



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109856900 B

(45) 授权公告日 2021.05.14

(21) 申请号 201811425823.3

(22) 申请日 2018.11.27

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 109856900 A

(43) 申请公布日 2019.06.07

(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 朱清智 廉嘉丽

(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 秦华

(51) Int. Cl.

G03B 21/20 (2006.01)

G01B 11/25 (2006.01)

(56) 对比文件

JP 2012203234 A, 2012.10.22

CN 103033147 A, 2013.04.10

US 8947509 B2, 2015.02.03

CN 106705887 A, 2017.05.24

TW I634360 B, 2018.09.01

WO 2016027784 A1, 2016.02.25

WO 2005026807 A1, 2005.03.24

US 10088651 B2, 2018.10.02

CN 108107548 A, 2018.06.01

CN 101697233 A, 2010.04.21

CN 103091820 A, 2013.05.08

审查员 张卓宁

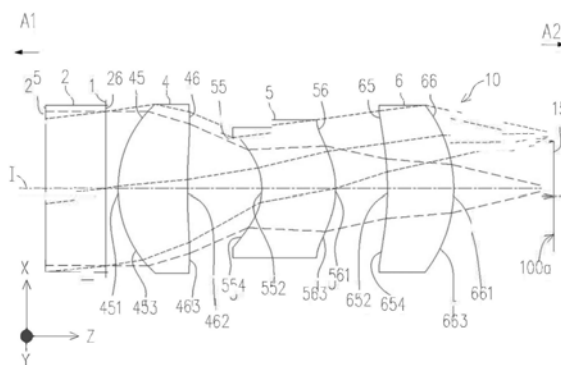
权利要求书2页 说明书18页 附图37页

(54) 发明名称

光学透镜组

(57) 摘要

本发明公开了光学透镜组,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、一第二透镜及一第三透镜。光学透镜组满足条件式:SL/AAG \leq 6.500,其中,SL为光学透镜组中最靠近出光侧的光学元件之一光学面到多光源之结构光产生单元在光轴上的距离,且AAG为光学透镜组所有具有屈光率的透镜间在光轴上的空气间隙总和。本发明所述光学透镜组具有体积小、低成本且有良好成像质量的优点。



1. 一种光学透镜组,用于由一排多个平行排列的点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相互平行的线形光斑,朝向该结构光产生单元的方向为一入光侧,且另一侧的方向为一出光侧,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、一第二透镜及一第三透镜,且该第一透镜、该第二透镜及该第三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,

该第一透镜是从该出光侧至该入光侧算起具有屈光率的第一个透镜;

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二个透镜;

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一个透镜;

该第一透镜之该入光面及该出光面、该第二透镜之该入光面及该出光面及该第三透镜之该入光面及该出光面在包含该光轴且平行一XZ平面的一平面上的截线的曲率分别不同于该第一透镜之该入光面及该出光面、该第二透镜之该入光面及该出光面及该第三透镜之该入光面及该出光面在包含该光轴且平行一YZ平面的一平面上的截线的曲率,其中一X方向及一Y方向相互垂直且垂直于该光轴方向,一Z方向平行于该光轴方向,该XZ平面为该X方向与该Y方向所定义出的平面,该YZ平面为该Y方向与该Z方向所定义出的平面;以及

该光学透镜组满足条件式: $SL / AAG \leq 6.500$,其中,SL为该光学透镜组中最靠近该出光侧的光学元件之一光学面到该结构光产生单元在该光轴上的距离,且AAG为该光学透镜组所有具有屈光率的透镜间在该光轴上的空气间隙总和。

2. 如权利要求1所述光学透镜组,其中该第一透镜之该入光面及该出光面、该第二透镜之该入光面及该出光面及该第三透镜之该入光面及该出光面在包含该光轴且平行该YZ平面的一平面上的截线均为直线。

3. 如权利要求1所述光学透镜组,其中该第一透镜、该第二透镜及该第三透镜的至少其中一者为玻璃材质。

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以下的条件式: $ALT / T1 \leq 5.200$,其中,ALT为该光学透镜组中所有具有屈光率的透镜在该光轴上的透镜厚度总和,且T1为该第一透镜在该光轴上的厚度。

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以下的条件式: $TL / (T3 + BFL) \leq 6.500$,其中,TL为该第一透镜的该出光面到该第三透镜的该入光面在该光轴上的距离,T3为该第三透镜在该光轴上的厚度,且BFL为该第三透镜的该入光面到该结构光产生单元在该光轴上的距离。

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以下的条件式: $SL / EFL \leq 2.500$,其中,EFL为该光学透镜组的系统焦距。

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以下的条件式: $EFL / (T1 + T2) \leq 4.500$,其中,EFL为该光学透镜组的系统焦距,T1为该第一透镜在该光轴上的厚度,且T2为该第二透镜在该光轴上的厚度。

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以下的条件式: $ALT / (G12 + T2) \leq 2.500$,其中,ALT为该光学透镜组中所有具有屈光率的透镜在该光轴上的透镜厚度总和,G12为该第一透镜的该入光面到该第二透镜的该出光面在该光轴上的距离,且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以下的条件式: $TL / (G23+T3) \leq 12.000$,其中,TL为该第一透镜的该出光面到该第三透镜的该入光面在该光轴上的距离,G23为该第二透镜的该入光面到该第三透镜的该出光面在该光轴上的距离,且T3为该第三透镜在该光轴上的厚度。

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以下的条件式: $ALT / AAG \leq 3.500$,其中,ALT为该光学透镜组中所有具有屈光率的透镜在该光轴上的透镜厚度总和。

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以下的条件式: $(T1+T3) / T2 \leq 5.200$,其中,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,且T3为该第三透镜在该光轴上的厚度。

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以下的条件式: $TTL / ALT \leq 2.800$,其中,TTL为该第一透镜的该出光面到该结构光产生单元在该光轴上的距离,且ALT为该光学透镜组中所有具有屈光率的透镜在该光轴上的透镜厚度总和。

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以下的条件式: $SL / (T2+G23+T3) \leq 5.000$,其中,T2为该第二透镜在该光轴上的厚度,G23为该第二透镜的该入光面到该第三透镜的该出光面在该光轴上的距离,且T3为该第三透镜在该光轴上的厚度。

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以下的条件式: $TL / (T1+G23) \leq 7.500$,其中,TL为该第一透镜的该出光面到该第三透镜的该入光面在该光轴上的距离,T1为该第一透镜在该光轴上的厚度,且G23为该第二透镜的该入光面到该第三透镜的该出光面在该光轴上的距离。

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以下的条件式: $(T1+G12+T2) / T3 \leq 12.000$,其中,T1为该第一透镜在该光轴上的厚度,G12为该第一透镜的该入光面到该第二透镜的该出光面在该光轴上的距离,T2为该第二透镜在该光轴上的厚度,且T3为该第三透镜在该光轴上的厚度。

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以下的条件式: $(G23+T3) / T1 \leq 3.300$,其中,G23为该第二透镜的该入光面到该第三透镜的该出光面在该光轴上的距离,T3为该第三透镜在该光轴上的厚度,且T1为该第一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以下的条件式: $ALT / (T2+T3) \leq 3.600$,其中,ALT为该光学透镜组中所有具有屈光率的透镜在该光轴上的透镜厚度总和,T2为该第二透镜在该光轴上的厚度,且T3为该第三透镜在该光轴上的厚度。

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以下的条件式: $(T1+BFL) / T2 \leq 4.100$,其中,T1为该第一透镜在该光轴上的厚度,BFL为该第三透镜的该入光面到该结构光产生单元在该光轴上的距离,且T2为该第二透镜在该光轴上的厚度。

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以下的条件式: $AAG / T2 \leq 6.000$,其中,T2为该第二透镜在该光轴上的厚度。

20. 如权利要求1所述光学透镜组,其中该光学透镜组更符合以下的条件式: $EFL / AAG \leq 4.300$,其中,EFL为该光学透镜组的系统焦距。

光学透镜组

技术领域

[0001] 本发明涉及光学装置,特别是有关于一种光学透镜组。

背景技术

[0002] 近年来,便携式电子装置的应用越来越多元,除了可摄像与录像以外,还有3D结构光投影技术适用于人脸或物体辨识。3D结构光投影是藉由复数个点光源发射通过光学镜片组于景物形成特定形式的图像,例如:点、线或网格等。然而为了让投影的成像能清楚受到辨识,分辨率尤为重要。除此之外,为了满足便携式电子装置轻薄的需求,如何设计出体积小且有良好成像质量的光学透镜组是研发努力的重点。

[0003] 此外,现有3D感测技术为多组近红外光发射单元经由多组准直透镜产生复数平行光用以侦测镜头前方的环境,换句话说为一近红外光经由一组准直透镜产生一平行光,藉由多组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。因此,如何降低成本也是需要解决的问题。

发明内容

[0004] 本发明提供一种光学透镜组,具有体积小、低成本且有良好成像质量。

[0005] 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、一第二透镜及一第三透镜。第一透镜、第二透镜及第三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。第一透镜是从出光侧至入光侧算起具有屈光率的第一个透镜。第二透镜是从入光侧至出光侧算起具有屈光率的第二个透镜。第三透镜是从入光侧至出光侧算起具有屈光率的第一个透镜。第一透镜之入光面及出光面、第二透镜之入光面及出光面及第三透镜之入光面及出光面在包含光轴且平行一XZ平面的一平面上的截线的曲率分别不同于第一透镜之入光面及出光面、第二透镜之入光面及出光面及第三透镜之入光面及出光面在包含光轴且平行一YZ平面的一平面上的截线的曲率,其中一X方向及一Y方向相互垂直且垂直于光轴方向,一Z方向平行于光轴方向,XZ平面为X方向与Y方向所定义出的平面,YZ平面为Y方向与Z方向所定义出的平面。光学透镜组满足条件式: $SL/AAG \leq 6.500$,其中,SL为光学透镜组中最靠近出光侧的光学元件之一光学面到多光源之结构光产生单元在光轴上的距离,且AAG为光学透镜组所有具有屈光率的透镜间在光轴上的空气间隙总和。

[0006] 优选的,其中第一透镜之入光面及出光面、第二透镜之入光面及出光面及第三透镜之入光面及出光面在包含光轴且平行YZ平面的平面上的截线均为直线。

[0007] 优选的,其中第一透镜、第二透镜及第三透镜的至少其中一者为玻璃材质。

[0008] 优选的,光学透镜组更符合以下之一的条件式:

[0009] $ALT/T1 \leq 5.200$,

- [0010] $TL/(T3+BFL) \leq 6.500$,
- [0011] $SL/EFL \leq 2.500$,
- [0012] $EFL/(T1+T2) \leq 4.500$,
- [0013] $ALT/(G12+T2) \leq 2.500$,
- [0014] $TL/(G23+T3) \leq 12.000$,
- [0015] $ALT/AAG \leq 3.500$, $(T1+T3)/T2 \leq 5.200$,
- [0016] $TTL/ALT \leq 2.800$,
- [0017] $SL/(T2+G23+T3) \leq 5.000$,
- [0018] $TL/(T1+G23) \leq 7.500$,
- [0019] $(T1+G12+T2)/T3 \leq 12.000$,
- [0020] $(G23+T3)/T1 \leq 3.300$,
- [0021] $ALT/(T2+T3) \leq 3.600$,
- [0022] $(T1+BFL)/T2 \leq 4.100$,
- [0023] $AAG/T2 \leq 6.000$,
- [0024] $EFL/AAG \leq 4.300$,

[0025] 其中:T1为第一透镜在光轴上的厚度,T2为第二透镜在光轴上的厚度,T3为第三透镜在光轴上的厚度;G12为第一透镜的入光面到第二透镜的出光面在光轴上的距离,G23为第二透镜的入光面到第三透镜的出光面在光轴上的距离;TL为第一透镜的出光面到第三透镜的入光面在光轴上的距离,ALT为光学透镜组中所有具有屈光率的透镜在光轴上的透镜厚度总和,BFL为第三透镜的入光面到多光源之结构光产生单元在光轴上的距离,EFL为光学透镜组的系统焦距,TTL为第一透镜的出光面到多光源之结构光产生单元在光轴上的距离。

[0026] 基于上述,本发明的实施例的光学透镜组的有益效果在于:本发明实施例利用一排多个平行排列的点光源投射通过至少三个透镜的光学透镜组可产生复数个分辨率良好且相互平行的线形光斑,其中一排多个平行排列点光源的设计可顺利达到降低成本的目标,并且因该光学透镜组具有轻薄的优点,能满足便携式电子装置轻薄短小的需求。

附图说明

- [0027] 图1的A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。
- [0028] 图1的B是图1的A中的多光源结构光产生单元的一实施例朝正Z方向的前视图。
- [0029] 图1的C是图1的B中的多光源结构光产生单元在一物体上成像朝负Z方向的前视图。
- [0030] 图2是一示意图,说明一透镜的面型结构。
- [0031] 图3是一示意图,说明一透镜的面型凹凸结构及光线焦点。
- [0032] 图4是一示意图,说明一范例一的透镜的面型结构。
- [0033] 图5是一示意图,说明一范例二的透镜的面型结构。
- [0034] 图6是一示意图,说明一范例三的透镜的面型结构。
- [0035] 图7A为本发明之第一实施例之光学透镜组在平行XZ平面的一平面上的截面示意

图。

[0036] 图7B为本发明之第一实施例之光学透镜组在平行YZ平面的一平面上的截面示意图。

[0037] 图8为第一实施例之光学透镜组的纵向球差与各项像差图。

[0038] 图9示出本发明之第一实施例之光学透镜组的详细光学数据。

[0039] 图10示出本发明之第一实施例之光学透镜组的非球面参数。

[0040] 图11为本发明的第二实施例的光学透镜组在平行XZ平面的一平面上的截面示意图。

[0041] 图12为第二实施例之光学透镜组的纵向球差与各项像差图。

[0042] 图13示出本发明之第二实施例之光学透镜组的详细光学数据。

[0043] 图14示出本发明之第二实施例之光学透镜组的非球面参数。

[0044] 图15为本发明的第三实施例的光学透镜组在平行XZ平面的一平面上的截面示意图。

[0045] 图16为第三实施例之光学透镜组的纵向球差与各项像差图。

[0046] 图17示出本发明之第三实施例之光学透镜组的详细光学数据。

[0047] 图18示出本发明之第三实施例之光学透镜组的非球面参数。

[0048] 图19为本发明的第四实施例的光学透镜组在平行XZ平面的一平面上的截面示意图。

[0049] 图20为第四实施例之光学透镜组的纵向球差与各项像差图。

[0050] 图21示出本发明之第四实施例之光学透镜组的详细光学数据。

[0051] 图22示出本发明之第四实施例之光学透镜组的非球面参数。

[0052] 图23为本发明的第五实施例的光学透镜组在平行XZ平面的一平面上的截面示意图。

[0053] 图24为第五实施例之光学透镜组的纵向球差与各项像差图。

[0054] 图25示出本发明之第五实施例之光学透镜组的详细光学数据。

[0055] 图26示出本发明之第五实施例之光学透镜组的非球面参数。

[0056] 图27为本发明的第六实施例的光学透镜组在平行XZ平面的一平面上的截面示意图。

[0057] 图28为第六实施例之光学透镜组的纵向球差与各项像差图。

[0058] 图29示出本发明之第六实施例之光学透镜组的详细光学数据。

[0059] 图30示出本发明之第六实施例之光学透镜组的非球面参数。

[0060] 图31为本发明的第七实施例的光学透镜组在平行XZ平面的一平面上的截面示意图。

[0061] 图32为第七实施例之光学透镜组的纵向球差与各项像差图。

[0062] 图33示出本发明之第七实施例之光学透镜组的详细光学数据。

[0063] 图34示出本发明之第七实施例之光学透镜组的非球面参数。

[0064] 图35为本发明的第八实施例的光学透镜组在平行XZ平面的一平面上的截面示意图。

[0065] 图36为第八实施例之光学透镜组的纵向球差与各项像差图。

- [0066] 图37示出本发明之第八实施例之光学透镜组的详细光学数据。
- [0067] 图38示出本发明之第八实施例之光学透镜组的非球面参数。
- [0068] 图39为本发明的第九实施例的光学透镜组在平行XZ平面的一平面上的截面示意图。
- [0069] 图40为第九实施例之光学透镜组的纵向球差与各项像差图。
- [0070] 图41示出本发明之第九实施例之光学透镜组的详细光学数据。
- [0071] 图42示出本发明之第九实施例之光学透镜组的非球面参数。
- [0072] 图43为本发明的第十实施例的光学透镜组在平行XZ平面的一平面上的截面示意图。
- [0073] 图44为第十实施例之光学透镜组的纵向球差与各项像差图。
- [0074] 图45示出本发明之第十实施例之光学透镜组的详细光学数据。
- [0075] 图46示出本发明之第十实施例之光学透镜组的非球面参数。
- [0076] 图47以及图48示出本发明之第一至第四实施例之光学透镜组的各重要参数及其关系式的数值。
- [0077] 图49以及图50示出本发明之第五至第十实施例之光学透镜组的各重要参数及其关系式的数值。

具体实施方式

[0078] 在开始详细描述本发明之前,首先清楚表示附图中的符号说明:

[0079] 10:光学透镜组;100、200、300、400、500:透镜;15:多光源之结构光产生单元;15a:近红外光光源;20:镜头;100a:发光参考平面;130:组装部;211、212:平行光线;1:光圈;2、3:滤光片;4:第一透镜;5:第二透镜;6:第三透镜;7:第四透镜;9:物体;25、35、45、55、65、75:出光面;26、36、46、56、66、76:入光面;451、461、462、551、552、561、562、652、661、751、752、761、762、Z1:光轴区域;453、463、464、554、563、564、654、663、753、754、763、764、Z2:圆周区域;a:光束;b:线形光斑;A1:出光侧;A2:入光侧;CP1:第一中心点;CP2:第二中心点;EL:延伸线;I:光轴;Lm:边缘光线;OB:光学边界;R:点;TP1:第一转换点;TP2:第二转换点;Z3:中继区域。

[0080] 请参照图1的A、B及C,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(以光束a示意),用以侦测镜头前方的环境。在一实施例中,多光源之结构光产生单元15包括多个以直线方式排列的近红外光光源15a,如图1的B所绘示。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阵列排列、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。包含这些近红外光光源15a的发光所在位置的一参考平面形成了多光源之结构光产生单元15的一发光参考平面100a。在一实施例中,此发光参考平面100a垂直于光轴I,如图1的A所绘示。此外,由包括有上述一排多个呈直线排列的近红外光光源15a的多光源之结构光产生单元15所投射出的多个光束,可藉由通过光学透镜组10在物体9产生复数个分辨率良好且相互平行的线形光斑b,如图1的C所绘示。在图1的B及图1的C的实施例中,多个近红外光光源15a沿X方向排列,可在物体9产生多条沿着Y方向延伸,且沿着X方向排列的多个线形

光斑b,但本发明并不限于此。

[0081] 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的发光参考平面100a聚焦成像。

[0082] 本说明书之光学系统包含至少一透镜,接收入射光学系统之平行于光轴至相对光轴呈半视角(Half Field of View,HFOV)角度内的成像光线。成像光线通过光学系统于成像面上成像。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近轴屈光率为正(或为负)。所言之「透镜之出光面(或入光面)」定义为成像光线通过透镜表面的特定范围。成像光线包括至少两类光线:主光线(chief ray) L_c 及边缘光线(marginal ray) L_m (如图2所示)。透镜之出光面(或入光面)可依不同位置区分为不同区域,包含光轴区域、圆周区域、或在部分实施例中的一个或多个中继区域,这些区域的说明将于下方详细阐述。

[0083] 图2为透镜100的径向剖视图。定义透镜100表面上的二参考点:中心点及转换点。透镜表面的中心点为该表面与光轴I的一交点。如图2所例示,第一中心点CP1位于透镜100的出光面110,第二中心点CP2位于透镜100的入光面120。转换点是位于透镜表面上的一点,且该点的切线与光轴I垂直。定义透镜表面之光学边界OB为通过该透镜表面径向最外侧的边缘光线 L_m 与该透镜表面相交的一点。所有的转换点皆位于光轴I与透镜表面之光学边界OB之间。除此之外,若单一透镜表面有复数个转换点,则这些转换点由径向向外的方向依序自第一转换点开始命名。例如,第一转换点TP1(最靠近光轴I)、第二转换点TP2(如图5所示)及第N转换点(距离光轴I最远)。

[0084] 定义从中心点至第一转换点TP1的范围为光轴区域,其中,该光轴区域包含中心点。定义距离光轴I最远的第N转换点径向向外至光学边界OB的区域为圆周区域。在部分实施例中,可另包含介于光轴区域与圆周区域之间的中继区域,中继区域的数量取决于转换点的数量。

[0085] 当平行光轴I之光线通过一区域后,若光线朝光轴I偏折且与光轴I的交点位在透镜入光侧A2,则该区域为凸面。当平行光轴I之光线通过一区域后,若光线的延伸线与光轴I的交点位在透镜出光侧A1,则该区域为凹面。

[0086] 除此之外,参见图2,透镜100还可包含一由光学边界OB径向向外延伸的组装部130。组装部130一般来说用以供该透镜100组装于光学系统之一相对应元件(图未示)。成像光线并不会到达该组装部130。组装部130之结构与形状仅为说明本发明之示例,不以此限制本发明的范围。下列讨论之透镜的组装部130可能会在图式中被部分或全部省略。

[0087] 参见图3,定义中心点CP与第一转换点TP1之间为光轴区域Z1。定义第一转换点TP1与透镜表面的光学边界OB之间为圆周区域Z2。如图3所示,平行光线211在通过光轴区域Z1后与光轴I在透镜200的入光侧A2相交,即平行光线211通过光轴区域Z1的焦点位于透镜200入光侧A2的R点。由于光线与光轴I相交于透镜200入光侧A2,故光轴区域Z1为凸面。反之,平行光线212在通过圆周区域Z2后发散。如图3所示,平行光线212通过圆周区域Z2后的延伸线EL与光轴I在透镜200的出光侧A1相交,即平行光线212通过圆周区域Z2的焦点位于透镜200出光侧A1的M点。由于光线的延伸线EL与光轴I相交于透镜200出光侧A1,故圆周区域Z2为凹面。于图3所示的透镜200中,第一转换点TP1是光轴区域与圆周区域的分界,即第一转换点

TP1为凸面转凹面的分界点。

[0088] 另一方面,光轴区域的面形凹凸判断还可依该领域中通常知识者的判断方式,即藉由近轴的曲率半径(简称为R值)的正负号来判断透镜之光轴区域面形的凹凸。R值可常见被使用于光学设计软件中,例如Zemax或CodeV。R值亦常见于光学设计软件的透镜资料表(lens data sheet)中。以出光面来说,当R值为正时,判定为出光面的光轴区域为凸面;当R值为负时,判定出光面的光轴区域为凹面。反之,以入光面来说,当R值为正时,判定入光面的光轴区域为凹面;当R值为负时,判定入光面的光轴区域为凸面。此方法判定的结果与前述藉由光线/光线延伸线与光轴的交点判定方式的结果一致,光线/光线延伸线与光轴交点的判定方式即为以一平行光轴之光线的焦点位于透镜之出光侧或入光侧来判断面形凹凸。本说明书所描述之「一区域为凸面(或凹面)」、「一区域为凸(或凹)」或「一凸面(或凹面)区域」可被替换使用。

[0089] 图4至图6提供了在各个情况下判断透镜区域的面形及区域分界的范例,包含前述之光轴区域、圆周区域及中继区域。

[0090] 图4为透镜300的径向剖视图。参见图4,透镜300的入光面320在光学边界OB内仅存在一个转换点TP1。透镜300的入光面320的光轴区域Z1及圆周区域Z2如图4所示。此入光面320的R值为正(即 $R>0$),因此,光轴区域Z1为凹面。

[0091] 一般来说,以转换点为界的各个区域面形会与相邻的区域面形相反,因此,可用转换点来界定面形的转变,即自转换点由凹面转凸面或由凸面转凹面。于图4中,由于光轴区域Z1为凹面,面形于转换点TP1转变,故圆周区域Z2为凸面。

[0092] 图5为透镜400的径向剖视图。参见图5,透镜400的出光面410存在一第一转换点TP1及一第二转换点TP2。定义光轴I与第一转换点TP1之间为出光面410的光轴区域Z1。此出光面410的R值为正(即 $R>0$),因此,光轴区域Z1为凸面。

[0093] 定义第二转换点TP2与透镜400的出光面410的光学边界OB之间为圆周区域Z2,该出光面410的该圆周区域Z2亦为凸面。除此之外,定义第一转换点TP1与第二转换点TP2之间为中继区域Z3,该出光面410的该中继区域Z3为凹面。再次参见图5,出光面410由光轴I径向向外依序包含光轴I与第一转换点TP1之间的光轴区域Z1、位于第一转换点TP1与第二转换点TP2之间的中继区域Z3,及第二转换点TP2与透镜400的出光面410的光学边界OB之间的圆周区域Z2。由于光轴区域Z1为凸面,面形自第一转换点TP1转变为凹,故中继区域Z3为凹面,又面形自第二转换点TP2再转变为凸,故圆周区域Z2为凸面。

[0094] 图6为透镜500的径向剖视图。透镜500的出光面510无转换点。对于无转换点的透镜表面,例如透镜500的出光面510,定义自光轴I起算至透镜表面光学边界OB之间距离的0~50%为光轴区域,自光轴I起算至透镜表面光学边界OB之间距离的50~100%为圆周区域。参见图6所示之透镜500,定义光轴I至自光轴I起算到透镜500表面光学边界OB之间距离的50%为出光面510的光轴区域Z1。此出光面510的R值为正(即 $R>0$),因此,光轴区域Z1为凸面。由于透镜500的出光面510无转换点,因此出光面510的圆周区域Z2亦为凸面。透镜500更可能具有组装部(图未示)自圆周区域Z2径向向外延伸。

[0095] 图7A为本发明之第一实施例之光学透镜组在平行XZ平面的一平面上的截面示意图,7B为本发明之第一实施例之光学透镜组在平行YZ平面的一平面上的截面示意图,而图8的A至图8的D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7A及图7B,

本发明的第一实施例之光学透镜组10主要由三片透镜构成,在本实施例中,光学透镜组10从出光侧A1至入光侧A2沿光学透镜组10的一光轴I依序包括一滤光片2(Filter)、一光圈1、一第一透镜4、一第二透镜5、一第三透镜6,且第一透镜4、第二透镜5及第三透镜6皆为柱状透镜且都各自具有一朝向出光侧A1且使多个近红外光通过之出光面45、55、65及一朝向入光侧A2且使多个近红外光通过之入光面46、56、66。补充说明的是,入光侧A2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A1。

[0096] 详细而言,在本实施例中,第一透镜4、第二透镜5及第三透镜6之入光面46、56、66及出光面45、55、65在包含光轴I且平行一XZ平面的一平面上的截线的曲率分别不同于第一透镜4、第二透镜5及第三透镜6之入光面46、56、66及出光面45、55、65在包含光轴I且平行一YZ平面的一平面上的截线的曲率。更详细而言,在本实施例中,第一透镜4、第二透镜5及第三透镜6之入光面46、56、66及出光面45、55、65在包含光轴I且平行YZ平面的一平面上的截线均为直线,如图7的A与图7的B的绘示,但本发明并不限于此。补充说明的是,上述的XZ平面为一X方向与一Z方向所定义出的平面,上述的YZ平面为Y方向与一Z方向所定义出的平面,其中一X方向及一Y方向相互垂直且垂直于光轴I方向,其中一Z方向平行于光轴I方向。

[0097] 另补充说明的是,光学透镜组10中透镜的面形式为自定义的一种曲面。具体而言,透镜的表面为在X方向和Y方向上具有不同的非球面系数的曲面,其中非球面系数包含曲率半径、锥面系数以及高阶非球面系数。而本发明利用光学软件Code V或光学软件Zemax将这些透镜表面在X方向和Y方向上具有不同定义,以调制这些表面对光束不同方向上的光学表现,进而使一排多个直线方式排列的光源通过该光学透镜组10得以成像出复数互相平行之线形光斑的效果,其中柱面镜定义及光学软件Code V或光学软件Zemax中的柱体定义是这些自定义曲面的子集。

[0098] 在本实施例中,滤光片2设于光圈1与出光侧A1之间,滤光片2可滤除杂散光且有助于近红外光通过。当一排多个沿着X方向平行排列的近红外光光源15a由多光源之结构光产生单元15的发光参考平面100a发出而进入光学透镜组10,并依序经由第三透镜6、第二透镜5、第一透镜4、光圈1以及滤光片2后产生多个光束,并射出光学透镜组10。当这些光束照射于出光侧A1的一与光轴I垂直的平面上时,会产生多条沿着Y方向延伸的线形光斑,且这些线形光斑沿着X方向排列。

[0099] 第一透镜4是从出光侧A1至入光侧A2算起具有屈光率的第一个透镜。第一透镜4具有正屈光率。第一透镜4的出光面45的一光轴区域451为凸面,以及一圆周区域453为凸面。第一透镜4的入光面46的一光轴区域462为凹面,以及一圆周区域463为凸面。在本实施例中,第一透镜4的出光面45以及入光面46皆为非球面(aspheric surface)。

[0100] 第二透镜5是从入光侧A2至出光侧A1算起具有屈光率的第二个透镜。第二透镜5具有正屈光率。第二透镜5的出光面55的一光轴区域552为凹面,以及一圆周区域554为凹面。第二透镜5的入光面56的一光轴区域561为凸面,以及一圆周区域563为凸面。在本实施例中,第二透镜5的出光面55以及入光面56皆为非球面。

[0101] 第三透镜6是从入光侧A2至出光侧A1算起具有屈光率的第一个透镜。第三透镜6具有正屈光率。第三透镜6的出光面65的一光轴区域652为凹面,以及一圆周区域654为凹面。第三透镜6的入光面66的一光轴区域661为凸面,以及一圆周区域663为凸面。在本实施例中,第三透镜6的出光面65以及入光面66皆为非球面。

[0102] 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整体的系统焦距为2.729毫米,SL参数为4.205毫米,TTL参数为3.605毫米,像高为0.450毫米,半视场角为9.371°,光圈值(f-number,Fno)则为2.155。其中,SL为光学透镜组10中最靠近出光侧A1的光学元件之一光学面(在本实施例中即为滤光片2的出光面25)到多光源之结构光产生单元15在光轴I上的距离,且TTL为第一透镜4的出光面45到多光源之结构光产生单元15在光轴I上的距离。其中,图9中第一透镜4、第二透镜5及第三透镜6的出光面45、55、65及入光面46、56、66的曲率半径是指在平行XZ平面的一平面上的曲率半径,而第一透镜4、第二透镜5及第三透镜6的出光面45、55、65及入光面46、56、66在平行YZ平面的一平面上的曲率半径均为无限大。

[0103] 此外,在本实施例中,第一透镜4、第二透镜5及第三透镜6的出光面45、55、65及入光面46、56、66共计六个面在平行XZ平面的一平面上均是一般的偶次非球面(even asphere surface)。而这些非球面是依下列公式定义:

$$[0104] \quad Z(X) = \frac{X^2}{R} / \left(1 + \sqrt{1 - (1+K) \frac{X^2}{R^2}} \right) + \sum_{i=1}^n a_{2i} \times X^{2i} \text{-----} (1)$$

[0105] 其中:

[0106] Z表示非球面之深度(非球面上距离光轴为X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);

[0107] X表示非球面曲面上的点与光轴的垂直距离;

[0108] R表示透镜表面之曲率半径;

[0109] K为锥面系数(Conic Constant);

[0110] a_{2i} 为第2i阶非球面系数。

[0111] 第一透镜4的出光面45到第三透镜6的入光面66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45表示其为第一透镜4的出光面45的非球面系数,其它栏位依此类推。

[0112] 另外,第一实施例之光学透镜组10中各重要参数间的关系如图47、48所示。在图47中,T1至AAG的参数的单位为毫米。

[0113] 其中,

[0114] T1为第一透镜4在光轴I上的厚度;

[0115] G12为第一透镜4的入光面46到第二透镜5的出光面55在光轴I上的距离;

[0116] T2为第二透镜5在光轴I上的厚度;

[0117] G23为第二透镜5的入光面56到第三透镜6的出光面65在光轴I上的距离;

[0118] T3为第三透镜6在光轴I上的厚度;

[0119] TTL为第一透镜4的出光面到多光源之结构光产生单元15在光轴I上的距离;

[0120] SL为光学透镜组10中最靠近出光侧A1的光学元件之一光学面到多光源之结构光产生单元15在光轴I上的距离,即光学透镜组的系统长度;

[0121] BFL为第三透镜6的入光面66到多光源之结构光产生单元15在光轴I上的距离;

[0122] EFL为光学透镜组10的系统焦距;

[0123] TL为第一透镜4的出光面45到第三透镜6的入光面66在光轴I上的距离;

[0124] ALT为光学透镜组10所有具有屈光率的透镜在光轴I上的透镜厚度总和;

[0125] AAG为光学透镜组10所有具有屈光率的透镜间在光轴I上的空气间隙总和。补充说明的是,在本实施例中,最靠近出光侧A1的光学元件之光学面为滤光片2的出光面25。因此,SL即为滤光片2的出光面25到多光源之结构光产生单元15在光轴I上的距离,然而本发明并不限于此。举例而言,在一些实施例中,当最靠近出光侧A1的光学元件为光圈1时,则SL即为光圈1到多光源之结构光产生单元15在光轴I上的距离。

[0126] 再配合参阅图8的A至图8的D,图8的A的图式说明第一实施例当其光瞳半径(Pupil Radius)为0.6332毫米时的纵向球差(Longitudinal Spherical Aberration),图8的B与图8的C的图式则分别说明第一实施例当其波长为950纳米、940纳米及930纳米时在发光参考平面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8的D的图式则说明第一实施例当其波长为950纳米、940纳米及930纳米时在发光参考平面100a上的畸变(Distortion Aberration)。本第一实施例的纵向球差图8的A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 ± 12 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。

[0127] 在图8的B与图8的C的二个场曲像差图式中,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,说明本第一实施例的光学系统能有效消除像差。而图8的D的畸变图式则显示本第一实施例的畸变率维持在 $\pm 0.12\%$ 的范围内,说明本第一实施例的畸变已符合光学系统的成像质量要求,据此说明本第一实施例相较于现有光学透镜组,在系统长度已缩短至4.205毫米左右的条件下,仍能提供良好的成像质量。

[0128] 本第一实施例光学透镜组10有良好的热稳定性,设定常温 20°C 为一基准,在此温度下光学透镜组10的焦点偏移量(Focal shift)为0.0000毫米,降温至 0°C 时,光学透镜组10的焦点偏移量为-0.0111毫米,而升温至 60°C 时,光学透镜组10的焦点偏移量为0.0251毫米。因此,本第一实施例相较于现有光学透镜组,在系统长度已缩短至4.205毫米左右的条件下,仍有良好的热稳定性。

[0129] 图11为本发明的第二实施例的光学透镜组在平行XZ平面的一平面上的截面示意图,而图12的A至图12的D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:第二实施例中第一透镜4的入光面46的一光轴区域461为凸面,且各光学数据、非球面系数及这些透镜4、5及6间的参数或多或少有些不同。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光轴区域与圆周区域的标号。

[0130] 第二实施例的光学透镜组10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整体的系统焦距为2.729毫米,SL参数为4.092毫米,TTL参数为3.492毫米,像高为0.500毫米,半视场角为 10.387° ,光圈值则为2.155。其中,图13中第一透镜4、第二透镜5及第三透镜6的出光面45、55、65及入光面46、56、66的曲率半径是指在平行XZ平面的一平面上的曲率半径,而第一透镜4、第二透镜5及第三透镜6的出光面45、55、65及入光面46、56、66在平行YZ平面的一平面上的曲率半径均为无限大。

[0131] 如图14所示,则为第二实施例的第一透镜4的出光面45到第三透镜6的入光面66在公式(1)中的各项非球面系数。

[0132] 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47、48所示。

[0133] 本第二实施例在其光瞳半径为0.6330毫米时的纵向球差图12的A中,不同高度的离轴光线的成像点偏差控制在 ± 14 微米的范围内。在图12的B与图12的C的二个场曲像差图式中,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12的D的畸变图式则显示本第二实施例的畸变率维持在 $\pm 0.12\%$ 的范围内。

[0134] 本第二实施例光学透镜组10有良好的热稳定性,设定常温 20°C 为一基准,在此温度下光学透镜组10的焦点偏移量为0.0000毫米,降温至 0°C 时,光学透镜组10的焦点偏移量为-0.0112毫米,而升温至 60°C 时,光学透镜组10的焦点偏移量为0.0243毫米。

[0135] 经由上述说明可得知:第二实施例的系统长度比第一实施例的系统长度小,第二实施例的半视场角大于第一实施例的半视场角,第二实施例的场曲像差优于第一实施例的场曲像差,且第二实施例的热稳定性优于第一实施例的热稳定性。

[0136] 图15为本发明的第三实施例的光学透镜组在平行XZ平面的一平面上的截面示意图,而图16的A至图16的D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:第三实施例中第一透镜4的入光面46的一光轴区域461为凸面,而第三透镜6的入光面66为球面,且各光学数据、非球面系数及这些透镜4、5及6间的参数或多或少有些不同。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光轴区域与圆周区域的标号。

[0137] 第三实施例的光学透镜组10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整体的系统焦距为2.729毫米,SL参数为4.729毫米,TTL参数为3.621毫米,像高为0.430毫米,半视场角为 8.961° ,光圈值则为2.155。其中,图17中第一透镜4、第二透镜5及第三透镜6的出光面45、55、65及入光面46、56、66的曲率半径是指在平行XZ平面的一平面上的曲率半径,而第一透镜4、第二透镜5及第三透镜6的出光面45、55、65及入光面46、56、66在平行YZ平面的一平面上的曲率半径均为无限大。

[0138] 如图18所示,则为第三实施例的第一透镜4的出光面45到第三透镜6的出光面65在公式(1)中的各项非球面系数。

[0139] 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47、48所示。

[0140] 本第三实施例在其光瞳半径为0.6332毫米时的纵向球差图16的A中,不同高度的离轴光线的成像点偏差控制在 ± 16 微米的范围内。在图16的B与图16的C的二个场曲像差图式中,三种代表波长在整个视场范围内的焦距变化量落在 ± 20 微米内。而图16的D的畸变图式则显示本第三实施例的畸变率维持在 $\pm 0.12\%$ 的范围内。

[0141] 本第三实施例光学透镜组10有良好的热稳定性,设定常温 20°C 为一基准,在此温度下光学透镜组10的焦点偏移量为0.0000毫米,降温至 0°C 时,光学透镜组10的焦点偏移量为-0.0127毫米,而升温至 60°C 时,光学透镜组10的焦点偏移量为0.0284毫米。

[0142] 图19为本发明的第四实施例的光学透镜组在平行XZ平面的一平面上的截面示意图,而图20的A至图20的D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:第三透镜6的入光面66为球面,且各光学数据、非球面系数及这些透镜4、5及6间的参数或多或少有些不同。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光轴区域与圆周区域的标号。

[0143] 第四实施例的光学透镜组10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整体的系统焦距为2.729毫米,SL参数为4.199毫米,TTL参数为3.599毫米,像高为0.380毫米,半视场角为 7.934° ,光圈值则为2.155。其中,图21中第一透镜4、第二透镜5及第三透镜6的出光面45、55、65及入光面46、56、66的曲率半径是指在平行XZ平面的一平面上的曲率半径,而第一透镜4、第二透镜5及第三透镜6的出光面45、55、65及入光面46、56、66在平行YZ平面的一平面上的曲率半径均为无限大。

[0144] 如图22所示,则为第四实施例的第一透镜4的出光面45到第三透镜6的出光面65在公式(1)中的各项非球面系数。

[0145] 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47、48所示。

[0146] 本第四实施例在其光瞳半径为0.6332毫米时的纵向球差图20的A中,不同高度的离轴光线的成像点偏差控制在 ± 16 微米的范围内。在图20的B与图20的C的二个场曲像差图式中,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。而图20的D的畸变图式则显示本第四实施例的畸变率维持在 $\pm 0.14\%$ 的范围内。

[0147] 本第四实施例光学透镜组10有良好的热稳定性,设定常温 20°C 为一基准,在此温度下光学透镜组10的焦点偏移量为0.0000毫米,降温至 0°C 时,光学透镜组10的焦点偏移量为-0.0123毫米,而升温至 60°C 时,光学透镜组10的焦点偏移量为0.0247毫米。

[0148] 经由上述说明可得知:第四实施例的系统长度比第一实施例的系统长度小,第四实施例的场曲像差优于第一实施例的场曲像差,且第四实施例的热稳定性优于第一实施例的热稳定性。

[0149] 图23为本发明之第五实施例之光学透镜组在平行XZ平面的一平面上的截面示意图,而图24的A至图24的D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23,本发明的第五实施例之光学透镜组10主要由四片透镜构成,在本实施例中,光学透镜组10从出光侧A1至入光侧A2沿光学透镜组10的一光轴I依序包括一光圈1、一第一透镜4、一第四透镜7、一第二透镜5及一第三透镜6,且第一透镜4、一第四透镜7、第二透镜5及第三透镜6皆为柱状透镜且都各自具有一朝向出光侧A1且使多个近红外光通过之出光面45、75、55、65及一朝向入光侧A2且使多个近红外光通过之入光面46、76、56、66。补充说明的是,入光侧A2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A1。

[0150] 详细而言,在本实施例中,第一透镜4、第四透镜7、第二透镜5及第三透镜6之入光面46、76、56、26及出光面45、75、55、65分别在包含光轴I且平行一XZ平面的一平面上的截线与第一透镜4、第四透镜7、第二透镜5及第三透镜6之入光面46、76、56、66及出光面45、75、55、65分别在包含光轴I且平行一YZ平面的一平面上的截线的曲率不同。更详细而言,在本实施例中,第一透镜4、第四透镜7、第二透镜5及第三透镜6之入光面46、76、56、66及出光面45、75、55、65分别在包含光轴I且平行YZ平面的一平面上的截线为直线,但本发明并不限于此。补充说明的是,上述的XZ平面为一X方向与一Y方向所定义出的平面,上述的YZ平面为Y方向与一Z方向所定义出的平面,其中一X方向及一Y方向相互垂直且垂直于光轴I方向,其中一Z方向平行于光轴I方向。

[0151] 当一排多个沿着平行X方向排列的近红外光光源15a由多光源之结构光产生单元15发出而进入光学透镜组10,并依序经由第三透镜6、第二透镜5、第四透镜7、第一透镜4以及光圈1后产生多个光束,并射出光学透镜组10。当这些光束照射于出光侧A1的一与光轴I垂直的平面上时,会产生多条沿着Y方向延伸的线形光斑,且这些线形光斑沿着X方向排列。

[0152] 第一透镜4是从出光侧A1至入光侧A2算起具有屈光率的第一个透镜。第一透镜4具有正屈光率。第一透镜4的出光面45的一光轴区域451为凸面,以及一圆周区域453为凸面。第一透镜4的入光面46的一光轴区域462为凹面,以及一圆周区域464为凹面。在本实施例中,第一透镜4的出光面45以及入光面46皆为非球面。

[0153] 第二透镜5是从入光侧A2至出光侧A1算起具有屈光率的第二个透镜。第二透镜5具有负屈光率。第二透镜5的出光面55的一光轴区域552为凹面,以及一圆周区域554为凹面。第二透镜5的入光面56的一光轴区域561为凸面,以及一圆周区域563为凸面。在本实施例中,第二透镜5的出光面55以及入光面56皆为非球面。

[0154] 第三透镜6是从入光侧A2至出光侧A1算起具有屈光率的第一个透镜。第三透镜6具有正屈光率。第三透镜6的出光面65的一光轴区域652为凹面,以及一圆周区域654为凹面。第三透镜6的入光面66的一光轴区域661为凸面,以及一圆周区域663为凸面。在本实施例中,第三透镜6的出光面65以及入光面66皆为球面。

[0155] 第四透镜7具有正屈光率。第四透镜7的出光面75的一光轴区域752为凹面,以及一圆周区域754为凹面。第四透镜7的入光面76的一光轴区域761为凸面,以及一圆周区域763为凸面。在本实施例中,第四透镜7的出光面75以及入光面76皆为非球面。因此,可由上述公式(1)所定义出。

[0156] 第五实施例的其他详细光学数据如图25所示,且第五实施例的光学透镜组10整体的系统焦距为2.899毫米,SL参数为3.659毫米,TTL参数为3.358毫米,像高为0.250毫米,半视场角为 4.930° ,光圈值则为2.096。在本实施例中,SL为光学透镜组10中光圈1到多光源之结构光产生单元15在光轴I上的距离。其中,图25中第一透镜4、第二透镜5、第三透镜6及第四透镜7的出光面45、55、65、75及入光面46、56、66、76的曲率半径是指在平行XZ平面的一平面上的曲率半径,而第一透镜4、第二透镜5、第三透镜6及第四透镜7的出光面45、55、65、75及入光面46、56、66、76在平行YZ平面的一平面上的曲率半径均为无限大。

[0157] 第一透镜4的出光面45到第二透镜5的入光面56在公式(1)中的各项非球面系数如图26所示。其中,图26中栏位编号45表示其为第一透镜4的出光面45的非球面系数,其它栏位依此类推。

[0158] 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49、50所示。在图49中,T1至AAG的参数的单位为毫米。

[0159] 其中,部分参数定义相同于图47的说明,并且,

[0160] G14为第一透镜4的入光面46到第四透镜7的出光面75在光轴I上的距离;

[0161] T4为第四透镜7在光轴I上的厚度;

[0162] G42为第四透镜7的入光面76到第二透镜5的出光面55在光轴I上的距离。

[0163] 再配合参阅图24的A至图24的D,本第五实施例在其光瞳半径为0.6913毫米时的纵向球差图24的A中,不同高度的离轴光线的成像点偏差控制在 ± 16 微米的范围内。在图24的B与图24的C的二个场曲像差图式中,三种代表波长在整个视场范围内的焦距变化量落在 \pm

25微米内。而图24的D的畸变图式则显示本第五实施例的畸变率维持在 $\pm 0.4\%$ 的范围内。

[0164] 本第五实施例光学透镜组10有良好的热稳定性,设定常温 20°C 为一基准,在此温度下光学透镜组10的焦点偏移量为 0.0000 毫米,降温至 0°C 时,光学透镜组10的焦点偏移量为 -0.0139 毫米,而升温至 60°C 时,光学透镜组10的焦点偏移量为 0.0282 毫米。

[0165] 经由上述说明可得知:第五实施例的系统长度比第一实施例的系统长度小,且第五实施例的光圈值比第一实施例的光圈值小。

[0166] 图27为本发明的第六实施例的光学透镜组在平行XZ平面的一平面上的截面示意图,而图28的A至图28的D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,其与第五实施例大致相似,而两者的差异如下所述:第六实施例中第一透镜4的入光面46的一光轴区域461为凸面,一圆周区域463为凸面,且各光学数据、非球面系数及这些透镜4、5、6及7间的参数或多或少有些不同。在此需注意的是,为了清楚地显示图面,图27中省略部分与第五实施例相同的光轴区域与圆周区域的标号。

[0167] 此外,本第六实施例中第一透镜4为玻璃材质。因此,可提高热稳定性以减少焦点偏移量,满足光学透镜组10在不同温度的环境中维持一定的光学质量。

[0168] 第六实施例的光学透镜组10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整体的系统焦距为 2.899 毫米,SL参数为 4.111 毫米,TTL参数为 3.757 毫米,像高为 0.260 毫米,半视场角为 5.130° ,光圈值则为 2.096 。其中,图29中第一透镜4、第二透镜5、第三透镜6及第四透镜7的出光面45、55、65、75及入光面46、56、66、76的曲率半径是指在平行XZ平面的一平面上的曲率半径,而第一透镜4、第二透镜5、第三透镜6及第四透镜7的出光面45、55、65、75及入光面46、56、66、76在平行YZ平面的一平面上的曲率半径均为无限大。

[0169] 如图30所示,则为第六实施例的第一透镜4的出光面45到第二透镜5的入光面56在公式(1)中的各项非球面系数。

[0170] 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49、50所示。

[0171] 本第六实施例在其光瞳半径为 0.6915 毫米时的纵向球差图28的A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28的B与图28的C的二个场曲像差图式中,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28的D的畸变图式则显示本第六实施例的畸变率维持在 $\pm 0.12\%$ 的范围内。

[0172] 本第六实施例光学透镜组10有良好的热稳定性,设定常温 20°C 为一基准,在此温度下光学透镜组10的焦点偏移量为 0.0000 毫米,降温至 0°C 时,光学透镜组10的焦点偏移量为 0.0038 毫米,而升温至 60°C 时,光学透镜组10的焦点偏移量为 -0.0077 毫米。

[0173] 经由上述说明可得知:第六实施例的系统长度比第一实施例的系统长度小,第六实施例的光圈值比第一实施例的光圈值小,且第六实施例的热稳定性优于第一实施例的热稳定性。

[0174] 图31为本发明的第七实施例的光学透镜组在平行XZ平面的一平面上的截面示意图,而图32的A至图32的D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,其与第五实施例大致相似,而两者的差异如下所述:第七实施例的光学透镜组10还包括两滤光片2、3,且从出光侧A1至入光侧A2沿光轴I依序为光圈1、两滤光片2、3、第一透镜4、第四透镜7、第二透镜5及第三透镜6,第七实施例中

第一透镜4的入光面46为球面,第四透镜7的出光面75的一光轴区域751为凸面,一圆周区域753为凸面,而入光面76的一光轴区域762为凹面,一圆周区域764为凹面,第三透镜6的出光面65及入光面66为非球面,且各光学数据、非球面系数及这些透镜4、5、6及7间的参数或多或少有些不同。在此需注意的是,为了清楚地显示图面,图31中省略部分与第五实施例相同的光轴区域与圆周区域的标号。

[0175] 第七实施例的光学透镜组10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整体的系统焦距为2.686毫米,SL参数为3.568毫米,TTL参数为2.868毫米,像高为0.380毫米,半视场角为 8.050° ,光圈值则为2.155。其中,图33中第一透镜4、第二透镜5、第三透镜6及第四透镜7的出光面45、55、65、75及入光面46、56、66、76的曲率半径是指在平行XZ平面的一平面上的曲率半径,而第一透镜4、第二透镜5、第三透镜6及第四透镜7的出光面45、55、65、75及入光面46、56、66、76在平行YZ平面的一平面上的曲率半径均为无限大。

[0176] 如图34所示,则为第七实施例的第一透镜4的出光面45到第三透镜6的入光面66在公式(1)中的各项非球面系数。

[0177] 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49、50所示。

[0178] 本第七实施例在其光瞳半径为0.6230毫米时的纵向球差图32的A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32的B与图32的C的二个场曲像差图式中,三种代表波长在整个视场范围内的焦距变化量落在 ± 14 微米内。而图32的D的畸变图式则显示本第七实施例的畸变率维持在 $\pm 0.014\%$ 的范围内。

[0179] 本第七实施例光学透镜组10有良好的热稳定性,设定常温 20°C 为一基准,在此温度下光学透镜组10的焦点偏移量为0.0000毫米,降温至 0°C 时,光学透镜组10的焦点偏移量为-0.0106毫米,而升温至 60°C 时,光学透镜组10的焦点偏移量为0.0220毫米。

[0180] 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小,第七实施例的纵向球差优于第一实施例的纵向球差,第七实施例的畸变优于第一实施例的畸变,且第七实施例的热稳定性优于第一实施例的热稳定性。

[0181] 图35为本发明的第八实施例的光学透镜组在平行XZ平面的一平面上的截面示意图,而图36的A至图36的D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,其与第五实施例大致相似,而两者的差异如下所述:第八实施例的光学透镜组10还包括两滤光片2、3,且从出光侧A1至入光侧A2沿光轴I依序为光圈1、两滤光片2、3、第一透镜4、第四透镜7、第二透镜5及第三透镜6,第八实施例中第一透镜4的入光面46为球面,第四透镜7具有负屈光率,且第四透镜7出光面75的一光轴区域751为凸面,一圆周区域753为凸面,而入光面76的一光轴区域762为凹面,一圆周区域764为凹面,第三透镜6的出光面65及入光面66为非球面,且各光学数据、非球面系数及这些透镜4、5、6及7间的参数或多或少有些不同。在此需注意的是,为了清楚地显示图面,图35中省略部分与第五实施例相同的光轴区域与圆周区域的标号。

[0182] 此外,本第八实施例中第一透镜4为玻璃材质。因此,可提高热稳定性以减少焦点偏移量,满足光学透镜组10在不同温度的环境中维持一定的光学质量。

[0183] 第八实施例的光学透镜组10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整体的系统焦距为2.684毫米,SL参数为3.394毫米,TTL参数为2.694毫米,像高为0.400毫米,半视场角为 8.480° ,光圈值则为2.155。其中,图37中第一透镜4、第二透镜5、第

三透镜6及第四透镜7的出光面45、55、65、75及入光面46、56、66、76的曲率半径是指在平行XZ平面的一平面上的曲率半径,而第一透镜4、第二透镜5、第三透镜6及第四透镜7的出光面45、55、65、75及入光面46、56、66、76在平行YZ平面的一平面上的曲率半径均为无限大。

[0184] 如图38所示,则为第八实施例的第一透镜4的出光面45到第三透镜6的入光面66在公式(1)中的各项非球面系数。

[0185] 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49、50所示。

[0186] 本第八实施例在其光瞳半径为0.6226毫米时的纵向球差图36的A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36的B与图36的C的二个场曲像差图式中,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36的D的畸变图式则显示本第八实施例的畸变率维持在 $\pm 0.014\%$ 的范围内。

[0187] 本第八实施例光学透镜组10有良好的热稳定性,设定常温 20°C 为一基准,在此温度下光学透镜组10的焦点偏移量为0.0000毫米,降温至 0°C 时,光学透镜组10的焦点偏移量为0.0019毫米,而升温至 60°C 时,光学透镜组10的焦点偏移量为-0.0033毫米。

[0188] 经由上述说明可得知:第八实施例的系统长度比第一实施例的系统长度小,第八实施例的纵向球差优于第一实施例的纵向球差,第八实施例的畸变优于第一实施例的畸变,且第八实施例的热稳定性优于第一实施例的热稳定性。

[0189] 图39为本发明的第九实施例的光学透镜组在平行XZ平面的一平面上的截面示意图,而图40的A至图40的D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39,本发明光学透镜组10的一第九实施例,其与第五实施例大致相似,而两者的差异如下所述:第九实施例的光学透镜组10还包括一滤光片2,且从出光侧A1至入光侧A2沿光轴I依序为光圈1、滤光片2、第一透镜4、第四透镜7、第二透镜5及第三透镜6,第九实施例中第四透镜7具有负屈光率而第二透镜5具有正屈光率,且第四透镜7的出光面75的一光轴区域751为凸面,一圆周区域753为凸面,而入光面76的一光轴区域762为凹面,一圆周区域764为凹面,第三透镜6的出光面65及入光面66为非球面,且各光学数据、非球面系数及这些透镜4、5、6及7间的参数或多或少有些不同。在此需注意的是,为了清楚地显示图面,图39中省略部分与第五实施例相同的光轴区域与圆周区域的标号。

[0190] 第九实施例的光学透镜组10详细的光学数据如图41所示,且第九实施例的光学透镜组10整体的系统焦距为2.731毫米,SL参数为3.445毫米,TTL参数为2.855毫米,像高为0.430毫米,半视场角为 8.942° ,光圈值则为2.155。其中,图41中第一透镜4、第二透镜5、第三透镜6及第四透镜7的出光面45、55、65、75及入光面46、56、66、76的曲率半径是指在平行XZ平面的一平面上的曲率半径,而第一透镜4、第二透镜5、第三透镜6及第四透镜7的出光面45、55、65、75及入光面46、56、66、76在平行YZ平面的一平面上的曲率半径均为无限大。

[0191] 如图42所示,则为第九实施例的第一透镜4的出光面45到第三透镜6的入光面66在公式(1)中的各项非球面系数。

[0192] 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49、50所示。

[0193] 本第九实施例在其光瞳半径为0.6335毫米时的纵向球差图40的A中,不同高度的离轴光线的成像点偏差控制在 ± 30 微米的范围内。在图40的B与图40的C的二个场曲像差图式中,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40的D的畸变图式则显示本第九实施例的畸变率维持在 $\pm 0.05\%$ 的范围内。

[0194] 本第九实施例光学透镜组10有良好的热稳定性,设定常温20℃为一基准,在此温度下光学透镜组10的焦点偏移量为0.0000毫米,降温至0℃时,光学透镜组10的焦点偏移量为-0.0110毫米,而升温至60℃时,光学透镜组10的焦点偏移量为0.0181毫米。

[0195] 经由上述说明可得知:第九实施例的系统长度比第一实施例的系统长度小,第九实施例的畸变优于第一实施例的畸变,且第九实施例的热稳定性优于第一实施例的热稳定性。

[0196] 图43为本发明的第十实施例的光学透镜组在平行XZ平面的一平面上的截面示意图,而图44的A至图44的D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,其与第五实施例大致相似,而两者的差异如下所述:第十实施例中第一透镜4的入光面46的一圆周区域463为凸面,第二透镜5的出光面55的一光轴区域551为凸面,而入光面56的一光轴区域562为凹面,一圆周区域564为凹面,且各光学数据、非球面系数及这些透镜4、5、6及7间的参数或多或少有些不同。在此需注意的是,为了清楚地显示图面,图43中省略部分与第五实施例相同的光轴区域与圆周区域的标号。

[0197] 第十实施例的光学透镜组10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整体的系统焦距为2.900毫米,SL参数为3.529毫米,TTL参数为3.245毫米,像高为0.250毫米,半视场角为4.966°,光圈值则为2.096。其中,图45中第一透镜4、第二透镜5、第三透镜6及第四透镜7的出光面45、55、65、75及入光面46、56、66、76的曲率半径是指在平行XZ平面的一平面上的曲率半径,而第一透镜4、第二透镜5、第三透镜6及第四透镜7的出光面45、55、65、75及入光面46、56、66、76在平行YZ平面的一平面上的曲率半径均为无限大。

[0198] 如图46所示,则为第十实施例的第一透镜4的出光面45到第二透镜5的入光面56在公式(1)中的各项非球面系数。

[0199] 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49、50所示。

[0200] 本第十实施例在其光瞳半径为0.6916毫米时的纵向球差图44的A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44的B与图44的C的二个场曲像差图式中,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44的D的畸变图式则显示本第十实施例的畸变率维持在±0.12%的范围内。

[0201] 本第十实施例光学透镜组10有良好的热稳定性,设定常温20℃为一基准,在此温度下光学透镜组10的焦点偏移量为0.0000毫米,降温至0℃时,光学透镜组10的焦点偏移量为-0.0156毫米,而升温至60℃时,光学透镜组10的焦点偏移量为0.0314毫米。

[0202] 经由上述说明可得知:第十实施例的系统长度比第一实施例的系统长度小,第十实施例的光圈值比第一实施例的光圈值小,且第十实施例的纵向球差优于第一实施例的纵向球差。

[0203] 为了使光学透镜组10的设计能因应轻薄短小的便携式电子装置的需求,光学透镜组10符合 $SL/AAG \leq 6.500$ 也有助于缩短系统长度同时维持良好的成像质量,而较佳的范围为 $2.200 \leq SL/AAG \leq 6.500$ 。

[0204] 此外,考量制作的难易的前提下,适当地调整透镜间的空气间隙或是透镜厚度,若满足以下条件式之数值限定,可以兼具缩短透镜系统长度、维持良好的分辨率及维持高的制造良率。

- [0205] 其中,
- [0206] 光学透镜组10可符合 $ALT/T1 \leq 5.200$,较佳的范围为 $2.500 \leq ALT/T1 \leq 5.200$;
- [0207] 光学透镜组10可符合 $TL/(T3+BFL) \leq 6.500$,较佳的范围为 $1.700 \leq TL/(T3+BFL) \leq 6.500$;
- [0208] 光学透镜组10可符合 $SL/EFL \leq 2.500$,较佳的范围为 $0.800 \leq SL/EFL \leq 2.500$;
- [0209] 光学透镜组10可符合 $EFL/(T1+T2) \leq 4.500$,较佳的范围为 $2.100 \leq EFL/(T1+T2) \leq 4.500$;
- [0210] 光学透镜组10可符合 $ALT/(G12+T2) \leq 2.500$,较佳的范围为 $0.600 \leq ALT/(G12+T2) \leq 2.500$;
- [0211] 光学透镜组10可符合 $TL/(G23+T3) \leq 12.000$,较佳的范围为 $2.000 \leq TL/(G23+T3) \leq 12.000$;
- [0212] 光学透镜组10可符合 $ALT/AAG \leq 3.500$,较佳的范围为 $1.100 \leq ALT/AAG \leq 3.500$;
- [0213] 光学透镜组10可符合 $(T1+T3)/T2 \leq 5.200$,较佳的范围为 $1.700 \leq (T1+T3)/T2 \leq 5.200$;
- [0214] 光学透镜组10可符合 $TTL/ALT \leq 2.800$,较佳的范围为 $1.400 \leq TTL/ALT \leq 2.800$;
- [0215] 光学透镜组10可符合 $SL/(T2+G23+T3) \leq 5.000$,较佳的范围为 $1.700 \leq SL/(T2+G23+T3) \leq 5.000$;
- [0216] 光学透镜组10可符合 $TL/(T1+G23) \leq 7.500$,较佳的范围为 $2.600 \leq TL/(T1+G23) \leq 7.500$;
- [0217] 光学透镜组10可符合 $(T1+G12+T2)/T3 \leq 12.000$,较佳的范围为 $1.600 \leq (T1+G12+T2)/T3 \leq 12.000$;
- [0218] 光学透镜组10可符合 $(G23+T3)/T1 \leq 3.300$,较佳的范围为 $0.600 \leq (G23+T3)/T1 \leq 3.300$;
- [0219] 光学透镜组10可符合 $ALT/(T2+T3) \leq 3.600$,较佳的范围为 $1.200 \leq ALT/(T2+T3) \leq 3.600$;
- [0220] 光学透镜组10可符合 $(T1+BFL)/T2 \leq 4.100$,较佳的范围为 $1.100 \leq (T1+BFL)/T2 \leq 4.100$;
- [0221] 光学透镜组10可符合 $AAG/T2 \leq 6.000$,较佳的范围为 $1.300 \leq AAG/T2 \leq 6.000$;
- [0222] 光学透镜组10可符合 $EFL/AAG \leq 4.300$,较佳的范围为 $1.700 \leq EFL/AAG \leq 4.300$ 。
- [0223] 此外另可选择实施例参数之任意组合关系增加透镜组限制,以利于本发明相同架构的透镜组设计。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透镜组长度缩短、可用光圈增大、成像质量提升,或组装良率提升而改善先前技术的缺点。
- [0224] 前述所列之示范性限定关系式,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,第一透镜的物侧面上可选择性地额外形成有一位于光轴区域的凸面。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。

[0225] 综上所述,本发明的实施例的光学透镜组可获致下述的功效及优点:

[0226] 一、本发明各实施例的一排多个沿着X轴排列的近红外光光源所发出的光线通过本发明实施例的光学透镜组,其中,第一透镜、第二透镜及第三透镜之入光面及出光面在包含光轴且平行XZ平面的一平面上的截线的曲率分别不同于第一透镜、第二透镜及第三透镜之入光面及出光面在包含光轴且平行YZ平面的一平面上的截线的曲率,可使光束照射于出光侧与光轴垂直的一平面上时,产生多条沿着Y方向延伸的线形光斑,这些线形光斑沿着X方向排列,且具有良好的分辨率。

[0227] 二、本发明各实施例的第一透镜之入光面及出光面、第二透镜之入光面及出光面及第三透镜之入光面及出光面在包含光轴且平行YZ平面的一平面上的截线均为直线的设计,在良率上有较优的表现。

[0228] 三、本发明各实施例的第三透镜具有正屈光率及第三透镜的入光面的光轴区域为凸面能有效聚集光线,搭配第三透镜的出光面圆周附近区域为凹面、第二透镜的出光面圆周区域为凹面以及第一透镜的出光面光轴区域为凸面有利修正像差。

[0229] 四、本发明各实施例的透镜采用非球面的设计更有利于优化成像质量。

[0230] 五、本发明各实施例的透镜选择塑料材质有助于轻量化,其中选择一片或一片以上的透镜使用玻璃材质有助于提高热稳定性,减少焦点偏移量。

[0231] 本发明之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。

[0232] 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。

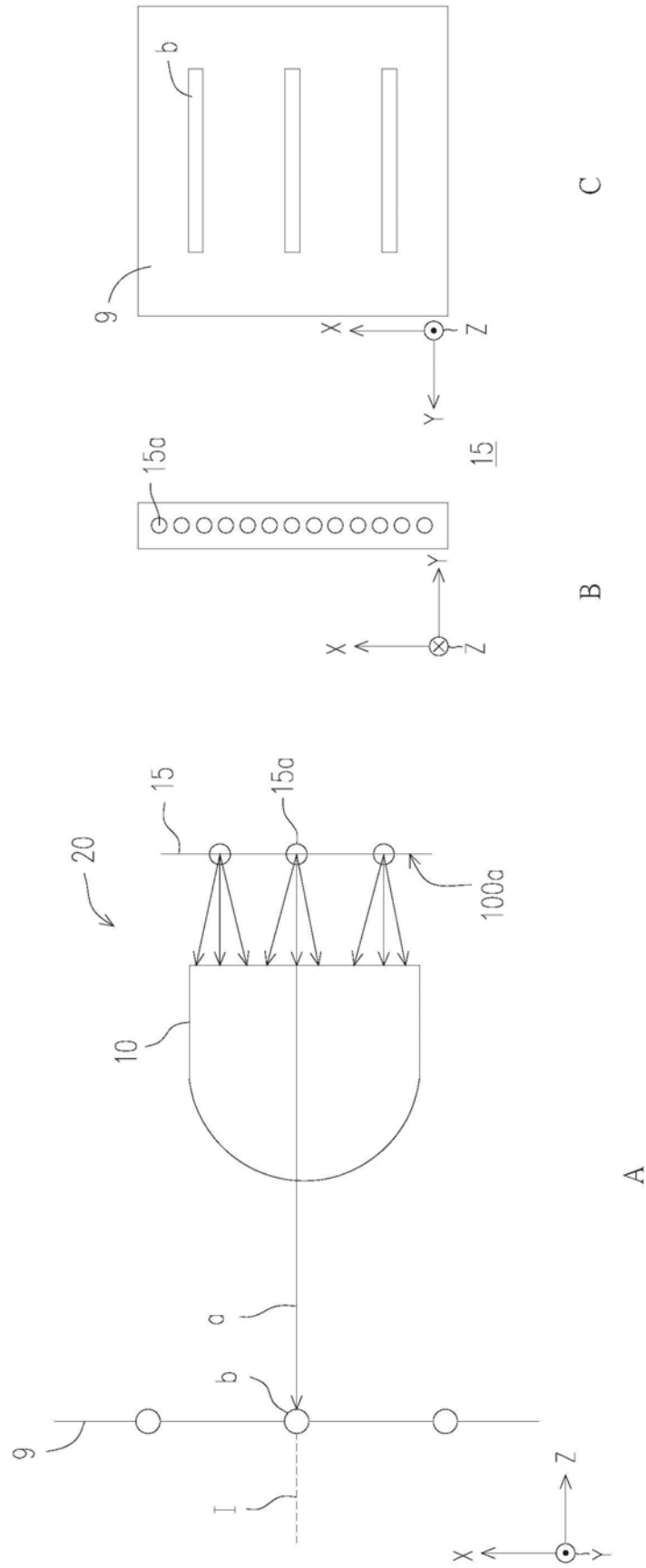


图1

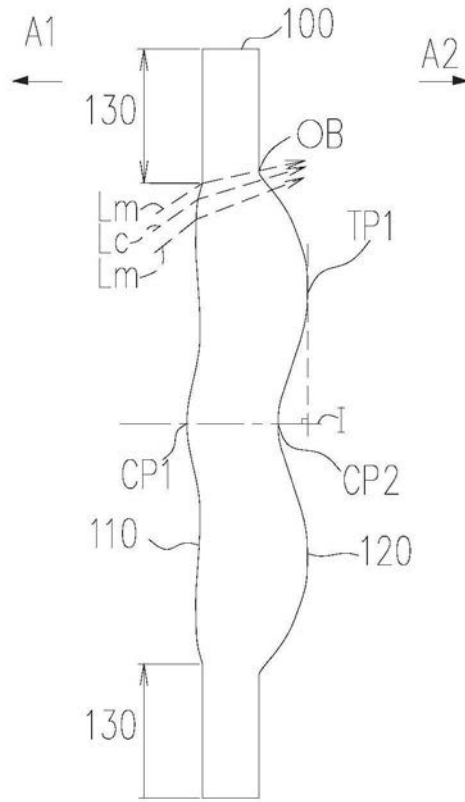


图2

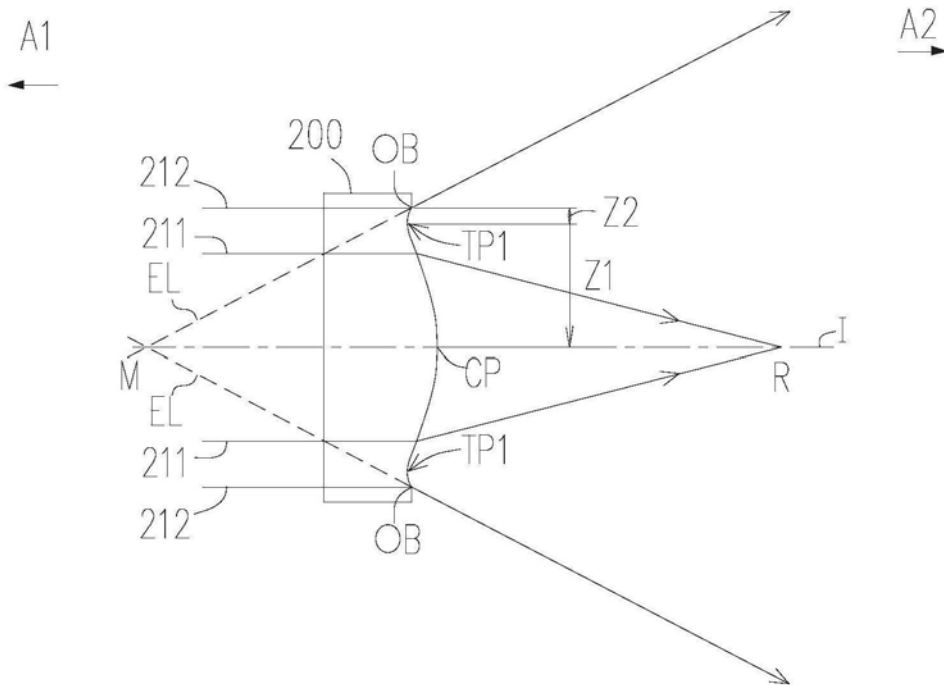


图3

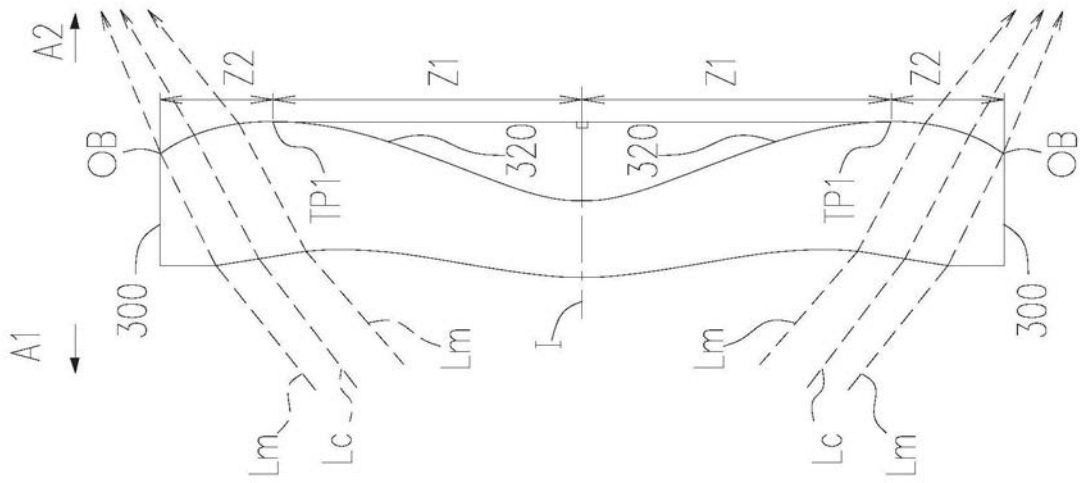


图4

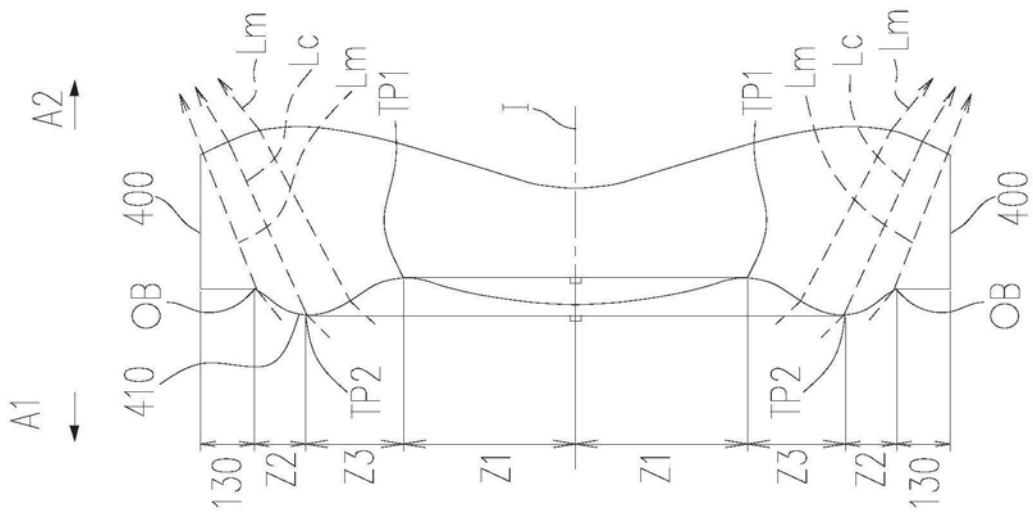


图5

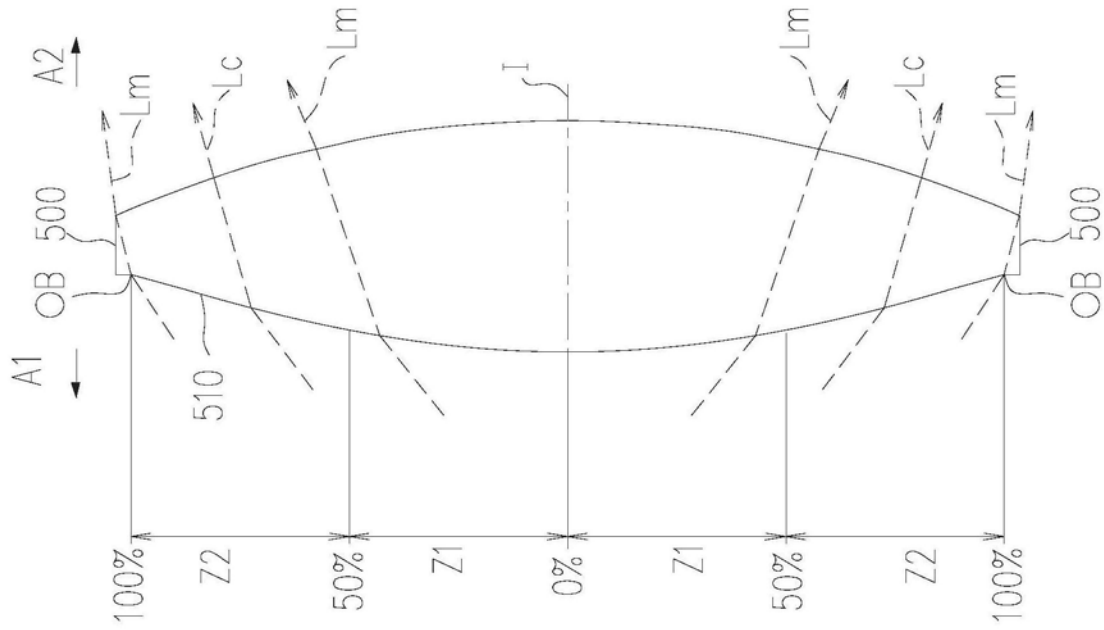


图6

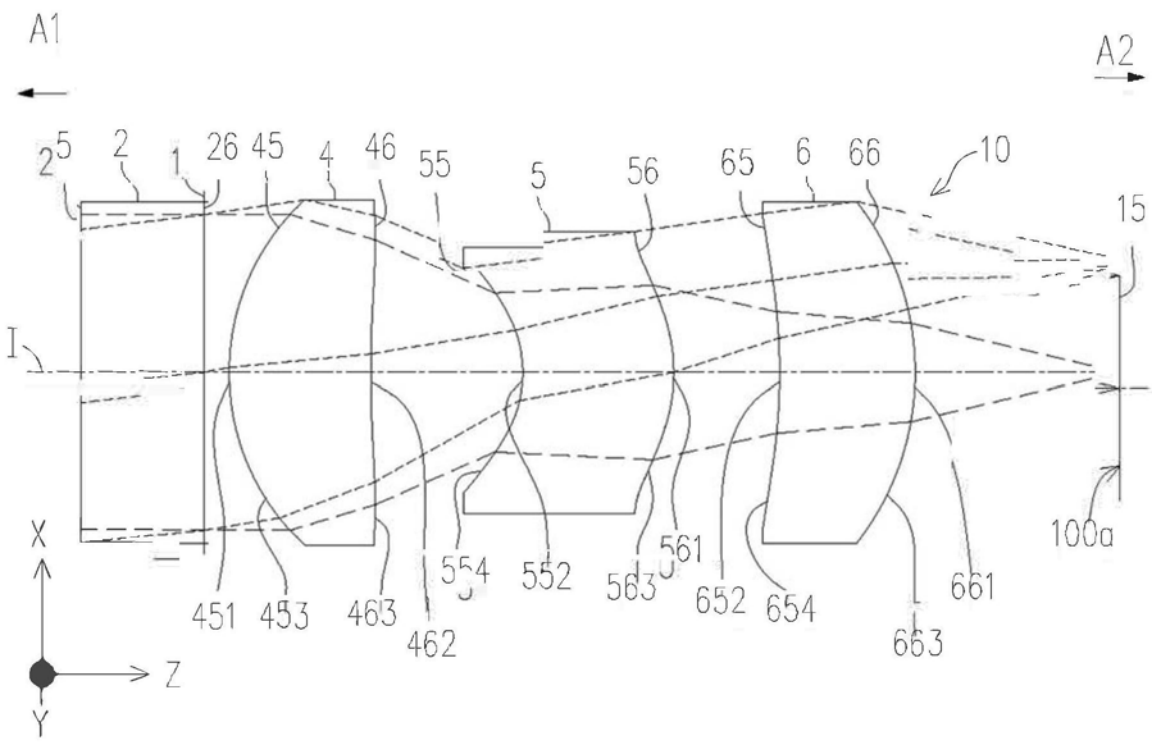


图7A

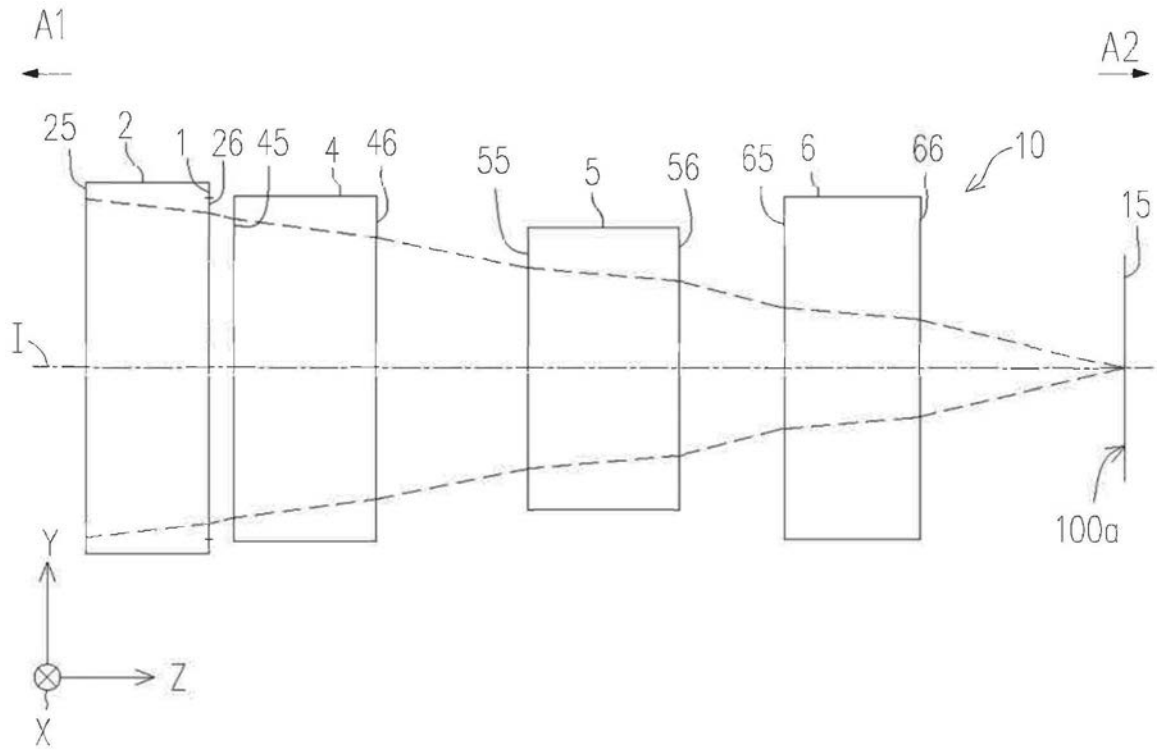


图7B

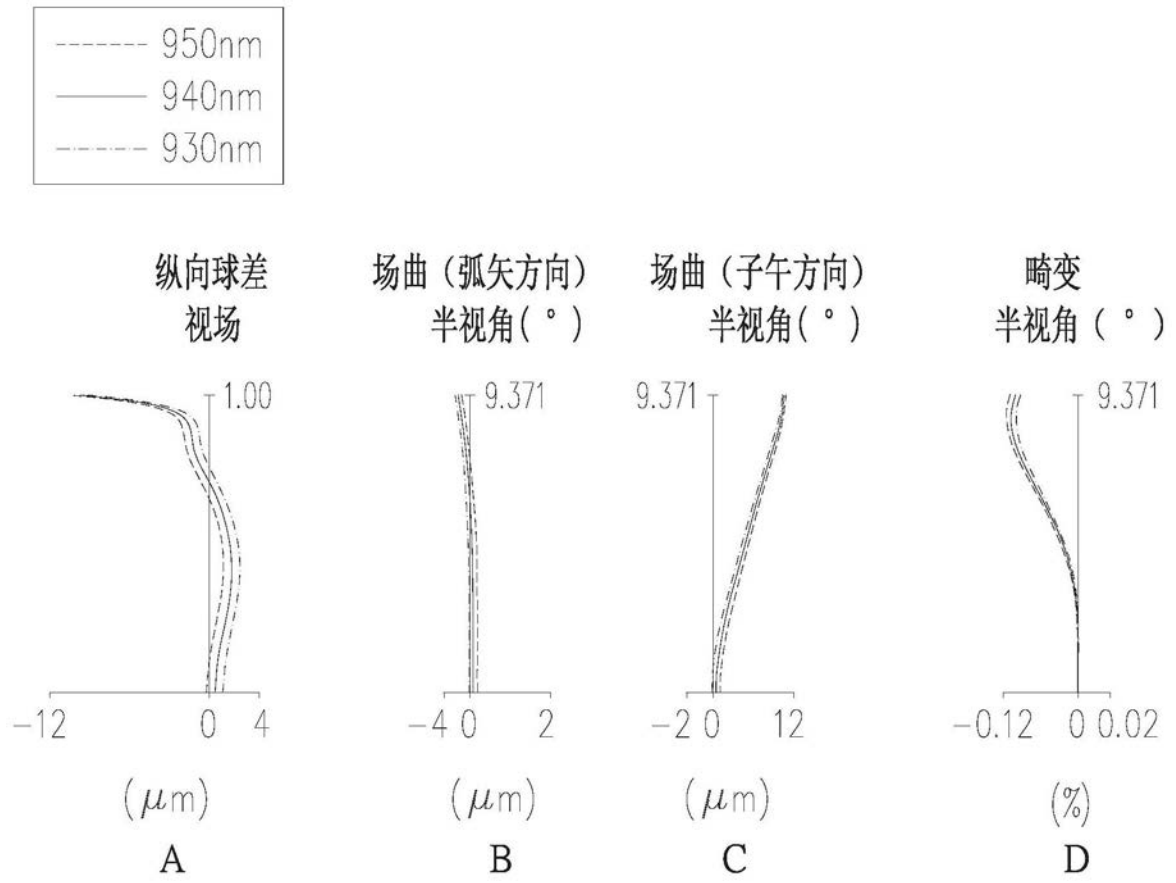


图8

第一实施例							
系统焦距= 2.729 mm, SL=4.205mm, TTL=3.605 mm, 像高=0.450 mm, 半视场角=9.371° , 光圈值=2.155							
组件	面	曲率半径 (mm)	厚度 (mm)	材质	折射率	色散系数	焦距 (mm)
物体		无限大	无限大				
滤光片 2	出光面 25	无限大	0.500		1.458	67.821	
	入光面 26	无限大	0.000				
光圈 1		无限大	0.100				
第一透镜 4	出光面 45	0.933	0.575	塑料	1.545	55.987	1.964
	入光面 46	6.475	0.613				
第二透镜 5	出光面 55	-0.443	0.610	塑料	1.661	20.373	15.544
	入光面 56	-0.651	0.431				
第三透镜 6	出光面 65	-1.583	0.546	塑料	1.545	55.987	5.390
	入光面 66	-1.145	0.830				
结构光 产生单元 15	发光参考平面 100a	无限大					

图9

面	K	a ₂	a ₄	a ₆
45	0.000000E+00	0.000000E+00	7.291766E-03	-1.217050E-02
46	0.000000E+00	0.000000E+00	1.197785E-02	-2.250889E-01
55	-8.750636E-01	0.000000E+00	3.869955E-01	2.721996E+00
56	-9.511014E-01	0.000000E+00	6.663039E-01	3.994939E-01
65	0.000000E+00	0.000000E+00	8.005940E-01	-1.811298E+00
66	0.000000E+00	0.000000E+00	4.766180E-02	-2.154170E-01
面	a ₈	a ₁₀	a ₁₂	/
45	-5.972468E-02	2.513376E-01	-9.715470E-01	
46	7.822475E-01	-4.129303E+00	4.429135E+00	
55	-8.993062E+00	9.636456E+00	1.009323E+01	
56	2.280507E-01	-7.981978E-01	7.820262E+00	
65	2.033345E+00	3.772613E-02	-9.347280E-01	
66	3.870100E-02	3.653900E-01	-2.188950E-01	

图10

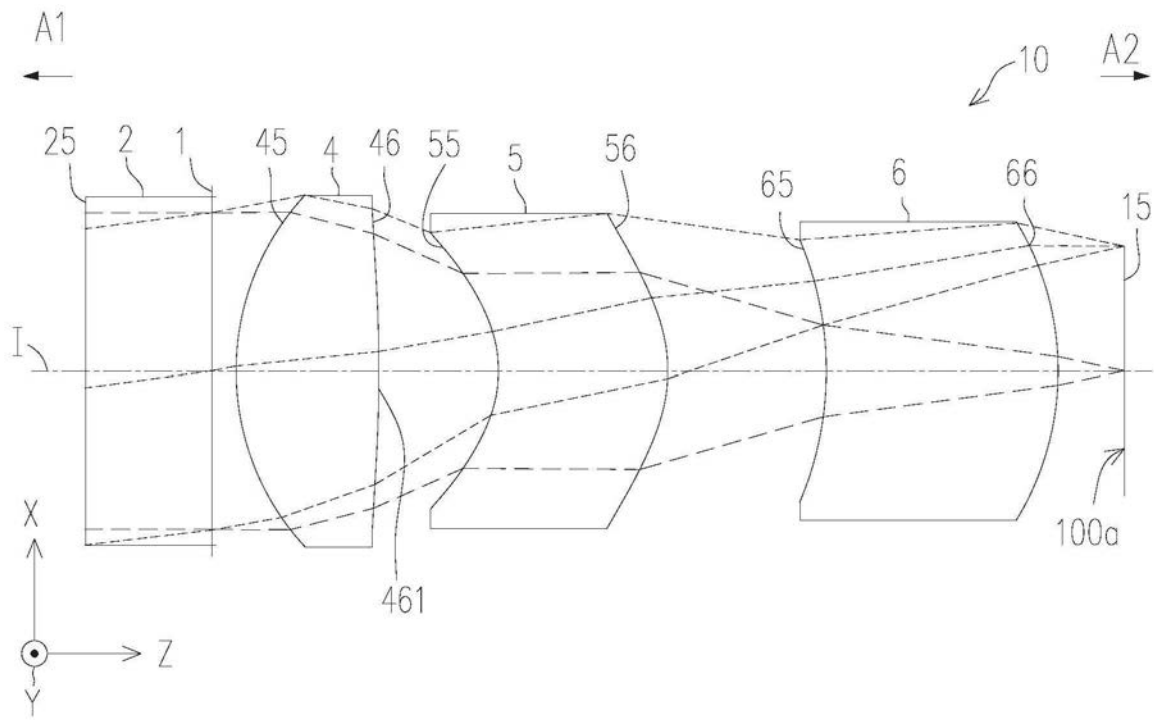


图11

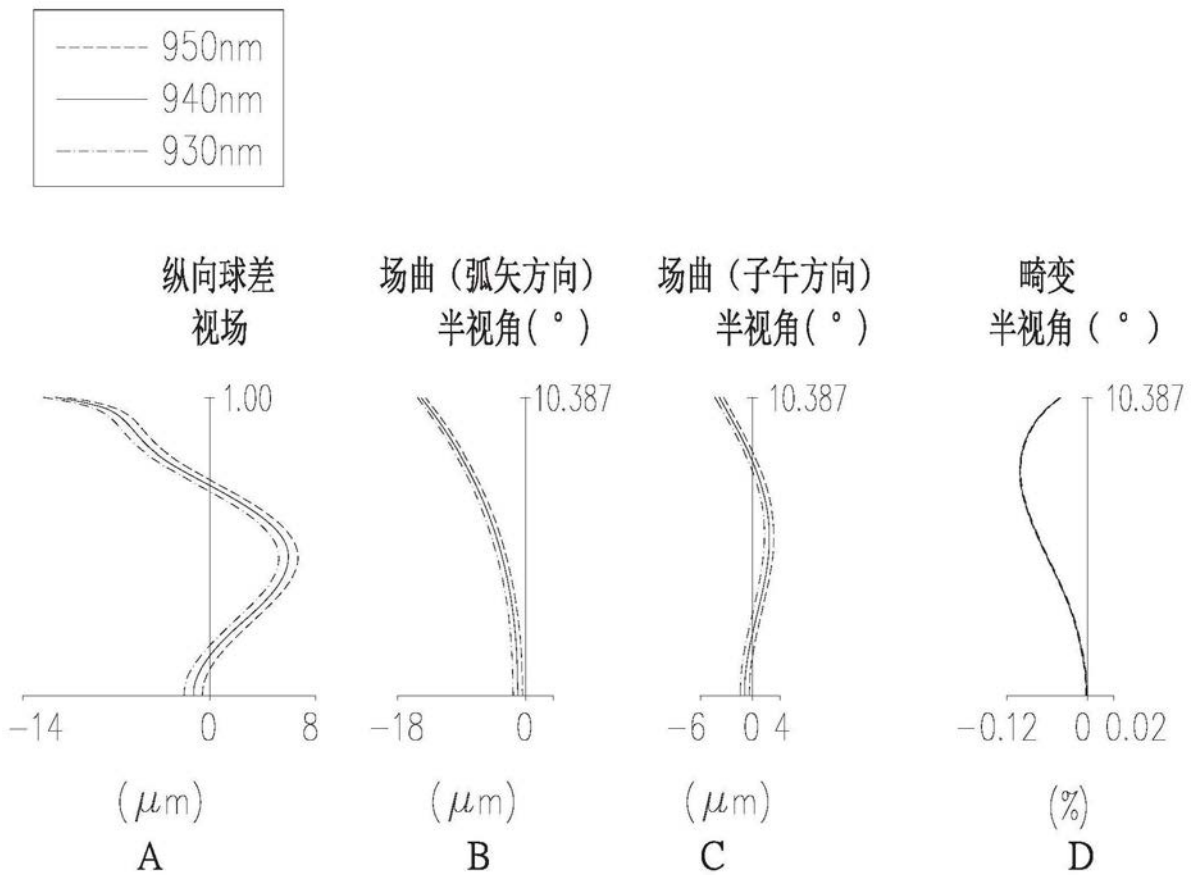


图12

第二实施例							
系统焦距= 2.729 mm, SL=4.092mm, TTL=3.492 mm, 像高=0.500 mm, 半视场角=10.387°, 光圈值=2.155							
组件	面	曲率半径 (mm)	厚度 (mm)	材质	折射率	色散系数	焦距 (mm)
物体		无限大	无限大				
滤光片 2	出光面 25	无限大	0.500		1.458	67.821	
	入光面 26	无限大	0.000				
光圈 1		无限大	0.100				
第一透镜 4	出光面 45	1.090	0.557	塑料	1.545	55.987	1.770
	入光面 46	-6.003	0.473				
第二透镜 5	出光面 55	-0.496	0.665	塑料	1.545	55.987	5.672
	入光面 56	-0.626	0.626				
第三透镜 6	出光面 65	-1.167	0.910	塑料	1.545	55.987	7.300
	入光面 66	-1.144	0.260				
结构光 产生单元 15	发光参考平面 100a	无限大					

图13

面	K	a ₂	a ₄	a ₆
45	0.000000E+00	0.000000E+00	1.913085E-02	7.735062E-02
46	0.000000E+00	0.000000E+00	7.882102E-02	-9.549063E-03
55	-9.579740E-01	0.000000E+00	4.950858E-01	8.148316E-01
56	-9.554619E-01	0.000000E+00	5.331675E-01	-1.936400E-02
65	0.000000E+00	0.000000E+00	6.410150E-01	-1.749967E+00
66	0.000000E+00	0.000000E+00	7.375450E-02	-1.543080E-01
面	a ₈	a ₁₀	a ₁₂	/
45	1.037386E-01	-1.842977E-01	3.128939E-02	
46	5.937466E-01	-2.133373E+00	1.191592E+00	
55	-4.054713E+00	3.860211E+00	-5.157159E-01	
56	-9.413971E-02	-2.216617E-01	2.582773E-01	
65	1.978445E+00	-3.070825E+00	-6.386457E-01	
66	-5.704010E-02	1.667890E-01	-1.046500E-01	

图14

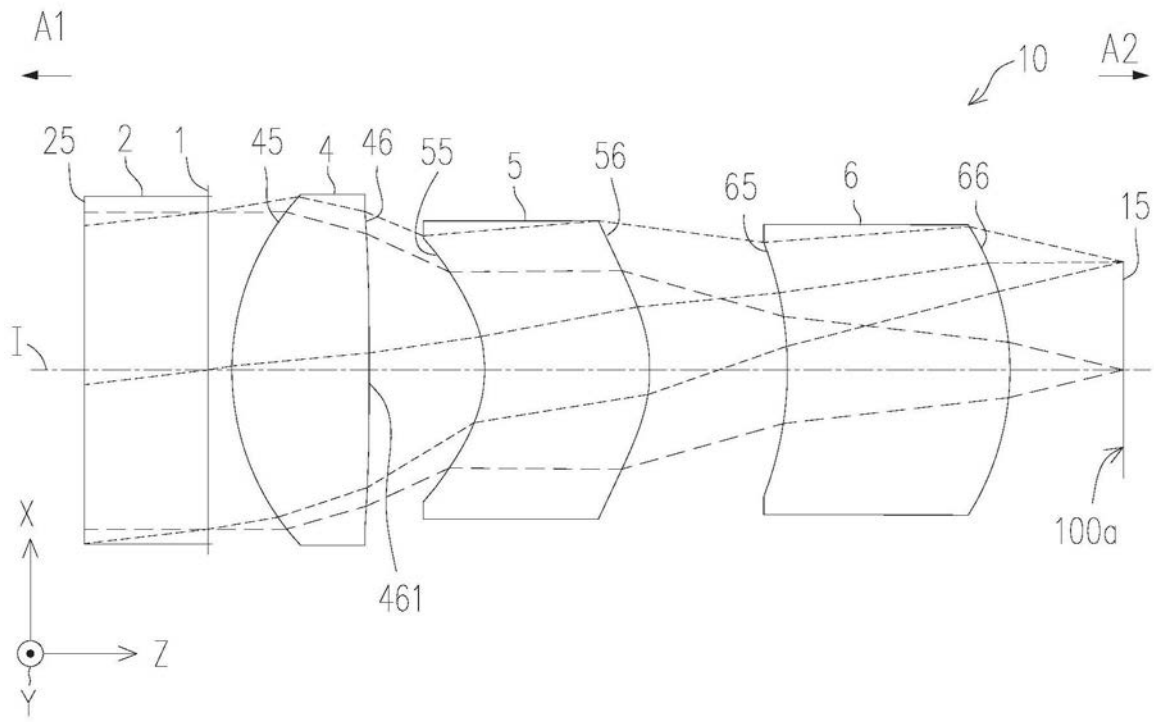


图15

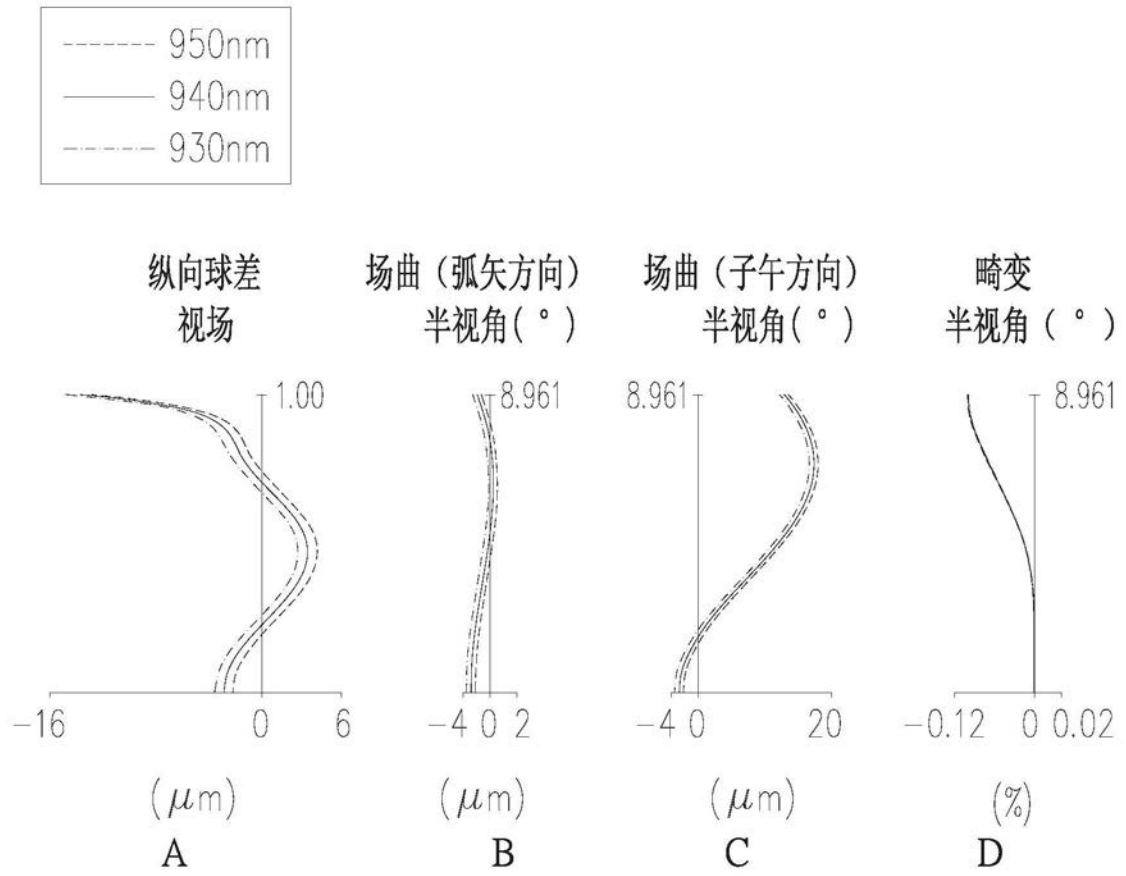


图16

第三实施例							
系统焦距= 2.729 mm, SL=4.221mm, TTL=3.621 mm, 像高=0.430 mm, 半视场角=8.961°, 光圈值=2.155							
组件	面	曲率半径 (mm)	厚度 (mm)	材质	折射率	色散系数	焦距 (mm)
物体		无限大	无限大				
滤光片 2	出光面 25	无限大	0.500		1.458	67.821	
	入光面 26	无限大	0.000				
光圈 1		无限大	0.100				
第一透镜 4	出光面 45	1.065	0.555	塑料	1.545	55.987	1.831
	入光面 46	-10.097	0.472				
第二透镜 5	出光面 55	-0.497	0.670	塑料	1.545	55.987	5.435
	入光面 56	-0.624	0.560				
第三透镜 6	出光面 65	-1.145	0.898	塑料	1.545	55.987	7.714
	入光面 66	-1.142	0.466				
结构光 产生单元 15	发光参考平面 100a	无限大					

图17

面	K	a ₂	a ₄	a ₆
45	0.000000E+00	0.000000E+00	2.695398E-02	5.374334E-02
46	0.000000E+00	0.000000E+00	4.553729E-02	-7.069548E-02
55	-9.054874E-01	0.000000E+00	4.240742E-01	1.125656E+00
56	-9.517378E-01	0.000000E+00	6.031886E-01	-2.764632E-01
65	0.000000E+00	0.000000E+00	6.186718E-01	-1.607679E+00
面	a ₈	a ₁₀	a ₁₂	/
45	4.807861E-02	-1.640991E-01	5.414718E-02	
46	5.603965E-01	-2.209227E+00	1.705384E+00	
55	-3.522502E+00	4.842939E+00	-4.344374E+00	
56	6.071054E-01	1.520460E+00	-2.802379E+00	
65	2.387603E+00	-2.847533E+00	9.481582E-01	

图18

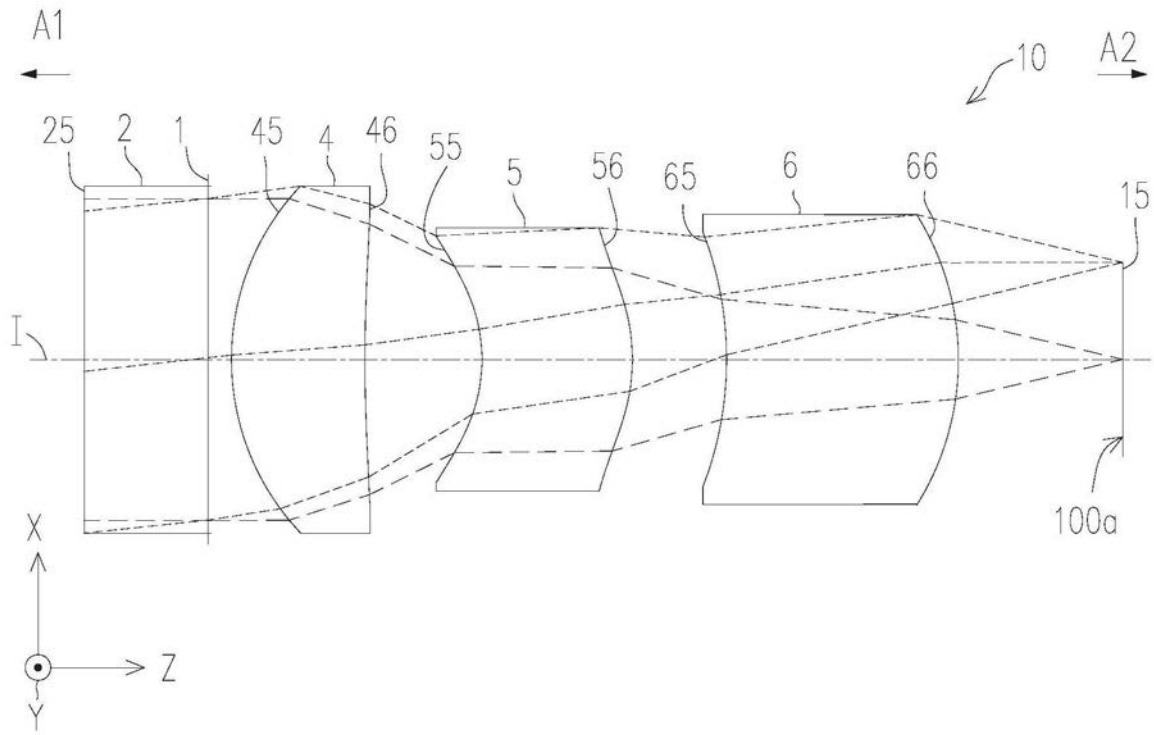


图19

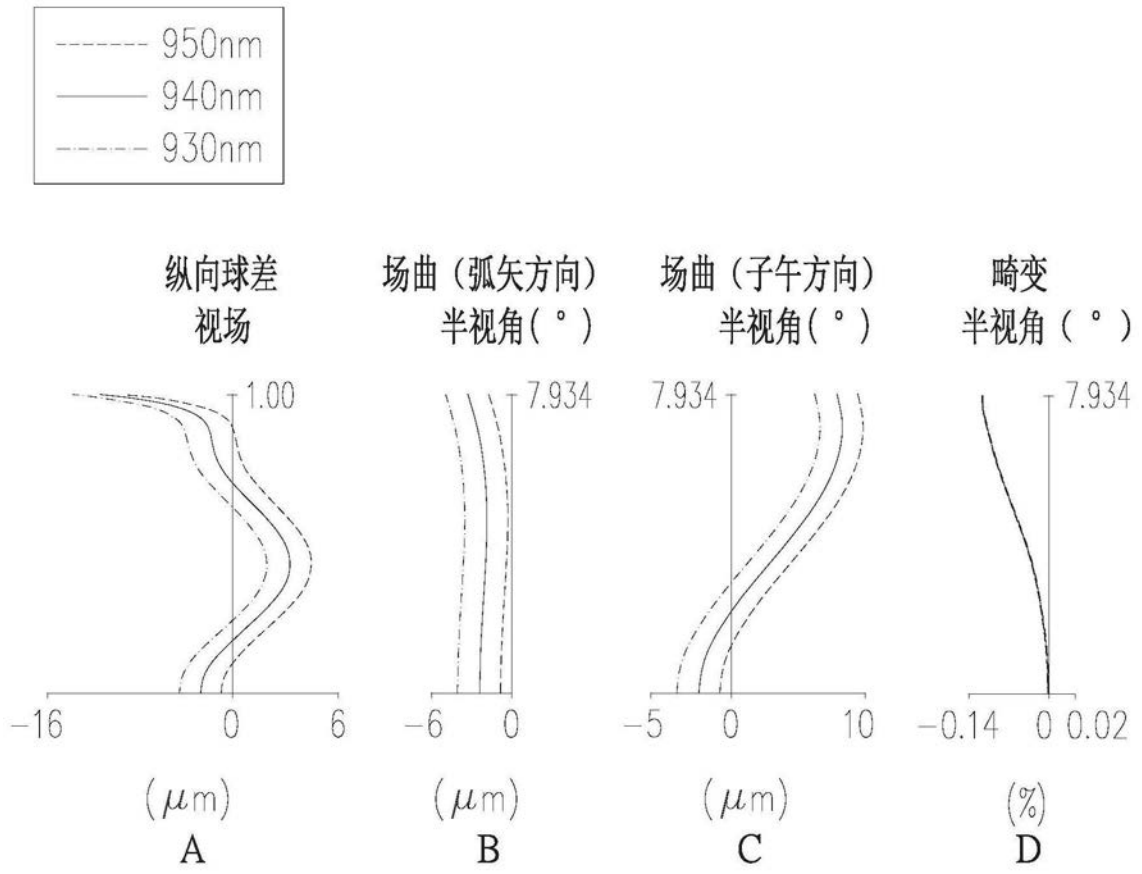


图20

第四实施例							
系统焦距= 2.729 mm, SL=4.199mm, TTL=3.599 mm, 像高=0.380 mm, 半视场角=7.934°, 光圈值=2.155							
组件	面	曲率半径 (mm)	厚度 (mm)	材质	折射率	色散系数	焦距 (mm)
物体		无限大	无限大				
滤光片 2	出光面 25	无限大	0.500		1.458	67.821	
	入光面 26	无限大	0.000				
光圈 1		无限大	0.100				
第一透镜 4	出光面 45	1.015	0.538	塑料	1.661	20.373	1.764
	入光面 46	8.590	0.473				
第二透镜 5	出光面 55	-0.545	0.605	塑料	1.661	20.373	8.231
	入光面 56	-0.706	0.386				
第三透镜 6	出光面 65	-1.096	0.928	塑料	1.661	20.373	5.451
	入光面 66	-1.106	0.669				
结构光 产生单元 15	发光参考平面 100a	无限大					

图21

面	K	a ₂	a ₄	a ₆
45	0.000000E+00	0.000000E+00	1.878306E-02	5.867905E-02
46	0.000000E+00	0.000000E+00	3.074290E-02	-2.025344E-01
55	-9.106086E-01	0.000000E+00	4.569444E-01	1.412899E+00
56	-9.504056E-01	0.000000E+00	7.297530E-01	-3.510509E-02
65	0.000000E+00	0.000000E+00	5.398466E-01	-1.492432E+00
面	a ₈	a ₁₀	a ₁₂	/
45	-1.274317E-01	3.032457E-01	-5.411547E-01	
46	1.036769E+00	-3.930918E+00	3.608760E+00	
55	-5.024415E+00	5.315020E+00	-3.541863E-01	
56	1.390600E+00	-9.176944E-01	2.977247E+00	
65	2.393107E+00	-2.821471E+00	5.617244E-01	

图22

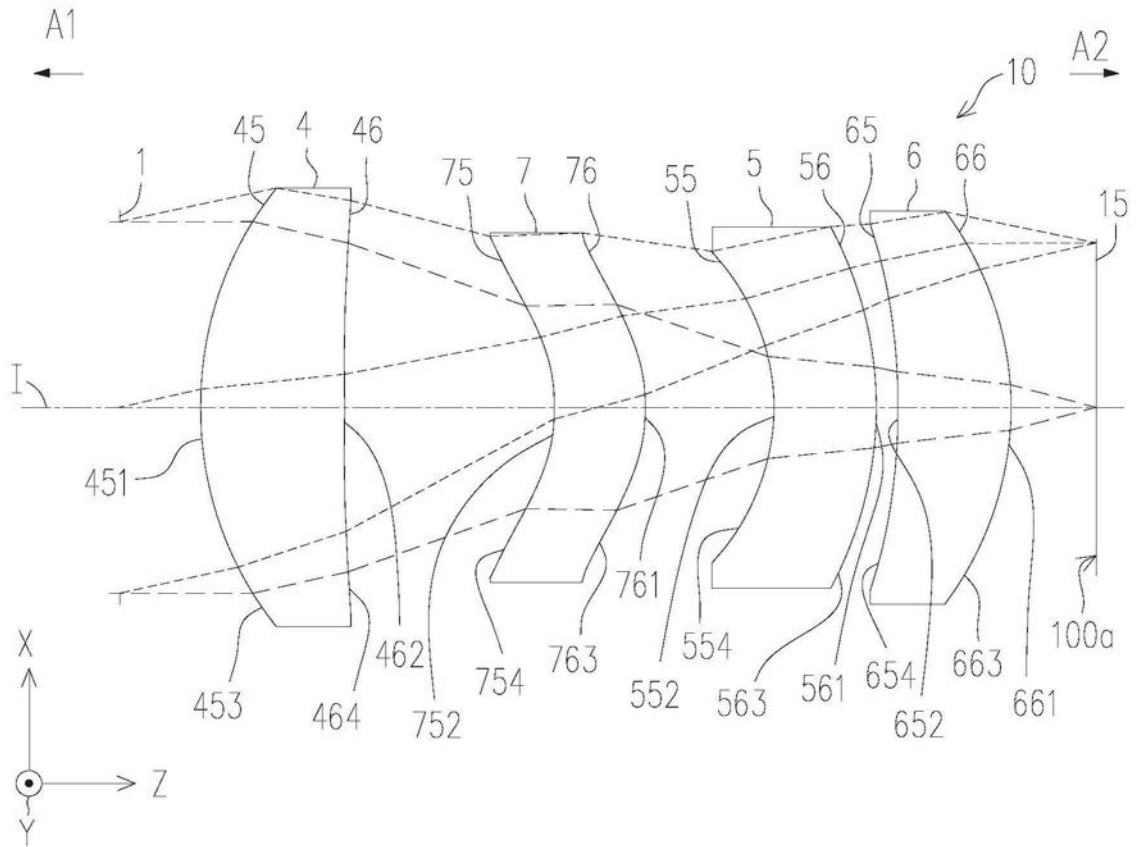


图23

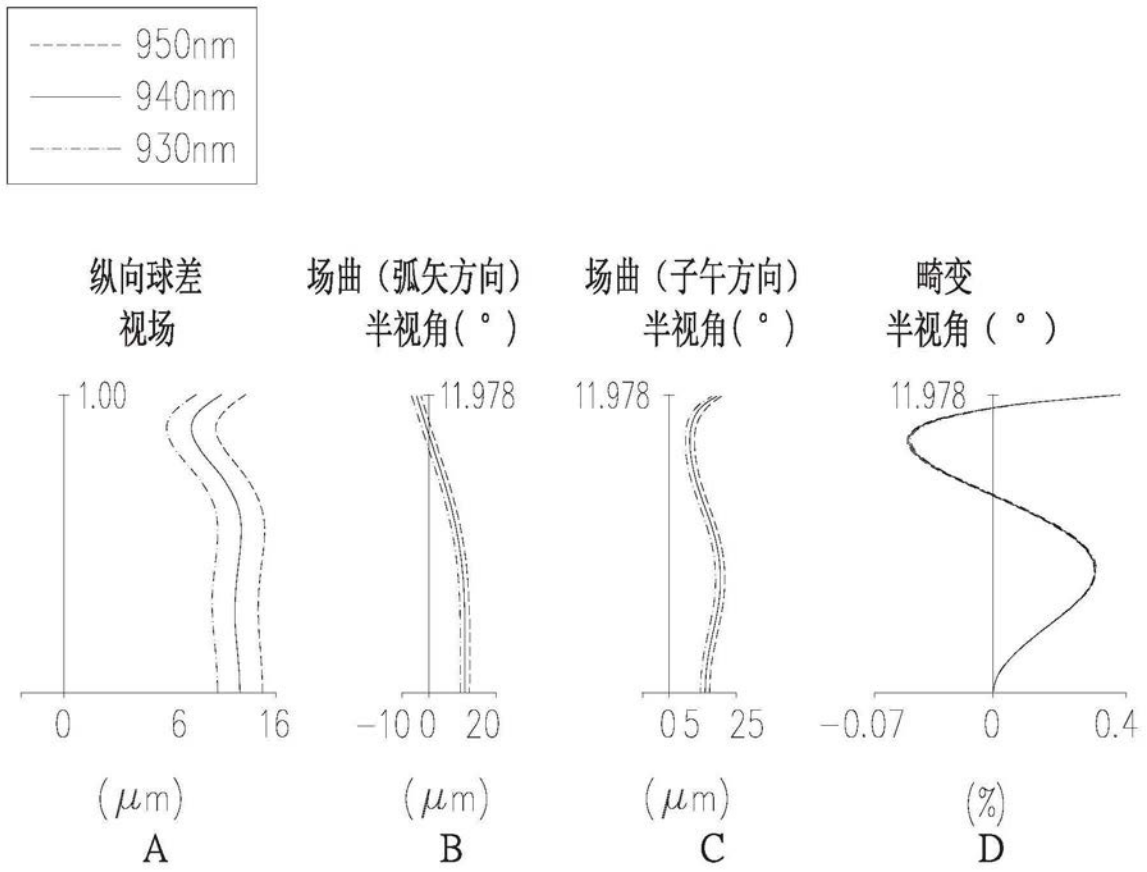


图24

第五实施例							
系统焦距= 2.899 mm, SL=3.659mm, TTL=3.358 mm, 像高=0.250 mm, 半视场角=4.930° , 光圈值=2.096							
组件	面	曲率半径 (mm)	厚度 (mm)	材质	折射率	色散系数	焦距 (mm)
物体		无限大	无限大				
光圈 1		无限大	0.301				
第一透镜 4	出光面 45	1.283	0.540	塑料	1.661	20.374	2.200
	入光面 46	13.118	0.788				
第四透镜 7	出光面 75	-0.598	0.341	塑料	1.661	20.374	4.434
	入光面 76	-0.602	0.482				
第二透镜 5	出光面 55	-0.747	0.386	塑料	1.661	20.374	-3.683
	入光面 56	-1.318	0.079				
第三透镜 6	出光面 65	-2.316	0.424	塑料	1.661	20.374	3.430
	入光面 66	-1.202	0.318				
结构光 产生单元 15	发光参考平面 100a	无限大					

图25

面	K	a ₂	a ₄	a ₆
45	0.000000E+00	0.000000E+00	-7.041778E-03	-5.236520E-02
46	0.000000E+00	0.000000E+00	6.658770E-03	-9.851419E-02
75	-1.201388E+00	0.000000E+00	1.776757E-01	1.467562E+00
76	-1.531656E+00	0.000000E+00	1.868046E-01	5.260152E-01
55	0.000000E+00	0.000000E+00	6.483655E-01	-5.978430E-01
56	0.000000E+00	0.000000E+00	9.422453E-02	-1.104382E-01
面	a ₈	a ₁₀	a ₁₂	/
45	1.014357E-01	-6.358754E-03	-9.460539E-02	
46	4.098824E-01	-4.116955E-01	9.552262E-05	
75	-2.025162E+00	1.244577E+00	-1.433692E+00	
76	-6.596823E-02	0.000000E+00	0.000000E+00	
55	-3.409482E+00	-1.619374E+00	3.029122E+01	
56	-3.332255E-01	-9.241331E-01	3.754248E+00	

图26

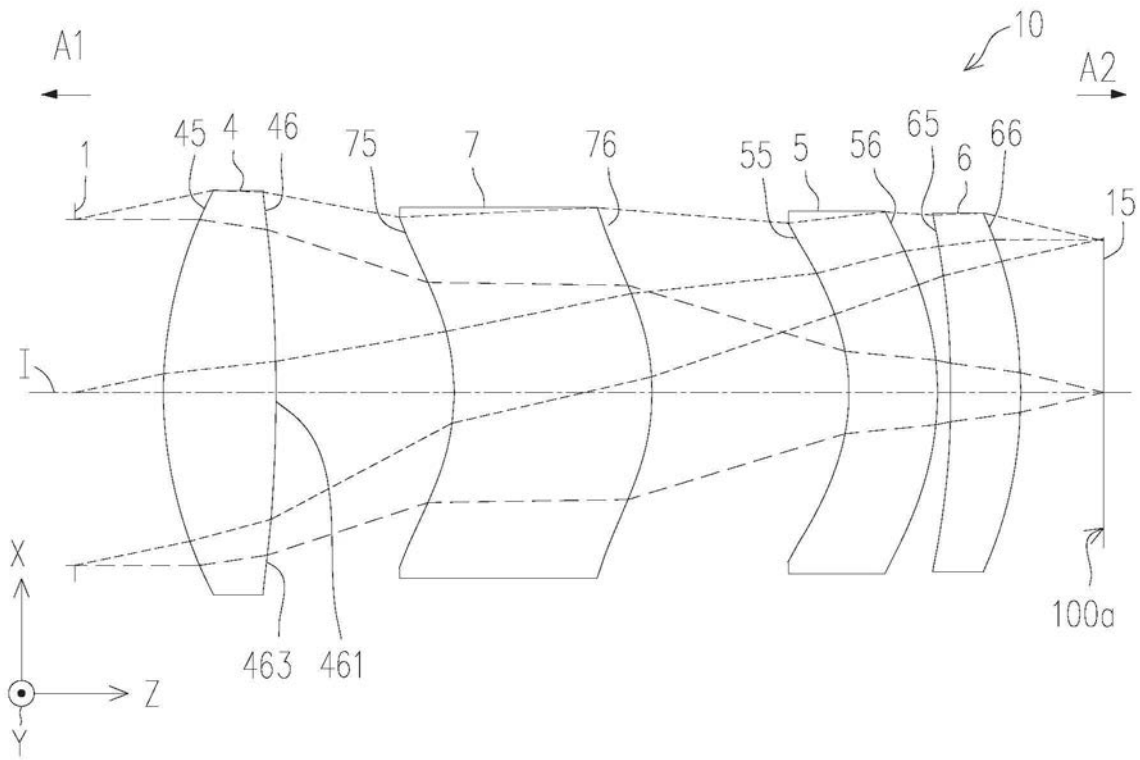


图27

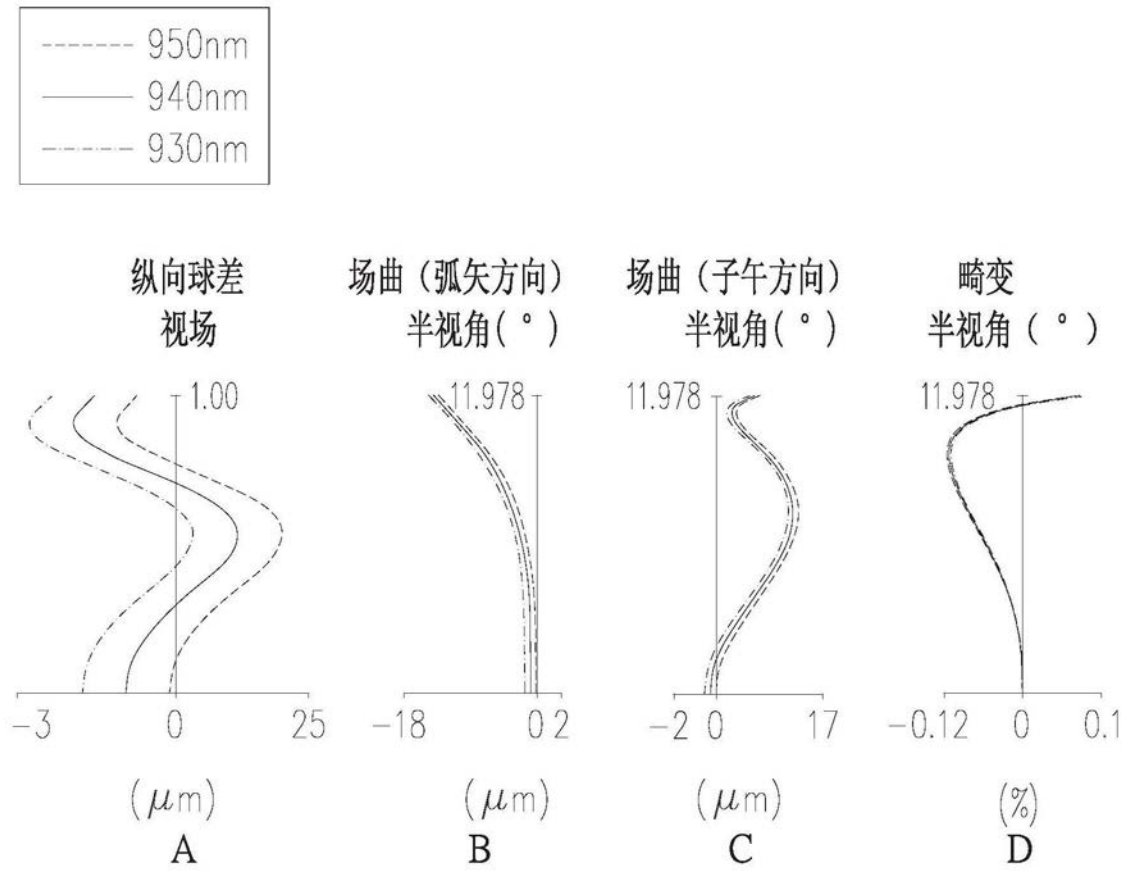


图28

第六实施例							
系统焦距= 2.899 mm, SL=4.111mm, TTL=3.757 mm, 像高=0.260 mm, 半视场角=5.130° , 光圈值=2.096							
组件	面	曲率半径 (mm)	厚度 (mm)	材质	折射率	色散系数	焦距 (mm)
物体		无限大	无限大				
光圈 1		无限大	0.354				
第一透镜 4	出光面 45	1.618	0.449	玻璃	1.623	58.154	2.212
	入光面 46	-7.425	0.712				
第四透镜 7	出光面 75	-0.846	0.792	塑料	1.661	20.374	4.523
	入光面 76	-0.891	0.788				
第二透镜 5	出光面 55	-0.775	0.354	塑料	1.661	20.374	-6.144
	入光面 56	-1.139	0.050				
第三透镜 6	出光面 65	-3.642	0.281	塑料	1.661	20.374	5.197
	入光面 66	-1.783	0.332				
结构光 产生单元 15	发光参考平面 100a	无限大					

图29

面	K	a ₂	a ₄	a ₆
45	0.000000E+00	0.000000E+00	-2.696907E-02	-7.923009E-02
46	0.000000E+00	0.000000E+00	-3.022258E-02	-8.964278E-02
75	-1.048011E+00	0.000000E+00	9.803262E-02	7.972917E-01
76	-1.451012E+00	0.000000E+00	1.339954E-01	1.833907E-01
55	0.000000E+00	0.000000E+00	6.721180E-01	-9.000129E-02
56	0.000000E+00	0.000000E+00	1.740857E-01	6.591026E-03
面	a ₈	a ₁₀	a ₁₂	/
45	1.718737E-01	-8.827719E-02	-8.464189E-02	
46	4.593708E-01	-5.925520E-01	1.974861E-01	
75	-1.391195E+00	1.809610E+00	-1.353736E+00	
76	-3.189583E-01	8.003886E-01	-4.701928E-01	
55	-1.273962E+00	1.842819E+00	4.333422E+00	
56	-2.661094E-01	-6.765009E-01	2.151121E+00	

图30

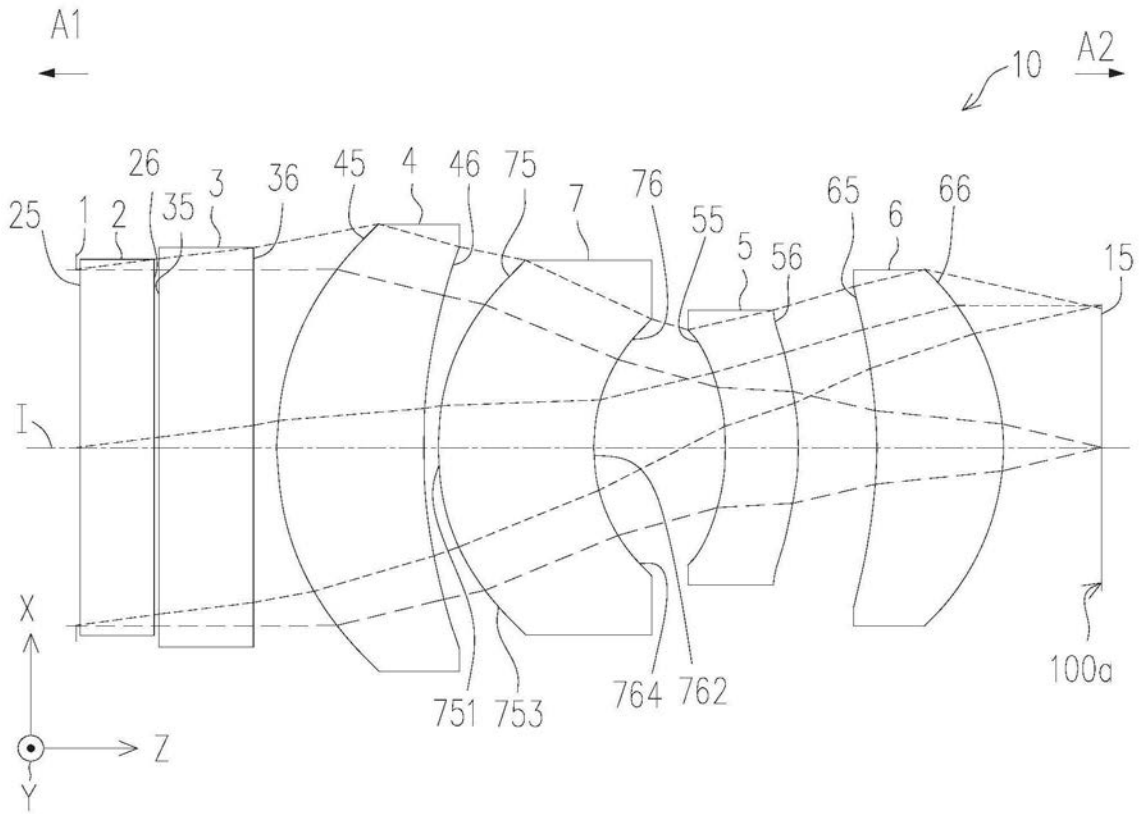


图31

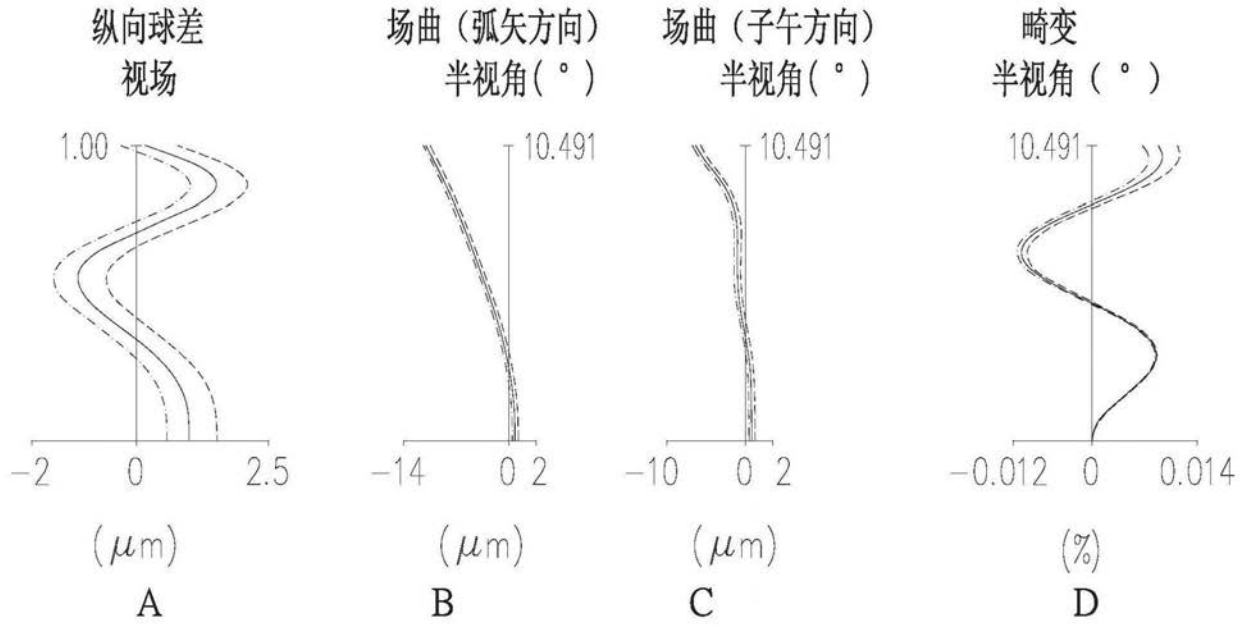
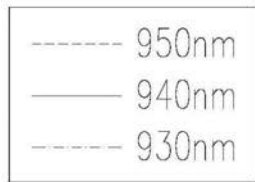


图32

第七实施例							
系统焦距= 2.686 mm, SL=3.568mm, TTL=2.868 mm, 像高=0.380 mm, 半视场角=8.050° , 光圈值=2.155							
组件	面	曲率半径 (mm)	厚度 (mm)	材质	折射率	色散系数	焦距 (mm)
物体		无限大	无限大				
光圈 1		无限大	0.015				
滤光片 2	出光面 25	无限大	0.260		1.458	67.821	
	入光面 26	无限大	0.015				
滤光片 3	出光面 35	无限大	0.330		1.517	64.167	
	入光面 36	无限大	0.080				
第一透镜 4	出光面 45	1.016	0.510	塑料	1.545	55.987	3.210
	入光面 46	2.045	0.050				
第四透镜 7	出光面 75	0.887	0.543	塑料	1.661	20.373	117.930
	入光面 76	0.684	0.457				
第二透镜 5	出光面 55	-0.796	0.254	塑料	1.642	22.409	-72.292
	入光面 56	-0.909	0.273				
第三透镜 6	出光面 65	-1.448	0.441	塑料	1.642	22.409	2.436
	入光面 66	-0.825	0.339				
结构光 产生单元 15	发光参考平面 100a	无限大					

图33

面	K	a ₂	a ₄	a ₆
45	1.365529E-01	0.000000E+00	-7.565803E-02	-2.046574E-02
75	-2.349222E-01	0.000000E+00	2.128776E-01	2.252403E-01
76	-1.707353E-01	0.000000E+00	8.688066E-01	3.183406E+00
55	-8.120123E-01	0.000000E+00	-9.412881E-02	1.037697E+00
56	-8.191255E-01	0.000000E+00	6.752940E-01	7.491188E-01
65	-1.240274E+00	0.000000E+00	3.345680E-01	1.771793E-01
66	-8.955748E-03	0.000000E+00	5.317619E-02	8.310293E-02
面	a ₈	a ₁₀	a ₁₂	
45	-1.456209E-02	1.855327E-01	-2.280952E-01	
75	-1.295965E+00	4.117860E+00	-7.000000E+00	
76	-2.216032E+01	2.421869E+02	-1.037609E+03	
55	-2.441973E+01	1.190466E+02	-8.955040E+02	
56	9.457612E+00	-1.148925E+02	2.940578E+02	
65	-1.335971E+00	-2.785749E+00	9.914171E+00	
66	5.607188E-02	-4.233989E-01	4.677248E-01	

图34

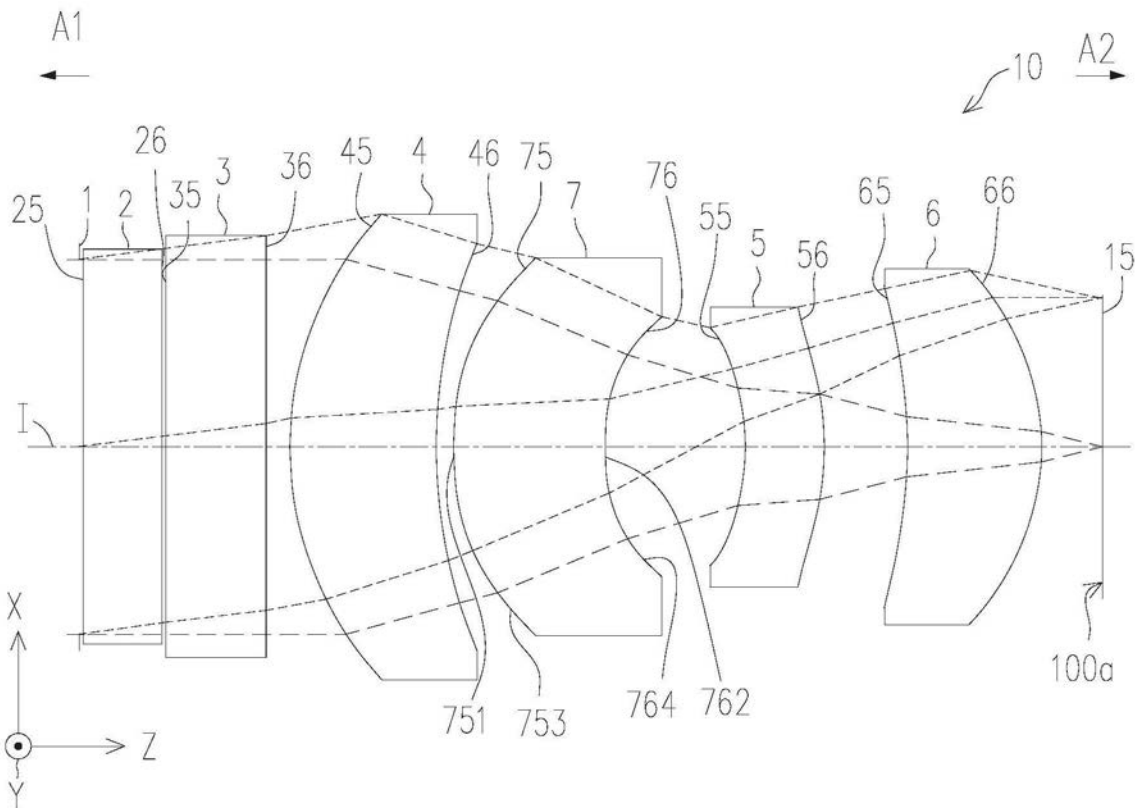


图35

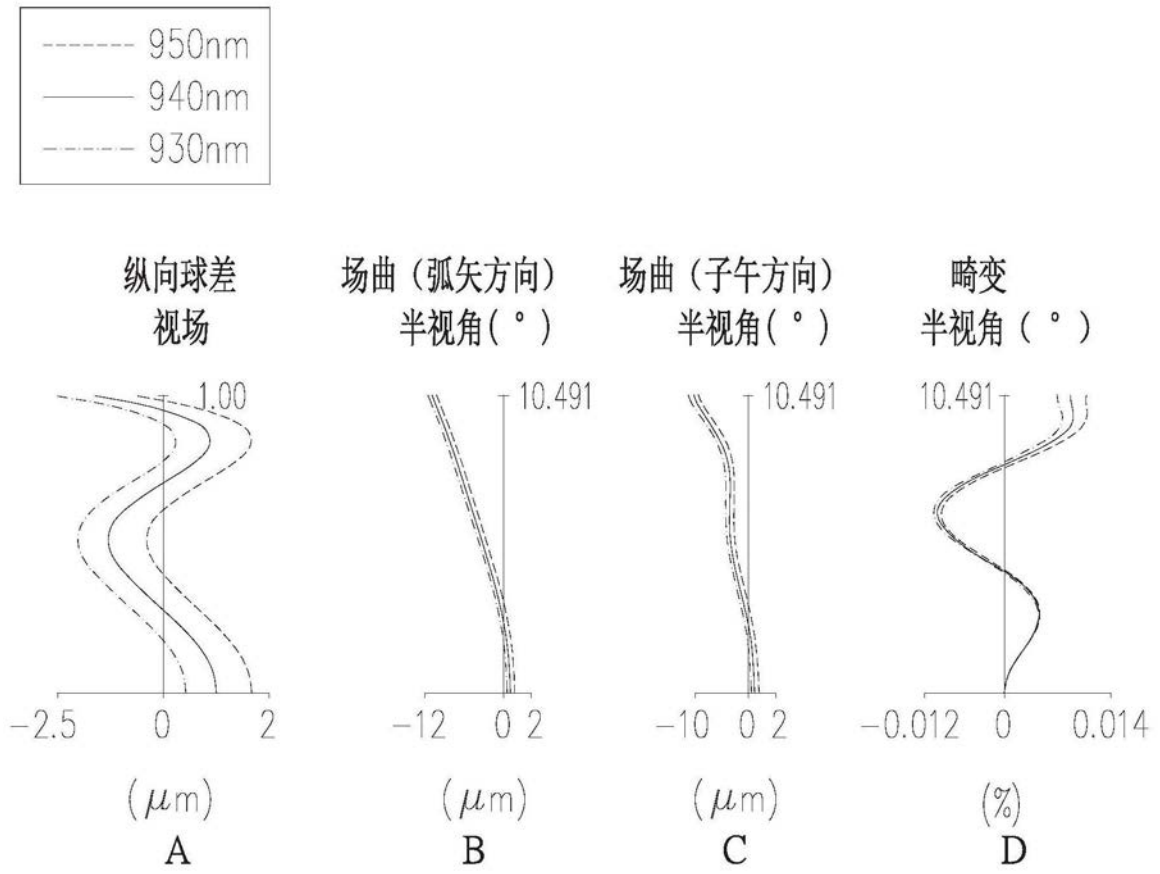


图36

第八实施例							
系统焦距= 2.684 mm, SL=3.394mm, TTL=2.694 mm, 像高=0.400 mm, 半视场角=8.480° , 光圈值=2.155							
组件	面	曲率半径 (mm)	厚度 (mm)	材质	折射率	色散系数	焦距 (mm)
物体		无限大	无限大				
光圈 1		无限大	0.015				
滤光片 2	出光面 25	无限大	0.260		1.458	67.821	
	入光面 26	无限大	0.015				
滤光片 3	出光面 35	无限大	0.330		1.517	64.167	
	入光面 36	无限大	0.080				
第一透镜 4	出光面 45	1.090	0.486	玻璃	1.851	40.104	2.582
	入光面 46	1.767	0.056				
第四透镜 7	出光面 75	0.976	0.502	塑料	1.642	22.409	-14.224
	入光面 76	0.706	0.467				
第二透镜 5	出光面 55	-0.795	0.262	塑料	1.642	22.409	-133.058
	入光面 56	-0.904	0.277				
第三透镜 6	出光面 65	-1.449	0.445	塑料	1.642	22.409	2.425
	入光面 66	-0.824	0.200				
结构光 产生单元 15	发光参考平面 100a	无限大					

图37

面	K	a ₂	a ₄	a ₆
45	2.034934E-01	0.000000E+00	-6.941709E-02	-3.662144E-02
75	-3.814784E-02	0.000000E+00	2.713018E-01	2.778516E-01
76	-1.092890E-01	0.000000E+00	8.927631E-01	4.285918E+00
55	-7.811812E-01	0.000000E+00	-1.021891E-01	9.130153E-01
56	-8.135964E-01	0.000000E+00	6.759774E-01	7.814088E-01
65	-1.260624E+00	0.000000E+00	3.350164E-01	1.739131E-01
66	-8.972217E-03	0.000000E+00	5.297424E-02	8.642112E-02
面	a ₈	a ₁₀	a ₁₂	
45	-1.899561E-02	6.314705E-02	-4.798620E-02	
75	-1.054915E+00	4.581877E+00	-8.994585E+00	
76	-2.620078E+01	3.134294E+02	-1.275387E+03	
55	-2.382491E+01	1.380325E+02	-1.194078E+03	
56	9.363165E+00	-1.202326E+02	2.823445E+02	
65	-1.392754E+00	-3.160282E+00	8.283056E+00	
66	6.778015E-02	-4.019064E-01	2.541701E-01	

图38

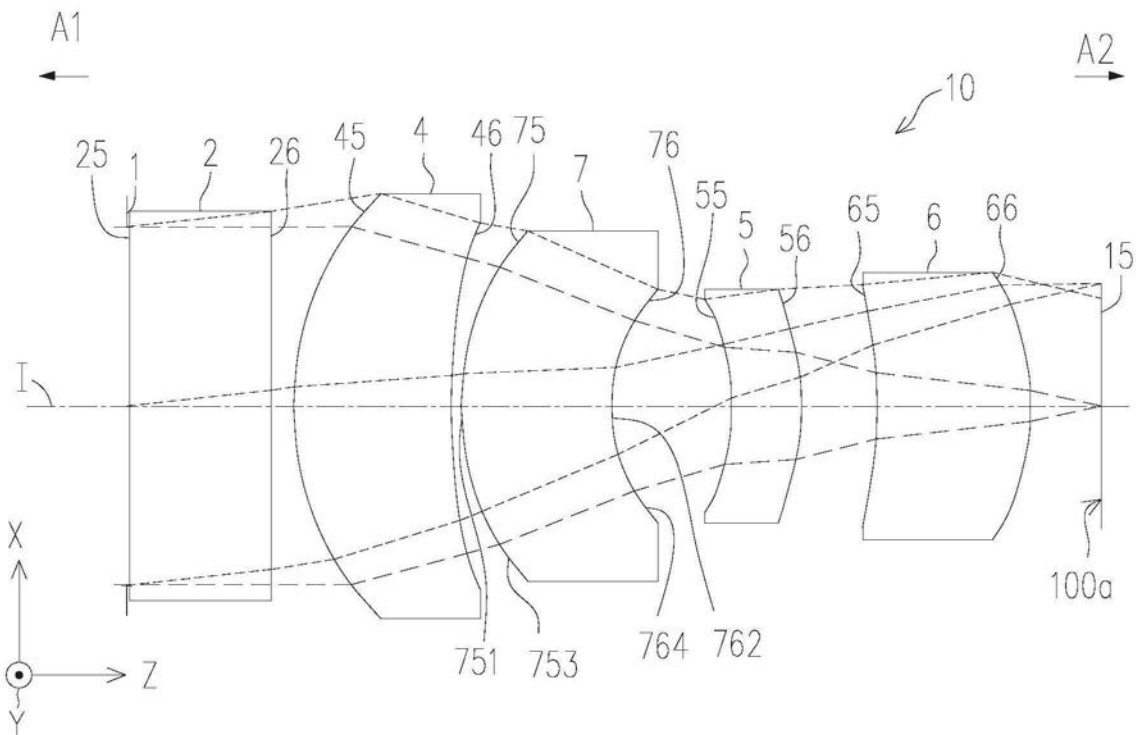


图39

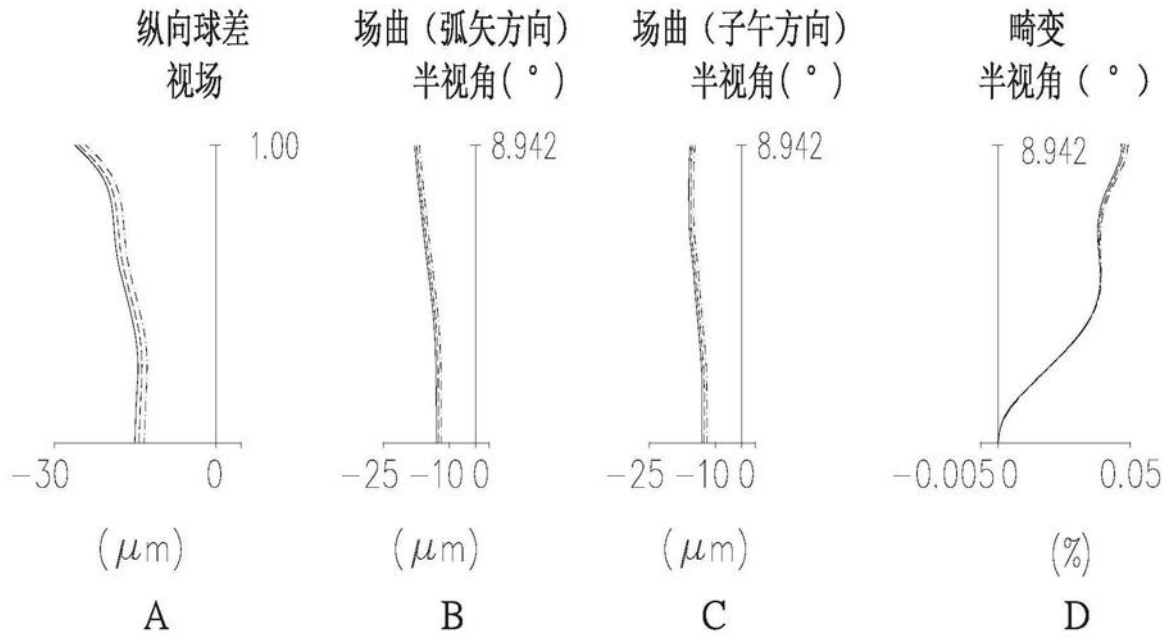


图40

第九实施例							
系统焦距= 2.731 mm, SL=3.445mm, TTL=2.855 mm, 像高=0.430 mm, 半视场角=8.942° , 光圈值=2.155							
组件	面	曲率半径 (mm)	厚度 (mm)	材质	折射率	色散系数	焦距 (mm)
物体		无限大	无限大				
光圈 1		无限大	0.010				
滤光片 2	出光面 25	无限大	0.500		1.458	67.821	
	入光面 26	无限大	0.080				
第一透镜 4	出光面 45	1.084	0.558	塑料	1.661	20.373	2.560
	入光面 46	2.598	0.035				
第四透镜 7	出光面 75	0.949	0.531	塑料	1.661	20.373	-6.871
	入光面 76	0.610	0.425				
第二透镜 5	出光面 55	-0.833	0.247	塑料	1.661	20.373	8.754
	入光面 56	-0.808	0.269				
第三透镜 6	出光面 65	-1.318	0.543	塑料	1.661	20.373	2.800
	入光面 66	-0.878	0.248				
结构光 产生单元 15	发光参考平面 100a	无限大					

图41

面	K	a ₂	a ₄	a ₆
45	3.035923E-01	0.000000E+00	-2.837120E-02	-4.506840E-02
46	1.098733E-01	0.000000E+00	5.159768E-03	3.998278E-02
75	-1.168395E+00	0.000000E+00	1.278616E-01	3.581111E-01
76	-8.054792E-01	0.000000E+00	6.406386E-01	1.890825E+00
55	-6.595071E-01	0.000000E+00	-1.390527E-01	1.772768E+00
56	-1.006157E+00	0.000000E+00	7.274198E-01	8.636856E-01
65	-4.817156E+00	0.000000E+00	3.925331E-01	2.198840E-01
66	-9.742917E-03	0.000000E+00	9.551417E-02	6.680968E-02
面	a ₈	a ₁₀	a ₁₂	/
45	-1.571805E-03	7.362682E-02	-1.646555E-02	
46	2.281205E-01	3.524062E-01	6.409739E-01	
75	-1.336724E+00	3.363171E+00	-3.456724E-01	
76	-3.375195E+00	-3.431826E+01	5.000000E+01	
55	-2.670446E+01	8.078452E+01	-6.177254E+02	
56	1.140185E+01	-1.109085E+02	2.264985E+02	
65	-1.381072E+00	-4.057891E+00	7.340588E+00	
66	-1.793024E-02	-5.660687E-01	3.990959E-01	

图42

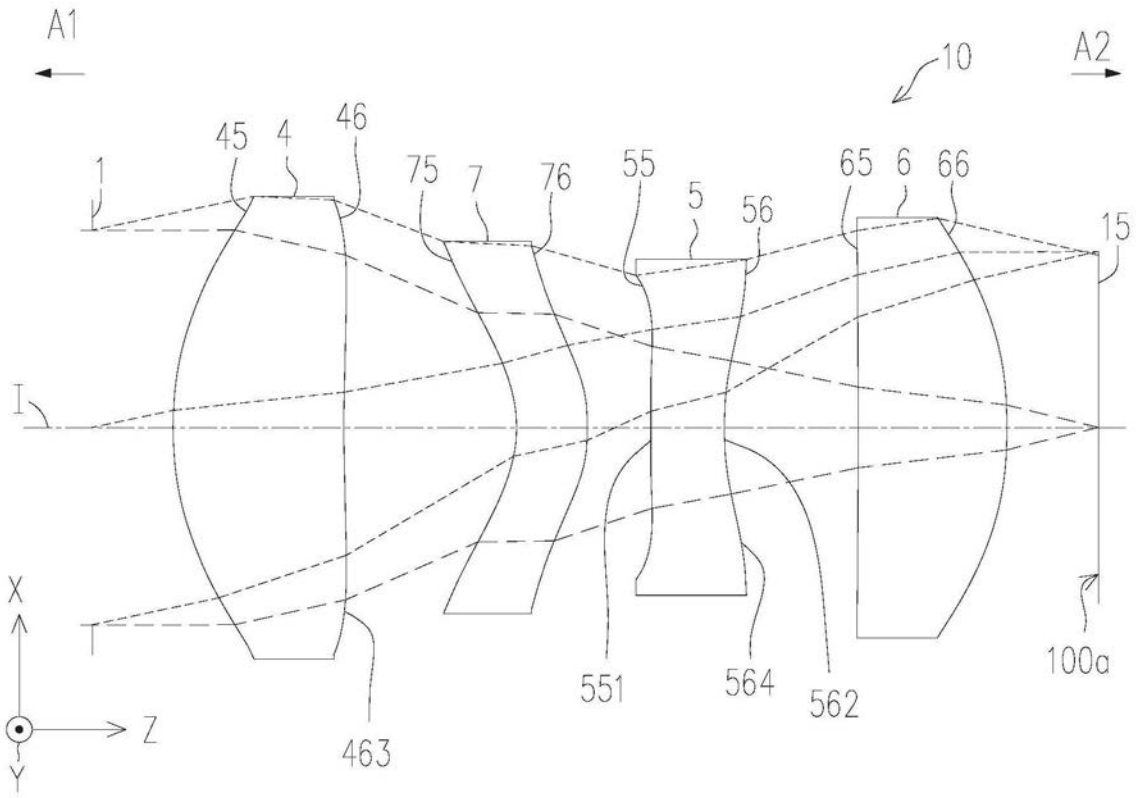


图43

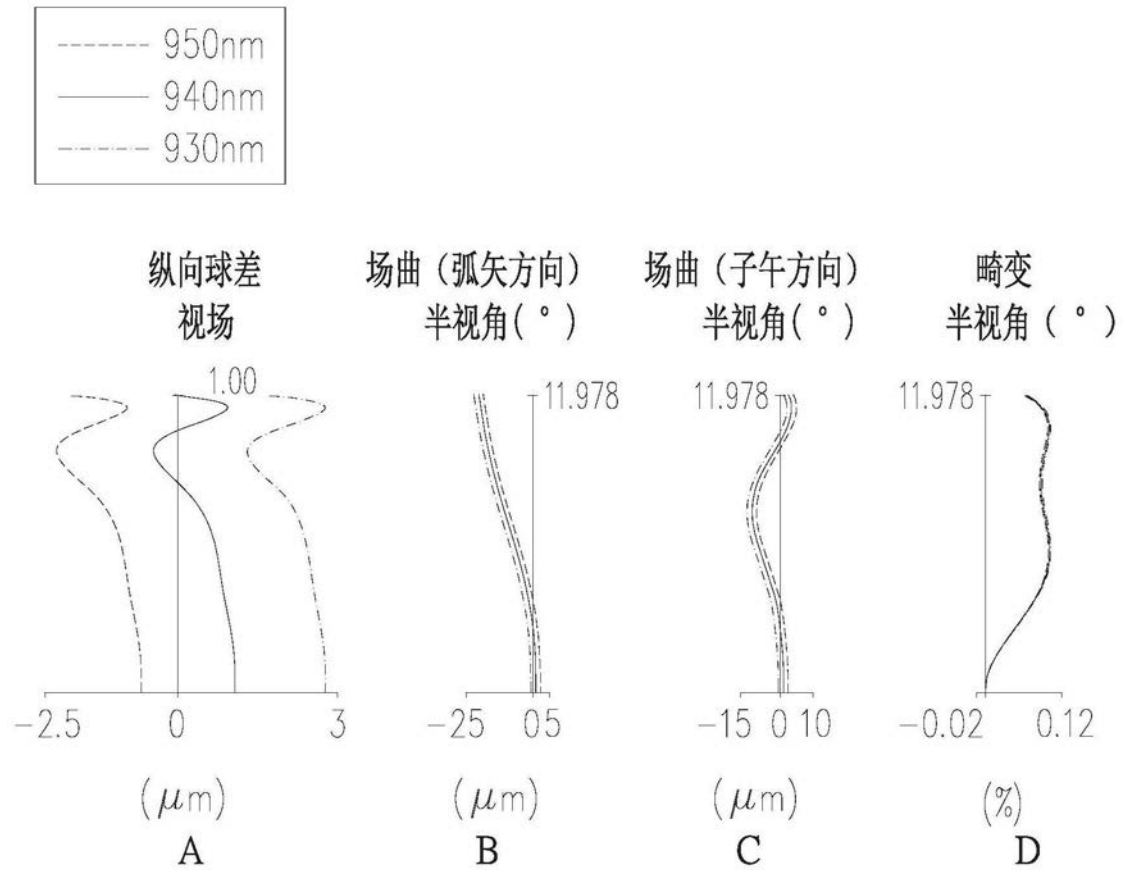


图44

第十实施例							
系统焦距= 2.900 mm, SL=3.529mm, TTL=3.245 mm, 像高=0.250 mm, 半视场角=4.966° , 光圈值=2.096							
组件	面	曲率半径 (mm)	厚度 (mm)	材质	折射率	色散系数	焦距 (mm)
物体		无限大	无限大				
光圈 1		无限大	0.284				
第一透镜 4	出光面 45	1.132	0.599	塑料	1.661	20.374	2.004
	入光面 46	8.105	0.605				
第四透镜 7	出光面 75	-0.464	0.250	塑料	1.661	20.374	7.346
	入光面 76	-0.510	0.223				
第二透镜 5	出光面 55	8.577	0.256	塑料	1.661	20.374	-1.839
	入光面 56	1.016	0.470				
第三透镜 6	出光面 65	-63.781	0.523	塑料	1.661	20.374	1.959
	入光面 66	-1.225	0.320				
结构光 产生单元 15	发光参考平面 100a	无限大					

图45

面	K	a ₂	a ₄	a ₆
45	0.000000E+00	0.000000E+00	-3.608287E-02	-5.247346E-02
46	0.000000E+00	0.000000E+00	-7.392221E-02	-1.831398E-01
75	-1.747814E+00	0.000000E+00	5.788875E-01	1.475261E+00
76	-2.506271E+00	0.000000E+00	3.699236E-01	1.458804E+00
55	0.000000E+00	0.000000E+00	1.502496E-01	-6.160550E+00
56	0.000000E+00	0.000000E+00	-1.101431E+00	1.871369E-01
面	a ₈	a ₁₀	a ₁₂	/
45	-5.905597E-02	4.521979E-02	-2.981414E-01	
46	2.859462E-01	-8.164525E-01	6.051086E-01	
75	-6.988496E+00	9.442611E+00	-3.951493E+00	
76	-2.725247E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	
55	1.941806E+01	-3.787932E+01	1.106281E+01	
56	3.946908E+00	-1.521310E+01	1.899465E+01	

图46

条件式	第一 实施例	第二 实施例	第三 实施例	第四 实施例
T1	0.575	0.557	0.555	0.538
G12	0.613	0.473	0.472	0.473
T2	0.610	0.665	0.670	0.605
G23	0.431	0.626	0.560	0.386
T3	0.546	0.910	0.898	0.928
TTL	3.605	3.492	3.621	3.599
SL	4.205	4.092	4.221	4.199
BFL	0.830	0.260	0.466	0.669
EFL	2.729	2.729	2.729	2.729
TL	2.775	3.231	3.155	2.930
ALT	1.731	2.133	2.124	2.071
AAG	1.044	1.099	1.031	0.859

图47

条件式	第一 实施例	第二 实施例	第三 实施例	第四 实施例
SL/AAG	4.029	3.724	4.093	4.887
ALT/T1	3.012	3.829	3.824	3.850
TL/(T3+BFL)	2.016	2.761	2.314	1.835
SL/EFL	1.541	1.499	1.547	1.539
EFL/(T1+T2)	2.303	2.233	2.226	2.388
ALT/(G12+T2)	1.416	1.874	1.859	1.920
TL/(G23+T3)	2.839	2.104	2.165	2.231
ALT/AAG	1.659	1.941	2.059	2.410
(T1+T3)/T2	1.838	2.206	2.168	2.422
TTL/ALT	2.082	1.637	1.705	1.738
SL/(T2+G23+T3)	2.649	1.859	1.984	2.189
TL/(T1+G23)	2.759	2.732	2.830	3.172
(T1+G12+T2)/T3	3.290	1.862	1.891	1.743
(G23+T3)/T1	1.700	2.758	2.624	2.442
ALT/(T2+T3)	1.497	1.354	1.354	1.351
(T1+BFL)/T2	2.303	1.228	1.523	1.995
AAG/T2	1.711	1.652	1.538	1.420
EFL/AAG	2.615	2.484	2.646	3.176

图48

条件式	第五 实施例	第六 实施例	第七 实施例	第八 实施例	第九 实施例	第十 实施例
T1	0.540	0.449	0.510	0.486	0.558	0.599
G14	0.788	0.712	0.050	0.056	0.035	0.605
T4	0.341	0.792	0.543	0.502	0.531	0.250
G42	0.482	0.788	0.457	0.467	0.425	0.223
T2	0.386	0.354	0.254	0.262	0.247	0.256
G23	0.079	0.050	0.273	0.277	0.269	0.470
T3	0.424	0.281	0.441	0.445	0.543	0.523
G12	1.611	2.292	1.050	1.026	0.991	1.078
TTL	3.358	3.757	2.868	2.694	2.855	3.245
SL	3.659	4.111	3.568	3.394	3.445	3.529
BFL	0.318	0.332	0.339	0.200	0.248	0.320
EFL	2.899	2.899	2.686	2.684	2.731	2.900
TL	3.040	3.426	2.529	2.494	2.607	2.926
ALT	1.690	1.876	1.748	1.694	1.878	1.628
AAG	1.349	1.550	0.781	0.800	0.729	1.298

图49

条件式	第五 实施例	第六 实施例	第七 实施例	第八 实施例	第九 实施例	第十 实施例
SL/AAG	2.712	2.652	4.571	4.242	4.727	2.719
ALT/T1	3.132	4.181	3.426	3.489	3.366	2.717
TL/(T3+BFL)	4.095	5.595	3.241	3.869	3.297	3.473
SL/EFL	1.262	1.418	1.328	1.265	1.261	1.217
EFL/(T1+T2)	3.131	3.610	3.516	3.592	3.393	3.390
ALT/(G12+T2)	0.846	0.709	1.341	1.316	1.518	1.220
TL/(G23+T3)	6.050	10.367	3.539	3.457	3.214	2.948
ALT/AAG	1.253	1.210	2.240	2.118	2.577	1.254
(T1+T3)/T2	2.494	2.057	3.752	3.557	4.459	4.377
TTL/ALT	1.986	2.003	1.641	1.590	1.520	1.993
SL/(T2+G23+T3)	4.117	6.002	3.685	3.452	3.256	2.826
TL/(T1+G23)	4.917	6.873	3.227	3.272	3.153	2.738
(T1+G12+T2)/T3	5.986	11.030	4.111	3.986	3.310	3.699
(G23+T3)/T1	0.931	0.737	1.400	1.486	1.454	1.656
ALT/(T2+T3)	2.086	2.953	2.516	2.399	2.380	2.090
(T1+BFL)/T2	2.221	2.201	3.349	2.621	3.267	3.585
AAG/T2	3.492	4.372	3.078	3.059	2.953	5.063
EFL/AAG	2.149	1.870	3.441	3.355	3.747	2.235

图50