由目側經過目鏡光學系統到顯示畫面聚焦成像。

【0010】 本篇說明書所言之「一透鏡具有正屈光率 (或負屈光率)」，是指所述透鏡以高斯光學理論計算出來之光軸上的屈光率為正 (或為負)。該目側面、顯示側面定義為成像光線通過的範圍，其中成像光線包括了主光線 (chief ray) Lc 及邊緣光線 (marginal ray) Lm，如圖 2 所示，I 為光軸且此一透鏡是以該光軸 I 為對稱軸徑向地相互對稱，光線通過光軸上的區域為光軸附近區域 A，邊緣光線通過的區域為圓周附近區域 C，此外，該透鏡還包含一延伸部 E (即圓周附近區域 C 徑向上向外的區域)，用以供該透鏡組裝於一光學成像鏡頭內，理想的成像光線並不會通過該延伸部 E，但該延伸部 E 之結構與形狀並不限於此，以下之實施例為求圖式簡潔均省略了部分的延伸部。更詳細的說，判定面形或光軸附近區域、圓周附近區域、或多個區域的範圍的方法如下：

【0011】 1. 請參照圖 2，其係一透鏡徑向上的剖視圖。以該剖視圖觀之，在判斷前述區域的範圍時，定義一中心點為該透鏡表面上與光軸的一交點，而一轉換點是位於該透鏡表面上的一點，且通過該點的一切線與光軸垂直。如果徑向上向外有複數個轉換點，則依序為第一轉換點，第二轉換點，而有效半效徑上距光軸徑向上最遠的轉換點為第 N 轉換點。中心點和第一轉換點之間的

範圍為光軸附近區域，第 N 轉換點徑向上向外的區域為圓周附近區域，中間可依各轉換點區分不同的區域。此外，有效半徑為邊緣光線  $L_m$  與透鏡表面交點到光軸 I 上的垂直距離。

**【0012】** 2. 如圖 3 所示，該區域的形狀凹凸係以平行通過該區域的光線(或光線延伸線)與光軸的交點在目側或顯示側來決定(光線焦點判定方式)。舉例言之，當光線通過該區域後，光線會朝目側聚焦，與光軸的焦點會位在目側，例如圖 2 中 R 點，則該區域為凸面部。反之，若光線通過該某區域後，光線會發散，其延伸線與光軸的焦點在顯示側，例如圖 2 中 M 點，則該區域為凹面部，所以中心點到第一轉換點間為凸面部，第一轉換點徑向上向外的區域為凹面部；由圖 2 可知，該轉換點即是凸面部轉凹面部的分界點，因此可定義該區域與徑向上相鄰該區域的內側的區域，係以該轉換點為分界具有不同的面形。另外，若是光軸附近區域的面形判斷可依該領域中通常知識者的判斷方式，以 R 值(指近軸的曲率半徑，通常指光學軟體中的透鏡資料庫(lens data)上的 R 值)正負判斷凹凸。以顯示側面來說，當 R 值為正時，判定為凸面部，當 R 值為負時，判定為凹面部；以目側面來說，當 R 值為正時，判定為凹面部，當 R 值為負時，判定為凸面部，此方法判定出的凹凸和光線焦點判定方式相同。

**【0013】** 3. 若該透鏡表面上無轉換點，該光軸附近區域定義為有效半徑的 0~50%，圓周附近區域定義為有效半徑的 50~100%。

**【0014】** 圖 4 範例一的透鏡目側表面在有效半徑上僅具有第一轉

換點，則第一區為光軸附近區域，第二區為圓周附近區域。此透鏡目側面的  $R$  值為正，故判斷光軸附近區域具有一凹面部；圓周附近區域的面形和徑向上緊鄰該區域的內側區域不同。即，圓周附近區域和光軸附近區域的面形不同；該圓周附近區域係具有一凸面部。

【0015】圖 5 範例二的透鏡顯示側表面在有效半徑上具有第一及第二轉換點，則第一區為光軸附近區域，第三區為圓周附近區域。此透鏡顯示側面的  $R$  值為正，故判斷光軸附近區域為凸面部；第一轉換點與第二轉換點間的區域(第二區)具有一凹面部，圓周附近區域(第三區)具有一凸面部。

【0016】圖 6 範例三的透鏡顯示側表面在有效半徑上無轉換點，此時以有效半徑 0%~50%為光軸附近區域，50%~100%為圓周附近區域。由於光軸附近區域的  $R$  值為正，故此顯示側面在光軸附近區域具有一凸面部；而圓周附近區域與光軸附近區域間無轉換點，故圓周附近區域具有一凸面部。

【0017】圖 7 為本發明之第一實施例之目鏡光學系統的示意圖，而圖 8A 至圖 8D 為第一實施例之目鏡光學系統的縱向球差與各項像差圖。請先參照圖 7，本發明的第一實施例之目鏡光學系統 10 用於成像光線從顯示畫面 100 經目鏡光學系統 10 及觀察者的眼睛的瞳孔 2 進入觀察者的眼睛成像，朝向眼睛的方向為目側，朝向顯示畫面 100 的方向為顯示側。目鏡光學系統 10 從目側至顯示側沿目鏡光學系統 10 的一光軸 I 依序包括一第一透鏡 3 及一第二透

鏡 4。當顯示畫面 100 所發出的光線進入目鏡光學系統 10，並依序經由第二透鏡 4 及第一透鏡 3 後，會經由瞳孔 2 進入觀察者的眼睛，而在眼睛的視網膜上形成一影像。

**【0018】** 第一透鏡 3 及第二透鏡 4 都各自具有一朝向目側且使成像光線通過之目側面 31、41 及一朝向顯示側且使成像光線通過之顯示側面 32、42。為了滿足產品輕量化的需求，第一透鏡 3 及第二透鏡 4 皆為具備屈光率，且第一透鏡 3 及第二透鏡 4 都是塑膠材質所製成，但第一透鏡 3 與第二透鏡 4 的材質仍不以此為限制。

**【0019】** 第一透鏡 3 具有正屈光率。第一透鏡 3 的目側面 31 為一凸面，且具有一位於光軸 I 附近區域的凸面部 311 及一位於圓周附近區域的凸面部 313。第一透鏡 3 的顯示側面 32 為一凸面，且具有一位於光軸 I 附近區域的凸面部 321 及一位於圓周附近區域的凸面部 323。

**【0020】** 第二透鏡 4 具有負屈光率。第二透鏡 4 的目側面 41 且具有一位於光軸 I 附近區域的凸面部 411 及一位於圓周附近區域的凹面部 414。第二透鏡 4 的顯示側面 42 為一凹面，且具有一在光軸 I 附近區域的凹面部 422 及一位於圓周附近區域的凹面部 424。

**【0021】** 此外，在本實施例中，只有上述透鏡具有屈光率，且目鏡光學系統 10 具有屈光率的透鏡只有兩片。第一透鏡 3 的目側面 31 與顯示側面 32 及第二透鏡 4 的目側面 41 與顯示側面 42 的其中之一為菲涅耳表面，即菲涅耳透鏡（Fresnel lens）的表面。在本實施例中，第一透鏡 3 的顯示側面 32 為菲涅耳表面。

【0022】 另外，第一實施例之目鏡光學系統 10 中各重要參數間的關係如圖 1 與圖 43 所示。

其中，

EPD 為目鏡光學系統 10 之出瞳直徑（exit pupil diameter），對應於觀察者的瞳孔 2 的直徑，白天約為 3 mm，晚上可到約 7 mm，如圖 1 所繪示；

ER（eye relief）為出瞳距離，即觀察者瞳孔 2 到第一透鏡 3 在光軸 I 上的距離；

$\omega$  為半眼視視角（half apparent field of view），即觀察者的一半視野角度，如圖 1 所繪示；

T1 為第一透鏡 3 在光軸 I 上的厚度；

T2 為第二透鏡 4 在光軸 I 上的厚度；

G12 為第一透鏡 3 的顯示側面 32 至第二透鏡 4 的目側面 41 在光軸 I 上的距離，即第一透鏡 3 到第二透鏡 4 在光軸 I 上的空氣間隙；

G2D 為第二透鏡 4 的顯示側面 42 至顯示畫面 100 在光軸 I 上的距離，即第二透鏡 4 到顯示畫面 100 在光軸 I 上的空氣間隙；

DLD 為觀察者單一瞳孔 2 對應之顯示畫面 100 之對角線長，如圖 1 所繪示；

明視距離（Least distance of distinct vision）為眼睛可以清楚聚焦的最近之距離，青年人通常為 250

毫米 ( millimeter, mm ) ， 如圖 1 所繪示之明視距離  
VD ；

ALT 為第一透鏡 3 與第二透鏡 4 在光軸 I 上的厚  
度的總和，即 T1 與 T2 之和；

TTL 為第一透鏡 3 的目側面 31 到顯示畫面 100 在  
光軸 I 上的距離；

TL 為第一透鏡 3 的目側面 31 至第二透 4 的顯示  
側面 42 在光軸 I 上的距離；

SL 為系統長度，即觀察者的瞳孔 2 到顯示畫面 100  
在光軸 I 上的距離；以及

EFL 為目鏡光學系統 10 的系統焦距。

另外，再定義：

f1 為第一透鏡 3 的焦距；

f2 為第二透鏡 4 的焦距；

n1 為第一透鏡 3 的折射率；

n2 為第二透鏡 4 的折射率；

v1 為第一透鏡 3 的阿貝數 ( Abbe number ) ， 阿貝  
數也可稱為色散係數；

v2 為第二透鏡 4 的阿貝數；

D1 為第一透鏡 3 的目側面 31 的光學有效徑；以  
及

D2 為第二透鏡 4 的目側面 41 的光學有效徑。

【0023】 第一實施例的其他詳細光學數據如圖 9 所示，且第一實施例的目鏡光學系統 10 整體的系統焦距（effective focal length, EFL）為 40.562 mm，半眼視視角（half apparent field of view,  $\omega$ ）為 44.999°，TTL 為 47.198 mm，EPD 為 2.000 mm，0.5 倍的 DLD 為 33.262 mm，且 SL 為 62.198 mm。其中，圖 9 中的有效半徑是指光學有效徑的一半。

【0024】 此外，在本實施例中，第一透鏡 3 的目側面 31 及第二透鏡的目側面 41 與顯示側面 42 共計三個面均是非球面，第一透鏡 3 的顯示側面 32 為菲涅耳表面，其中此菲涅耳表面的每個齒的弧面（即每個齒上用以有效折射成像光線的曲面）為非球面，而以下顯示側面 32 的非球面係數是用來表示這些齒的弧面，且這些非球面是依下列公式定義：

$$Z(Y) = \frac{Y^2}{R} / (1 + \sqrt{1 - (1 + K) \frac{Y^2}{R^2}}) + \sum_{i=1}^n a_i \times Y^i \text{-----} (1)$$

其中：

Y：非球面曲線上的點與光軸 I 的距離；

Z：非球面之深度（非球面上距離光軸 I 為 Y 的點，與相切於非球面光軸 I 上頂點之切面，兩者間的垂直距離）；

R：透鏡表面近光軸 I 處的曲率半徑；

K：錐面係數（conic constant）；

$a_i$ ：第 i 階非球面係數。



【0025】 目側面 31 及 41 與顯示側面 32 及 42 在公式(1)中的各項非球面係數如圖 10 所示。其中，圖 10 中欄位編號 31 表示其為第一透鏡 3 的目側面 31 的非球面係數，其它欄位依此類推。

【0026】 再配合參閱圖 8A 至圖 8D，圖 8A 至圖 8D 為第一實施例之目鏡光學系統 10 的各項像差圖，且為假設光線方向逆追跡為一平行成像光線由目側依序經過瞳孔 2 及目鏡光學系統 10 到顯示畫面 100 聚焦成像所得的各項像差圖。在本實施例中，上述各項像差圖中呈現的各項像差表現會決定來自顯示畫面 100 的成像光線於觀察者的眼睛的視網膜成像的各項像差表現。也就是說，當上述各項像差圖中呈現的各項像差較小時，觀察者的眼睛的視網膜的成像的各項像差表現也會較小，使得觀察者可以觀看到成像品質較佳的影像。圖 8A 的圖式說明第一實施例當其光瞳半徑 ( pupil radius ) 為 2 mm 時的縱向球差(longitudinal spherical aberration)，圖 8B 與圖 8C 的圖式則分別說明第一實施例當其波長為 470 nm、555 nm 及 650 nm 時在顯示畫面 100 上有關弧矢(sagittal)方向的場曲 ( field curvature ) 像差及子午(tangential)方向的場曲像差，圖 8D 的圖式則說明第一實施例當其波長為 470 nm、555 nm 及 650 nm 時在顯示畫面 100 上的畸變像差(distortion aberration)。本第一實施例的縱向球差圖示圖 8A 中，每一種波長所成的曲線皆很靠近並向中間靠近，說明每一種波長不同高度的離軸光線皆集中在成像點附近，由每一波長的曲線的偏斜幅度可看出，不同高度的離軸光線的成像點偏差控制在 $\pm 0.37$  毫米的範圍內，故本實施例確實明

顯改善相同波長的球差，此外，三種代表波長彼此間的距離也相當接近，代表不同波長光線的成像位置已相當集中，因而使色像差也獲得明顯改善。

【0027】 在圖 8B 與圖 8C 的二個場曲像差圖示中，三種代表波長在整個視場範圍內的焦距變化量落在 $\pm 3.5$  毫米內，說明本第一實施例的光學系統能有效消除像差。而圖 8D 的畸變像差圖式則顯示本第一實施例的畸變像差維持在 $\pm 18\%$ 的範圍內，說明本第一實施例的畸變像差已符合光學系統的成像品質要求，據此說明本第一實施例相較於現有目鏡光學系統，在 SL 已縮短至 62.198 mm 左右的條件下，仍能提供良好的成像品質，故本第一實施例能在維持良好光學性能之條件下，縮短光學系統長度以及擴大眼視視角，以實現小型化、低像差且大眼視視角的產品設計。

【0028】 圖 11 為本發明的第二實施例的目鏡光學系統的示意圖，而圖 12A 至圖 12D 為第二實施例之目鏡光學系統的縱向球差與各項像差圖。請先參照圖 11，本發明目鏡光學系統 10 的一第二實施例，其與第一實施例大致相似，而兩者的差異如下所述：各光學數據、非球面係數及這些透鏡 3 及 4 間的參數或多或少有些不同。此外，在本實施例中，第二透鏡 4 的目側面 41 為一凸面，且具有一位於光軸 I 附近區域的凸面部 411 及一位於圓周附近區域的凸面部 413。在此需注意的是，為了清楚地顯示圖面，圖 11 中省略部分與第一實施例相同的凹面部與凸面部的標號。

【0029】 目鏡光學系統 10 詳細的光學數據如圖 13 所示，且第二

實施例的目鏡光學系統 10 整體的 EFL 為 39.843 mm， $\omega$  為 44.744°，TTL 為 46.202 mm，EPD 為 2.000 mm，0.5 倍的 DLD 為 30.894 mm，且 SL 為 61.243 mm。

【0030】如圖 14 所示，則為第二實施例的目側面 31 及 41 與顯示側面 32 及 42 在公式(1)中的各項非球面係數。

【0031】另外，第二實施例之目鏡光學系統 10 中各重要參數間的關係如圖 43 所示。

【0032】本第二實施例在其光瞳半徑為 2.0000 mm 時的縱向球差圖示圖 12A 中，不同高度的離軸光線的成像點偏差控制在 $\pm 0.35$ 毫米的範圍內。在圖 12B 與圖 12C 的二個場曲像差圖示中，三種代表波長在整個視場範圍內的焦距變化量落在 $\pm 2.5$ 毫米內。而圖 12D 的畸變像差圖式則顯示本第二實施例的畸變像差維持在 $\pm 2\%$ 的範圍內。據此說明本第二實施例相較於第一實施例，在 SL 已縮短至 61.243 mm 左右的條件下，仍能提供良好的成像品質。

【0033】經由上述說明可得知，第二實施例相較於第一實施例的優點在於：第二實施例的系統長度 SL 比第一實施例的系統長度 SL 短，第二實施例的縱向球差小於第一實施例的縱向球差，且第二實施例的場曲小於第一實施例的場曲。

【0034】圖 15 為本發明的第三實施例的目鏡光學系統的示意圖，而圖 16A 至圖 16D 為第三實施例之目鏡光學系統的縱向球差與各項像差圖。請先參照圖 15，本發明目鏡光學系統 10 的一第三實施例，其與第一實施例大致相似，而兩者的差異如下所述：各光學

數據、非球面係數及這些透鏡 3 及 4 間的參數或多或少有些不同，此外，在本實施例中，第二透鏡 4 的目側面 41 具有一位於光軸 I 附近區域的凹面部 412 及一位於圓周附近區域的凸面部 413。另外，在本實施例中，第二透鏡 4 的顯示側面 42 具有一位於光軸 I 附近區域的凸面部 421 及一位於圓周附近區域的凹面部 424。在此需注意的是，為了清楚地顯示圖面，圖 15 中省略與第一實施例相同的凹面部與凸面部的標號。

【0035】 目鏡光學系統 10 詳細的光學數據如圖 17 所示，且第三實施例的目鏡光學系統 10 整體的 EFL 為 31.996 mm， $\omega$  為 50.209°，TTL 為 37.688 mm，EPD 為 2.000 mm，0.5 倍的 DLD 為 30.503 mm，且 SL 為 45.688 mm。

【0036】 如圖 18 所示，則為第三實施例的目側面 31 及 41 與顯示側面 32 及 42 在公式(1)中的各項非球面係數。

【0037】 另外，第三實施例之目鏡光學系統 10 中各重要參數間的關係如圖 43 所示。

【0038】 本第三實施例在其光瞳半徑為 2.0000 mm 時的縱向球差圖示圖 16A 中，不同高度的離軸光線的成像點偏差控制在 $\pm 0.13$ 毫米的範圍內。在圖 16B 與圖 16C 的二個場曲像差圖示中，三種代表波長在整個視場範圍內的焦距變化量落在 $\pm 0.35$ 毫米內。而圖 16D 的畸變像差圖式則顯示本第三實施例的畸變像差維持在 $\pm 20\%$ 的範圍內。據此說明本第三實施例相較於現有光學鏡頭，在系統長度 SL 已縮短至 45.688 mm 左右的條件下，仍能提供良好的成像

品質。

【0039】經由上述說明可得知，第三實施例相較於第一實施例的優點在於：第三實施例的目鏡光學系統 10 的系統長度 SL 小於第一實施例的系統長度 SL，第三實施例的半眼視視角  $\omega$  大於第一實施例的半眼視視角  $\omega$ ，第三實施例的縱向球差小於第一實施例的縱向球差，第三實施例的場曲小於第一實施例的場曲，且第三實施例的透鏡的光軸與圓周附近區域的厚薄差異比第一實施例小，因此第三實施例比第一實施例易於製造，所以良率較高。

【0040】圖 19 為本發明的第四實施例的目鏡光學系統的示意圖，而圖 20A 至圖 20D 為第四實施例之目鏡光學系統的縱向球差與各項像差圖。請先參照圖 19，本發明目鏡光學系統 10 的一第四實施例，其與第一實施例大致相似，而兩者的差異如下所述：各光學數據、非球面係數及這些透鏡 3 及 4 間的參數或多或少有些不同。此外，在本實施例中，第二透鏡 4 的目側面 41 具有一位於光軸 I 附近區域的凹面部 412 及一位於圓周附近區域的凸面部 413。再者，在本實施例中，第二透鏡 4 的顯示側面 42 具有一位於光軸 I 附近區域的凸面部 421 及一位於圓周附近區域的凹面部 424。在此需注意的是，為了清楚地顯示圖面，圖 19 中省略與第一實施例相同的凹面部與凸面部的標號。

【0041】目鏡光學系統 10 詳細的光學數據如圖 21 所示，且第四實施例的目鏡光學系統 10 整體的 EFL 為 33.001 mm， $\omega$  為 50.030°，TTL 為 37.760 mm，EPD 為 2.000 mm，0.5 倍的 DLD 為 30.550

mm，且 SL 為 45.760 mm。

【0042】如圖 22 所示，則為第四實施例的目側面 31 及 41 與顯示側面 32 及 42 在公式(1)中的各項非球面係數。

【0043】另外，第四實施例之目鏡光學系統 10 中各重要參數間的關係如圖 43 所示。

【0044】本第四實施例在光瞳半徑為 2.0000 mm 時的縱向球差圖示圖 20A 中，不同高度的離軸光線的成像點偏差控制在 $\pm 0.13$  毫米的範圍內。在圖 20B 與圖 20C 的二個場曲像差圖示中，三種代表波長在整個視場範圍內的焦距變化量落在 $\pm 0.55$  毫米內。而圖 20D 的畸變像差圖式則顯示本第四實施例的畸變像差維持在 $\pm 25\%$ 的範圍內。據此說明本第四實施例相較於現有光學鏡頭，在系統長度 SL 已縮短至 45.760 mm 左右的條件下，仍能提供良好的成像品質。

【0045】經由上述說明可得知，第四實施例相較於第一實施例的優點在於：第四實施例的目鏡光學系統 10 的系統長度 SL 小於第一實施例的系統長度 SL，第四實施例的半眼視視角  $\omega$  大於第一實施例的半眼視視角  $\omega$ ，第四實施例的球面像差小於第一實施例的球面像差，第四實施例的場曲小於第一實施例的場曲，且第四實施例的透鏡的光軸與圓周附近區域的厚薄差異比第一實施例小，因此第四實施例比第一實施例易於製造，所以良率較高。

【0046】圖 23 為本發明的第五實施例的目鏡光學系統的示意圖，而圖 24A 至圖 24D 為第五實施例之目鏡光學系統的縱向球差與各項像差圖。請先參照圖 23，本發明目鏡光學系統 10 的一第五實施

例，其與第一實施例大致相似，而兩者的差異如下所述：各光學數據、非球面係數及這些透鏡 3 及 4 間的參數或多或少有些不同，此外，在本實施例中，第二透鏡 4 的目側面 41 為一凸面，且具有一位於光軸 I 附近區域的凸面部 411 及一位於圓周附近區域的凸面部 413。在此需注意的是，為了清楚地顯示圖面，圖 23 中省略與第一實施例相同的凹面部與凸面部的標號。

**【0047】** 目鏡光學系統 10 詳細的光學數據如圖 25 所示，且第五實施例的目鏡光學系統 10 整體的 EFL 為 50.719 mm， $\omega$  為 44.002°，TTL 為 59.009 mm，EPD 為 2.000 mm，0.5 倍的 DLD 為 54.899 mm，且 SL 為 75.146 mm。

**【0048】** 如圖 26 所示，則為第五實施例的目側面 31 及 41 與顯示側面 32 及 42 在公式(1)中的各項非球面係數。

**【0049】** 另外，第五實施例之目鏡光學系統 10 中各重要參數間的關係如圖 43 所示。

**【0050】** 本第五實施例在其光瞳半徑為 2.0000 mm 時的縱向球差圖示圖 24A 中，不同高度的離軸光線的成像點偏差控制在 $\pm 0.65$  毫米的範圍內。在圖 24B 與圖 24C 的二個場曲像差圖示中，三種代表波長在整個視場範圍內的焦距變化量落在 $\pm 8$  毫米內。而圖 24D 的畸變像差圖式則顯示本第五實施例的畸變像差維持在 $\pm 3.5\%$ 的範圍內。據此說明本第五實施例相較於現有光學鏡頭，在系統長度 SL 已縮短至 75.146 mm 左右的條件下，仍能提供良好的成像品質。

【0051】經由上述說明可得知，第五實施例相較於第一實施例的優點在於：第五實施例的畸變小於第一實施例的畸變，且第五實施例的透鏡的光軸與圓周附近區域的厚薄差異比第一實施例小，因此第五實施例比第一實施例易於製造，所以良率較高。

【0052】圖 27 為本發明的第六實施例的目鏡光學系統的示意圖，而圖 28A 至圖 28D 為第六實施例之目鏡光學系統的縱向球差與各項像差圖。請先參照圖 27，本發明目鏡光學系統 10 的一第六實施例，其與第一實施例大致相似，而兩者的差異如下所述：各光學數據、非球面係數及這些透鏡 3 及 4 間的參數或多或少有些不同，此外，在本實施例中，第二透鏡 4 的目側面 41 面具有一位於光軸 I 附近區域的凹面部 412 及一位於圓周附近區域的凸面部 413。另外，在本實施例中，第二透鏡 4 的顯示側面 42 具有一位於光軸 I 附近區域的凸面部 421 及一位於圓周附近區域的凹面部 424。在此需注意的是，為了清楚地顯示圖面，圖 27 中省略與第一實施例相同的凹面部與凸面部的標號。

【0053】目鏡光學系統 10 詳細的光學數據如圖 29 所示，且第六實施例的目鏡光學系統 10 整體的 EFL 為 32.106 mm， $\omega$  為 44.999°，TTL 為 37.451 mm，EPD 為 2.000 mm，0.5 倍的 DLD 為 30.550 mm，且 SL 為 45.451 mm。

【0054】如圖 30 所示，則為第六實施例的目側面 31 及 41 與顯示側面 32 及 42 在公式(1)中的各項非球面係數。

【0055】另外，第六實施例之目鏡光學系統 10 中各重要參數間的



關係如圖 44 所示。

【0056】 本第六實施例在其光瞳半徑為 2.0000 mm 時的縱向球差圖示圖 28A 中，不同高度的離軸光線的成像點偏差控制在 $\pm 0.13$  毫米的範圍內。在圖 28B 與圖 28C 的二個場曲像差圖示中，三種代表波長在整個視場範圍內的焦距變化量落在 $\pm 0.8$  毫米內。而圖 28D 的畸變像差圖式則顯示本第六實施例的畸變像差維持在 $\pm 20\%$  的範圍內。據此說明本第六實施例相較於現有光學鏡頭，在系統長度 SL 已縮短至 45.451 mm 左右的條件下，仍能提供良好的成像品質。

【0057】 經由上述說明可得知，第六實施例相較於第一實施例的優點在於：第六實施例的系統長度 SL 小於第一實施例的系統長度 SL，第六實施例的縱向球差小於第一實施例的縱向球差，第六實施例的場曲小於第一實施例的場曲，且第六實施例的透鏡的光軸與圓周附近區域的厚薄差異比第一實施例小，因此第六實施例比第一實施例易於製造，所以良率較高。

【0058】 圖 31 為本發明的第七實施例的目鏡光學系統的示意圖，而圖 32A 至圖 32D 為第七實施例之目鏡光學系統的縱向球差與各項像差圖。請先參照圖 31，本發明目鏡光學系統 10 的一第七實施例，其與第一實施例大致相似，而兩者的差異如下所述：各光學數據、非球面係數及這些透鏡 3 及 4 間的參數或多或少有些不同。在此需注意的是，為了清楚地顯示圖面，圖 31 中省略與第一實施例相同的凹面部與凸面部的標號。

【0059】目鏡光學系統 10 詳細的光學數據如圖 33 所示，且第七實施例的目鏡光學系統 10 整體的 EFL 為 44.000 mm， $\omega$  為 44.999°，TTL 為 60.039 mm，EPD 為 2.000 mm，0.5 倍的 DLD 為 38.440 mm，且 SL 為 81.380 mm。

【0060】如圖 34 所示，則為第七實施例的目側面 31 及 41 與顯示側面 32 及 42 在公式(1)中的各項非球面係數。

【0061】另外，第七實施例之目鏡光學系統 10 中各重要參數間的關係如圖 44 所示。

【0062】本第七實施例在光瞳半徑為 2.0000 mm 時的縱向球差圖示圖 32A 中，不同高度的離軸光線的成像點偏差控制在±7 毫米的範圍內。在圖 32B 與圖 32C 的二個場曲像差圖示中，三種代表波長在整個視場範圍內的焦距變化量落在±7 毫米內。而圖 32D 的畸變像差圖式則顯示本第七實施例的畸變像差維持在±16%的範圍內。據此說明本第七實施例相較於現有光學鏡頭，在系統長度 SL 已縮短至 81.380 mm 左右的條件下，仍能提供良好的成像品質。

【0063】經由上述說明可得知，第七實施例相較於第一實施例的優點在於：第七實施例的畸變像差小於第一實施例的畸變像差，且第七實施例的透鏡的光軸與圓周附近區域的厚薄差異比第一實施例小，因此第七實施例比第一實施例易於製造，所以良率較高。

【0064】圖 35 為本發明的第八實施例的目鏡光學系統的示意圖，而圖 36A 至圖 36D 為第八實施例之目鏡光學系統的縱向球差與各項像差圖。請先參照圖 35，本發明目鏡光學系統 10 的一第八實施

例，其與第一實施例大致相似，而兩者的差異如下所述：各光學數據、非球面係數及這些透鏡 3 及 4 間的參數或多或少有些不同。此外，在本實施例中，第二透鏡 4 的目側面 41 具有一位於光軸 I 附近區域的凹面部 412 及一位於圓周附近區域的凹面部 414。在此需注意的是，為了清楚地顯示圖面，圖 35 中省略與第一實施例相同的凹面部與凸面部的標號。

【0065】目鏡光學系統 10 詳細的光學數據如圖 37 所示，且第八實施例的目鏡光學系統 10 整體的 EFL 為 52.179 mm， $\omega$  為 44.999°，TTL 為 61.242 mm，EPD 為 2.000 mm，0.5 倍的 DLD 為 38.443 mm，且 SL 為 82.054 mm。

【0066】如圖 38 所示，則為第八實施例的目側面 31 及 41 與顯示側面 32 及 42 在公式(1)中的各項非球面係數。

【0067】另外，第八實施例之目鏡光學系統 10 中各重要參數間的關係如圖 44 所示。

【0068】本第八實施例在光瞳半徑為 2.0000 mm 時的縱向球差圖示圖 36A 中，不同高度的離軸光線的成像點偏差控制在 $\pm 2.4$  毫米的範圍內。在圖 36B 與圖 36C 的二個場曲像差圖示中，三種代表波長在整個視場範圍內的焦距變化量落在 $\pm 7$  毫米內。而圖 36D 的畸變像差圖式則顯示本第八實施例的畸變像差維持在 $\pm 30\%$ 的範圍內。據此說明本第八實施例相較於現有光學鏡頭，在系統長度 SL 已縮短至 82.054 mm 左右的條件下，仍能提供良好的成像品質。

【0069】圖 39 為本發明的第九實施例的目鏡光學系統的示意圖，

而圖 40A 至圖 40D 為第九實施例之目鏡光學系統的縱向球差與各項像差圖。請先參照圖 39，本發明目鏡光學系統 10 的一第九實施例，其與第一實施例大致相似，而兩者的差異如下所述：各光學數據、非球面係數及這些透鏡 3 及 4 間的參數或多或少有些不同。在此需注意的是，為了清楚地顯示圖面，圖 39 中省略與第一實施例相同的凹面部與凸面部的標號。

【0070】目鏡光學系統 10 詳細的光學數據如圖 41 所示，且第九實施例的目鏡光學系統 10 整體的 EFL 為 40.951 mm， $\omega$  為 43.999°，TTL 為 47.042 mm，EPD 為 2.000 mm，0.5 倍的 DLD 為 29.763 mm，且 SL 為 64.004 mm。

【0071】如圖 42 所示，則為第九實施例的目側面 31 及 41 與顯示側面 32 及 42 在公式(1)中的各項非球面係數。

【0072】另外，第九實施例之目鏡光學系統 10 中各重要參數間的關係如圖 44 所示。

【0073】本第九實施例在光瞳半徑為 2.0000 mm 時的縱向球差圖示圖 40A 中，不同高度的離軸光線的成像點偏差控制在 $\pm 0.4$  毫米的範圍內。在圖 40B 與圖 40C 的二個場曲像差圖示中，三種代表波長在整個視場範圍內的焦距變化量落在 $\pm 3.5$  毫米內。而圖 40D 的畸變像差圖式則顯示本第九實施例的畸變像差維持在 $\pm 25\%$ 的範圍內。據此說明本第九實施例相較於現有光學鏡頭，在系統長度 SL 已縮短至 64.004 mm 左右的條件下，仍能提供良好的成像品質。

【0074】再配合參閱圖 43 與圖 44，為上述九個實施例的各項光學

參數的表格圖，當本發明的實施例的目鏡光學系統 10 中的各項光學參數間的關係式符合下列條件式的至少其中之一時，可協助設計者設計出具備良好光學性能、整體長度有效縮短、且技術上可行之目鏡光學系統：

【0075】 一、當系統滿足  $1.5 \leq |f2/f1|$  條件式，有利於在第二透鏡 4 修正第一透鏡 3 的像差條件下不過多影響系統的焦距或影像放大率。較佳為滿足  $1.5 \leq |f2/f1| \leq 8$ ，以避免第二透鏡 4 屈光率太小不足以修正第一透鏡 3 的像差。

【0076】 二、250mm 為青年人的明視距離，即青年人眼睛可以清楚聚焦的最近之距離，則系統之放大率可近似於 250mm 與 EFL 的比值，因此當系統滿足  $250 \text{ 毫米}/EFL \leq 10$  時，使得系統放大率不致過大而增加透鏡厚度與製造困難度。較佳為滿足  $3.5 \leq 250/EFL \leq 10$ ，使得 EFL 不致過長而影響系統長度。

【0077】 三、當系統滿足  $40^\circ \leq \omega$  時，不致讓觀察者感到視覺狹窄。較佳為滿足  $40^\circ \leq \omega \leq 60^\circ$ ，不致增加設計的難度。

【0078】 四、系統可滿足對於  $2.5 \leq T1/T2$ 、 $9 \leq T1/G12$ 、 $2 \leq T2/G12$ 、 $2 \leq G2D/T1$ 、 $20 \leq G2D/G12$ 、 $G2D/T2 \leq 16$ 、 $2.2 \leq G2D/ALT$  及  $SL/T1 \leq 7.6$  的至少其中之一，較佳為滿足  $2.5 \leq T1/T2 \leq 6$ 、 $9 \leq T1/G12 \leq 20$ 、 $2 \leq T2/G12 \leq 4$ 、 $2 \leq G2D/T1 \leq 5$ 、 $20 \leq G2D/G12 \leq 62$ 、 $5 \leq G2D/T2 \leq 16$ 、 $2.2 \leq G2D/ALT \leq 6$ 、 $1.9 \leq SL/T1 \leq 7.6$  的至少其中之一，目的是為使各透鏡的厚度與間隔維持一適當值，避免任一參數過大而不利於該目鏡光學系統 10 整體之薄型化，或是

避免任一參數過小而影響組裝或是提高製造上之困難度。

【0079】 五、系統可滿足  $2 \leq G2D/ER$ 、 $ER/T1 \leq 5.5$ 、 $ER/T2 \leq 8$ 、 $ER/G12 \leq 20$ 、 $1.5 \leq (0.5 \times DLD)/ER$  及  $2 \leq EFL/ER$  的至少其中之一，較佳為滿足  $2 \leq G2D/ER \leq 5.5$ 、 $1 \leq ER/T1 \leq 5.5$ 、 $3 \leq ER/T2 \leq 8$ 、 $9 \leq ER/G12 \leq 20$ 、 $1.5 \leq (0.5 \times DLD)/ER \leq 4.6$  及  $2 \leq EFL/ER \leq 6$  的至少其中之一，目的是位使出瞳距離與光學各參數維持一適當值，避免任一參數過大而不利於該目鏡光學系統 10 整體之薄型化，或是避免任一參數過小而影響組裝或是提高製造上之困難度。

【0080】 六、系統可滿足  $EFL/(0.5 \times DLD) \leq 1.4$ ，藉著限制焦距與顯示畫面的大小的關係，使得半眼視視角不致過小而視覺狹窄。較佳為滿足  $0.3 \leq EFL/(0.5 \times DLD) \leq 1.4$ ，使得半眼視視角不致過大增加設計的困難度。

【0081】 七、系統可滿足  $1 \leq DLD/D2$ ，藉著限制顯示畫面 100 尺寸與第二透鏡 4 尺寸的關係，使得系統放大率不致過大而增加透鏡厚度與製造困難度，較佳為滿足  $1 \leq DLD/D2 \leq 2.2$ 。

【0082】 然而，有鑑於光學系統設計的不可預測性，在本發明的實施例的架構之下，符合上述條件式能較佳地使本發明的實施例的系統長度縮短、可用光圈增大、眼視視角增加、成像品質提升，或組裝良率提升而改善先前技術的缺點。

【0083】 綜上所述，本發明的實施例的目鏡光學系統 10 可獲致下述的功效及優點：

【0084】 一、本發明各實施例的縱向球差、場曲、畸變皆符合使

用規範。另外，470 奈米、555 奈米、650 奈米三種代表波長或 430 奈米、530 奈米、620 奈米三種代表波長在不同高度的離軸光線皆集中在成像點附近，由每一曲線的偏斜幅度可看出不同高度的離軸光線的成像點偏差皆獲得控制而具有良好的球差、像差、畸變抑制能力。進一步參閱成像品質數據，470 奈米、555 奈米、650 奈米三種代表波長或 430 奈米、530 奈米、620 奈米三種代表波長彼此間的距離亦相當接近，顯示本發明的實施例在各種狀態下對不同波長光線的集中性佳而具有優良的色散抑制能力，故透過上述可知本發明的實施例具備良好光學性能。

**【0085】** 二、第一透鏡 3 的目側面 31 具有一位於光軸 I 附近區域的凸面部 311 有利於光線收聚。第一透鏡 3 的顯示側面 32 為菲涅耳表面有利於減少第一透鏡 3 的厚度。第二透鏡 4 具有負屈光率，有利於修正第一透鏡 3 所產生的像差。

**【0086】** 三、此外，另可選擇實施例參數之任意組合關係增加系統限制，以利於本發明實施例相同架構的系統設計。有鑑於光學系統設計的不可預測性，在本發明的實施例的架構之下，符合上述條件式能較佳地使本發明的實施例的系統長度縮短、出瞳直徑增大、成像品質提升，或組裝良率提升而改善先前技術的缺點。

**【0087】** 四、前述所列之示例性限定關係式，亦可任意選擇性地合併不等數量施用於本發明之實施態樣中，並不限於此。在實施本發明時，除了前述關係式之外，亦可針對單一透鏡或廣泛性地針對多個透鏡額外設計出其他更多的透鏡的凹凸曲面排列等細部

結構，以加強對系統性能及／或解析度的控制，舉例來說，第一透鏡的目側面上可選擇性地額外形成有一位於光軸附近區域的凸面部。須注意的是，此些細節需在無衝突之情況之下，選擇性地合併施用於本發明之其他實施例當中。

【0088】 雖然本發明已以實施例揭露如上，然其並非用以限定本發明，任何所屬技術領域中具有通常知識者，在不脫離本發明的精神和範圍內，當可作些許的更動與潤飾，故本發明的保護範圍當視後附的申請專利範圍所界定者為準。

#### 【符號說明】

#### 【0089】

10、V100：目鏡光學系統

100、V50：顯示畫面

2：瞳孔

3：第一透鏡

31、41：目側面

311、313、321、323、411、413、421：凸面部

412、414、422、424：凹面部

32、42：顯示側面

4：第二透鏡

A：光軸附近區域

C：圓周附近區域



DLD：觀察者單一瞳孔對應之顯示畫面之對角線長

E：延伸部

EPD：出瞳直徑

I：光軸

Lc：主光線

Lm：邊緣光線

M、R：點

V60：眼睛

VD：明視距離

VI：成像光線

VV：放大虛像

$\omega$ ：半眼視視角

## 【發明申請專利範圍】

【第1項】 一種目鏡光學系統，用於成像光線從顯示畫面經該目鏡光學系統進入觀察者的眼睛成像，朝向該眼睛的方向為目側，朝向該顯示畫面的方向為顯示側，該目鏡光學系統從該目側至該顯示側沿一光軸依序包括一第一透鏡及一第二透鏡，該第一透鏡與該第二透鏡各自包括一目側面及一顯示側面；

該第一透鏡的該目側面具有一位於光軸附近區域的凸面部；

以及

該第二透鏡具有負屈光率；

其中，該目鏡光學系統符合：

$1.5 \leq |f2/f1|$ ；及

$250 \text{ 毫米}/\text{EFL} \leq 10$ ，

其中  $f2$  為該第二透鏡的焦距， $f1$  為該第一透鏡的焦距，且 EFL 為該目鏡光學系統的系統焦距。

【第2項】 如申請專利範圍第1項所述的目鏡光學系統，其中該第一透鏡的該目側面與該顯示側面及該第二透鏡的該目側面與該顯示側面的其中之一為菲涅耳表面。

【第3項】 如申請專利範圍第2項所述的目鏡光學系統，其中該第一透鏡的該顯示側面為菲涅耳表面。

【第4項】 如申請專利範圍第1項所述的目鏡光學系統，其中該目鏡光學系統更符合： $40^\circ \leq \omega$ ，其中  $\omega$  為該觀察者的該眼睛的半眼視視角。

【第5項】如申請專利範圍第1項所述的目鏡光學系統，其中該目鏡光學系統更符合： $2.5 \leq T1/T2$ ，其中T1為該第一透鏡在該光軸上的厚度，且T2為該第二透鏡在該光軸上的厚度。

【第6項】如申請專利範圍第1項所述的目鏡光學系統，其中該目鏡光學系統更符合： $9 \leq T1/G12$ ，其中T1為該第一透鏡在該光軸上的厚度，且G12為該第一透鏡到該第二透鏡在該光軸上的空氣間隙。

【第7項】如申請專利範圍第1項所述的目鏡光學系統，其中該目鏡光學系統更符合： $2 \leq T2/G12$ ，其中T2為該第二透鏡在該光軸上的厚度，且G12為該第一透鏡到該第二透鏡在該光軸上的空氣間隙。

【第8項】如申請專利範圍第1項所述的目鏡光學系統，其中該目鏡光學系統更符合： $2 \leq G2D/ER$ ，其中G2D為該第二透鏡到該顯示畫面在該光軸上的距離，且ER為該觀察者的該眼睛的瞳孔到該第一透鏡在該光軸上的距離。

【第9項】如申請專利範圍第1項所述的目鏡光學系統，其中該目鏡光學系統更符合： $2 \leq G2D/T1$ ，其中G2D為該第二透鏡到該顯示畫面在該光軸上的距離，且T1為該第一透鏡在該光軸上的厚度。

【第10項】如申請專利範圍第1項所述的目鏡光學系統，其中該目鏡光學系統更符合： $20 \leq G2D/G12$ ，其中G2D為該第二透鏡到該顯示畫面在該光軸上的距離，且G12為該第一透鏡到該第二透鏡在該光軸上的空氣間隙。

【第11項】如申請專利範圍第1項所述的目鏡光學系統，其中該目鏡光學系統更符合： $G2D/T2 \leq 16$ ，其中G2D為該第二透鏡到該顯示畫面在該光軸上的距離，且T2為該第二透鏡在該光軸上的厚度。

【第12項】如申請專利範圍第1項所述的目鏡光學系統，其中該目鏡光學系統更符合： $ER/T1 \leq 5.5$ ，其中ER為該觀察者的該眼睛的瞳孔到該第一透鏡在該光軸上的距離，且T1為該第一透鏡在該光軸上的厚度。

【第13項】如申請專利範圍第1項所述的目鏡光學系統，其中該目鏡光學系統更符合： $ER/T2 \leq 8$ ，其中ER為該觀察者的該眼睛的瞳孔到該第一透鏡在該光軸上的距離，且T2為該第二透鏡在該光軸上的厚度。

【第14項】如申請專利範圍第1項所述的目鏡光學系統，其中該目鏡光學系統更符合： $ER/G12 \leq 20$ ，其中ER為該觀察者的該眼睛的瞳孔到該第一透鏡在該光軸上的距離，且G12為該第一透鏡到該第二透鏡在該光軸上的空氣間隙。

【第15項】如申請專利範圍第1項所述的目鏡光學系統，其中該目鏡光學系統更符合： $1.5 \leq (0.5 \times DLD)/ER$ ，其中DLD為該觀察者的單一瞳孔對應之該顯示畫面之對角線長，且ER為該觀察者的該眼睛的瞳孔到該第一透鏡在該光軸上的距離。

【第16項】如申請專利範圍第1項所述的目鏡光學系統，其中該目鏡光學系統更符合： $2 \leq EFL/ER$ ，其中ER為該觀察者的該眼睛的瞳孔到該第一透鏡在該光軸上的距離。

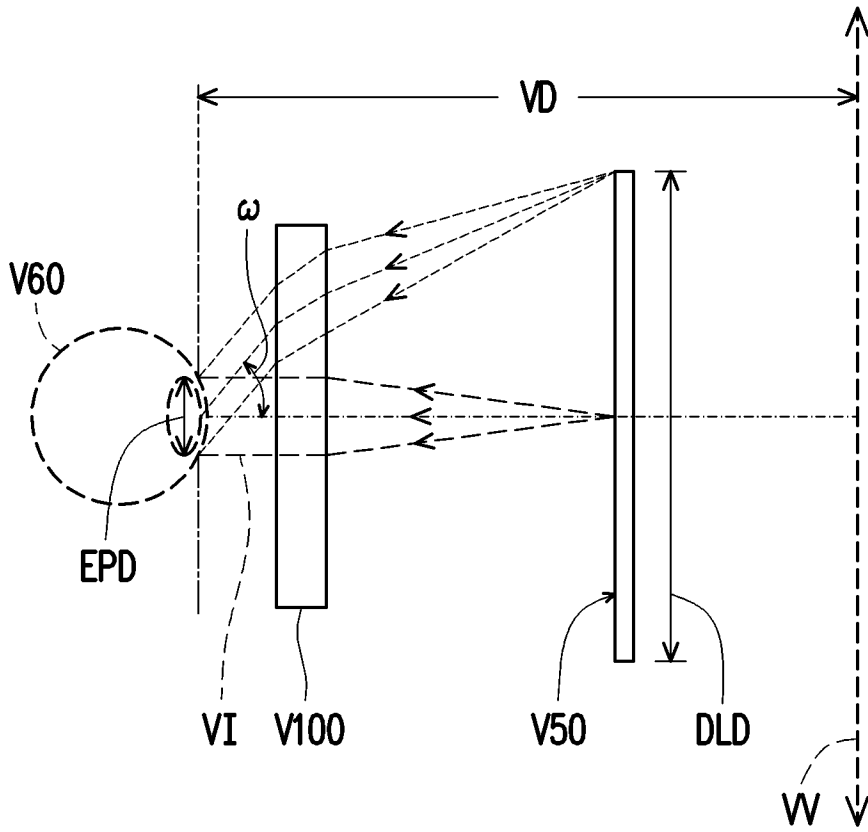
【第17項】 如申請專利範圍第1項所述的目鏡光學系統，其中該目鏡光學系統更符合： $EFL/(0.5 \times DLD) \leq 1.4$ ，其中DLD為該觀察者的單一瞳孔對應之該顯示畫面之對角線長。

【第18項】 如申請專利範圍第1項所述的目鏡光學系統，其中該目鏡光學系統更符合： $1 \leq DLD/D2$ ，其中DLD為該觀察者的單一瞳孔對應之該顯示畫面之對角線長，且D2為該第二透鏡的該目側面的光學有效徑。

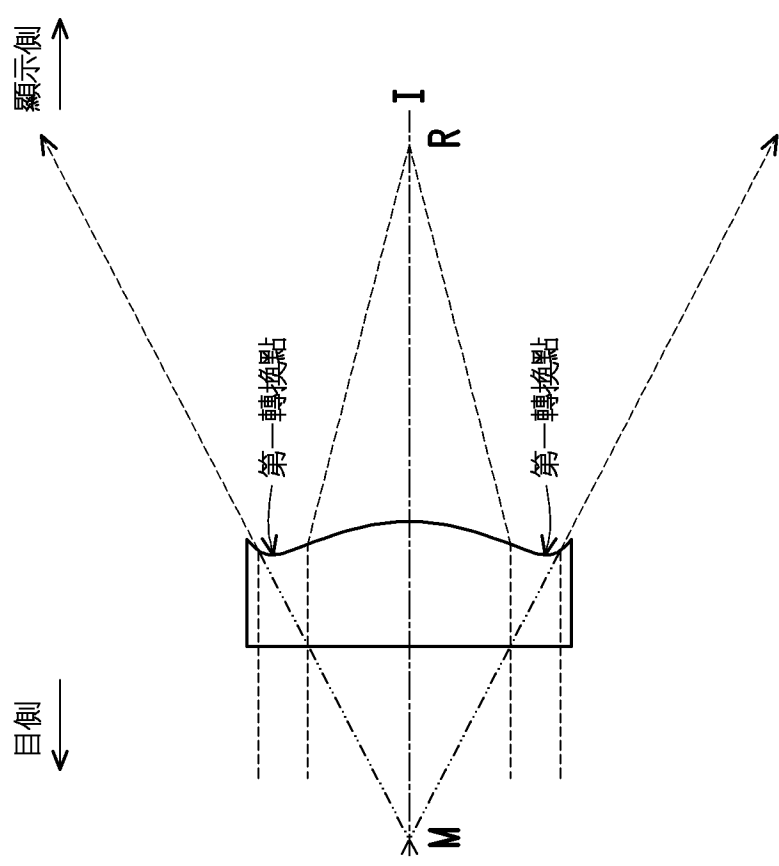
【第19項】 如申請專利範圍第1項所述的目鏡光學系統，其中該目鏡光學系統更符合： $2.2 \leq G2D/ALT$ ，其中G2D為該第二透鏡到該顯示畫面在該光軸上的距離，且ALT為該第一透鏡與該第二透鏡在該光軸上的厚度的總和。

【第20項】 如申請專利範圍第1項所述的目鏡光學系統，其中該目鏡光學系統更符合： $SL/T1 \leq 7.6$ ，其中SL為該觀察者的該眼睛的瞳孔到該顯示畫面在該光軸上的距離。

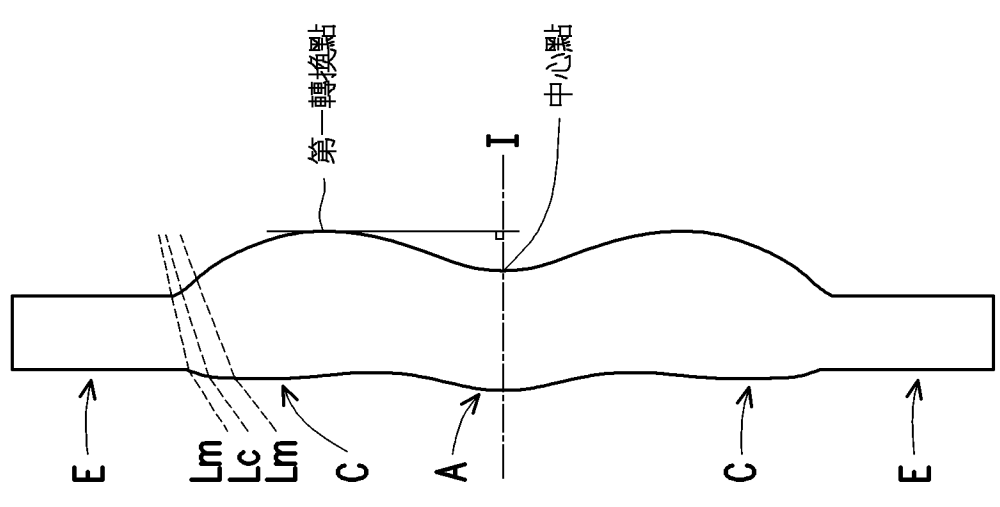
【發明圖式】



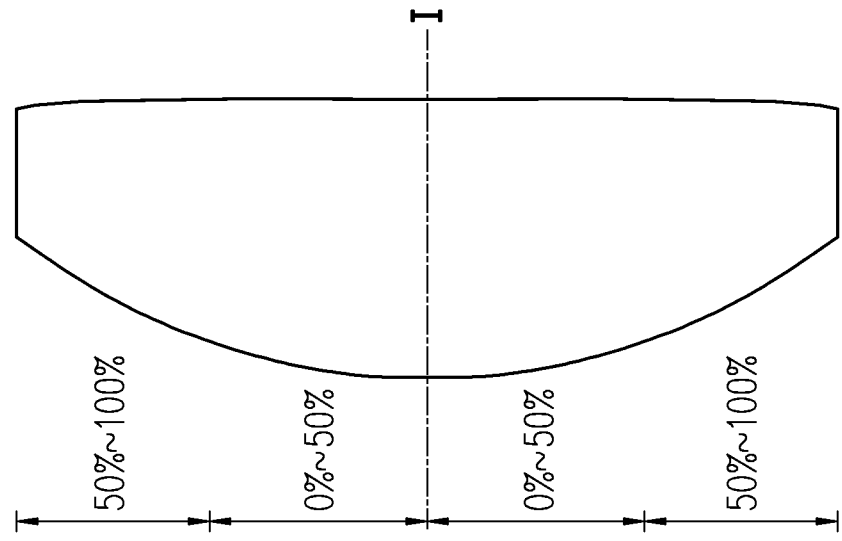
【圖1】



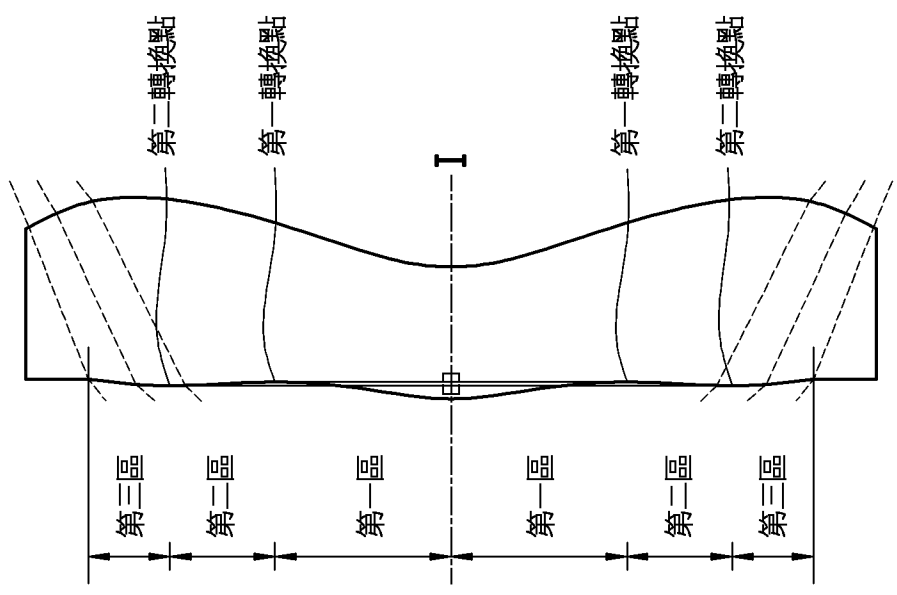
【圖3】



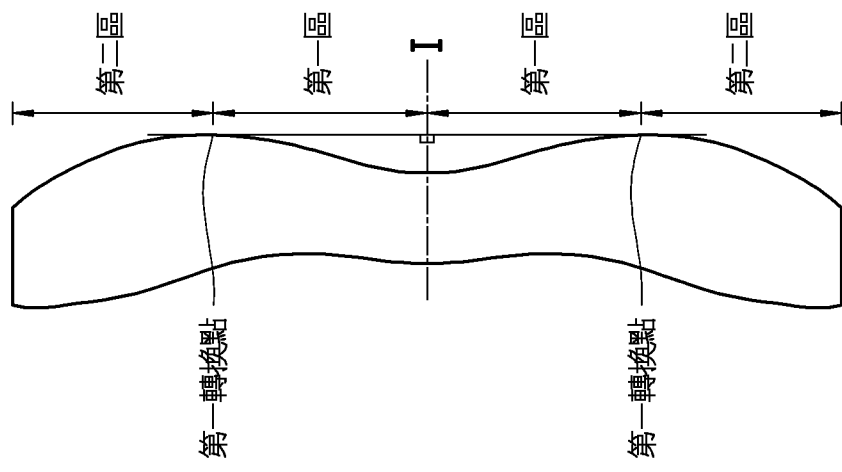
【圖2】



【圖6】

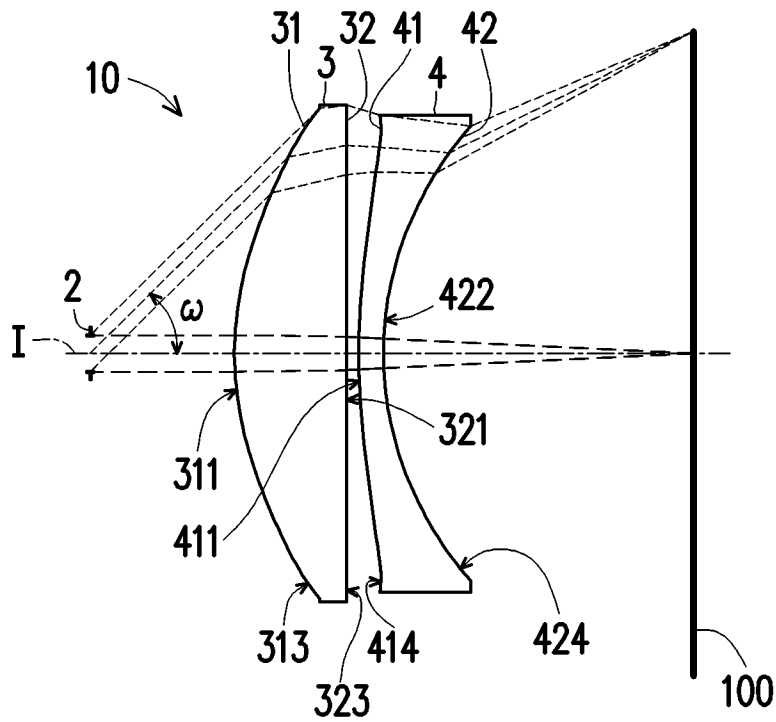


【圖5】

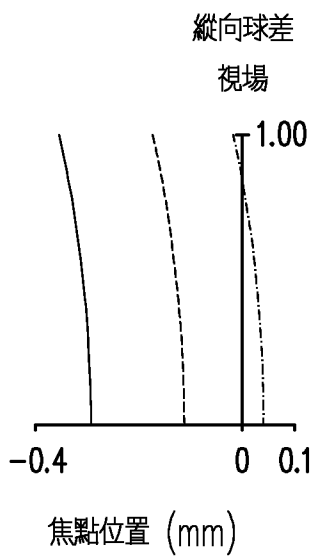
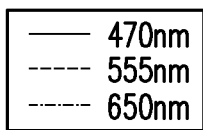


【圖4】

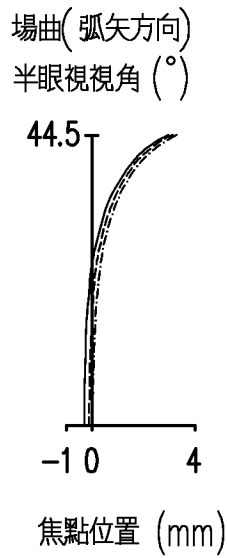




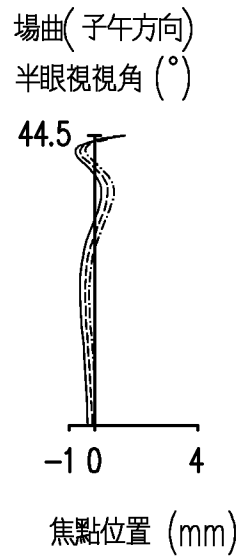
【圖7】



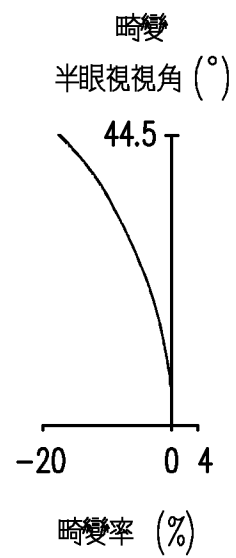
【圖8A】



【圖8B】



【圖8C】



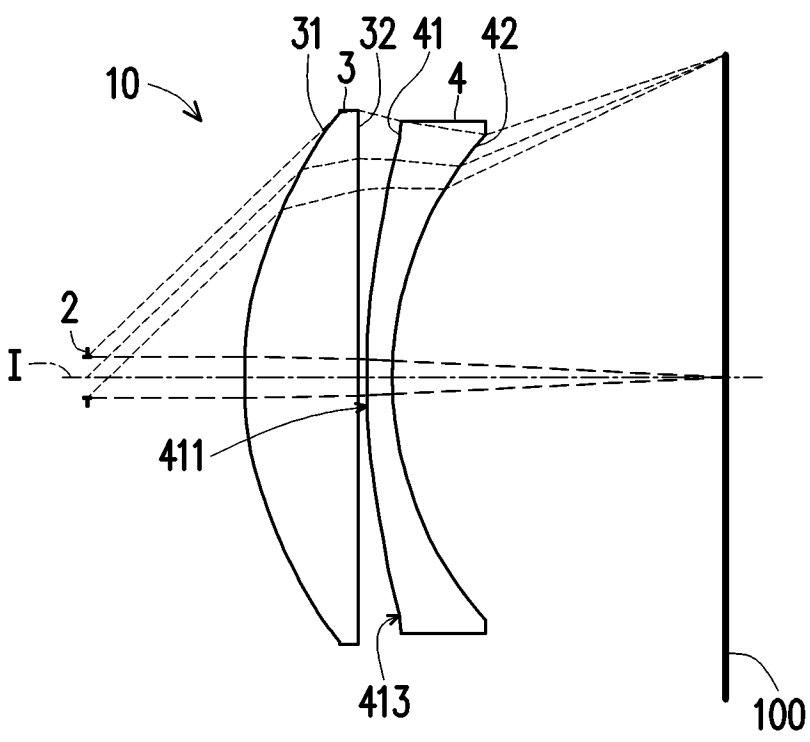
【圖8D】

第一實施例							
系統焦距= 40.562 mm, 半眼視視角= 44.999°, TTL= 47.198 mm, EPD= 2.000 mm, 0.5DLD= 33.262 mm, SL= 62.198 mm							
透鏡	面	曲率半徑 (mm)	厚度 (mm)	折射率	阿貝數	焦距 (mm)	有效半徑 (mm)
瞳孔 2		無限大	15.000				2
第一透鏡 3	目側面 31	34.355	11.496	1.492	57.441	30.325	26.89
	顯示側面 32	-23.570	1.247				26.98
第二透鏡 4	目側面 41	61.203	2.500	1.661	20.401	-89.971	25.512
	顯示側面 42	29.791	31.954				24.137
	顯示畫面 100	無限大					33.46

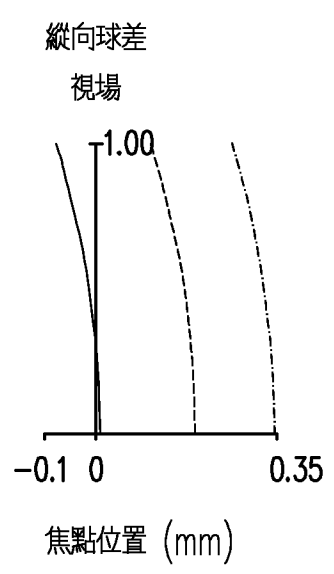
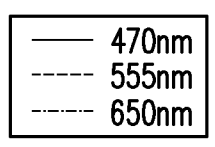
【圖 9】

面	K	a <sub>2</sub>	a <sub>4</sub>	a <sub>6</sub>
31	0.000000E+00	0.000000E+00	-5.896000E-06	0.000000E+00
32	-1.256613E+00	0.000000E+00	1.748000E-06	0.000000E+00
41	0.000000E+00	0.000000E+00	-1.856900E-05	3.900000E-08
42	0.000000E+00	0.000000E+00	-2.002700E-05	4.800000E-08

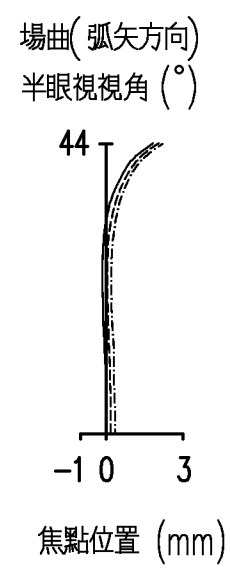
【圖 10】



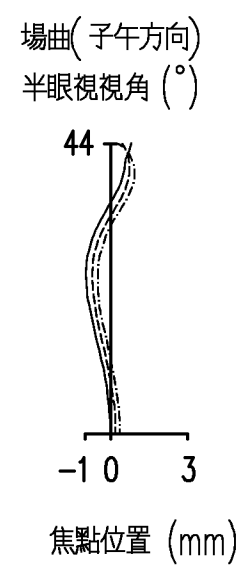
【圖11】



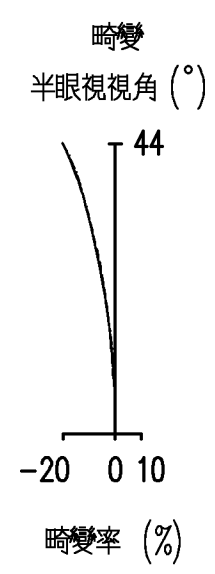
【圖12A】



【圖12B】



【圖12C】



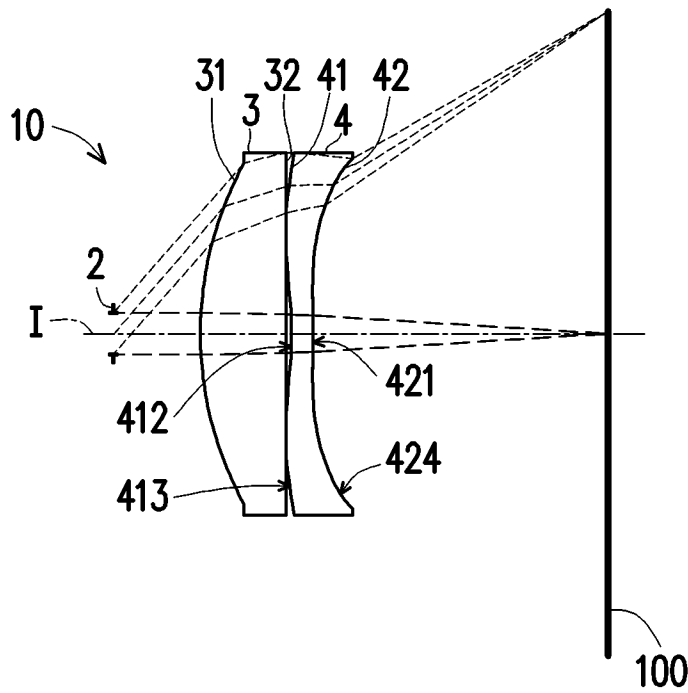
【圖12D】

第二實施例							
系統焦距= 39.843 mm, 半眼視視角= 44.744°, TTL= 46.202 mm, EPD= 2.000 mm, 0.5DLD= 30.894 mm, SL= 61.243 mm							
透鏡	面	曲率半徑 (mm)	厚度 (mm)	折射率	阿貝數	焦距 (mm)	有效半徑 (mm)
瞳孔 2		無限大	15.041				2
第一透鏡 3	目側面 31	34.295	10.996	1.492	57.441	30.264	27.479
	顯示側面 32	-23.639	0.752				27.479
第二透鏡 4	目側面 41	67.719	2.500	1.661	20.401	-79.040	26.035
	顯示側面 42	32.589	31.954				24.544
	顯示畫面 100	無限大					31.134

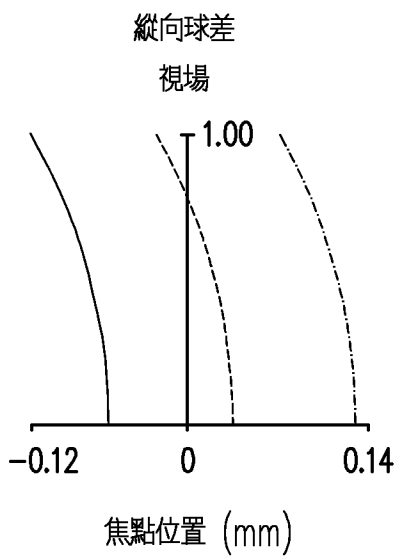
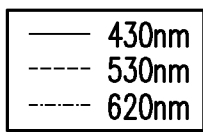
【圖 13】

面	K	a <sub>2</sub>	a <sub>4</sub>	a <sub>6</sub>
31	0.000000E+00	0.000000E+00	-4.920000E-06	0.000000E+00
32	-1.073427E+00	0.000000E+00	6.443000E-06	0.000000E+00
41	0.000000E+00	0.000000E+00	-8.266000E-06	2.200000E-08
42	0.000000E+00	0.000000E+00	-1.170100E-05	3.500000E-08

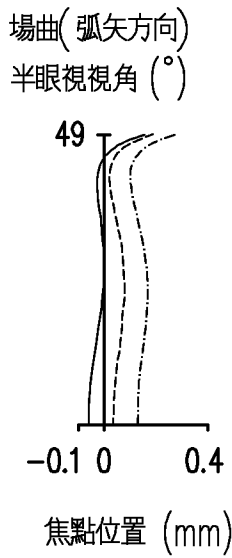
【圖 14】



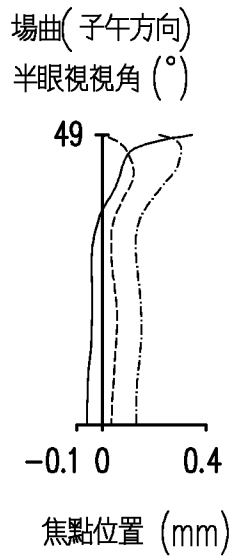
【圖15】



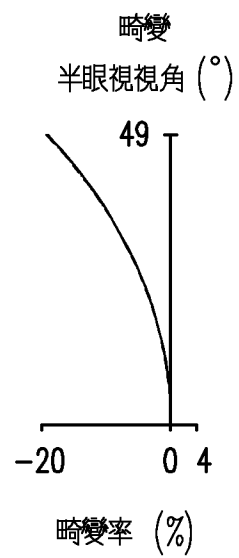
【圖16A】



【圖16B】



【圖16C】



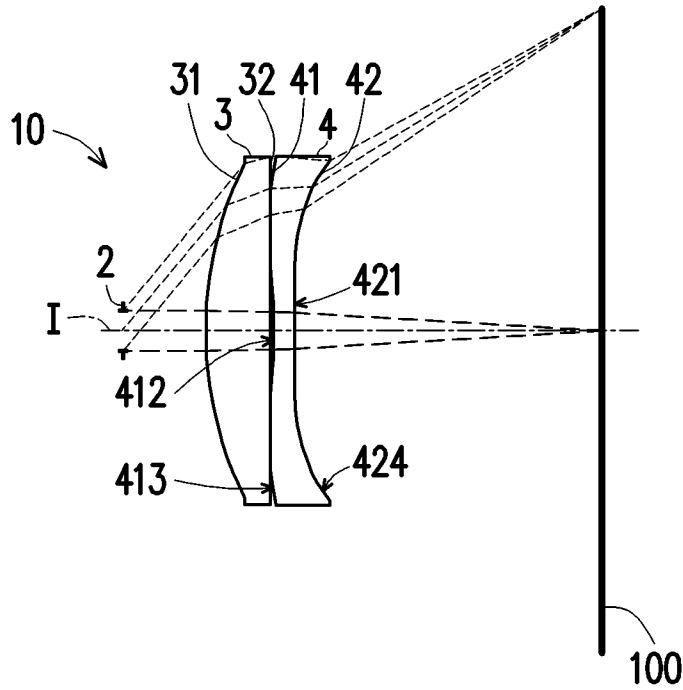
【圖16D】

第三實施例								
系統焦距= 31.996 mm, 半眼視視角= 50.209°, TTL= 37.688 mm, EPD= 2.000 mm, 0.5DLD= 30.503 mm, SL= 45.688 mm								
透鏡	面	曲率半徑 (mm)	厚度 (mm)	折射率	阿貝數	焦距 (mm)	有效半徑 (mm)	
瞳孔	2	無限大	8.000				2	
第一透鏡	3	目側面 31	30.494	7.893	1.492	57.441	23.493	17.669
		顯示側面 32	-16.942	0.500				18.261
第二透鏡	4	目側面 41	-47.092	2.000	1.661	20.401	-79.468	18.123
		顯示側面 42	-495.992	27.295				17.36
		顯示畫面 100	無限大					30.678

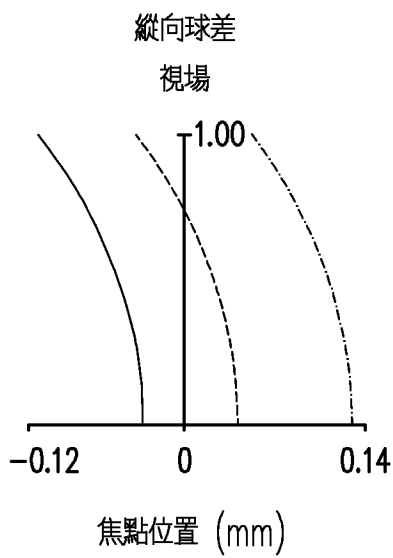
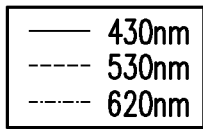
【圖 17】

面	K	a <sub>2</sub>	a <sub>4</sub>	a <sub>6</sub>
31	0.000000E+00	0.000000E+00	-6.352000E-06	0.000000E+00
32	-2.307925E+00	0.000000E+00	-1.058200E-05	0.000000E+00
41	0.000000E+00	0.000000E+00	7.254000E-05	-1.110000E-07
42	0.000000E+00	0.000000E+00	6.975800E-05	-4.500000E-08

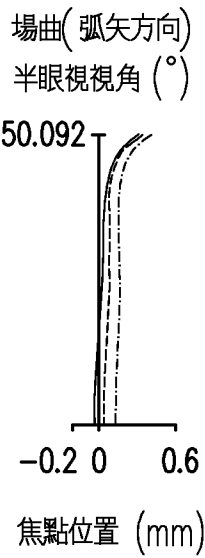
【圖 18】



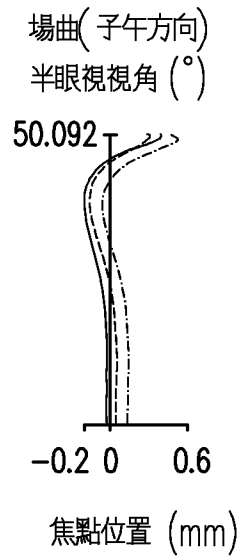
【圖19】



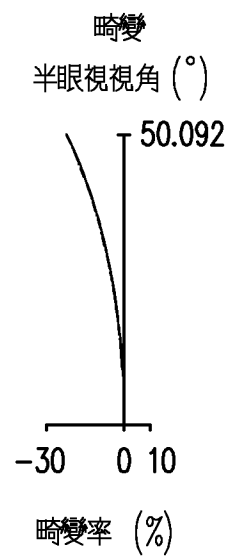
【圖20A】



【圖20B】



【圖20C】



【圖20D】

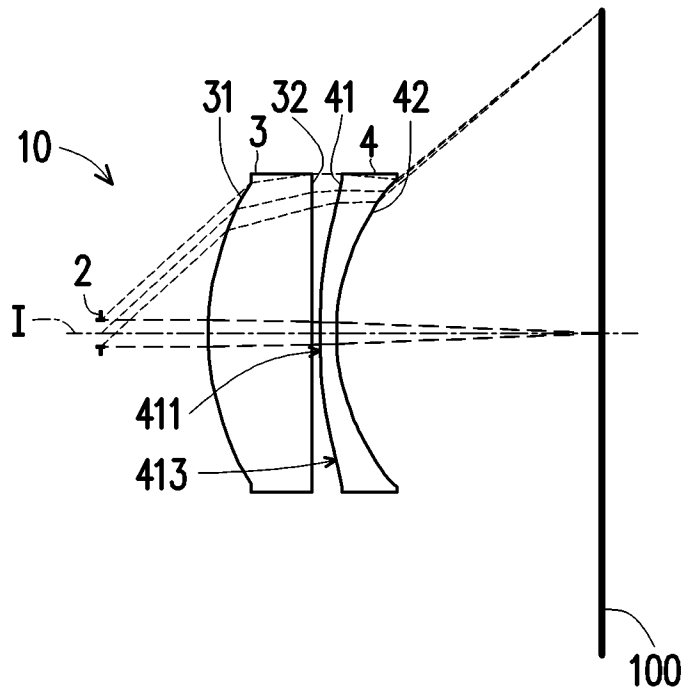
第四實施例							
系統焦距= 33.001 mm, 半眼視視角= 50.030°, TTL= 37.760 mm, EPD= 2.000 mm, 0.5DLD= 30.550 mm, SL= 45.760 mm							
透鏡	面	曲率半徑 (mm)	厚度 (mm)	折射率	阿貝數	焦距 (mm)	有效半徑 (mm)
瞳孔 2		無限大	8.000				2
第一透鏡 3	目側面 31	34.858	6.062	1.492	57.441	23.905	16.056
	顯示側面 32	-16.654	0.472				16.672
第二透鏡 4	目側面 41	-42.836	2.000	1.661	20.401	-81.089	16.684
	顯示側面 42	-224.180	29.226				16.368
	顯示畫面 100	無限大					30.652

【圖 21】

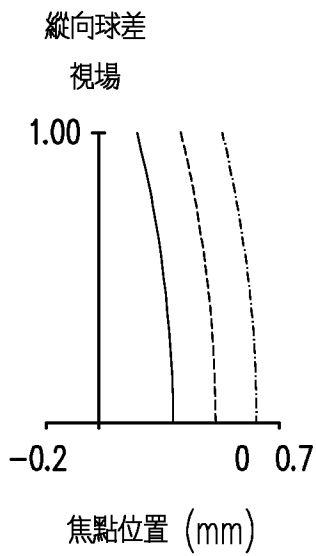
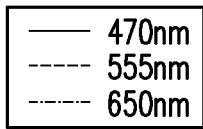
面	K	a <sub>2</sub>	a <sub>4</sub>	a <sub>6</sub>
31	0.000000E+00	0.000000E+00	-2.432000E-06	0.000000E+00
32	-2.364215E+00	0.000000E+00	-9.924000E-06	0.000000E+00
41	0.000000E+00	0.000000E+00	7.765800E-05	-1.310000E-07
42	0.000000E+00	0.000000E+00	7.069300E-05	-6.900000E-08

【圖 22】

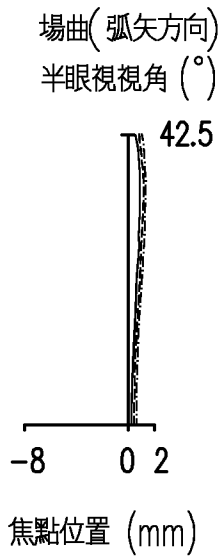




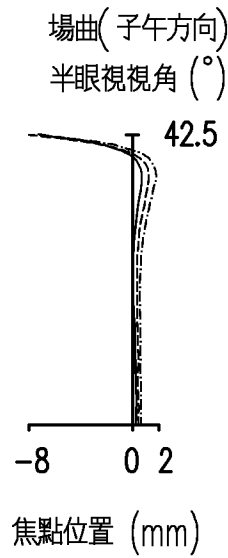
【圖23】



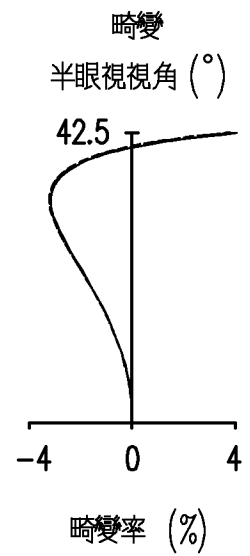
【圖24A】



【圖24B】



【圖24C】



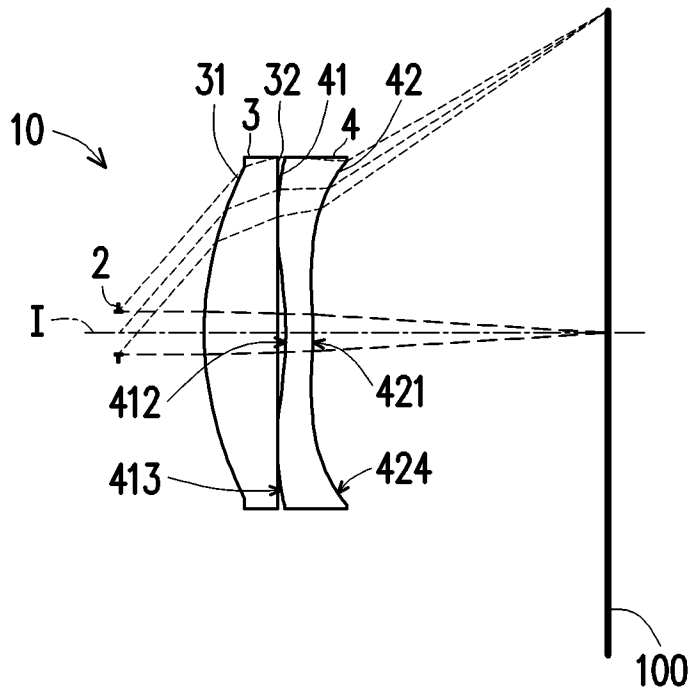
【圖24D】

第五實施例							
系統焦距= 50.719 mm, 半眼視視角= 44.002°, TTL= 59.009 mm, EPD= 2.000 mm, 0.5DLD= 54.899 mm, SL= 75.146 mm							
透鏡	面	曲率半徑 (mm)	厚度 (mm)	折射率	阿貝數	焦距 (mm)	有效半徑 (mm)
瞳孔 2		無限大	16.137				2
第一透鏡 3	目側面 31	44.234	15.399	1.492	57.441	36.123	26.152
	顯示側面 32	-26.410	1.224				26.571
第二透鏡 4	目側面 41	60.669	2.569	1.661	20.401	-95.661	25.608
	顯示側面 42	30.558	39.817				24.651
	顯示畫面 100	無限大					54.766

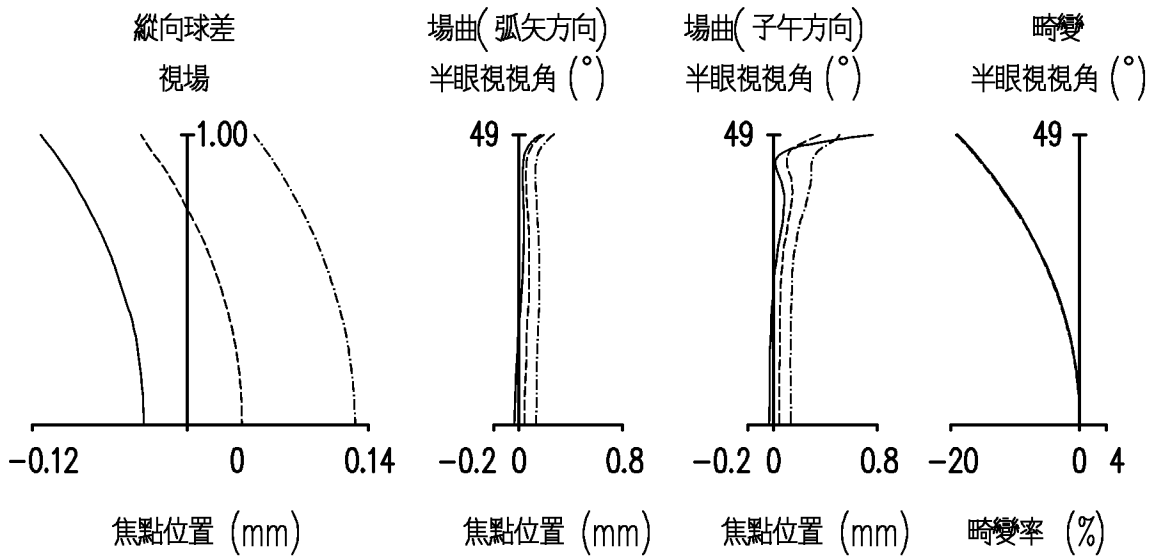
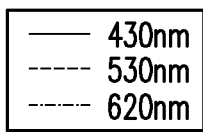
【圖 25】

面	K	a <sub>2</sub>	a <sub>4</sub>	a <sub>6</sub>
31	0.000000E+00	0.000000E+00	6.740000E-07	0.000000E+00
32	-4.467855E-01	0.000000E+00	1.249100E-05	0.000000E+00
41	0.000000E+00	0.000000E+00	-5.185000E-06	9.000000E-09
42	0.000000E+00	0.000000E+00	-9.579000E-06	1.600000E-08

【圖 26】



【圖27】



【圖28A】

【圖28B】

【圖28C】

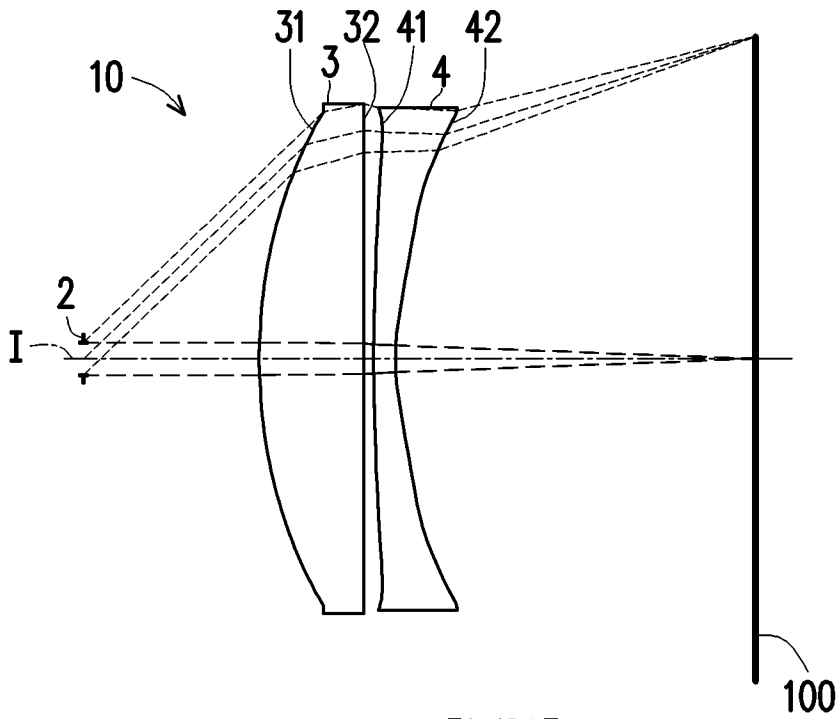
【圖28D】

第六實施例							
系統焦距= 32.106 mm, 半眼視視角= 44.999°, TTL= 37.451 mm, EPD= 2.000 mm, 0.5DLD= 30.550 mm, SL= 45.451 mm							
透鏡	面	曲率半徑 (mm)	厚度 (mm)	折射率	阿貝數	焦距 (mm)	有效半徑 (mm)
瞳孔 2		無限大	8.000				2
第一透鏡 3	目側面 31	31.313	6.794	1.492	57.441	23.269	16.692
	顯示側面 32	-16.675	0.755				17.305
第二透鏡 4	目側面 41	-33.765	2.500	1.661	20.401	-78.568	17.267
	顯示側面 42	-100.793	27.402				16.753
	顯示畫面 100	無限大					30.61

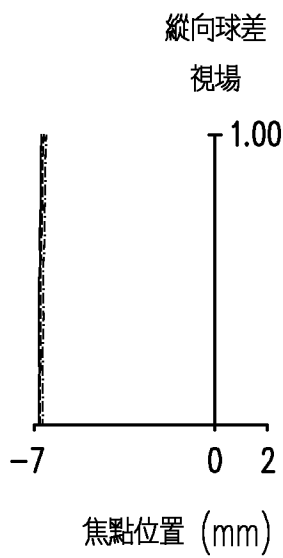
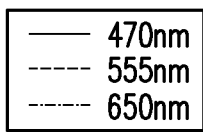
【圖 29】

面	K	a <sub>2</sub>	a <sub>4</sub>	a <sub>6</sub>
31	0.000000E+00	0.000000E+00	-6.551000E-06	0.000000E+00
32	-2.333248E+00	0.000000E+00	-1.129700E-05	0.000000E+00
41	0.000000E+00	0.000000E+00	9.947200E-05	-1.790000E-07
42	0.000000E+00	0.000000E+00	8.948300E-05	-8.300000E-08

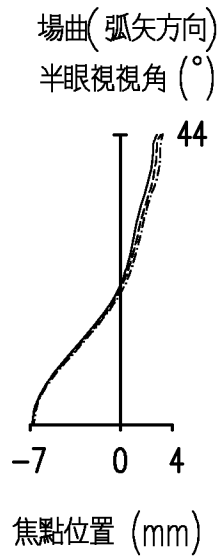
【圖 30】



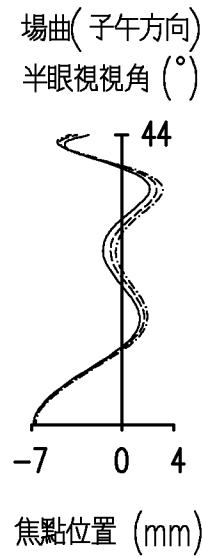
【圖31】



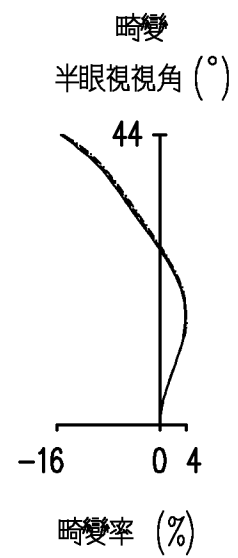
【圖32A】



【圖32B】



【圖32C】



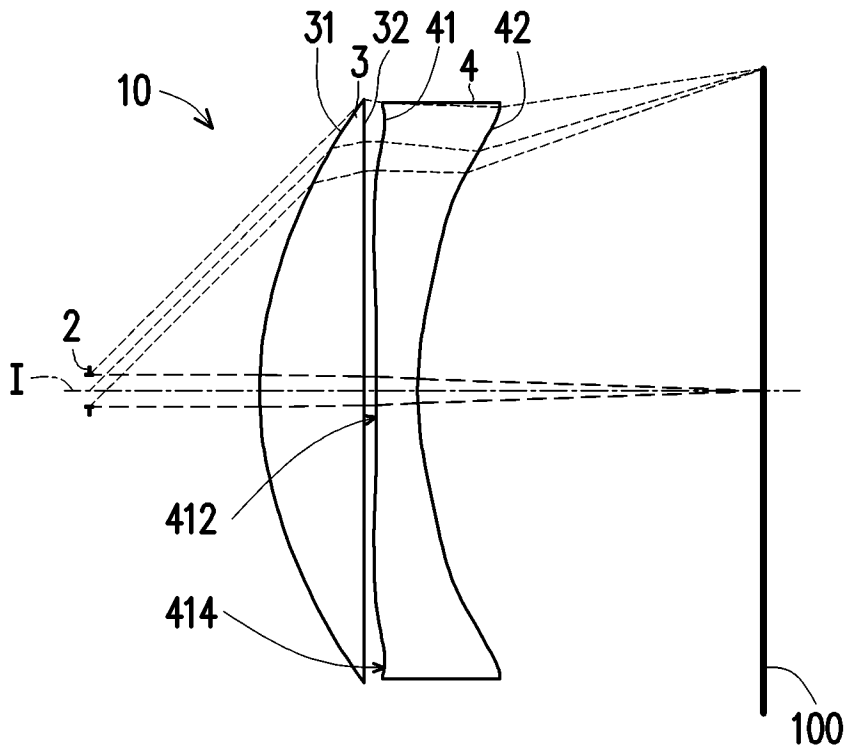
【圖32D】

第七實施例							
系統焦距= 44.000 mm, 半眼視視角= 44.999°, TTL= 60.039 mm, EPD= 2.000 mm, 0.5DLD= 38.440 mm, SL= 81.380 mm							
透鏡	面	曲率半徑 (mm)	厚度 (mm)	折射率	阿貝數	焦距 (mm)	有效半徑 (mm)
瞳孔 2		無限大	21.341				2
第一透鏡 3	目側面 31	67.003	12.565	1.492	57.441	29.924	30.066
	顯示側面 32	-17.760	1.121				30.924
第二透鏡 4	目側面 41	120.118	2.758	1.661	20.401	-76.790	30.403
	顯示側面 42	35.553	43.594				30.157
	顯示畫面 100	無限大					38.885

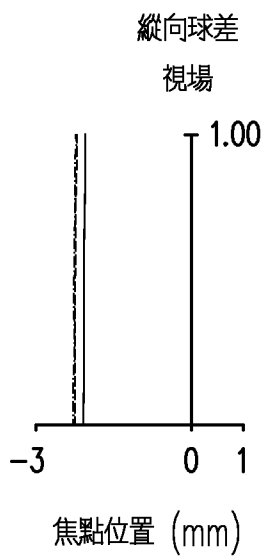
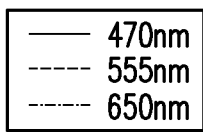
【圖 33】

面	K	a <sub>2</sub>	a <sub>4</sub>	a <sub>6</sub>
31	0.000000E+00	0.000000E+00	7.310000E-07	0.000000E+00
32	-3.423801E+00	0.000000E+00	-3.839000E-06	0.000000E+00
41	0.000000E+00	0.000000E+00	-1.416000E-05	2.600000E-08
42	0.000000E+00	0.000000E+00	-3.399300E-05	4.900000E-08

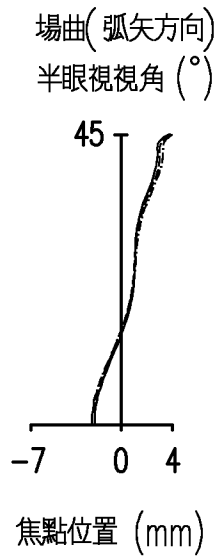
【圖 34】



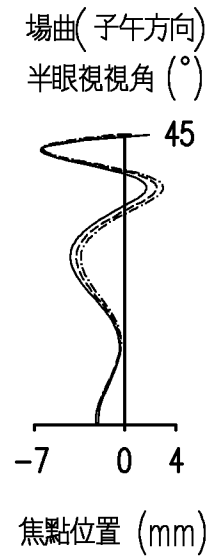
【圖35】



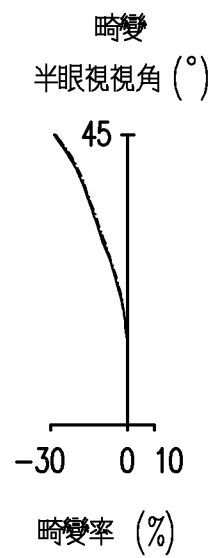
【圖36A】



【圖36B】



【圖36C】



【圖36D】

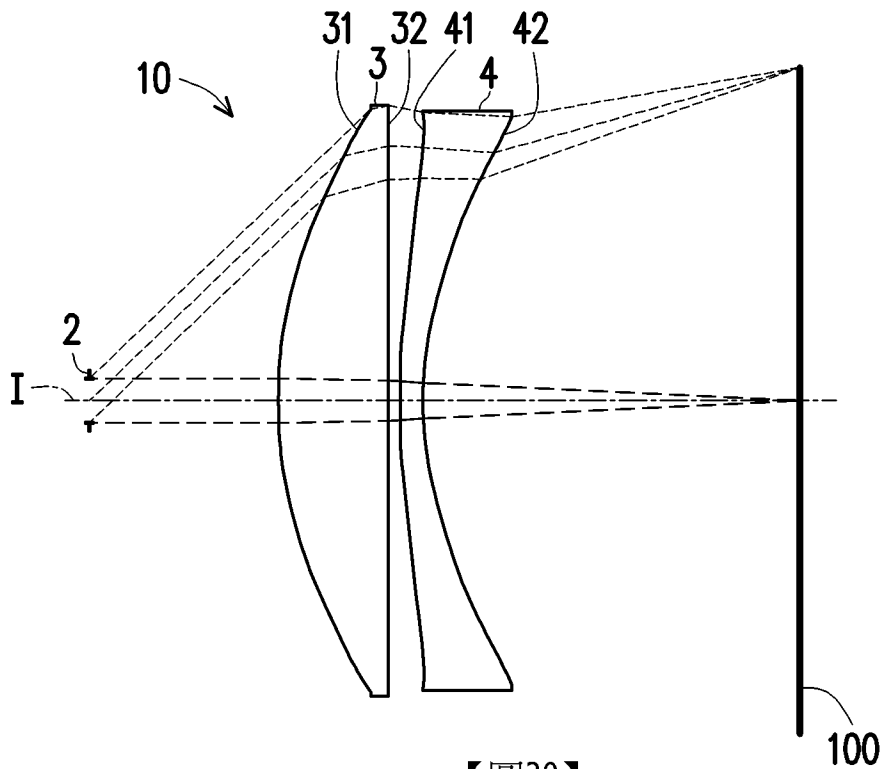
第八實施例							
系統焦距= 52.179 mm, 半眼視視角= 44.999°, TTL= 61.242 mm, EPD= 2.000 mm, 0.5DLD= 38.443 mm, SL= 82.054 mm							
透鏡	面	曲率半徑 (mm)	厚度 (mm)	折射率	阿貝數	焦距 (mm)	有效半徑 (mm)
瞳孔 2		無限大	20.812				2
第一透鏡 3	目側面 31	45.893	12.776	1.492	57.441	30.105	35.583
	顯示側面 32	-19.937	1.412				35.584
第二透鏡 4	目側面 41	-1240.260	5.011	1.661	20.401	-54.390	35.054
	顯示側面 42	37.394	42.044				34.655
	顯示畫面 100	無限大					39.16

【圖 37】

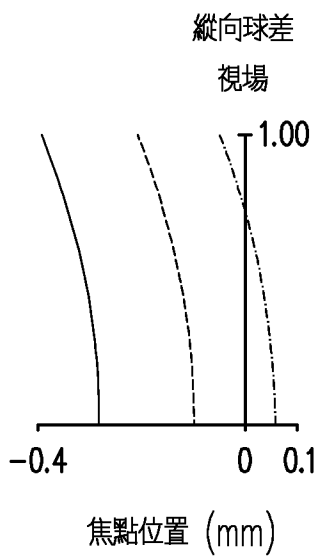
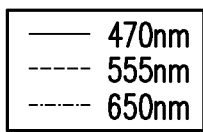
面	K	a <sub>2</sub>	a <sub>4</sub>	a <sub>6</sub>
31	0.000000E+00	0.000000E+00	-2.581000E-06	0.000000E+00
32	-3.024655E+00	0.000000E+00	-1.970000E-07	0.000000E+00
41	0.000000E+00	0.000000E+00	-5.704000E-06	1.400000E-08
42	0.000000E+00	0.000000E+00	-2.685100E-05	3.600000E-08

【圖 38】

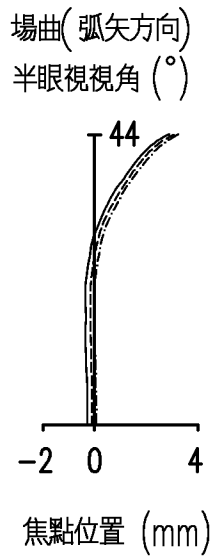




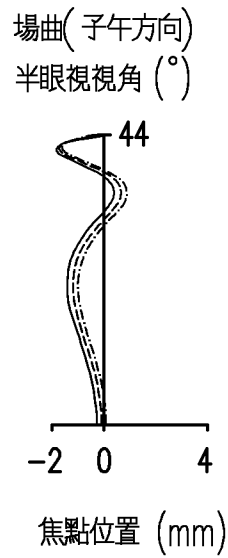
【圖39】



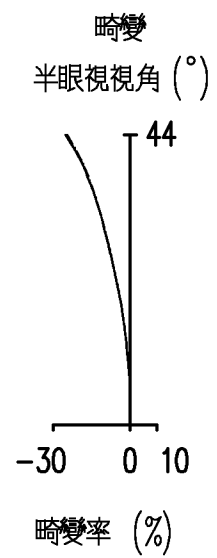
【圖40A】



【圖40B】



【圖40C】



【圖40D】

第九實施例								
系統焦距= 40.951 mm, 半眼視視角= 43.999°, TTL= 47.042 mm, EPD= 2.000 mm, 0.5DLD= 29.763 mm, SL= 64.004 mm								
透鏡	面	曲率半徑 (mm)	厚度 (mm)	折射率	阿貝數	焦距 (mm)	有效半徑 (mm)	
瞳孔	2	無限大	16.961				2	
第一透鏡	3	目側面 31	38.037	9.965	1.492	57.441	30.793	26.419
		顯示側面 32	-23.103	1.020				26.682
第二透鏡	4	目側面 41	58.811	2.122	1.661	20.401	-98.272	26.116
		顯示側面 42	30.537	33.935				25.796
		顯示畫面 100	無限大					30.06

【圖 41】

面	K	a <sub>2</sub>	a <sub>4</sub>	a <sub>6</sub>
31	0.000000E+00	0.000000E+00	-4.817000E-06	0.000000E+00
32	-9.969240E-01	0.000000E+00	3.990000E-06	0.000000E+00
41	0.000000E+00	0.000000E+00	-2.294300E-05	4.400000E-08
42	0.000000E+00	0.000000E+00	-2.900600E-05	5.600000E-08

【圖 42】

條件式	第一 實施例	第二 實施例	第三 實施例	第四 實施例	第五 實施例
EFL	40.56	39.84	32.00	33.00	50.72
EPD	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
0.5×DLD	33.262	30.894	30.503	30.55	54.899
ER	15.00	15.04	8.00	8.00	16.14
T1	11.50	11.00	7.89	6.06	15.40
G1	1.25	0.75	0.50	0.47	1.22
T2	2.50	2.50	2.00	2.00	2.57
G2D	31.95	31.95	27.30	29.23	39.82
ALT	14.00	13.50	9.89	8.06	17.97
SL	62.20	61.24	45.69	45.76	75.15
f2/f1	2.97	2.61	3.38	3.39	2.65
250/EFL	6.16	6.27	7.81	7.58	4.93
T1/T2	4.60	4.40	3.95	3.03	5.99
T1/G1	9.22	14.62	15.77	12.83	12.58
T2/G1	2.00	3.32	4.00	4.23	2.10
G2/ER	2.13	2.12	3.41	3.65	2.47
G2/T1	2.78	2.91	3.46	4.82	2.59
G2/G1	25.63	42.49	54.55	61.86	32.52
G2/T2	12.78	12.78	13.65	14.61	15.50
ER/T1	1.30	1.37	1.01	1.32	1.05
ER/T2	6.00	6.02	4.00	4.00	6.28
ER/G1	12.03	20.00	15.99	16.93	13.18
(0.5×DLD)/ER	2.22	2.05	3.81	3.82	3.40
EFL/ER	2.70	2.65	4.00	4.13	3.14
EFL/(0.5×DLD)	1.22	1.29	1.05	1.08	0.92
DLD/D2	1.30	1.19	1.68	1.83	2.14
G2/ALT	2.28	2.37	2.76	3.63	2.22
SL/T1	5.41	5.57	5.79	7.55	4.88

【圖 43】

條件式	第六 實施例	第七 實施例	第八 實施例	第九 實施例
EFL	32.11	44.00	52.18	40.95
EPD	4.00	4.00	4.00	4.00
0.5×DLD	30.55	38.44	38.443	29.76
ER	8.00	21.34	20.81	16.96
T1	6.79	12.57	12.78	9.97
G1	0.76	1.12	1.41	1.02
T2	2.50	2.76	5.01	2.12
G2D	27.40	43.59	42.04	33.93
ALT	9.29	15.32	17.79	12.09
SL	45.45	81.38	82.05	64.00
$ f_2/f_1 $	3.38	2.57	1.81	3.19
250/EFL	7.79	5.68	4.79	6.10
T1/T2	2.72	4.56	2.55	4.70
T1/G1	9.00	11.21	9.05	9.77
T2/G1	3.31	2.46	3.55	2.08
G2/ER	3.43	2.04	2.02	2.00
G2/T1	4.03	3.47	3.29	3.41
G2/G1	36.28	38.88	29.78	33.25
G2/T2	10.96	15.80	8.39	15.99
ER/T1	1.18	1.70	1.63	1.70
ER/T2	3.20	7.74	4.15	7.99
ER/G1	10.59	19.03	14.74	16.62
(0.5×DLD)/ER	3.82	1.80	1.85	1.75
EFL/ER	4.01	2.06	2.51	2.41
EFL/(0.5×DLD)	1.05	1.14	1.36	1.38
DLD/D2	1.77	1.26	1.10	1.14
G2/ALT	2.95	2.84	2.36	2.81
SL/T1	6.69	6.48	6.42	6.42

【圖 44】