



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 108107549 B

(45) 授权公告日 2022. 12. 13

(21) 申请号 201711071718.X

审查员 杨盈家

(22) 申请日 2017.11.03

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 108107549 A

(43) 申请公布日 2018.06.01

(73) 专利权人 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 公金辉 蔡粉沙 李雪

(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

专利代理师 何家富

(51) Int. Cl.

G02B 13/00 (2006.01)

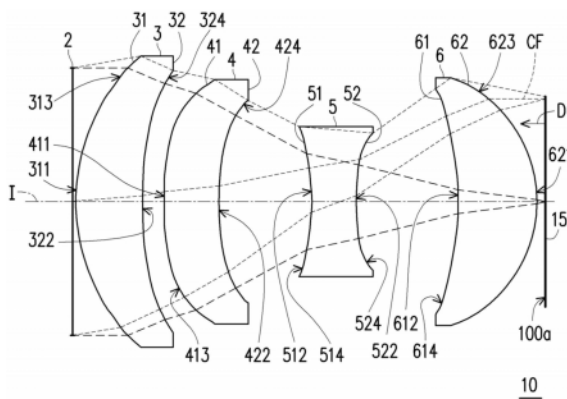
权利要求书2页 说明书20页 附图74页

(54) 发明名称

光学透镜组

(57) 摘要

本发明公开了一种光学透镜组,用于由一多光源之结构光产生单元所发出之多个近红外光经该光学透镜组产生多个光束。朝向多光源之结构光产生单元的方向为一入光侧,且相对的另一侧为一出光侧。光学透镜组从出光侧至入光侧沿一光轴依序包括第一、第二、第三及第四透镜。第一透镜是从入光侧至出光侧算起具有屈光率的第四个透镜。第二透镜是从入光侧至出光侧算起具有屈光率的第三个透镜。第三透镜是从入光侧至出光侧算起具有屈光率的第二个透镜。第四透镜是从入光侧至出光侧算起具有屈光率的第一个透镜。所述光学透镜组可大幅降低3D感测技术发射端的镜头成本,且降低制造瓶颈。



1. 一种光学透镜组,用于由一多光源之结构光产生单元所发出之多个近红外光经该光学透镜组产生多个光束,朝向该多光源之结构光产生单元的方向为一入光侧,且相对的另一侧为一出光侧,该光学透镜组从该出光侧至该入光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出光侧的一出光面及朝向该入光侧的一入光面;

其中,

该第一透镜是从该入光侧至该出光侧算起具有屈光率的第四个透镜;

该第二透镜是从该入光侧至该出光侧算起具有屈光率的第三个透镜;

该第三透镜是从该入光侧至该出光侧算起具有屈光率的第二个透镜;

该第四透镜是从该入光侧至该出光侧算起具有屈光率的第一个透镜;

该光学透镜组具有屈光率的透镜片数最多为五片;

该光学透镜组符合: $(LCR+T1) / (T3+T4) \leq 1.900$, 其中, $T1$ 为该第一透镜在该光轴上的厚度, $T3$ 为该第三透镜在该光轴上的厚度, 且 $T4$ 为该第四透镜在该光轴上的厚度, 且 LCR 为该多光源之结构光产生单元的发光面之最小外接圆之半径。

2. 如权利要求1所述光学透镜组, 其中该光学透镜组更符合:

$TTL \leq 6$ 毫米;

$HFOV \leq 20^\circ$; 以及

从该多光源之结构光产生单元的一发光面出射的近红外光之主光线的出射方向与该发光面的法线方向的夹角小于 5° ,

其中, TTL 为由该出光侧数来第一片透镜的该出光面至该多光源之结构光产生单元在该光轴上的距离, 且 $HFOV$ 为该光学透镜组的半视场角。

3. 如权利要求1所述光学透镜组, 其中该光学透镜组更符合: $V1+V2+V3+V4 \leq 141$ 以及 $2.550 \leq (n1+n2+n3+n4) - 4 \leq 3.500$, 其中, $V1$ 为该第一透镜的阿贝系数, $V2$ 为该第二透镜的阿贝系数, $V3$ 为该第三透镜的阿贝系数, $V4$ 为该第四透镜的阿贝系数, $n1$ 为该第一透镜的折射率, $n2$ 为该第二透镜的折射率, $n3$ 为该第三透镜的折射率, 且 $n4$ 为该第四透镜的折射率。

4. 如权利要求1所述光学透镜组, 其中该光学透镜组更符合: $EFL/ALT \leq 2.500$, 其中, EFL 为该光学透镜组的系统焦距, 且 ALT 为该光学透镜组的所有具有屈光率透镜在该光轴上的厚度总和。

5. 如权利要求1所述光学透镜组, 其中该光学透镜组更符合: $(G23+G34+T4) / (T2+T3) \leq 3.800$, 其中, $T2$ 为该第二透镜在该光轴上的厚度, $G23$ 为该第二透镜到该第三透镜在光轴上的空气间隙, 且 $G34$ 为该第三透镜到该第四透镜在该光轴上的空气间隙。

6. 如权利要求1所述光学透镜组, 其中该光学透镜组更符合: $(T1+G23+G34+T4) / (T2+T3) \leq 4.000$, 其中, $T2$ 为该第二透镜在该光轴上的厚度, $G23$ 为该第二透镜到该第三透镜在该光轴上的空气间隙, 且 $G34$ 为该第三透镜到该第四透镜在该光轴上的空气间隙。

7. 如权利要求1所述光学透镜组, 其中该光学透镜组更符合: $(AAG+BFL) / (T2+T4) \leq 1.800$, 其中, $T2$ 为该第二透镜在该光轴上的厚度, AAG 为该光学透镜组的所有具有屈光率透镜间在该光轴上的空气间隙总和, 且 BFL 为该第四透镜的该入光面到该多光源之结构光产生单元在该光轴上的距离。

8. 如权利要求1所述光学透镜组, 其中该光学透镜组更符合: $LCR/T2 \leq 2.500$, $T2$ 为该第

二透镜在该光轴上的厚度。

9. 如权利要求1所述光学透镜组,其中该光学透镜组更符合: $TTL/(T2+T3) \leq 7.400$,其中, $T2$ 为该第二透镜在该光轴上的厚度,且 TTL 为由出光侧数来第一片透镜的该出光面至该多光源之结构光产生单元在该光轴上的距离。

10. 如权利要求1所述光学透镜组,其中该光学透镜组更符合: $TL/ALT \leq 1.900$, TL 为该第一透镜的该出光面到该第四透镜的该入光面在该光轴上的距离,且 ALT 为该光学透镜组的所有具有屈光率透镜在该光轴上的厚度总和。

11. 如权利要求1所述光学透镜组,其中该光学透镜组更符合: $(T1+G23)/(G12+G34) \leq 3.500$,其中 $G12$ 该第一透镜到该第二透镜在该光轴上的空气间隙, $G23$ 为该第二透镜到该第三透镜在该光轴上的空气间隙,且 $G34$ 为该第三透镜到该第四透镜在该光轴上的空气间隙。

12. 如权利要求1所述光学透镜组,其中该光学透镜组更符合: $(T1+G23)/T2 \leq 3.000$, $T2$ 为该第二透镜在该光轴上的厚度,且 $G23$ 为该第二透镜到该第三透镜在该光轴上的空气间隙。

13. 如权利要求1所述光学透镜组,其中该光学透镜组更符合: $(T1+G34)/(G12+T2) \leq 2.500$, $T2$ 为该第二透镜在该光轴上的厚度, $G12$ 该第一透镜到该第二透镜在该光轴上的空气间隙,且 $G34$ 为该第三透镜到该第四透镜在该光轴上的空气间隙。

14. 如权利要求1所述光学透镜组,其中该光学透镜组更符合: $(T1+G34)/T2 \leq 3.500$,其中, $G34$ 为该第三透镜到该第四透镜在该光轴上的空气间隙,且 $T2$ 为该第二透镜在该光轴上的厚度。

15. 如权利要求1所述光学透镜组,其中该光学透镜组更符合: $(T1+T4)/(G12+T3) \leq 3.500$,其中, $G12$ 该第一透镜到该第二透镜在该光轴上的空气间隙。

16. 如权利要求1所述光学透镜组,其中该光学透镜组更符合: $(T1+T4)/T2 \leq 3.600$,其中, $T2$ 为该第二透镜在该光轴上的厚度。

17. 如权利要求1所述光学透镜组,其中该光学透镜组更符合: $(T1+T4)/T3 \leq 4.500$ 。

18. 如权利要求1所述光学透镜组,其中该光学透镜组更符合: $(G34+T4)/(T1+G12) \leq 2.500$,其中, $G12$ 该第一透镜到该第二透镜在该光轴上的空气间隙,且 $G34$ 为该第三透镜到该第四透镜在该光轴上的空气间隙。

19. 如权利要求1所述光学透镜组,其中该光学透镜组更符合: $(G34+T4)/T2 \leq 3.500$,其中, $T2$ 为该第二透镜在该光轴上的厚度,且 $G34$ 为该第三透镜到该第四透镜在该光轴上的空气间隙。

光学透镜组

技术领域

[0001] 本发明涉及光学透镜领域,尤其涉及光学透镜组。

背景技术

[0002] 便携式电子产品的规格日新月异,其关键零组件-光学透镜组也更加多样化发展,不仅用于摄像与录像,随着科技的进步也用于三维(three-dimensional,3D)感测技术。

[0003] 现有3D感测技术为多组近红外光发射单元分别经由多组准直透镜产生多个光束而投射于前方的环境,并藉由相机拍摄近红外光投射于前方的环境所呈现的影像而建立出周遭的立体空间。更具体来说,一组近红外光发射单元所发出的一近红外光经由对应的一组准直透镜产生一光束。现有3D感测技术藉由多组准直透镜的设计用以侦测范围较大的环境。然而,此种多组准直透镜搭配多组近红外光发射单元之制程费用高昂,且良率不佳。举例而言,由于每个近红外光发射单元相当小,因此对应的准直透镜是采用晶圆级光学透镜(wafer level optical lens)的制程所形成,此制程良率不高,且制造成本较高。

[0004] 因此,如何设计出可配合多组近红外光发射单元以产生多个具有不同角度的光束,并且同时满足体积小、生产良率高、热稳定等规格的镜头,一直是本领域的技术人员所努力的方向。

发明内容

[0005] 本发明提供一种光学透镜组,使多光源之结构光产生单元透过此光学透镜组产生多个具有不同角度之光束,可大幅降低3D感测技术发射端的镜头成本,且降低制造瓶颈。

[0006] 本发明的一实施例提出一种光学透镜组,用于由一多光源之结构光产生单元所发出之多个近红外光经光学透镜组产生多个光束。朝向多光源之结构光产生单元的方向为一入光侧,且相对的另一侧的方向为一出光侧。光学透镜组从出光侧至入光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。第一透镜、第二透镜、第三透镜及第四透镜各自包括朝向出光侧的一出光面及朝向入光侧的一入光面。第一透镜是从入光侧至出光侧算起具有屈光率的第四个透镜。第二透镜是从入光侧至出光侧算起具有屈光率的第三个透镜。第三透镜是从入光侧至出光侧算起具有屈光率的第二个透镜。第四透镜是从入光侧至出光侧算起具有屈光率的第一个透镜。

[0007] 该光学透镜组更符合以下条件之一:

[0008] $TTL \leq 6$ 毫米; $HFOV \leq 20^\circ$;以及从该多光源之结构光产生单元的一发光面出射的近红外光之主光线的出射方向与该发光面的法线方向的夹角小于 5° ,

[0009] $V1+V2+V3+V4 \leq 141$ 以及 $2.550 \leq (n1+n2+n3+n4) - 4 \leq 3.500$,

[0010] $EFL/ALT \leq 2.500$,

[0011] $(G23+G34+T4) / (T2+T3) \leq 3.800$,

[0012] $(T1+G23+G34+T4) / (T2+T3) \leq 4.000$,

[0013] $(LCR+T1) / (T3+T4) \leq 1.900$,

$$[0014] \quad (AAG+BFL) / (T2+T4) \leq 1.800,$$

$$[0015] \quad LCR/T2 \leq 2.500TTL / (T2+T3) \leq 7.400,$$

$$[0016] \quad TL/ALT \leq 1.900,$$

$$[0017] \quad (T1+G23) / (G12+G34) \leq 3.500,$$

$$[0018] \quad (T1+G23) / T2 \leq 3.000,$$

$$[0019] \quad (T1+G34) / (G12+T2) \leq 2.500,$$

$$[0020] \quad (T1+G34) / T2 \leq 3.500,$$

$$[0021] \quad (T1+T4) / (G12+T3) \leq 3.500, (T1+T4) / T2 \leq 3.600, (T1+T4) / T3 \leq 4.500;$$

$$[0022] \quad (G34+T4) / (T1+G12) \leq 2.500,$$

$$[0023] \quad (G34+T4) / T2 \leq 3.500,$$

[0024] 其中, V1为该第一透镜的阿贝系数, V2为该第二透镜的阿贝系数, V3为该第三透镜的阿贝系数, V4为该第四透镜的阿贝系数; n1为该第一透镜的折射率, n2为该第二透镜的折射率, n3为该第三透镜的折射率, n4为该第四透镜的折射率; T1为该第一透镜在该光轴上的厚度, T2为该第二透镜在该光轴上的厚度, T3为该第三透镜在该光轴上的厚度, T4为该第四透镜在该光轴上的厚度; G12为该第一透镜到该第二透镜在该光轴上的空气间隙, G23为该第二透镜到该第三透镜在该光轴上的空气间隙, G34为该第三透镜到该第四透镜在该光轴上的空气间隙; LCR为该多光源之结构光产生单元的发光面之最小外接圆之半径。AAG为该光学透镜组的所有具有屈光率透镜间在该光轴上的空气间隙总和, BFL为该第四透镜的该入光面到该多光源之结构光产生单元在该光轴上的距离。TTL为由出光侧数来第一片透镜的该出光面至该多光源之结构光产生单元在该光轴上的距离, LCR为该多光源之结构光产生单元的发光面之最小外接圆之半径。EFL为该光学透镜组的系统焦距, ALT为该光学透镜组的所有具有屈光率透镜在该光轴上的厚度总和。TL为该第一透镜的该出光面到该第四透镜的该入光面在该光轴上的距离, HFOV为该光学透镜组的半视场角。

[0025] 基于上述, 本发明的实施例的光学透镜组的有益效果在于: 藉由在入光侧以及出光侧之间的四个具有屈光度的透镜的排列方式, 来对应多个光源之结构光产生单元, 而可大幅降低3D感测技术发射端的镜头成本, 且降低制造瓶颈。

附图说明

[0026] 图1A是一示意图, 说明本发明的光学透镜组应用于3D感测发射端镜头的示意图。

[0027] 图1B是图1A中的多光源结构光产生单元的一实施例的前视图。

[0028] 图2是一示意图, 说明一透镜的面型结构。

[0029] 图3是一示意图, 说明一透镜的面型凹凸结构及光线焦点。

[0030] 图4是一示意图, 说明一范例一的透镜的面型结构。

[0031] 图5是一示意图, 说明一范例二的透镜的面型结构。

[0032] 图6是一示意图, 说明一范例三的透镜的面型结构。

[0033] 图7为本发明之第一实施例之光学透镜组的示意图。

[0034] 图8A至图8D为第一实施例之光学透镜组的纵向球差与各项像差图。

[0035] 图9是本发明之第一实施例之光学透镜组的详细光学数据表格图。

[0036] 图10是本发明之第一实施例之光学透镜组的非球面参数表格图。

- [0037] 图11为本发明之第二实施例之光学透镜组的示意图。
- [0038] 图12A至图12D为第二实施例之光学透镜组的纵向球差与各项像差图。
- [0039] 图13是本发明之第二实施例之光学透镜组的详细光学数据表格图。
- [0040] 图14是本发明之第二实施例之光学透镜组的非球面参数表格图。
- [0041] 图15为本发明之第三实施例之光学透镜组的示意图。
- [0042] 图16A至图16D为第三实施例之光学透镜组的纵向球差与各项像差图。
- [0043] 图17是本发明之第三实施例之光学透镜组的详细光学数据表格图。
- [0044] 图18是本发明之第三实施例之光学透镜组的非球面参数表格图。
- [0045] 图19为本发明之第四实施例之光学透镜组的示意图。
- [0046] 图20A至图20D为第四实施例之光学透镜组的纵向球差与各项像差图。
- [0047] 图21是本发明之第四实施例之光学透镜组的详细光学数据表格图。
- [0048] 图22是本发明之第四实施例之光学透镜组的非球面参数表格图。
- [0049] 图23为本发明之第五实施例之光学透镜组的示意图。
- [0050] 图24A至图24D为第五实施例之光学透镜组的纵向球差与各项像差图。
- [0051] 图25是本发明之第五实施例之光学透镜组的详细光学数据表格图。
- [0052] 图26是本发明之第五实施例之光学透镜组的非球面参数表格图。
- [0053] 图27为本发明之第六实施例之光学透镜组的示意图。
- [0054] 图28A至图28D为第六实施例之光学透镜组的纵向球差与各项像差图。
- [0055] 图29是本发明之第六实施例之光学透镜组的详细光学数据表格图。
- [0056] 图30是本发明之第六实施例之光学透镜组的非球面参数表格图。
- [0057] 图31为本发明之第七实施例之光学透镜组的示意图。
- [0058] 图32A至图32D为第七实施例之光学透镜组的纵向球差与各项像差图。
- [0059] 图33是本发明之第七实施例之光学透镜组的详细光学数据表格图。
- [0060] 图34是本发明之第七实施例之光学透镜组的非球面参数表格图。
- [0061] 图35为本发明之第八实施例之光学透镜组的示意图。
- [0062] 图36A至图36D为第八实施例之光学透镜组的纵向球差与各项像差图。
- [0063] 图37是本发明之第八实施例之光学透镜组的详细光学数据表格图。
- [0064] 图38是本发明之第八实施例之光学透镜组的非球面参数表格图。
- [0065] 图39为本发明之第九实施例之光学透镜组的示意图。
- [0066] 图40A至图40D为第九实施例之光学透镜组的纵向球差与各项像差图。
- [0067] 图41是本发明之第九实施例之光学透镜组的详细光学数据表格图。
- [0068] 图42是本发明之第九实施例之光学透镜组的非球面参数表格图。
- [0069] 图43为本发明之第十实施例之光学透镜组的示意图。
- [0070] 图44A至图44D为第十实施例之光学透镜组的纵向球差与各项像差图。
- [0071] 图45是本发明之第十实施例之光学透镜组的详细光学数据表格图。
- [0072] 图46是本发明之第十实施例之光学透镜组的非球面参数表格图。
- [0073] 图47为本发明之第十一实施例之光学透镜组的示意图。
- [0074] 图48A至图48D为第十一实施例之光学透镜组的纵向球差与各项像差图。
- [0075] 图49是本发明之第十一实施例之光学透镜组的详细光学数据表格图。

- [0076] 图50是本发明之第十一实施例之光学透镜组的非球面参数表格图。
- [0077] 图51为本发明之第十二实施例之光学透镜组的示意图。
- [0078] 图52A至图52D为第十二实施例之光学透镜组的纵向球差与各项像差图。
- [0079] 图53是本发明之第十二实施例之光学透镜组的详细光学数据表格图。
- [0080] 图54是本发明之第十二实施例之光学透镜组的非球面参数表格图。
- [0081] 图55为本发明之第十三实施例之光学透镜组的示意图。
- [0082] 图56A至图56D为第十三实施例之光学透镜组的纵向球差与各项像差图。
- [0083] 图57是本发明之第十三实施例之光学透镜组的详细光学数据表格图。
- [0084] 图58是本发明之第十三实施例之光学透镜组的非球面参数表格图。
- [0085] 图59为本发明之第十四实施例之光学透镜组的示意图。
- [0086] 图60A至图60D为第十四实施例之光学透镜组的纵向球差与各项像差图。
- [0087] 图61是本发明之第十四实施例之光学透镜组的详细光学数据表格图。
- [0088] 图62是本发明之第十四实施例之光学透镜组的非球面参数表格图。
- [0089] 图63为本发明之第十五实施例之光学透镜组的示意图。
- [0090] 图64A至图64D为第十五实施例之光学透镜组的纵向球差与各项像差图。
- [0091] 图65是本发明之第十五实施例之光学透镜组的详细光学数据表格图。
- [0092] 图66是本发明之第十五实施例之光学透镜组的非球面参数表格图。
- [0093] 图67为本发明之第十六实施例之光学透镜组的示意图。
- [0094] 图68A至图68D为第十六实施例之光学透镜组的纵向球差与各项像差图。
- [0095] 图69是本发明之第十六实施例之光学透镜组的详细光学数据表格图。
- [0096] 图70是本发明之第十六实施例之光学透镜组的非球面参数表格图。
- [0097] 图71为本发明之第十七实施例之光学透镜组的示意图。
- [0098] 图72A至图72D为第十七实施例之光学透镜组的纵向球差与各项像差图。
- [0099] 图73是本发明之第十七实施例之光学透镜组的详细光学数据表格图。
- [0100] 图74是本发明之第十七实施例之光学透镜组的非球面参数表格图。
- [0101] 图75以及图76是本发明之第一至第六实施例之光学透镜组的各重要参数及其关系式的数值表格图。
- [0102] 图77以及图78是本发明之第七至第十二实施例之光学透镜组的各重要参数及其关系式的数值表格图。
- [0103] 图79以及图80是本发明之第十三至第十七实施例之光学透镜组的各重要参数及其关系式的数值表格图。

具体实施方式

[0104] 附图中的符号说明:10:光学透镜组;15:多光源之结构光产生单元;15a:近红外光源;100a:出光面;2:光圈;3:第一透镜;4:第二透镜;5:第三透镜;6:第四透镜;7:第五透镜;31、41、51、61、71:出光面;311、313、321、323、411、413、421、423、511、513、521、523、611、613、621、623、711、713:凸面部;322、324、412、422、424、512、514、522、524、612、614、622、624、722、724:凹面部;32、42、52、62、72:入光面;I:光轴;A:光轴附近区域;C:圆周附近区域;CF:近红外光的主光线;D:法线方向;E:延伸部;Lc:主光线;Lm:边缘光线;M、R:点。

[0105] 请参照图1A,三维(Three-dimensional,3D)感测发射端镜头20的光线方向为多个近红外光由多光源之结构光(Structured Light)产生单元15所发出,经由本发明的实施例的光学透镜组10产生多个光束a、b、c,用以侦测镜头前方的环境,其中光束a、b、c不限于是何种形式的光束,在此以虚线的形式描述光束行进的方向,且光束a、b、c的数量也不限于3个,其数量可以是不等于3及1的其他数量,而图1A中以绘示光束a、b、c来作代表。请参照图1B,在一实施例中,多光源之结构光产生单元15包括多个以阵列方式排列的近红外光光源15a。于其他的实施态样中,这些近红外光光源15a的排列方式也可以是环形排列或者是其他排列方式,本发明并不以此为限制。近红外光光源15a可为红外雷射光源。这些近红外光光源15a的发光面形成了多光源之结构光产生单元15的发光面100a。

[0106] 在以下说明本发明之实施例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出光侧经过光学透镜组10到多光源之结构光产生单元15的发光面100a聚焦成像。

[0107] 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)。该入光面、出光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) L_c 及边缘光线(Marginal Ray) L_m ,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:

[0108] 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。如果径向上向外有少数个转换点,则依序为第一转换点,第二转换点,而有效半效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 L_m 与透镜表面交点到光轴I上的垂直距离。

[0109] 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)与光轴的交点在入光侧或出光侧来决定(光线焦点判定方式)。举例言之,当光线通过该区域后,光线会朝入光侧聚焦,与光轴的焦点会位在入光侧,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出光侧,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。以出光面来说,当R值为正时,判定为凸面部,当R值为负时,判定为凹面部;以入光面来说,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。

[0110] 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%。

[0111] 图4范例一的透镜入光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。此透镜入光面的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。

[0112] 图5范例二的透镜出光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。此透镜出光面的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。

[0113] 图6范例三的透镜出光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,故此出光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。

[0114] 图7为本发明之第一实施例之光学透镜组的示意图,而图8A至图8D为第一实施例之光学透镜组的纵向球差与各项像差图。请先参照图7,在本发明的第一实施例之光学透镜组10中,从出光侧到入光侧沿光学透镜组10的一光轴I依序包括一光圈2、一第一透镜3、一第二透镜4、一第三透镜5及一第四透镜6。当多个近红外光由多光源之结构光产生单元15的发光面100a发出而进入光学透镜组10,并依序经由第四透镜6、第三透镜5、第二透镜4、第一透镜3以及光圈2后产生多个光束,并射出光学透镜组10。补充说明的是,入光侧是朝向多光源之结构光产生单元15的一侧,而相对的另一侧则为出光侧。

[0115] 此外,为了满足本发明的实施例的光学透镜组10在发热环境中维持一定的光学质量,将离光圈2最近具有屈光率之第一透镜3的材料设为折射率大于1.8的玻璃,有助于降低温度对于输出光束的影响。第二透镜4至第四透镜6都是塑料材质所制成,但第一透镜3至第四透镜7的材质仍不以此为限制。

[0116] 在本实施例中,光学透镜组10的第一透镜3、第二透镜4、第三透镜5及第四透镜6都各自具有一朝向出光侧且使多个近红外光通过之出光面31、41、51、61及一朝向入光侧且使多个近红外光通过之入光面32、42、52、62。

[0117] 第一透镜3是从入光侧至出光侧算起具有屈光率的第四个透镜。第一透镜3具有正屈光率。第一透镜3的出光面31具有一位于光轴I附近区域的凸面部311及一位于圆周附近区域的凸面部313。第一透镜3的入光面32具有一位于光轴I附近区域的凹面部322及一位于圆周附近区域的凹面部324。第一透镜3的出光面31以及入光面32皆为非球面。

[0118] 第二透镜4是从入光侧至出光侧算起具有屈光率的第三个透镜。第二透镜具有负屈光率。第二透镜4的出光面41具有一位于光轴I附近区域的凸面部411及一位于圆周附近区域的凸面部413。第二透镜4的入光面42具有一位于光轴I附近区域的凹面部422及一位于圆周附近区域的凹面部424。第二透镜4的出光面41以及入光面42皆为非球面。

[0119] 第三透镜5是从入光侧至出光侧算起具有屈光率的第二个透镜。第三透镜5具有负屈光率。第三透镜5的出光面51具有一位于光轴I附近区域的凹面部512及一位于圆周附近区域的凹面部514。第三透镜5的入光面52具有一位于光轴I附近区域的凹面部522及一位于

圆周附近区域的凹面部524。第三透镜5的出光面51以及入光面52皆为非球面。

[0120] 第四透镜6是从入光侧至出光侧算起具有屈光率的第一个透镜。第四透镜6具有正屈光率。第四透镜6的出光面61具有一位于光轴I附近区域的凹面部612及一位于圆周附近区域的凹面部614。第四透镜6的入光面62具有一位于光轴I附近区域的凸面部621及一位于圆周附近区域的凸面部623。第四透镜6的出光面61以及入光面62皆为非球面。

[0121] 在本实施例中,从多光源之结构光产生单元15的发光面100a出射的近红外光之主光线CF的出射方向与发光面100a的法线方向D的夹角小于5°。

[0122] 第一实施例的其他详细光学数据如图9所示,且第一实施例的光学透镜组10的整体系统焦距(Effective Focal Length,EFL)为3.562毫米(Millimeter,mm),半视场角(Half Field of View,HFOV)为9.905°,光圈值(F-number,Fno)为2.273,其系统长度为2.738毫米,发光圆半径(Light Circle Radius)为0.603毫米,其中系统长度是指由第一透镜3的入光面31到发光面100a在光轴I上的距离。本说明书中的「光圈值」是根据光的可逆性原理,将光圈2视为入射光瞳所计算而得的光圈值。

[0123] 此外,在本实施例中,第一透镜3、第二透镜4、第三透镜5以及第四透镜6的出光面31、41、51、61及入光面32、42、52、62共计八个面均是非球面,其中出光面31、41、51、61与入光面32、42、52、62为一般的偶次非球面(even asphere surface)。而这些非球面是依下列公式定义:

$$[0124] \quad Z(Y) = \frac{Y^2}{R} \left/ \left(1 + \sqrt{1 - (1 + K) \frac{Y^2}{R^2}} \right) + \sum_{i=1}^n a_i \times Y^i \right. \text{-----} (1)$$

[0125] 其中:

[0126] Y:非球面曲线上的点与光轴I的距离;

[0127] Z:非球面之深度(非球面上距离光轴I为Y的点,与相切于非球面光轴I上顶点之切面,两者间的垂直距离);

[0128] R:透镜表面近光轴I处的曲率半径;

[0129] K:圆锥系数(conic constant);

[0130] a_i :第i阶非球面系数;

[0131] 第一透镜3的出光面31到第四透镜6的入光面62在公式(1)中的各项非球面系数如图10所示。其中,图10中栏位编号31表示其为第一透镜3的出光面31的非球面系数,其它栏位依此类推。

[0132] 另外,第一实施例的光学透镜组10中各重要参数间的关系如图75、图76所示,在图75中各参数的单位为毫米(mm)。

[0133] 其中,

[0134] T1为第一透镜3在光轴I上的厚度;

[0135] T2为第二透镜4在光轴I上的厚度;

[0136] T3为第三透镜5在光轴I上的厚度;

[0137] T4为第四透镜6在光轴I上的厚度;

[0138] G12为第一透镜3到第二透镜4在光轴I上的空气间隙;

[0139] G23为第二透镜4到第三透镜5在光轴I上的空气间隙;

[0140] G34为第三透镜5到第四透镜6在光轴I上的空气间隙;

- [0141] AAG为光学透镜组10的所有具有屈光率透镜间在光轴I上的空气间隙总和；
- [0142] ALT为光学透镜组10的所有具有屈光率透镜在光轴I上的厚度总和；
- [0143] TL为第一透镜3的出光面31到第四透镜6的入光面62在光轴I上的距离；
- [0144] TTL为由出光侧数来第一片透镜的出光面至多光源之结构光产生单元在光轴I上的距离；
- [0145] BFL为第四透镜6的入光面62到多光源之结构光产生单元在光轴I上的距离；
- [0146] HFOV为半视场角(标记为 ω ,如图1A所绘示),为光学透镜组10最大半出光角度；
- [0147] Fno为光圈值,根据光的可逆性原理为光学透镜组10发出光束的有效孔径计算而得的光圈值,在本发明的实施例中也就是将光圈2视为入射光瞳所计算而得的光圈值；
- [0148] LCR(Light circle radius)为发光圆半径(标记为LCR,如图1B所绘示),为多光源之结构光产生单元15的发光面100a之最小外接圆之半径；及
- [0149] EFL为光学透镜组10的系统焦距。
- [0150] 另外,再定义：
- [0151] f1为第一透镜3的焦距；
- [0152] f2为第二透镜4的焦距；
- [0153] f3为第三透镜5的焦距；
- [0154] f4为第四透镜6的焦距；
- [0155] n1为第一透镜3的折射率；
- [0156] n2为第二透镜4的折射率；
- [0157] n3为第三透镜5的折射率；
- [0158] n4为第四透镜6的折射率；
- [0159] V1为第一透镜3的阿贝系数；
- [0160] V2为第二透镜4的阿贝系数；
- [0161] V3为第三透镜5的阿贝系数；及
- [0162] V4为第四透镜6的阿贝系数。
- [0163] 再配合参阅图8A至图8D,图8A的图式说明第一实施例当其光瞳半径(Pupil Radius)为0.7836毫米时,且当其波长为930nm、940nm及950nm时在发光面100a的纵向球差(Longitudinal Spherical Aberration),图8B与图8C的图式则分别说明第一实施例当其波长为930nm、940nm及950nm时在发光面100a上有关弧矢(Sagittal)方向的场曲(Field Curvature)像差及子午(Tangential)方向的场曲像差,图8D的图式则说明第一实施例当其波长为930nm、940nm及950nm时在发光面100a上的畸变像差(Distortion Aberration)。本第一实施例的纵向球差图示图8A中,每一种波长所成的曲线皆很靠近并向中间靠近,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,由每一波长的曲线的偏斜幅度可看出,不同高度的离轴光线的成像点偏差控制在 ± 10 微米的范围内,故本第一实施例确实明显改善相同波长的球差,此外,三种代表波长彼此间的距离也相当接近,代表不同波长光线的成像位置已相当集中,因而使色像差也获得明显改善。
- [0164] 在图8B与图8C的二个场曲像差图示中,三种代表波长在整个视场范围内的焦距变化量落在 ± 10 微米内,说明本第一实施例的光学透镜组能有效消除像差。而图8D的畸变像差图式则显示本第一实施例的畸变像差维持在 $\pm 3.5\%$ 的范围内,说明本第一实施例的畸

变像差已符合光学透镜组的成像质量要求,据此说明本第一实施例相较于现有光学镜头,在系统长度已缩短至2.738毫米左右的条件下,仍能提供良好的成像质量,故本第一实施例能在维持良好光学性能之条件下,能够缩短光学透镜组的长度。

[0165] 图11为本发明的第二实施例的光学透镜组的示意图,而图12A至图12D为第二实施例之光学透镜组的纵向球差与各项像差图。请先参照图11,本发明光学透镜组10的一第二实施例,其与第一实施例大致相似,而两者的差异如下所述:各光学数据、非球面系数及这些透镜3、4、5及6间的参数或多或少有些不同。另外,第一透镜3的入光面32具有一位于光轴I附近区域的凸面部321。第二透镜4的出光面41具有一位于光轴I附近区域的凹面部412。第二透镜4的入光面42具有一位于光轴I附近区域的凸面部421及一位于圆周附近区域的凸面部423。第三透镜5的出光面51具有一位于光轴I附近区域的凸面部511以及一位于圆周附近区域的凸面部513。此外,多光源之结构光产生单元15所发出的近红外光之主光线小于 5° 。在此需注意的是,为了清楚地显示图面,图11中省略部分与第一实施例相同的凹面部与凸面部的标号。

[0166] 在本实施例中,从多光源之结构光产生单元15的发光面100a出射的近红外光之主光线CF的出射方向与发光面100a的法线方向D的夹角小于 5° 。

[0167] 第二实施例的光学透镜组10的详细的光学数据如图13所示,且第二实施例的光学透镜组10的整体系统焦距为2.785毫米,半视场角(HFOV)为 9.906° ,光圈值(Fno)为2.273,系统长度为2.845毫米,发光圆半径则为0.471毫米。

[0168] 如图14所示,则为第二实施例的第一透镜3的出光面31到第四透镜6的入光面62在公式(1)中的各项非球面系数。

[0169] 另外,第二实施例之光学透镜组10中各重要参数间的关系如图75、图76所示。

[0170] 本第二实施例在其光瞳半径为0.6128毫米时的纵向球差图示图12A中,不同高度的离轴光线的成像点偏差控制在 ± 2.8 微米的范围内。在图12B与图12C的二个场曲像差图示中,三种代表波长在整个视场范围内的焦距变化量落在 ± 4.5 微米内。而图12D的畸变像差图式则显示本第二实施例的畸变像差维持在 $\pm 3.5\%$ 的范围内。

[0171] 经由上述说明可得知:第二实施例的半视场角大于第一实施例的半视场角。第二实施例的纵向球差小于第一实施例的纵向球差。第二实施例的场曲小于第一实施例的场曲。

[0172] 图15为本发明的第三实施例的光学透镜组的示意图,而图16A至图16D为第三实施例之光学透镜组的纵向球差与各项像差图。请先参照图15,本发明光学透镜组10的一第三实施例,其与第一实施例大致相似,而两者的差异如下所述:各光学数据、非球面系数及这些透镜3、4、5及6间的参数或多或少有些不同。另外,第三透镜5的入光面52具有一位于光轴I附近区域的凸面部521。此外,多光源之结构光产生单元15所发出的近红外光之主光线CF与发光面100a的法线方向D的夹角小于 5° 。在此需注意的是,为了清楚地显示图面,图15中省略部分与第一实施例相同的凹面部与凸面部的标号。

[0173] 在本实施例中,从多光源之结构光产生单元15的发光面100a出射的近红外光之主光线CF的出射方向与发光面100a的法线方向D的夹角小于 5° 。

[0174] 第三实施例的光学透镜组10的详细的光学数据如图17所示,且第三实施例的光学透镜组10的整体系统焦距为2.738毫米,半视场角(HFOV)为 9.900° ,光圈值(Fno)为2.273,

系统长度为2.796毫米,发光圆半径则为0.496毫米。

[0175] 如图18所示,则为第三实施例的第一透镜3的出光面31到第四透镜6的入光面62在公式(1)中的各项非球面系数。

[0176] 另外,第三实施例之光学透镜组10中各重要参数间的关系如图75、图76所示。

[0177] 本第三实施例在其光瞳半径为0.6023毫米时的纵向球差图示图16A中,不同高度的离轴光线的成像点偏差控制在 ± 3.0 微米的范围内。在图16B与图16C的二个场曲像差图示中,三种代表波长在整个视场范围内的焦距变化量落在 ± 4.5 微米内。而图16D的畸变像差图式则显示本第三实施例的畸变像差维持在 $\pm 3.9\%$ 的范围内。

[0178] 经由上述说明可得知:第三实施例的纵向球差小于第一实施例的纵向像差。第三实施例的场曲小于第一实施例的场曲。

[0179] 图19为本发明的第四实施例的光学透镜组的示意图,而图20A至图20D为第四实施例之光学透镜组的纵向球差与各项像差图。请先参照图19,本发明光学透镜组10的一第四实施例,其与第一实施例大致相似,而两者的差异如下所述:各光学数据、非球面系数及这些透镜3、4、5及6间的参数或多或少有些不同。另外第三透镜5的入光面52具有一位于光轴I附近区域的凸面部521以及一位于圆周附近区域的凸面部523。在此需注意的是,为了清楚地显示图面,图19中省略部分与第一实施例相同的凹面部与凸面部的标号。

[0180] 在本实施例中,从多光源之结构光产生单元15的发光面100a出射的近红外光之主光线CF的出射方向与发光面100a的法线方向D的夹角小于 5° 。

[0181] 第四实施例的光学透镜组10的详细的光学数据如图21所示,且第四实施例的光学透镜组10的整体系统焦距为2.544毫米,半视场角(HFOV)为 9.900° ,光圈值(Fno)为2.273,系统长度为2.857毫米,发光圆半径则为0.467毫米。

[0182] 如图22所示,则为第四实施例的第一透镜3的出光面31到第四透镜6的入光面62在公式(1)中的各项非球面系数。

[0183] 另外,第四实施例之光学透镜组10中各重要参数间的关系如图75、图76所示。

[0184] 本第四实施例在其光瞳半径为0.5596毫米时的纵向球差图示图20A中,不同高度的离轴光线的成像点偏差控制在 ± 3.0 微米的范围内。在图20B与图20C的二个场曲像差图示中,三种代表波长在整个视场范围内的焦距变化量落在 ± 3.5 微米内。而图20D的畸变像差图式则显示本第四实施例的畸变像差维持在 $\pm 5\%$ 的范围内。

[0185] 经由上述说明可得知:第四实施例的纵向球差小于第一实施例的纵向像差。第四实施例的场曲小于第一实施例的场曲。

[0186] 图23为本发明的第五实施例的光学透镜组的示意图,而图24A至图24D为第五实施例之光学透镜组的纵向球差与各项像差图。请先参照图五,本发明光学透镜组10的一第五实施例,其与第一实施例大致相似,而两者的差异如下所述:各光学数据、非球面系数及这些透镜3、4、5及6间的参数或多或少有些不同。另外,第三透镜5的入光面52具有一位于光轴I附近区域的凸面部521。在此需注意的是,为了清楚地显示图面,图23中省略部分与第一实施例相同的凹面部与凸面部的标号。

[0187] 在本实施例中,从多光源之结构光产生单元15的发光面100a出射的近红外光之主光线CF的出射方向与发光面100a的法线方向D的夹角小于 5° 。

[0188] 第五实施例的光学透镜组10的详细的光学数据如图25所示,且第五实施例的光学

透镜组10的整体系统焦距为2.616毫米,半视场角(HFOV)为 9.893° ,光圈值(Fno)为2.273,系统长度为2.940毫米,发光圆半径则为0.476毫米。

[0189] 如图26所示,则为第五实施例的第一透镜3的出光面31到第四透镜6的入光面62在公式(1)中的各项非球面系数。

[0190] 另外,第五实施例之光学透镜组10中各重要参数间的关系如图75、图76所示。

[0191] 本第五实施例在其光瞳半径为0.5756毫米时的纵向球差图示图24A中,不同高度的离轴光线的成像点偏差控制在 ± 3.3 微米的范围内。在图24B与图24C的二个场曲像差图示中,三种代表波长在整个视场范围内的焦距变化量落在 ± 4.0 微米内。而图24D的畸变像差图式则显示本第五实施例的畸变像差维持在 $\pm 4.5\%$ 的范围内。

[0192] 经由上述说明可得知:第五实施例的纵向球差小于第一实施例的纵向像差。第五实施例的场曲小于第一实施例的场曲。

[0193] 图27为本发明的第六实施例的光学透镜组的示意图,而图28A至图28D为第六实施例之光学透镜组的纵向球差与各项像差图。请先参照图27,本发明光学透镜组10的一第六实施例,其与第一实施例大致相似,而两者的差异如下所述:各光学数据、非球面系数及这些透镜3、4、5及6间的参数或多或少有些不同。另外,第二透镜4的出光面41具有一位于光轴I附近区域的凹面部412。第三透镜5入光面具有一位于光轴I附近区域的凸面部521。第四透镜6的出光面61具有一位于圆周附近区域的凸面部613。在此需注意的是,为了清楚地显示图面,图27中省略部分与第一实施例相同的凹面部与凸面部的标号。

[0194] 在本实施例中,从多光源之结构光产生单元15的发光面100a出射的近红外光之主光线CF的出射方向与发光面100a的法线方向D的夹角小于 5° 。

[0195] 第六实施例的光学透镜组10的详细的光学数据如图29所示,且第六实施例的光学透镜组10的整体系统焦距为3.022毫米,半视场角(HFOV)为 9.895° ,光圈值(Fno)为2.273,系统长度为2.861毫米,发光圆半径则为0.587毫米。

[0196] 如图30所示,则为第六实施例的第一透镜3的出光面31到第四透镜6的入光面62在公式(1)中的各项非球面系数。

[0197] 另外,第六实施例之光学透镜组10中各重要参数间的关系如图75、图76所示。

[0198] 本第六实施例在其光瞳半径为0.6648毫米时的纵向球差图示图28A中,不同高度的离轴光线的成像点偏差控制在 ± 5.5 微米的范围内。在图28B与图28C的二个场曲像差图示中,三种代表波长在整个视场范围内的焦距变化量落在 ± 25 微米内。而图28D的畸变像差图式则显示本第六实施例的畸变像差维持在 $\pm 12\%$ 的范围内。

[0199] 经由上述说明可得知:第六实施例的纵向球差小于第一实施例的纵向像差。

[0200] 图31为本发明的第七实施例的光学透镜组的示意图,而图32A至图32D为第七实施例之光学透镜组的纵向球差与各项像差图。请先参照图31,本发明光学透镜组10的一第七实施例,其与第一实施例大致相似,而两者的差异如下所述:各光学数据、非球面系数及这些透镜3、4、5及6间的参数或多或少有些不同。另外,第二透镜4具有正屈光率。第一透镜3的入光面32为球面。在此需注意的是,为了清楚地显示图面,图31中省略部分与第一实施例相同的凹面部与凸面部的标号。

[0201] 在本实施例中,从多光源之结构光产生单元15的发光面100a出射的近红外光之主光线CF的出射方向与发光面100a的法线方向D的夹角小于 5° 。

[0202] 第七实施例的光学透镜组10的详细的光学数据如图33所示,且第七实施例的光学透镜组10的整体系统焦距为2.696毫米,半视场角(HFOV)为 10.490° ,光圈值(Fno)为2.273,系统长度为2.697毫米,发光圆半径则为0.500毫米。

[0203] 如图34所示,则为第七实施例的第一透镜3的出光面31到第四透镜6的入光面62在公式(1)中的各项非球面系数。

[0204] 另外,第七实施例之光学透镜组10中各重要参数间的关系如图77、图78所示,在图77中各参数的单位为毫米(mm)。

[0205] 本第七实施例在其光瞳半径为0.5932毫米时的纵向球差图示图32A中,不同高度的离轴光线的成像点偏差控制在 ± 6.0 微米的范围内。在图32B与图32C的二个场曲像差图示中,三种代表波长在整个视场范围内的焦距变化量落在 ± 18 微米内。而图32D的畸变像差图式则显示本第七实施例的畸变像差维持在 $\pm 0.045\%$ 的范围内。

[0206] 经由上述说明可得知:第七实施例的系统长度比第一实施例的系统长度短。第七实施例的半视场角大于第一实施例的半视场角。第七实施例的纵向球差小于第一实施例的纵向像差。

[0207] 图35为本发明的第八实施例的光学透镜组的示意图,而图36A至图36D为第八实施例之光学透镜组的纵向球差与各项像差图。请先参照图35,本发明光学透镜组10的一第八实施例,其与第一实施例大致相似,而两者的差异如下所述:各光学数据、非球面系数及这些透镜3、4、5及6间的参数或多或少有些不同。另外,第三透镜5的入光面52为具有一位于光轴I附近区域的凸面部521。在此需注意的是,为了清楚地显示图面,图35中省略部分与第一实施例相同的凹面部与凸面部的标号。

[0208] 在本实施例中,从多光源之结构光产生单元15的发光面100a出射的近红外光之主光线CF的出射方向与发光面100a的法线方向D的夹角小于 5° 。

[0209] 第八实施例的光学透镜组10的详细的光学数据如图37所示,且第八实施例的光学透镜组10的整体系统焦距为2.883毫米,半视场角(HFOV)为 9.898° ,光圈值(Fno)为2.273,系统长度为3.039毫米,发光圆半径则为0.525毫米。

[0210] 如图38所示,则为第八实施例的第一透镜3的出光面31到第四透镜6的入光面62在公式(1)中的各项非球面系数。

[0211] 另外,第八实施例之光学透镜组10中各重要参数间的关系如图77、图78所示。

[0212] 本第八实施例在其光瞳半径为0.6343毫米时的纵向球差图示图36A中,不同高度的离轴光线的成像点偏差控制在 ± 3 微米的范围内。在图36B与图36C的二个场曲像差图示中,三种代表波长在整个视场范围内的焦距变化量落在 ± 4.0 微米内。而图36D的畸变像差图式则显示本第八实施例的畸变像差维持在 $\pm 4.5\%$ 的范围内。

[0213] 经由上述说明可得知:第八实施例的纵向球差小于第一实施例的纵向像差。第八实施例的场曲小于第一实施例的场曲。

[0214] 图39本发明之第九实施例之光学透镜组的示意图,而图40A至图40D为第九实施例之光学透镜组的纵向球差与各项像差图。请先参照图42,本发明光学透镜组10的一第九实施例,其与第一实施例大致相似,而两者的差异如下所述:本发明的第九实施例之光学透镜组10从出光侧至入光侧沿光学透镜组10的光轴I依序包括光圈2、第一透镜3、第二透镜4、第三透镜5及第四透镜6。当多个近红外光由多光源之结构光产生单元15的发光

面100a出光而进入光学透镜组10,多个近红外光并依序第四透镜6、第三透镜5、第二透镜4、第一透镜3、第五透镜7以及光圈2后产生多个光束,并出光于光学透镜组10。

[0215] 第五透镜7、第一透镜3、第二透镜4、第三透镜5及第四透镜6都各自具有一朝向出光侧且使多个近红外光通过之出光面71、31、41、51、61及一朝向入光侧且使多个近红外光通过之入光面72、32、42、52、62。

[0216] 第五透镜7设置于第一透镜3前。第五透镜7具有正屈光率。第五透镜7的出光面71具有一位于光轴I附近区域的凸面部711及一位于圆周附近区域的凸面部713。第五透镜7的入光面72具有一位于光轴I附近区域的凹面部722及一位于圆周附近区域的凹面部724。第五透镜7的出光面71以及入光面72皆为非球面。第五透镜7为塑料材质所制成。

[0217] 第一透镜3的入光面32为球面。

[0218] 第四透镜6具有负屈光率。第四透镜6的入光面62具有一位于光轴I附近区域的凹面部622。在此需注意的是,为了清楚地显示图面,图39中省略部分与第一实施例相同的凹面部与凸面部的标号。

[0219] 在本实施例中,从多光源之结构光产生单元15的发光面100a出射的近红外光之主光线CF的出射方向与发光面100a的法线方向D的夹角小于 5° 。

[0220] 第九实施例的其他详细光学数据如图41所示,且第九实施例的整体系统焦距(effective focal length,EFL)为3.930mm,半视场角(half field of view,HFOV)为 7.694° ,光圈值(F-number,Fno)为2.273,其系统长度为2.948mm,发光圆半径为0.500mm。其中,系统长度是指由第五透镜7的出光面71到发光面100在光轴I上的距离。

[0221] 此外,在第九实施例中,第五透镜7、第一透镜3、第二透镜4、第三透镜5及第四透镜6的出光面71、31、41、51、61及入光面72、42、52、62共计九个面均是非球面,而这些非球面是依公式(1)定义,于此不再赘述。第一透镜3的出光面31到第五透镜7的入光面72在公式(1)中的各项非球面系数如图42所示。其中,图42中栏位编号表示其为第一透镜3的出光面31的非球面系数,其它栏位依此类推。

[0222] 另外,第九实施例之光学透镜组10中各重要参数间的关系如图77以及图78所示。

[0223] 本第九实施例中提到的第一透镜3、第二透镜4、第三透镜5以及第四透镜6中的参数定义大致类似于本发明说明书段落0029段所提到的参数定义,其差异在于:

[0224] T5为第五透镜7在光轴I上的厚度;

[0225] G51为第五透镜7到第一透镜3在光轴I上的空气间隙;

[0226] f5为第五透镜7的焦距;

[0227] n5为第五透镜7的折射率;及

[0228] v5为第五透镜7的阿贝系数。

[0229] 再配合参阅图40A至图40D,图40A的图式说明第一实施例当其光瞳半径(Pupil Radius)为0.7836毫米时,且当其波长为930nm、940nm及950nm时在发光面100a的纵向球差(Longitudinal Spherical Aberration),图40B与图40C的图式则分别说明第一实施例当其波长为930nm、940nm及950nm时在发光面100a上有关弧矢(Sagittal)方向的场曲(Field Curvature)像差及子午(Tangential)方向的场曲像差,图40D的图式则说明第一实施例当其波长为930nm、940nm及950nm时在发光面100a上的畸变像差(Distortion Aberration)。本第九实施例的纵向球差图示图40A中,每一种波长所成的曲线皆很靠近并向中间靠近,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,由每一波长的曲线的偏斜幅度可看出,不同高度的离轴光线的成像点偏差控制在 ± 58 微米的范围内,故本第九实施例确实明显改善相同波长的球差,此外,三种代表波长彼此间的距离也相当接近,代表不同波长光线的成像位置已相当集中,因而使色像差也获得明显改善。

[0230] 在图40B与图40C的二个场曲图示中,三种代表波长在整个视场范围内的焦距变化量落在 ± 60 微米内,说明本第九实施例的光学系统能有效消除场曲像差。而图40D的畸变图式则显示本第九实施例的畸变像差维持在 $\pm 8.0\%$ 的范围内,说明本第九实施例的畸变像差已符合光学透镜组的成像质量要求,据此说明本第九实施例相较于现有光学透镜组,在系统长度已缩短至 2.948mm 左右的条件下,仍能提供较佳的成像质量,故本第九实施例能在维持良好光学性能之条件下,能够缩短光学透镜组的长度。

[0231] 图43为本发明的第十实施例的光学透镜组的示意图,而图44A至图44D为第十实施例之光学透镜组的纵向球差与各项像差图。请先参照图43,本发明光学透镜组10的一第十实施例,其与第九实施例大致相似,而两者的差异如下所述:各光学数据、非球面系数及这些透镜3、4、5、6及7间的参数或多或少有些不同。另外,第二透镜4具有正屈光率。第三透镜5具有正屈光率。第三透镜5的入光面52具有一位于光轴I附近区域的凸面部521。第四透镜6的出光面61为具有一位于光轴I附近区域的凸面部611及一位于圆周附近区域的凸面部613。第四透镜6的入光面62具有一位于圆周附近区域的凹面部624。此外,多光源之结构光产生单元15所发出的近红外光之主光线CF与发光面100a的法线方向D的夹角小于 5° 。在此需注意的是,为了清楚地显示图面,图43中省略部分与第九实施例相同的凹面部与凸面部的标号。

[0232] 在本实施例中,从多光源之结构光产生单元15的发光面100a出射的近红外光之主光线CF的出射方向与发光面100a的法线方向D的夹角小于 5° 。

[0233] 第十实施例的光学透镜组10的详细的光学数据如图45所示,且第十实施例的光学透镜组10的整体系统焦距为 2.825 毫米,半视场角(HFOV)为 9.863° ,光圈值(Fno)为 2.273 ,系统长度为 3.881 毫米,发光圆半径则为 0.500 毫米。

[0234] 如图46所示,则为第十实施例的第五透镜7的出光面71到第四透镜6的入光面62在公式(1)中的各项非球面系数。

[0235] 另外,第十实施例之光学透镜组10中各重要参数间的关系如图77、图78所示。

[0236] 本第十实施例在其光瞳半径为 0.6215 毫米时的纵向球差图示图44A中,不同高度的离轴光线的成像点偏差控制在 ± 3.0 微米的范围内。在图44B与图44C的二个场曲像差图示中,三种代表波长在整个视场范围内的焦距变化量落在 ± 12 微米内。而图44D的畸变像差图式则显示本第十实施例的畸变像差维持在 $\pm 1.4\%$ 的范围内。

[0237] 经由上述说明可得知:第十实施例的半视场角大于第九实施例的半视场角。第十实施例的纵向球差小于第九实施例的纵向像差。第十实施例的场曲小于第九实施例的场曲。第十实施例的畸变像差小于第九实施例的畸变像差。

[0238] 图47为本发明的第十一实施例的光学透镜组的示意图,而图48A至图48D为第十一实施例之光学透镜组的纵向球差与各项像差图。请先参照图47,本发明光学透镜组10的一第十一实施例,其与第九实施例大致相似,而两者的差异如下所述:各光学数据、非球面系数及这些透镜3、4、5、6及7间的参数或多或少有些不同。另外,第四透镜6具有正屈光率。第

三透镜5的入光面52具有位于光轴I附近区域的凸面部521以及位于圆周附近区域的凸面部523。第四透镜6的入光面62具有位于光轴I附近区域的凸面部621。此外,多光源之结构光产生单元15所发出的近红外光之主光线CF与发光面100a的法线方向D的夹角小于 5° 。在此需注意的是,为了清楚地显示图面,图47中省略部分与第九实施例相同的凹面部与凸面部的标号。

[0239] 在本实施例中,从多光源之结构光产生单元15的发光面100a出射的近红外光之主光线CF的出射方向与发光面100a的法线方向D的夹角小于 5° 。

[0240] 第十一实施例的光学透镜组10的详细的光学数据如图49所示,且第十一实施例的光学透镜组10的整体系统焦距为2.672毫米,半视场角(HFOV)为 9.942° ,光圈值(Fno)为2.273,系统长度为2.814毫米,发光圆半径则为0.500毫米。

[0241] 如图50所示,则为第十一实施例的第五透镜7的出光面71到第四透镜6的入光面62在公式(1)中的各项非球面系数。

[0242] 另外,第十一实施例之光学透镜组10中各重要参数间的关系如图77、图78所示。

[0243] 本第十一实施例在其光瞳半径为0.5879毫米时的纵向球差图示图48A中,不同高度的离轴光线的成像点偏差控制在 ± 1.6 微米的范围内。在图48B与图48C的二个场曲像差图示中,三种代表波长在整个视场范围内的焦距变化量落在 ± 3.0 微米内。而图48D的畸变像差图式则显示本第十一实施例的畸变像差维持在 $\pm 6.0\%$ 的范围内。

[0244] 经由上述说明可得知:第十一实施例的系统长度比第九实施例的系统长度短。第十一实施例的半视场角大于第九实施例的半视场角。第十一实施例的纵向球差小于第九实施例的纵向像差。第十一实施例的场曲小于第九实施例的场曲。第十一实施例的畸变像差小于第九实施例的畸变像差。

[0245] 图51为本发明的第十二实施例的光学透镜组的示意图,而图52A至图52D为第十二实施例之光学透镜组的纵向球差与各项像差图。请先参照图51,本发明光学透镜组10的一第十二实施例,其与第九实施例大致相似,而两者的差异如下所述:各光学数据、非球面系数及这些透镜3、4、5、6及7间的参数或多或少有些不同。另外,第四透镜6的入光面62具有位于光轴I附近区域的凸面部621。此外,多光源之结构光产生单元15所发出的近红外光之主光线CF与发光面100a的法线方向D的夹角小于 5° 。在此需注意的是,为了清楚地显示图面,图51中省略部分与第九实施例相同的凹面部与凸面部的标号。

[0246] 在本实施例中,从多光源之结构光产生单元15的发光面100a出射的近红外光之主光线CF的出射方向与发光面100a的法线方向D的夹角小于 5° 。

[0247] 第十二实施例的光学透镜组10的详细的光学数据如图53所示,且第十二实施例的光学透镜组10的整体系统焦距为2.899毫米,半视场角(HFOV)为 9.943° ,光圈值(Fno)为2.273,系统长度为3.113毫米,发光圆半径则为0.500毫米。

[0248] 如图54所示,则为第十二实施例的第五透镜7的出光面71到第四透镜6的入光面62在公式(1)中的各项非球面系数。

[0249] 另外,第十二实施例之光学透镜组10中各重要参数间的关系如图77、图78所示。

[0250] 本第十二实施例在其光瞳半径为0.6377毫米时的纵向球差图示图52A中,不同高度的离轴光线的成像点偏差控制在 ± 25 微米的范围内。在图52B与图52C的二个场曲像差图示中,三种代表波长在整个视场范围内的焦距变化量落在 ± 30.0 微米内。而图52D的畸变像

差图式则显示本第十二实施例的畸变像差维持在 $\pm 1.4\%$ 的范围内。

[0251] 经由上述说明可得知：第十二实施例的半视场角大于第九实施例的半视场角。第十二实施例的纵向球差小于第九实施例的纵向像差。第十二实施例的场曲小于第九实施例的场曲。第十二实施例的畸变像差小于第九实施例的畸变像差。

[0252] 图55为本发明的第十三实施例的光学透镜组的示意图，而图56A至图56D为第十三实施例之光学透镜组的纵向球差与各项像差图。请先参照图55，本发明光学透镜组10的一第十三实施例，其与第九实施例大致相似，而两者的差异如下所述：各光学数据、非球面系数及这些透镜3、4、5、6及7间的参数或多或少有些不同。另外，第五透镜7具有负屈光率。第二透镜4具有正屈光率。第四透镜6具有正屈光率。第四透镜6的入光面62为一凸面，且具有一位于光轴I附近区域的凸面部621。此外，多光源之结构光产生单元15所发出的近红外光之主光线CF与发光面100a的法线方向D的夹角小于 5° 。在此需注意的是，为了清楚地显示图面，图55中省略部分与第九实施例相同的凹面部与凸面部的标号。

[0253] 在本实施例中，从多光源之结构光产生单元15的发光面100a出射的近红外光之主光线CF的出射方向与发光面100a的法线方向D的夹角小于 5° 。

[0254] 第十三实施例的光学透镜组10的详细的光学数据如图57所示，且第十三实施例的光学透镜组10的整体系统焦距为2.797毫米，半视场角(HFOV)为 9.939° ，光圈值(Fno)为2.273，系统长度为2.748毫米，发光圆半径则为0.500毫米。

[0255] 如图58所示，则为第十三实施例的第五透镜7的出光面71到第四透镜6的入光面62在公式(1)中的各项非球面系数。

[0256] 另外，第十三实施例之光学透镜组10中各重要参数间的关系如图79、图80所示，在图79中各参数的单位为毫米(mm)。

[0257] 本第十三实施例在其光瞳半径为0.6154毫米时的纵向球差图示图56A中，不同高度的离轴光线的成像点偏差控制在 ± 2.5 微米的范围内。在图56B与图56C的二个场曲像差图示中，三种代表波长在整个视场范围内的焦距变化量落在 ± 5.0 微米内。而图56D的畸变像差图式则显示本第十三实施例的畸变像差维持在 $\pm 2.0\%$ 的范围内。

[0258] 图59为本发明的第十四实施例的光学透镜组的示意图，而图60A至图60D为第十四实施例之光学透镜组的纵向球差与各项像差图。请先参照图59，本发明光学透镜组10的一第十四实施例，其与第九实施例大致相似，而两者的差异如下所述：各光学数据、非球面系数及这些透镜3、4、5、6及7间的参数或多或少有些不同。另外，第二透镜4具有正屈光率。第四透镜6的入光面62具有一位于光轴I附近区域的凸面部621。此外，多光源之结构光产生单元15所发出的近红外光之主光线CF与发光面100a的法线方向D的夹角小于 5° 。在此需注意的是，为了清楚地显示图面，图59中省略部分与第九实施例相同的凹面部与凸面部的标号。

[0259] 在本实施例中，从多光源之结构光产生单元15的发光面100a出射的近红外光之主光线CF的出射方向与发光面100a的法线方向D的夹角小于 5° 。

[0260] 第十四实施例的光学透镜组10的详细的光学数据如图61所示，且第十四实施例的光学透镜组10的整体系统焦距为2.765毫米，半视场角(HFOV)为 9.941° ，光圈值(Fno)为2.273，系统长度为3.157毫米，发光圆半径则为0.500毫米。

[0261] 如图62所示，则为第十四实施例的第五透镜7的出光面71到第四透镜6的入光面62在公式(1)中的各项非球面系数。

[0262] 另外,第十四实施例之光学透镜组10中各重要参数间的关系如图79、图80所示。

[0263] 本第十四实施例在其光瞳半径为0.6083毫米时的纵向球差图示图60A中,不同高度的离轴光线的成像点偏差控制在 ± 1.5 微米的范围内。在图60B与图60C的二个场曲像差图示中,三种代表波长在整个视场范围内的焦距变化量落在 ± 3.0 微米内。而图60D的畸变像差图式则显示本第十四实施例的畸变像差维持在 $\pm 2.5\%$ 的范围内。

[0264] 经由上述说明可得知:第十四实施例的半视场角大于第九实施例的半视场角。第十四实施例的纵向球差小于第九实施例的纵向像差。第十四实施例的场曲小于第九实施例的场曲。第十四实施例的畸变像差小于第九实施例的畸变像差。

[0265] 图63为本发明的第十五实施例的光学透镜组的示意图,而图64A至图64D为第十五实施例之光学透镜组的纵向球差与各项像差图。请先参照图63,本发明光学透镜组10的一第十五实施例,其与第九实施例大致相似,而两者的差异如下所述:各光学数据、非球面系数及这些透镜3、4、5、6及7间的参数或多或少有些不同。另外,第四透镜6具有正屈光率。第二透镜4的入光面42具有一位于圆周附近区域的凸面部423。第三透镜5的入光面52具有一位于光轴I附近区域的凸面部521以及一位于圆周附近区域的凸面部523。第四透镜6的出光面61具有一位于光轴I附近区域的凸面部611及一位于圆周附近区域的凸面部613。第四透镜6的入光面62具有一位于圆周附近区域的凹面部624。此外,多光源之结构光产生单元15所发出的近红外光之主光线CF与发光面100a的法线方向D的夹角小于 5° 。在此需注意的是,为了清楚地显示图面,图63中省略部分与第九实施例相同的凹面部与凸面部的标号。

[0266] 在本实施例中,从多光源之结构光产生单元15的发光面100a出射的近红外光之主光线CF的出射方向与发光面100a的法线方向D的夹角小于 5° 。

[0267] 第十五实施例的光学透镜组10的详细的光学数据如图65所示,且第十五实施例的光学透镜组10的整体系统焦距为2.754毫米,半视场角(HFOV)为 9.941° ,光圈值(Fno)为2.273,系统长度为3.433毫米,发光圆半径则为0.500毫米。

[0268] 如图66所示,则为第十五实施例的第五透镜7的出光面71到第四透镜6的入光面62在公式(1)中的各项非球面系数。

[0269] 另外,第十五实施例之光学透镜组10中各重要参数间的关系如图79、图80所示。

[0270] 本第十五实施例在其光瞳半径为0.6058毫米时的纵向球差图示图64A中,不同高度的离轴光线的成像点偏差控制在 ± 4.5 微米的范围内。在图64B与图64C的二个场曲像差图示中,三种代表波长在整个视场范围内的焦距变化量落在 ± 5.0 微米内。而图64D的畸变像差图式则显示本第十五实施例的畸变像差维持在 $\pm 3.0\%$ 的范围内。

[0271] 经由上述说明可得知:第十五实施例的半视场角大于第九实施例的半视场角。第十五实施例的纵向球差小于第九实施例的纵向像差。第十五实施例的场曲小于第九实施例的场曲。第十五实施例的畸变像差小于第九实施例的畸变像差。

[0272] 图67为本发明的第十六实施例的光学透镜组的示意图,而图68A至图68D为第十六实施例之光学透镜组的纵向球差与各项像差图。请先参照图67,本发明光学透镜组10的一第十六实施例,其与第九实施例大致相似,而两者的差异如下所述:各光学数据、非球面系数及这些透镜3、4、5、6及7间的参数或多或少有些不同。另外,第四透镜6具有正屈光率。第一透镜3的入光面32具有一位于光轴I附近区域的凸面部321以及一位于圆周附近区域的凸面部323。第四透镜6的入光面62具有一位于光轴I附近区域的凸面部621。第一透镜3为塑料

材质所制成。第五透镜7的材料为折射率大于1.8的玻璃。此外,多光源之结构光产生单元15所发出的近红外光之主光线CF与发光面100a的法线方向D的夹角小于 5° 。在此需注意的是,为了清楚地显示图面,图67中省略部分与第九实施例相同的凹面部与凸面部的标号。

[0273] 在本实施例中,从多光源之结构光产生单元15的发光面100a出射的近红外光之主光线CF的出射方向与发光面100a的法线方向D的夹角小于 5° 。

[0274] 第十六实施例的光学透镜组10的详细的光学数据如图69所示,且第十六实施例的光学透镜组10的整体系统焦距为2.700毫米,半视场角(HFOV)为 10.491° ,光圈值(Fno)为2.273,系统长度为3.110毫米,发光圆半径则为0.500毫米。

[0275] 如图70所示,则为第十六实施例的第五透镜7的出光面71到第四透镜6的入光面62在公式(1)中的各项非球面系数。

[0276] 另外,第十六实施例之光学透镜组10中各重要参数间的关系如图79、图80所示。

[0277] 本第十六实施例在其光瞳半径为0.5939毫米时的纵向球差图示图68A中,不同高度的离轴光线的成像点偏差控制在 ± 4.5 微米的范围内。在图68B与图68C的二个场曲像差图示中,三种代表波长在整个视场范围内的焦距变化量落在 ± 25 微米内。而图68D的畸变像差图式则显示本第十六实施例的畸变像差维持在 $\pm 0.03\%$ 的范围内。

[0278] 经由上述说明可得知:第十六实施例的半视场角大于第九实施例的半视场角。第十六实施例的纵向球差小于第九实施例的纵向像差。第十六实施例的场曲小于第九实施例的场曲。第十六实施例的畸变像差小于第九实施例的畸变像差。

[0279] 图71为本发明的第十七实施例的光学透镜组的示意图,而图72A至图72D为第十七实施例之光学透镜组的纵向球差与各项像差图。请先参照图71,本发明光学透镜组10的一第十七实施例,其与第九实施例大致相似,而两者的差异如下所述:各光学数据、非球面系数及这些透镜3、4、5、6及7间的参数或多或少有些不同。另外,第二透镜4具有正屈光率。第三透镜5具有正屈光率。第三透镜5的入光面52具有一位于光轴I附近区域的凸面部521以及一位于圆周附近区域的凸面部523。第四透镜6的出光面61具有一位于光轴I附近区域的凸面部611以及一位于圆周附近区域的凸面部613。第四透镜6的入光面62具有一位于圆周附近区域的凹面部624。此外,多光源之结构光产生单元15所发出的近红外光之主光线CF与发光面100a的法线方向D的夹角小于 5° 。在此需注意的是,为了清楚地显示图面,图71中省略部分与第九实施例相同的凹面部与凸面部的标号。

[0280] 在本实施例中,从多光源之结构光产生单元15的发光面100a出射的近红外光之主光线CF的出射方向与发光面100a的法线方向D的夹角小于 5° 。

[0281] 第十七实施例的光学透镜组10的详细的光学数据如图73所示,且第十七实施例的光学透镜组10的整体系统焦距为2.742毫米,半视场角(HFOV)为 9.937° ,光圈值(Fno)为2.273,系统长度为3.978毫米,发光圆半径则为0.500毫米。

[0282] 如图74所示,则为第十七实施例的第五透镜7的出光面71到第四透镜6的入光面62在公式(1)中的各项非球面系数。

[0283] 另外,第十七实施例之光学透镜组10中各重要参数间的关系如图79、图80所示。

[0284] 本第十七实施例在其光瞳半径为0.6032毫米时的纵向球差图示图72A中,不同高度的离轴光线的成像点偏差控制在 ± 2.0 微米的范围内。在图72B与图72C的二个场曲像差图示中,三种代表波长在整个视场范围内的焦距变化量落在 ± 4.5 微米内。而图72D的畸变

像差图式则显示本第十七实施例的畸变像差维持在 $\pm 3.5\%$ 的范围内。

[0285] 经由上述说明可得知：第十七实施例的半视场角大于第九实施例的半视场角。第十七实施例的纵向球差小于第九实施例的纵向像差。第十七实施例的场曲小于第九实施例的场曲。第十七实施例的畸变像差小于第九实施例的畸变像差。

[0286] 对于符合 $EFL/ALT \leq 2.500$ 条件式，至少其中之一的目的是为使系统焦距与光学各参数维持一适当值，避免任一参数过大而不利于该光学透镜组10整体之像差的修正，或是避免任一参数过小而影响组装或是提高制造上之困难度，较佳的限制为 $1.200 \leq EFL/ALT \leq 2.500$ 。

[0287] 对于符合 $(G23+G34+T4)/(T2+T3) \leq 3.800$ 、 $(T1+G23+G34+T4)/(T2+T3) \leq 4.000$ 、 $(LCR+T1)/(T3+T4) \leq 1.900$ 、 $(AAG+BFL)/(T2+T4) \leq 1.800$ 、 $LCR/T2 \leq 2.500$ 、 $TTL/(T2+T3) \leq 7.400$ 、 $TTL/(T2+T3) \leq 7.400$ 、 $TL/ALT \leq 1.900$ 、 $(T1+G23)/(G12+G34) \leq 3.500$ 、 $(T1+G23)/T2 \leq 3.000$ 、 $(T1+G34)/(G12+T2) \leq 2.500$ 、 $(T1+G34)/T2 \leq 3.500$ 、 $(T1+T4)/(G12+T3) \leq 3.500$ 、 $(T1+T4)/T2 \leq 3.600$ 、 $(T1+T4)/T3 \leq 4.500$ 、 $(G34+T4)/(T1+G12) \leq 2.500$ 、 $(G34+T4)/T2 \leq 3.500$ 条件式，其较佳地限制为 $1.200 \leq (G23+G34+T4)/(T2+T3) \leq 3.800$ 、 $1.800 \leq (T1+G23+G34+T4)/(T2+T3) \leq 4.000$ 、 $0.600 \leq (LCR+T1)/(T3+T4) \leq 1.900$ 、 $0.700 \leq (AAG+BFL)/(T2+T4) \leq 1.800$ 、 $0.900 \leq LCR/T2 \leq 2.500$ 、 $3.000 \leq TTL/(T2+T3) \leq 7.400$ 、 $3.000 \leq TTL/(T2+T3) \leq 7.400$ 、 $1.100 \leq TL/ALT \leq 1.900$ 、 $0.700 \leq (T1+G23)/(G12+G34) \leq 3.500$ 、 $1.700 \leq (T1+G23)/T2 \leq 3.000$ 、 $0.700 \leq (T1+G34)/(G12+T2) \leq 2.500$ 、 $1.300 \leq (T1+G34)/T2 \leq 3.500$ 、 $1.300 \leq (T1+T4)/(G12+T3) \leq 3.500$ 、 $1.700 \leq (T1+T4)/T2 \leq 3.600$ 、 $1.700 \leq (T1+T4)/T3 \leq 4.500$ 、 $0.900 \leq (G34+T4)/(T1+G12) \leq 2.500$ 、 $1.200 \leq (G34+T4)/T2 \leq 3.500$ ，至少其中之一的目的是为使各透镜的厚度与间隔维持一适当值，避免任一参数过大而不利于该光学透镜组10整体之薄型化，或是避免任一参数过小而影响组装或是提高制造上之困难度。

[0288] 此外另可选择实施例参数之任意组合关系增加镜头限制，以利于本发明相同架构的光学透镜组的设计。

[0289] 有鉴于光学系统设计的不可预测性，在本发明的架构之下，符合上述条件式能较佳地使本发明光学透镜组长度缩短、可用光圈增大、光学质量提升，或组装良率提升而改善先前技术的缺点。

[0290] 前述所列之示例性限定关系式，亦可任意选择性地合并不等数量施用于本发明之实施态样中，并不限于此。在实施本发明时，除了前述关系式之外，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，举例来说，第一透镜3的出光面31上可选择性地额外形成有一位于光轴I附近区域的凸面部311。须注意的是，这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。

[0291] 综上所述，本发明的实施例的光学透镜组10可至少获致下述的功效及优点：

[0292] 一、本发明各实施例的纵向球差、像散像差、畸变皆符合使用规范。另外，930nm、940nm、950nm三种代表波长在不同高度的离轴光线皆集中在成像点附近，由每一曲线的偏斜幅度可看出不同高度的离轴光线的成像点偏差皆获得控制而具有良好的球差、像差、畸变抑制能力。进一步参阅成像质量数据，930nm、940nm、950nm三种代表波长彼此间的距离亦相当接近，显示本发明在各种状态下对不同波长光线的集中性佳而具有优良的色散抑制能

力。

[0293] 二、第一透镜3具有正屈光率,并且搭配第一透镜3的出光面31的圆周附近区域为凸面部313与入光面32的圆周附近区域为凹面部324、第二透镜4的出光面41的圆周附近区域为凸面部413有利于降低光束散开的程度。

[0294] 三、搭配第四透镜4的入光面41的圆周附近区域为凸面部413有利于藉着四片透镜在降低球差与畸变的前提下缩短系统长度(TTL)。

[0295] 四、当在 $TTL \leq 6\text{mm}$ 限制下,有利于提高良率,应用较大型的便携式电子产品。较佳的限制为小于4mm以下,有利于应用较小型的便携式电子产品。

[0296] 五、 $HF0V \leq 20^\circ$ 有利于将畸变降到更低。若满足多光源之结构光产生单元15所发出之近红外光之主光线CF与发光面100a的法线方向D的夹角小于 5° 的条件可降低光束散开的程度,以提升3D感测效果。

[0297] 六、当满足 $V1+V2+V3+V4 \leq 141.0$ 或 $2.550 \leq (n1+n2+n3+n4) - 4$ 条件式配合面形限制有利于采用高折射率的材料使得输出光束不容易随着距离而散开或者使得散开的程度达到最小并且减少系统长度,较佳的限制为 $60.0 \leq V1+V2+V3+V4 \leq 120.0$ 或 $2.550 \leq (n1+n2+n3+n4) - 4 \leq 3.500$ 。

[0298] 七、在本发明中的光学透镜组10中的其中一片透镜材料为折射率大于1.8的玻璃有利于在多光源之结构光产生单元15发热环境中维持一定的光学质量,降低温度对于光学质量的影响,较佳的玻璃材料配置为离光圈2较近具有屈光率的第一透镜3或第五透镜7。

[0299] 本发明的各个实施例所揭露之光学参数的组合比例关系所得的包含最大最小值以内的数值范围皆可据以实施。

[0300] 虽然本发明已以实施例揭露如上,然其并非用以限定本发明,任何所属技术领域中具有通常知识者,在不脱离本发明的精神和范围内,当可作些许的更动与润饰,故本发明的保护范围当视后附的申请专利范围所界定者为准。

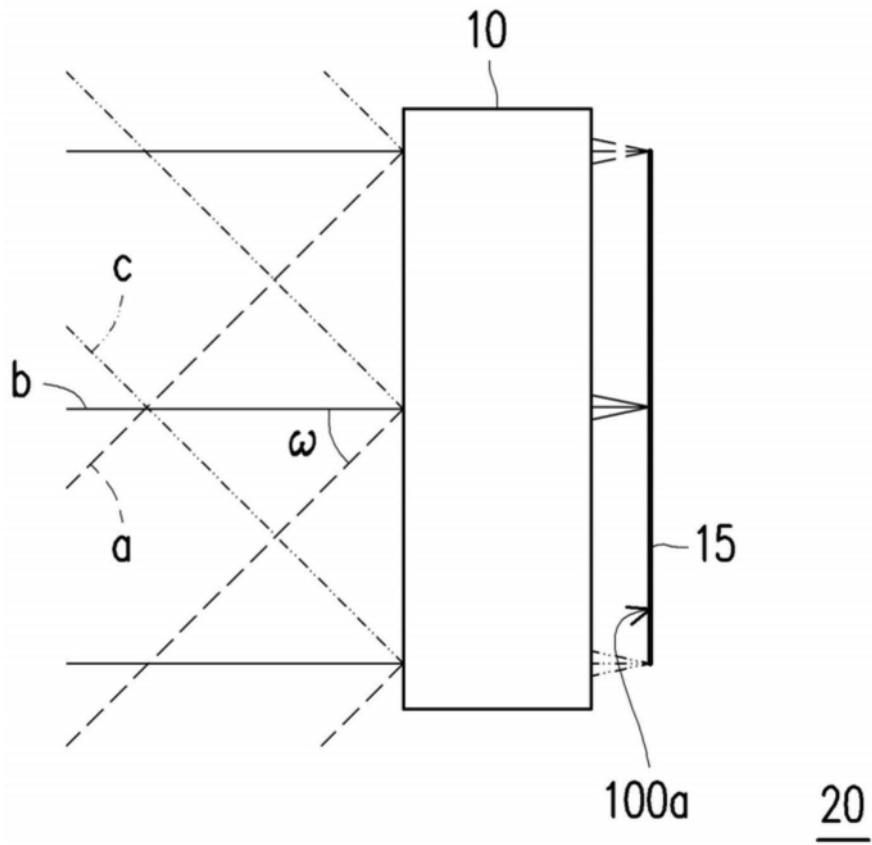
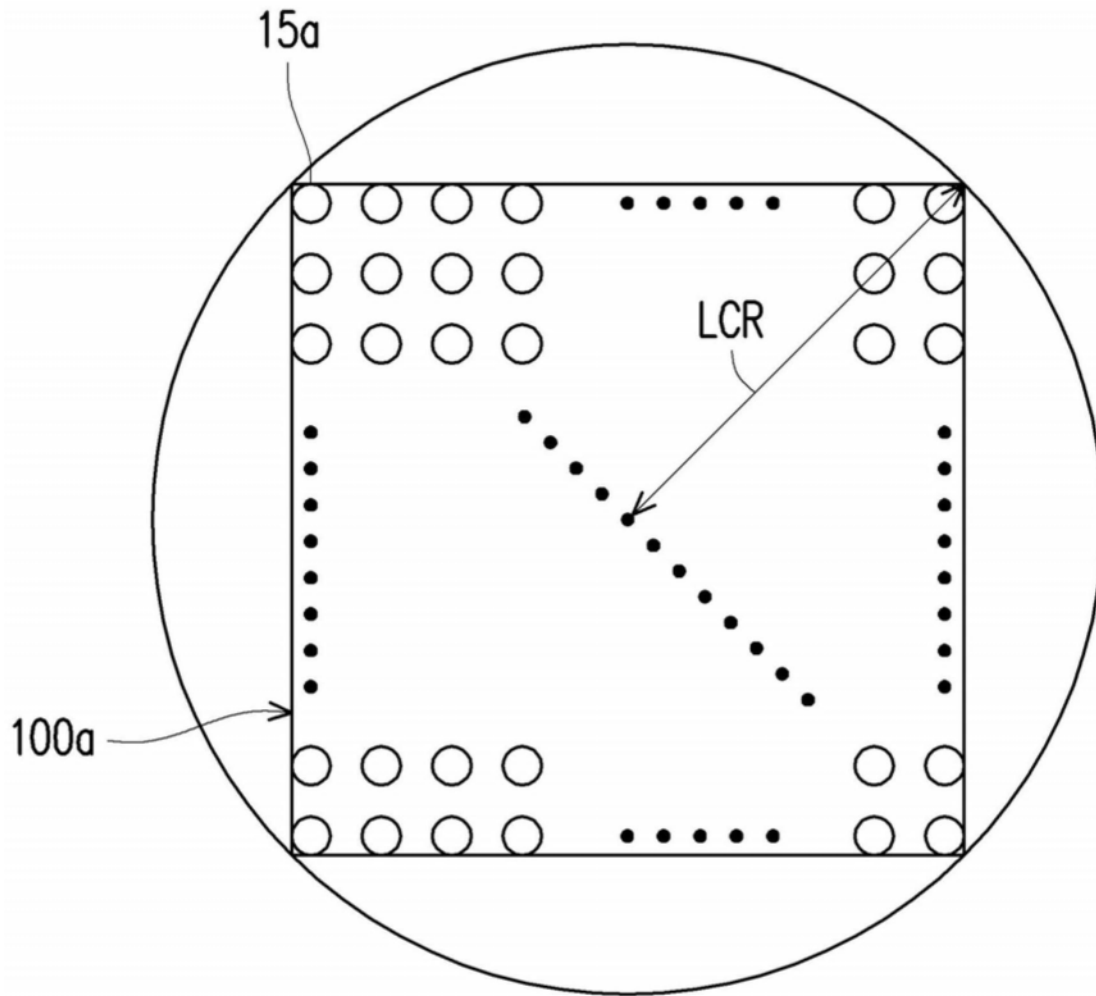


图1A



15

图1B

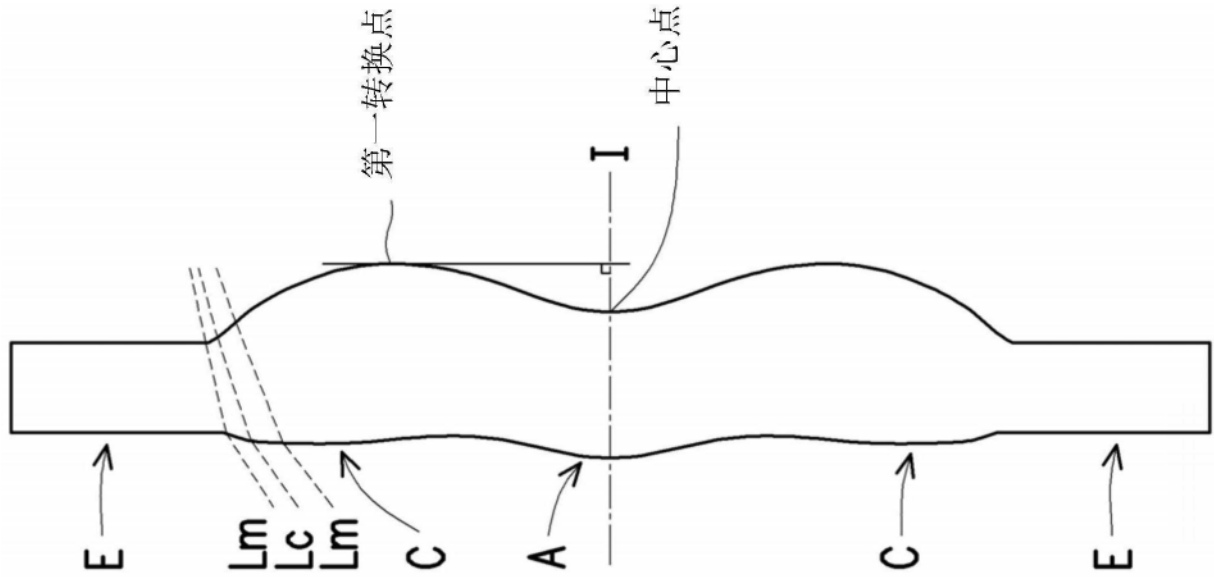


图2

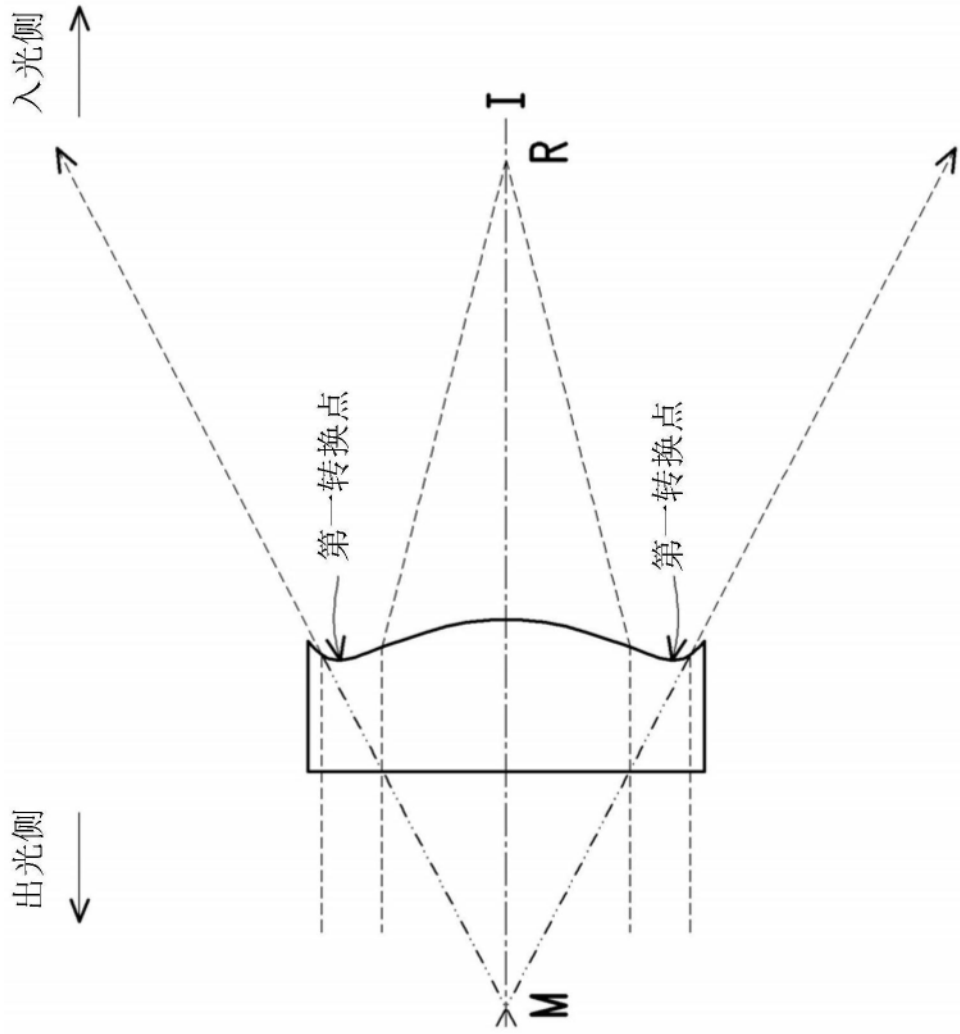


图3

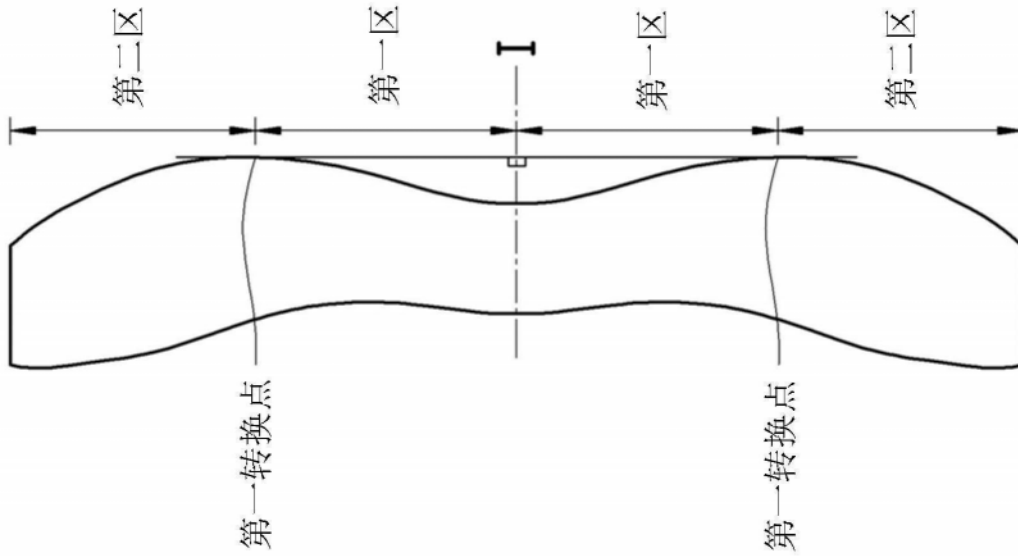


图4

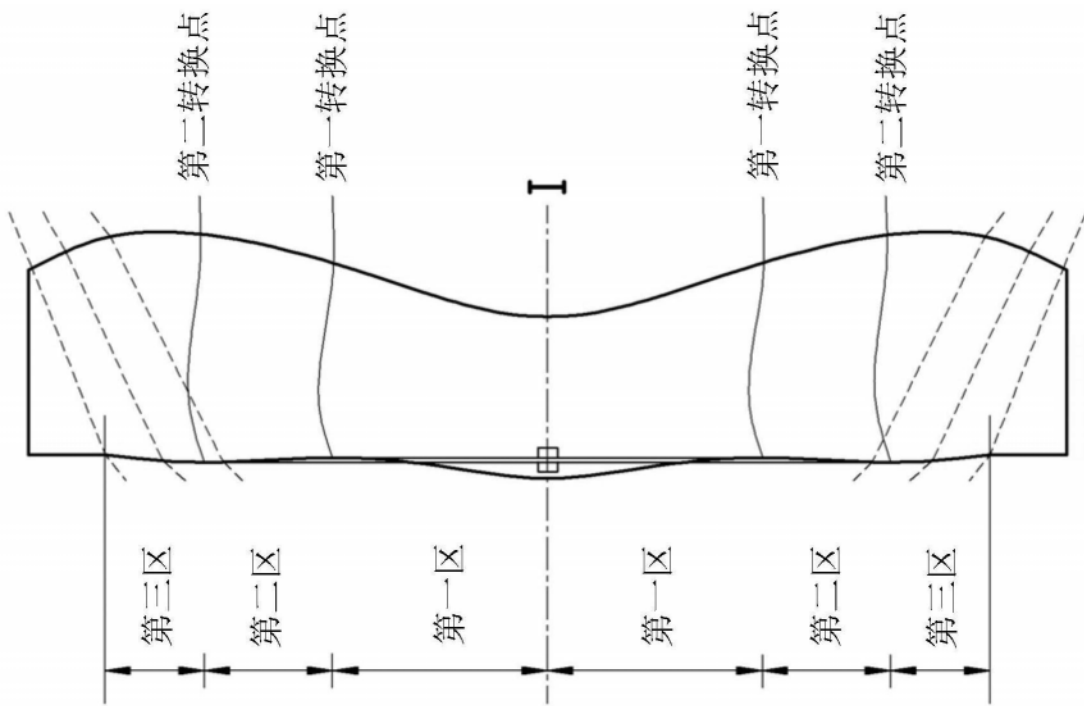


图5

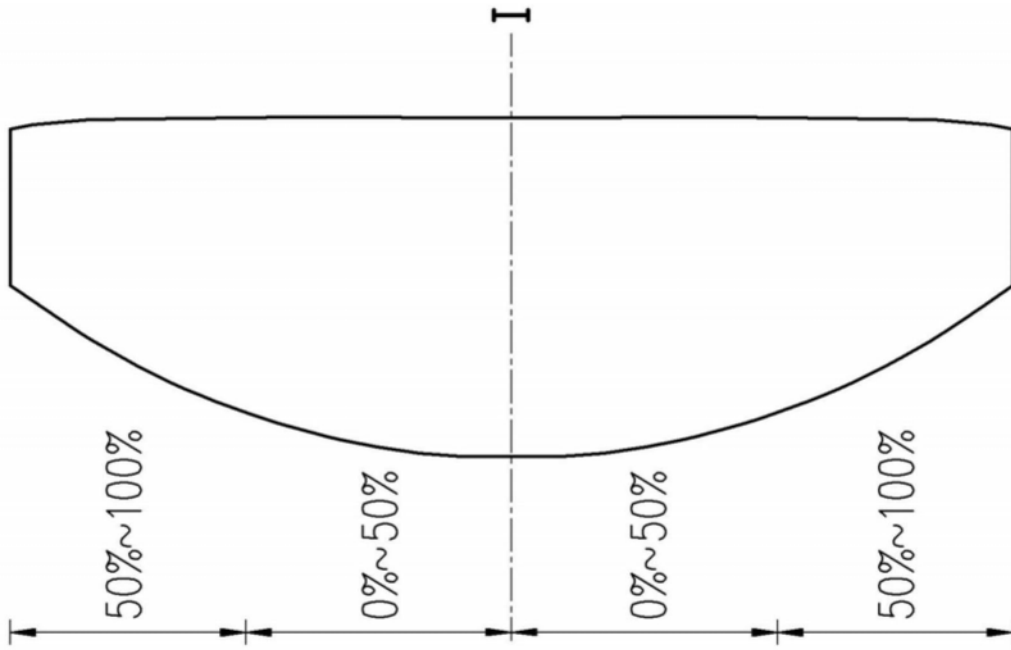


图6

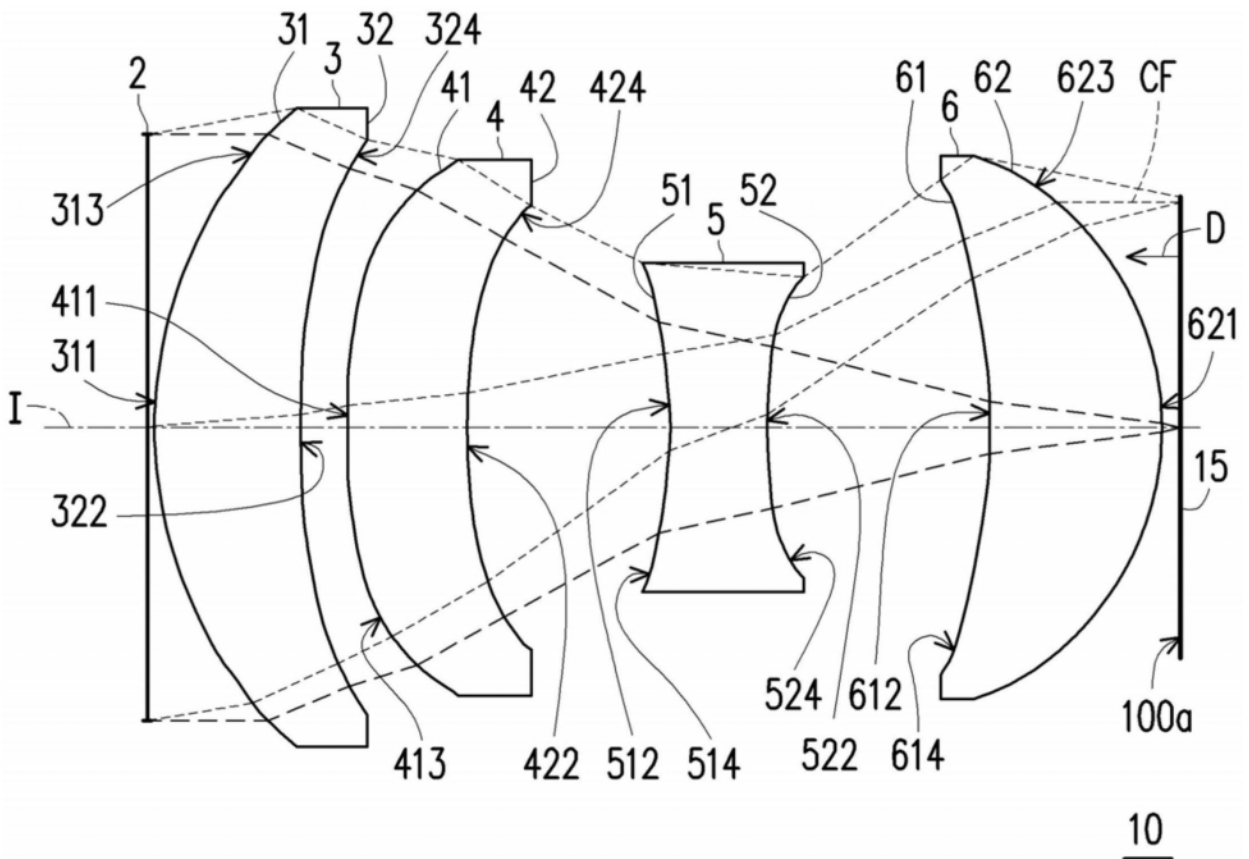


图7

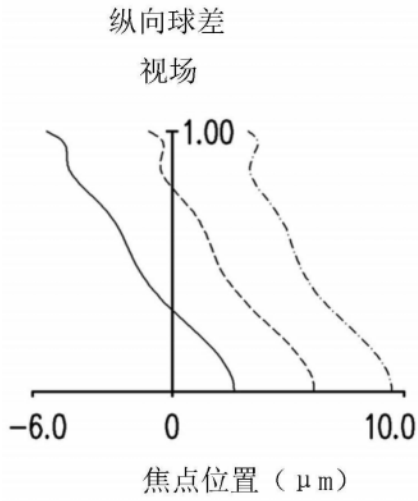
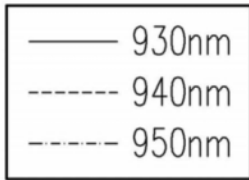


图8A

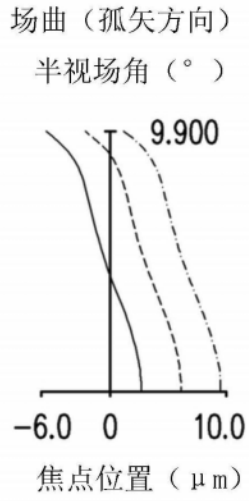


图8B

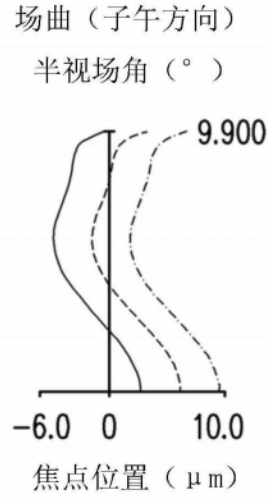


图8C

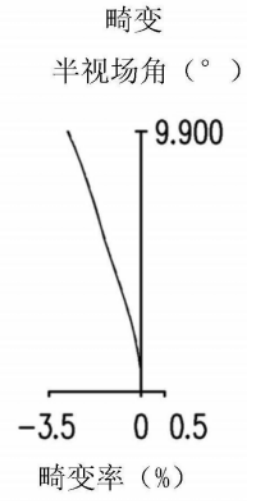


图8D

第一实施例						
系统焦距= 3.562 mm , 半视场角= 9.905°, 系统长度=2.738 mm, 光圈值= 2.273, 发光圆半径= 0.603 mm						
元件	面	曲率半径 (mm)	厚度 (mm)	折射率	阿贝 系数	焦距(mm)
物体		无限大	无限大			
光圆 2		无限大	0.015			
第一透镜 3	出光面 31	1.148	0.388	2.002	19.325	1.939
	入光面 32	2.511	0.125			
第二透镜 4	出光面 41	2.166	0.322	1.642	22.409	-144.554
	入光面 42	2.046	0.540			
第三透镜 5	出光面 51	-1.284	0.262	1.642	22.409	-1.331
	入光面 52	3.062	0.593			
第四透镜 6	出光面 61	-1.391	0.459	1.642	22.409	2.053
	入光面 62	-0.748	0.050			
结构光 产生单元 15	发光面 100a	无限大				

图9

面	K	a ₂	a ₄	a ₆	a ₈
31	-2.838534E-01	0.000000E+00	0.000000E+00	-6.555889E-03	3.389396E-02
32	1.023597E-05	4.802327E-04	6.175560E-02	7.569291E-02	2.926550E-01
41	1.528029E-06	1.627820E-03	3.444608E-01	3.017102E-01	6.577770E-01
42	-2.639272E-08	8.057469E-03	3.743232E-01	3.947898E-01	3.899607E-01
51	8.291146E-07	-3.975230E-02	1.302423E+00	-4.860915E+00	-1.091292E+00
52	-2.614845E-08	0.000000E+00	2.471603E+00	2.802772E-01	-5.789916E+00
61	5.172289E-06	0.000000E+00	6.399853E-01	-1.823830E+00	4.675656E+00
62	-5.008818E-04	0.000000E+00	1.577242E-01	-2.096998E-02	-1.671601E-01
面	a ₁₀	a ₁₂	a ₁₄	a ₁₆	
31	9.448793E-02	-2.271982E-02	0.000000E+00	0.000000E+00	
32	1.946855E-01	-9.648773E-01	5.906392E-01	-5.198213E-02	
41	6.186021E-02	-2.469284E-03	-2.215933E+00	4.171968E+00	
42	1.669629E+00	-8.624072E-01	7.642753E+00	-3.298737E+01	
51	2.191266E+01	-1.128343E+02	-3.104524E+02	2.054172E+03	
52	8.153388E+01	-1.471041E+02	-2.900557E+03	1.640531E+04	
61	-6.664865E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	
62	7.169296E-01	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	

图10

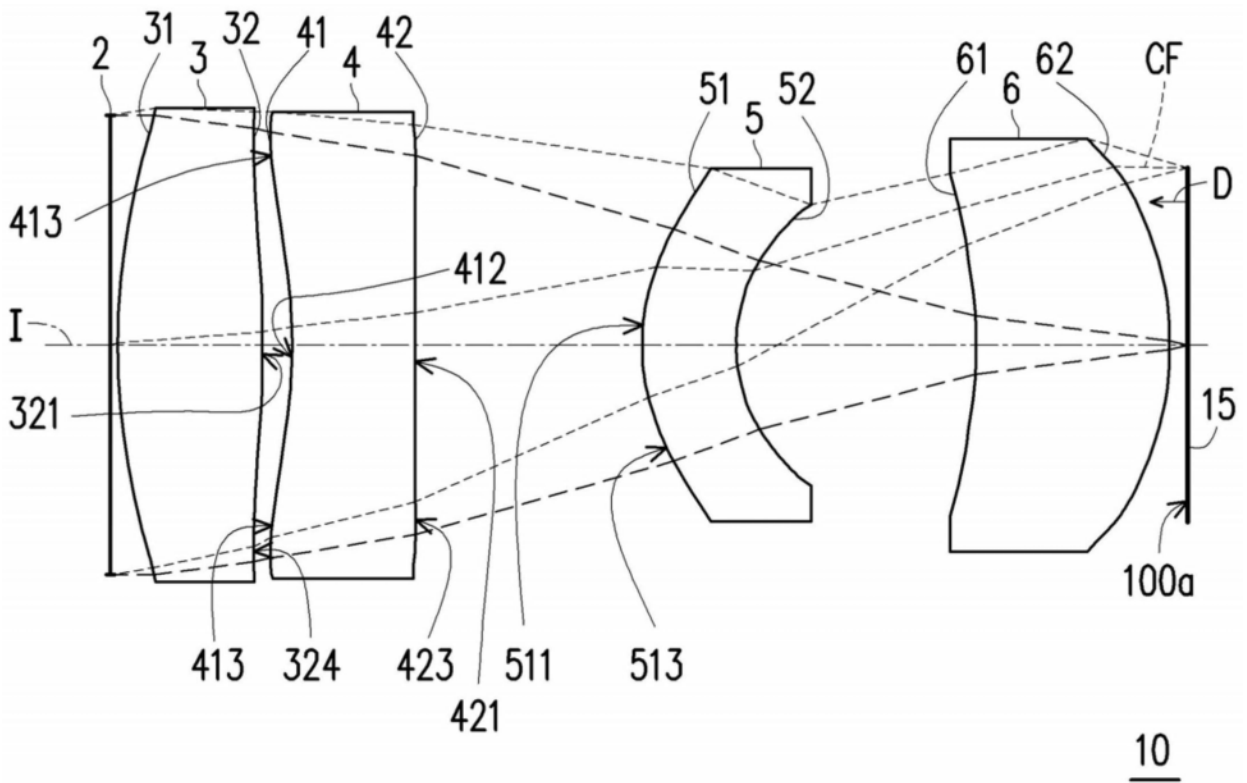


图11

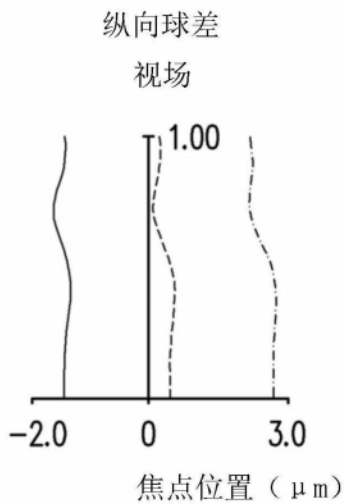
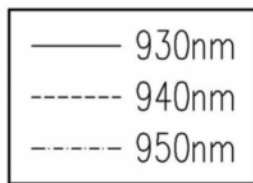


图12A

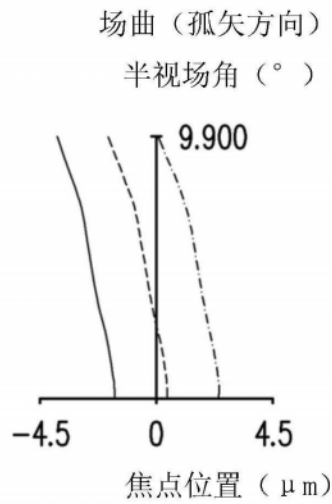


图12B

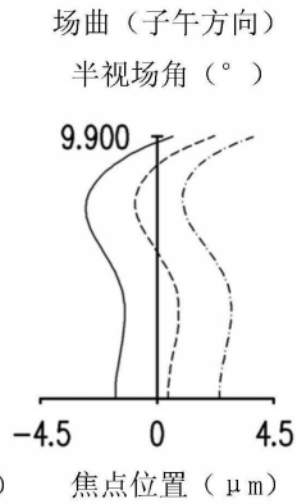


图12C

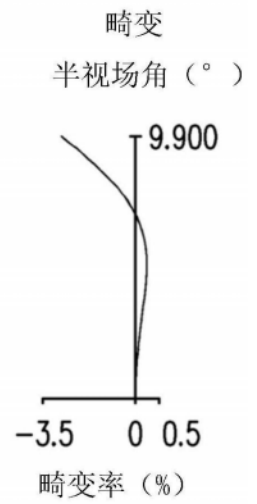


图12D

第二实施例						
系统焦距= 2.785mm, 半视场角= 9.906°, 系统长度=2.845 mm, 光圈值= 2.273, 发光圆半径= 0.471 mm						
元件	面	曲率半径 (mm)	厚度 (mm)	折射率	阿贝 系数	焦距(mm)
物体		无限大	无限大			
光圆 2		无限大	0.015			
第一透镜 3	出光面 31	1.835	0.383	2.002	19.325	1.293
	入光面 32	-15.901	0.079			
第二透镜 4	出光面 41	-2.347	0.330	1.642	22.409	-2.108
	入光面 42	-14.262	0.603			
第三透镜 5	出光面 51	0.873	0.250	1.642	22.409	-8.643
	入光面 52	0.431	0.635			
第四透镜 6	出光面 61	-1.391	0.516	1.642	22.409	1.999
	入光面 62	-0.748	0.050			
结构光 产生单元 15	发光面 100a	无限大	0.000			

图13

面	K	a ₂	a ₄	a ₆	a ₈
31	-1.862396E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	-1.883098E-02	-7.573978E-03
32	7.240600E-11	-1.140932E-01	1.764992E-01	1.783878E-01	2.155049E-01
41	-3.548085E-08	-1.478244E-01	5.694580E-01	-3.590573E-02	5.644264E-01
42	1.166820E-10	5.527999E-02	-1.662094E-01	3.731451E-01	-9.989530E-01
51	2.509639E-07	3.005876E-01	-2.225535E-01	-1.079909E+00	4.991301E+00
52	-1.090974E-06	0.000000E+00	-2.573992E-01	-5.692715E+00	4.759864E+01
61	2.157930E-09	0.000000E+00	1.077924E-01	3.419758E+00	-1.982604E+01
62	8.784329E-08	0.000000E+00	1.907505E+00	-1.148130E+01	2.640609E+01
面	a ₁₀	a ₁₂	a ₁₄	a ₁₆	
31	-1.997587E-01	-3.662728E-01	0.000000E+00	0.000000E+00	
32	-3.675730E-01	-1.709352E+00	9.141333E-02	1.306264E+00	
41	-1.140387E+00	1.772235E+00	-1.488236E+00	-1.760152E+00	
42	1.225182E+00	-3.311203E-01	7.540078E+00	-1.165063E+01	
51	-3.756824E+01	1.953518E+01	4.424279E+02	-6.680953E+02	
52	-5.840515E+02	1.455718E+03	4.646715E+03	-2.901596E+04	
61	2.935381E+01	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	
62	-2.267333E+01	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	

图14

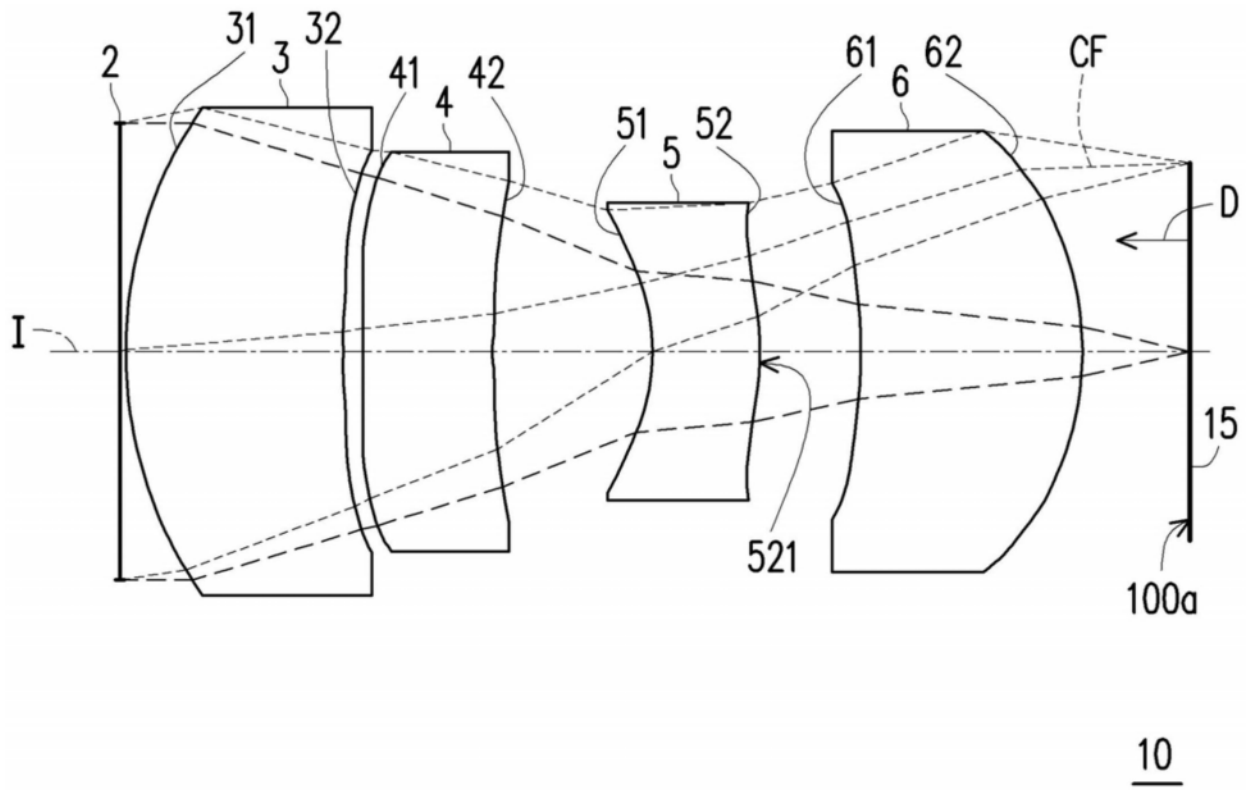


图15

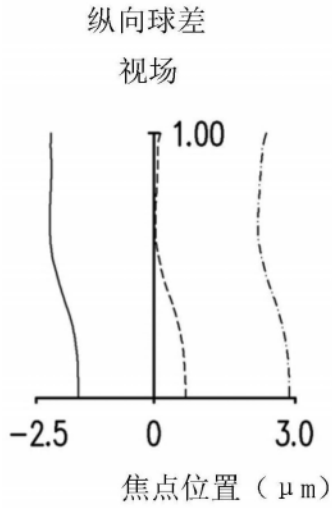
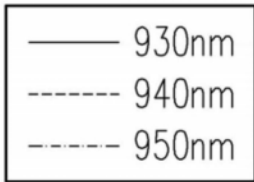


图16A

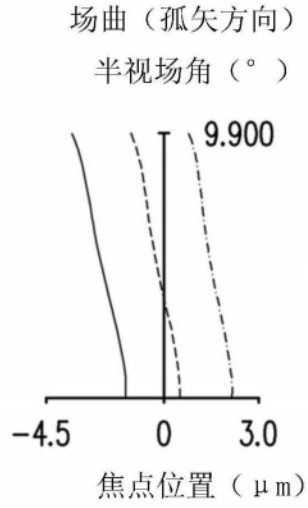


图16B

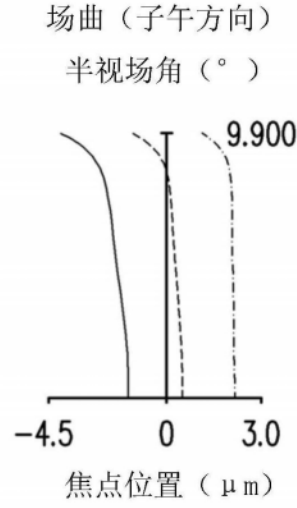


图16C

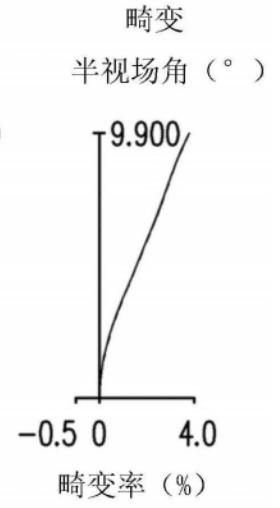


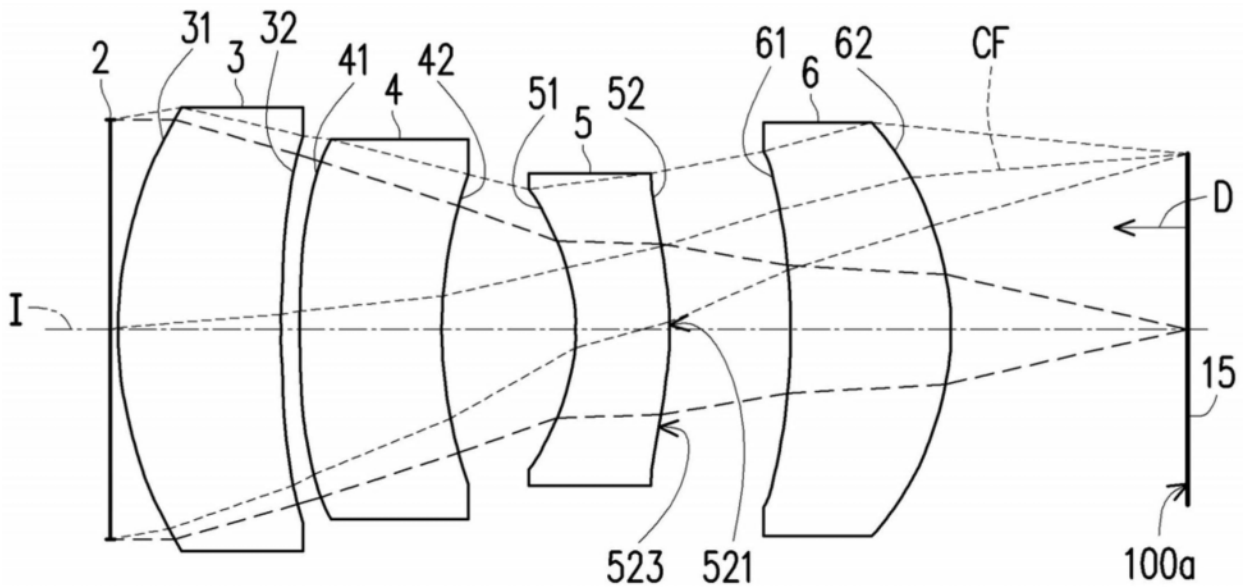
图16D

第三实施例						
系统焦距= 2.738 mm , 半视场角=9.900 °, 系统长度=2.796 mm, 光圈值=2.273 , 发光圆半径= 0.496 mm						
元件	面	曲率半径 (mm)	厚度 (mm)	折射率	阿贝 系数	焦距(mm)
物体		无限大	无限大			
光圆 2		无限大	0.015			
第一透镜 3	出光面 31	1.132	0.572	2.002	19.325	1.324
	入光面 32	3.157	0.050			
第二透镜 4	出光面 41	14.062	0.342	1.642	22.409	-3.349
	入光面 42	2.748	0.419			
第三透镜 5	出光面 51	-0.627	0.279	1.642	22.409	-2.503
	入光面 52	-0.851	0.266			
第四透镜 6	出光面 61	-1.391	0.582	1.642	22.409	1.941
	入光面 62	-0.748	0.285			
结构光 产生单元 15	发光面 100a	无限大				

图17

面	K	a ₂	a ₄	a ₆	a ₈
31	2.176792E-02	0.000000E+00	0.000000E+00	3.451259E-02	-3.852655E-02
32	-6.494383E-09	-9.451208E-02	5.538469E-01	9.731088E-01	-1.296032E+00
41	7.436700E-11	-1.016984E-01	1.284848E+00	5.328980E-02	-2.412032E-01
42	-5.437818E-09	-1.003121E-02	5.282031E-01	-1.942180E+00	-2.447571E+00
51	4.322275E-07	-2.438596E-01	2.952700E+00	-1.024421E+01	-4.171990E+00
52	1.169217E-09	0.000000E+00	3.412650E+00	-3.504962E+00	-2.519401E+01
61	8.819310E-09	0.000000E+00	1.200893E+00	-8.364553E+00	1.591073E+01
62	3.446002E-07	0.000000E+00	8.015093E-01	-3.666629E+00	7.366534E+00
面	a ₁₀	a ₁₂	a ₁₄	a ₁₆	
31	1.853465E-01	-2.609665E-01	0.000000E+00	0.000000E+00	
32	-2.189923E+00	-1.515157E+00	5.968009E+00	1.108888E+01	
41	-4.046227E+00	-3.926562E+00	1.132322E+00	5.694174E+01	
42	7.764519E+00	1.469401E+01	-3.692753E+01	1.056632E+02	
51	1.902827E+02	-3.924768E+01	-9.955287E+02	-1.819402E+03	
52	1.589930E+02	6.479851E+02	-5.959123E+03	1.810779E+04	
61	-2.720623E+01	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	
62	-6.913631E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	

图18



10

图19

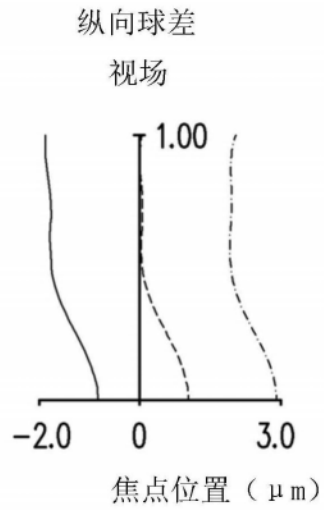
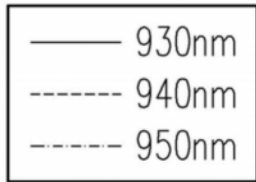


图 20A

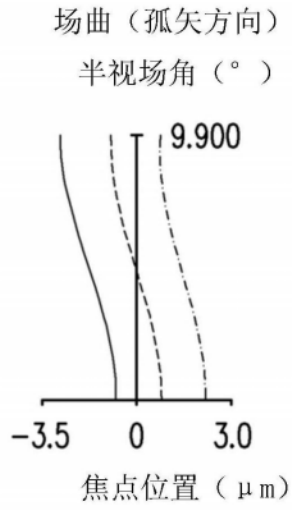


图 20B

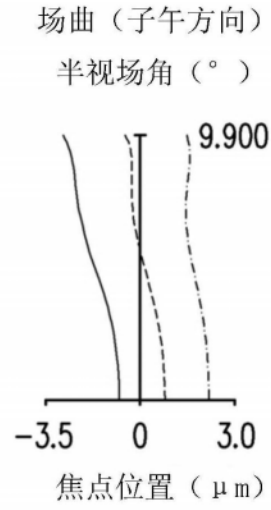


图 20C

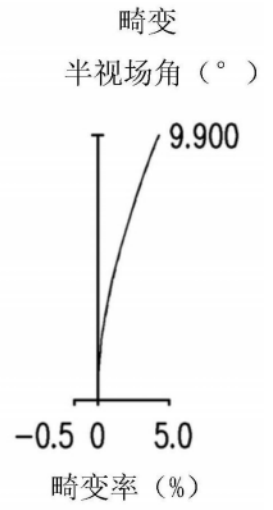


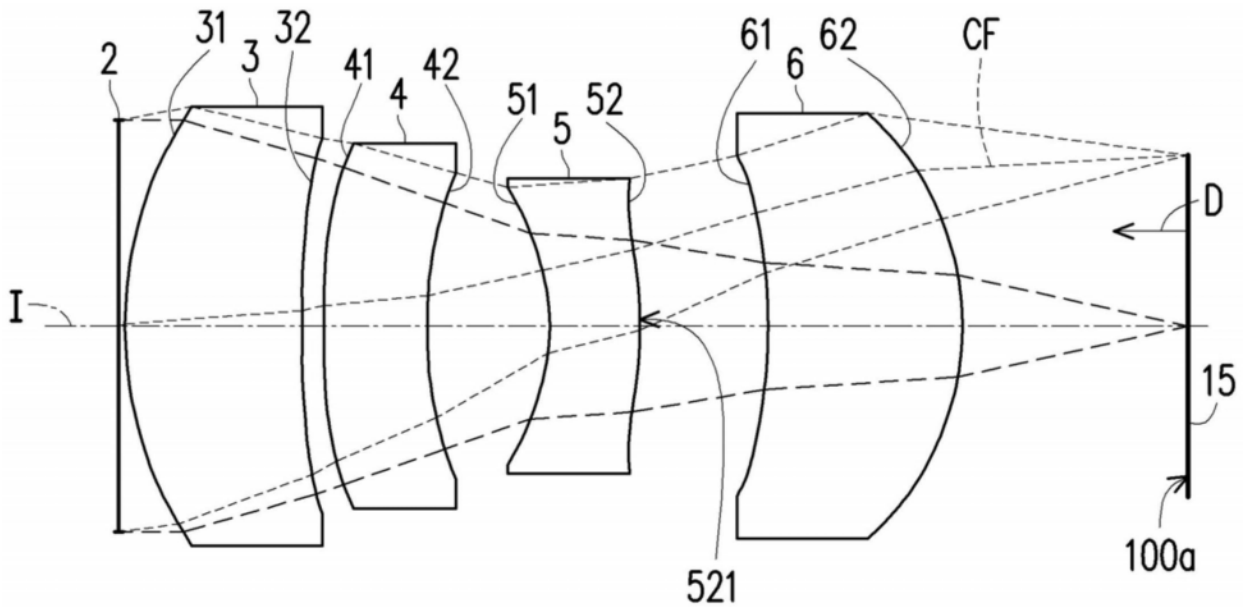
图 20D

第四实施例						
系统焦距= 2.544 mm , 半视场角= 9.900 °, 系统长度 = 2.857 mm, 光圈值 = 2.273 发光圆半径 = 0.467 mm						
元件	面	曲率半径 (mm)	厚度 (mm)	折射率	阿贝 系数	焦距(mm)
物体		无限大	无限大			
光圆 2		无限大	0.015			
第一透镜 3	出光面 31	1.131	0.436	2.002	19.325	1.492
	入光面 32	2.917	0.050			
第二透镜 4	出光面 41	2.491	0.377	1.642	22.409	-3.416
	入光面 42	1.642	0.358			
第三透镜 5	出光面 51	-0.632	0.250	1.642	22.409	-2.921
	入光面 52	-0.846	0.325			
第四透镜 6	出光面 61	-1.391	0.427	1.642	22.409	2.084
	入光面 62	-0.748	0.634			
结构光 产生单元 15	发光面 100a	无限大				

图21

面	K	a ₂	a ₄	a ₆	a ₈
31	1.250710E-01	0.000000E+00	0.000000E+00	2.341439E-02	7.625342E-02
32	6.507963E-09	-5.680870E-02	3.281617E-01	2.876243E-01	1.463974E-02
41	2.955631E-09	-5.861031E-02	6.465122E-01	3.078368E-01	-5.255511E-01
42	-4.607900E-10	9.001576E-02	3.088000E-01	-3.858788E-01	-7.339532E+00
51	-1.385448E-08	-1.865586E-01	2.412670E+00	-8.279051E+00	-1.710677E+01
52	-7.196753E-09	0.000000E+00	2.739973E+00	-2.419366E+00	-3.122044E+01
61	-9.117100E-10	0.000000E+00	1.133456E+00	-4.716098E+00	6.489269E+00
62	8.909152E-07	0.000000E+00	6.133593E-01	-9.209926E-01	5.591001E-01
面	a ₁₀	a ₁₂	a ₁₄	a ₁₆	
31	2.263210E-01	-6.612623E-01	0.000000E+00	0.000000E+00	
32	-9.783648E-01	-3.385721E+00	-6.928097E-01	1.004775E+01	
41	-2.250619E+00	-8.321135E-01	4.203905E+00	1.199934E+01	
42	-6.230204E+00	4.469813E+01	6.678213E+01	5.308346E+01	
51	2.626636E+01	5.117962E+02	2.443578E+03	-1.274447E+04	
52	9.153285E+01	4.441535E+02	-2.074992E+03	2.898927E+03	
61	-1.300826E+01	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	
62	-1.058285E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	

图22



10

图23

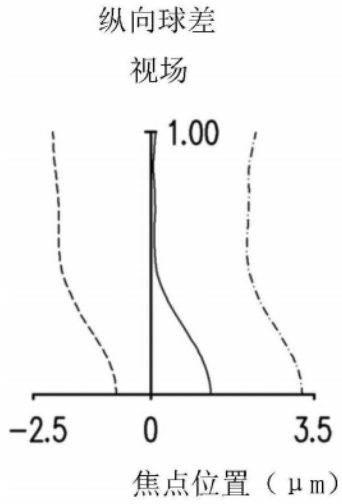
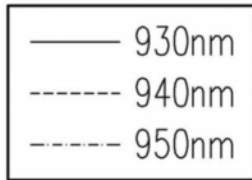


图 24A

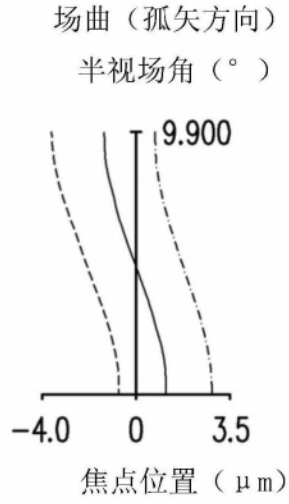


图 24B

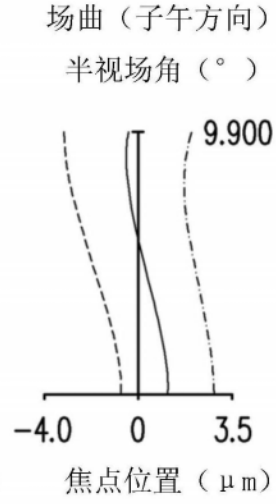


图 24C

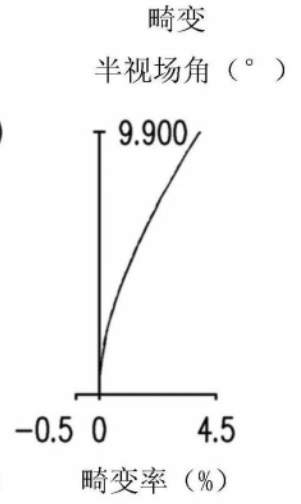


图 24D

第五实施例						
系统焦距= 2.616 mm , 半视场角= 9.893°, 系统长度=2.940 mm, 光圈值= 2.273 , 发光圆半径=0.476 mm						
元件	面	曲率半径 (mm)	厚度 (mm)	折射率	阿贝 系数	焦距(mm)
物体		无限大	无限大			
光圆 2		无限大	0.015			
第一透镜 3	出光面 31	1.120	0.488	2.002	19.325	1.462
	入光面 32	2.902	0.061			
第二透镜 4	出光面 41	2.315	0.285	1.642	22.409	-3.444
	入光面 42	1.576	0.338			
第三透镜 5	出光面 51	-0.684	0.250	1.642	22.409	-2.685
	入光面 52	-0.966	0.354			
第四透镜 6	出光面 61	-1.391	0.538	1.642	22.409	1.981
	入光面 62	-0.748	0.626			
结构光 产生单元 15	发光面 100a	无限大				

图25

面	K	a ₂	a ₄	a ₆	a ₈
31	8.929228E-02	0.000000E+00	0.000000E+00	2.419232E-02	6.887142E-02
32	5.452569E-09	-5.850442E-02	2.816481E-01	2.659370E-01	6.861410E-02
41	3.584333E-09	-5.513018E-02	6.342657E-01	2.321174E-01	-6.129465E-01
42	1.491510E-09	9.246923E-02	3.731451E-01	-3.430891E-01	-7.271647E+00
51	-2.326511E-08	-1.769913E-01	2.481672E+00	-7.400763E+00	-1.210226E+01
52	-1.672518E-09	0.000000E+00	2.655489E+00	-1.296152E+00	-2.764680E+01
61	3.098900E-10	0.000000E+00	6.392100E-01	-3.407312E+00	3.019157E+00
62	1.428445E-06	0.000000E+00	4.109885E-01	-6.876746E-01	4.980287E-01
面	a ₁₀	a ₁₂	a ₁₄	a ₁₆	
31	1.748182E-01	-4.441431E-01	0.000000E+00	0.000000E+00	
32	-9.125733E-01	-3.394463E+00	-1.055176E+00	1.017761E+01	
41	-2.332669E+00	-1.833091E+00	2.655687E+00	2.119853E+01	
42	-1.101623E+01	3.206755E+01	1.356030E+02	2.537801E+02	
51	1.887648E+01	3.811393E+02	1.996274E+03	-9.972918E+03	
52	8.744388E+01	4.277158E+02	-2.305994E+03	5.165136E+03	
61	-7.597021E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	
62	-1.589909E-01	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	

图26

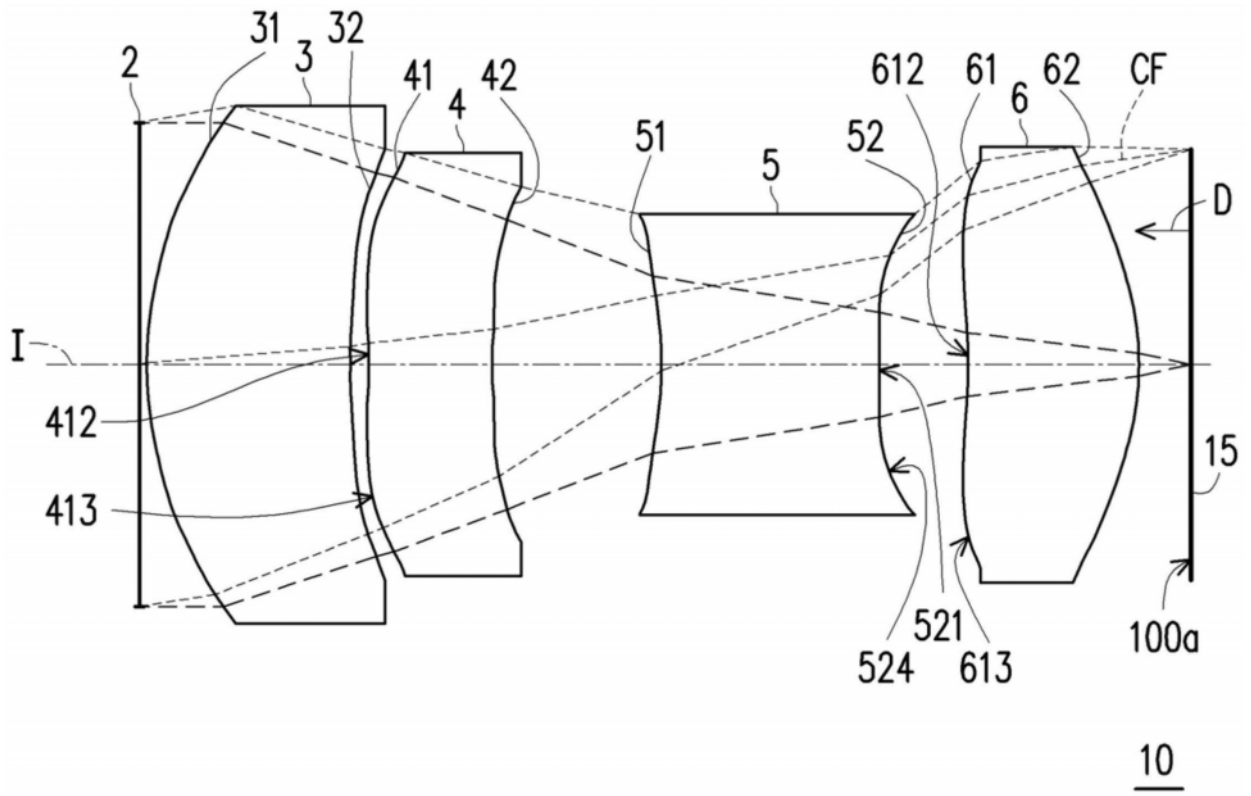


图27

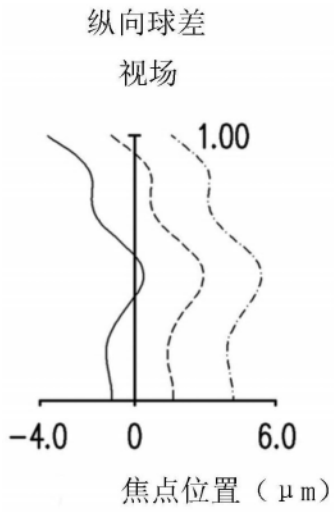
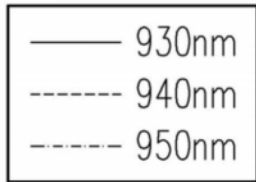


图28A

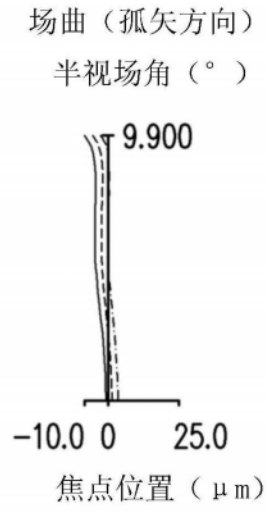


图 28B

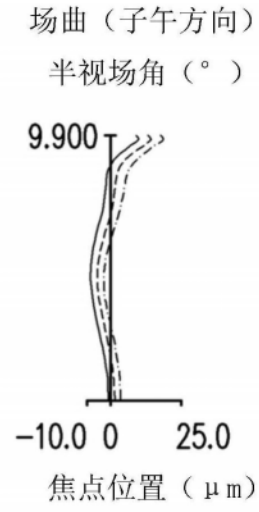


图 28C

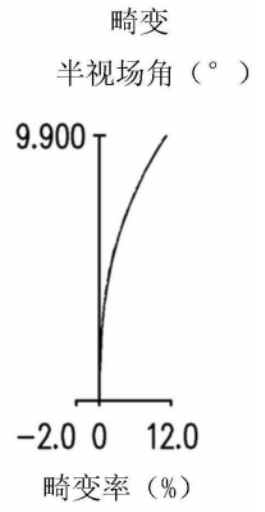


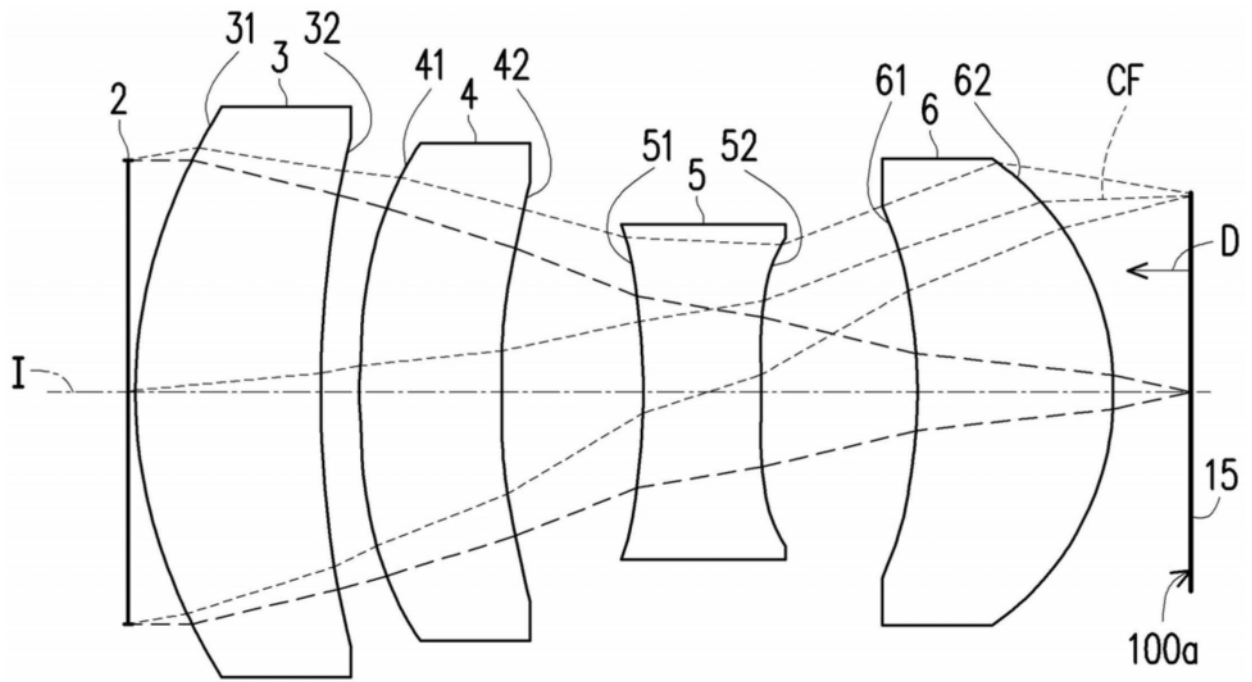
图 28D

第六实施例						
系统焦距= 3.022 mm , 半视场角= 9.895°, 系统长度= 2.861 mm, 光圈值 = 2.273 , 发光圆半径= 0.587 mm						
元件	面	曲率半径 (mm)	厚度 (mm)	折射率	阿贝 系数	焦距(mm)
物体		无限大	无限大			
光圆 2		无限大	0.015			
第一透镜 3	出光面 31	1.155	0.558	2.002	19.325	1.433
	入光面 32	3.039	0.047			
第二透镜 4	出光面 41	-240.249	0.341	1.642	22.409	-5.042
	入光面 42	4.419	0.462			
第三透镜 5	出光面 51	-1.182	0.596	1.642	22.409	-1.643
	入光面 52	-76.435	0.244			
第四透镜 6	出光面 61	-1.391	0.468	1.642	22.409	2.044
	入光面 62	-0.748	0.146			
结构光 产生单元 15	发光面 100a	无限大				

图29

面	K	a ₂	a ₄	a ₆	a ₈
31	-9.025770E-02	0.000000E+00	0.000000E+00	-1.843392E-02	6.492866E-02
32	-1.731304E-06	-7.418303E-02	5.212872E-01	1.070594E+00	-2.889344E+00
41	6.559100E-11	-1.006225E-01	1.651670E+00	-2.538582E-01	-1.323514E+00
42	-4.582207E-08	-5.725381E-02	1.517099E+00	-9.067276E-01	-9.286327E+00
51	-1.495565E-07	-7.645038E-02	2.484418E+00	-9.733052E+00	-5.392501E+01
52	4.345000E-12	0.000000E+00	4.213149E+00	-1.334329E+00	3.090971E+01
61	1.566460E-08	0.000000E+00	2.846853E+00	-8.111578E+00	1.767807E+01
62	-8.859591E-05	0.000000E+00	1.280416E+00	-9.124598E-01	-5.651447E+00
面	a ₁₀	a ₁₂	a ₁₄	a ₁₆	
31	4.280291E-02	-4.057957E-02	0.000000E+00	0.000000E+00	
32	-3.336756E+00	4.522459E+00	1.689508E+01	-3.123189E+01	
41	-4.124259E+00	3.349948E-01	1.142668E+01	-6.121126E+01	
42	6.227086E+01	-1.224563E+02	1.986536E+03	3.519473E+03	
51	1.501495E+03	-1.425843E+04	6.363355E+04	-1.140602E+05	
52	-1.217638E+03	-1.133458E+04	4.838574E+04	7.855611E+04	
61	-1.562251E+01	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	
62	1.496690E+01	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	

图30



10

图31

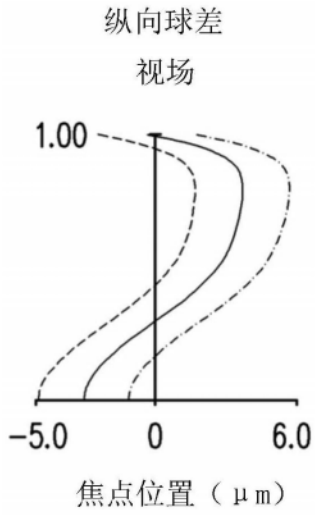
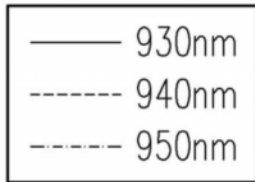


图32A

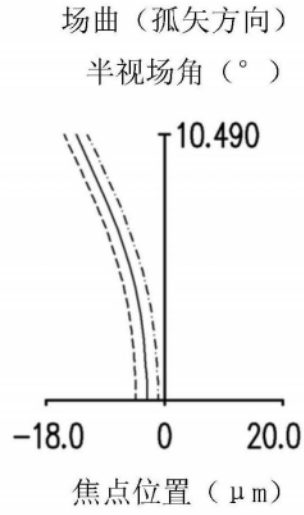


图32B

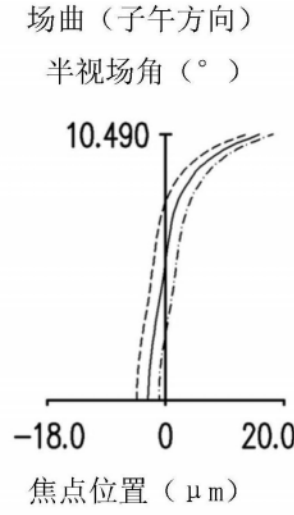


图32C

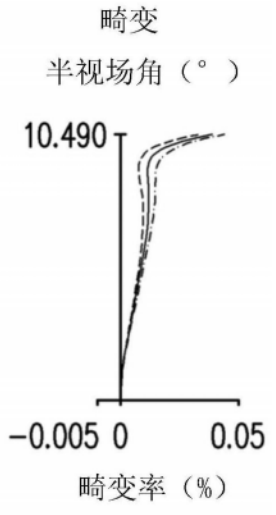


图 32D

第七实施例						
系统焦距= 2.696 mm , 半视场角=10.490 °,系统长度 = 2.697 mm,光圈值 = 2.273,发光圆半径 = 0.500 mm						
元件	面	曲率半径 (mm)	厚度 (mm)	折射率	阿贝 系数	焦距(mm)
物体		无限大	无限大			
光圆 2		无限大	0.015			
第一透镜 3	出光面 31	1.213	0.472	2.002	19.325	1.942
	入光面 32	2.819	0.101			
第二透镜 4	出光面 41	2.366	0.361	1.661	20.374	45.956
	入光面 42	2.422	0.361			
第三透镜 5	出光面 51	-1.784	0.300	1.661	20.374	-2.081
	入光面 52	5.411	0.400			
第四透镜 6	出光面 61	-1.454	0.502	1.661	20.374	1.881
	入光面 62	-0.743	0.200			
结构光 产生单元 15	发光面 100a	无限大				

图33

面	K	a ₂	a ₄	a ₆	a ₈
31	-1.014812E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
41	0.000000E+00	0.000000E+00	5.320162E-01	-5.604626E-01	6.290185E-01
42	0.000000E+00	0.000000E+00	6.682960E-01	-2.237081E+00	1.318795E+00
51	0.000000E+00	0.000000E+00	7.198306E-01	-4.854166E+00	1.572529E+00
52	0.000000E+00	0.000000E+00	1.780266E+00	-7.233081E-01	1.658349E+01
61	0.000000E+00	0.000000E+00	-4.502402E-02	-7.361564E-02	-6.712371E-01
62	0.000000E+00	0.000000E+00	-4.300128E-02	1.317702E-01	-6.166163E-01
面	a ₁₀	a ₁₂	a ₁₄	a ₁₆	
31	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	
41	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	
42	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	
51	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	
52	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	
61	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	
62	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	

图34

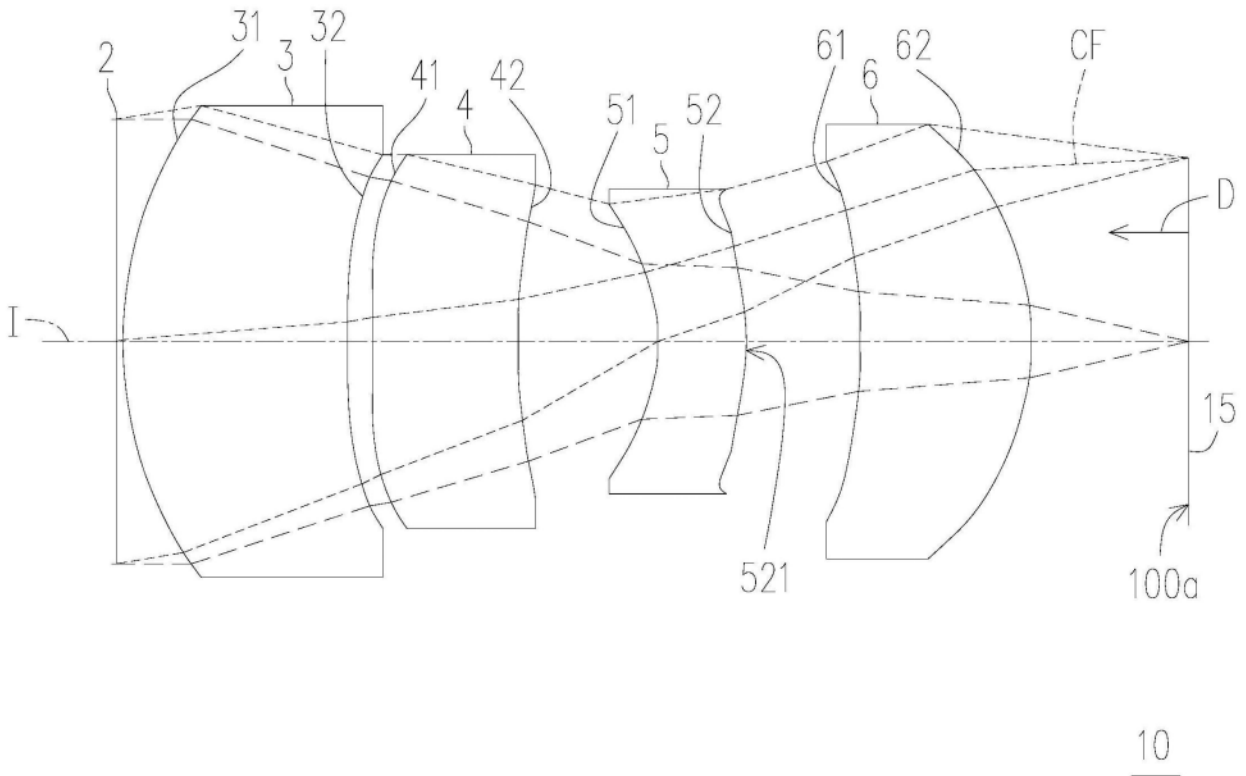


图35

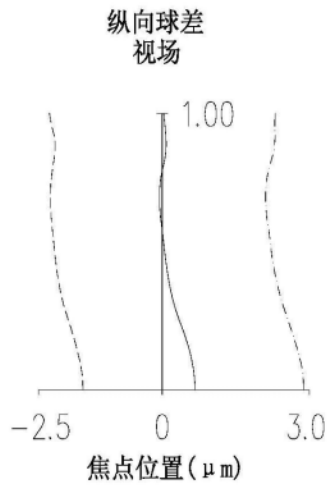


图36A

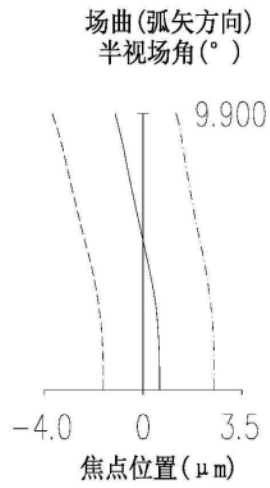


图36B

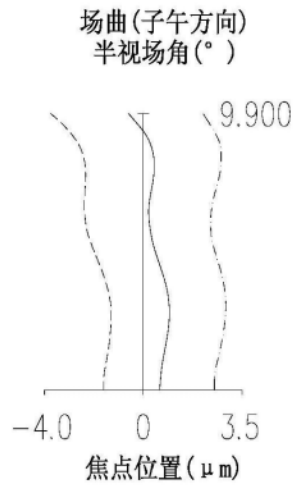


图36C

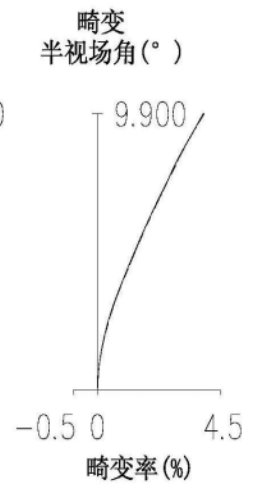


图36D

第八实施例						
系统焦距=2.883 mm, 半视场角= 9.898°, 系统长度= 3.039 mm, 光圈值 2.273, 发光圆半径= 0.525 mm						
元件	面	曲率半径 (mm)	厚度 (mm)	折射率	阿贝 系数	焦距(mm)
物体		无限大	无限大			
光圆 2		无限大	0.015			
第一透镜 3	出光面 31	1.169	0.639	2.002	19.325	1.517
	入光面 32	3.052	0.073			
第二透镜 4	出光面 41	11.744	0.414	1.642	22.409	-3.245
	入光面 42	2.668	0.398			
第三透镜 5	出光面 51	-0.614	0.250	1.642	22.409	-2.977
	入光面 52	-0.812	0.329			
第四透镜 6	出光面 61	-1.391	0.485	1.642	22.409	2.029
	入光面 62	-0.748	0.451			
结构光 产生单元 15	发光面 100a	无限大				

图37

面	K	a ₂	a ₄	a ₆	a ₈
31	2.490674E-01	0.000000E+00	0.000000E+00	3.957980E-02	-7.338548E-02
32	1.334247E-08	-4.938687E-02	7.020300E-01	1.198830E+00	-2.686464E+00
41	-1.523580E-10	-1.002192E-01	1.621829E+00	-4.231272E-01	-1.208928E+00
42	6.907028E-09	3.691848E-04	8.579197E-01	-2.623862E+00	-5.935891E+00
51	3.521787E-07	-1.910789E-01	2.456464E+00	-1.124988E+01	2.478335E-02
52	-5.707895E-08	0.000000E+00	2.608622E+00	-5.086036E+00	-4.135022E+00
61	5.174850E-09	0.000000E+00	9.339527E-01	-5.718114E+00	1.148473E+01
62	1.111525E-06	0.000000E+00	6.173176E-01	-1.829443E+00	3.021756E+00
面	a ₁₀	a ₁₂	a ₁₄	a ₁₆	
31	4.321627E-02	-2.620183E-02	0.000000E+00	0.000000E+00	
32	-2.845125E+00	5.429062E+00	1.958141E+01	-1.802708E+01	
41	-3.047967E+00	3.389047E+00	2.002618E+01	-2.317048E+00	
42	3.308449E+01	-1.181983E+01	-3.509748E+02	8.930386E+02	
51	2.078230E+02	-2.814893E+02	-1.627866E+03	4.449899E+03	
52	3.572644E+01	8.322798E+02	-4.974318E+03	9.440901E+03	
61	-1.296263E+01	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	
62	-2.139528E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	

图38

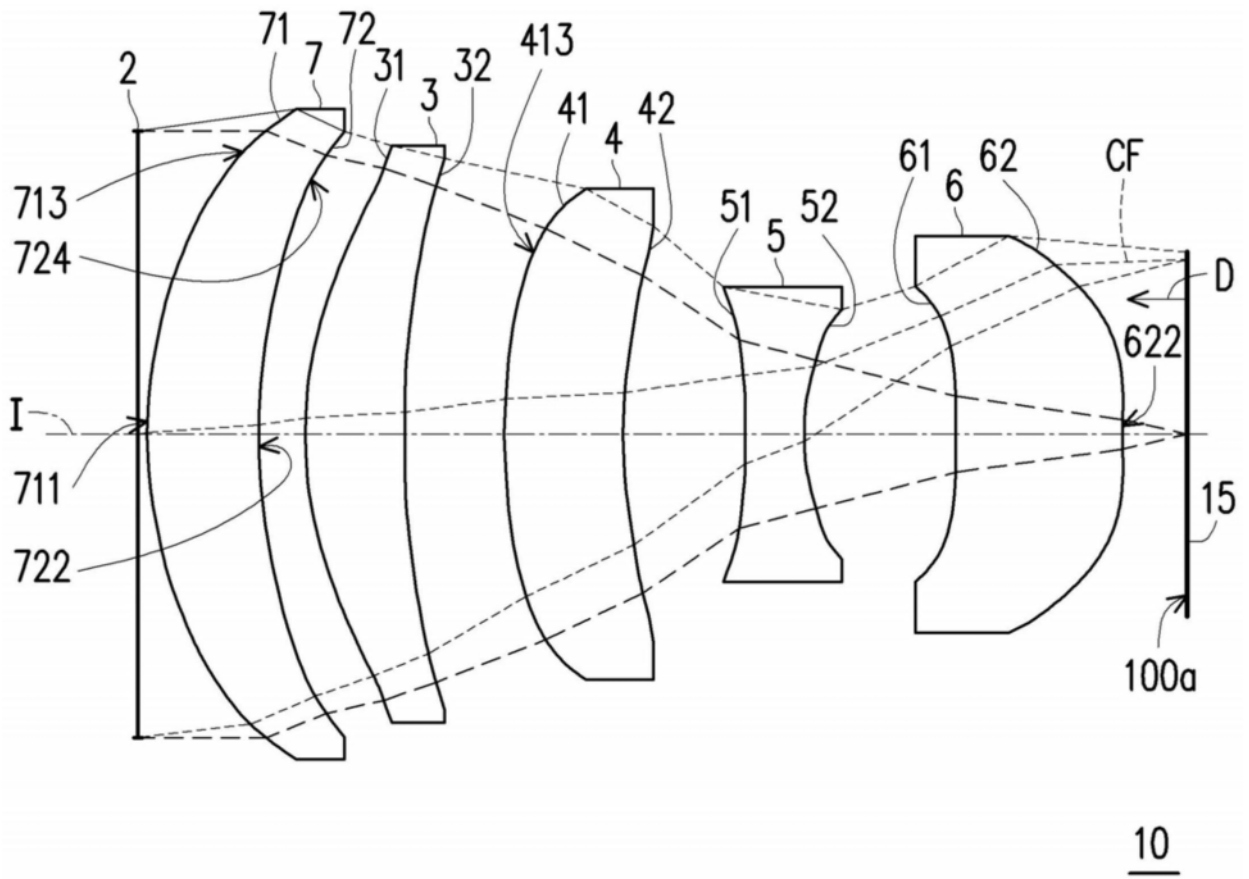


图39

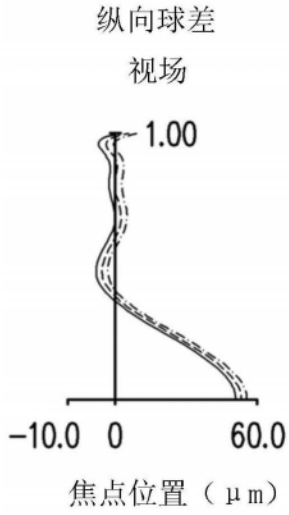
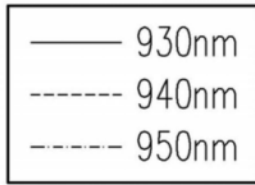


图 40A

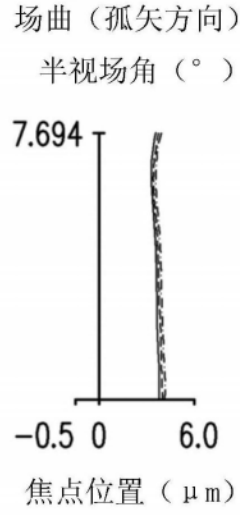


图 40B

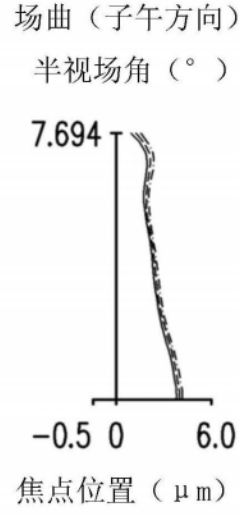


图 40C

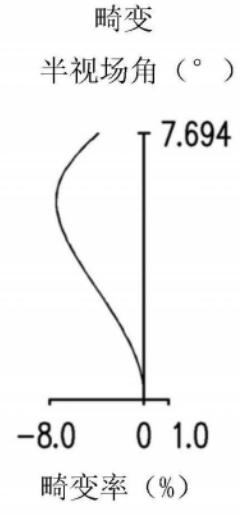


图 40D

第九实施例						
系统焦距= 3.930 mm , 半视场角= 7.694 °, 系统长度= 2.948 mm, 光圈值= 2.273 ,发光圆半径= 0.500 mm						
元件	面	曲率半径 (mm)	厚度 (mm)	折射率	阿贝 系数	焦距(mm)
物体		无限大	无限大			
光圆 2		无限大	0.015			
第五透镜 7	出光面 71	1.374	0.315	1.642	22.409	10.304
	入光面 72	1.597	0.133			
第一透镜 3	出光面 31	1.140	0.281	1.851	40.104	2.129
	入光面 32	2.847	0.283			
第二透镜 4	出光面 41	1.926	0.337	1.642	22.409	-29.656
	入光面 42	1.627	0.348			
第三透镜 5	出光面 51	-2.641	0.167	1.642	22.409	-0.943
	入光面 52	0.768	0.428			
第四透镜 6	出光面 61	-3.774	0.472	1.642	22.409	-5.700
	入光面 62	57.010	0.184			
结构光 产生单元 15	发光面 100a	无限大				

图41

面	K	a ₂	a ₄	a ₆	a ₈
71	0.000000E+00	0.000000E+00	-1.558274E-02	-7.352989E-03	-1.318979E-05
72	0.000000E+00	0.000000E+00	-2.143992E-01	1.499460E-01	3.249626E-01
31	-2.124640E+00	0.000000E+00	4.047650E-03	1.852374E-02	6.864948E-02
41	0.000000E+00	0.000000E+00	1.211722E-01	-7.176108E-02	1.308057E+00
42	0.000000E+00	0.000000E+00	-1.797234E-01	-3.124200E-02	-1.030147E-01
51	0.000000E+00	0.000000E+00	-1.343789E+00	2.724300E+00	-3.946756E+00
52	0.000000E+00	0.000000E+00	-1.799127E-01	4.531966E-01	7.606690E+01
61	0.000000E+00	0.000000E+00	-1.741490E+00	-8.512048E+00	1.272576E+01
62	0.000000E+00	0.000000E+00	-6.441054E+00	1.824678E+01	-2.569895E+01
面	a ₁₀	a ₁₂	a ₁₄	a ₁₆	
71	2.669190E-01	-3.505316E-01	4.745367E-01	-2.152845E-01	
72	-4.735924E-01	-2.423920E-01	2.336884E+00	-2.086177E+00	
31	2.289116E-03	-4.199534E-01	0.000000E+00	0.000000E+00	
41	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	
42	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	
51	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	
52	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	
61	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	
62	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	

图42

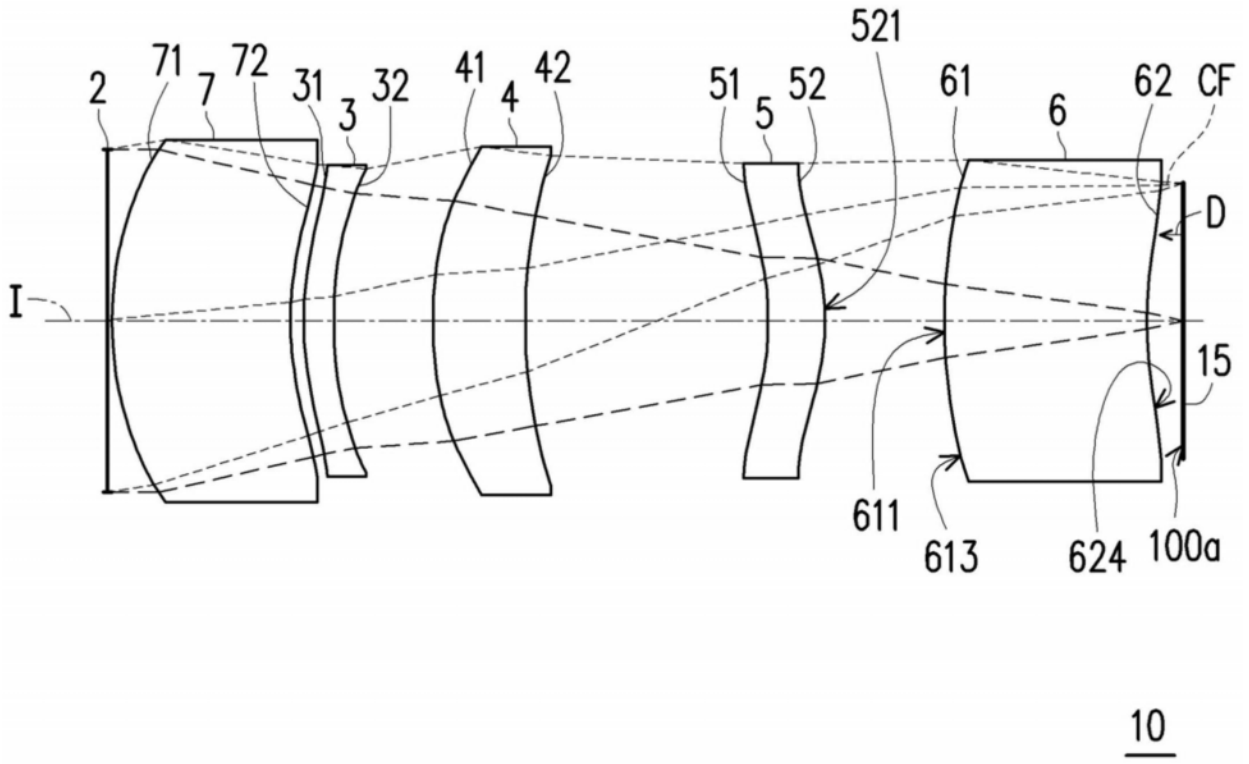


图43

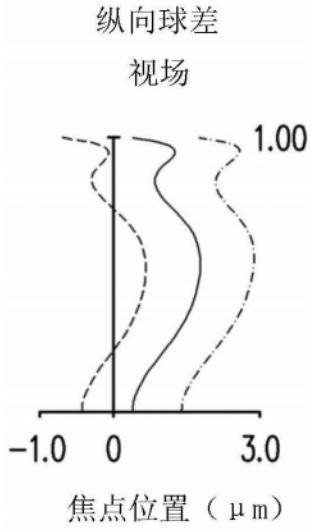
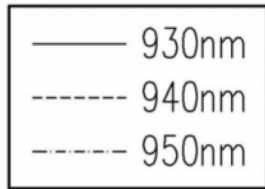


图44A

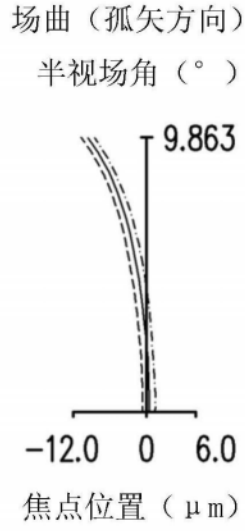


图44B

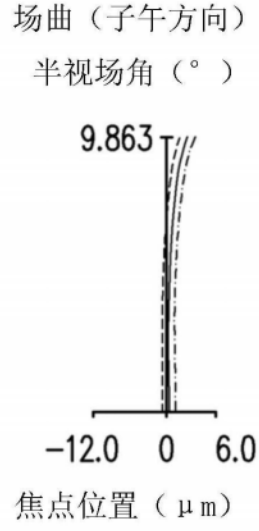


图44C

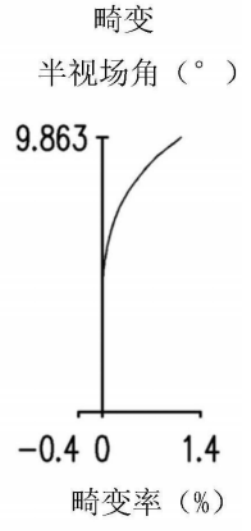


图44D

第十实施例						
系统焦距= 2.825 mm , 半视场角= 9.863 °, 系统长度= 3.881 mm, 光圈值= 2.273 ,发光圆半径 = 0.500 mm						
元件	面	曲率半径 (mm)	厚度 (mm)	折射率	阿贝 系数	焦距(mm)
物体		无限大	无限大			
光圆 2		无限大	0.015			
第五透镜 7	出光面 71	1.308	0.644	1.642	22.409	18.303
	入光面 72	1.200	0.048			
第一透镜 3	出光面 31	1.198	0.107	1.851	40.104	8.383
	入光面 32	1.387	0.360			
第二透镜 4	出光面 41	1.302	0.333	1.642	22.409	5.478
	入光面 42	1.906	0.881			
第三透镜 5	出光面 51	-1.007	0.205	1.642	22.409	8.007
	入光面 52	-0.902	0.436			
第四透镜 6	出光面 61	2.236	0.731	1.642	22.409	-12.122
	入光面 62	1.508	0.134			
结构光 产生单元 15	发光面 100a	无限大				

图45

面	K	a ₂	a ₄	a ₆	a ₈
71	1.259823E-02	0.000000E+00	4.060935E-02	3.817202E-02	-1.047399E-02
72	-2.044120E+00	0.000000E+00	-2.613834E-01	2.745676E-03	-9.650442E-02
31	-4.613023E+00	0.000000E+00	-1.698677E-01	-4.274042E-01	9.602266E-02
41	0.000000E+00	0.000000E+00	1.416814E-01	6.350042E-02	-2.392015E-01
42	0.000000E+00	0.000000E+00	7.081863E-02	-3.748756E-02	-2.423453E-01
51	0.000000E+00	0.000000E+00	6.271096E-01	9.522767E-01	-1.100954E+00
52	0.000000E+00	0.000000E+00	7.243209E-01	8.594389E-01	1.567491E-01
61	0.000000E+00	0.000000E+00	4.964510E-02	-2.597482E-03	2.001692E-01
62	0.000000E+00	0.000000E+00	-4.099323E-01	3.719534E-01	-3.660884E-01
面	a ₁₀	a ₁₂	a ₁₄	a ₁₆	
71	2.133470E-01	-4.008415E-01	3.888058E-01	-1.951278E-02	
72	-4.032650E-01	-7.893007E-01	-2.734547E+00	2.536007E+00	
31	-1.264085E-01	-1.940336E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	
41	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	
42	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	
51	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	
52	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	
61	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	
62	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	

图46

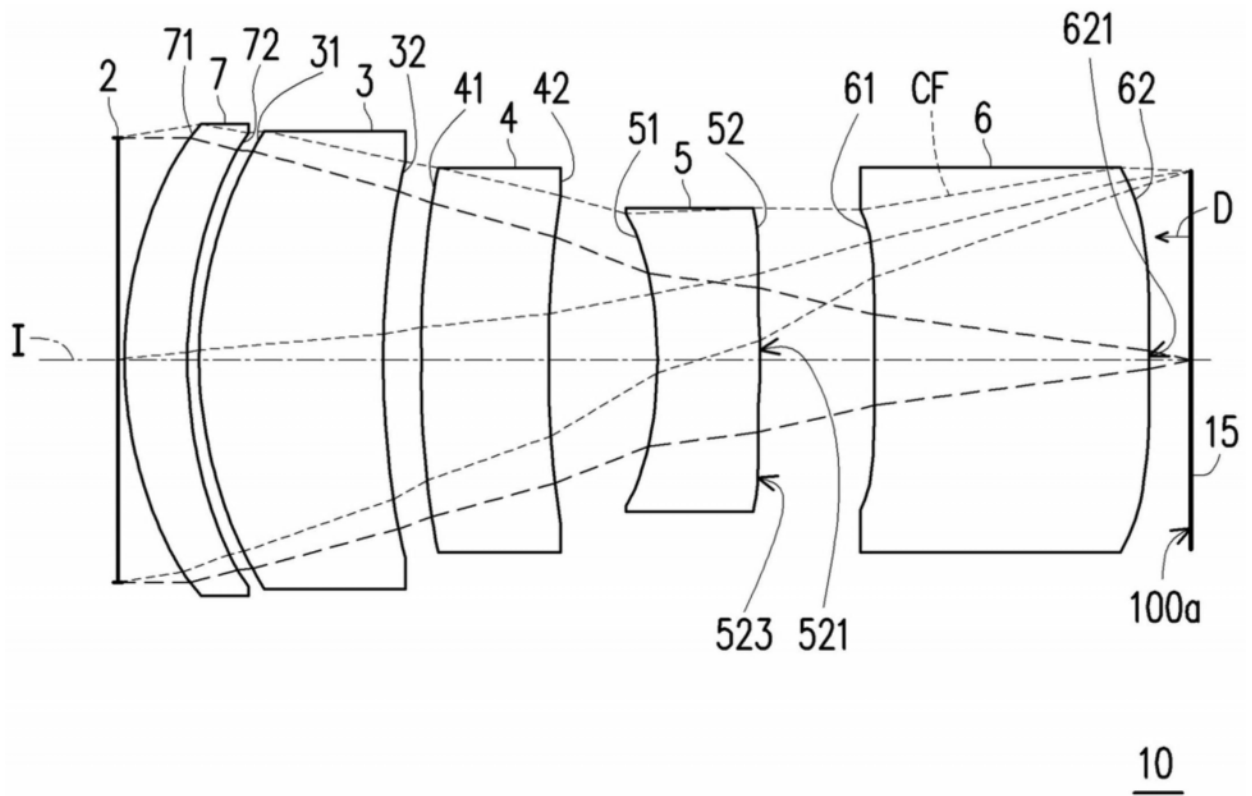


图47

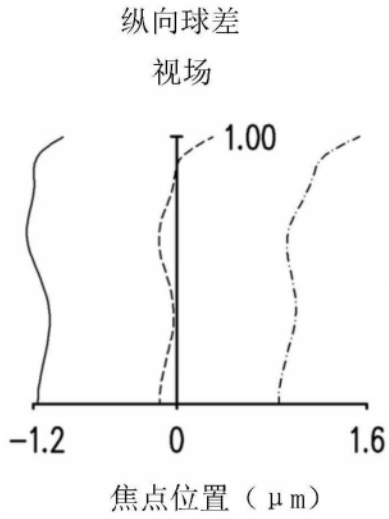
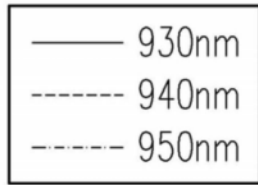


图48A

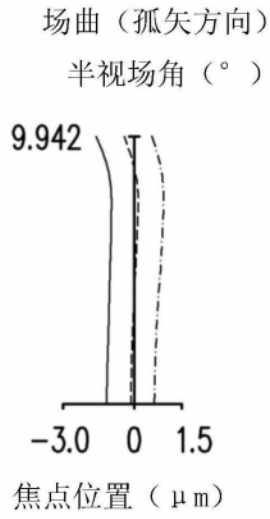


图48B

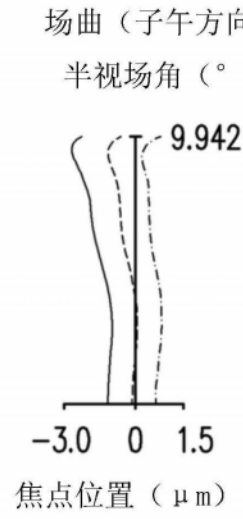


图48C

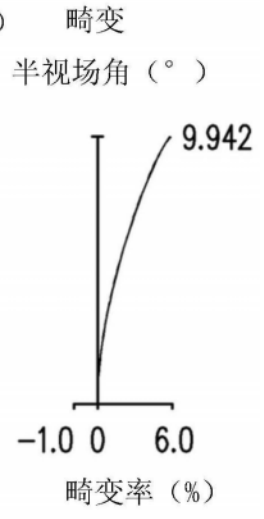


图48D

第十一实施例						
系统焦距= 2.672 mm, 半视场角= 9.942°, 系统长度= 2.814 mm, 光圈值= 2.273, 发光圆半径= 0.500 mm						
元件	面	曲率半径 (mm)	厚度 (mm)	折射率	阿贝 系数	焦距(mm)
物体		无限大	无限大			
光圆 2		无限大	0.015			
第五透镜 7	出光面 71	1.158	0.164	1.642	22.409	18.151
	入光面 72	1.221	0.030			
第一透镜 3	出光面 31	1.072	0.487	1.851	40.104	1.933
	入光面 32	2.555	0.099			
第二透镜 4	出光面 41	3.187	0.337	1.642	22.409	-262.121
	入光面 42	2.999	0.287			
第三透镜 5	出光面 51	-1.107	0.269	1.642	22.409	-1.951
	入光面 52	-14.425	0.305			
第四透镜 6	出光面 61	-36.710	0.725	1.642	22.409	8.854
	入光面 62	-4.808	0.111			
结构光 产生单元 15	发光面 100a	无限大				

图49

面	K	a ₂	a ₄	a ₆	a ₈
71	0.000000E+00	0.000000E+00	4.716258E-02	2.266320E-02	1.195874E-01
72	0.000000E+00	0.000000E+00	-1.281477E-01	1.396191E-01	4.127614E-01
31	-1.803435E+00	0.000000E+00	2.129356E-02	6.771248E-02	1.700087E-01
41	0.000000E+00	0.000000E+00	7.749256E-02	-7.798214E-03	3.786760E-01
42	0.000000E+00	0.000000E+00	7.489814E-02	-5.200940E-01	3.891828E-01
51	0.000000E+00	0.000000E+00	-2.771622E-01	-2.288237E+00	4.851692E+00
52	0.000000E+00	0.000000E+00	-1.852428E-01	-1.765960E+00	3.609518E+00
61	0.000000E+00	0.000000E+00	-9.523074E-01	-1.515023E+00	-9.324519E+00
62	0.000000E+00	0.000000E+00	-3.587105E-01	-2.802818E+00	5.302282E+00
面	a ₁₀	a ₁₂	a ₁₄	a ₁₆	
71	3.044242E-01	-4.504850E-02	1.694850E+00	-1.213220E+00	
72	3.977864E-01	1.361172E+00	2.278146E-01	3.197594E+00	
31	1.949342E-02	7.049348E-01	0.000000E+00	0.000000E+00	
41	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	
42	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	
51	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	
52	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	
61	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	
62	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	

图50

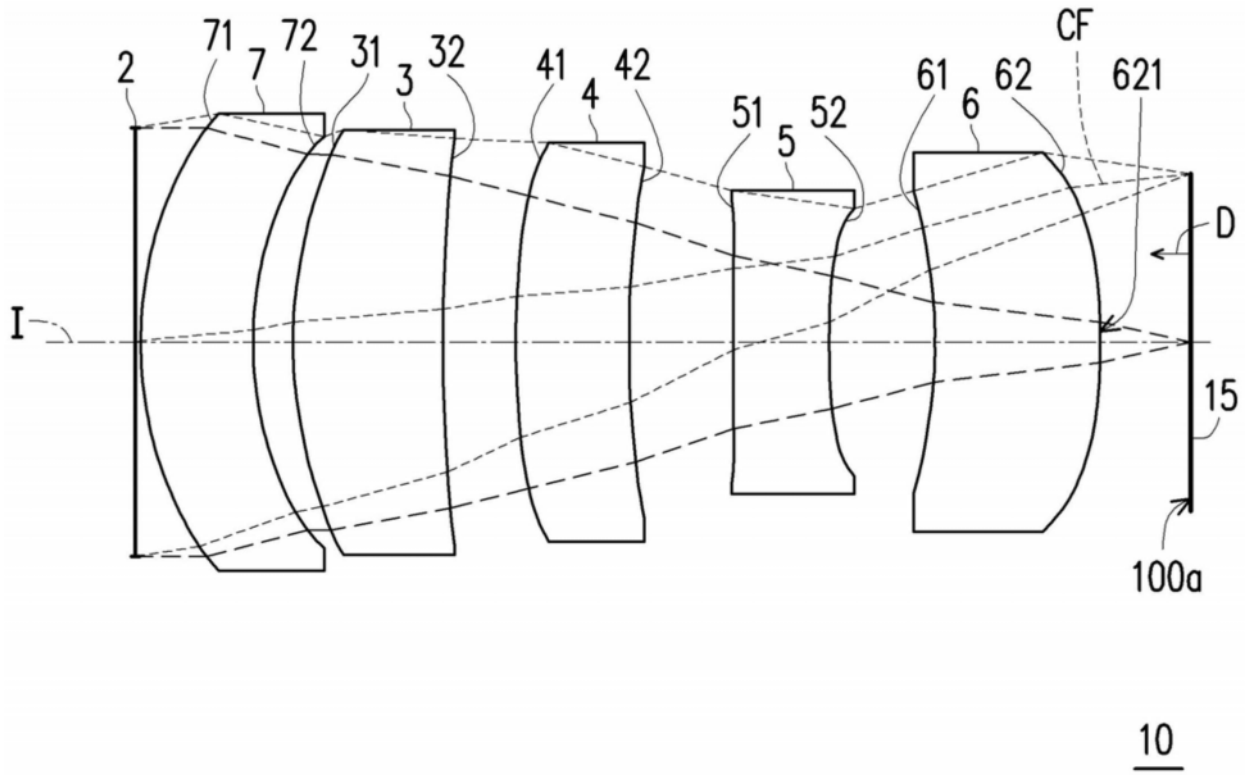


图51

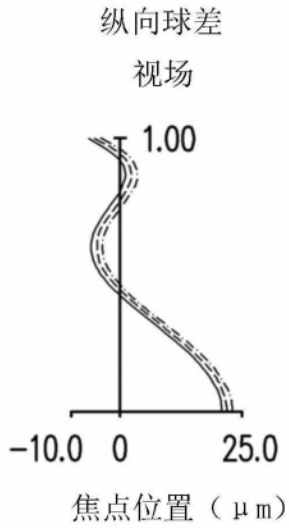
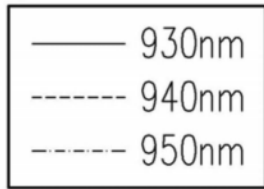


图52A

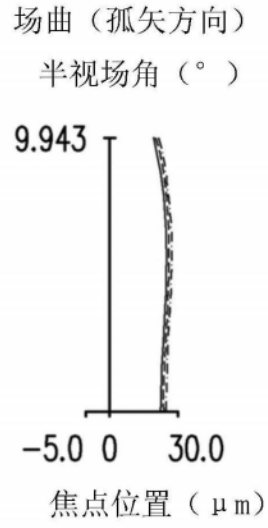


图52B

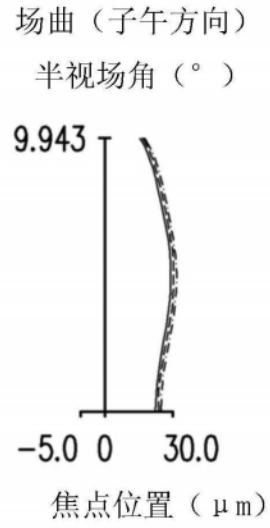


图 52C

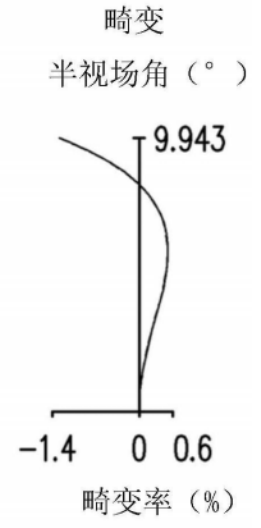


图 52D

第十二实施例						
系统焦距= 2.899 mm , 半视场角= 9.943 °, 系统长度= 3.113 mm, 光圈值= 2.273 , 发光圆半径= 0.500 mm						
元件	面	曲率半径 (mm)	厚度 (mm)	折射率	阿贝 系数	焦距(mm)
物体		无限大	无限大			
光圆 2		无限大	0.015			
第五透镜 7	出光面 71	1.175	0.332	1.642	22.409	41.003
	入光面 72	1.099	0.120			
第一透镜 3	出光面 31	1.356	0.442	1.851	40.104	2.103
	入光面 32	5.132	0.217			
第二透镜 4	出光面 41	3.011	0.335	1.642	22.409	-131.268
	入光面 42	2.780	0.310			
第三透镜 5	出光面 51	-12.943	0.283	1.642	22.409	-4.607
	入光面 52	3.692	0.314			
第四透镜 6	出光面 61	-1.412	0.490	1.642	22.409	-52.572
	入光面 62	-1.672	0.269			
结构光 产生单元 15	发光面 100a	无限大				

图53

面	K	a ₂	a ₄	a ₆	a ₈
71	0.000000E+00	0.000000E+00	4.195687E-03	7.129394E-02	7.470925E-02
72	0.000000E+00	0.000000E+00	-6.674056E-02	3.013630E-01	6.004021E-01
31	-1.757836E+00	0.000000E+00	-1.116710E-03	8.738942E-03	6.910133E-02
41	0.000000E+00	0.000000E+00	1.438841E-01	3.073238E-01	6.064638E-01
42	0.000000E+00	0.000000E+00	-1.360912E-01	7.775648E-02	5.243081E-01
51	0.000000E+00	0.000000E+00	2.238926E-01	1.440977E-01	-5.170116E+00
52	0.000000E+00	0.000000E+00	1.461001E+00	1.299501E+00	1.639760E+01
61	0.000000E+00	0.000000E+00	1.557613E-01	1.247361E+00	-4.963764E+00
62	0.000000E+00	0.000000E+00	-3.797876E-01	-6.054421E-01	-1.576617E+00
面	a ₁₀	a ₁₂	a ₁₄	a ₁₆	
71	2.728495E-01	-4.062182E-01	4.618048E-01	-4.133206E-01	
72	4.885645E-02	5.551913E-01	3.098144E+00	-1.191498E+00	
31	1.451158E-01	5.949110E-01	0.000000E+00	0.000000E+00	
41	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	
42	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	
51	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	
52	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	
61	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	
62	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	

图54

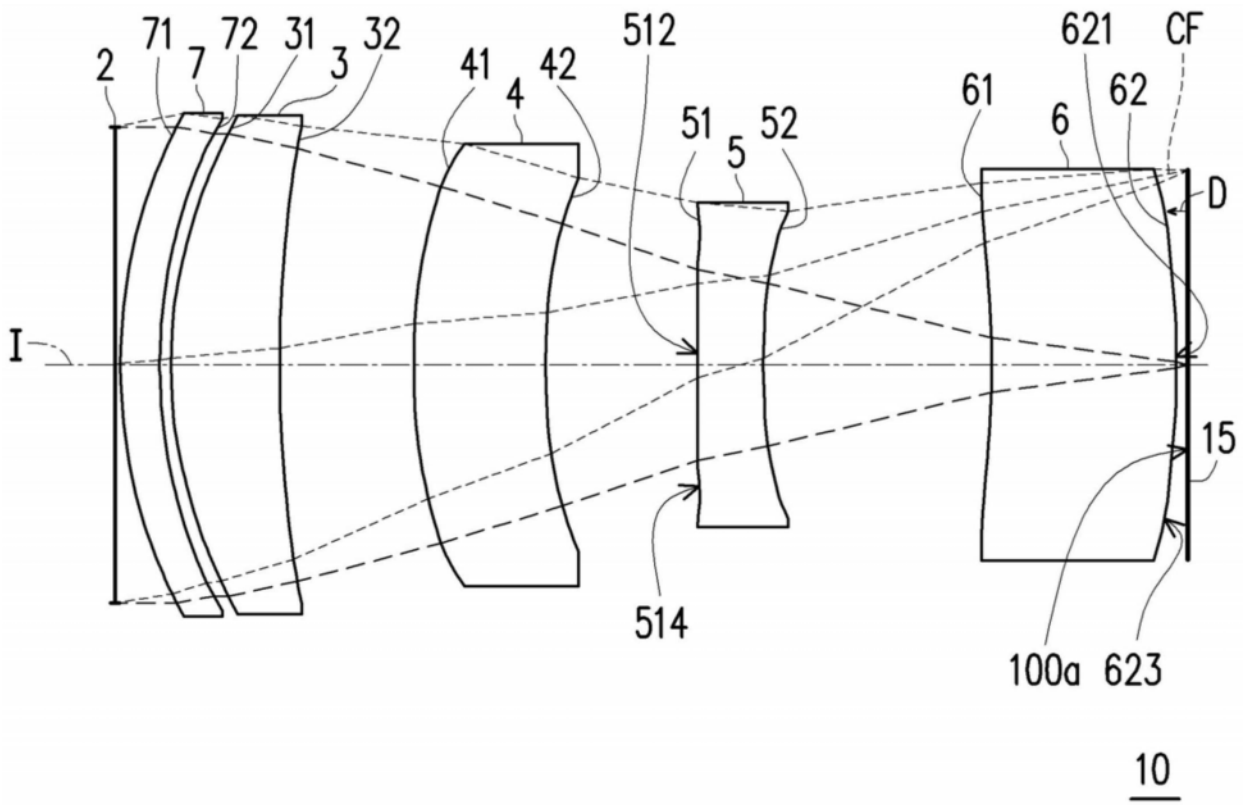


图55

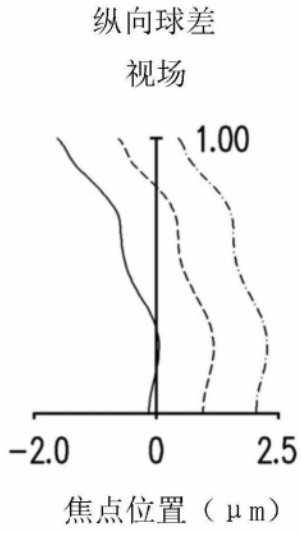
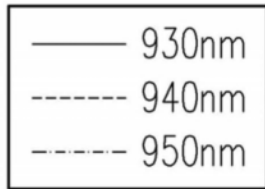


图56A

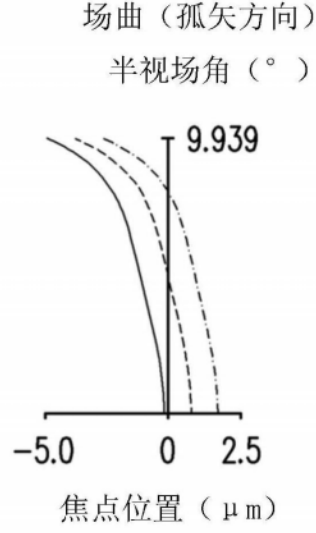


图56B

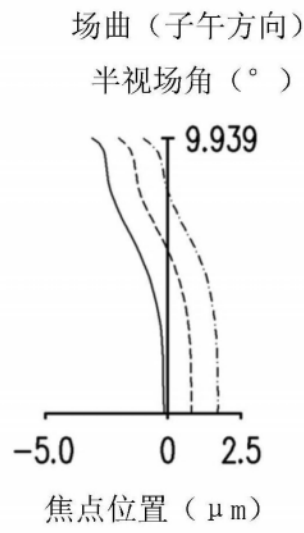


图56C

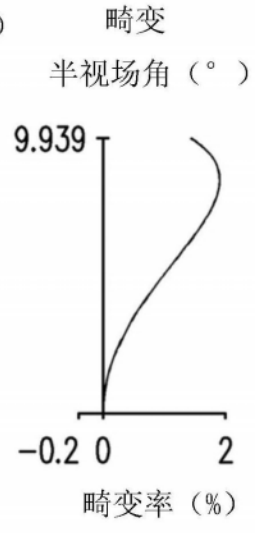


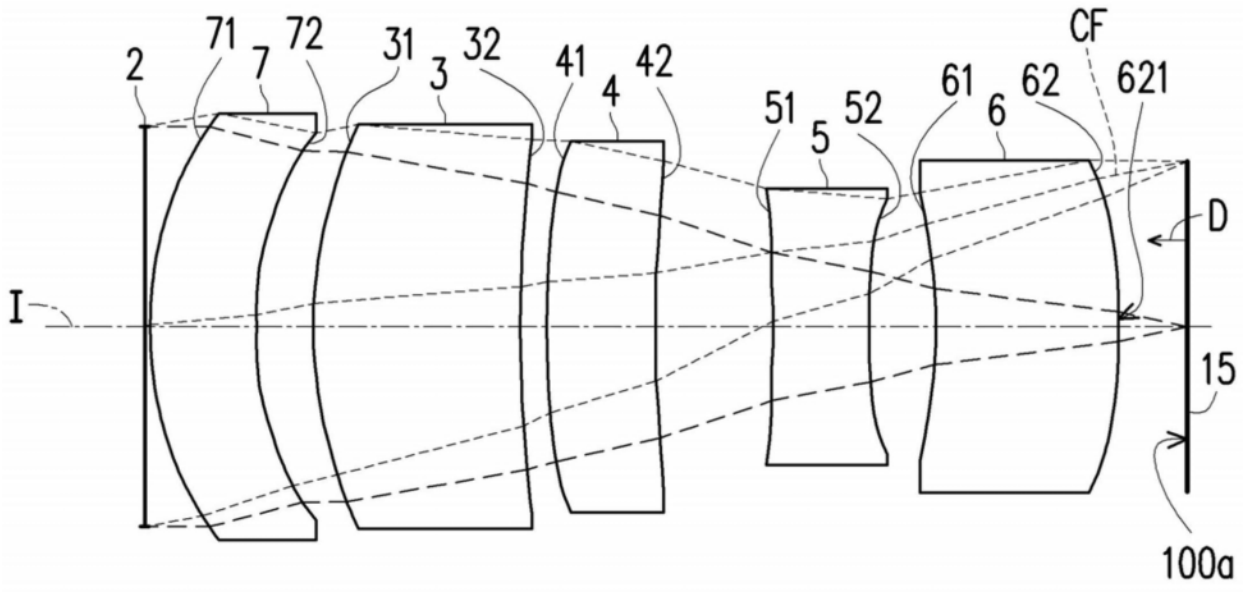
图56D

第十三实施例						
系统焦距= 2.797 mm , 半视场角= 9.939 °, 系统长度 = 2.748 mm, 光圈值= 2.273 ,发光圆半径= 0.500 mm						
元件	面	曲率半径 (mm)	厚度 (mm)	折射率	阿贝 系数	焦距(mm)
物体		无限大	无限大			
光圆 2		无限大	0.015			
第五透镜 7	出光面 71	1.385	0.100	1.642	22.409	-218.679
	入光面 72	1.334	0.030			
第一透镜 3	出光面 31	1.241	0.279	1.851	40.104	2.207
	入光面 32	3.445	0.345			
第二透镜 4	出光面 41	1.685	0.339	1.642	22.409	80.036
	入光面 42	1.610	0.393			
第三透镜 5	出光面 51	-1719.029	0.168	1.642	22.409	-3.635
	入光面 52	2.255	0.587			
第四透镜 6	出光面 61	-2.172	0.477	1.642	22.409	15.615
	入光面 62	-1.923	0.030			
结构光 产生单元 15	发光面 100a	无限大				

图57

面	K	a ₂	a ₄	a ₆	a ₈
71	0.000000E+00	0.000000E+00	-5.702628E-02	1.092237E-01	8.635139E-02
72	0.000000E+00	0.000000E+00	-1.064917E-01	1.743706E-01	4.079218E-01
31	-1.554469E+00	0.000000E+00	4.334009E-02	2.938950E-02	5.012864E-02
41	0.000000E+00	0.000000E+00	8.269282E-02	3.893629E-01	5.054045E-01
42	0.000000E+00	0.000000E+00	2.027230E-02	6.483200E-01	1.135186E+00
51	0.000000E+00	0.000000E+00	1.894892E-01	4.731153E-02	-6.499779E+00
52	0.000000E+00	0.000000E+00	1.057446E+00	1.534054E+00	-4.494106E+00
61	0.000000E+00	0.000000E+00	2.906392E-01	1.409764E+00	-2.266472E+00
62	0.000000E+00	0.000000E+00	6.156159E-01	-1.732450E+00	-7.951177E-01
面	a ₁₀	a ₁₂	a ₁₄	a ₁₆	\
71	2.699156E-01	-4.166020E-01	4.302721E-01	-1.110459E+00	
72	-2.523314E-01	-9.284280E-02	1.735686E+00	-4.006786E+00	
31	4.609574E-02	-2.136989E-01	0.000000E+00	0.000000E+00	
41	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	
42	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	
51	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	
52	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	
61	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	
62	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	

图58



10

图59

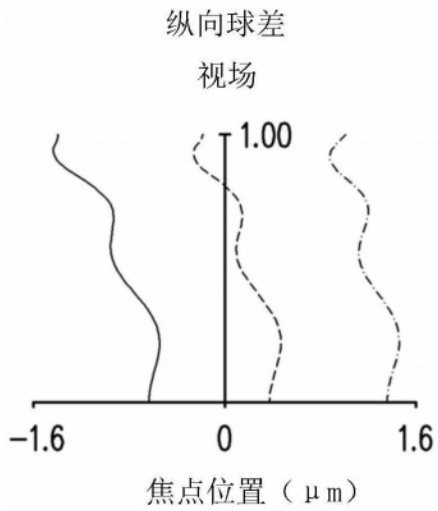
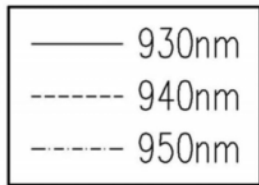


图 60A

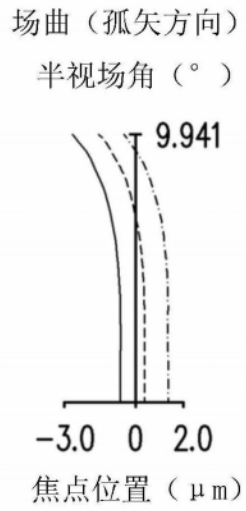


图 60B

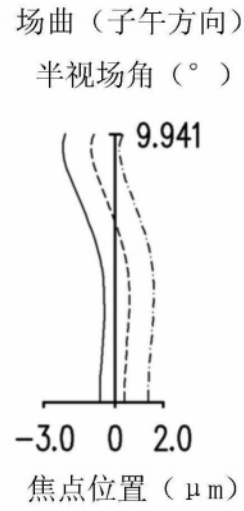


图 60C

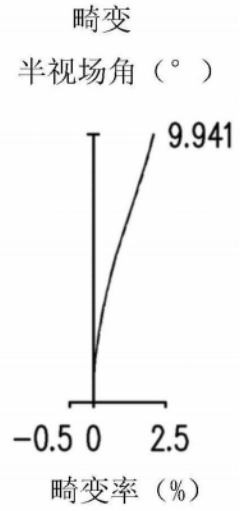


图 60D

第十四实施例						
系统焦距= 2.765 mm , 半视场角= 9.941 °, 系统长度= 3.157 mm, 光圈值= 2.273 ,发光圆半径= 0.500 mm						
元件	面	曲率半径 (mm)	厚度 (mm)	折射率	阿贝 系数	焦距(mm)
物体		无限大	无限大			
光圆 2		无限大	0.015			
第五透镜 7	出光面 71	1.155	0.321	1.642	22.409	30.966
	入光面 72	1.099	0.176			
第一透镜 3	出光面 31	1.347	0.631	1.851	40.104	2.026
	入光面 32	5.288	0.078			
第二透镜 4	出光面 41	3.581	0.330	1.642	22.409	1342.453
	入光面 42	3.470	0.356			
第三透镜 5	出光面 51	-6.935	0.295	1.642	22.409	-4.491
	入光面 52	4.720	0.204			
第四透镜 6	出光面 61	-1.423	0.555	1.642	22.409	-10.907
	入光面 62	-2.072	0.209			
结构光 产生单元 15	发光面 100a	无限大				

图61

面	K	a ₂	a ₄	a ₆	a ₈
71	0.000000E+00	0.000000E+00	-2.981978E-03	8.003733E-02	8.401038E-02
72	0.000000E+00	0.000000E+00	-7.214946E-02	2.445475E-01	5.218710E-01
31	-2.236496E+00	0.000000E+00	-6.510730E-05	7.801764E-03	8.696500E-03
41	0.000000E+00	0.000000E+00	1.394145E-01	2.937316E-01	4.612120E-01
42	0.000000E+00	0.000000E+00	-1.561796E-01	5.263813E-02	1.682712E-01
51	0.000000E+00	0.000000E+00	1.564815E-01	-7.687107E-01	-6.015568E+00
52	0.000000E+00	0.000000E+00	1.434931E+00	1.840163E+00	1.767580E-01
61	0.000000E+00	0.000000E+00	2.621392E-01	6.612657E-01	-3.781531E-01
62	0.000000E+00	0.000000E+00	-3.252894E-01	-3.239313E-01	-8.993117E-01
面	a ₁₀	a ₁₂	a ₁₄	a ₁₆	/
71	2.696506E-01	-4.253828E-01	4.806432E-01	-8.986937E-02	
72	-2.433435E-02	4.838710E-01	3.096216E+00	-1.065822E+00	
31	3.400431E-02	2.351850E-01	0.000000E+00	0.000000E+00	
41	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	
42	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	
51	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	
52	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	
61	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	
62	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	

图62

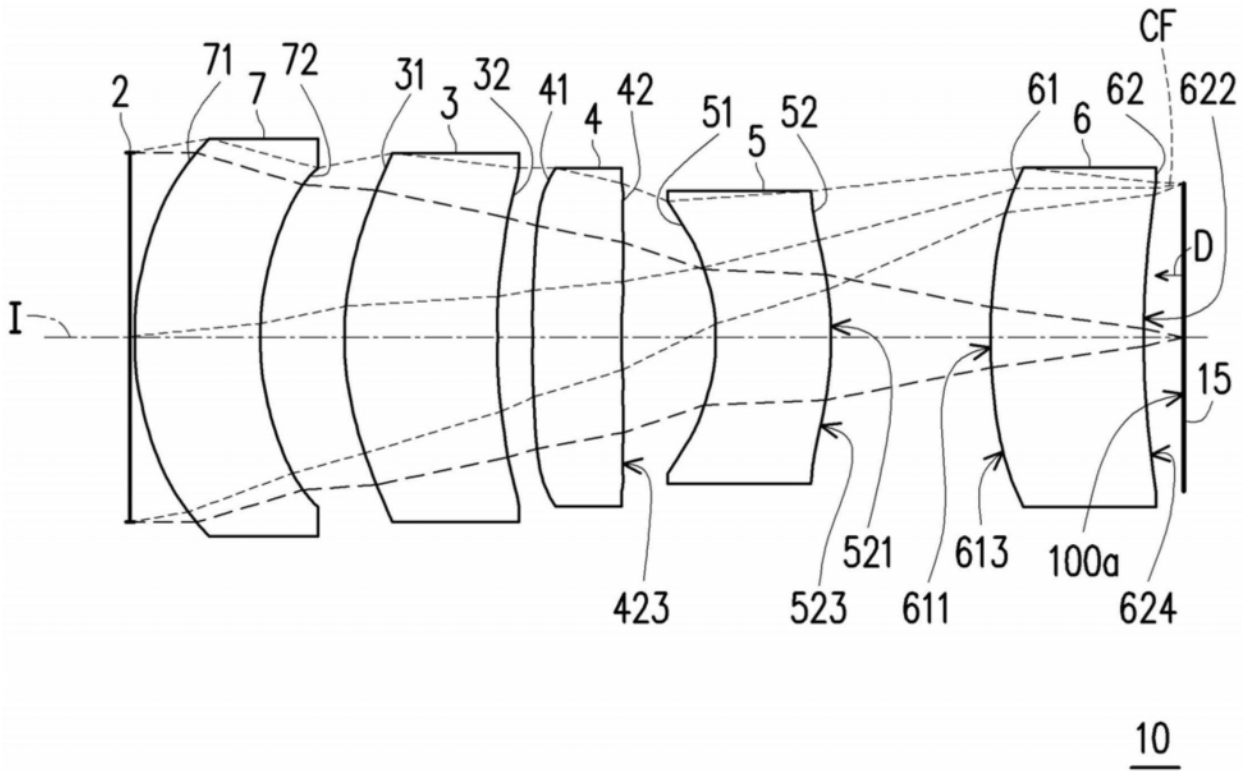


图63

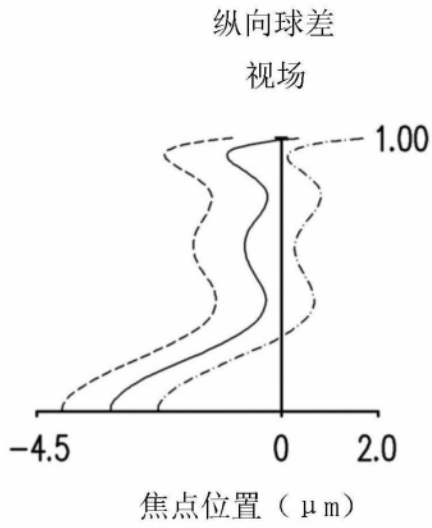
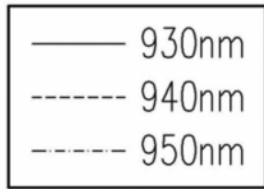


图64A

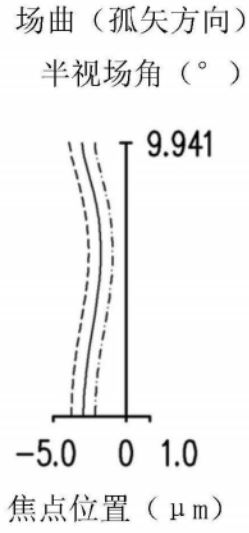


图64B

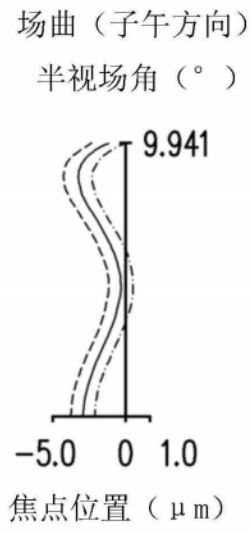


图64C

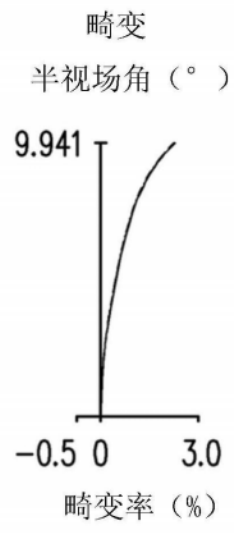


图64D

第十五实施例						
系统焦距= 2.754 mm , 半视场角= 9.941 °, 系统长度= 3.433mm, 光圈值= 2.273 , 发光圆半径= 0.500 mm						
元件	面	曲率半径 (mm)	厚度 (mm)	折射率	阿贝 系数	焦距(mm)
物体		无限大	无限大			
光圆 2		无限大	0.015			
第五透镜 7	出光面 71	1.057	0.411	1.642	22.409	21.911
	入光面 72	0.976	0.276			
第一透镜 3	出光面 31	1.028	0.499	1.851	40.104	1.967
	入光面 32	2.161	0.117			
第二透镜 4	出光面 41	12.434	0.292	1.642	22.409	-23.196
	入光面 42	6.604	0.307			
第三透镜 5	出光面 51	-0.649	0.377	1.642	22.409	-4.806
	入光面 52	-1.015	0.521			
第四透镜 6	出光面 61	1.849	0.499	1.642	22.409	8.571
	入光面 62	2.546	0.134			
结构光 产生单元 15	发光面 100a	无限大				

图65

面	K	a ₂	a ₄	a ₆	a ₈
71	0.000000E+00	0.000000E+00	1.323683E-02	1.415505E-01	-1.901279E-03
72	0.000000E+00	0.000000E+00	-1.504384E-01	2.801747E-01	1.244861E+00
31	-2.117860E+00	0.000000E+00	-9.847273E-03	-1.920331E-01	-3.426741E-01
41	0.000000E+00	0.000000E+00	3.371267E-01	9.510202E-01	1.726258E-01
42	0.000000E+00	0.000000E+00	-3.294763E-01	-6.103524E-01	2.985943E+00
51	0.000000E+00	0.000000E+00	3.099369E-01	-3.629411E-02	5.524460E+00
52	0.000000E+00	0.000000E+00	8.047678E-01	4.114206E-01	2.098681E+00
61	0.000000E+00	0.000000E+00	2.301436E-01	-3.167906E-02	-5.716889E-02
62	0.000000E+00	0.000000E+00	-2.041044E-01	-2.058155E-01	1.361678E+00
面	a ₁₀	a ₁₂	a ₁₄	a ₁₆	/
71	7.027783E-01	-9.106184E-01	2.592696E+00	-2.291875E+00	
72	1.002177E+00	-2.394935E-01	1.587102E+01	2.057729E+01	
31	1.711165E+00	-1.799430E-01	0.000000E+00	0.000000E+00	
41	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	
42	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	
51	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	
52	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	
61	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	
62	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	

图66

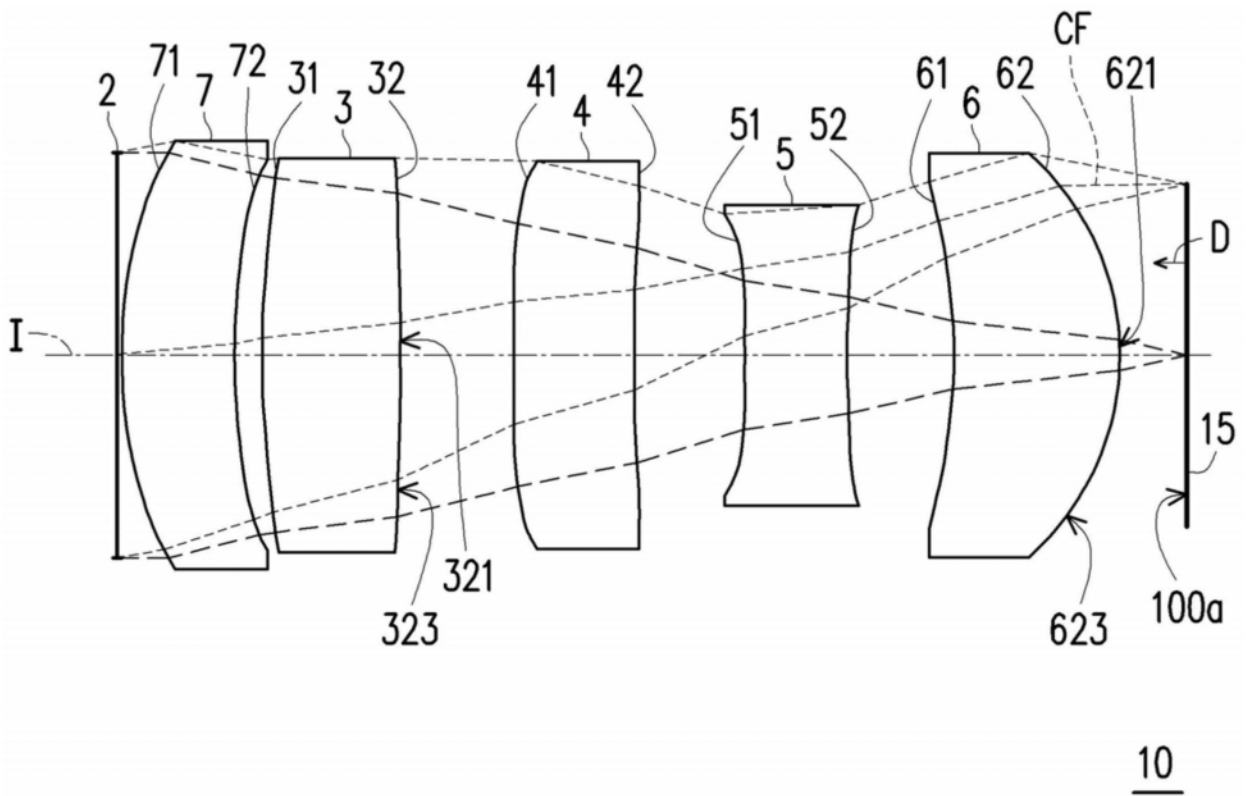


图67

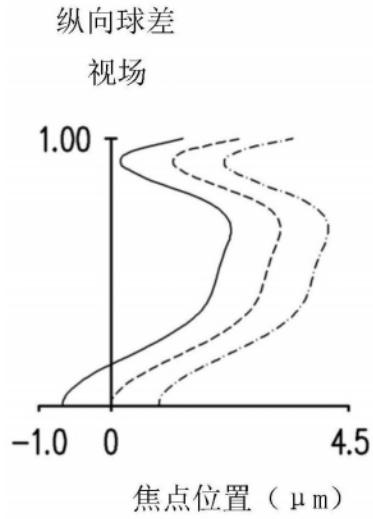
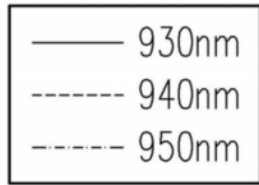


图68A

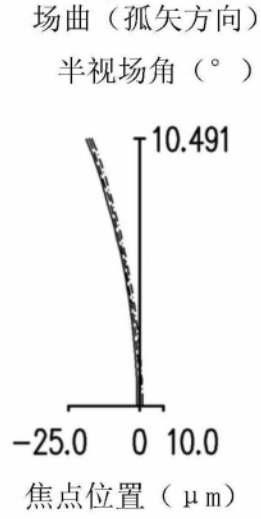


图68B

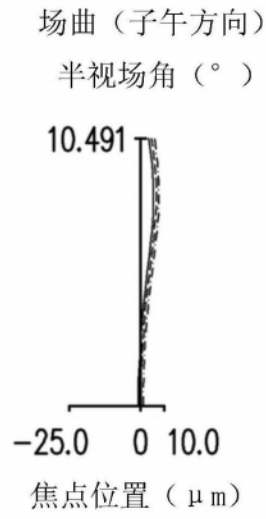


图68C

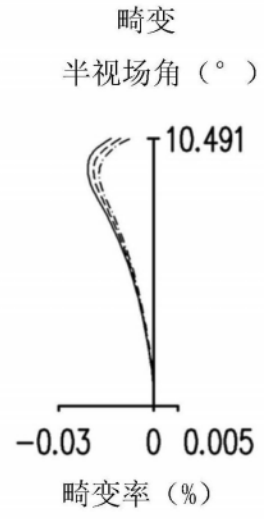


图68D

第十六实施例						
系统焦距= 2.700 mm , 半视场角= 10.491°, 系统长度 = 3.110 mm, 光圈值 = 2.273, 发光圆半径= 0.500 mm						
元件	面	曲率半径 (mm)	厚度 (mm)	折射率	阿贝 系数	焦距(mm)
物体		无限大	无限大			
光圆 2		无限大	0.015			
第五透镜 7	出光面 71	1.490	0.330	1.851	40.104	4.101
	入光面 72	2.379	0.080			
第一透镜 3	出光面 31	2.668	0.402	1.642	22.409	3.555
	入光面 32	-11.894	0.331			
第二透镜 4	出光面 41	27.469	0.351	1.642	22.409	-8.100
	入光面 42	4.222	0.323			
第三透镜 5	出光面 51	-26.380	0.300	1.642	22.409	-6.172
	入光面 52	4.491	0.311			
第四透镜 6	出光面 61	-1.552	0.482	1.642	22.409	2.101
	入光面 62	-0.792	0.200			
结构光 产生单元 15	发光面 100a	无限大				

图69

面	K	a ₂	a ₄	a ₆	a ₈
71	0.000000E+00	0.000000E+00	3.644982E-02	1.422057E-01	1.670680E-01
72	0.000000E+00	0.000000E+00	-1.108833E-02	5.264686E-01	4.408496E-01
31	-3.433189E+01	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
41	0.000000E+00	0.000000E+00	3.987991E-01	1.099023E-01	1.633135E+00
42	0.000000E+00	0.000000E+00	-2.508653E-01	-1.021686E+00	4.825551E+00
51	0.000000E+00	0.000000E+00	-1.244664E+00	-4.736590E+00	6.441493E+00
52	0.000000E+00	0.000000E+00	1.207860E-01	-1.412392E+00	1.235231E+01
61	0.000000E+00	0.000000E+00	1.265042E-01	-7.916912E-02	1.332657E+00
62	0.000000E+00	0.000000E+00	9.300627E-03	-1.091420E-02	8.882009E-02
面	a ₁₀	a ₁₂	a ₁₄	a ₁₆	
71	2.803975E-01	-2.523518E-01	5.007022E-01	0.000000E+00	
72	-6.322855E-01	1.406711E+00	8.707296E+00	-6.058373E+00	
31	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	
41	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	
42	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	
51	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	
52	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	
61	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	
62	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	

图70

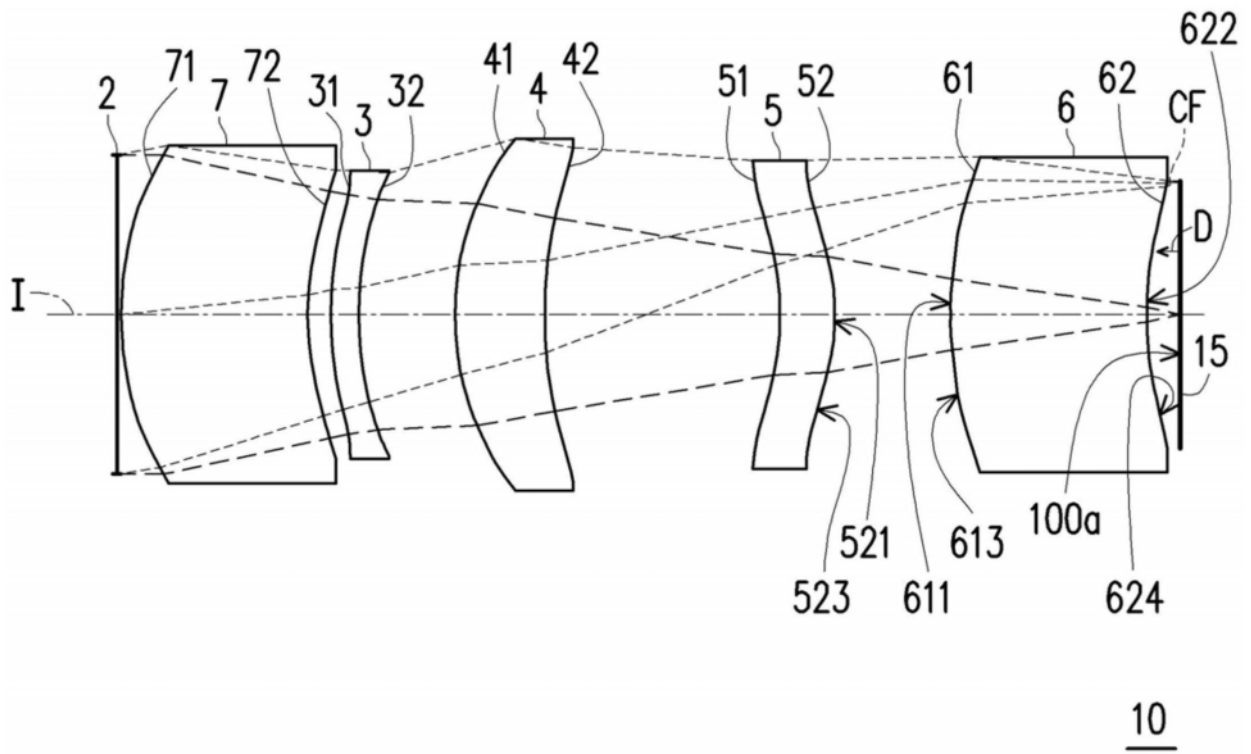


图71

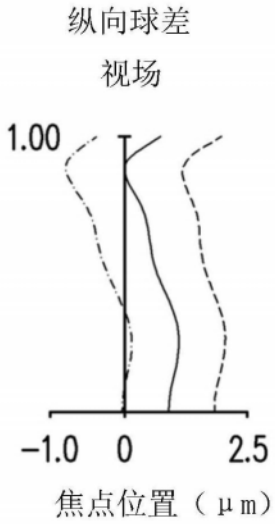
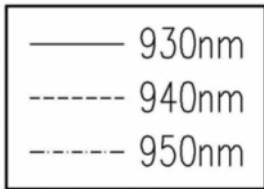


图72A

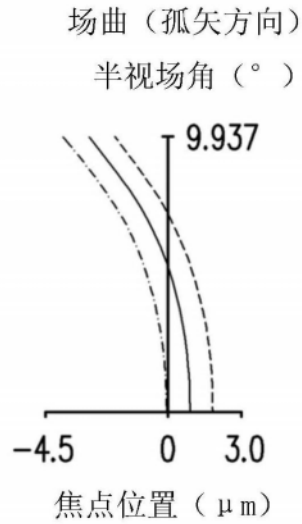


图72B

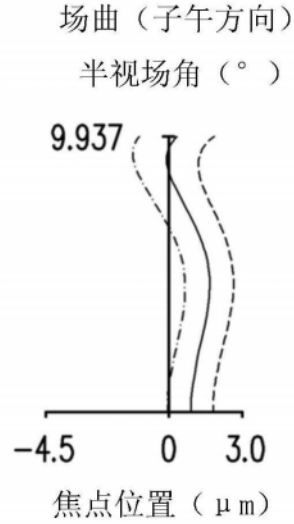


图72C

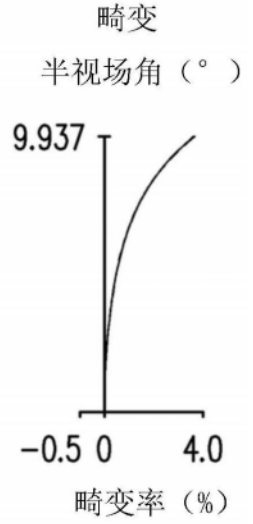


图72D

第十七实施例						
系统焦距= 2.742 mm , 半视场角= 9.937 °, 系统长度= 3.978 mm, 光圈值 = 2.273 ,发光圆半径= 0.500 mm						
元件	面	曲率半径 (mm)	厚度 (mm)	折射率	阿贝 系数	焦距(mm)
物体		无限大	无限大			
光圆 2		无限大	0.015			
第五透镜 7	出光面 71	1.313	0.700	1.642	22.409	18.690
	入光面 72	1.179	0.084			
第一透镜 3	出光面 31	1.203	0.108	1.851	40.104	9.923
	入光面 32	1.352	0.361			
第二透镜 4	出光面 41	1.189	0.335	1.642	22.409	5.476
	入光面 42	1.633	0.884			
第三透镜 5	出光面 51	-0.974	0.206	1.545	55.987	7.163
	入光面 52	-0.834	0.436			
第四透镜 6	出光面 61	1.582	0.736	1.642	22.409	-24.682
	入光面 62	1.178	0.128			
结构光 产生单元 15	发光面 100a	无限大				

图73

面	K	a ₂	a ₄	a ₆	a ₈
71	1.627951E-01	0.000000E+00	5.143597E-02	1.516738E-02	7.858999E-03
72	-1.840885E+00	0.000000E+00	-2.101065E-01	6.610323E-02	1.037978E-01
31	-4.665676E+00	0.000000E+00	-1.769470E-01	-5.105413E-01	-3.381629E-02
41	0.000000E+00	0.000000E+00	1.534393E-01	5.707875E-02	-2.537789E-01
42	0.000000E+00	0.000000E+00	-4.673596E-02	-1.221580E-01	-9.550852E-02
51	0.000000E+00	0.000000E+00	6.291052E-01	1.023029E+00	-1.680518E+00
52	0.000000E+00	0.000000E+00	7.849783E-01	9.696981E-01	-1.650415E-02
61	0.000000E+00	0.000000E+00	-9.662956E-03	-5.881474E-02	-1.051497E-02
62	0.000000E+00	0.000000E+00	-6.531705E-01	1.883001E-01	1.404725E-01
面	a ₁₀	a ₁₂	a ₁₄	a ₁₆	
71	3.269428E-01	-4.837706E-01	-2.572103E-01	9.227667E-01	
72	-2.877604E-01	-5.866629E-02	-4.631767E+00	9.623542E+00	
31	6.228716E-02	-6.924162E-01	0.000000E+00	0.000000E+00	
41	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	
42	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	
51	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	
52	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	
61	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	
62	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	

图74

条件式	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
EFL	3.562	2.785	2.738	2.544	2.616	3.022
T5						
G51						
T1	0.388	0.383	0.572	0.436	0.488	0.558
G12	0.125	0.079	0.050	0.050	0.061	0.047
T2	0.322	0.330	0.342	0.377	0.285	0.341
G23	0.540	0.603	0.419	0.358	0.338	0.462
T3	0.262	0.250	0.279	0.250	0.250	0.596
G34	0.593	0.635	0.266	0.325	0.354	0.244
T4	0.459	0.516	0.582	0.427	0.538	0.468
BFL	0.050	0.050	0.285	0.634	0.626	0.146
ALT	1.430	1.479	1.775	1.490	1.561	1.962
AAG	1.259	1.316	0.736	0.733	0.754	0.753
TL	2.688	2.795	2.510	2.223	2.315	2.715
TTL	2.738	2.845	2.796	2.857	2.940	2.861

图75

条件式	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
$(n1+n2+n3+n4)-4$	2.928	2.928	2.928	2.928	2.928	2.928
$V1+V2+V3+V4$	86.6	86.6	86.6	86.6	86.6	86.6
EFL/ALT	2.491	1.884	1.543	1.707	1.676	1.540
$(G23+G34+T4)/(T2+T3)$	2.730	3.027	2.041	1.768	2.300	1.252
$(T1+G23+G34+T4)/(T2+T3)$	3.394	3.688	2.961	2.463	3.212	1.848
$(ImgH+T1)/(T3+T4)$	1.375	1.115	1.239	1.335	1.224	1.076
$(AAG+BFL)/(T2+T4)$	1.677	1.615	1.105	1.700	1.677	1.112
ImgH/T2	1.874	1.429	1.452	1.237	1.671	1.722
TTL/(T2+T3)	4.695	4.911	4.501	4.553	5.496	3.054
TL/ALT	1.881	1.890	1.415	1.492	1.483	1.384
$(T1+G23)/(G12+G34)$	1.290	1.382	3.131	2.119	1.988	3.500
$(T1+G23)/T2$	2.883	2.990	2.900	2.103	2.900	2.990
$(T1+G34)/(G12+T2)$	2.194	2.490	2.138	1.779	2.432	2.066
$(T1+G34)/T2$	3.050	3.086	2.452	2.015	2.956	2.352
$(T1+T4)/(G12+T3)$	2.187	2.737	3.500	2.875	3.294	1.594
$(T1+T4)/T2$	2.631	2.728	3.377	2.285	3.600	3.008
$(T1+T4)/T3$	3.235	3.604	4.129	3.451	4.103	1.720
$(G34+T4)/(T1+G12)$	2.051	2.490	1.364	1.546	1.624	1.177
$(G34+T4)/T2$	3.271	3.490	2.483	1.990	3.131	2.088

图76

条件式	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	第十二 实施例
EFL	2.696	2.883	3.930	2.825	2.672	2.899
T5			0.315	0.644	0.164	0.332
G51			0.133	0.048	0.030	0.120
T1	0.472	0.639	0.281	0.107	0.487	0.442
G12	0.101	0.073	0.283	0.360	0.099	0.217
T2	0.361	0.414	0.337	0.333	0.337	0.335
G23	0.361	0.398	0.348	0.881	0.287	0.310
T3	0.300	0.250	0.167	0.205	0.269	0.283
G34	0.400	0.329	0.428	0.436	0.305	0.314
T4	0.502	0.485	0.472	0.731	0.725	0.490
BFL	0.200	0.451	0.184	0.134	0.111	0.269
ALT	1.635	1.789	1.573	2.021	1.981	1.883
AAG	0.862	0.800	1.192	1.725	0.721	0.961
TL	2.497	2.588	2.316	3.054	2.509	2.391
TTL	2.697	3.039	2.948	3.881	2.814	3.113

图77

条件式	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	第十二 实施例
$(n1+n2+n3+n4)-4$	2.986	2.928	2.778	2.778	2.778	2.778
$V1+V2+V3+V4$	80.4	86.6	107.3	107.3	107.3	107.3
EFL/ALT	1.649	1.612	2.499	1.398	1.349	1.540
$(G23+G34+T4)/(T2+T3)$	1.912	1.825	2.475	3.800	2.174	1.803
$(T1+G23+G34+T4)/(T2+T3)$	2.626	2.788	3.033	3.999	2.977	2.519
$(ImgH+T1)/(T3+T4)$	1.212	1.584	1.220	0.649	0.992	1.219
$(AAG+BFL)/(T2+T4)$	1.229	1.391	1.700	1.747	0.784	1.492
ImgH/T2	1.384	1.268	1.485	1.499	1.486	1.493
TTL/(T2+T3)	4.081	4.577	5.847	7.200	4.645	5.037
TL/ALT	1.527	1.447	1.473	1.511	1.266	1.270
$(T1+G23)/(G12+G34)$	1.664	2.581	0.885	1.242	1.914	1.416
$(T1+G23)/T2$	2.307	2.505	1.866	2.963	2.299	2.246
$(T1+G34)/(G12+T2)$	1.887	1.987	1.145	0.784	1.815	1.372
$(T1+G34)/T2$	2.414	2.338	2.105	1.630	2.352	2.260
$(T1+T4)/(G12+T3)$	2.434	3.480	1.674	1.483	3.286	1.865
$(T1+T4)/T2$	2.698	2.716	2.237	2.514	3.600	2.785
$(T1+T4)/T3$	3.252	4.498	4.500	4.079	4.500	3.293
$(G34+T4)/(T1+G12)$	1.575	1.143	1.598	2.500	1.757	1.221
$(G34+T4)/T2$	2.498	1.966	2.674	3.500	3.060	2.403

图78

条件式	第十三 实施例	第十四 实施例	第十五 实施例	第十六 实施例	第十七 实施例
EFL	2.797	2.765	2.754	2.700	2.742
T5	0.100	0.321	0.411	0.330	0.700
G51	0.030	0.176	0.276	0.080	0.084
T1	0.279	0.631	0.499	0.402	0.108
G12	0.345	0.078	0.117	0.331	0.361
T2	0.339	0.330	0.292	0.351	0.335
G23	0.393	0.356	0.307	0.323	0.884
T3	0.168	0.295	0.377	0.300	0.206
G34	0.587	0.204	0.521	0.311	0.436
T4	0.477	0.555	0.499	0.482	0.736
BFL	0.030	0.209	0.134	0.200	0.128
ALT	1.362	2.133	2.078	1.865	2.084
AAG	1.356	0.815	1.221	1.045	1.765
TL	2.588	2.450	2.612	2.500	3.065
TTL	2.748	3.157	3.433	3.110	3.978

图79

条件式	第十三 实施例	第十四 实施例	第十五 实施例	第十六 实施例	第十七 实施例
$(n1+n2+n3+n4)-4$	2.778	2.778	2.778	2.569	2.680
$V1+V2+V3+V4$	107.3	107.3	107.3	89.6	140.9
EFL/ALT	2.053	1.296	1.325	1.447	1.315
$(G23+G34+T4)/(T2+T3)$	2.875	1.785	1.984	1.713	3.800
$(T1+G23+G34+T4)/(T2+T3)$	3.425	2.795	2.730	2.330	3.999
$(ImgH+T1)/(T3+T4)$	1.207	1.329	1.140	1.154	0.645
$(AAG+BFL)/(T2+T4)$	1.700	1.157	1.715	1.494	1.769
$ImgH/T2$	1.477	1.517	1.715	1.423	1.494
$TTL/(T2+T3)$	5.422	5.051	5.133	4.774	7.353
TL/ALT	1.900	1.149	1.257	1.340	1.471
$(T1+G23)/(G12+G34)$	0.720	3.500	1.263	1.131	1.246
$(T1+G23)/T2$	1.984	2.996	2.764	2.064	2.964
$(T1+G34)/(G12+T2)$	1.267	2.046	2.500	1.045	0.781
$(T1+G34)/T2$	2.558	2.533	3.500	2.028	1.623
$(T1+T4)/(G12+T3)$	1.471	3.174	2.020	1.401	1.487

图80