



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106970465 A

(43)申请公布日 2017.07.21

(21)申请号 201710021201.3

(22)申请日 2017.01.11

(71)申请人 玉晶光电(厦门)有限公司

地址 361000 福建省厦门市火炬园区创新
路8号玉晶科技大厦

(72)发明人 马修·博恩 唐如优 樊大正

(74)专利代理机构 厦门市精诚新创知识产权代
理有限公司 35218

代理人 何家富

(51)Int.Cl.

G02B 25/00(2006.01)

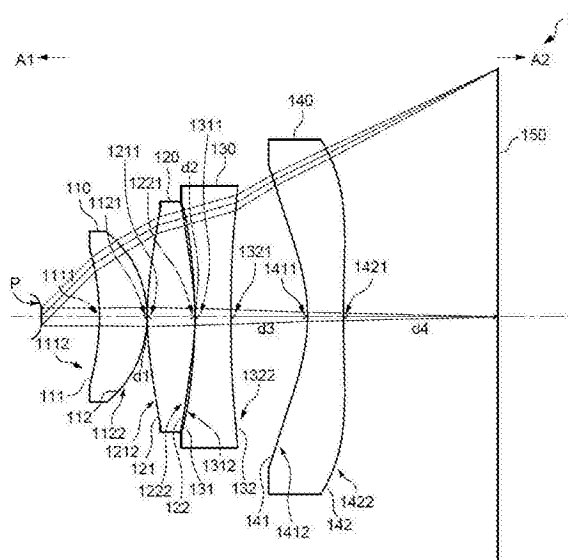
权利要求书2页 说明书16页 附图41页

(54)发明名称

目镜光学系统

(57)摘要

本发明公开了一种目镜光学系统。该目镜光学系统从目侧至显示侧依序包括第一、第二、第三、及第四透镜。透过设计四片透镜表面的凹凸配置,使得目镜光学系统的整体长度被缩短时,同时可兼顾较佳的光学性能、较短的有效焦距、以及较大的视场角。



1. 一种目镜光学系统,适用于让一显示画面的一成像光线经由该目镜光学系统进入一观察者的眼睛而成像,朝向该眼睛的方向为目侧,且朝向该显示画面的方向为显示侧,其中该目镜光学系统从该目侧至该显示侧沿一光轴依序包括一第一透镜、一第二透镜、一第三透镜及一第四透镜,且该第一透镜、该第二透镜、该第三透镜及该第四透镜各自包括朝向该目侧且使该成像光线通过的一目侧面及朝向该显示侧且使该成像光线通过的一显示侧面,其中:

该第二透镜之显示侧面包含一位于该光轴的附近区域的凸面部;

该第三透镜之显示侧面包含一位于该光轴的附近区域的凹面部;以及

该第四透镜之目侧面包含一位于该光轴的附近区域的凹面部。

2. 如权利要求1所述目镜光学系统,其中TL代表该第一透镜之目侧面至该第四透镜的显示侧面在该光轴上的距离,ER代表该观察者的瞳孔到该第一透镜之目侧面在该光轴上的距离,而TL及ER满足 $0 \leq TL/ER \leq 8$ 的条件式。

3. 如权利要求1所述目镜光学系统,其中T1代表该第一透镜在该光轴上的中心厚度,G23代表该第二透镜与该第三透镜之间在该光轴上的空气间隙宽度,G34代表该第三透镜与该第四透镜之间在该光轴上的空气间隙宽度,而T1、G23及G34满足 $T1/(G23+G34) \leq 2.5$ 的条件式。

4. 如权利要求1所述目镜光学系统,其中T1代表该第一透镜在该光轴上的中心厚度,T3代表该第三透镜在该光轴上的中心厚度,T4代表该第四透镜在该光轴上的中心厚度,而T1、T3及T4满足 $(T1+T3)/T4 \leq 4.5$ 的条件式。

5. 如权利要求1所述目镜光学系统,其中ALT代表该第一透镜至该第四透镜在该光轴上的四个透镜的中心厚度的总和,AAG代表该第一透镜至该第四透镜在该光轴上的三个空气间隙宽度的总和,而ALT及AAG满足 $ALT/AAG \leq 10$ 的条件式。

6. 如权利要求1所述目镜光学系统,其中EFL代表该目镜光学系统的有效焦距,G4D代表该第四透镜之显示侧面到该显示画面在该光轴上的距离,而EFL及G4D满足 $EFL/G4D \geq 2.4$ 的条件式。

7. 一种目镜光学系统,适用于让一显示画面的一成像光线经由该目镜光学系统进入一观察者的眼睛而成像,朝向该眼睛的方向为目侧,且朝向该显示画面的方向为显示侧,其中该目镜光学系统从该目侧至该显示侧沿一光轴依序包括一第一透镜、一第二透镜、一第三透镜及一第四透镜,且该第一透镜、该第二透镜、该第三透镜及该第四透镜各自包括朝向该目侧且使该成像光线通过的一目侧面及朝向该显示侧且使该成像光线通过的一显示侧面,其中:

该第二透镜的屈光率为正值;

该第三透镜之显示侧面包含一位于该光轴的附近区域的凹面部;以及

该第四透镜之目侧面包含一位于该光轴的附近区域的凹面部。

8. 如权利要求7所述目镜光学系统,其中TTL代表该第一透镜之目侧面至该显示画面在该光轴上的距离,ER代表该观察者的瞳孔到该第一透镜之目侧面在该光轴上的距离,而TTL及ER满足 $0 \leq TTL/ER \leq 10$ 的条件式。

9. 如权利要求7所述目镜光学系统,其中ALT代表该第一透镜至该第四透镜在该光轴上的四个透镜的中心厚度的总和,AAG代表该第一透镜至该第四透镜在该光轴上的三个空气

间隙宽度的总和,而ALT及AAG满足 $ALT/AAG \leq 10$ 的条件式。

10. 如权利要求7所述目镜光学系统,其中T1代表该第一透镜在该光轴上的中心厚度,G12代表该第一透镜与该第二透镜之间在该光轴上的空气间隙宽度,T2代表该第二透镜在该光轴上的中心厚度,T3代表该第三透镜在该光轴上的中心厚度,G34代表该第三透镜与该第四透镜之间在该光轴上的空气间隙宽度,T4代表该第四透镜在该光轴上的中心厚度,而T1、T2、T3、T4、G12及G34满足 $(T1+G12+T2)/(T3+G34+T4) \leq 2.5$ 的条件式。

11. 如权利要求7所述目镜光学系统,其中T3代表该第三透镜在该光轴上的中心厚度,T4代表该第四透镜在该光轴上的厚度,G34代表该第三透镜与该第四透镜之间在该光轴上的空气间隙宽度,而T3、T4及G34满足 $(T3+T4)/G34 \leq 3.0$ 的条件式。

12. 一种目镜光学系统,适用于让一显示画面的一成像光线经由该目镜光学系统进入观察者的眼睛而成像,朝向该眼睛的方向为目侧,且朝向该显示画面的方向为显示侧,其中该目镜光学系统从该目侧至该显示侧沿一光轴依序包括一第一透镜、一第二透镜、一第三透镜及一第四透镜,且该第一透镜、该第二透镜、该第三透镜及该第四透镜各自包括朝向该目侧且使该成像光线通过的一目侧面及朝向该显示侧且使该成像光线通过的一显示侧面,其中:

该第一透镜的显示侧面包含一位于该光轴的附近区域的凸面部;

该第三透镜之显示侧面包含一位于该光轴的附近区域的凹面部;以及

该第四透镜之目侧面包含一位于该光轴的附近区域的凹面部。

13. 如权利要求12所述目镜光学系统,其中T1代表该第一透镜在该光轴上的中心厚度,T2代表该第二透镜在该光轴上的中心厚度,而T1及T2满足 $T2/T1 \geq 0.9$ 的条件式。

14. 如权利要求12所述目镜光学系统,其中TL代表该第一透镜之目侧面至该第四透镜的显示侧面在该光轴上的距离,ER代表该观察者的瞳孔到该第一透镜之目侧面在该光轴上的距离,而TL及ER满足 $0 \leq TL/ER \leq 8$ 的条件式。

15. 如权利要求12所述目镜光学系统,其中T2代表该第二透镜在该光轴上的中心厚度,G23代表该第二透镜与该第三透镜之间在该光轴上的空气间隙宽度,G34代表该第三透镜与该第四透镜之间在该光轴上的空气间隙宽度,而T2、G23及G34满足 $T2/(G23+G34) \leq 4.0$ 的条件式。

16. 如权利要求12所述目镜光学系统,其中T1代表该第一透镜在该光轴上的中心厚度,G34代表该第三透镜与该第四透镜之间在该光轴上的空气间隙宽度,而T1及G34满足 $T1/G34 \leq 3.0$ 的条件式。

17. 如权利要求12所述目镜光学系统,其中EFL代表该目镜光学系统的有效焦距,AAG代表该第一透镜至该第四透镜在该光轴上的三个空气间隙宽度的总和,而EFL及AAG满足 $EFL/AAG \geq 4.9$ 的条件式。

目镜光学系统

技术领域

[0001] 本发明涉及目镜光学系统,尤指一种四片式的目镜光学系统。。

背景技术

[0002] 由于科技的日益进步,让消费者对于小型电子产品的需求不断地增加。应用于目镜光学系统的特征,结合于消费型电子产品内的目镜光学系统的关键组件应随者科技的进行齐步并进以满足消费者的期望。目镜光学系统的一些重要特征包含有成像质量与尺寸。在小型化产品的条件下,要同时维持(或改善)消费者对于成像质量的期待,影像传感器技术的改良扮演了重要的角色。然而,当前的目镜光学系统具有一些缺点,例如视场角太小且/或像差太大。再者,在维持良好光学特性的条件下,同时要缩小成像镜头的尺寸,将遭遇很大的挑战。

[0003] 有鉴于此,目前有需要一种改良的目镜光学系统,其具有较大的视场角,同时也兼顾良好的成像质量。

发明内容

[0004] 提供一种目镜光学系统。透过控制四片透镜表面的凹凸配置,使得目镜光学系统的长度被缩短之同时,也兼顾良好的光学特性以及成像质量。

[0005] 在说明书揭示内容中,使用以下表格列出的参数,但不局限于只使用这些参数,见表1所示。

[0006] 表1参数表

[0007]

参数	定义
T1	第一透镜在光轴上的中心厚度
G12	第一透镜与第二透镜之间在光轴上的空气间隙宽度
T2	第二透镜在光轴上的中心厚度

[0008]

G23	第二透镜与第三透镜之间在光轴上的空气间隙宽度
T3	第三透镜在光轴上的中心厚度
G34	第三透镜与第四透镜之间在光轴上的空气间隙宽度
T4	第四透镜在光轴上的中心厚度
G4D	第四透镜之显示侧面到显示画面在光轴上的距离
EFL	目镜光学系统的有效焦距
TTL	第一透镜之目侧面至显示画面在光轴上的距离
TL	第一透镜之目侧面至第四透镜的显示侧面在光轴上的距离
SL	观察者的瞳孔到显示画面在光轴上的距离
ER	观察者瞳孔到第一透镜之目侧面在光轴上的距离
EPD	目镜光学系统之出瞳直径
DLD	观察者单一瞳孔对应之显示画面之对角线长
n1	第一透镜的折射率
n2	第二透镜的折射率
n3	第三透镜的折射率
n4	第四透镜的折射率
v1	第一透镜的阿贝数
v2	第二透镜的阿贝数
v3	第三透镜的阿贝数
v4	第四透镜的阿贝数
ω	半眼视视角，即观察者的一半视野角度
Fno	目镜光学系统的光圈值
ALT	第一透镜至第四透镜在光轴上的四个透镜的中心厚度的总和
AAG	第一透镜至第四透镜在光轴上的三个空气间隙宽度的总和

[0009] 在本发明的一实施例中，该目镜光学系统从目侧至显示侧沿一光轴依序包括一第一透镜、一第二透镜、一第三透镜及一第四透镜。此外，每一透镜具有一朝向目侧的目侧面、一朝向显示侧的显示侧面、以及一沿着光轴的中心厚度。该第二透镜之显示侧面包括一位于光轴附近区域的凸面部；该第三透镜之显示侧面包括一位于光轴附近区域的凹面部；该第四透镜之目侧面包括一位于光轴附近区域的凹面部。

[0010] 在上述实施例中，可选择地控制一些光学参数满足下列至少一个条件式：

[0011] $0 \leq TL/ER \leq 8$ 条件式(1)；

[0012] $T1 / (G23+G34) \leq 2.5$ 条件式 (2) ;

[0013] $(T1+T3) / T4 \leq 4.5$ 条件式 (3) ;

[0014] $ALT/AAG \leq 10$ 条件式 (4) ;

[0015] $EFL/G4D \geq 2.4$ 条件式 (5) ;

[0016] 在本发明的一实施例中,该目镜光学系统从目侧至显示侧沿一光轴依序包括一第一透镜、一第二透镜、一第三透镜及一第四透镜。此外,每一透镜具有一朝向目侧的目侧面、一朝向显示侧的显示侧面、以及一沿着光轴的中心厚度。该第二透镜的屈光率为正值;该第三透镜之显示侧面包括一位于光轴附近区域的凹面部;该第四透镜之目侧面包括一位于光轴附近区域的凹面部。

[0017] 在上述实施例中,可选择地控制一些光学参数满足下列至少一个条件式:

[0018] $0 \leq TTL/ER \leq 10$ 条件式 (6) ;

[0019] $ALT/AAG \leq 10$ 条件式 (4) ;

[0020] $(T1+G12+T2) / (T3+G34+T4) \leq 2.5$ 条件式 (7) ;

[0021] $(T3+T4) / G34 \leq 3.0$ 条件式 (8) ;

[0022] 在本发明的一实施例中,该目镜光学系统从目侧至显示侧沿一光轴依序包括一第一透镜、一第二透镜、一第三透镜及一第四透镜。此外,每一透镜具有一朝向目侧的目侧面、一朝向显示侧的显示侧面、以及一沿着光轴的中心厚度。该第一透镜的显示侧面包括一位于光轴附近区域的凸面部;该第三透镜之显示侧面包括一位于光轴附近区域的凹面部;该第四透镜之目侧面包括一位于光轴附近区域的凹面部。

[0023] 在上述实施例中,可选择地控制一些光学参数满足下列至少一个条件式:

[0024] $T2/T1 \geq 0.9$ 条件式 (9) ;

[0025] $0 \leq TL/ER \leq 8$ 条件式 (1) ;

[0026] $T2 / (G23+G34) \leq 4.0$ 条件式 (10) ;

[0027] $T1/G34 \leq 3.0$ 条件式 (11) ;

[0028] $EFL/AAG \geq 4.9$ 条件式 (12) 。

[0029] 其中TL代表该第一透镜之目侧面至该第四透镜的显示侧面在该光轴上的距离,ER代表该观察者的瞳孔到该第一透镜之目侧面在该光轴上的距离;T1代表该第一透镜在该光轴上的中心厚度,T2代表该第二透镜在该光轴上的中心厚度,G12代表该第一透镜与该第二透镜之间在该光轴上的空气间隙宽度,G23代表该第二透镜与该第三透镜之间在该光轴上的空气间隙宽度,G34代表该第三透镜与该第四透镜之间在该光轴上的空气间隙宽度;T3代表该第三透镜在该光轴上的中心厚度,T4代表该第四透镜在该光轴上的中心厚度;ALT代表该第一透镜至该第四透镜在该光轴上的四个透镜的中心厚度的总和,AAG代表该第一透镜至该第四透镜在该光轴上的三个空气间隙宽度的总和;EFL代表该目镜光学系统的有效焦距,G4D代表该第四透镜之显示侧面到该显示画面在该光轴上的距离,其中TTL代表该第一透镜之目侧面至该显示画面在该光轴上的距离。

[0030] 在实施本发明时,除了上述条件式之外,亦可针对单一透镜或广泛性地针对多个透镜额外设计出其他更多的透镜的凹凸曲面排列等细部结构,以加强对系统性能及/或分辨率的控制。须注意的是,此些细节需在无冲突之情况之下,选择性地合并施用于本发明之其他实施例当中,并不限于此。

附图说明

- [0031] 图1为本发明之目镜光学系统的示意图。
- [0032] 图2为本发明之一实施例之透镜剖面结构示意图。
- [0033] 图3为透镜面形与光线焦点的关系示意图。
- [0034] 图4为范例一的透镜面形与有效半径的关系图。
- [0035] 图5为范例二的透镜面形与有效半径的关系图。
- [0036] 图6为范例三的透镜面形与有效半径的关系图。
- [0037] 图7为本发明之第一实施例之目镜光学系统之透镜剖面结构示意图。
- [0038] 图8为本发明之第一实施例之目镜光学系统之纵向球差与各项像差图示意图。
- [0039] 图9为本发明之第一实施例之目镜光学系统之各透镜之详细光学数据表格图。
- [0040] 图10为本发明之第一实施例之目镜光学系统之非球面数据表格图。
- [0041] 图11为本发明之第二实施例之目镜光学系统之透镜剖面结构示意图。
- [0042] 图12为本发明之第二实施例之目镜光学系统之纵向球差与各项像差图示意图。
- [0043] 图13为本发明之第二实施例之目镜光学系统之各透镜之详细光学数据表格图。
- [0044] 图14为本发明之第二实施例之目镜光学系统之非球面数据表格图。
- [0045] 图15为本发明之第三实施例之目镜光学系统之透镜剖面结构示意图。
- [0046] 图16为本发明之第三实施例之目镜光学系统之纵向球差与各项像差图示意图。
- [0047] 图17为本发明之第三实施例之目镜光学系统之各透镜之详细光学数据表格图。
- [0048] 图18为本发明之第三实施例之目镜光学系统之非球面数据表格图。
- [0049] 图19为本发明之第四实施例之目镜光学系统之透镜剖面结构示意图。
- [0050] 图20为本发明之第四实施例之目镜光学系统之纵向球差与各项像差图示意图。
- [0051] 图21为本发明之第四实施例之目镜光学系统之各透镜之详细光学数据表格图。
- [0052] 图22为本发明之第四实施例之目镜光学系统之非球面数据表格图。
- [0053] 图23为本发明之第五实施例之目镜光学系统之透镜剖面结构示意图。
- [0054] 图24为本发明之第五实施例之目镜光学系统之纵向球差与各项像差图示意图。
- [0055] 图25为本发明之第五实施例之目镜光学系统之各透镜之详细光学数据表格图。
- [0056] 图26为本发明之第五实施例之目镜光学系统之非球面数据表格图。
- [0057] 图27为本发明之第六实施例之目镜光学系统之透镜剖面结构示意图。
- [0058] 图28为本发明之第六实施例之目镜光学系统之纵向球差与各项像差图示意图。
- [0059] 图29为本发明之第六实施例之目镜光学系统之各透镜之详细光学数据表格图。
- [0060] 图30为本发明之第六实施例之目镜光学系统之非球面数据表格图。
- [0061] 图31为本发明之第七实施例之目镜光学系统之透镜剖面结构示意图。
- [0062] 图32为本发明之第七实施例之目镜光学系统之纵向球差与各项像差图示意图。
- [0063] 图33为本发明之第七实施例目镜光学系统之各透镜之详细光学数据表格图。
- [0064] 图34为本发明之第七实施例之目镜光学系统之非球面数据表格图。
- [0065] 图35为本发明之第八实施例之目镜光学系统之透镜剖面结构示意图。
- [0066] 图36为本发明之第八实施例之目镜光学系统之纵向球差与各项像差图示意图。
- [0067] 图37为本发明之第八实施例之目镜光学系统之各透镜之详细光学数据表格图。

- [0068] 图38为本发明之第八实施例之目镜光学系统之非球面数据表格图。
- [0069] 图39为本发明之第九实施例之目镜光学系统之透镜剖面结构示意图。
- [0070] 图40为本发明之第九实施例之目镜光学系统之纵向球差与各项像差图示意图。
- [0071] 图41为本发明之第九实施例之目镜光学系统之各透镜之详细光学数据表格图。
- [0072] 图42为本发明之第九实施例之目镜光学系统之非球面数据表格图。
- [0073] 图43为本发明之第十实施例之目镜光学系统之透镜剖面结构示意图。
- [0074] 图44为本发明之第十实施例之目镜光学系统之纵向球差与各项像差图示意图。
- [0075] 图45为本发明之第十实施例之目镜光学系统之各透镜之详细光学数据表格图。
- [0076] 图46为本发明之第十实施例之目镜光学系统之非球面数据表格图。
- [0077] 图47为本发明之第十一实施例之目镜光学系统之透镜剖面结构示意图。
- [0078] 图48为本发明之第十一实施例之目镜光学系统之纵向球差与各项像差图示意图。
- [0079] 图49为本发明之第十一实施例之目镜光学系统之各透镜之详细光学数据表格图。
- [0080] 图50为本发明之第十一实施例之目镜光学系统之非球面数据表格图。
- [0081] 图51为本发明实施例1-6的 $T1, G12, T2, G23, T3, G34, T4, G4D, EFL, TTL, TL, AAG, ALT, EPD, ER, DLD, TL/ER, T1/(G23+G34), (T1+T3)/T4, ALT/AAG, EFL/G4D, TTL/ER, (T1+G12+T2)/(T3+G34+T4), (T3+T4)/G34, T2/T1, T2/(G23+G34), T1/G34$ 及 EFL/AAG 之值的比较表格图。
- [0082] 图52为本发明实施例7-11的 $T1, G12, T2, G23, T3, G34, T4, G4D, EFL, TTL, TL, AAG, ALT, EPD, ER, DLD, TL/ER, T1/(G23+G34), (T1+T3)/T4, ALT/AAG, EFL/G4D, TTL/ER, (T1+G12+T2)/(T3+G34+T4), (T3+T4)/G34, T2/T1, T2/(G23+G34), T1/G34$ 及 EFL/AAG 之值的比较表格图。

具体实施方式

[0083] 为了更完整地理解说明书内容及其优点,本发明乃提供有图式。此些图式乃为本发明揭露内容之一部分,其主要系用以说明实施例,并可配合说明书之相关描述来解释实施例的运作原理。配合参考这些内容,本领域具有通常知识者应能理解其他可能的实施方式以及本发明之优点。图中的组件并未按比例绘制,而类似的组件符号通常用来表示类似的组件。

[0084] 附图的符号说明:

[0085] 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10', 11', V100目镜光学系统; 110, 210, 310, 410, 510, 610, 710, 810, 910, 10'10, 11'10第一透镜; 111, 121, 131, 141, 211, 221, 231, 241, 311, 321, 331, 341, 411, 421, 431, 441, 511, 521, 531, 541, 611, 621, 631, 641, 711, 721, 731, 741, 811, 821, 831, 841, 911, 921, 931, 941, 10'11, 10'21, 10'31, 10'41, 11'11, 11'21, 11'31, 11'41目侧面; 112, 122, 132, 142, 212, 222, 232, 242, 312, 322, 332, 342, 412, 422, 432, 442, 512, 522, 532, 542, 612, 622, 632, 642, 712, 722, 732, 742, 812, 822, 832, 842, 912, 922, 932, 942, 10'12, 10'22, 10'32, 10'42, 11'12, 11'22, 11'32, 11'42显示侧面; 120, 220, 320, 420, 520, 620, 720, 820, 920, 10'20, 11'20第二透镜; 130, 230, 330, 430, 530, 630, 730, 830, 930, 10'30, 11'30第三透镜; 140, 240, 340, 440, 540, 640, 740, 840, 940, 10'40, 11'40第四透镜; 150, 250, 350, 450, 550, 650, 750, 850, 950, 10'50, 11'50显示画面; 1121, 1211, 1221光轴附近区域的

凸面部;1122,1212,1222,1422,2322,3322,4412,6322,7322,8322,9412,10'412圆周附近区域的凸面部;1111,1311,1321,1411,1421光轴附近区域的凹面部;1112,1312,1322,1412,7422圆周附近区域的凹面部;d1,d2,d3,d4空气间隙;VI成像光线;V50显示画面;V60眼睛;VD明视距离;VV放大虚像;A1目侧;A2显示侧;I光轴;A光轴附近区域;C圆周附近区域;E延伸部;Lc主光线;Lm边缘光线。

[0086] 一般而言,目镜光学系统V100的光线方向为一成像光线VI由显示画面V50射出,经由目镜光学系统V100进入眼睛V60,于眼睛V60的视网膜聚焦成像并且于明视距离VD产生一放大虚像VV,如图1所示。在以下说明本案之光学规格的判断准则是假设光线方向逆追迹(reversely tracking)为一平行成像光线由目侧经过目镜光学系统到显示画面聚焦成像。

[0087] 本篇说明书所言之「一透镜具有正屈光率(或负屈光率)」,是指所述透镜以高斯光学理论计算出来之光轴上的屈光率为正(或为负)。该目侧面、显示侧面定义为成像光线通过的范围,其中成像光线包括了主光线(chief ray)Lc及边缘光线(marginal ray)Lm,如图2所示,I为光轴且此一透镜是以该光轴I为对称轴径向地相互对称,光线通过光轴上的区域为光轴附近区域A,边缘光线通过的区域为圆周附近区域C,此外,该透镜还包含一延伸部E(即圆周附近区域C径向上向外的区域),用以供该透镜组装于一光学成像镜头内,理想的成像光线并不会通过该延伸部E,但该延伸部E之结构与形状并不限于此,以下之实施例为求图式简洁均省略了部分的延伸部。更详细的说,判定面形或光轴附近区域、圆周附近区域、或多个区域的范围的方法如下:

[0088] 1. 请参照图2,其系一透镜径向上的剖视图。以该剖视图观之,在判断前述区域的范围时,定义一中心点为该透镜表面上与光轴的一交点,而一转换点是位于该透镜表面上的一点,且通过该点的一切线与光轴垂直。如果径向上向外有复数个转换点,则依序为第一转换点,第二转换点,而有效半径上距光轴径向上最远的转换点为第N转换点。中心点和第一转换点之间的范围为光轴附近区域,第N转换点径向上向外的区域为圆周附近区域,中间可依各转换点区分不同的区域。此外,有效半径为边缘光线Lm与透镜表面交点到光轴I上的垂直距离。

[0089] 2. 如图3所示,该区域的形状凹凸系以平行通过该区域的光线(或光线延伸线)与光轴的交点在目侧或显示侧来决定(光线焦点判定方式)。举例言之,当光线通过该区域后,光线会朝显示侧聚焦,与光轴的焦点会位在显示侧,例如图3中R点,则该区域为凸面部。反之,若光线通过该某区域后,光线会发散,其延伸线与光轴的焦点在目侧,例如图3中M点,则该区域为凹面部,所以中心点到第一转换点间为凸面部,第一转换点径向上向外的区域为凹面部;由图3可知,该转换点即是凸面部转凹面部的分界点,因此可定义该区域与径向上相邻该区域的内侧的区域,系以该转换点为分界具有不同的面形。另外,若是光轴附近区域的面形判断可依该领域中通常知识者的判断方式,以R值(指近轴的曲率半径,通常指光学软件中的透镜数据库(lens data)上的R值)正负判断凹凸。以目侧面来说,当R值为正时,判定为凸面部,当R值为负时,判定为凹面部;以显示侧面来说,当R值为正时,判定为凹面部,当R值为负时,判定为凸面部,此方法判定出的凹凸和光线焦点判定方式相同。

[0090] 3. 若该透镜表面上无转换点,该光轴附近区域定义为有效半径的0~50%,圆周附近区域定义为有效半径的50~100%。

[0091] 图4范例一的透镜显示侧表面在有效半径上仅具有第一转换点,则第一区为光轴

附近区域,第二区为圆周附近区域。此透镜目侧面的R值为正,故判断光轴附近区域具有一凹面部;圆周附近区域的面形和径向上紧邻该区域的内侧区域不同。即,圆周附近区域和光轴附近区域的面形不同;该圆周附近区域系具有一凸面部。

[0092] 图5范例二的透镜目侧表面在有效半径上具有第一及第二转换点,则第一区为光轴附近区域,第三区为圆周附近区域。此透镜目侧面的R值为正,故判断光轴附近区域为凸面部;第一转换点与第二转换点间的区域(第二区)具有一凹面部,圆周附近区域(第三区)具有一凸面部。

[0093] 图6范例三的透镜目侧表面在有效半径上无转换点,此时以有效半径0%~50%为光轴附近区域,50%~100%为圆周附近区域。由于光轴附近区域的R值为正,故此目侧面在光轴附近区域具有一凸面部;而圆周附近区域与光轴附近区域间无转换点,故圆周附近区域具有一凸面部。

[0094] 为了说明本发明的目镜光学系统确实可在整体长度缩短的前提下,兼顾良好的光学性能,以下提供多个实施例以及其详细的光学数据。首先请一并参考图7至图10,其中图7绘示依据本发明之第一实施例之目镜光学系统之透镜剖面结构示意图,图8绘示依据本发明之第一实施例之目镜光学系统之纵向球差与各项像差图示意图,图9绘示依据本发明之第一实施例之目镜光学系统之详细光学数据,图10绘示依据本发明之第一实施例目镜光学系统之各透镜之非球面数据。本发明第一实施例的目镜光学系统适用于让一显示画面的一成像光线经由该目镜光学系统进入一观察者的眼睛P而成像。

[0095] 如图7所示,本实施例之目镜光学系统1从目侧A1至显示侧A2沿着一光轴依序包括一第一透镜110、一第二透镜120、一第三透镜130及一第四透镜140。一显示画面150设置于目镜光学系统1的显示侧A2。第一透镜110、第二透镜120、第三透镜130及第四透镜140分别包含朝向目侧A1的目侧面111/121/131/141以及朝向显示侧A2的显示侧面112/122/132/142。。

[0096] 在本实施例中,目镜光学系统1的每个透镜的细部结构可参照图式。第一透镜110、第二透镜120、第三透镜130及第四透镜140可例如为塑料材质。

[0097] 在第一实施例中,第一透镜110具有正屈光率。目侧面111包括一位于光轴附近区域的凹面部1111及一位于第一透镜110之圆周附近区域的凹面部1112。显示侧面112包括一位于光轴附近区域的凸面部1121及一位于第一透镜110之圆周附近区域的凸面部1122。目侧面111与显示侧面112皆为非球面。

[0098] 第二透镜120具有正屈光率。目侧面121包括一位于光轴附近区域的凸面部1211及一位于第二透镜120之圆周附近区域的凸面部1212。显示侧面122包括一位于光轴附近区域的凸面部1221及一位于第二透镜120之圆周附近区域的凸面部1222。目侧面121与显示侧面122皆为非球面。

[0099] 第三透镜130具有负屈光率。目侧面131包括一位于光轴附近区域的凹面部1311以及一位于第三透镜130之圆周附近区域的凹面部1312。显示侧面132包括一位于光轴附近区域的凹面部1321及一位于第三透镜130之圆周附近区域的凹面部1322。目侧面131与显示侧面132皆为非球面。

[0100] 第四透镜140具有负屈光率。目侧面141包括一位于光轴附近区域的凹面部1411及一位于第四透镜140之圆周附近区域的凹面部1412。显示侧面142包括一位于光轴附近区域

的凹面部1421及一位于第四透镜140之圆周附近区域的凸面部1422。目侧面141与显示侧面142皆为非球面。

[0101] 在本实施例中,系设计第一至第四透镜110、120、130、140之间皆存在空气间隙,如:第一透镜110与第二透镜120之间存在空气间隙d1、第二透镜120与第三透镜130之间存在空气间隙d2、第三透镜130与第四透镜140之间存在空气间隙d3、以及第四透镜140与显示画面150之间存在空气间隙d4,然而在其他实施例中,亦可不具有前述其中任一空气间隙,如:将两相对透镜的表面轮廓设计为彼此相应,而可彼此贴合,以消除其间之空气间隙。由此可知,空气间隙d1即为G12、空气间隙d2即为G23、空气间隙d3即为G34、空气间隙d4即为G4D,而空气间隙d1、d2、d3的总和即为AAG。关于本实施例之目镜光学系统1中的各透镜之各光学特性,请参考图9。

[0102] 第一透镜110的目侧面111及显示侧面112、第二透镜120的目侧面121及显示侧面122、第三透镜130的目侧面131及显示侧面132、第四透镜140的目侧面141及显示侧面142共计八个非球面皆是依下列非球面曲线公式定义:

$$[0103] \quad Z(Y) = \frac{Y^2}{R} \left/ \left(1 + \sqrt{1 - (1 + K) \frac{Y^2}{R^2}} \right) + \sum_{i=1}^n a_{2i} \times Y^i \right.$$

[0104] Z表示非球面之深度(非球面上距离光轴为Y的点,其与相切于非球面光轴上顶点之切面,两者间的垂直距离);

[0105] R表示透镜表面之曲率半径;

[0106] Y表示非球面曲面上的点与光轴的垂直距离;

[0107] K为锥面系数(Conic Constant);

[0108] a_{2i} 为第2i阶非球面系数。

[0109] 各个非球面之参数详细数据请一并参考图10。

[0110] 图8(a)绘示本实施例的三种代表波长(486nm, 587nm, 656nm)的纵向球差的示意图,其中横轴定义为焦距,纵轴定义为视场。图8(b)绘示本实施例的三种代表波长(486nm, 587nm, 656nm)的弧矢方向的像散像差的示意图,横轴定义为焦距,纵轴定义为半眼视视角。图8(c)绘示本实施例的三种代表波长(486nm, 587nm, 656nm)的子午方向的像散像差的示意图,其中横轴定义为焦距,而纵轴定义为半眼视视角。图8(d)绘示本实施例的畸变像差,其中横轴定义为百分比,而纵轴定义为半眼视视角。每一种波长所成的曲线皆很靠近,说明每一种波长不同高度的离轴光线皆集中在成像点附近。从图8(a)中每一曲线的纵向偏差,可看出不同高度的离轴光线的成像点之偏差控制在 $\pm 0.9\text{mm}$ 。因此,本实施例确实明显改善不同波长的纵向球差,此外,参阅图8(b),三种代表波长在整个视场范围内的焦距落在 $\pm 0.9\text{mm}$ 的范围。参阅图8(c),三种代表波长在整个视场范围内的焦距落在 $\pm 0.9\text{mm}$ 的范围内。参阅图8(d)的横轴,畸变像差维持在 $\pm 35\%$ 的范围内。

[0111] 关于T1, G12, T2, G23, T3, G34, T4, G4D, EFL, TTL, TL, AAG, ALT, EPD, ER, DLD, TL/ER, T1/(G23+G34), (T1+T3)/T4, ALT/AAG, EFL/G4D, TTL/ER, (T1+G12+T2)/(T3+G34+T4), (T3+T4)/G34, T2/T1, T2/(G23+G34), T1/G34, 以及EFL/AAG之值,请参考图51及图52。

[0112] ω 大约45度, Fno大约21.494, 而SL大约101.852mm。Fno在本实施例中是基于光可逆性的原理计算的,其中目侧作为一物体侧,显示侧作为一像侧,且观察者的眼睛的瞳孔P

作为一入射光的光瞳 (pupil), 当然其他实施例在计算 F_{no} 也是用这个基础而得。

[0113] 另请一并参考图11至图14, 其中图11绘示依据本发明之第二实施例之目镜光学系统之透镜剖面结构示意图, 图12绘示依据本发明之第二实施例目镜光学系统之纵向球差与各项像差图示意图, 图13绘示依据本发明之第二实施例之目镜光学系统之详细光学数据, 图14绘示依据本发明之第二实施例之目镜光学系统之各透镜之非球面数据。在本实施例中使用与第一实施例类似的标号标示出相似的组件, 唯在此使用的标号开头改为2, 例如第三透镜目侧面为231, 第三透镜显示侧面为232, 其它组件标号在此不再赘述。

[0114] 如图11所示, 本实施例之目镜光学系统2从目侧A1至显示侧A2依序包括一第一透镜210、一第二透镜220、一第三透镜230及一第四透镜240。

[0115] 目侧面211、221、231、241及显示侧面212、222、242之表面的凹凸配置大致上与第一实施例类似, 唯显示侧面232的表面凹凸配置与第一实施例不同。此外, 第二实施例的各透镜表面的曲率半径、透镜厚度、非球面系数、及有效焦距的光学参数也与第一实施例不同。详细地说, 差异在于: 第三透镜230之显示侧面232包括一位于第三透镜230之圆周附近区域的凸面部2322。

[0116] 在此为了更清楚绘示本实施例之图面, 透镜表面凹凸配置的特征仅标示与第一实施例不同之处, 而省略相同之处的标号。关于本实施例之目镜光学系统2的各透镜之光学特性, 请参考图13。

[0117] 从图12(a)中每一曲线的纵向偏差, 可看出不同高度的离轴光线的成像点之偏差控制在 $\pm 0.6\text{mm}$ 。参阅图12(b), 三种代表波长(486nm, 587nm, 656nm)在整个视场范围内的焦距落在 $\pm 0.6\text{mm}$ 的范围。参阅图12(c), 三种代表波长(486nm, 587nm, 656nm)在整个视场范围内的焦距落在 $\pm 0.8\text{mm}$ 的范围内。参阅图12(d)的横轴, 目镜光学系统2的畸变像差维持在 $\pm 40\%$ 的范围内。

[0118] 关于 $T_1, G_{12}, T_2, G_{23}, T_3, G_{34}, T_4, G_{4D}, EFL, TTL, TL, AAG, ALT, EPD, ER, DLD, TL/ER, T_1/(G_{23}+G_{34}), (T_1+T_3)/T_4, ALT/AAG, EFL/G_{4D}, TTL/ER, (T_1+G_{12}+T_2)/(T_3+G_{34}+T_4), (T_3+T_4)/G_{34}, T_2/T_1, T_2/(G_{23}+G_{34}), T_1/G_{34}$, 以及 EFL/AAG 之值, 请参考图51及图52。

[0119] 在本实施例中, ω 大约45度, F_{no} 大约21.890, 而SL大约132.258mm。相较于第一实施例, 本实施例之像差较小且制造良率较高。

[0120] 另请一并参考图15至图18, 其中图15绘示依据本发明之第三实施例之目镜光学系统之透镜剖面结构示意图, 图16绘示依据本发明之第三实施例目镜光学系统之纵向球差与各项像差图示意图, 图17绘示依据本发明之第三实施例之目镜光学系统之详细光学数据, 图18绘示依据本发明之第三实施例之目镜光学系统之各透镜之非球面数据。在本实施例中使用与第一实施例类似的标号标示出相似的组件, 唯在此使用的标号开头改为3, 例如第三透镜目侧面为331, 第三透镜显示侧面为332, 其它组件标号在此不再赘述。

[0121] 如图15所示, 本实施例之目镜光学系统3从目侧A1至显示侧A2依序包括一第一透镜310、一第二透镜320、一第三透镜330及一第四透镜340。

[0122] 目侧面311、321、331、341及显示侧面312、322、342之表面的凹凸配置大致上与第一实施例类似。唯显示侧面332之表面的凹凸配置不同。此外, 第三实施例的各透镜表面的曲率半径、透镜厚度、非球面系数、及有效焦距的光学参数也与第一实施例不同。详细地说, 差异在于: 第三透镜30的显示侧面332包括一位于第三透镜330的圆周附近区域的凸面部

3322。

[0123] 在此为了更清楚绘示本实施例之图面,透镜表面凹凸配置的特征仅标示与第一实施例不同之处,而省略相同之处的标号。关于本实施例之目镜光学系统3的各透镜之光学特性,请参考图17。

[0124] 从图16 (a) 中每一曲线的纵向偏差,可看出不同高度的离轴光线的成像点之偏差控制在 $\pm 0.5\text{mm}$ 。参阅图16 (b),三种代表波长(486nm,587nm,656nm)在整个视场范围内的焦距落在 $\pm 0.8\text{mm}$ 的范围。参阅图16 (c),三种代表波长(486nm,587nm,656nm)在整个视场范围内的焦距落在 $\pm 0.6\text{mm}$ 的范围内。参阅图16 (d)的横轴,目镜光学系统3的畸变像差维持在 $\pm 40\%$ 的范围内。

[0125] 关于 $T1, G12, T2, G23, T3, G34, T4, G4D, EFL, TTL, TL, AAG, ALT, EPD, ER, DLD, TL/ER, T1/(G23+G34), (T1+T3)/T4, ALT/AAG, EFL/G4D, TTL/ER, (T1+G12+T2)/(T3+G34+T4), (T3+T4)/G34, T2/T1, T2/(G23+G34), T1/G34$,以及 EFL/AAG 之值,请参考图51及图52。

[0126] 在本实施例中, ω 大约45度, Fno 大约17.054,而 SL 大约98.782mm。相较于第一实施例,本实施例之像差、 Fno 值以及 SL 值较小。

[0127] 另请一并参考图19至图22,其中图19绘示依据本发明之第四实施例之目镜光学系统之透镜剖面结构示意图,图20绘示依据本发明之第四实施例目镜光学系统之纵向球差与各项像差图示意图,图21绘示依据本发明之第四实施例之目镜光学系统之详细光学数据,图22绘示依据本发明之第四实施例之目镜光学系统之各透镜之非球面数据。在本实施例中使用与第一实施例类似的标号标示出相似的组件,唯在此使用的标号开头改为4,例如第三透镜目侧面为431,第三透镜显示侧面为432,其它组件标号在此不再赘述。

[0128] 如图18所示,本实施例之目镜光学系统4从目侧A1至显示侧A2依序包括一光圈400、一第一透镜410、一第二透镜420、一第三透镜430以及一第四透镜440。

[0129] 目侧面411、421、431及显示侧面412、422、432、442之表面的凹凸配置大致上与第一实施例类似,唯目侧面441之表面的凹凸配置不同。此外,第四实施例的各透镜表面的曲率半径、透镜厚度、非球面系数、及有效焦距的光学参数也与第一实施例不同。详细地说,第四透镜440的目侧面441包含一位于第四透镜440之圆周附近区域的凸面部4412。

[0130] 在此为了更清楚绘示本实施例之图面,透镜表面凹凸配置的特征仅标示与第一实施例不同之处,而省略相同之处的标号。关于本实施例之目镜光学系统4的各透镜之光学特性,请参考图21。

[0131] 从图20 (a) 中每一曲线的纵向偏差,可看出不同高度的离轴光线的成像点之偏差控制在 $\pm 0.6\text{mm}$ 。参阅图20 (b),三种代表波长(486nm,587nm,656nm)在整个视场范围内的焦距落在 $\pm 0.7\text{mm}$ 的范围。参阅图20 (c),三种代表波长(486nm,587nm,656nm)在整个视场范围内的焦距落在 $\pm 0.6\text{mm}$ 的范围内。参阅图20 (d)的横轴,目镜光学系统4的畸变像差维持在 $\pm 40\%$ 的范围内。

[0132] 关于 $T1, G12, T2, G23, T3, G34, T4, G4D, EFL, TTL, TL, AAG, ALT, EPD, ER, DLD, TL/ER, T1/(G23+G34), (T1+T3)/T4, ALT/AAG, EFL/G4D, TTL/ER, (T1+G12+T2)/(T3+G34+T4), (T3+T4)/G34, T2/T1, T2/(G23+G34), T1/G34$,以及 EFL/AAG 之值,请参考图51及图52。

[0133] 在本实施例中, ω 大约45度, Fno 大约16.698,而 SL 大约93.387mm。相较于第一实施例,本实施例之像差、 Fno 值及 SL 值较小。

[0134] 另请一并参考图23至图26,其中图23绘示依据本发明之第五实施例之目镜光学系统之透镜剖面结构示意图,图24绘示依据本发明之第五实施例目镜光学系统之纵向球差与各项像差图示意图,图25绘示依据本发明之第五实施例之目镜光学系统之详细光学数据,图26绘示依据本发明之第五实施例之目镜光学系统之各透镜之非球面数据。在本实施例中使用与第一实施例类似的标号标示出相似的组件,唯在此使用的标号开头改为5,例如第三透镜目侧面为531,第三透镜显示侧面为532,其它组件标号在此不再赘述。

[0135] 如图23所示,本实施例之目镜光学系统5从目侧A1至显示侧A2依序包括一第一透镜510、一第二透镜520、一第三透镜530以及一第四透镜540。

[0136] 目侧面511、521、531、541及显示侧面512、522、532、542之表面的凹凸配置大致上与第一实施例类似,唯第五实施例的各透镜表面的曲率半径、透镜厚度、非球面系数、及有效焦距的光学参数也与第一实施例不同。

[0137] 在此为了更清楚绘示本实施例之图面,透镜表面凹凸配置的特征仅标示与第一实施例不同之处,而省略相同之处的标号。关于本实施例之目镜光学系统5的各透镜之光学特性,请参考图25。

[0138] 从图24(a)中每一曲线的纵向偏差,可看出不同高度的离轴光线的成像点之偏差控制在 $\pm 0.9\text{mm}$ 。参阅图24(b),三种代表波长(486nm,587nm,656nm)在整个视场范围内的焦距落在 $\pm 0.9\text{mm}$ 的范围。参阅图24(c),三种代表波长(486nm,587nm,656nm)在整个视场范围内的焦距落在 $\pm 0.9\text{mm}$ 的范围内。参阅图24(d)的横轴,目镜光学系统5的畸变像差维持在 $\pm 30\%$ 的范围内。

[0139] 关于 $T1, G12, T2, G23, T3, G34, T4, G4D, EFL, TTL, TL, AAG, ALT, EPD, ER, DLD, TL/ER, T1/(G23+G34), (T1+T3)/T4, ALT/AAG, EFL/G4D, TTL/ER, (T1+G12+T2)/(T3+G34+T4), (T3+T4)/G34, T2/T1, T2/(G23+G34), T1/G34$,以及 EFL/AAG 之值,请参考图51及图52。

[0140] 在本实施例中, ω 大约45度, Fno 大约22.505,而 SL 大约104.980mm。相较于第一实施例,本实施例之制造良率较高。

[0141] 另请一并参考图27至图30,其中图27绘示依据本发明之第六实施例之目镜光学系统之透镜剖面结构示意图,图28绘示依据本发明之第六实施例目镜光学系统之纵向球差与各项像差图示意图,图29绘示依据本发明之第六实施例之目镜光学系统之详细光学数据,图30绘示依据本发明之第六实施例之目镜光学系统之各透镜之非球面数据。在本实施例中使用与第一实施例类似的标号标示出相似的组件,唯在此使用的标号开头改为6,例如第三透镜目侧面为631,第三透镜显示侧面为632,其它组件标号在此不再赘述。

[0142] 如图27所示,本实施例之目镜光学系统6从目侧A1至显示侧A2依序包括一第一透镜610、一第二透镜620、一第三透镜630及一第四透镜640。

[0143] 目侧面611、621、631、641及显示侧面612、622、642之表面的凹凸配置大致上与第一实施例类似,唯显示侧面632之表面的凹凸配置不同。此外,第六实施例的各透镜表面的曲率半径、透镜厚度、非球面系数、及有效焦距的光学参数也与第一实施例不同。详细地说,第三透镜630的显示侧面632包含一位于第三透镜630的圆周附近区域的凸面部6322。

[0144] 在此为了更清楚绘示本实施例之图面,透镜表面凹凸配置的特征仅标示与第一实施例不同之处,而省略相同之处的标号。关于本实施例之目镜光学系统6的各透镜之光学特性,请参考图29。

[0145] 从图28 (a) 中每一曲线的纵向偏差,可看出不同高度的离轴光线的成像点之偏差控制在 $\pm 0.5\text{mm}$ 。参阅图28 (b),三种代表波长(486nm,587nm,656nm)在整个视场范围内的焦距落在 $\pm 0.8\text{mm}$ 的范围。参阅图28 (c),三种代表波长(486nm,587nm,656nm)在整个视场范围内的焦距落在 $\pm 0.7\text{mm}$ 的范围内。参阅图28 (d)的横轴,目镜光学系统6的畸变像差维持在 $\pm 40\%$ 的范围内。

[0146] 关于 $T1, G12, T2, G23, T3, G34, T4, G4D, EFL, TTL, TL, AAG, ALT, EPD, ER, DLD, TL/ER, T1/(G23+G34), (T1+T3)/T4, ALT/AAG, EFL/G4D, TTL/ER, (T1+G12+T2)/(T3+G34+T4), (T3+T4)/G34, T2/T1, T2/(G23+G34), T1/G34$,以及 EFL/AAG 之值,请参考图51及图52。

[0147] 在本实施例中, ω 大约45度, Fno 大约20.156,而 SL 大约120.340mm。相较于第一实施例,本实施例之像差以及 Fno 值较小。

[0148] 另请一并参考图31至图34,其中图31绘示依据本发明之第七实施例之目镜光学系统之透镜剖面结构示意图,图32绘示依据本发明之第七实施例目镜光学系统之纵向球差与各项像差图示意图,图33绘示依据本发明之第七实施例之目镜光学系统之详细光学数据,图34绘示依据本发明之第七实施例之目镜光学系统之各透镜之非球面数据。在本实施例中使用与第一实施例类似的标号标示出相似的组件,唯在此使用的标号开头改为7,例如第三透镜目侧面为731,第三透镜显示侧面为732,其它组件标号在此不再赘述。

[0149] 如图30所示,本实施例之目镜光学系统7从目侧A1至显示侧A2依序包括一第一透镜710、一第二透镜720、一第三透镜730及一第四透镜740。

[0150] 目侧面711、721、731、741及显示侧面712、722之表面的凹凸配置大致上与第一实施例类似,唯显示侧面732、742之表面的凹凸配置不同。此外,第七实施例的各透镜表面的曲率半径、透镜厚度、非球面系数、及有效焦距的光学参数也与第一实施例不同。详细地说,第三透镜730的显示侧面732包含一位于第三透镜730之圆周附近区域的凸面部7322,第四透镜740的显示侧面742包含一位于第四透镜740的圆周附近区域的凹面部7422。

[0151] 在此为了更清楚绘示本实施例之图面,透镜表面凹凸配置的特征仅标示与第一实施例不同之处,而省略相同之处的标号。关于本实施例之目镜光学系统7的各透镜之光学特性,请参考图33。

[0152] 从图32 (a) 中每一曲线的纵向偏差,可看出不同高度的离轴光线的成像点之偏差控制在 $\pm 0.6\text{mm}$ 。参阅图32 (b),三种代表波长(486nm,587nm,656nm)在整个视场范围内的焦距落在 $\pm 0.7\text{mm}$ 的范围。参阅图32 (c),三种代表波长(486nm,587nm,656nm)在整个视场范围内的焦距落在 $\pm 0.7\text{mm}$ 的范围内。参阅图32 (d)的横轴,目镜光学系统7的畸变像差维持在 $\pm 40\%$ 的范围内。

[0153] 关于 $T1, G12, T2, G23, T3, G34, T4, G4D, EFL, TTL, TL, AAG, ALT, EPD, ER, DLD, TL/ER, T1/(G23+G34), (T1+T3)/T4, ALT/AAG, EFL/G4D, TTL/ER, (T1+G12+T2)/(T3+G34+T4), (T3+T4)/G34, T2/T1, T2/(G23+G34), T1/G34$,以及 EFL/AAG 之值,请参考图51及图52。

[0154] 在本实施例中, ω 大约45度, Fno 大约19.419,而 SL 大约103.787mm。相较于第一实施例,本实施例之像差以及 Fno 值较小。

[0155] 另请一并参考图35至图38,其中图35绘示依据本发明之第八实施例之目镜光学系统之透镜剖面结构示意图,图36绘示依据本发明之第八实施例目镜光学系统之纵向球差与各项像差图示意图,图37绘示依据本发明之第八实施例之目镜光学系统之详细光学数据,

图38绘示依据本发明之第八实施例之目镜光学系统之各透镜之非球面数据。在本实施例中使用与第一实施例类似的标号标示出相似的组件,唯在此使用的标号开头改为8,例如第三透镜目侧面为831,第三透镜显示侧面为832,其它组件标号在此不再赘述。

[0156] 如图35所示,本实施例之目镜光学系统8从目侧A1至显示侧A2依序包括一第一透镜810、一第二透镜820、一第三透镜830及一第四透镜840。

[0157] 目侧面811、821、831、841及显示侧面812、822、842之表面的凹凸配置大致上与第一实施例类似,唯显示侧面832之表面的凹凸配置不同。再者,第八实施例的各透镜表面的曲率半径、透镜厚度、非球面系数、及有效焦距的光学参数也与第一实施例不同。详细地说,第三透镜830的显示侧面832包含一位于第三透镜830的圆周附近区域的凸面部8322。

[0158] 在此为了更清楚绘示本实施例之图面,透镜表面凹凸配置的特征仅标示与第一实施例不同之处,而省略相同之处的标号。关于本实施例之目镜光学系统8的各透镜之光学特性,请参考图37。

[0159] 从图36(a)中每一曲线的纵向偏差,可看出不同高度的离轴光线的成像点之偏差控制在 $\pm 0.6\text{mm}$ 。参阅图36(b),三种代表波长(486nm,587nm,656nm)在整个视场范围内的焦距落在 $\pm 0.9\text{mm}$ 的范围。参阅图36(c),三种代表波长(486nm,587nm,656nm)在整个视场范围内的焦距落在 $\pm 0.7\text{mm}$ 的范围内。参阅图36(d)的横轴,目镜光学系统8的畸变像差维持在 $\pm 35\%$ 的范围内。

[0160] 关于 $T1, G12, T2, G23, T3, G34, T4, G4D, EFL, TTL, TL, AAG, ALT, EPD, ER, DLD, TL/ER, T1/(G23+G34), (T1+T3)/T4, ALT/AAG, EFL/G4D, TTL/ER, (T1+G12+T2)/(T3+G34+T4), (T3+T4)/G34, T2/T1, T2/(G23+G34), T1/G34$,以及 EFL/AAG 之值,请参考图51及图52。

[0161] 在本实施例中, ω 大约45度, Fno 大约17.921,而 SL 大约98.837mm。相较于第一实施例,本实施例之像差、 Fno 值以及 SL 值较小。

[0162] 另请一并参考图39至图42,其中图39绘示依据本发明之第九实施例之目镜光学系统之透镜剖面结构示意图,图40绘示依据本发明之第九实施例目镜光学系统之纵向球差与各项像差图示意图,图41绘示依据本发明之第九实施例之目镜光学系统之详细光学数据,图42绘示依据本发明之第九实施例之目镜光学系统之各透镜之非球面数据。在本实施例中使用与第一实施例类似的标号标示出相似的组件,唯在此使用的标号开头改为9,例如第三透镜目侧面为931,第三透镜显示侧面为932,其它组件标号在此不再赘述。

[0163] 如图39所示,本实施例之目镜光学系统9从目侧A1至显示侧A2依序包括一第一透镜910、一第二透镜920、一第三透镜930及一第四透镜940。

[0164] 目侧面911、921、931及显示侧面912、922、932、942之表面的凹凸配置大致上与第一实施例类似,唯目侧面941之表面的凹凸配置不同。此外,第九实施例的各透镜表面的曲率半径、透镜厚度、非球面系数、及有效焦距的光学参数也与第一实施例不同。详细地说,第四透镜940的目侧面941包含一位于第四透镜940的圆周附近区域的凸面部9412。

[0165] 在此为了更清楚绘示本实施例之图面,透镜表面凹凸配置的特征仅标示与第一实施例不同之处,而省略相同之处的标号。关于本实施例之目镜光学系统9的各透镜之光学特性,请参考图41。

[0166] 从图40(a)中每一曲线的纵向偏差,可看出不同高度的离轴光线的成像点之偏差控制在 $\pm 0.45\text{mm}$ 。参阅图40(b),三种代表波长(486nm,587nm,656nm)在整个视场范围内的

焦距落在 $\pm 0.6\text{mm}$ 的范围。参阅图40(c),三种代表波长(486nm,587nm,656nm)在整个视场范围内的焦距落在 $\pm 0.5\text{mm}$ 的范围内。参阅图36(d)的横轴,目镜光学系统9的畸变像差维持在 $\pm 40\%$ 的范围内。

[0167] 关于 $T1, G12, T2, G23, T3, G34, T4, G4D, EFL, TTL, TL, AAG, ALT, EPD, ER, DLD, TL/ER, T1/(G23+G34), (T1+T3)/T4, ALT/AAG, EFL/G4D, TTL/ER, (T1+G12+T2)/(T3+G34+T4), (T3+T4)/G34, T2/T1, T2/(G23+G34), T1/G34$,以及 EFL/AAG 之值,请参考图51及图52。

[0168] 在本实施例中, ω 大约45度, Fno 大约14.698,而 SL 大约94.413mm。相较于第一实施例,本实施例之像差、 Fno 值以及 SL 值较小。

[0169] 另请一并参考图43至图46,其中图43绘示依据本发明之第十实施例之目镜光学系统之透镜剖面结构示意图,图44绘示依据本发明之第十实施例目镜光学系统之纵向球差与各项像差图示意图,图45绘示依据本发明之第十实施例之目镜光学系统之详细光学数据,图46绘示依据本发明之第十实施例之目镜光学系统之各透镜之非球面数据。在本实施例中使用与第一实施例类似的标号标示出相似的组件,唯在此使用的标号开头改为10',例如第三透镜目侧面为10'31,第三透镜显示侧面为10'32,其它组件标号在此不再赘述。

[0170] 如图43所示,本实施例之目镜光学系统10'从目侧A1至显示侧A2依序包括一第一透镜10'10、一第二透镜10'20、一第三透镜10'30及一第四透镜10'40。

[0171] 目侧面10'11、10'21、10'31及显示侧面10'12、10'22、10'32、10'42之表面的凹凸配置大致上与第一实施例类似,唯目侧面10'41之表面的凹凸配置不同。此外,第十实施例的各透镜表面的曲率半径、透镜厚度、非球面系数、及有效焦距的光学参数也与第一实施例不同。详细地说,第四透镜10'40的目侧面10'41包含一位于第四透镜10'40的圆周附近区域的凸面部10'412。

[0172] 在此为了更清楚绘示本实施例之图面,透镜表面凹凸配置的特征仅标示与第一实施例不同之处,而省略相同之处的标号。关于本实施例之目镜光学系统10'的各透镜之光学特性,请参考图45。

[0173] 从图44(a)中每一曲线的纵向偏差,可看出不同高度的离轴光线的成像点之偏差控制在 $\pm 0.45\text{mm}$ 。参阅图44(b),三种代表波长(486nm,587nm,656nm)在整个视场范围内的焦距落在 $\pm 0.5\text{mm}$ 的范围。参阅图44(c),三种代表波长(486nm,587nm,656nm)在整个视场范围内的焦距落在 $\pm 0.5\text{mm}$ 的范围内。参阅图44(d)的横轴,目镜光学系统10'的畸变像差维持在 $\pm 40\%$ 的范围内。

[0174] 关于 $T1, G12, T2, G23, T3, G34, T4, G4D, EFL, TTL, TL, AAG, ALT, EPD, ER, DLD, TL/ER, T1/(G23+G34), (T1+T3)/T4, ALT/AAG, EFL/G4D, TTL/ER, (T1+G12+T2)/(T3+G34+T4), (T3+T4)/G34, T2/T1, T2/(G23+G34), T1/G34$,以及 EFL/AAG 之值,请参考图51及图52。

[0175] 在本实施例中, ω 大约45度, Fno 大约14.729,而 SL 大约95.983mm。相较于第一实施例,本实施例之像差、 Fno 值以及 SL 值较小。

[0176] 另请一并参考图47至图50,其中图47绘示依据本发明之第十一实施例之目镜光学系统之透镜剖面结构示意图,图48绘示依据本发明之第十一实施例目镜光学系统之纵向球差与各项像差图示意图,图49绘示依据本发明之第十一实施例之目镜光学系统之详细光学数据,图50绘示依据本发明之第十一实施例之目镜光学系统之各透镜之非球面数据。在本实施例中使用与第一实施例类似的标号标示出相似的组件,唯在此使用的标号开头改为

11'，例如第三透镜目侧面为11'31，第三透镜显示侧面为11'32，其它组件标号在此不再赘述。

[0177] 如图47所示，本实施例之目镜光学系统11'从目侧A1至显示侧A2依序包括一第一透镜11'10、一第二透镜11'20、一第三透镜11'30及一第四透镜11'40。

[0178] 目侧面11'11、11'21、11'31、11'41及显示侧面11'12、11'22、11'32、11'42之表面的凹凸配置大致上与第一实施例类似，唯第十一实施例的各透镜表面的曲率半径、透镜厚度、非球面系数、及有效焦距的光学参数也与第一实施例不同。

[0179] 在此为了更清楚绘示本实施例之图面，透镜表面凹凸配置的特征仅标示与第一实施例不同之处，而省略相同之处的标号。关于本实施例之目镜光学系统11'的各透镜之光学特性，请参考图49。

[0180] 从图48(a)中每一曲线的纵向偏差，可看出不同高度的离轴光线的成像点之偏差控制在 $\pm 0.25\text{mm}$ 。参阅图48(b)，三种代表波长(486nm, 587nm, 656nm)在整个视场范围内的焦距落在 $\pm 0.3\text{mm}$ 的范围。参阅图48(c)，三种代表波长(486nm, 587nm, 656nm)在整个视场范围内的焦距落在 $\pm 0.5\text{mm}$ 的范围内。参阅图48(d)的横轴，目镜光学系统11'的畸变像差维持在 $\pm 40\%$ 的范围内。

[0181] 关于 $T1, G12, T2, G23, T3, G34, T4, G4D, EFL, TTL, TL, AAG, ALT, EPD, ER, DLD, TL/ER, T1/(G23+G34), (T1+T3)/T4, ALT/AAG, EFL/G4D, TTL/ER, (T1+G12+T2)/(T3+G34+T4), (T3+T4)/G34, T2/T1, T2/(G23+G34), T1/G34$ ，以及 EFL/AAG 之值，请参考图51及图52。

[0182] 在本实施例中， ω 大约45度， Fno 大约14.700，而 SL 大约91.151mm。相较于第一实施例，本实施例之像差、 Fno 值以及 SL 值较小。

[0183] 图51及图52列出以上十一个实施例的 $T1, G12, T2, G23, T3, G34, T4, G4D, EFL, TTL, TL, AAG, ALT, EPD, ER, DLD, TL/ER, T1/(G23+G34), (T1+T3)/T4, ALT/AAG, EFL/G4D, TTL/ER, (T1+G12+T2)/(T3+G34+T4), (T3+T4)/G34, T2/T1, T2/(G23+G34), T1/G34$ ，以及 EFL/AAG 之值，可看出本发明之目镜光学系统确实可满足前述条件式(1)至(14)。

[0184] 关于本发明的目镜光学系统，透过面型设计第三透镜之显示侧面在光轴附近区域具有凹面部以及第四透镜之目侧面在光轴附近区域具有凹面部，可有利于改善视场角度小和色差及畸变大的问题，其中若再选择性搭配将第一透镜之显示侧在光轴附近区域设计为具有凸面部，或者第二透镜之屈光率为正值，或者第二透镜之显示侧面在光轴附近区域设计为具有凸面部，更可使光线聚焦以提升整体的成像质量。

[0185] 为了缩短目镜光学系统之整体长度，将适当地缩短每一透镜之厚度以及各透镜间的空气间隙，但考虑到透镜组装过程的难易度以及必须兼顾成像质量的前提下，透镜厚度及透镜间的空气间隙彼此需互相调配，故在满足以下条件式的数值限定之下，能达到较佳配置的目镜光学系统：

[0186] $0 \leq TL/ER \leq 8$;

[0187] $T1/(G23+G34) \leq 2.5$ ，较佳的范围为 $0.4 \leq T1/(G23+G34) \leq 2.5$;

[0188] $(T1+T3)/T4 \leq 4.5$ ，较佳的范围为 $1.5 \leq (T1+T3)/T4 \leq 4.5$;

[0189] $ALT/AAG \leq 10$ ，较佳的范围为 $2.0 \leq ALT/AAG \leq 10$;

[0190] $2.4 \leq EFL/G4D$ ，较佳的范围为 $2.4 \leq EFL/G4D \leq 9.0$;

[0191] $0 \leq TTL/ER \leq 10$;

[0192] $(T1+G12+T2) / (T3+G34+T4) \leq 2.5$, 较佳的范围为 $0.5 \leq (T1+G12+T2) / (T3+G34+T4) \leq 2.5$;

[0193] $(T3+T4) / G34 \leq 3.0$, 较佳的范围为 $0.8 \leq (T3+T4) / G34 \leq 3.0$;

[0194] $0.9 \leq T2/T1$, 较佳的范围为 $0.9 \leq T2/T1 \leq 6.0$;

[0195] $T2 / (G23+G34) \leq 4.0$, 较佳的范围为 $0.5 \leq T2 / (G23+G34) \leq 4.0$;

[0196] $T1/G34 \leq 3.0$, 较佳的范围为 $0.4 \leq T1/G34 \leq 3.0$;

[0197] $4.9 \leq EFL/AAG$, 较佳的范围为 $4.9 \leq EFL/AAG \leq 13.0$ 。

[0198] 以上叙述依据本发明多个不同实施例, 其中各项特征可以单一或不同结合方式实施。因此, 本发明实施方式之揭露为阐明本发明原则之具体实施例, 应不拘限本发明于所揭示的实施例。进一步言之, 先前叙述及其附图仅为本发明示范之用, 并不受其限囿。其他组件之变化或组合皆可能, 且不悖于本发明之精神与范围。

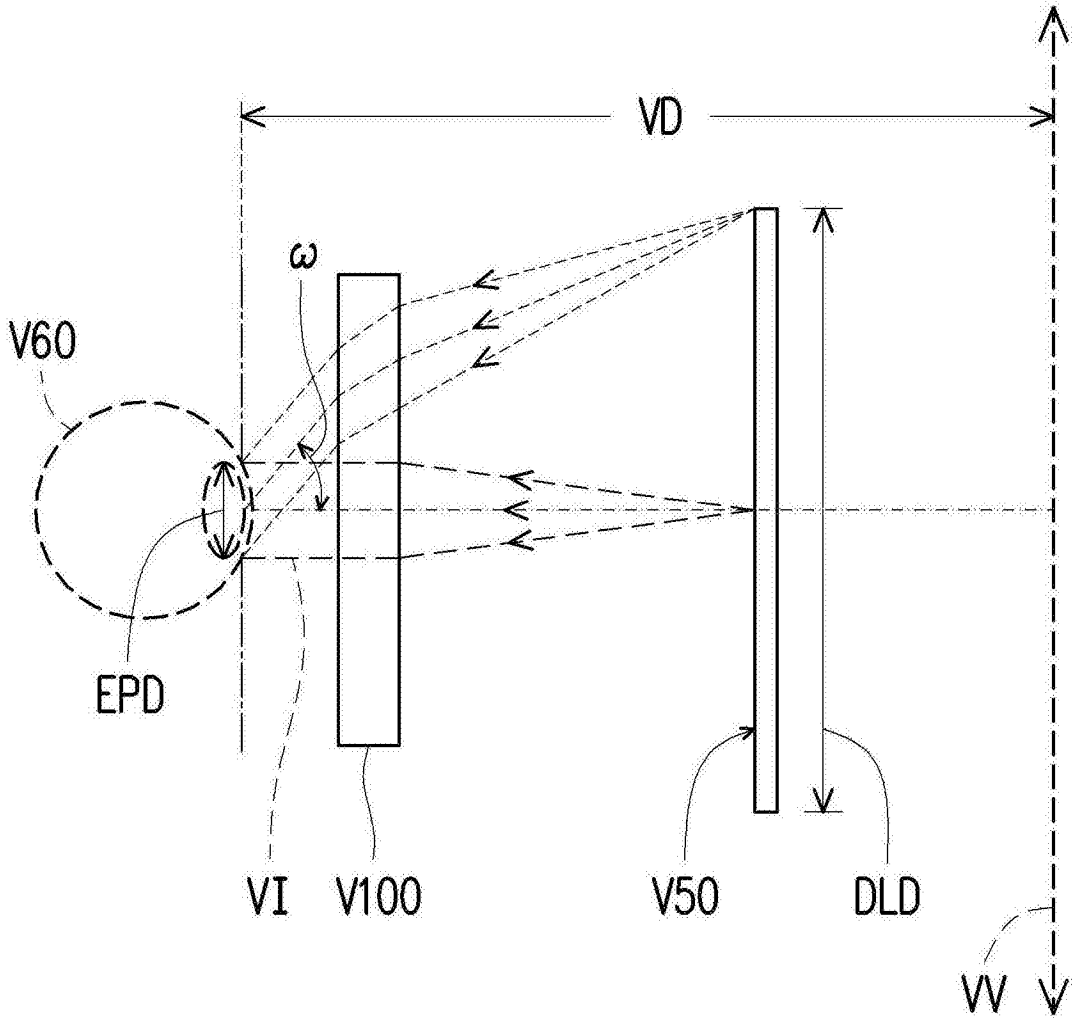


图1

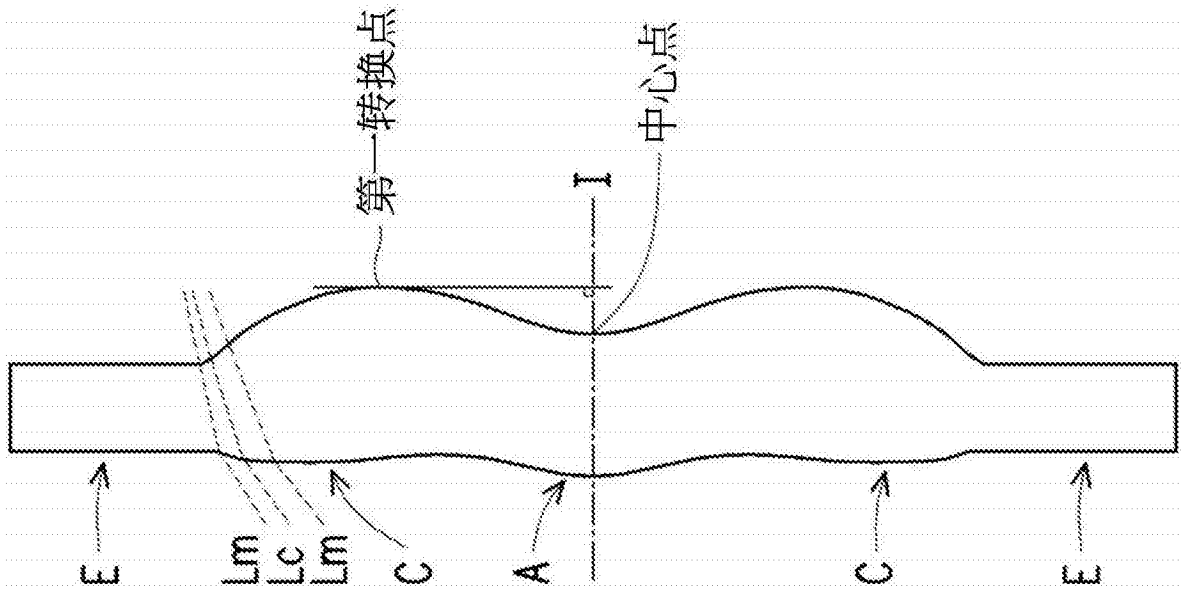


图2

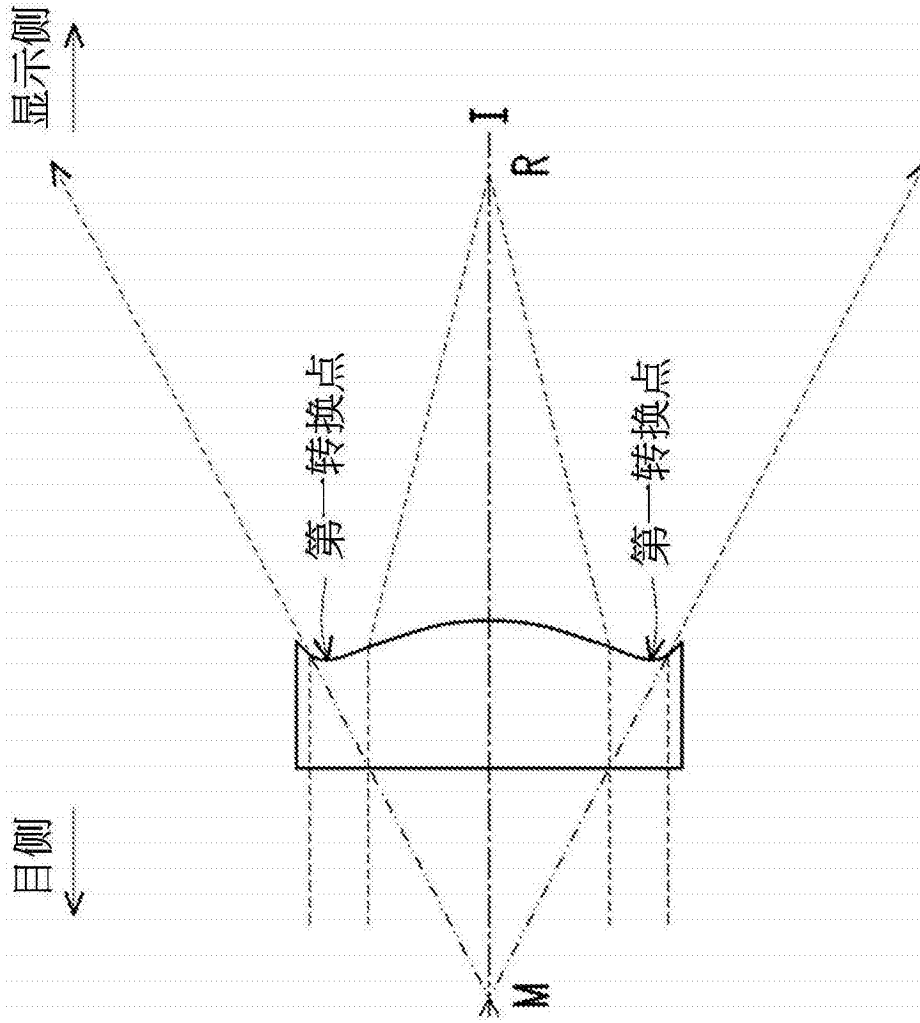


图3

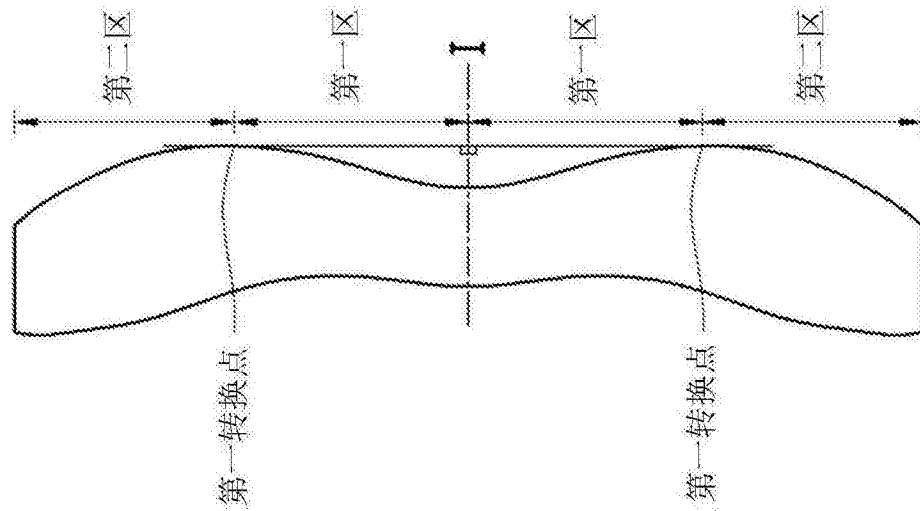


图4

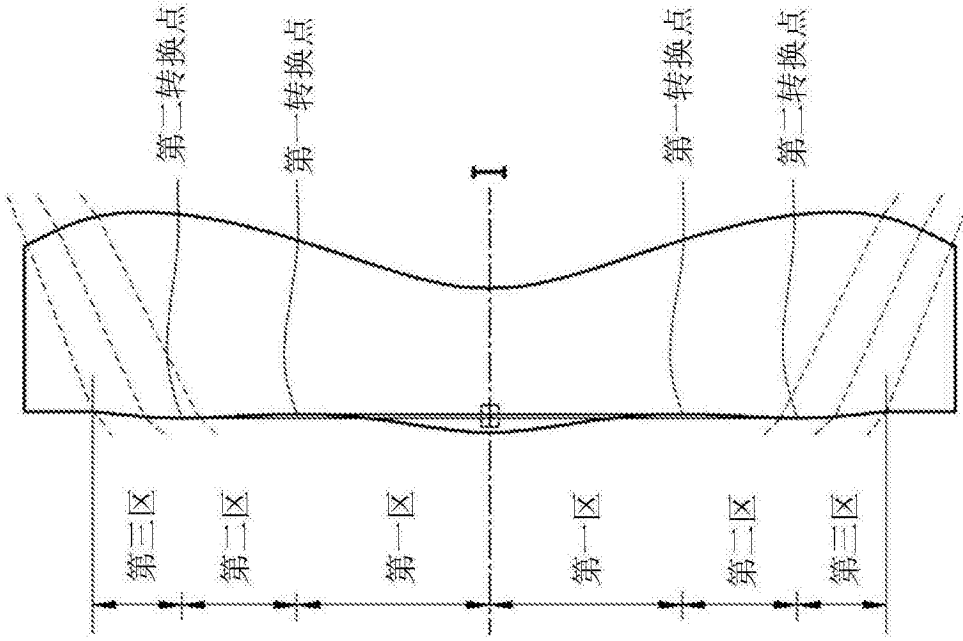


图5

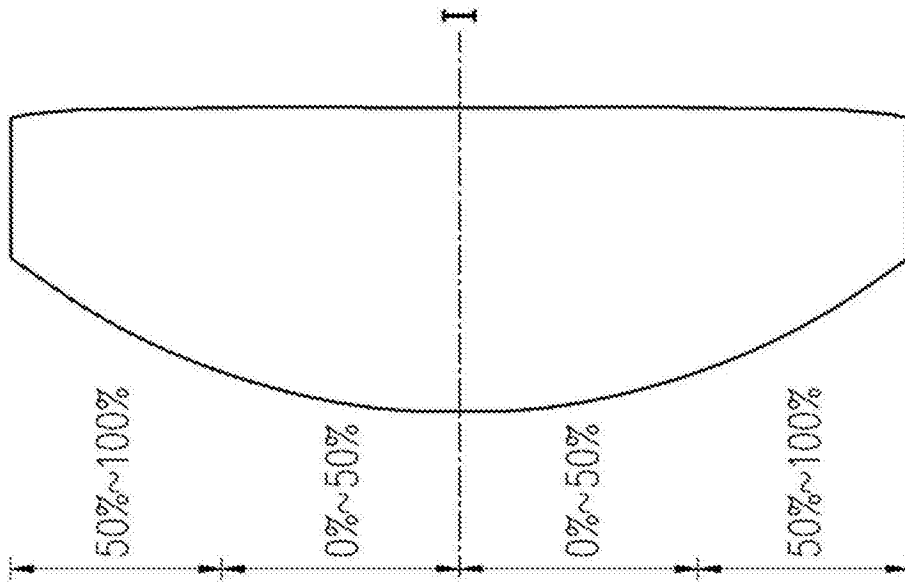


图6

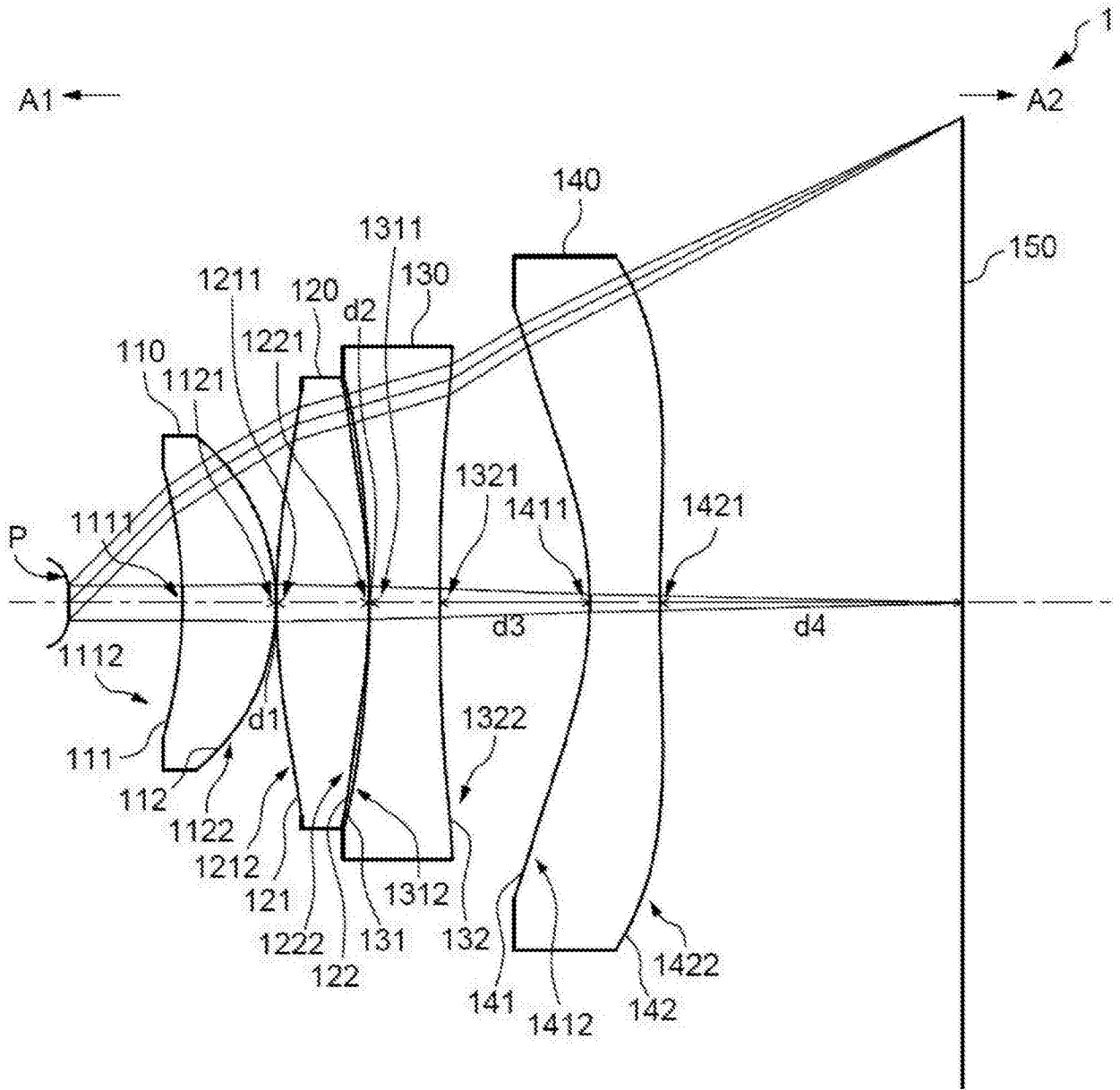


图7

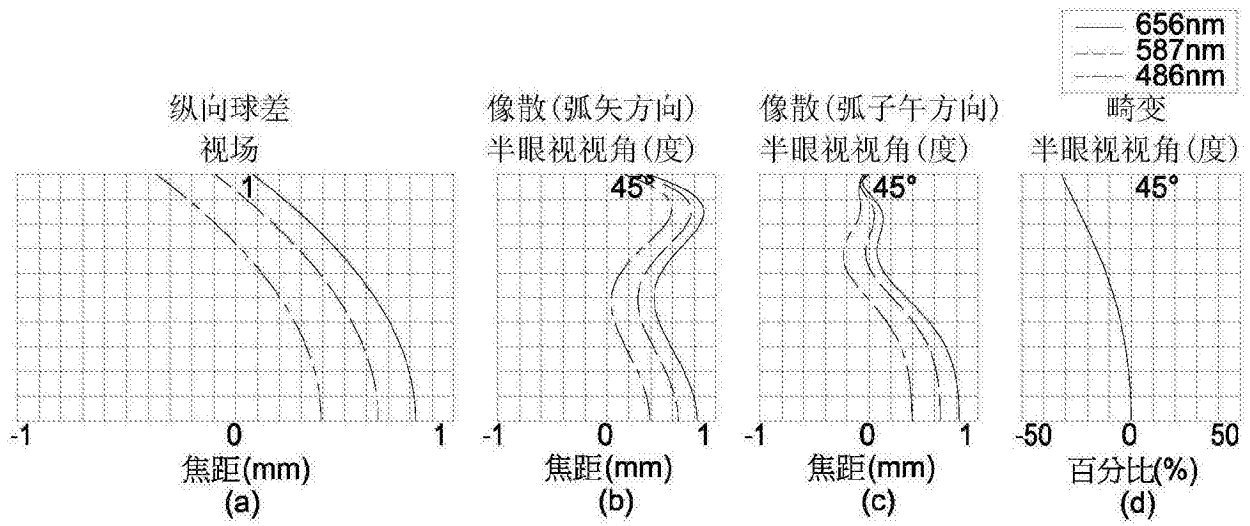


图8

有效焦距 (EFL) = 85.974 mm , ω (半眼视视角) = 45 度 , TTL = 88.852 mm , Fno = 21.494								
表面标号 #		曲率半径 (mm)	厚度 / 间隙 (mm)	有效半径	折射率	色散系数 (阿贝数)	焦距 (mm)	材质
P	观察者瞳孔	无限大	13.0000	2.0000				
111	第一透镜	-48.6686	10.6163_T1	15.3260	1.492_n1	57.441_v1	94.244_f1	塑料
112		-25.4470	0.0500_G12	19.0120				
121	第二透镜	67.5628	10.6143_T2	24.3210	1.492_n2	57.441_v2	65.871_f2	塑料
122		-59.0092	0.0499_G23	25.7410				
131	第三透镜	-97.9121	8.0000_T3	25.8540	1.643_n3	22.437_v3	-126.872_f3	塑料
132		504.2368	17.0997_G34	29.2260				
141	第四透镜	-39.2931	8.0000_T4	33.6920	1.492_n4	57.441_v4	-68.078_f4	塑料
142		241.4560	34.4220_G4D	39.5700				
150	显示画面	无限大		55.3550				

图9

非球面系数				
表面标号 #	111	112	121	122
K	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₂	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₄	1.120300E-05	-4.300000E-06	-6.460000E-06	1.119300E-05
a ₆	-2.800000E-08	1.000000E-09	3.000000E-09	-8.000000E-09
a ₈	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₀	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₂	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₄	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₆	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
表面标号 #	131	132	141	142
K	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₂	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₄	3.803000E-06	2.955000E-06	8.059000E-06	-3.727000E-06
a ₆	-4.000000E-09	-3.000000E-09	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₈	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₀	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₂	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₄	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₆	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00

图10

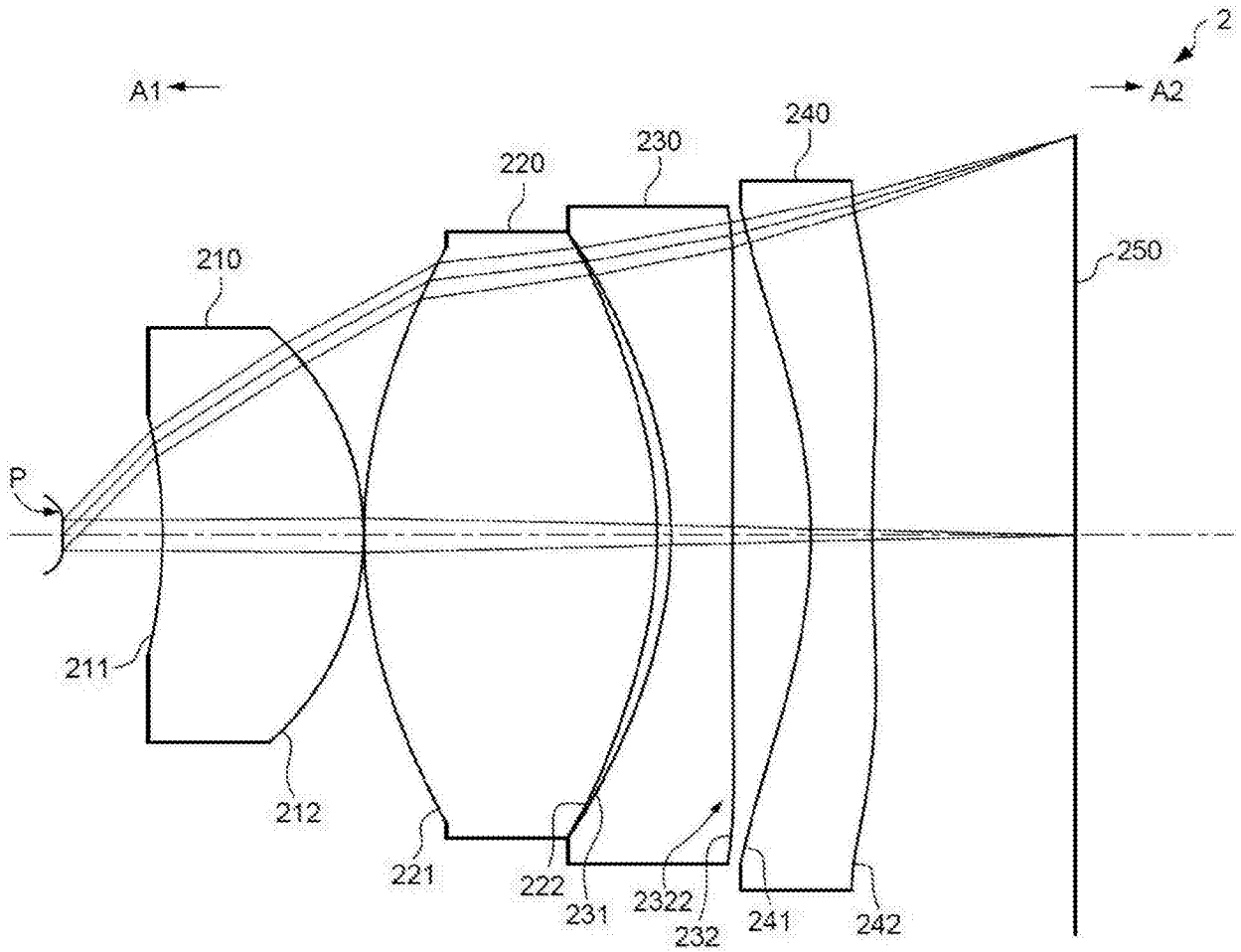


图11

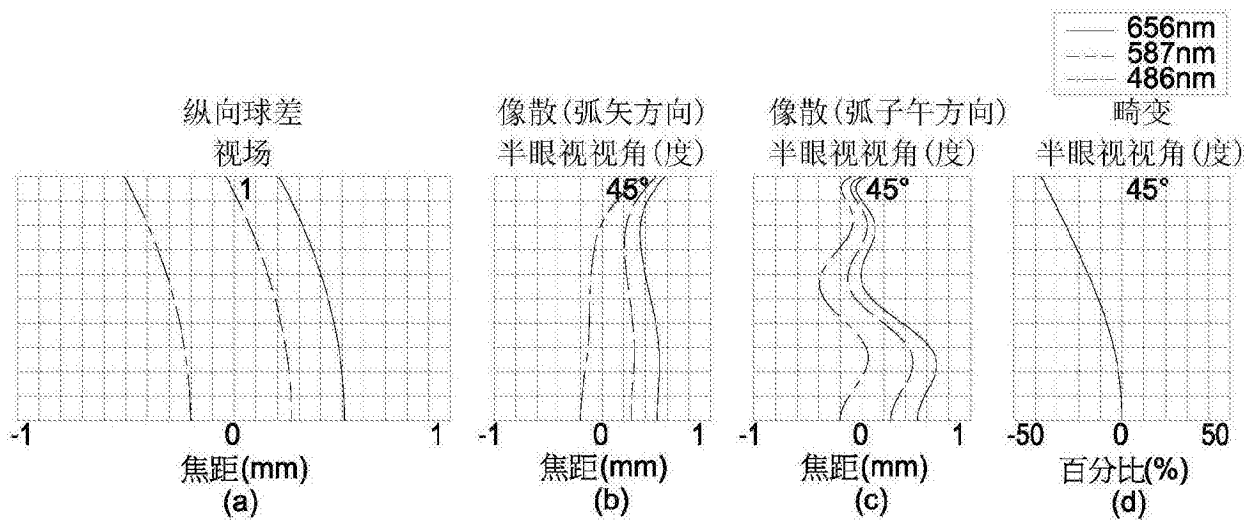


图12

有效焦距 (EFL) = 87.561 mm, ω (半眼视视角) = 45 度, TTL = 119.528 mm, Fno = 21.890								
表面号 #		曲率半径 (mm)	厚度 / 间隙 (mm)	有效半径	折射率	色散系数 (阿贝数)	焦距 (mm)	材质
P	观察者瞳孔	无限大	13.0000	2.0000				
211	第一透镜	-63.2588	26.2864_T1	15.5850	1.492_n1	57.441_v1	120.207_f1	塑料
212		-34.7446	0.0500_G12	27.0510				
221	第二透镜	62.1297	38.3034_T2	37.6150	1.492_n2	57.441_v2	66.421_f2	塑料
222		-54.8784	1.7861_G23	39.5710				
231	第三透镜	-52.4701	8.0000_T3	39.5350	1.643_n3	22.437_v3	-81.550_f3	塑料
232		71576.5401	10.3073_G34	42.9170				
241	第四透镜	-63.5066	8.0000_T4	43.2790	1.492_n4	57.441_v4	-95.233_f4	塑料
242		185.7998	26.5250_G4D	46.3050				
250	显示画面	无限大		52.1980				

图13

非球面系数				
表面标号 #	211	212	221	222
K	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₂	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₄	3.646000E-06	1.123000E-06	-7.750000E-07	3.105000E-06
a ₆	-8.000000E-09	0.000000E+00	0.000000E+00	-1.000000E-09
a ₈	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₀	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₂	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₄	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₆	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
表面标号 #	231	232	241	242
K	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₂	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₄	2.018000E-06	5.560000E-07	2.213000E-06	-4.209000E-06
a ₆	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	1.000000E-09
a ₈	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₀	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₂	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₄	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₆	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00

图14

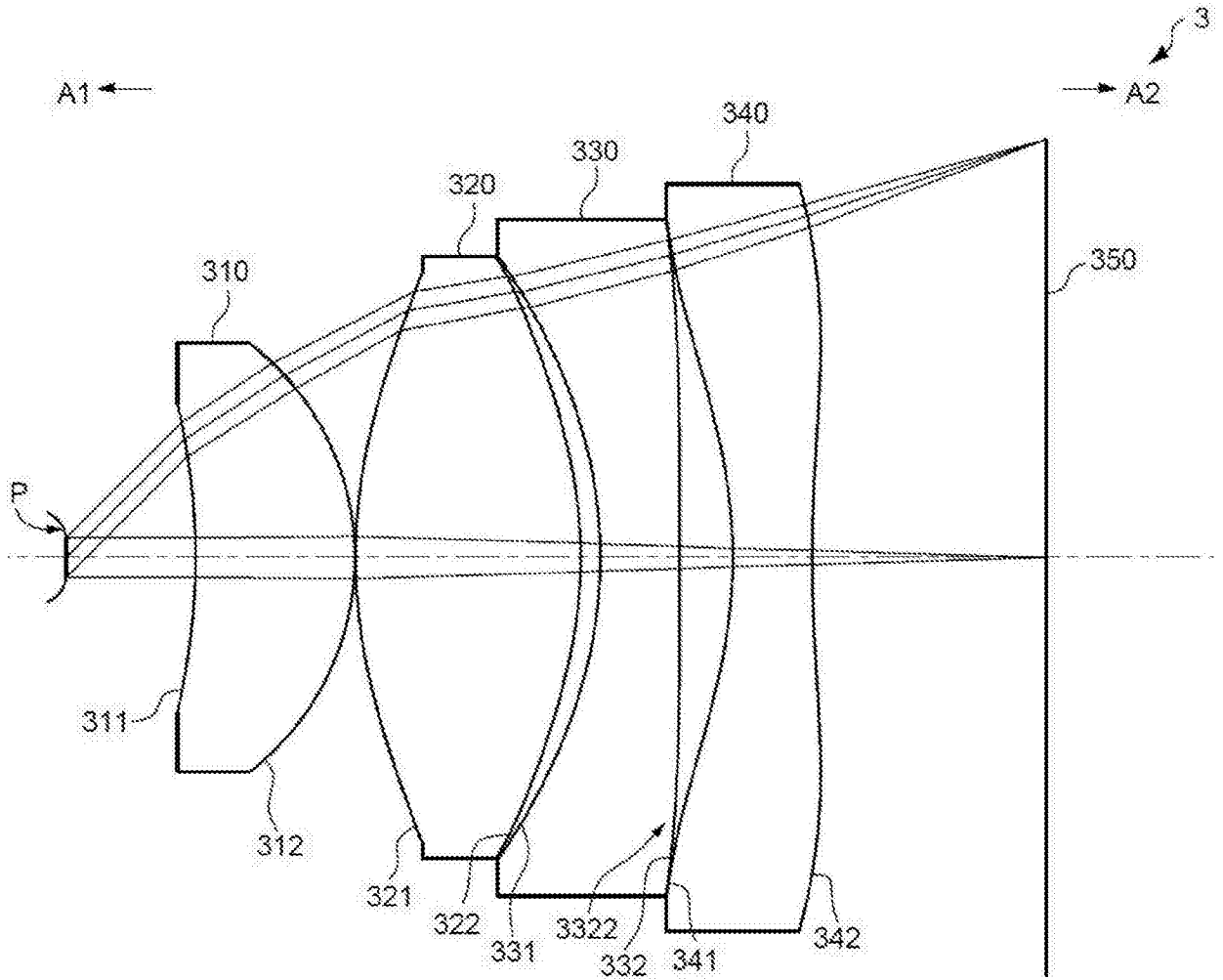


图15

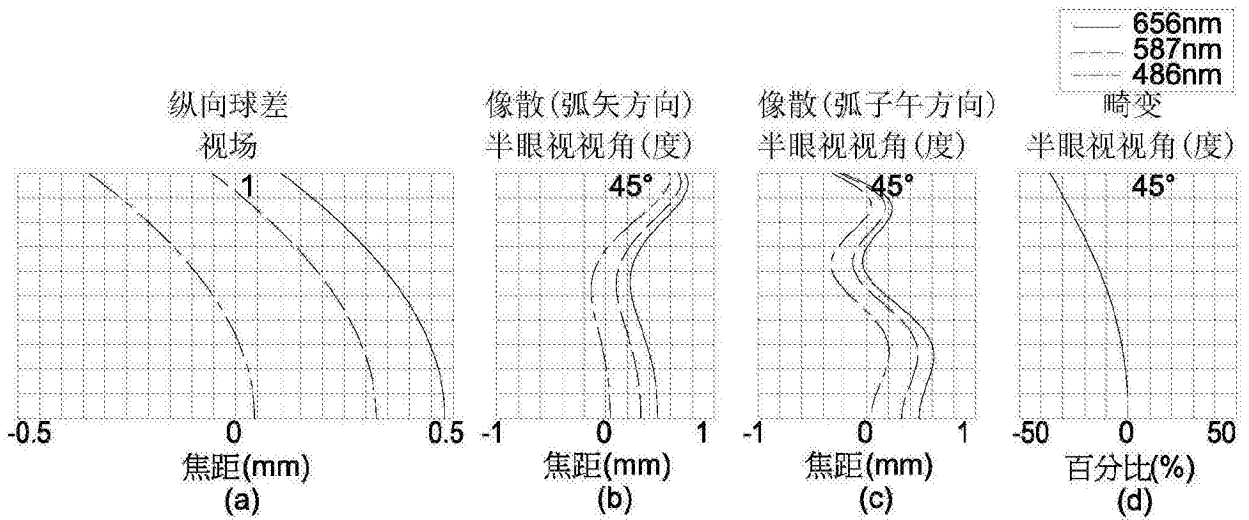


图16

有效焦距 (EFL) = 68.217 mm, ω (半眼视视角) = 45 度, TTL = 85.782 mm, Fno = 17.054								
表面号 #		曲率半径 (mm)	厚度 / 间隙 (mm)	有效半径	折射率	色散系数 (阿贝数)	焦距 (mm)	材质
P	观察者瞳孔	无限大	13.0000	2.0000				
311	第一透镜	-61.6007	16.0816_T1	15.5970	1.492_n1	57.441_v1	84.667_f1	塑料
312		-26.9826	0.0500_G12	21.6040				
321	第二透镜	50.6465	22.7286_T2	28.8860	1.492_n2	57.441_v2	51.304_f2	塑料
322		-42.8376	1.9614_G23	30.3640				
331	第三透镜	-44.2535	8.0000_T3	30.3600	1.643_n3	22.437_v3	-68.833_f3	塑料
332		2.335E+12	5.3604_G34	34.0810				
341	第四透镜	-47.3620	8.0000_T4	34.1050	1.492_n4	57.441_v4	-69.934_f4	塑料
342		132.5810	23.6000_G4D	37.6280				
350	显示画面	无限大		42.1380				

图17

非球面系数				
表面标号 #	311	312	321	322
K	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₂	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₄	6.997000E-06	1.188000E-06	-3.193000E-06	7.139000E-06
a ₆	-1.800000E-08	-1.000000E-09	0.000000E+00	-3.000000E-09
a ₈	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₀	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₂	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₄	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₆	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
表面标号 #	331	332	341	342
K	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₂	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₄	1.907000E-06	-1.354000E-06	5.787000E-06	-4.786000E-06
a ₆	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	1.000000E-09
a ₈	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₀	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₂	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₄	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₆	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00

图18

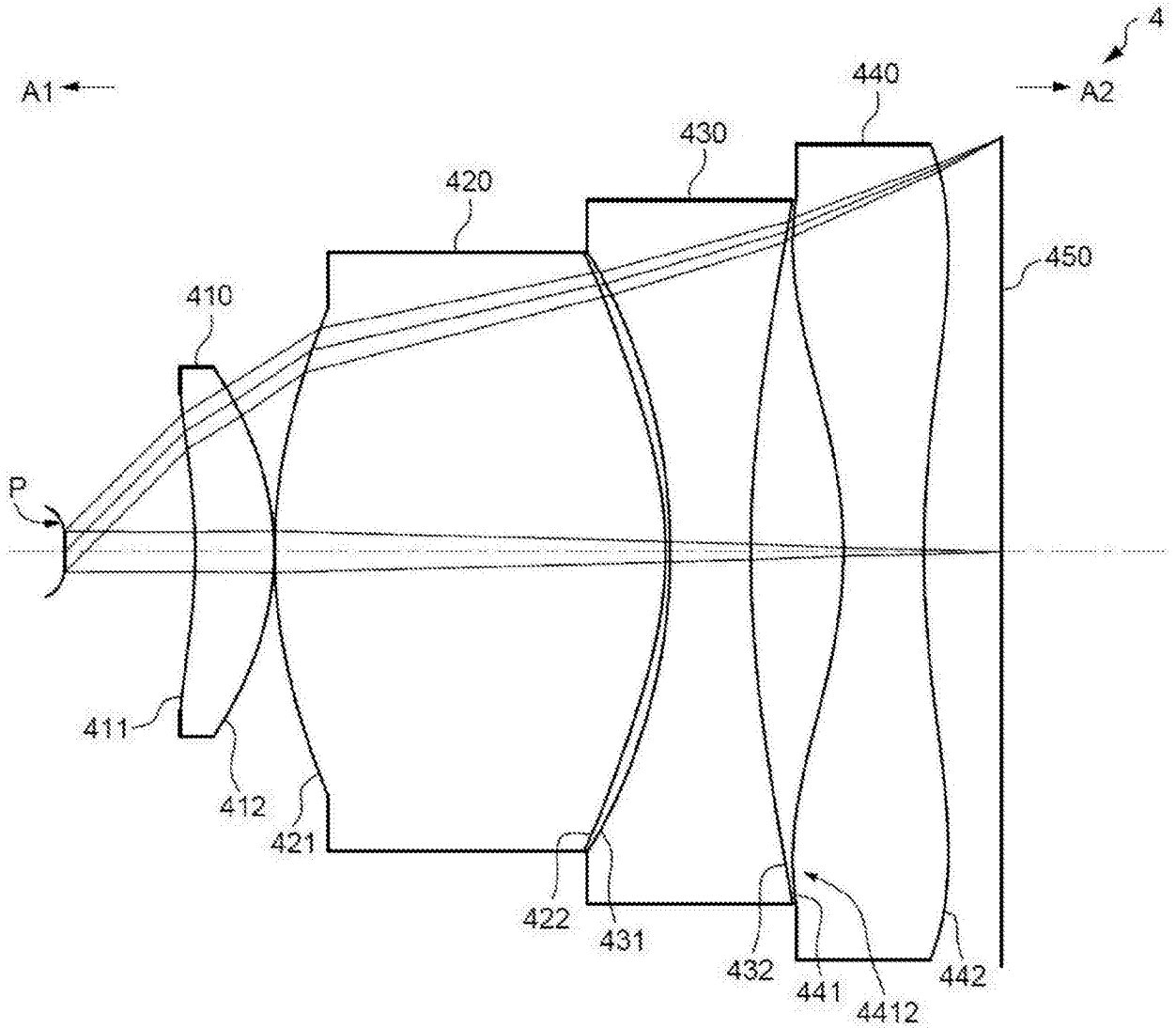


图19

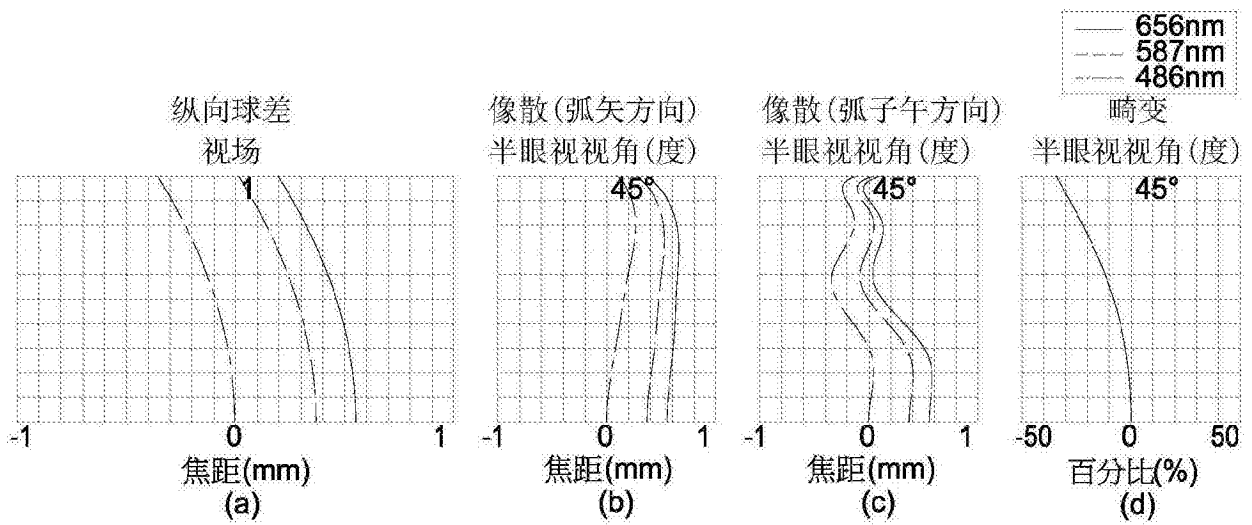


图20

有效焦距 (EFL) = 66.794 mm , ω (半眼视视角) = 45 度 , TTL = 80.387 mm , Fno = 16.698								
表面 标号 #		曲率 半径 (mm)	厚度 /间隙 (mm)	有效 半径	折射率	色散系数 (阿贝数)	焦距 (mm)	材质
P	观察者 瞳孔	无限大	13.0000	2.0000				
411	第一透镜	-56.3189	7.8735_T1	15.7510	1.492_n1	57.441_v1	102.537_f1	塑料
412		-27.8309	0.0500_G12	18.4080				
421	第二透镜	50.2589	38.9771_T2	24.2960	1.492_n2	57.441_v2	51.935_f2	塑料
422		-38.6539	0.4942_G23	29.8500				
431	第三透镜	-56.3236	8.0000_T3	29.9110	1.643_n3	22.437_v3	-57.429_f3	塑料
432		113.1405	9.2490_G34	35.0170				
441	第四透镜	-43.1459	8.0000_T4	35.3680	1.492_n4	57.441_v4	-58.741_f4	塑料
442		92.7601	7.7430_G4D	40.6530				
450	显示画面	无限大		41.2930				

图21

非球面系数				
表面标号 #	411	412	421	422
K	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₂	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₄	1.568100E-05	7.305000E-06	-3.041000E-06	9.113000E-06
a ₆	-1.400000E-08	2.000000E-09	1.000000E-09	-2.000000E-09
a ₈	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₀	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₂	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₄	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₆	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
表面标号 #	431	432	441	442
K	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₂	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₄	1.460000E-06	-1.121000E-06	8.769000E-06	-3.029000E-06
a ₆	-1.000000E-09	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₈	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₀	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₂	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₄	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₆	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00

图22

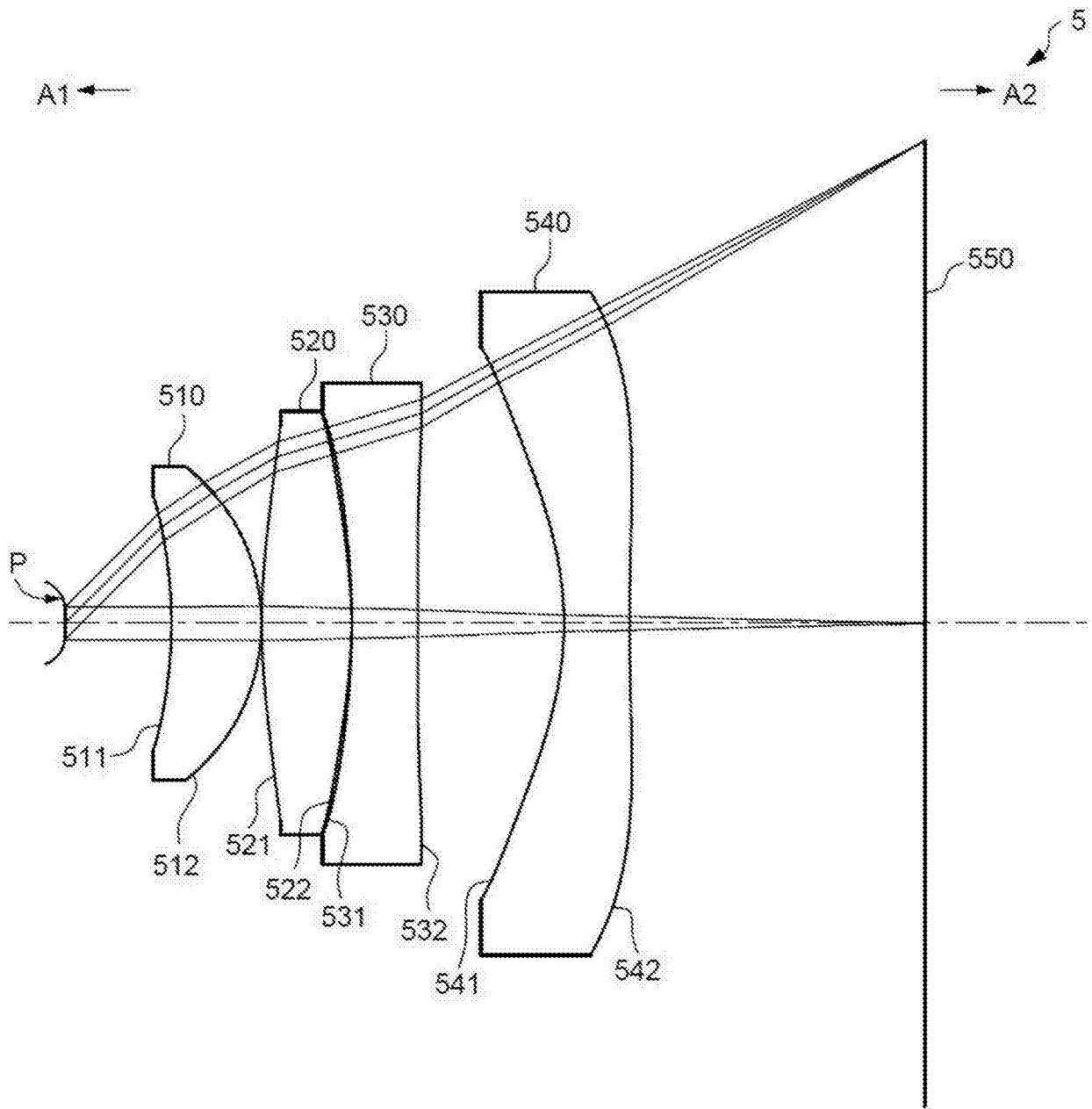


图23

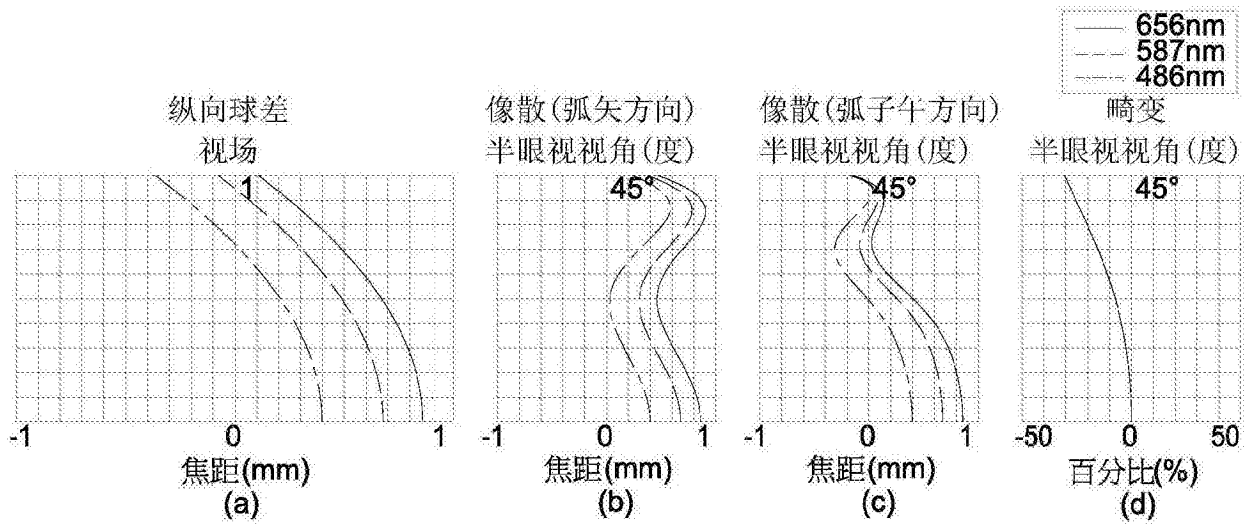


图24

有效焦距 (EFL) = 90.019 mm, ω (半眼视视角) = 45 度, TTL = 91.980 mm, Fno = 22.505								
表面号 #		曲率半径 (mm)	厚度/间隙 (mm)	有效半径	折射率	色散系数 (阿贝数)	焦距 (mm)	材质
P	观察者瞳孔	无限大	13.0000	2.0000				
511	第一透镜	-52.6471	10.9705_T1	15.3730	1.492_n1	57.441_v1	87.467_f1	塑料
512		-25.2991	0.0500_G12	19.1520				
521	第二透镜	81.4984	10.9480_T2	24.1930	1.492_n2	57.441_v2	73.190_f2	塑料
522		-61.6087	0.0500_G23	25.8560				
531	第三透镜	-89.0954	8.0000_T3	25.9270	1.643_n3	22.437_v3	-134.858_f3	塑料
532		3340.0914	17.9105_G34	29.3640				
541	第四透镜	-38.7719	8.0000_T4	33.7070	1.492_n4	57.441_v4	-68.534_f4	塑料
542		275.3790	36.0510_G4D	40.4880				
550	显示画面	无限大		58.9160				

图25

非球面系数				
表面标号 #	511	512	521	522
K	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₂	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₄	7.722000E-06	-4.441000E-06	-6.095000E-06	9.869000E-06
a ₆	-2.400000E-08	2.000000E-09	4.000000E-09	-8.000000E-09
a ₈	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₀	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₂	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₄	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₆	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
表面标号 #	531	532	541	542
K	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₂	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₄	4.106000E-06	2.707000E-06	7.336000E-06	-3.163000E-06
a ₆	-5.000000E-09	-3.000000E-09	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₈	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₀	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₂	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₄	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₆	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00

图26

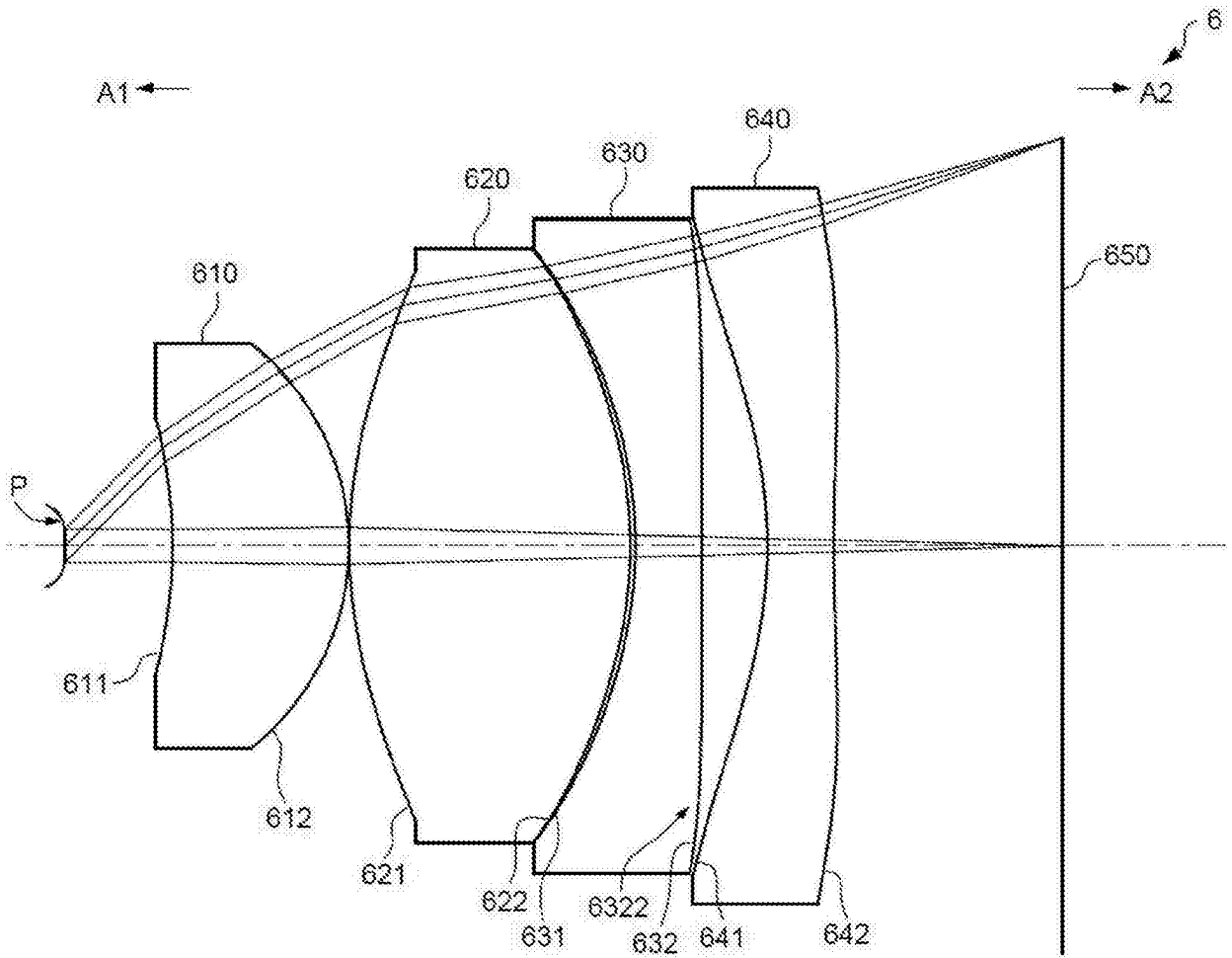


图27

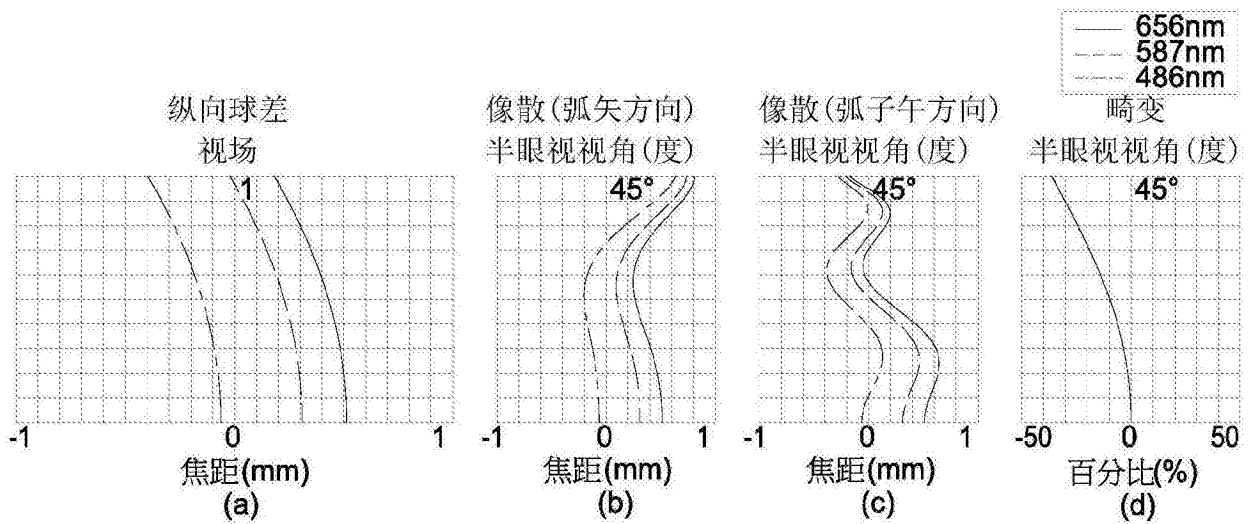


图28

有效焦距 (EFL) = 80.622 mm , ω (半眼视视角) = 45 度 , TTL = 107.340 mm , Fno = 20.156								
表面 标号 #		曲率 半径 (mm)	厚度 /间隙 (mm)	有效 半径	折射率	色散系数 (阿贝数)	焦距 (mm)	材质
P	观察者 瞳孔	无限大	13.0000	2.0000				
611	第一透镜	-55.9686	21.2935_T1	15.4420	1.492_n1	57.441_v1	105.167_f1	塑料
612		-30.2513	0.0500_G12	24.3790				
621	第二透镜	57.8828	33.9016_T2	33.2350	1.492_n2	57.441_v2	61.275_f2	塑料
622		-50.7202	0.5939_G23	35.7810				
631	第三透镜	-51.1762	8.0000_T3	35.7660	1.643_n3	22.437_v3	-79.601_f3	塑料
632		1.479E+09	7.9232_G34	39.4560				
641	第四透镜	-54.6648	8.0000_T4	39.6010	1.492_n4	57.441_v4	-90.002_f4	塑料
642		243.7925	27.5780_G4D	43.2010				
650	显示画面	无限大		49.1880				

图29

非球面系数				
表面标号 #	611	612	621	622
K	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₂	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₄	5.350000E-06	1.471000E-06	-2.198000E-06	3.085000E-06
a ₆	-1.400000E-08	0.000000E+00	0.000000E+00	-1.000000E-09
a ₈	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₀	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₂	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₄	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₆	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
表面标号 #	631	632	641	642
K	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₂	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₄	2.302000E-06	-1.480000E-07	3.283000E-06	-2.787000E-06
a ₆	-1.000000E-09	0.000000E+00	0.000000E+00	1.000000E-09
a ₈	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₀	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₂	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₄	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₆	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00

图30

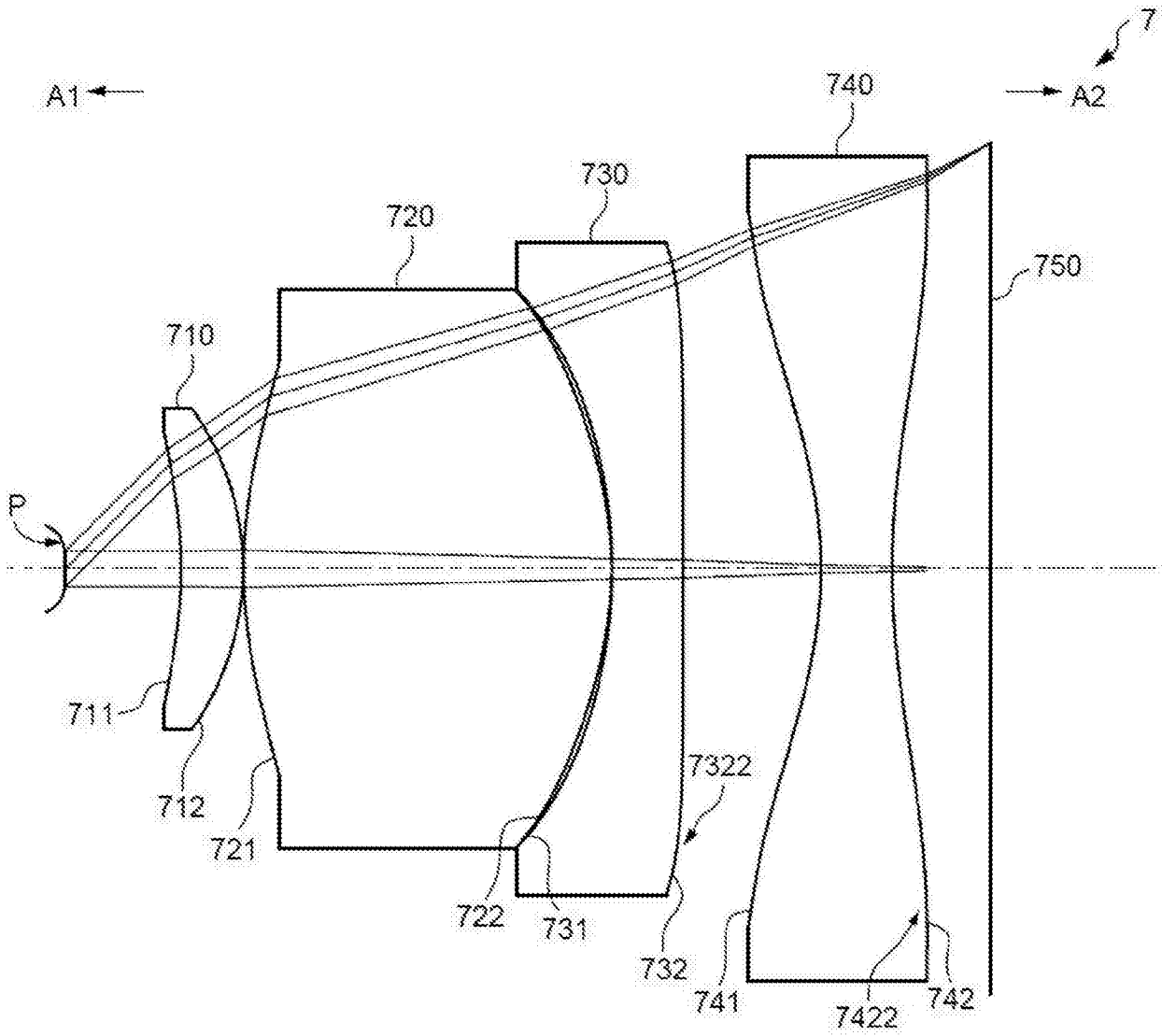


图31

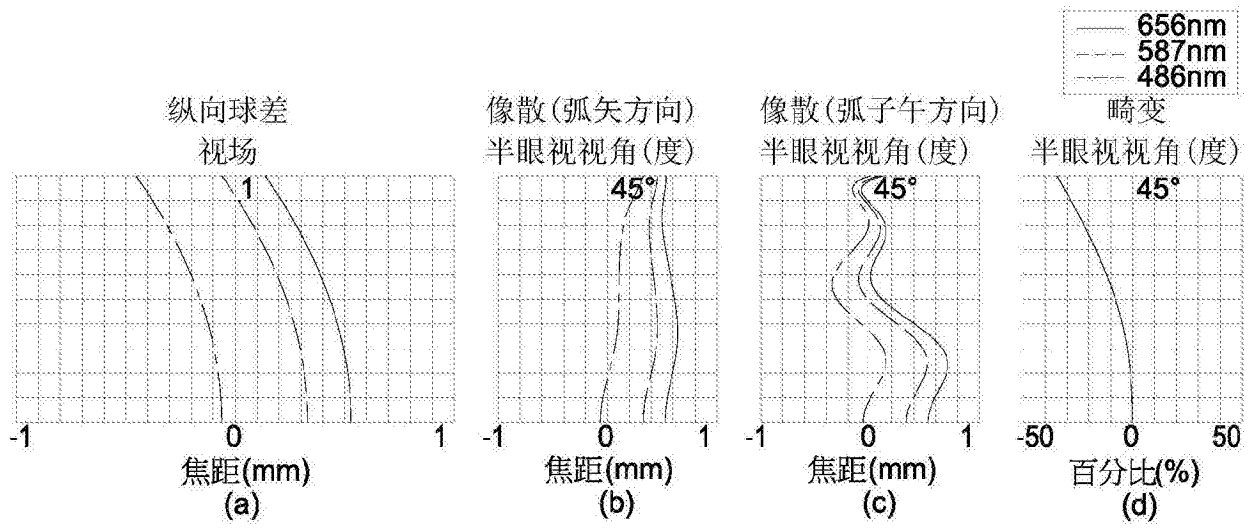


图32

有效焦距 (EFL) = 77.674mm, ω (半眼视视角) = 45 度, TTL = 90.787 mm, Fno = 19.419								
表面 标号 #		曲率 半径 (mm)	厚度 /间隙 (mm)	有效 半径	折射率	色散系数 (阿贝数)	焦距 (mm)	材质
P	观察者 瞳孔	无限大	13.0000	2.0000				
711	第一透镜	-45.8972	6.9474_T1	15.4380	1.492_n1	57.441_v1	153.456_f1	塑料
712		-29.9640	0.0500_G12	18.0400				
721	第二透镜	52.1878	41.3121_T2	23.3960	1.492_n2	57.441_v2	54.847_f2	塑料
722		-41.2577	0.0499_G23	31.3170				
731	第三透镜	-55.1948	8.0000_T3	31.3310	1.643_n3	22.437_v3	-85.852_f3	塑料
732		2.043E+09	15.4373_G34	36.5710				
741	第四透镜	-48.2075	8.0000_T4	40.1420	1.492_n4	57.441_v4	-60.743_f4	塑料
742		82.8371	10.9900_G4D	46.3030				
750	显示画面	无限大		47.7520				

图33

非球面系数				
表面标号 #	711	712	721	722
K	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₂	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₄	1.740600E-05	5.025000E-06	-5.461000E-06	7.048000E-06
a ₆	-1.800000E-08	-8.000000E-09	1.000000E-09	-3.000000E-09
a ₈	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₀	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₂	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₄	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₆	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
表面标号 #	731	732	741	742
K	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₂	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₄	1.178000E-06	7.100000E-08	5.153000E-06	-3.251000E-06
a ₆	-2.000000E-09	-1.000000E-09	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₈	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₀	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₂	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₄	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₆	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00

图34

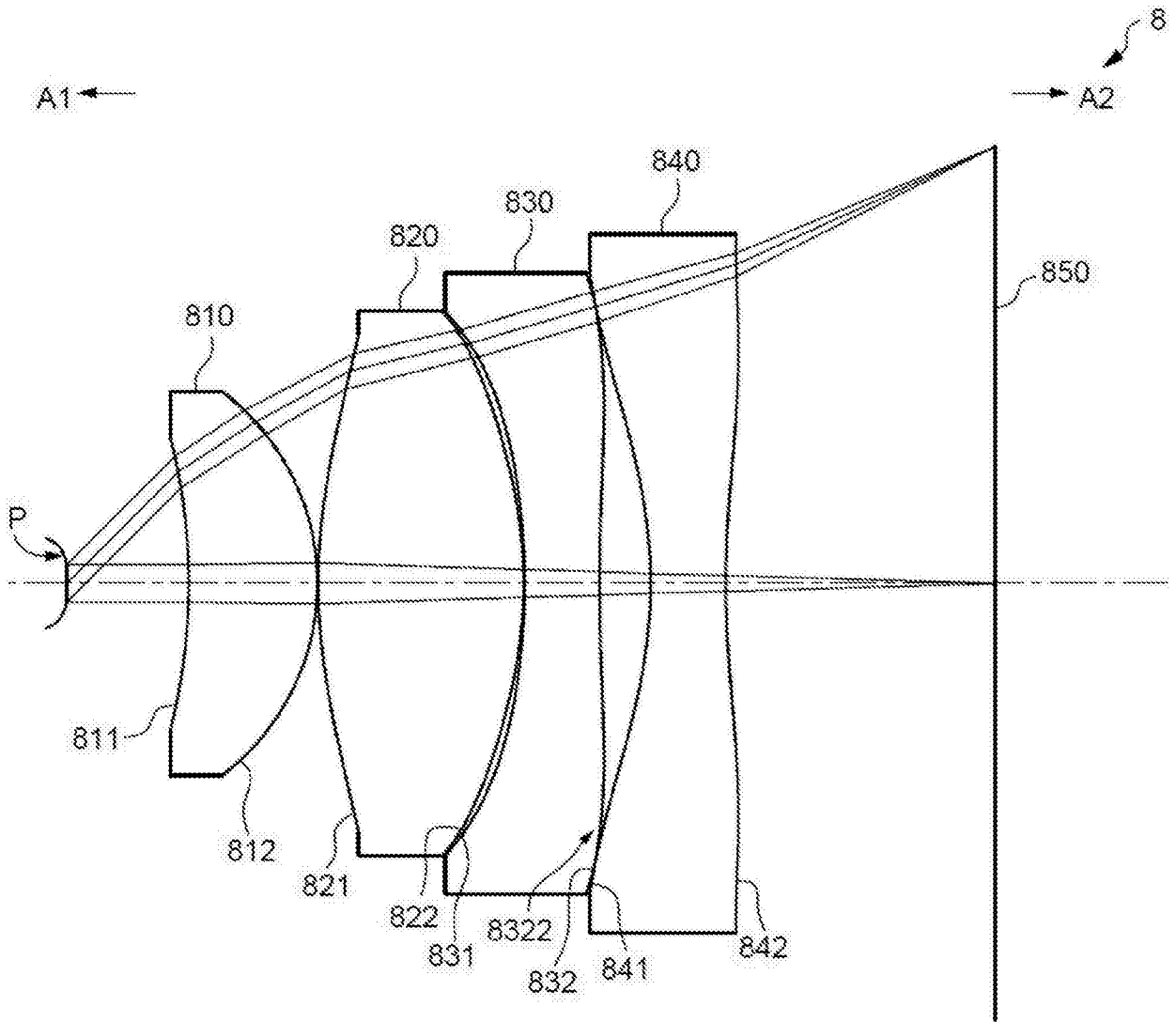


图35

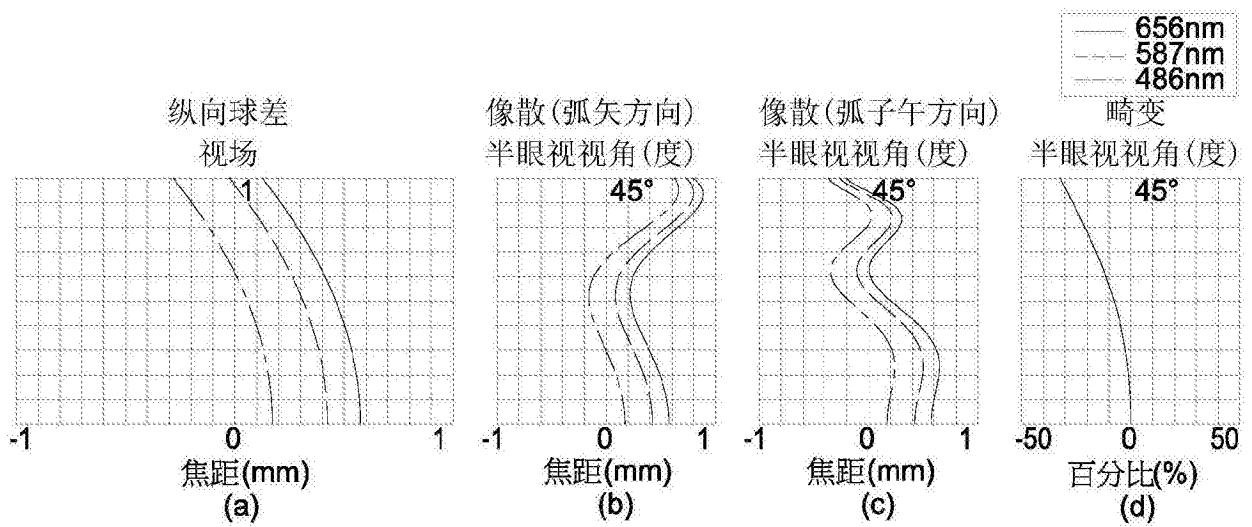


图36

有效焦距 (EFL) = 71.684 mm , ω (半眼视视角) = 45 度 , TTL = 85.837 mm , Fno = 17.921								
表面 标号 #		曲率 半径 (mm)	厚度 /间隙 (mm)	有效 半径	折射率	色散系数 (阿贝数)	焦距 (mm)	材质
P	观察者 瞳孔	无限大	13.0000	2.0000				
811	第一透镜	-56.6496	13.6997_T1	15.5110	1.492_n1	57.441_v1	79.991_f1	塑料
812		-25.0675	0.0500_G12	20.4050				
821	第二透镜	57.6506	21.9181_T2	26.4920	1.492_n2	57.441_v2	54.688_f2	塑料
822		-44.0936	0.0567_G23	28.9720				
831	第三透镜	-73.4492	8.0000_T3	28.9870	1.643_n3	22.437_v3	-82.613_f3	塑料
832		199.9983	5.4222_G34	33.0550				
841	第四透镜	-48.7294	8.0000_T4	33.0900	1.492_n4	57.441_v4	-65.091_f4	塑料
842		98.3486	28.6900_G4D	37.1530				
850	显示画面	无限大		46.4960				

图37

非球面系数				
表面标号 #	811	812	821	822
K	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₂	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₄	8.991000E-06	1.945000E-06	-5.261000E-06	8.410000E-06
a ₆	-2.300000E-08	0.000000E+00	1.000000E-09	-6.000000E-09
a ₈	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₀	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₂	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₄	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₆	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
表面标号 #	831	832	841	842
K	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₂	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₄	-7.570000E-07	-3.603000E-06	5.384000E-06	-6.176000E-06
a ₆	-3.000000E-09	0.000000E+00	0.000000E+00	2.000000E-09
a ₈	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₀	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₂	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₄	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₆	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00

图38

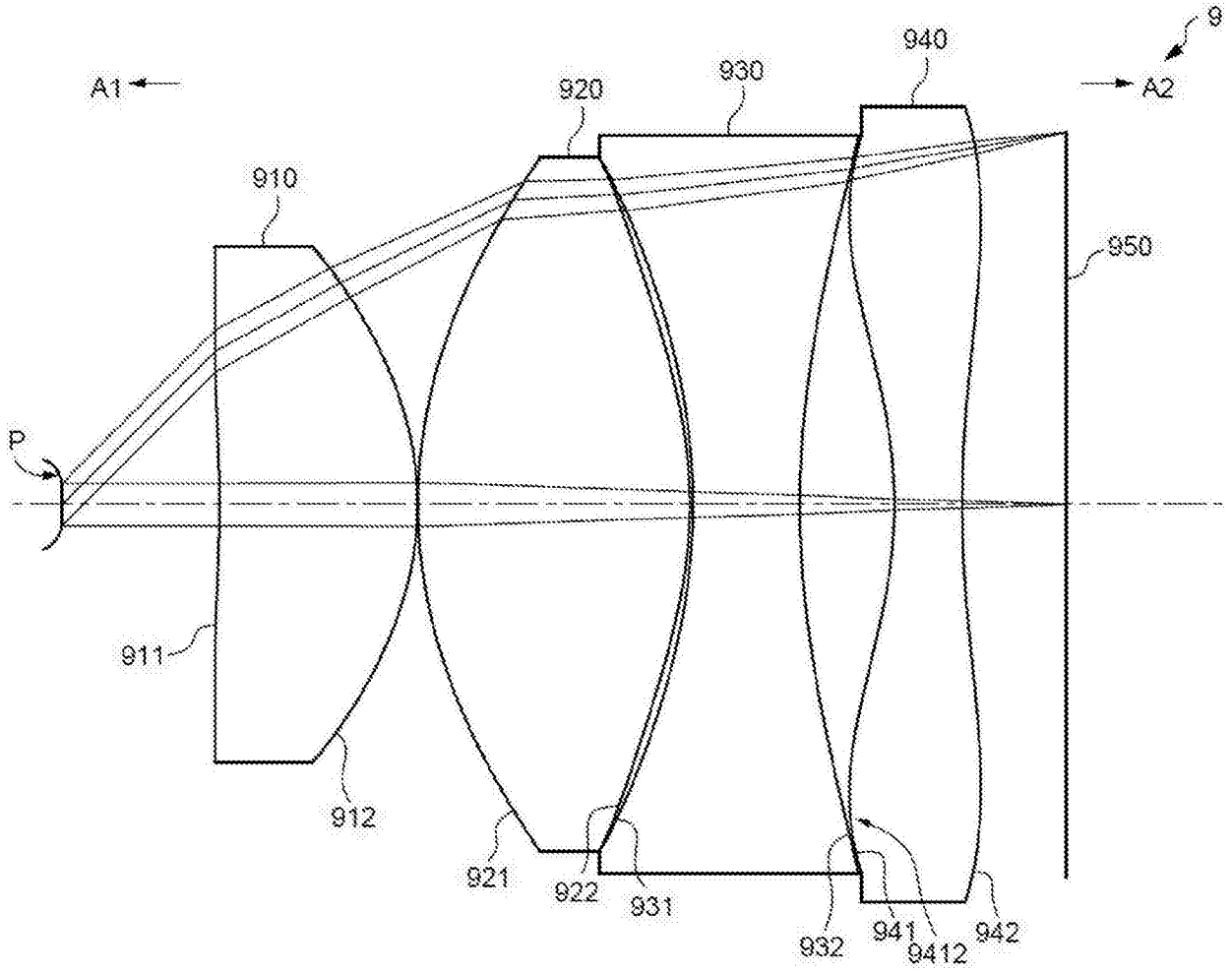


图39

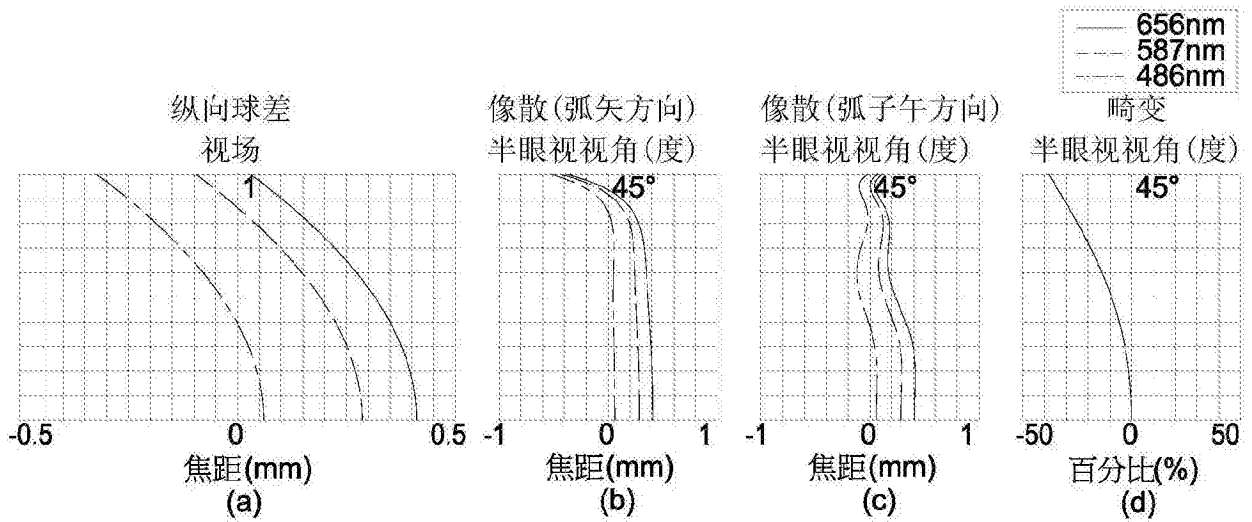


图40

有效焦距 (EFL) = 58.792 mm , ω (半眼视视角) = 45 度 , TTL = 79.592 mm , Fno = 14.698								
表面 标号 #		曲率 半径 (mm)	厚度 /间隙 (mm)	有效 半径	折射率	色散系数 (阿贝数)	焦距 (mm)	材质
P	观察者 瞳孔	无限大	14.8209	2.0000				
911	第一透镜	-119.2699	18.6045_T1	18.3610	1.492_n1	57.441_v1	74.315_f1	塑料
912		-29.4131	0.0517_G12	24.2100				
921	第二透镜	45.7826	25.5366_T2	32.4260	1.492_n2	57.441_v2	49.203_f2	塑料
922		-41.8845	0.3108_G23	32.6230				
931	第三透镜	-54.4222	10.0483_T3	32.5860	1.643_n3	22.437_v3	-50.037_f3	塑料
932		84.3583	8.8721_G34	34.6640				
941	第四透镜	-41.6012	6.3743_T4	34.7370	1.492_n4	57.441_v4	-58.766_f4	塑料
942		99.4367	9.7940_G4D	37.4000				
950	显示画面	无限大		35.0120				

图41

非球面系数				
表面标号 #	911	912	921	922
K	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₂	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₄	1.322500E-05	5.146000E-06	-1.030000E-06	8.163000E-06
a ₆	-1.400000E-08	5.000000E-09	-1.000000E-09	-2.000000E-09
a ₈	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₀	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₂	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₄	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₆	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
表面标号 #	931	932	941	942
K	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₂	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₄	2.776000E-06	-1.496000E-06	1.072600E-05	-3.913000E-06
a ₆	-1.000000E-09	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₈	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₀	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₂	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₄	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₆	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00

图42

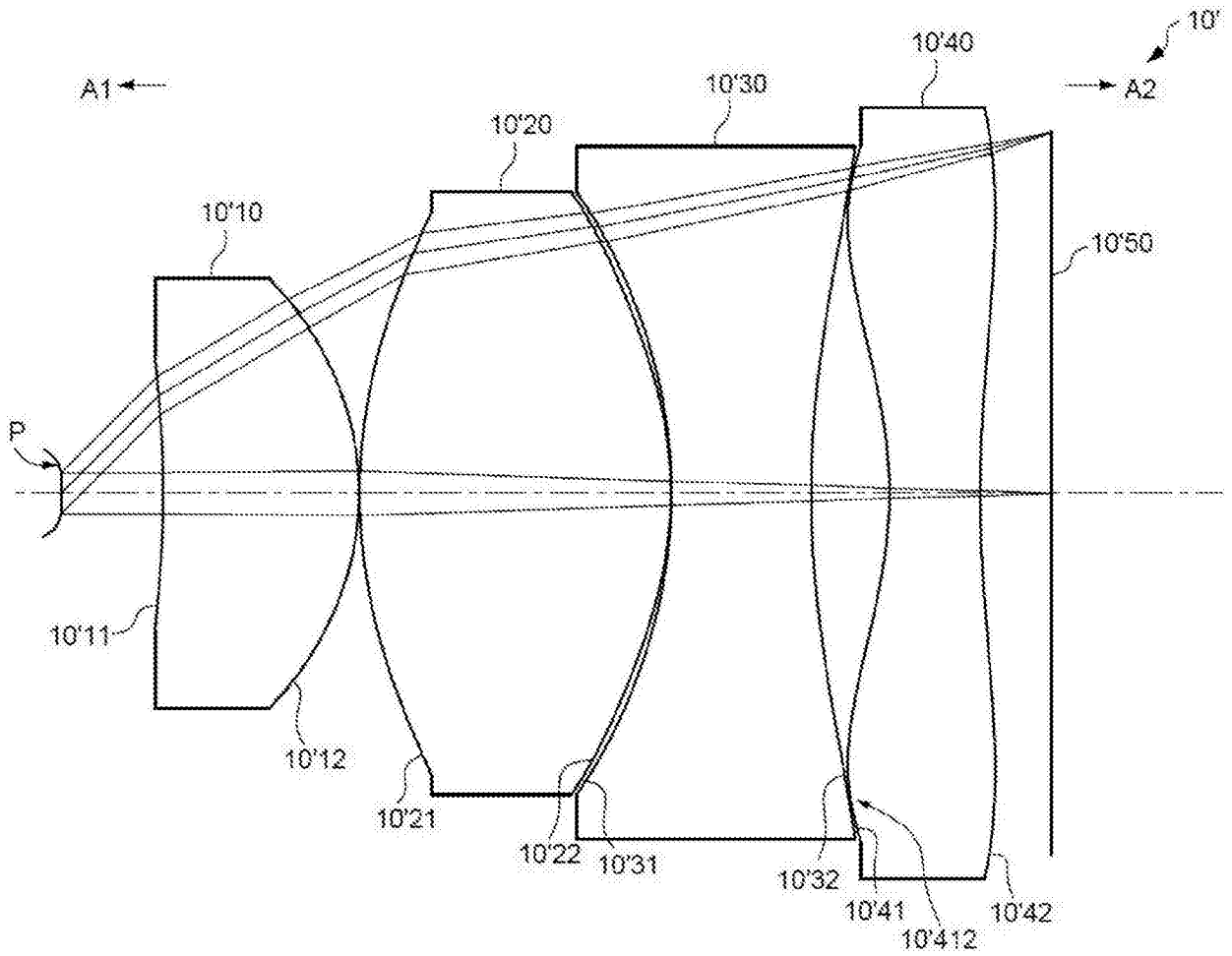


图43

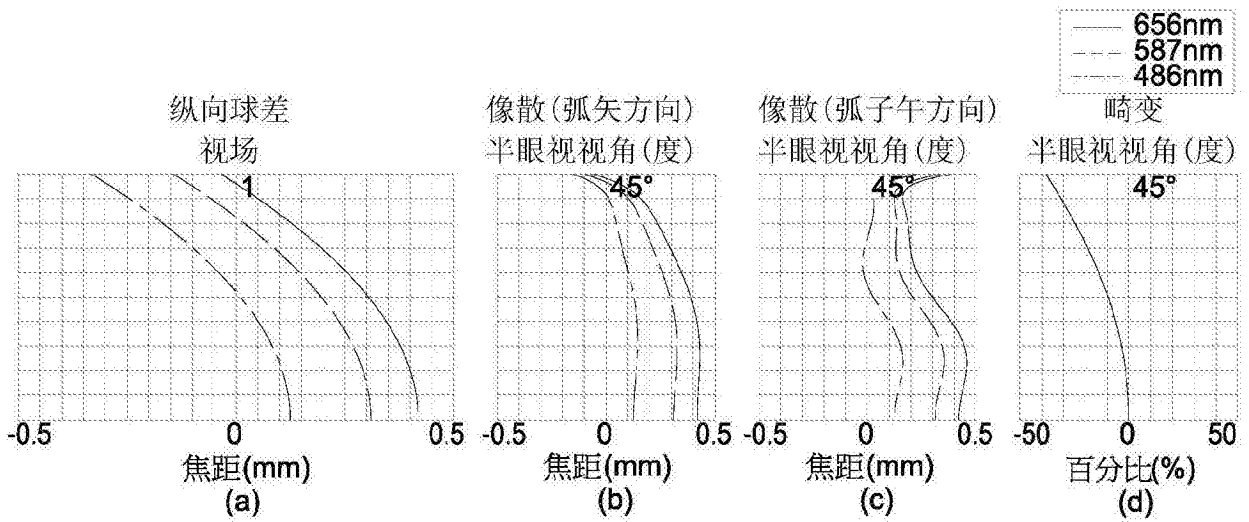


图44

有效焦距 (EFL) = 58.916 mm , ω (半眼视视角) = 45 度 , TTL = 86.052 mm , Fno = 14.729								
表面号 #		曲率半径 (mm)	厚度 / 间隙 (mm)	有效半径	折射率	色散系数 (阿贝数)	焦距 (mm)	材质
P	观察者瞳孔	无限大	9.9314	2.0000				
10'11	第一透镜	-78.3508	18.9658_T1	13.2740	1.492_n1	57.441_v1	76.378_f1	塑料
10'12		-27.4156	0.0500_G12	20.8010				
10'21	第二透镜	51.2438	30.1763_T2	27.2650	1.492_n2	57.441_v2	48.454_f2	塑料
10'22		-35.8934	0.0500_G23	29.2340				
10'31	第三透镜	-46.7171	13.5381_T3	29.1720	1.643_n3	22.437_v3	-46.568_f3	塑料
10'32		92.8171	7.5409_G34	33.5840				
10'41	第四透镜	-41.6351	8.8296_T4	33.6960	1.492_n4	57.441_v4	-61.936_f4	塑料
10'42		121.4009	6.9010_G4D	37.4000				
10'50	显示画面	无限大		34.9880				

图45

非球面系数				
表面标号 #	10'11	10'12	10'21	10'22
K	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₂	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₄	1.240900E-05	3.654000E-06	-7.350000E-07	8.354000E-06
a ₆	-1.600000E-08	2.000000E-09	-1.000000E-09	-1.000000E-09
a ₈	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₀	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₂	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₄	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₆	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
表面标号 #	10'31	10'32	10'41	10'42
K	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₂	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₄	2.340000E-06	-1.484000E-06	1.120700E-05	-3.134000E-06
a ₆	-1.000000E-09	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₈	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₀	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₂	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₄	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₆	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00

图46

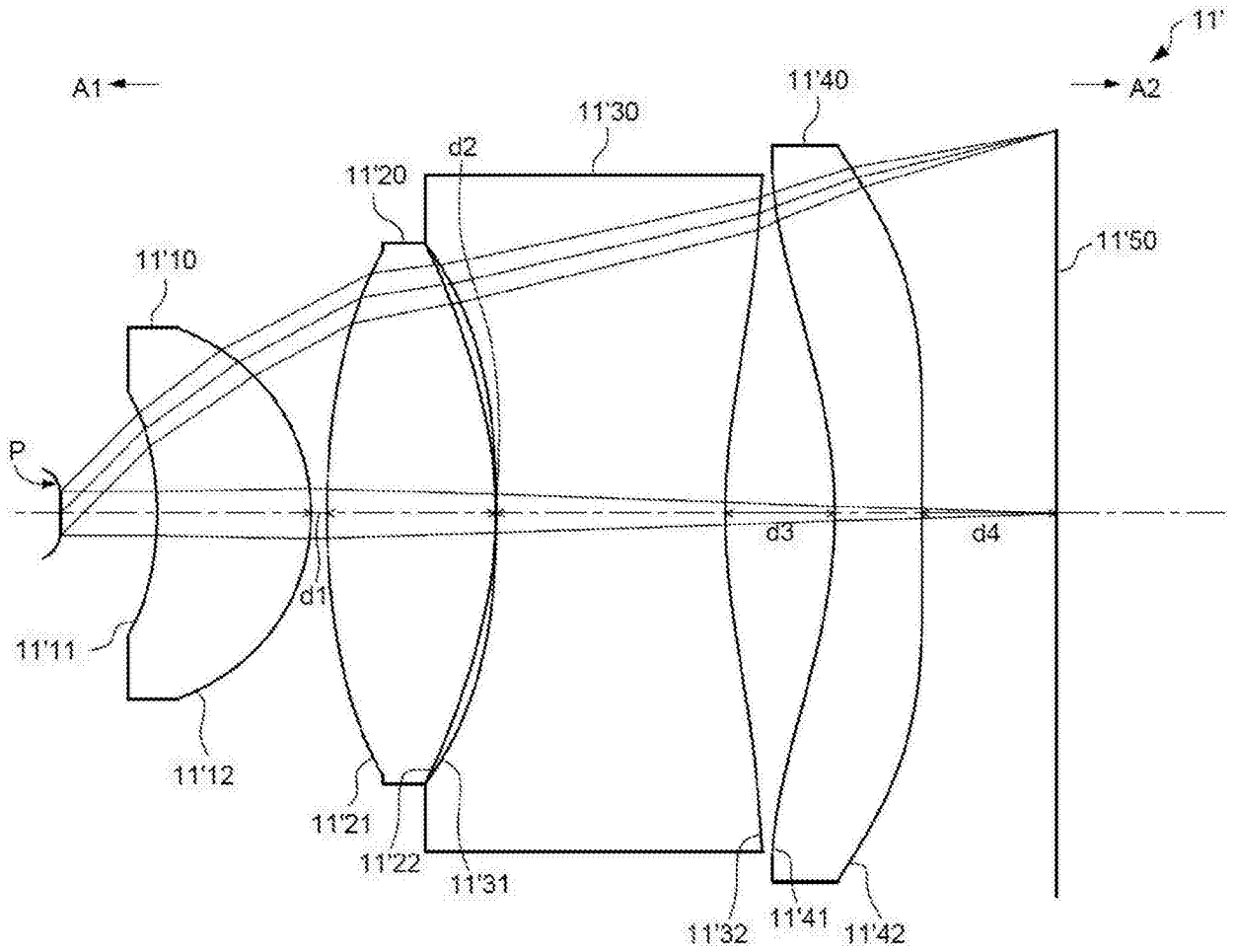


图47

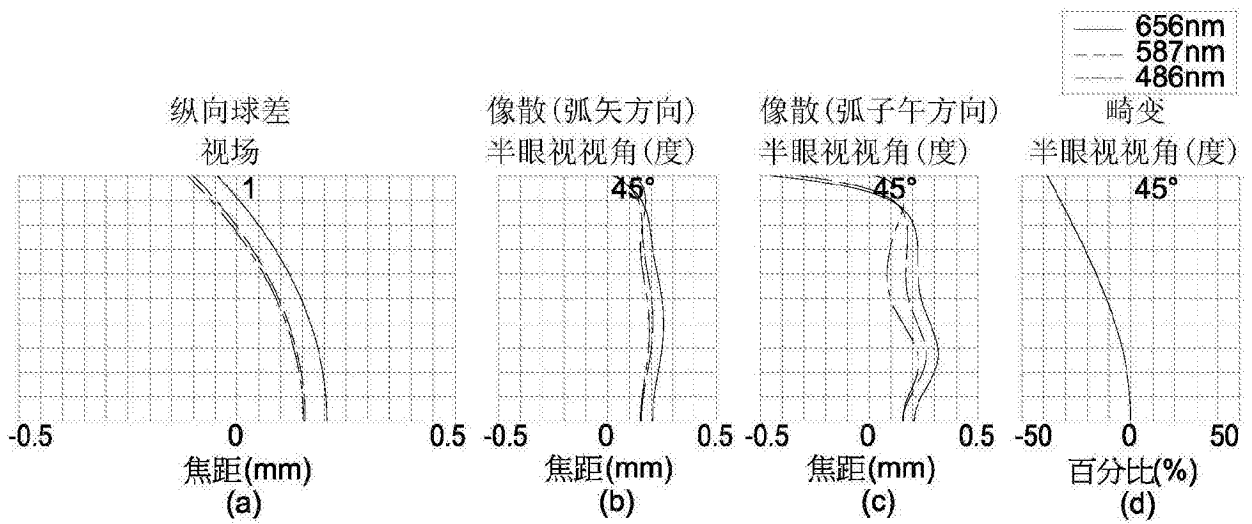


图48

有效焦距 (EFL) = 58.802 mm, ω (半眼视视角) = 45 度, TTL = 82.337 mm, Fno = 14.700								
表面 标号 #		曲率 半径 (mm)	厚度 /间隙 (mm)	有效 半径	折射率	色散系数 (阿贝数)	焦距 (mm)	材质
P	观察者 瞳孔	无限大	8.8133	2.0000				
11'11	第一透镜	-31.2427	14.0960_T1	11.1590	1.492_n1	57.441_v1	65.739_f1	塑料
11'12		-18.2515	1.4760_G12	16.9620				
11'21	第二透镜	75.7917	15.4446_T2	24.0420	1.492_n2	57.441_v2	55.180_f2	塑料
11'22		-39.4314	0.0526_G23	24.7590				
11'31	第三透镜	-88.8052	20.9648_T3	24.7420	1.643_n3	22.437_v3	-51.238_f3	塑料
11'32		57.2034	9.9855_G34	30.9210				
11'41	第四透镜	-43.4712	7.9669_T4	31.4230	1.492_n4	57.441_v4	-78.913_f4	塑料
11'42		383.6322	12.3510_G4D	33.6400				
11'50	显示画面	无限大		35.0190				

图49

非球面系数				
表面标号 #	11'11	11'12	11'21	11'22
K	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₂	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₄	-3.747100E-05	-5.952000E-06	2.687000E-06	8.293000E-06
a ₆	-1.800000E-08	-1.100000E-08	2.000000E-09	-4.000000E-09
a ₈	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₀	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₂	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₄	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₆	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
表面标号 #	11'31	11'32	11'41	11'42
K	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₂	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₄	-9.537000E-06	-9.268000E-06	7.879000E-06	-1.210700E-05
a ₆	2.000000E-09	3.000000E-09	0.000000E+00	4.000000E-09
a ₈	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₀	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₂	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₄	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
a ₁₆	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00

图50

实施例	第一 实施例	第二 实施例	第三 实施例	第四 实施例	第五 实施例	第六 实施例
T1	10.616	26.286	16.082	7.873	10.971	21.293
G12	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050
T2	10.614	38.303	22.729	38.977	10.948	33.902
G23	0.050	1.786	1.961	0.494	0.050	0.594
T3	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000
G34	17.100	10.307	5.360	9.249	17.911	7.923
T4	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000
G4D	34.422	26.525	23.600	7.743	36.051	27.578
EFL	85.974	87.561	68.217	66.794	90.019	80.622
TTL	88.852	119.258	85.782	80.387	91.980	107.340
TL	54.430	92.733	62.182	72.644	55.929	79.762
AAG	17.200	12.143	7.372	9.793	18.011	8.567
ALT	37.231	80.590	54.810	62.851	37.919	71.195
EPD	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000
ER	13.000	13.000	13.000	13.000	13.000	13.000
DLD	110.730	104.354	84.234	82.506	117.852	98.334
TL/ER	4.187	7.133	4.783	5.588	4.302	6.136
T1/(G23+G34)	0.619	2.174	2.196	0.808	0.611	2.500
(T1+T3)/T4	2.327	4.286	3.010	1.984	2.371	3.662
ALT/AAG	2.165	6.637	7.435	6.418	2.105	8.310
EFL/G4D	2.498	3.301	2.891	8.626	2.497	2.923
TTL/ER	6.835	9.174	6.599	6.184	7.075	8.257
(T1+G12+T2)/(T3+G34+T4)	0.643	2.457	1.819	1.858	0.648	2.309
(T3+T4)/G34	0.936	1.552	2.985	1.730	0.893	2.019
T2/T1	1.000	1.457	1.413	4.950	0.998	1.592
T2/(G23+G34)	0.619	3.167	3.104	4.000	0.610	3.980
T1/G34	0.621	2.550	3.000	0.851	0.613	2.687
EFL/AAG	4.999	7.211	9.254	6.820	4.998	9.411

图51

实施例	第七 实施例	第八 实施例	第九 实施例	第十 实施例	第十一 实施例
T1	6.947	13.700	18.604	18.966	14.096
G12	0.050	0.050	0.052	0.050	1.476
T2	41.312	21.918	25.537	30.176	15.445
G23	0.050	0.057	0.311	0.050	0.053
T3	8.000	8.000	10.048	13.538	20.965
G34	15.437	5.422	8.872	7.541	9.985
T4	8.000	8.000	6.374	8.830	7.967
G4D	10.990	28.690	9.794	6.901	12.351
EFL	77.674	71.684	58.792	58.916	58.802
TTL	90.787	85.837	79.592	86.052	82.337
TL	79.797	57.147	69.798	79.151	69.986
AAG	15.537	5.529	9.235	7.641	11.514
ALT	64.260	51.618	60.564	71.510	58.472
EPD	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000
ER	13.000	13.000	14.821	9.931	8.813
DLD	95.468	92.958	70.004	69.942	70.002
TL/ER	6.138	4.396	4.709	7.970	7.941
T1/(G23+G34)	0.449	2.500	2.026	2.499	1.404
(T1+T3)/T4	1.868	2.712	4.495	3.681	4.401
ALT/AAG	4.136	9.336	6.558	9.359	5.078
EFL/G4D	7.068	2.499	6.003	8.537	4.761
TTL/ER	6.984	6.603	5.370	8.665	9.342
(T1+G12+T2)/(T3+ G34+T4)	1.537	1.665	1.747	1.645	0.797
(T3+T4)/G34	1.036	2.951	1.851	2.966	2.897
T2/T1	5.946	1.600	1.373	1.591	1.096
T2/(G23+G34)	2.668	4.000	2.781	3.975	1.539
T1/G34	0.450	2.527	2.097	2.515	1.412
EFL/AAG	4.999	12.965	6.367	7.711	5.107

图52