



## (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103676087 A

(43) 申请公布日 2014. 03. 26

(21) 申请号 201310288528. 9

(22) 申请日 2013. 07. 10

(71) 申请人 玉晶光电(厦门)有限公司

地址 361000 福建省厦门市火炬园区创新路  
8号玉晶科技大厦

(72) 发明人 林家正 樊大正

(74) 专利代理机构 泉州市诚得知识产权代理事

务所(普通合伙) 35209

代理人 何家富

(51) Int. Cl.

G02B 13/00(2006. 01)

G02B 13/18(2006. 01)

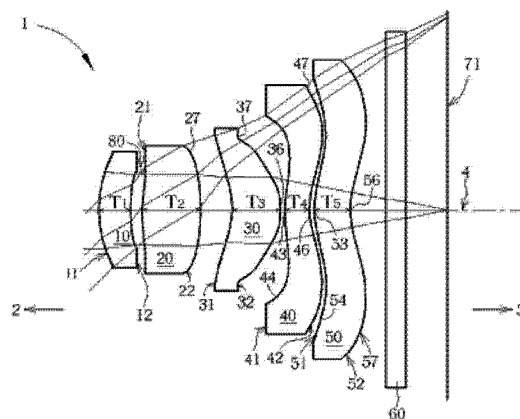
权利要求书2页 说明书12页 附图28页

### (54) 发明名称

光学成像镜头及应用此镜头的电子装置

### (57) 摘要

本发明提供一种光学成像镜头及应用此镜头的电子装置。该光学成像镜头,沿光轴由物侧至像侧依序为第一透镜至第五透镜。第二透镜具有朝向像侧的一像侧面,而该像侧面在其圆周附近区域具有凸面部。第四透镜具有朝向像侧的一像侧面,而该像侧面在其光轴附近区域具有凹面部,在其圆周附近区域具有凸面部。第五透镜由塑料制成,该光学成像镜头具有屈光率的透镜只有五片。该应用此镜头的电子装置,包括一机壳及一安装在该机壳内的影像模块,该影像模块包括上述的光学成像镜头、一镜筒、一模块后座单元及一影像传感器。本发明使该镜头在缩短长度下仍有好的光学性能。



1. 一种光学成像镜头,由一物侧至一像侧在一光轴上依序包含一第一透镜、一第二透镜、一第三透镜、一第四透镜、以及一第五透镜,每一透镜都具有屈光率,其中:

该第二透镜,其具有朝向该像侧的一像侧面,该像侧面在其圆周附近区域具有一凸面部;

该第四透镜,其具有朝向该像侧的一像侧面,该像侧面在其光轴附近区域具有一凹面部,而在其圆周附近区域具有一凸面部;以及

该第五透镜由塑料制成,其中该第一、该第二、该第三、该第四、该第五透镜分别都具有朝向该物侧的一物侧面及朝向该像侧的一像侧面,且该光学成像镜头总共只有上述五片具有屈光率的透镜。

2. 如权利要求1所述的光学成像镜头,其特征在于:该第四透镜在该光轴上的一中心厚度为  $T_4$ ,该第一透镜与该第二透镜在该光轴上的一空气间隙为  $G_{12}$ ,而满足  $T_4/G_{12} \leq 2.0$ 。

3. 如权利要求2所述的光学成像镜头,其特征在于:该光学成像镜头的一系统焦距为  $E_{fl}$ ,该第二透镜在该光轴上的一中心厚度为  $T_2$ ,而满足  $3.0 \leq E_{fl}/T_2 \leq 7.0$ 。

4. 如权利要求1所述的光学成像镜头,其特征在于:该第一透镜在该光轴上的一中心厚度为  $T_1$ ,该第一透镜与该第二透镜在该光轴上的一空气间隙为  $G_{12}$ ,而满足  $T_1/G_{12} \leq 2.5$  的关系。

5. 如权利要求4所述的光学成像镜头,其特征在于:该第二透镜在该光轴上的一中心厚度为  $T_2$ ,该第四透镜在该光轴上的一中心厚度为  $T_4$ ,而满足  $1.4 \leq T_2/T_4 \leq 3.5$ 。

6. 如权利要求1所述的光学成像镜头,其特征在于:该光学成像镜头的一系统焦距为  $E_{fl}$ ,该第二透镜在该光轴上的一中心厚度为  $T_2$ ,而满足  $E_{fl}/T_2 \leq 7.0$ 。

7. 如权利要求6所述的光学成像镜头,其特征在于:该第一透镜到该第五透镜间的五个厚度中最大者为  $T_{max}$ ,该第一透镜与该第二透镜在该光轴上间的一空气间隙为  $G_{12}$ ,而满足  $0.7 \leq T_{max}/G_{12} \leq 2.3$ 。

8. 如权利要求1所述的光学成像镜头,其特征在于:该第一透镜在该光轴上的一中心厚度为  $T_1$ ,该第一透镜与该第二透镜在该光轴上的一空气间隙为  $G_{12}$ ,满足  $0.5 \leq T_1/G_{12} \leq 2.5$  的关系。

9. 如权利要求8所述的光学成像镜头,其特征在于:该第一透镜到该第五透镜间的五个厚度中最大者为  $T_{max}$ ,该第二透镜在该光轴上的一中心厚度为  $T_2$ ,而满足  $T_{max}/T_2 \leq 1.4$ 。

10. 如权利要求1所述的光学成像镜头,其特征在于:该第一透镜到该第五透镜在该光轴上的四个空气间隙总合为  $G_{aa}$ ,该第一透镜在该光轴上的一中心厚度为  $T_1$ ,而满足  $1.5 \leq G_{aa}/T_1 \leq 4.0$ 。

11. 如权利要求10所述的光学成像镜头,其特征在于:该第二透镜在该光轴上的一中心厚度为  $T_2$ ,而满足  $T_1/T_2 \leq 1.1$ 。

12. 如权利要求1所述的光学成像镜头,其特征在于:该第一透镜到该第五透镜在该光轴上的四个空气间隙总合为  $G_{aa}$ ,该第四透镜在该光轴上的一中心厚度为  $T_4$ ,而满足  $2.0 \leq G_{aa}/T_4 \leq 8.0$ 。

13. 如权利要求12所述的光学成像镜头,其特征在于:该第二透镜在该光轴上的一中心厚度为  $T_2$ ,而满足  $1.4 \leq T_2/T_4$  的关系。

14. 如权利要求1所述的光学成像镜头,其特征在于:该第一透镜的阿贝数 (Abbe

Number) 为  $V_{D1}$ , 该第二透镜的阿贝数为  $V_{D2}$ , 而满足  $30 \leq V_{D2} - V_{D1}$ 。

15. 一种电子装置, 包含:

一机壳; 以及

一影像模块, 安装在该机壳内, 该影像模块包括:

如权利要求 1 至 14 中任一项所述的一光学成像镜头;

用于供该光学成像镜头设置的一镜筒;

用于供该镜筒设置的一模块后座单元; 以及

设置于该光学成像镜头的一像侧的一影像传感器。

## 光学成像镜头及应用此镜头的电子装置

### 技术领域

[0001] 本发明大致上关于一种光学成像镜头,与包含此光学成像镜头的电子装置。具体而言,本发明特别是指一种缩减系统长度的光学成像镜头,及应用此光学成像镜头的电子装置。

### 背景技术

[0002] 近年来,移动通讯装置和数字相机的普及,使得摄影模块(包含光学成像镜头、座体(holder)及传感器(sensor)等)蓬勃发展,移动通讯装置和数字相机的薄型轻巧化,也让摄影模块(camera module)的小型化需求愈来愈高。随着感光耦合组件(Charge Coupled Device, CCD)或互补性氧化金属半导体组件(Complementary Metal-Oxide Semiconductor, CMOS)的技术进步和尺寸缩小,装戴在摄影模块中的光学成像镜头也需要缩小体积,但光学成像镜头的良好光学性能也是必要顾及之处。目前已知有五片式透镜结构的光学成像镜头。

[0003] 例如,以日本专利公告号 4197994、日本专利公开号 2008-281760、中国台湾地区专利公告号 M369459、中国台湾地区专利公开号 200722785、美国专利公开号 20100254029、与美国专利公告号 8248713 来看,均揭示五片式透镜结构。但是此等五片式透镜结构的镜头长度在 9 毫米以上,不利于手机和数字相机等携带型电子产品的薄型化设计。

[0004] 因此如何能够有效缩减光学镜头的系统长度,同时仍能够维持足够的光学性能,一直是业界亟待解决的课题。

### 发明内容

[0005] 于是,本发明可以提供一种轻量化、低制造成本、长度缩短、并能提供高分辨率与高成像质量的光学成像镜头。本发明五片式成像镜头从物侧至像侧,在光轴上依序安排有第一透镜、第二透镜、第三透镜、第四透镜以及第五透镜。第二透镜具有朝向像侧的像侧面,该像侧面在其圆周附近区域具有凸面部。第四透镜具有朝向像侧的像侧面,该像侧面在其光轴附近区域具有凹面部,而在其圆周附近区域具有凸面部。第五透镜由塑料制成,且此光学成像镜头总共只有上述五片具有屈光率的透镜。第一、第二、第三、第四、第五透镜分别都具有朝向物侧的物侧面及朝向像侧的像侧面。

[0006] 本发明光学成像镜头中,第四透镜在光轴上的中心厚度为  $T_4$ ,第一透镜与第二透镜在光轴上的空气间隙为  $G_{12}$ ,而满足  $T_4/G_{12} \leq 2.0$ 。

[0007] 本发明光学成像镜头中,光学成像镜头的系统焦距为  $E_{f1}$ ,第二透镜在光轴上的中心厚度为  $T_2$ ,而满足  $3.0 \leq E_{f1}/T_2 \leq 7.0$ 。

[0008] 本发明光学成像镜头中,第一透镜在光轴上的中心厚度为  $T_1$ ,第一透镜与第二透镜在光轴上的空气间隙为  $G_{12}$ ,而满足  $T_1/G_{12} \leq 2.5$  的关系。

[0009] 本发明光学成像镜头中,第二透镜在光轴上的中心厚度为  $T_2$ ,第四透镜在光轴上的中心厚度为  $T_4$ ,而满足  $1.4 \leq T_2/T_4 \leq 3.5$ 。

[0010] 本发明光学成像镜头中,光学成像镜头的系统焦距为  $E_{f1}$ ,第二透镜在光轴上的中心厚度为  $T_2$ ,而满足  $E_{f1}/T_2 \leq 7.0$ 。

[0011] 本发明光学成像镜头中,第一透镜到第五透镜间的五个厚度中最大者为  $T_{\max}$ ,第一透镜与第二透镜在光轴上间的空气间隙为  $G_{12}$ ,而满足  $0.7 \leq T_{\max}/G_{12} \leq 2.3$ 。

[0012] 本发明光学成像镜头中,第一透镜在光轴上的中心厚度为  $T_1$ ,第一透镜与第二透镜在光轴上的空气间隙为  $G_{12}$ ,满足  $0.5 \leq T_1/G_{12} \leq 2.5$  的关系。

[0013] 本发明光学成像镜头中,第一透镜到第五透镜间的五个厚度中最大者为  $T_{\max}$ ,第二透镜在光轴上的中心厚度为  $T_2$ ,而满足  $T_{\max}/T_2 \leq 1.4$ 。

[0014] 本发明光学成像镜头中,第一透镜到第五透镜在光轴上的四个空气间隙总合为  $G_{aa}$ ,第一透镜在光轴上的中心厚度为  $T_1$ ,而满足  $1.5 \leq G_{aa}/T_1 \leq 4.0$ 。

[0015] 本发明光学成像镜头中,第二透镜在光轴上的中心厚度为  $T_2$ ,而满足  $T_1/T_2 \leq 1.1$ 。

[0016] 本发明光学成像镜头中,第一透镜到第五透镜在光轴上的四个空气间隙总合为  $G_{aa}$ ,第四透镜在光轴上的中心厚度为  $T_4$ ,而满足  $2.0 \leq G_{aa}/T_4 \leq 8.0$ 。

[0017] 本发明光学成像镜头中,第二透镜在光轴上的中心厚度为  $T_2$ ,而满足  $1.4 \leq T_2/T_4$  的关系。

[0018] 本发明光学成像镜头中,第一透镜的阿贝数(Abbe Number)为  $V_{D1}$ ,第二透镜的阿贝数为  $V_{D2}$ ,而满足  $30 \leq V_{D2}-V_{D1}$ 。

[0019] 本发明又提供一种电子装置,其包含机壳以及影像模块。影像模块安装在机壳内,又包括如前所述的光学成像镜头、用于供光学成像镜头设置的镜筒、用于供镜筒设置的一模块后座单元、以及设置于光学成像镜头的像侧的影像传感器。

## 附图说明

[0020] 图 1 绘示本发明光学成像镜头的第一实施例的示意图。

[0021] 图 2A 绘示第一实施例在成像面上的纵向球差。

[0022] 图 2B 绘示第一实施例在弧矢方向的像散像差。

[0023] 图 2C 绘示第一实施例在子午方向的像散像差。

[0024] 图 2D 绘示第一实施例的畸变像差。

[0025] 图 3 绘示本发明光学成像镜头的第二实施例的示意图。

[0026] 图 4A 绘示第二实施例在成像面上的纵向球差。

[0027] 图 4B 绘示第二实施例在弧矢方向的像散像差。

[0028] 图 4C 绘示第二实施例在子午方向的像散像差。

[0029] 图 4D 绘示第二实施例的畸变像差。

[0030] 图 5 绘示本发明光学成像镜头的第三实施例的示意图。

[0031] 图 6A 绘示第三实施例在成像面上的纵向球差。

[0032] 图 6B 绘示第三实施例在弧矢方向的像散像差。

[0033] 图 6C 绘示第三实施例在子午方向的像散像差。

[0034] 图 6D 绘示第三实施例的畸变像差。

[0035] 图 7 绘示本发明光学成像镜头的第四实施例的示意图。

[0036] 图 8A 绘示第四实施例在成像面上的纵向球差。

- [0037] 图 8B 绘示第四实施例在弧矢方向的像散像差。
- [0038] 图 8C 绘示第四实施例在子午方向的像散像差。
- [0039] 图 8D 绘示第四实施例的畸变像差。
- [0040] 图 9 绘示本发明光学成像镜头的第五实施例的示意图。
- [0041] 图 10A 绘示第五实施例在成像面上的纵向球差。
- [0042] 图 10B 绘示第五实施例在弧矢方向的像散像差。
- [0043] 图 10C 绘示第五实施例在子午方向的像散像差。
- [0044] 图 10D 绘示第五实施例的畸变像差。
- [0045] 图 11 绘示本发明光学成像镜头的第六实施例的示意图。
- [0046] 图 12A 绘示第六实施例在成像面上的纵向球差。
- [0047] 图 12B 绘示第六实施例在弧矢方向的像散像差。
- [0048] 图 12C 绘示第六实施例在子午方向的像散像差。
- [0049] 图 12D 绘示第六实施例的畸变像差。
- [0050] 图 13 绘示本发明光学成像镜头的第七实施例的示意图。
- [0051] 图 14A 绘示第七实施例在成像面上的纵向球差。
- [0052] 图 14B 绘示第七实施例在弧矢方向的像散像差。
- [0053] 图 14C 绘示第七实施例在子午方向的像散像差。
- [0054] 图 14D 绘示第七实施例的畸变像差。
- [0055] 图 15 绘示本发明光学成像镜头曲率形状的示意图。
- [0056] 图 16 绘示应用本发明光学成像镜头的可携式电子装置的第一较佳实施例的示意图。
- [0057] 图 17 绘示应用本发明光学成像镜头的可携式电子装置的第二较佳实施例的示意图。
- [0058] 图 18 表示第一实施例详细的光学数据。
- [0059] 图 19 表示第一实施例详细的非球面数据。
- [0060] 图 20 表示第二实施例详细的光学数据。
- [0061] 图 21 表示第二实施例详细的非球面数据。
- [0062] 图 22 表示第三实施例详细的光学数据。
- [0063] 图 23 表示第三实施例详细的非球面数据。
- [0064] 图 24 表示第四实施例详细的光学数据。
- [0065] 图 25 表示第四实施例详细的非球面数据。
- [0066] 图 26 表示第五实施例详细的光学数据。
- [0067] 图 27 表示第五实施例详细的非球面数据。
- [0068] 图 28 表示第六实施例详细的光学数据。
- [0069] 图 29 表示第六实施例详细的非球面数据。
- [0070] 图 30 表示第七实施例详细的光学数据。
- [0071] 图 31 表示第七实施例详细的非球面数据。
- [0072] 图 32 表示各实施例的重要参数。
- [0073] **【符号说明】**

- [0074] 1 光学成像镜头
- [0075] 2 物侧
- [0076] 3 像侧
- [0077] 4 光轴
- [0078] 10 第一透镜
- [0079] 11 物侧面
- [0080] 12 像侧面
- [0081] E 延伸部
- [0082] 20 第二透镜
- [0083] 21 物侧面
- [0084] 22 像侧面
- [0085] 23 凸面部
- [0086] 24 凹面部
- [0087] 27 凸面部
- [0088] 30 第三透镜
- [0089] 31 物侧面
- [0090] 32 像侧面
- [0091] 36 凸面部
- [0092] 37 凹面部
- [0093] 40 第四透镜
- [0094] 41 物侧面
- [0095] 42 像侧面
- [0096] 43 凸面部
- [0097] 44 凹面部
- [0098] 46 凹面部
- [0099] 47 凸面部
- [0100] 50 第五透镜
- [0101] 51 物侧面
- [0102] 52 像侧面
- [0103] 53 凸面部
- [0104] 54 凹面部
- [0105] 56 凹面部
- [0106] 57 凸面部
- [0107] 60 滤光片
- [0108] 70 影像传感器
- [0109] 71 成像面
- [0110] 80 光圈
- [0111] 100 可携式电子装置
- [0112] 110 机壳

- [0113] 120 影像模块
- [0114] 130 镜筒
- [0115] 140 模块后座单元
- [0116] 141 镜头后座
- [0117] 142 第一座体
- [0118] 143 第二座体
- [0119] 144 线圈
- [0120] 145 磁性组件
- [0121] 146 影像传感器后座
- [0122] 172 基板
- [0123] 200 可携式电子装置
- [0124] I-I' 轴线

### 具体实施方式

[0125] 在开始详细描述本发明之前,首先要说明的是,在本发明图式中,类似的组件是以相同的编号来表示。其中,本篇说明书所言的「一透镜具有正屈光率(或负屈光率)」,是指所述透镜在光轴附近区域具有正屈光率(或负屈光率)而言。「一透镜的物侧面(或像侧面)具有位于某区域的凸面部(或凹面部)」,是指该区域相较于径向上紧邻该区域的外侧区域,朝平行于光轴的方向更为「向外凸起」(或「向内凹陷」)而言。以图 15 为例,其中 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,该透镜的物侧面于 A 区域具有凸面部、B 区域具有凹面部而 C 区域具有凸面部,原因在于 A 区域相较于径向上紧邻该区域的外侧区域(即 B 区域),朝平行于光轴的方向更为向外凸起,B 区域则相较于 C 区域更为向内凹陷,而 C 区域相较于 E 区域也同理地更为向外凸起。「圆周附近区域」,是指位于透镜上仅供成像光线通过的曲面的圆周附近区域,亦即图中的 C 区域,其中,成像光线包括了主光线 Lc (chief ray) 及边缘光线 Lm (marginal ray)。「光轴附近区域」是指该仅供成像光线通过的曲面的光轴附近区域,亦即图 15 中的 A 区域。此外,各透镜还包含一延伸部 E,用以供该透镜组装于光学成像镜头内,理想的成像光线并不会通过该延伸部 E,但该延伸部 E 的结构与形状并不限于此,以下的实施例为求图式简洁均省略了延伸部。

[0126] 如图 1 所示,本发明光学成像镜头 1,从放置物体(图未示)的物侧 2 至成像的像侧 3,沿着光轴 4 (optical axis),依序包含有第一透镜 10、第二透镜 20、第三透镜 30、第四透镜 40、第五透镜 50,滤光片 60 及成像面 71 (image plane)。一般说来,第一透镜 10、第二透镜 20、第三透镜 30、第四透镜 40 都可以是由透明的塑料材质所制成,但本发明不以此为限,第五透镜 50 则一定是由透明的塑料材质所制成。在本发明光学成像镜头 1 中,具有屈光率的镜片总共只有五片。光轴 4 为整个光学成像镜头 1 的光轴,所以每个透镜的光轴和光学成像镜头 1 的光轴都是相同的。

[0127] 此外,光学成像镜头 1 还包含光圈 80 (aperture stop),而设置于适当的位置。在图 1 中,光圈 80 是设置在第一透镜 10 与第二透镜 20 之间。当由位于物侧 2 的待拍摄物(图未示)所发出的光线(图未示)进入本发明光学成像镜头 1 时,即会经由第一透镜 10、光圈 80、第二透镜 20、第三透镜 30、第四透镜 40、第五透镜 50 与滤光片 60 之后,会在像侧 3

的成像面 71 上聚焦而形成清晰的影像。

[0128] 在本发明各实施例中,选择性设置的滤光片 60 还可以是具各种合适功能的滤镜,例如滤光片 60 可以是红外线滤除滤光片(IR cut filter),置于第五透镜 50 与成像面 71 之间。

[0129] 本发明光学成像镜头 1 中的各个透镜,都分别具有朝向物侧 2 的物侧面,与朝向像侧 3 的像侧面。另外,本发明光学成像镜头 1 中的各个透镜,亦都具有接近光轴 4 的光轴附近区域、与远离光轴 4 的圆周附近区域。例如,第一透镜 10 具有一物侧面 11 与一像侧面 12;第二透镜 20 具有一物侧面 21 与一像侧面 22;第三透镜 30 具有一物侧面 31 与一像侧面 32;第四透镜 40 具有一物侧面 41 与一像侧面 42;第五透镜 50 具有一物侧面 51 与一像侧面 52。

[0130] 本发明光学成像镜头 1 中的各个透镜,还都分别具有位在光轴 4 上的中心厚度  $T$ 。例如,第一透镜 10 具有厚度  $T_1$ 、第二透镜 20 具有厚度  $T_2$ 、第三透镜 30 具有厚度  $T_3$ 、第四透镜 40 具有厚度  $T_4$ ,而第五透镜 50 具有厚度  $T_5$ 。

[0131] 另外,本发明光学成像镜头 1 中在各个透镜之间又具有位在光轴 4 上的空气间隙 (air gap)  $G$ 。例如,第一透镜 10 到第二透镜 20 之间空气间隙  $G_{12}$ 、第二透镜 20 到第三透镜 30 之间空气间隙  $G_{23}$ 、第三透镜 30 到第四透镜 40 之间空气间隙  $G_{34}$ 、第四透镜 40 到第五透镜 50 之间空气间隙  $G_{45}$ 。所以,第一透镜 10 到第五透镜 50 之间位于光轴 4 上各透镜间的四个空气间隙的总合即称为  $G_{aa}$ 。亦即,  $G_{aa}=G_{12}+G_{23}+G_{34}+G_{45}$ 。

[0132] 第一实施例

[0133] 请参阅图 1,例示本发明光学成像镜头 1 的第一实施例。第一实施例在成像面 71 上的纵向球差(longitudinal spherical aberration)请参考图 2A、弧矢(sagittal)方向的像散像差(astigmatic field aberration)请参考图 2B、子午(tangential)方向的像散像差请参考图 2C、以及畸变像差(distortion aberration)请参考图 2D。所有实施例中各球差图的 Y 轴代表视场,其最高点均为 1.0,此实施例中各像散图及畸变图的 Y 轴代表像高。

[0134] 第一实施例的光学成像镜头系统 1 主要由五枚以塑料材质制成又具有屈光率的透镜 10 ~ 50、滤光片 60、光圈 80、与成像面 71 所构成。光圈 80 是设置在第一透镜 10 与第二透镜 20 之间。滤光片 60 可以是红外线滤光片,用来防止光线中的红外线投射至成像面而影响成像质量。

[0135] 第一透镜 10 具有正屈光率。物侧面 11 为凸面,像侧面 12 为凹面。另外,第一透镜 10 的物侧面 11 及像侧面 12 皆为非球面(aspheric surface)。

[0136] 第二透镜 20 具有正屈光率。物侧面 21 为凸面,像侧面 22 为凸面,在圆周附近区域则具有凸面部 27。另外,第二透镜的物侧面 21 以及像侧面 22 皆为非球面。

[0137] 第三透镜 30 具有正屈光率。物侧面 31 为凹面;像侧面 32 具有位于光轴附近的凸面部 36 及位于圆周附近区域的凹面部 37。另外,第三透镜 30 的物侧面 31 以及像侧面 32 皆为非球面。

[0138] 第四透镜 40 具有负屈光率。物侧面 41 具有在光轴附近区域具有凸面部 43,以及在圆周附近区域的凹面部 44。像侧面 42 具有位于光轴附近的凹面部 46 及位于圆周附近区域的凸面部 47。另外,第四透镜 40 的物侧面 41 及像侧面 42 皆为非球面。

[0139] 第五透镜 50 具有正屈光率。物侧面 51 具有在光轴附近区域的凸面部 53、圆周附近区域的凹面部 54。像侧面 52 具有在光轴附近区域的凹面部 56 及圆周附近区域的凸面部 57。另外,第五透镜 50 的物侧面 51 及像侧面 52 皆为非球面。滤光片 60 可以是红外线滤光片,其位于第五透镜 50 以及成像面 71 之间。

[0140] 在本发明光学成像镜头 1 中,从第一透镜 10 到第五透镜 50 的所有物侧面 11/21/31/41/51 与像侧面 12/22/32/42/52 共计十个曲面,均为非球面。此等非球面系经由下列公式所定义:

$$[0141] \quad Z(Y) = \frac{Y^2}{R} / (1 + \sqrt{1 - (1 + K) \frac{Y^2}{R^2}}) + \sum_{i=1}^n a_{2i} \times Y^{2i}$$

[0142] 其中:

[0143] R 表示透镜表面的曲率半径;

[0144] Z 表示非球面的深度(非球面上距离光轴为 Y 的点,其与相切于非球面光轴上顶点的切面,两者间的垂直距离);

[0145] Y 表示非球面曲面上的点与光轴的垂直距离;

[0146] K 为锥面系数(conic constant);

[0147]  $a_{2i}$  为第 2i 阶非球面系数。

[0148] 第一实施例成像透镜系统的光学数据如图 18 所示,其中色散系数就是阿贝数;非球面数据如图 19 所示。在以下实施例的光学透镜系统中,整体光学透镜系统的光圈值(f-number)为  $F_{no}$ ,半视角(Half Field of View, 简称 HFOV)为整体光学透镜系统中最大视角(Field of View)的一半,又曲率半径、厚度及焦距的单位为毫米(毫米(mm)),F 为光学成像镜头的系统焦距(即  $E_{fl}$ )。光学成像镜头长度为 3.78 毫米(第一透镜物侧面至成像面在光轴上的距离),而系统像高为 2.268 毫米(mm)。第一实施例中各重要参数间的关系例举如下:

$$[0149] \quad T_4/G_{12}=1.906$$

$$[0150] \quad E_{fl}/T_2=3.382$$

$$[0151] \quad T_2/T_4=2.361$$

$$[0152] \quad T_1/G_{12}=2.490$$

$$[0153] \quad T_{max}/G_{12}=4.501$$

$$[0154] \quad T_{max}/T_2=1.000$$

$$[0155] \quad G_{aa}/T_1=1.654$$

$$[0156] \quad T_1/T_2=0.553$$

$$[0157] \quad G_{aa}/T_4=2.161$$

$$[0158] \quad V_{D2}-V_{D1}=32.586$$

[0159] 第二实施例

[0160] 请参阅图 3,例示本发明光学成像镜头 1 的第二实施例。第二实施例在成像面 71 上的纵向球差请参考图 4A、弧矢方向的像散像差请参考图 4B、子午方向的像散像差请参考图 4C、畸变像差请参考图 4D。第二实施例中各透镜与第一实施例大致上类似,不同处仅在于第二透镜 20 的物侧面 21 是凹面,第三透镜 30 的像侧面 32 是凸面。第二实施例详细的光学数据如图 20 所示,非球面数据如图 21 所示。光学成像镜头长度 4.17 毫米,而系统像

高为 2.268 毫米(mm)。其各重要参数间的关系为：

- [0161]  $T_4/G_{12}=0.360$
- [0162]  $E_{f1}/T_2=5.998$
- [0163]  $T_2/T_4=1.852$
- [0164]  $T_1/G_{12}=0.587$
- [0165]  $T_{max}/G_{12}=0.933$
- [0166]  $T_{max}/T_2=1.398$
- [0167]  $G_{aa}/T_1=3.682$
- [0168]  $T_1/T_2=0.880$
- [0169]  $G_{aa}/T_4=6.000$
- [0170]  $V_{D2}-V_{D1}=32.586$
- [0171] 第三实施例

[0172] 请参阅图 5,例示本发明光学成像镜头 1 的第三实施例。第三实施例在成像面 71 上的纵向球差请参考图 6A、弧矢方向的像散像差请参考图 6B、子午方向的像散像差请参考图 6C、畸变像差请参考图 6D。第三实施例中 各透镜与第一实施例大致上类似,不同处仅在于第二透镜 20 的物侧面 21 具有在光轴附近区域的凸面部 23 与在圆周附近区域的凹面部 24,而第三透镜 30 的像侧面 32 是凸面。第三实施例详细的光学数据如图 22 所示,非球面数据如图 23 所示,光学成像镜头长度 4.04 毫米,而系统像高为 2.268 毫米(mm)。其各重要参数间的关系为：

- [0173]  $T_4/G_{12}=0.501$
- [0174]  $E_{f1}/T_2=4.417$
- [0175]  $T_2/T_4=1.811$
- [0176]  $T_1/G_{12}=0.699$
- [0177]  $T_{max}/G_{12}=0.973$
- [0178]  $T_{max}/T_2=1.072$
- [0179]  $G_{aa}/T_1=2.844$
- [0180]  $T_1/T_2=0.770$
- [0181]  $G_{aa}/T_4=3.966$
- [0182]  $V_{D2}-V_{D1}=32.586$
- [0183] 第四实施例

[0184] 请参阅图 7,例示本发明光学成像镜头 1 的第四实施例。第四实施例在成像面 71 上的纵向球差请参考图 8A、弧矢方向的像散像差请参考图 8B、子午方向的像散像差请参考图 8C、畸变像差请参考图 8D。第四实施例和第一实施例类似,其不同点在于第二透镜 20 的物侧面 21 具有在光轴附近区域的凸面部 23 与在圆周附近区域的凹面部 24,而第三透镜 30 的像侧面 32 是凸面。第四实施例详细的光学数据如图 24 所示,非球面数据如图 25 所示,光学 成像镜头长度 4.04 毫米,而系统像高为 2.268 毫米(mm)。其各重要参数间的关系为：

- [0185]  $T_4/G_{12}=0.767$
- [0186]  $E_{f1}/T_2=2.574$
- [0187]  $T_2/T_4=3.078$

- [0188]  $T_1/G_{12}=1.177$   
[0189]  $T_{\max}/G_{12}=2.360$   
[0190]  $T_{\max}/T_2=1.000$   
[0191]  $G_{aa}/T_1=1.783$   
[0192]  $T_1/T_2=0.499$   
[0193]  $G_{aa}/T_4=2.737$   
[0194]  $V_{D2}-V_{D1}=32.586$   
[0195] 第五实施例

[0196] 请参阅图 9, 例示本发明光学成像镜头 1 的第五实施例。第五实施例在成像面 71 上的纵向球差请参考图 10A、弧矢方向的像散像差请参考图 10B、子午方向的像散像差请参考图 10C、畸变像差请参考图 10D。第五实施例与第一实施例大致上类似, 不同处在于第三透镜 30 的像侧面 32 是凸面。第五实施例详细的光学数据如图 26 所示, 非球面数据如图 27 所示, 光学成像镜头长度 4.04 毫米, 而系统像高为 2.268 毫米(mm)。其各重要参数间的关系为:

- [0197]  $T_4/G_{12}=0.981$   
[0198]  $E_{f1}/T_2=3.342$   
[0199]  $T_2/T_4=1.823$   
[0200]  $T_1/G_{12}=1.308$   
[0201]  $T_{\max}/G_{12}=1.788$   
[0202]  $T_{\max}/T_2=1.000$   
[0203]  $G_{aa}/T_1=1.501$   
[0204]  $T_1/T_2=0.732$   
[0205]  $G_{aa}/T_4=2.003$   
[0206]  $V_{D2}-V_{D1}=32.586$   
[0207] 第六实施例

[0208] 请参阅图 11, 例示本发明光学成像镜头 1 的第六实施例。第六实施例在成像面 71 上的纵向球差请参考图 12A、弧矢方向的像散像差请参考图 12B、子午方向的像散像差请参考图 12C、畸变像差请参考图 12D。第六实施例与第一实施例大致上类似, 不同处在于第三透镜 30 的像侧面 32 是凸面。第六实施例详细的光学数据如图 28 所示, 非球面数据如图 29 所示, 光学成像镜头长度 3.74 毫米, 而系统像高为 2.268 毫米(mm)。其各重要参数间的关系为:

- [0209]  $T_4/G_{12}=0.971$   
[0210]  $E_{f1}/T_2=5.477$   
[0211]  $T_2/T_4=1.489$   
[0212]  $T_1/G_{12}=0.944$   
[0213]  $T_{\max}/G_{12}=2.016$   
[0214]  $T_{\max}/T_2=1.394$   
[0215]  $G_{aa}/T_1=3.358$   
[0216]  $T_1/T_2=0.653$

[0217]  $G_{aa}/T_4=3.264$

[0218]  $V_{D2}-V_{D1}=32.586$

[0219] 第七实施例

[0220] 请参阅图 13, 例示本发明光学成像镜头 1 的第七实施例。第七实施例在成像面 71 上的纵向球差请参考图 14A、弧矢方向的像散像差请参考图 14B、子午方向的像散像差请参考图 14C、畸变像差请参考图 14D。第七实施例中各透镜表面的凹凸形状均与第一实施例大致上类似, 不同处在于第一透镜具有负屈光率, 第二透镜 20 的物侧面 21 具有在光轴附近区域的凸面部 23 与在圆周附近区域的凹面部 24, 而第三透镜 30 的像侧面 32 是凸面。第七实施例详细的光学数据如图 30 所示, 非球面数据如图 31 所示, 光学成像镜头长度 3.89 毫米, 而系统像高为 2.268 毫米(mm)。其各重要参数间的关系为:

[0221]  $T_4/G_{12}=0.673$

[0222]  $E_{f1}/T_2=5.435$

[0223]  $T_2/T_4=1.741$

[0224]  $T_1/G_{12}=0.904$

[0225]  $T_{max}/G_{12}=1.463$

[0226]  $T_{max}/T_2=1.250$

[0227]  $G_{aa}/T_1=3.368$

[0228]  $T_1/T_2=0.772$

[0229]  $G_{aa}/T_4=4.527$

[0230]  $V_{D2}-V_{D1}=32.586$

[0231] 另外, 各实施例的重要参数则整理于图 32 中。

[0232] 总结以上的各实施例, 申请人发现有以下特色:

[0233] 1. 第二透镜的像侧面在圆周附近区域的凸面部, 与第四透镜的像侧面在光轴附近区域的凹面部及在圆周附近区域的凸面部, 有助修改像差。

[0234] 2. 第五透镜的材质是塑料, 可降低制造成本及减轻光学成像镜头的重量。

[0235] 此外, 依据以上的各实施例的各重要参数间的关系, 透过以下各参数的数值控制, 可协助设计者设计出具备良好光学性能、整体长度有效缩短、且技术上可行的光学成像镜头。不同参数的比例有较佳的范围, 例如:

[0236] 1.  $T_4/G_{12} \leq 2.0$ 。在镜头缩短的过程中, 理应所有的长度都会缩短。然而, 由于第四透镜像侧面具有在光轴上的凹面部, 所以厚度可以较薄, 因此可以满足此关系式。此关系式又可受下限限制, 较佳为  $0.1 \leq T_4/G_{12} \leq 2.0$ 。

[0237] 2.  $E_{f1}/T_2 \leq 7.0$ 。在透镜缩短的过程中, 光学成像镜头的焦距也会跟着缩短, 所以会满足此关系式。较佳的, 满足  $3.0 \leq E_{f1}/T_2 \leq 7.0$ 。此时  $T_2$  比较短, 有利于镜头缩短过程中其它透镜厚度及间隙长度的配置。此关系式又可受下限限制,  $2.0 \leq E_{f1}/T_2 \leq 7.0$ 。

[0238] 3.  $1.4 \leq T_2/T_4$ 。在镜头缩短的过程中, 理应所有的长度都会缩短, 然而由于第四透镜像侧面在光轴上有凹面部, 所以厚度可以更薄, 因此可以满足此关系式。较佳的, 更满足  $1.4 \leq T_2/T_4 \leq 3.5$ 。

[0239] 4.  $T_1/G_{12} \leq 2.5$ 。在镜头缩短的过程中, 理应所有的长度都会缩短, 考虑光学性能及制造能力, 在满足此关系式时有较佳的配置。较佳的, 满足  $0.5 \leq T_1/G_{12} \leq 2.5$ 。

[0240]  $5.0.7 \leq T_{\max}/G_{12} \leq 2.3$ 。在镜头缩短的过程中,理应所有的长度都会缩短,而所有透镜中厚度最大者也会缩短,因此满足此关系式。

[0241]  $6. T_{\max}/T_2 \leq 1.4$ 。在镜头缩短的过程中,理应所有的长度都会缩短,而所有透镜中厚度最大者也会缩短,因此满足此关系式。较佳的,此关系式又可受下限限制,所以  $0.8 \leq T_{\max}/T_2 \leq 1.4$ 。

[0242]  $7. 1.5 \leq G_{aa}/T_1 \leq 4.0$ 。在镜头缩短的过程中,理应所有的长度都会缩短。所以考虑光学性能及制造能力,在满足此关系式时会有较佳的配置。

[0243]  $8. T_1/T_2 \leq 1.1$ 。在镜头缩短的过程中,理应所有的长度都会缩短。考虑光学性能及制造能力,在满足此关系式时有较佳的配置。较佳的,此关系式又可受下限限制,  $0.3 \leq T_1/T_2 \leq 1.1$ 。

[0244]  $9. 2.0 \leq G_{aa}/T_4 \leq 8.0$ 。在镜头缩短的过程中,理应所有的长度都会缩短。考虑光学性能及制造能力,在满足此关系式时有较佳的配置。

[0245]  $10. 30 \leq V_{D2}-V_{D1}$ 。阿贝数(Abbe Number)是用来评估一个透镜色散能力的数值。镜头缩短时,色差会较严重,在满足此关系式时,镜头消减色差的能力较好。较佳的,此关系式又可受下限限制,  $30 \leq V_{D2}-V_{D1} \leq 36$ 。

[0246] 本发明的光学成像镜头 1,还可应用于可携式电子装置中。请参阅图 16,其为应用前述光学成像镜头 1 的可携式电子装置 100 的第一较佳实施例。可携式电子装置 100 包含机壳 110,及安装在机壳 110 内的影像模块 120。图 16 仅以移动电话为例,说明可携式电子装置 100,但可携式电子装置 100 的型式不以此为限。

[0247] 如图 16 中所示,影像模块 120 包括如前所述的光学成像镜头 1。图 16 例示前述第一实施例的光学成像镜头 1。此外,可携式电子装置 100 另包含用于 供光学成像镜头 1 设置的镜筒 130、用于供镜筒 130 设置的模块后座单元(module housing unit)140,用于供模块后座单元 140 设置的基板 172,及设置于基板 172、且位于光学成像镜头 1 的像侧 3 的影像传感器 70。光学成像镜头 1 中的影像传感器 70 可以是电子感光组件,例如感光耦合组件或互补性氧化金属半导体组件。成像面 71 是形成于影像传感器 70。

[0248] 本发明所使用的影像传感器 70 是采用板上连接式芯片封装的封装方式而直接连接在基板 172 上。这 and 传统芯片尺寸封装的封装方式的差别在于,板上连接式芯片封装不需使用保护玻璃。因此,在光学成像镜头 1 中并不需要在影像传感器 70 之前设置保护玻璃,然本发明并不以此为限。

[0249] 须注意的是,本实施例虽显示滤光件 60,然而在其他实施例中亦可省略滤光件 60 的结构,所以滤光件 60 并非必要。且机壳 110、镜筒 130、及 / 或模块后座单元 140 可为单一组件或多个组件组装而成,但无须限定于此。其次,本实施例所使用的影像传感器 70 是采用板上连接式芯片封装(Chip on Board, COB)的封装方式而直接连接在基板 172 上,然本发明并不以此为限。

[0250] 具有屈光率的五片透镜 10、20、30、40、50 例示性地是以于两透镜之间分别存在有空气间隔的方式设置于镜筒 130 内。模块后座单元 140 具有镜头后座 141,及设置于镜头后座 141 与影像传感器 70 之间的影像传感器后座 146,然在其它的实施例中,不一定存在有影像传感器后座 146。镜筒 130 是和镜头后座 141 沿轴线 I-I' 同轴设置,且镜筒 130 设置于镜头后座 141 的内侧。

[0251] 由于本发明光学成像镜头 1 的长度可以仅为 3.78 毫米左右,因此容许将可便携式电子装置 100 的尺寸设计地更为轻薄短小,且仍然能够提供良好的光学性能与成像质量。因此,本发明的各实施例除了具有减少机壳原料用量的经济效益外,还能满足轻薄短小的产品设计趋势与消费需求。

[0252] 另请参阅图 17,为应用前述光学成像镜头 1 的可便携式电子装置 200 的第二较佳实施例。第二较佳实施例的可便携式电子装置 200 与第一较佳实施例的可便携式电子装置 100 的主要差别在于:镜头后座 141 具有第一座体 142、第二座体 143、线圈 144 及磁性组件 145。第一座体 142 供镜筒 130 设置并与镜筒 130 外侧相贴合且沿轴线 I-I' 设置、第二座体 143 沿轴线 I-I' 并环绕着第一座体 142 的外侧设置。线圈 144 设置在第一座体 142 的外侧与第二座体 143 的内侧之间。磁性组件 145 设置在线圈 144 的外侧与第二座体 143 的内侧之间。

[0253] 第一座体 142 可带着镜筒 130 及设置在镜筒 130 内的光学成像镜头 1 沿轴线 I-I', 即图 1 的光轴 4 移动。影像传感器后座 146 则与第二座体 143 相贴合。滤光件 60,如红外线滤光片,则是设置在影像传感器后座 146。第二实施例可便携式电子装置 200 的其他组件结构则与第一实施例的可便携式电子装置 100 类似,故在此不再赘述。

[0254] 尽管结合优选实施方案具体展示和介绍了本发明,但所属领域的技术人员应该明白,在不脱离所附权利要求书所限定的本发明的精神和范围内,在形式上和细节上可以对本发明做出各种变化,均为本发明的保护范围。

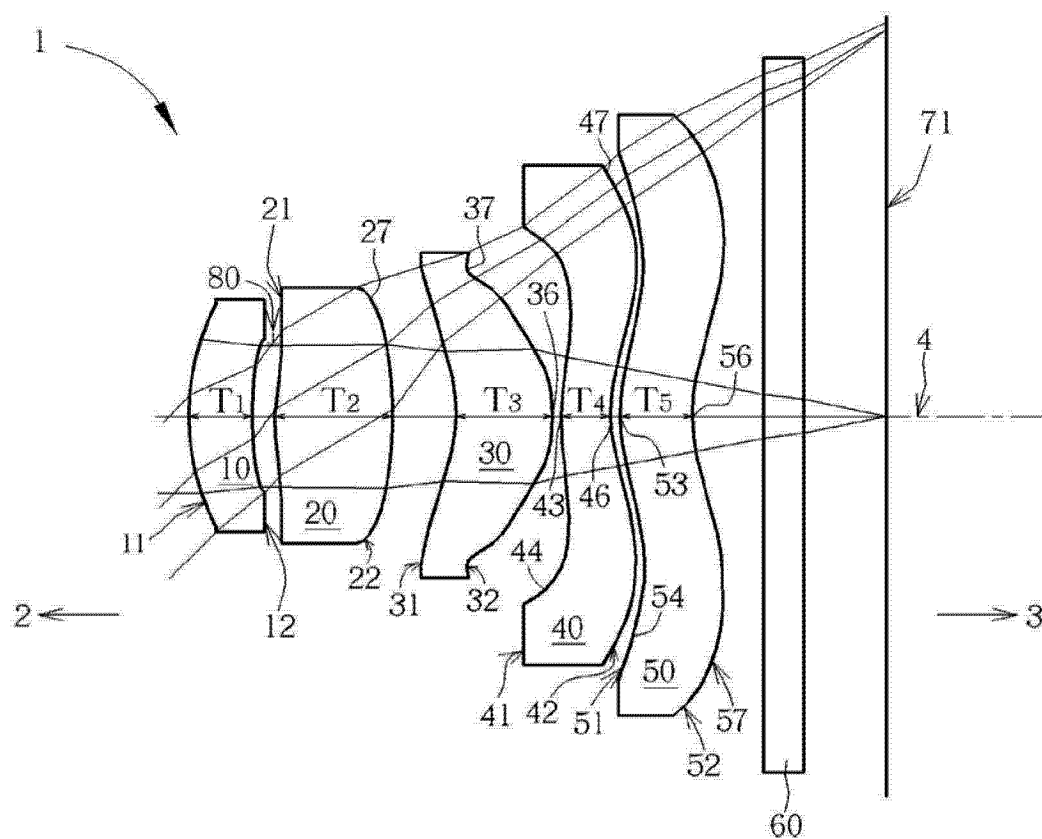
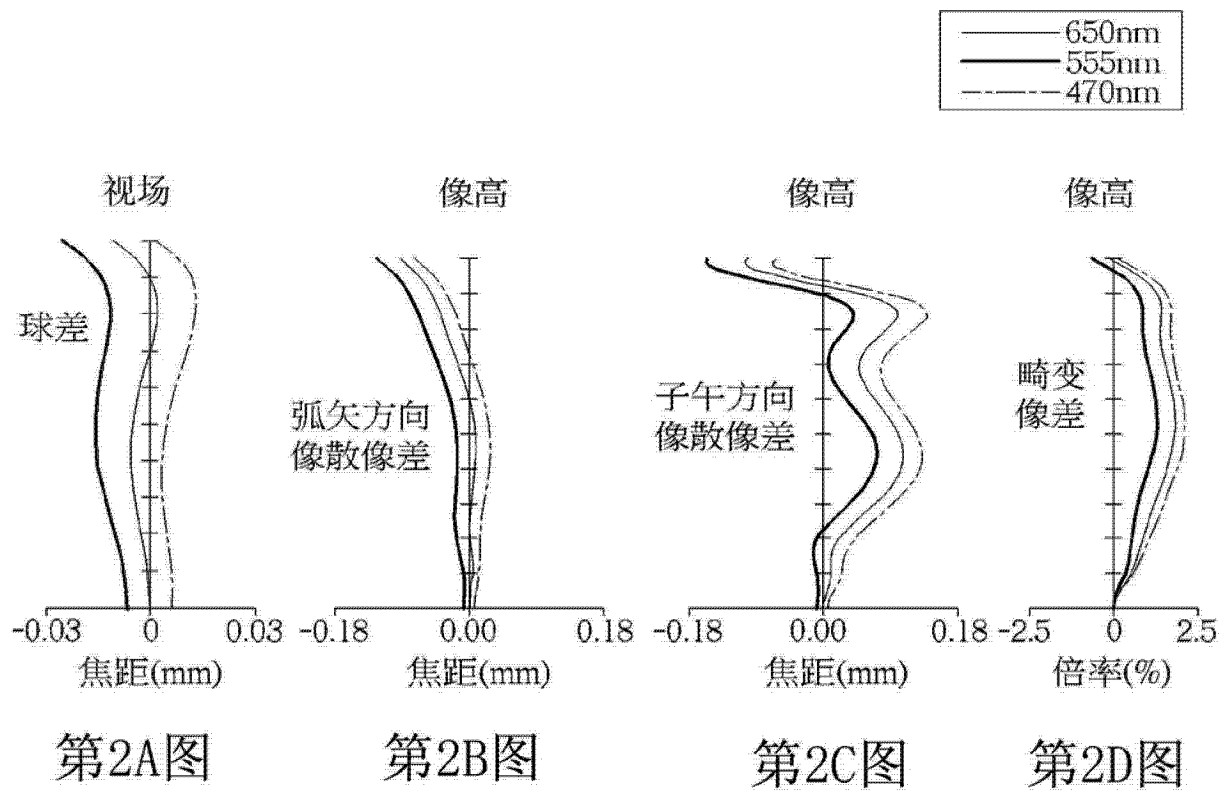


图 1



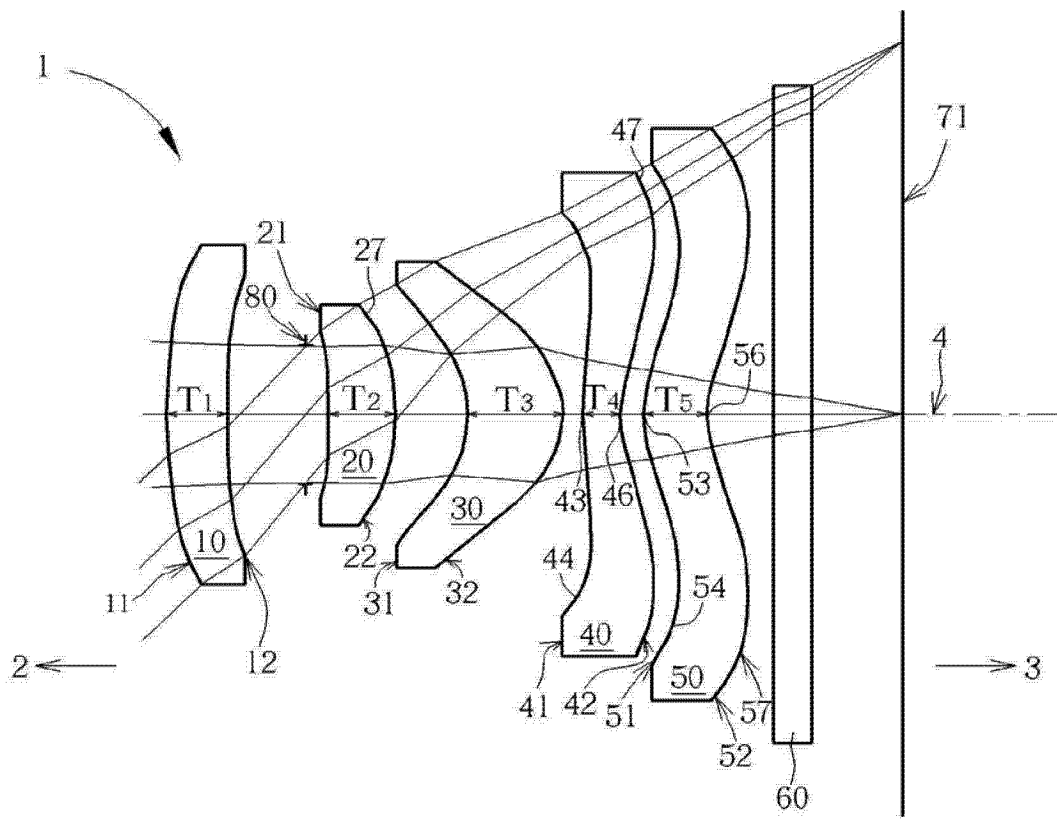


图 3

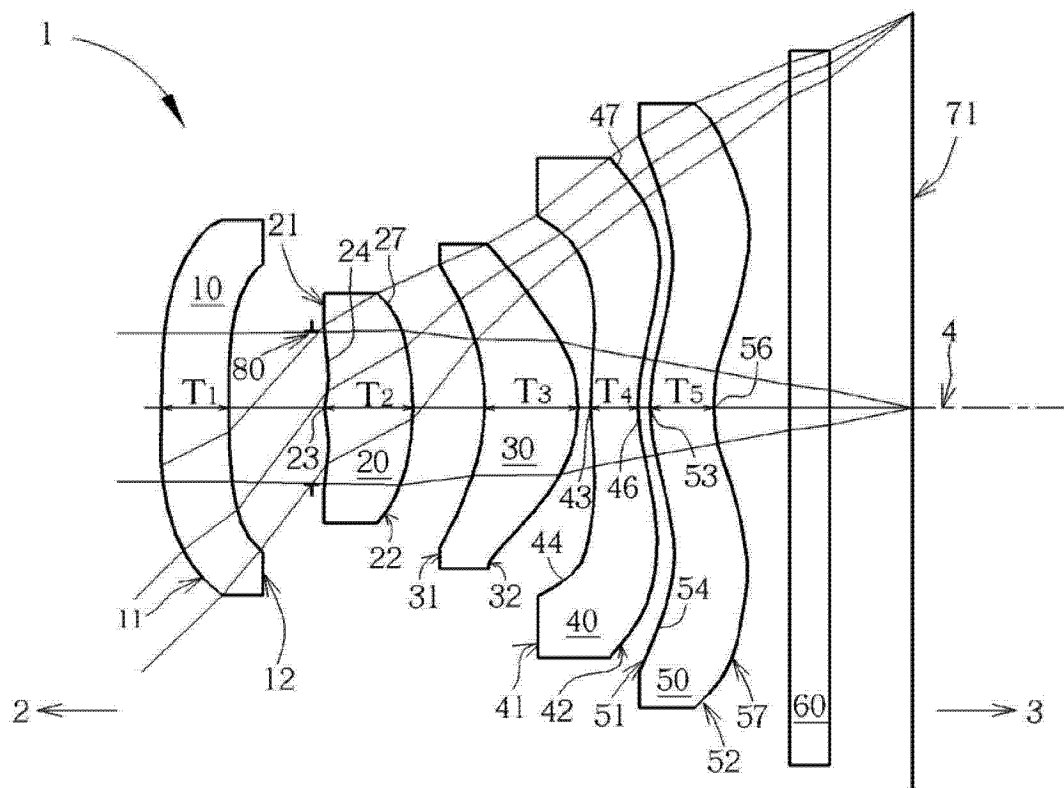
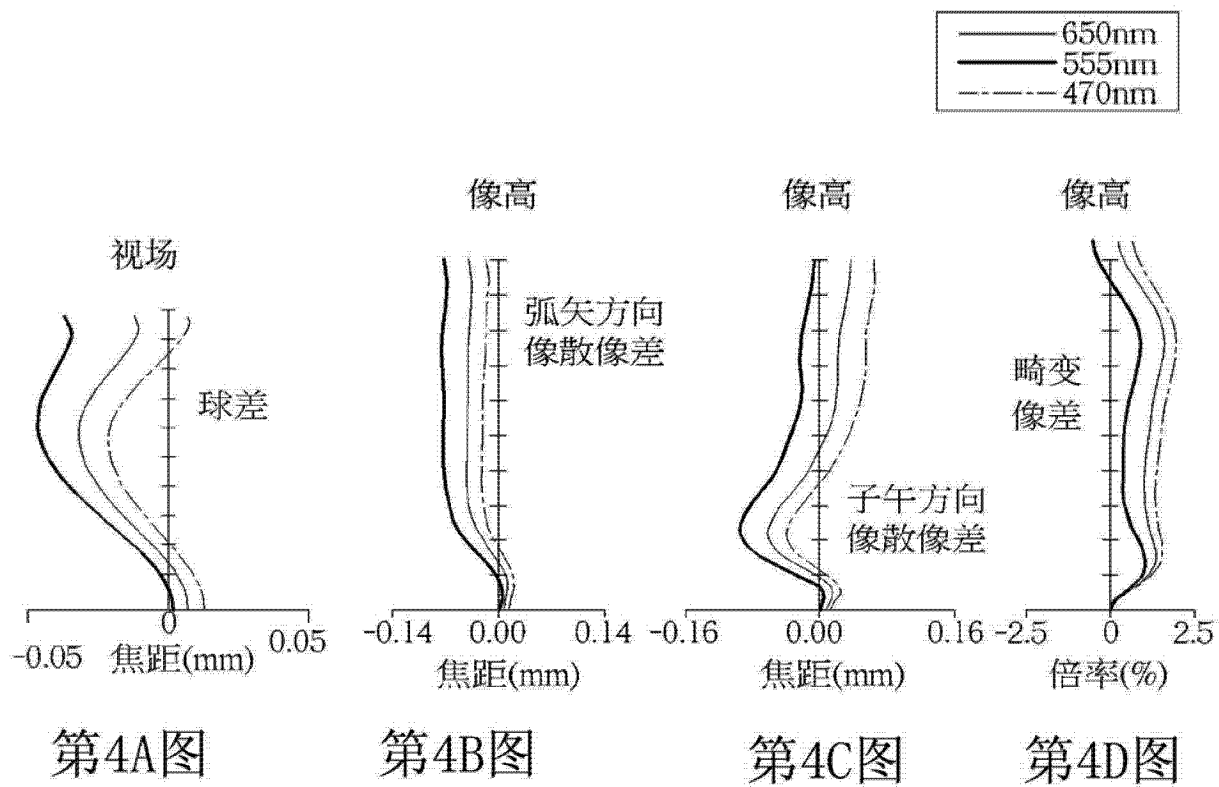


图 5

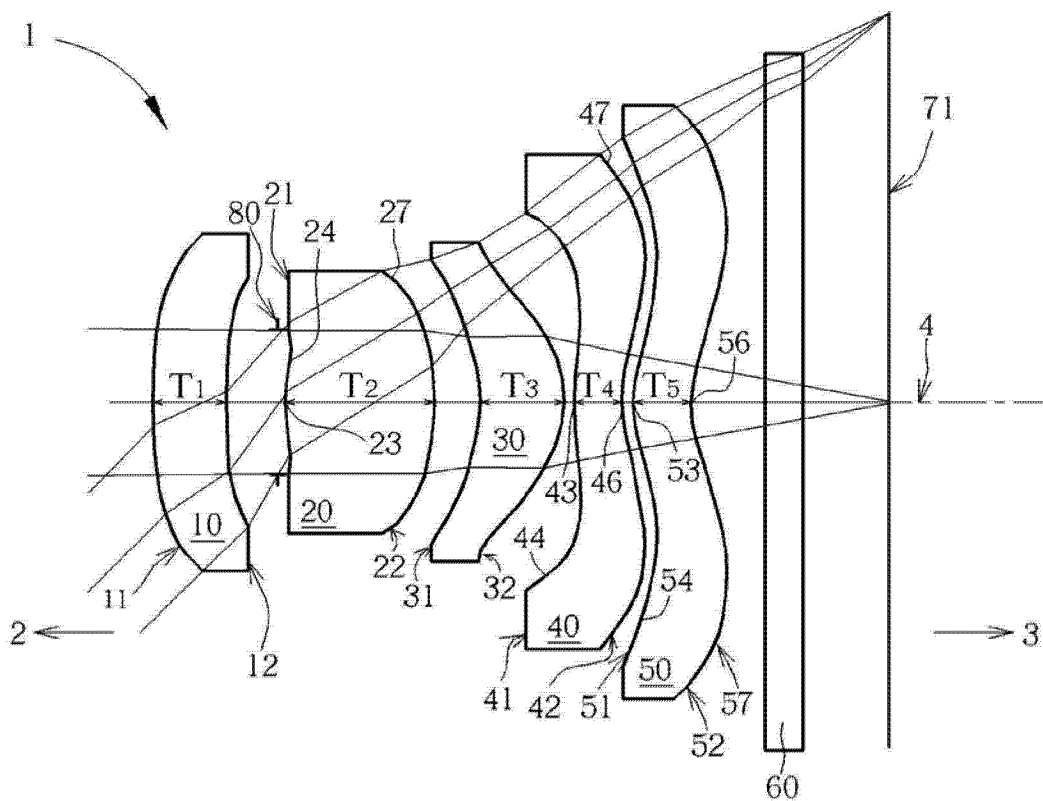
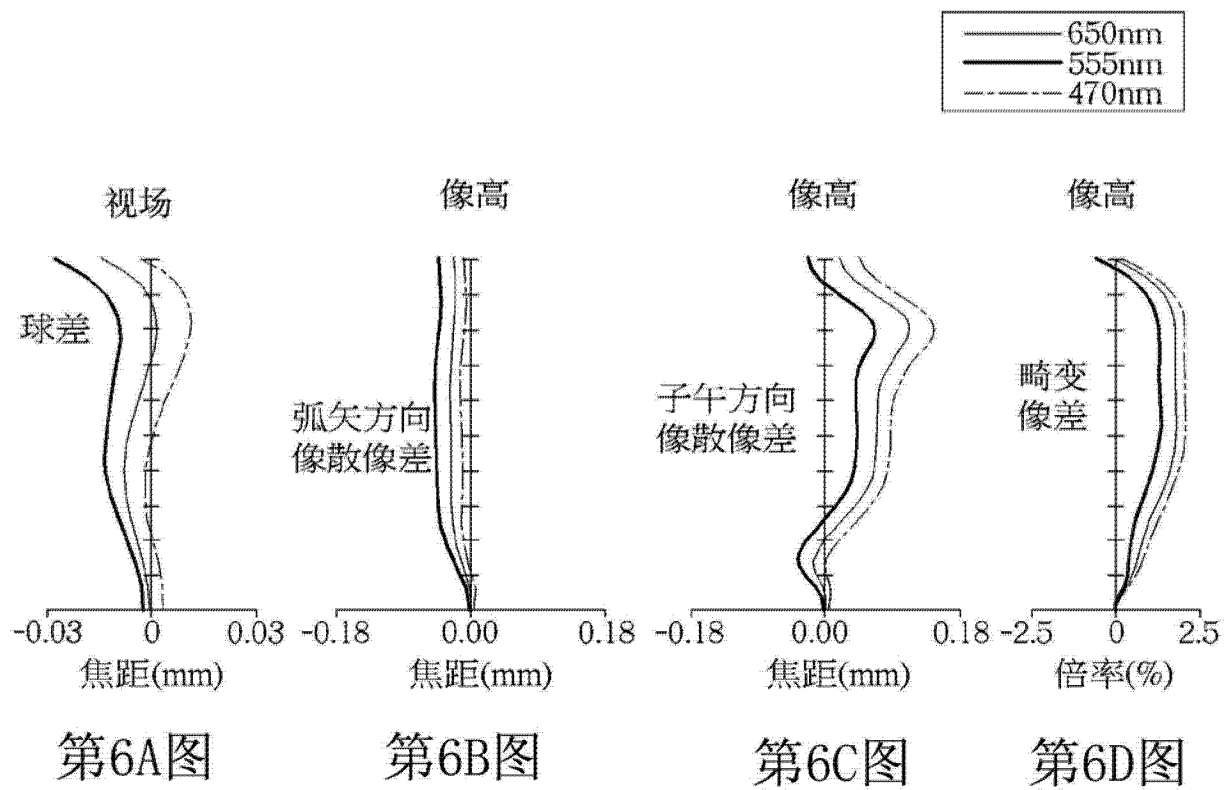


图 7

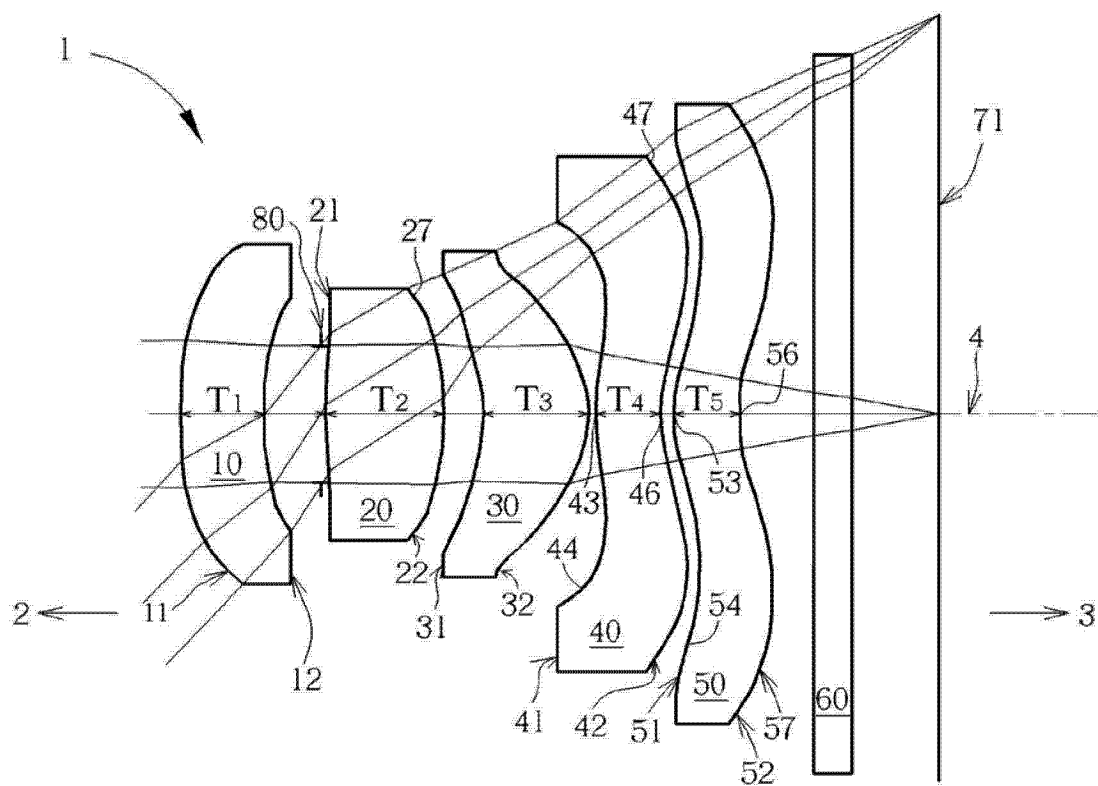
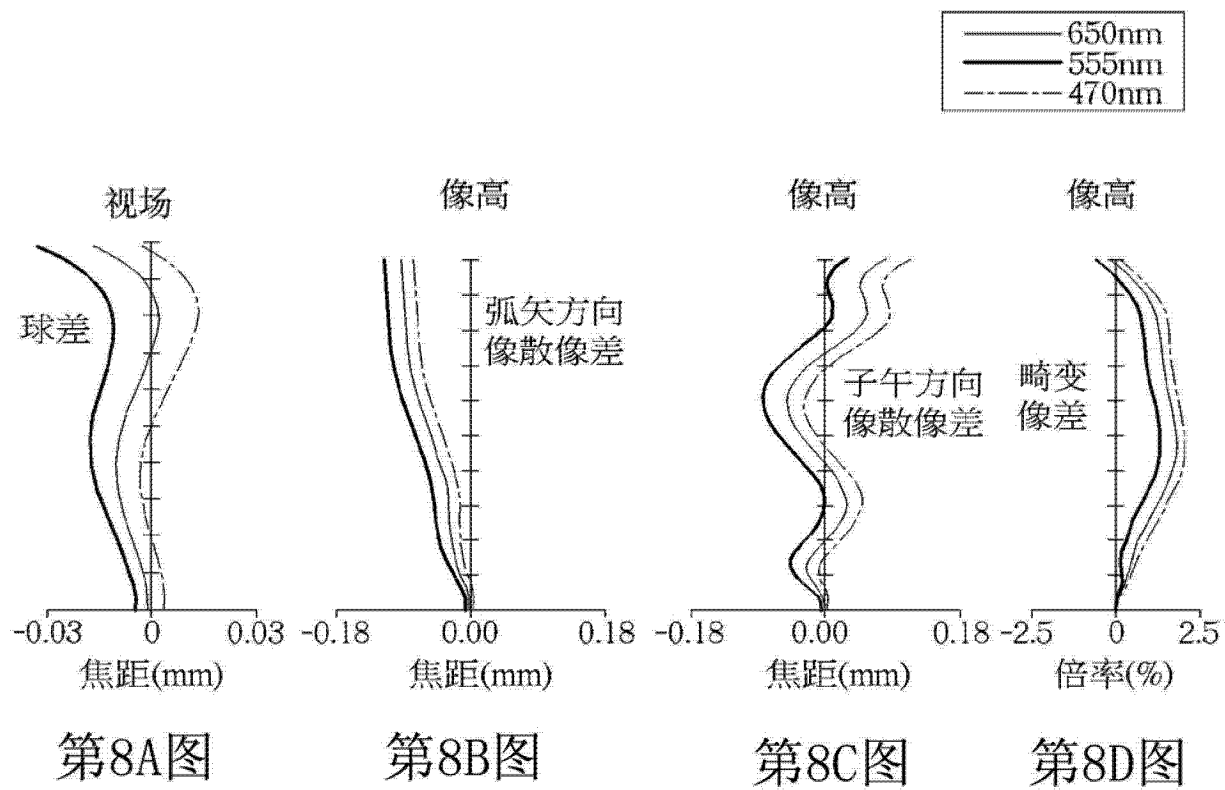
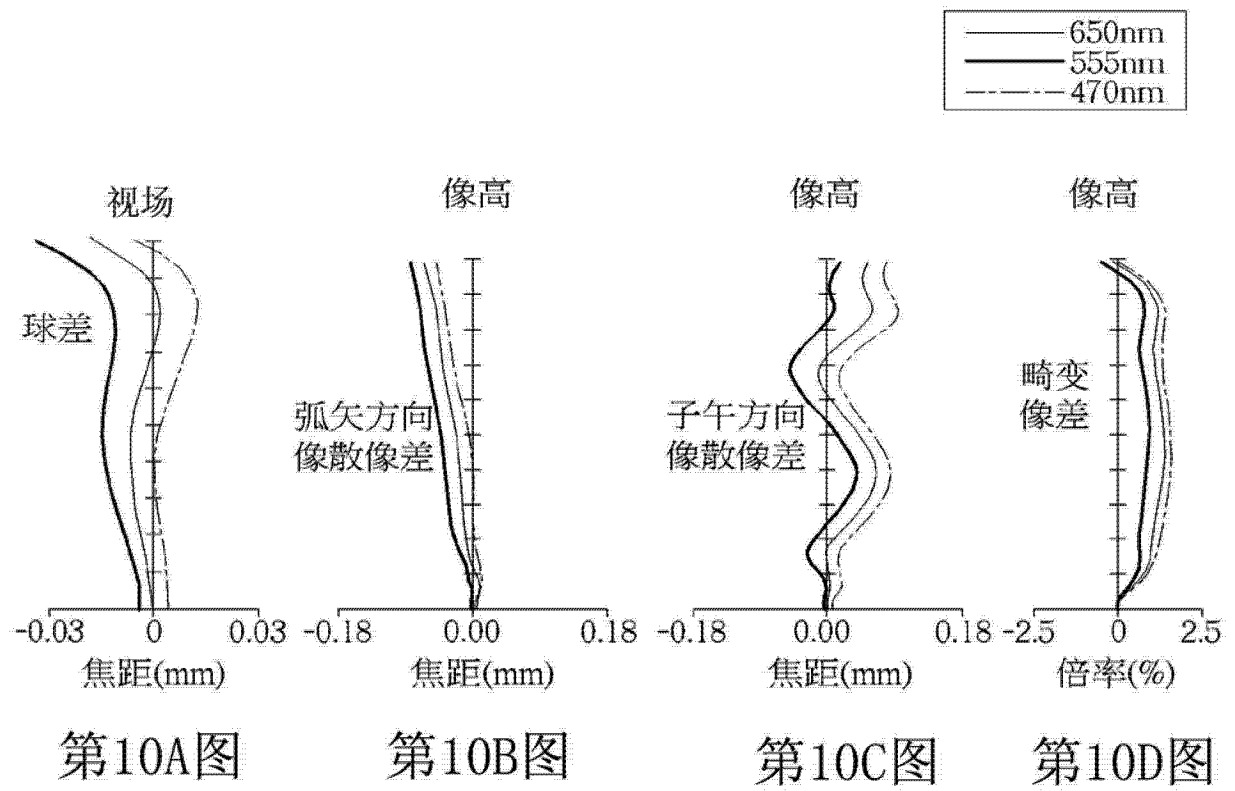


图 9



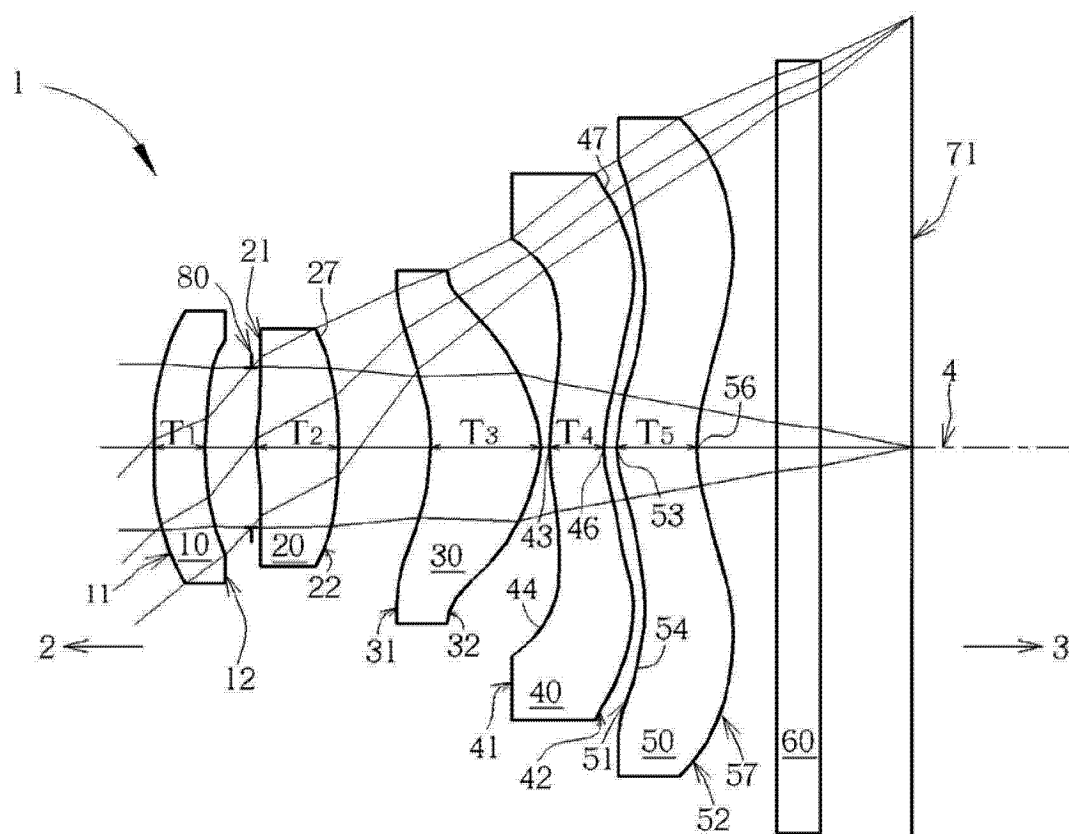
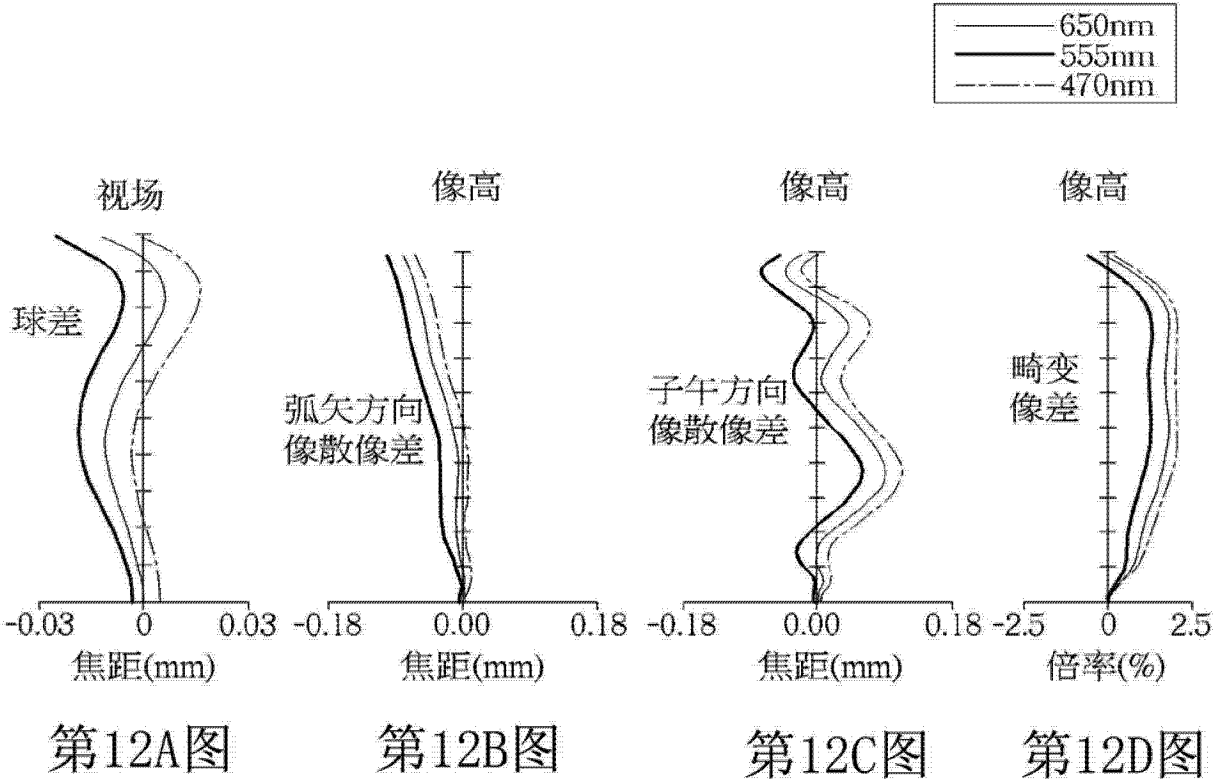


图 11



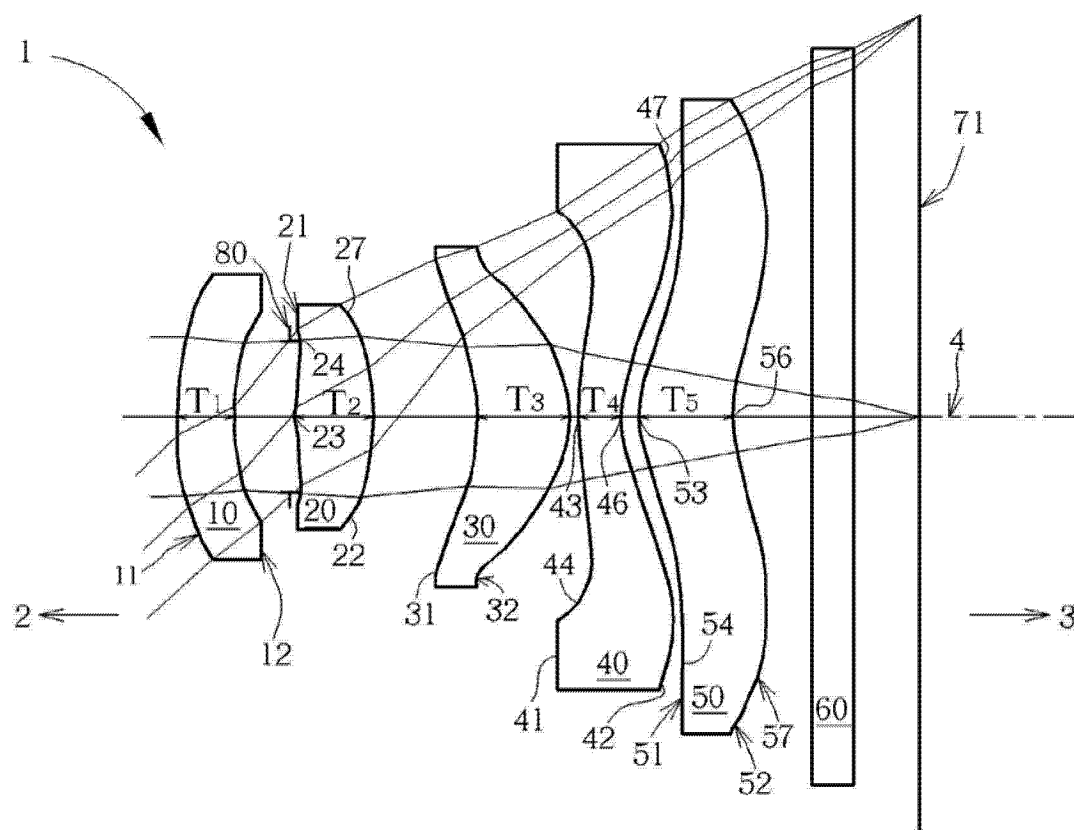
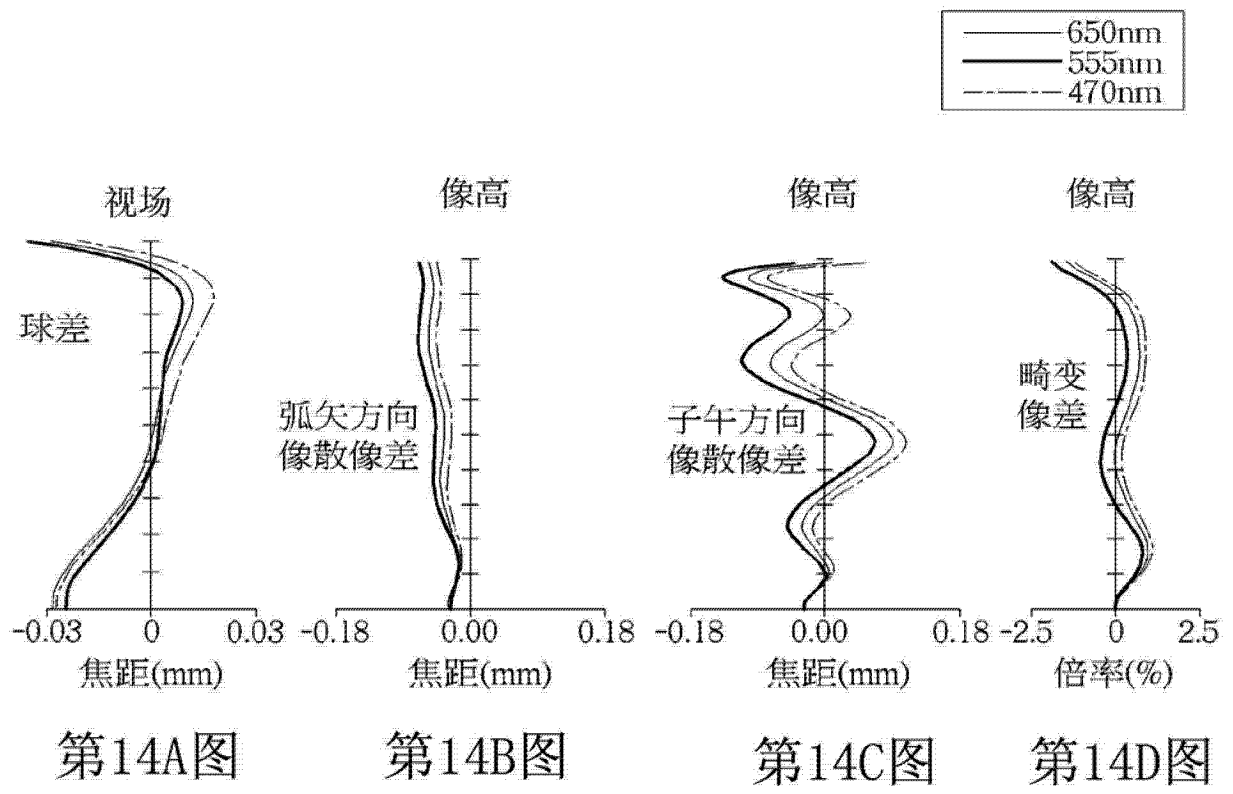


图 13



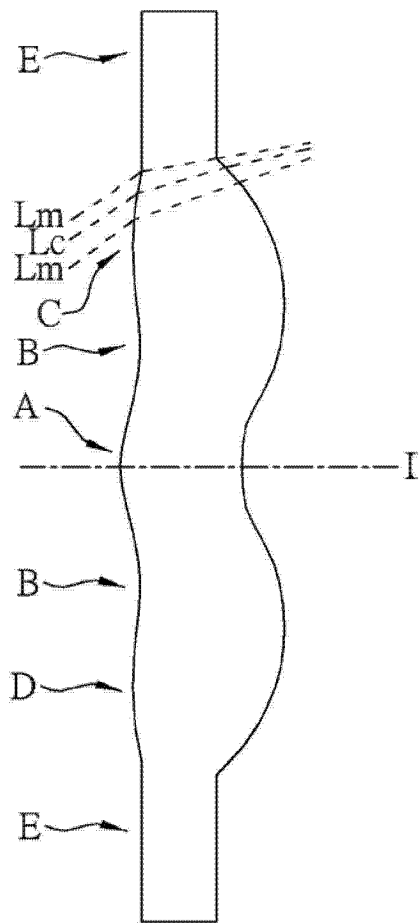


图 15

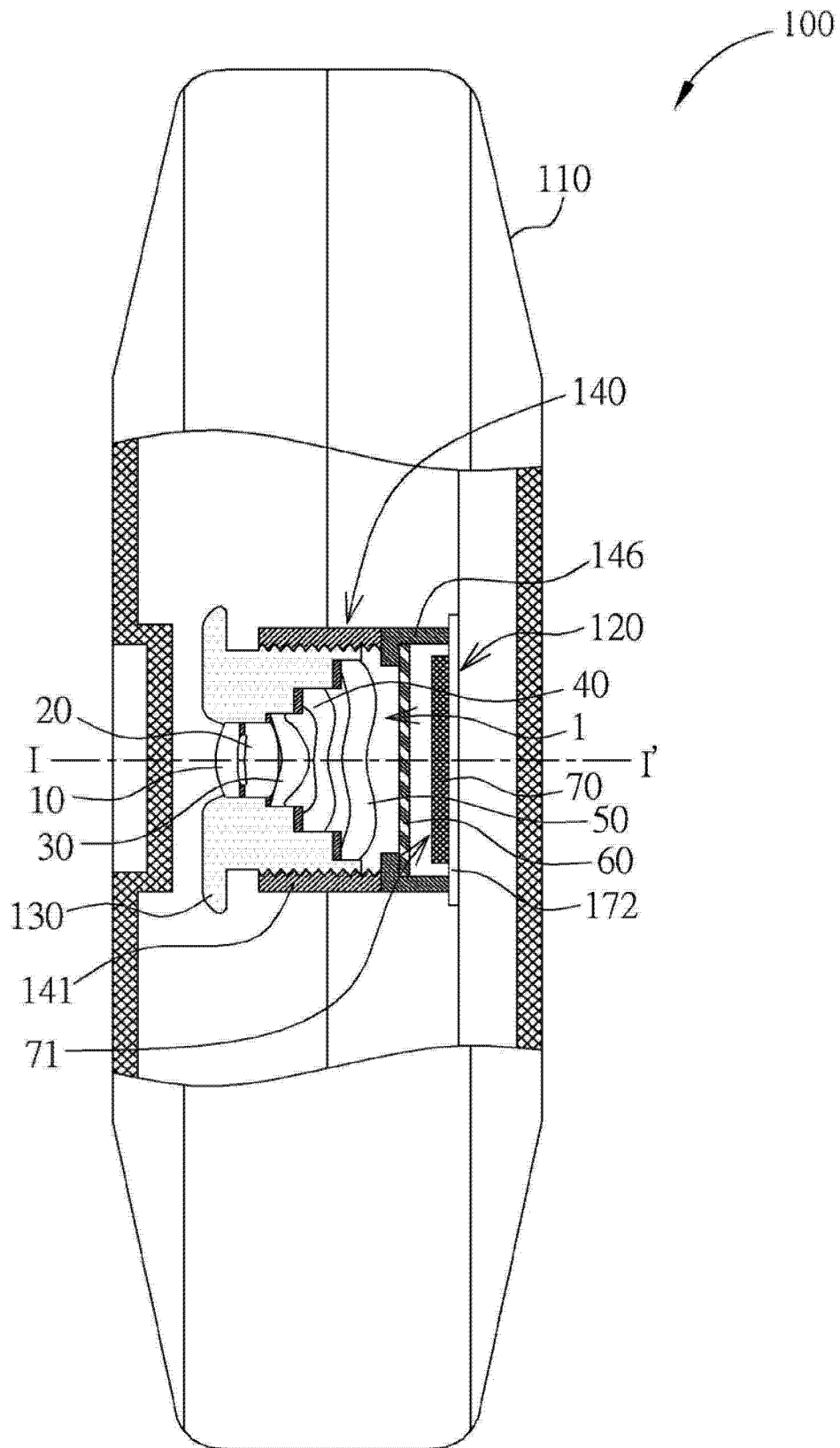


图 16

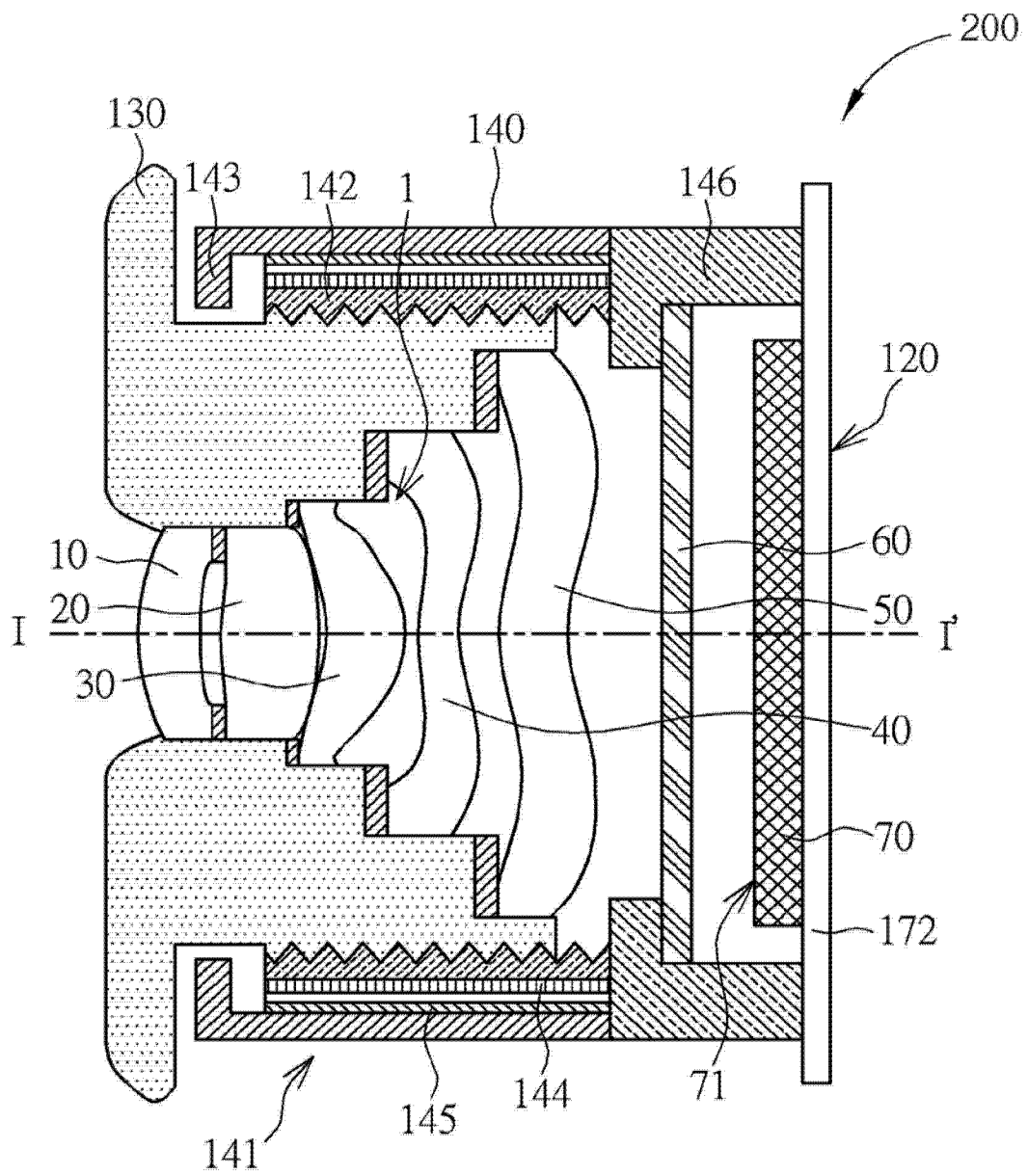


图 17

| 第一实施例                                    |            |        |                       |       |        |        |    |
|------------------------------------------|------------|--------|-----------------------|-------|--------|--------|----|
| F= 2.11 毫米, HFOV(半视角)= 46.9 度, Fno= 2.40 |            |        |                       |       |        |        |    |
| 编号                                       |            | 曲率半径   | 光圈距离<br>透镜厚度<br>空气间隙  | 折射率   | 色散系数   | 焦距     | 材质 |
|                                          | 物体         | 无限大    | 无限大                   |       |        |        |    |
| 11                                       | 第一透镜       | 2.262  | 0.345 T <sub>1</sub>  | 1.640 | 23.529 | 14.854 | 塑料 |
| 12                                       |            | 2.785  | 0.095 G <sub>12</sub> |       |        |        |    |
| 80                                       | 光圈         | 无限大    | 0.043                 |       |        |        |    |
| 21                                       | 第二透镜       | 33.668 | 0.624 T <sub>2</sub>  | 1.544 | 56.114 | 3.622  | 塑料 |
| 22                                       |            | -2.087 | 0.333 G <sub>23</sub> |       |        |        |    |
| 31                                       | 第三透镜       | -1.226 | 0.536 T <sub>3</sub>  | 1.544 | 56.114 | 2.316  | 塑料 |
| 32                                       |            | -0.719 | 0.049 G <sub>34</sub> |       |        |        |    |
| 41                                       | 第四透镜       | 2.701  | 0.264 T <sub>4</sub>  | 1.544 | 56.114 | -1.658 | 塑料 |
| 42                                       |            | 0.736  | 0.051 G <sub>45</sub> |       |        |        |    |
| 51                                       | 第五透镜       | 0.644  | 0.388 T <sub>5</sub>  | 1.535 | 55.635 | 2.492  | 塑料 |
| 52                                       |            | 0.982  | 0.400                 |       |        |        |    |
| 60                                       | 红外线滤光片     | 无限大    | 0.210                 |       |        |        |    |
|                                          | 红外线滤光片至成像面 | 无限大    | 0.446                 |       |        |        |    |
| 71                                       | 成像面        | 无限大    |                       |       |        |        |    |

图 18

| 编号  | 11         | 12         | 21         | 22         | 31         |
|-----|------------|------------|------------|------------|------------|
| K   | -9.788E+00 | 1.070E+01  | 1.000E+02  | 4.285E+00  | -1.978E+00 |
| a4  | 2.714E-01  | 4.384E-01  | 1.824E-01  | 5.886E-02  | 3.455E-02  |
| a6  | 1.429E-02  | 2.441E-01  | -1.185E-01 | 1.039E-01  | 2.833E-01  |
| a8  | 2.240E-01  | 2.032E-01  | -2.160E-01 | -2.371E-01 | -1.882E-02 |
| a10 | -1.684E-01 | 3.128E-01  | -9.667E-01 | -6.613E-01 | -1.547E-01 |
| a12 | -2.362E-01 | -8.744E-01 | -9.295E-01 | -1.332E-01 | -          |
| 编号  | 32         | 41         | 42         | 51         | 52         |
| K   | -8.114E-01 | -3.304E+01 | -1.756E+01 | -1.345E+01 | -6.460E+00 |
| a4  | 2.485E-01  | -8.140E-02 | -4.509E-02 | -1.640E-01 | -1.554E-01 |
| a6  | -4.011E-01 | -1.333E-01 | -2.665E-02 | 4.960E-02  | 4.684E-02  |
| a8  | 4.629E-01  | 5.950E-02  | -1.159E-02 | -3.382E-03 | -3.198E-03 |
| a10 | 2.086E-02  | 4.870E-02  | 3.756E-03  | -7.813E-04 | -1.233E-03 |
| a12 | -          | -1.082E-01 | 2.742E-03  | 1.233E-04  | -4.581E-05 |
| a14 | -          | -1.263E-02 | 4.001E-04  | 8.666E-05  | -1.599E-05 |
| a16 | -          | 3.779E-02  | -3.861E-04 | -2.264E-05 | 1.579E-05  |

图 19

| 第二实施例                                    |            |         |                       |       |        |        |    |
|------------------------------------------|------------|---------|-----------------------|-------|--------|--------|----|
| F= 2.29 毫米, HFOV(半视角)= 44.6 度, Fno= 2.59 |            |         |                       |       |        |        |    |
| 编号                                       |            | 曲率半径    | 光圈距离<br>透镜厚度<br>空气间隙  | 折射率   | 色散系数   | 焦距     | 材质 |
|                                          | 物体         | 无限大     | 无限大                   |       |        |        |    |
| 11                                       | 第一透镜       | 5.295   | 0.336 T <sub>1</sub>  | 1.640 | 23.529 | 12.073 | 塑料 |
| 12                                       |            | 16.253  | 0.444 G <sub>12</sub> |       |        |        |    |
| 80                                       | 光圈         | 无限大     | 0.128                 |       |        |        |    |
| 21                                       | 第二透镜       | -13.021 | 0.382 T <sub>2</sub>  | 1.544 | 56.114 | 3.332  | 塑料 |
| 22                                       |            | -1.589  | 0.411 G <sub>23</sub> |       |        |        |    |
| 31                                       | 第三透镜       | -0.807  | 0.534 T <sub>3</sub>  | 1.544 | 56.114 | 2.104  | 塑料 |
| 32                                       |            | -0.579  | 0.123 G <sub>34</sub> |       |        |        |    |
| 41                                       | 第四透镜       | 2.205   | 0.206 T <sub>4</sub>  | 1.544 | 56.114 | -1.337 | 塑料 |
| 42                                       |            | 0.596   | 0.131 G <sub>45</sub> |       |        |        |    |
| 51                                       | 第五透镜       | 0.534   | 0.365 T <sub>5</sub>  | 1.535 | 55.635 | 2.200  | 塑料 |
| 52                                       |            | 0.741   | 0.373                 |       |        |        |    |
| 60                                       | 红外线滤光片     | 无限大     | 0.210                 |       |        |        |    |
|                                          | 红外线滤光片至成像面 | 无限大     | 0.525                 |       |        |        |    |
| 71                                       | 成像面        | 无限大     |                       |       |        |        |    |

图 20

| 编号  | 11         | 12         | 21         | 22         | 31         |
|-----|------------|------------|------------|------------|------------|
| K   | -6.097E+00 | 2.251E+02  | 2.282E+02  | -4.516E-01 | -2.025E-01 |
| a4  | 1.041E-01  | 2.141E-01  | -1.546E-01 | -2.618E-01 | -2.203E-01 |
| a6  | -3.652E-02 | -2.306E-01 | -7.662E-01 | 2.668E-01  | 2.512E-01  |
| a8  | -2.646E-03 | 7.547E-02  | -5.907E-01 | -1.101E+00 | 1.424E+00  |
| a10 | 3.838E-02  | 3.767E-01  | 5.812E-01  | 1.420E-01  | -1.077E+00 |
| a12 | -1.978E-02 | -1.873E-01 | -3.313E-01 | 4.879E-01  | 5.792E-01  |
| a14 | 1.707E-02  | -4.607E-01 | -1.329E+01 | -1.568E+00 | 4.824E-03  |
| a16 | -1.368E-02 | 3.069E-01  | -          | -          | -          |
| 编号  | 32         | 41         | 42         | 51         | 52         |
| K   | -6.779E-01 | -1.171E+02 | -1.339E+01 | -8.629E+00 | -6.257E+00 |
| a4  | 1.915E-01  | -1.280E-02 | -2.431E-02 | -1.144E-01 | -1.256E-01 |
| a6  | -2.148E-03 | -2.618E-02 | -2.843E-02 | 2.831E-02  | 3.942E-02  |
| a8  | -7.499E-02 | -7.207E-02 | 4.447E-03  | -8.364E-03 | -6.798E-03 |
| a10 | 2.729E-01  | 9.865E-02  | -1.050E-03 | -4.527E-04 | -4.098E-04 |
| a12 | 2.370E-01  | -6.971E-02 | 5.058E-04  | 7.448E-04  | 1.736E-04  |
| a14 | -9.103E-03 | 1.931E-02  | 3.599E-04  | 1.323E-04  | -3.324E-05 |
| a16 | -          | -4.691E-04 | -1.317E-04 | -6.767E-05 | 9.364E-06  |

图 21

| 第三实施例                                    |            |        |                       |       |        |        |    |
|------------------------------------------|------------|--------|-----------------------|-------|--------|--------|----|
| F= 2.08 毫米, HFOV(半视角)= 47.4 度, Fno= 2.43 |            |        |                       |       |        |        |    |
| 编号                                       |            | 曲率半径   | 光圈距离<br>透镜厚度<br>空气间隙  | 折射率   | 色散系数   | 焦距     | 材质 |
|                                          | 物体         | 无限大    | 无限大                   |       |        |        |    |
| 11                                       | 第一透镜       | 10.180 | 0.363 T <sub>1</sub>  | 1.640 | 23.529 | 35.370 | 塑料 |
| 12                                       |            | 18.135 | 0.466 G <sub>12</sub> |       |        |        |    |
| 80                                       | 光圈         | 无限大    | 0.052                 |       |        |        |    |
| 21                                       | 第二透镜       | 28.153 | 0.471 T <sub>2</sub>  | 1.544 | 56.114 | 2.990  | 塑料 |
| 22                                       |            | -1.723 | 0.388 G <sub>23</sub> |       |        |        |    |
| 31                                       | 第三透镜       | -1.354 | 0.505 T <sub>3</sub>  | 1.544 | 56.114 | 2.228  | 塑料 |
| 32                                       |            | -0.725 | 0.060 G <sub>34</sub> |       |        |        |    |
| 41                                       | 第四透镜       | 3.698  | 0.260 T <sub>4</sub>  | 1.544 | 56.114 | -1.582 | 塑料 |
| 42                                       |            | 0.777  | 0.065 G <sub>45</sub> |       |        |        |    |
| 51                                       | 第五透镜       | 0.651  | 0.350 T <sub>5</sub>  | 1.535 | 55.635 | 2.824  | 塑料 |
| 52                                       |            | 0.928  | 0.400                 |       |        |        |    |
| 60                                       | 红外线滤光片     | 无限大    | 0.210                 |       |        |        |    |
|                                          | 红外线滤光片至成像面 | 无限大    | 0.446                 |       |        |        |    |
| 71                                       | 成像面        | 无限大    |                       |       |        |        |    |

图 22

| 编号  | 11         | 12         | 21         | 22         | 31         |
|-----|------------|------------|------------|------------|------------|
| K   | -2.167E+01 | -7.982E+01 | -4.125E+01 | 4.253E+00  | -3.592E-01 |
| a4  | 2.066E-01  | 3.711E-01  | -9.770E-02 | -4.449E-02 | -6.075E-02 |
| a6  | -1.129E-01 | -2.501E-01 | -3.612E-01 | 3.707E-02  | 1.853E-01  |
| a8  | 1.482E-01  | 3.379E-01  | -2.222E-01 | -2.645E-01 | -2.350E-02 |
| a10 | -1.022E-01 | -1.769E-01 | -1.269E+00 | -3.432E-01 | -          |
| a12 | 4.590E-02  | 2.173E-01  | -1.212E+00 | -2.143E-01 | -          |
| 编号  | 32         | 41         | 42         | 51         | 52         |
| K   | -7.935E-01 | -8.495E+01 | -2.128E+01 | -1.407E+01 | -6.428E+00 |
| a4  | 2.459E-01  | -1.005E-01 | -6.419E-02 | -1.679E-01 | -1.598E-01 |
| a6  | -4.068E-01 | -1.392E-01 | -2.542E-02 | 4.892E-02  | 4.659E-02  |
| a8  | 4.386E-01  | 5.390E-02  | -1.098E-02 | -3.523E-03 | -3.221E-03 |
| a10 | -          | 4.624E-02  | 3.697E-03  | -8.107E-04 | -1.239E-03 |
| a12 | -          | -1.078E-01 | 2.626E-03  | 1.211E-04  | -4.382E-05 |
| a14 | -          | -1.098E-02 | 3.431E-04  | 8.885E-05  | -1.283E-05 |
| a16 | -          | 3.949E-02  | -4.106E-04 | -2.060E-05 | 1.756E-05  |

图 23

| 第四实施例                                    |            |        |                       |       |        |        |    |
|------------------------------------------|------------|--------|-----------------------|-------|--------|--------|----|
| F= 2.06 毫米, HFOV(半视角)= 47.7 度, Fno= 2.40 |            |        |                       |       |        |        |    |
| 编号                                       |            | 曲率半径   | 光圈距离透镜<br>透镜厚度间隙      | 折射率   | 色散系数   | 焦距     | 材质 |
|                                          | 物体         | 无限大    | 无限大                   |       |        |        |    |
| 11                                       | 第一透镜       | 6.026  | 0.399 T <sub>1</sub>  | 1.640 | 23.529 | 23.868 | 塑料 |
| 12                                       |            | 9.648  | 0.292 G <sub>12</sub> |       |        |        |    |
| 80                                       | 光圈         | 无限大    | 0.047                 |       |        |        |    |
| 21                                       | 第二透镜       | 14.349 | 0.800 T <sub>2</sub>  | 1.544 | 56.114 | 3.185  | 塑料 |
| 22                                       |            | -1.939 | 0.248 G <sub>23</sub> |       |        |        |    |
| 31                                       | 第三透镜       | -1.388 | 0.466 T <sub>3</sub>  | 1.544 | 56.114 | 2.187  | 塑料 |
| 32                                       |            | -0.718 | 0.060 G <sub>34</sub> |       |        |        |    |
| 41                                       | 第四透镜       | 2.712  | 0.260 T <sub>4</sub>  | 1.544 | 56.114 | -1.619 | 塑料 |
| 42                                       |            | 0.725  | 0.065 G <sub>45</sub> |       |        |        |    |
| 51                                       | 第五透镜       | 0.641  | 0.321 T <sub>5</sub>  | 1.535 | 55.635 | 3.027  | 塑料 |
| 52                                       |            | 0.875  | 0.400                 |       |        |        |    |
| 60                                       | 红外线滤光片     | 无限大    | 0.210                 |       |        |        |    |
|                                          | 红外线滤光片至成像面 | 无限大    | 0.467                 |       |        |        |    |
| 71                                       | 成像面        | 无限大    |                       |       |        |        |    |

图 24

| 编号  | 11         | 12         | 21         | 22         | 31         |
|-----|------------|------------|------------|------------|------------|
| K   | -2.430E+01 | 1.908E+01  | 1.012E+02  | 3.809E+00  | -4.134E-01 |
| a4  | 2.052E-01  | 3.691E-01  | -6.267E-02 | -6.192E-02 | -4.880E-02 |
| a6  | -1.027E-01 | -2.508E-01 | -2.980E-01 | 3.746E-02  | 1.758E-01  |
| a8  | 1.481E-01  | 3.085E-01  | -2.052E-01 | -2.197E-01 | -1.097E-01 |
| a10 | -1.071E-01 | -2.020E-01 | -5.573E-01 | -3.142E-01 | -          |
| a12 | 4.833E-02  | 5.458E-02  | -9.034E-01 | -2.306E-02 | -          |
| 编号  | 32         | 41         | 42         | 51         | 52         |
| K   | -8.130E-01 | -6.140E+01 | -1.949E+01 | -1.444E+01 | -5.851E+00 |
| a4  | 2.497E-01  | -9.532E-02 | -5.601E-02 | -1.672E-01 | -1.599E-01 |
| a6  | -3.950E-01 | -1.375E-01 | -2.561E-02 | 4.900E-02  | 4.644E-02  |
| a8  | 4.637E-01  | 5.451E-02  | -1.118E-02 | -3.520E-03 | -3.253E-03 |
| a10 | -          | 4.635E-02  | 3.651E-03  | -8.154E-04 | -1.244E-03 |
| a12 | -          | -1.079E-01 | 2.623E-03  | 1.176E-04  | -4.517E-05 |
| a14 | -          | -1.111E-02 | 3.466E-04  | 8.696E-05  | -1.329E-05 |
| a16 | -          | 3.942E-02  | -4.079E-04 | -2.149E-05 | 1.737E-05  |

图 25

| 第五实施例                                    |            |        |                       |       |        |        |    |
|------------------------------------------|------------|--------|-----------------------|-------|--------|--------|----|
| F= 2.04 毫米, HFOV(半视角)= 47.9 度, Fno= 2.40 |            |        |                       |       |        |        |    |
| 编号                                       |            | 曲率半径   | 光圈距离<br>透镜厚度<br>空气间隙  | 折射率   | 色散系数   | 焦距     | 材质 |
|                                          | 物体         | 无限大    | 无限大                   |       |        |        |    |
| 11                                       | 第一透镜       | 3.043  | 0.447 T <sub>1</sub>  | 1.640 | 23.529 | 44.386 | 塑料 |
| 12                                       |            | 3.210  | 0.297 G <sub>12</sub> |       |        |        |    |
| 80                                       | 光圈         | 无限大    | 0.045                 |       |        |        |    |
| 21                                       | 第二透镜       | 10.178 | 0.610 T <sub>2</sub>  | 1.544 | 56.114 | 3.110  | 塑料 |
| 22                                       |            | -1.995 | 0.209 G <sub>23</sub> |       |        |        |    |
| 31                                       | 第三透镜       | -1.228 | 0.564 T <sub>3</sub>  | 1.544 | 56.114 | 2.375  | 塑料 |
| 32                                       |            | -0.733 | 0.049 G <sub>34</sub> |       |        |        |    |
| 41                                       | 第四透镜       | 2.591  | 0.335 T <sub>4</sub>  | 1.544 | 56.114 | -1.708 | 塑料 |
| 42                                       |            | 0.734  | 0.071 G <sub>45</sub> |       |        |        |    |
| 51                                       | 第五透镜       | 0.631  | 0.343 T <sub>5</sub>  | 1.535 | 55.635 | 2.537  | 塑料 |
| 52                                       |            | 0.954  | 0.400                 |       |        |        |    |
| 60                                       | 红外线滤光片     | 无限大    | 0.210                 |       |        |        |    |
|                                          | 红外线滤光片至成像面 | 无限大    | 0.458                 |       |        |        |    |
| 71                                       | 成像面        | 无限大    |                       |       |        |        |    |

图 26

| 编号  | 11         | 12         | 21         | 22         | 31         |
|-----|------------|------------|------------|------------|------------|
| K   | -1.938E+01 | -1.325E+01 | 9.350E+01  | 5.001E+00  | -1.731E+00 |
| a4  | 2.278E-01  | 3.974E-01  | -6.651E-02 | 5.437E-03  | 2.229E-02  |
| a6  | -7.873E-02 | -7.732E-02 | -2.906E-01 | 1.925E-01  | 2.683E-01  |
| a8  | 1.430E-01  | 1.960E-01  | -4.240E-02 | -1.861E-01 | -5.350E-02 |
| a10 | -1.150E-01 | -1.915E-02 | -6.318E-01 | -7.507E-01 | -3.318E-01 |
| a12 | 6.914E-02  | 7.472E-02  | -9.522E-01 | -2.035E-01 | -          |
| 编号  | 32         | 41         | 42         | 51         | 52         |
| K   | -7.925E-01 | -2.531E+01 | -1.649E+01 | -1.191E+01 | -6.057E+00 |
| a4  | 2.439E-01  | -8.353E-02 | -4.802E-02 | -1.657E-01 | -1.580E-01 |
| a6  | -4.136E-01 | -1.445E-01 | -2.701E-02 | 5.016E-02  | 4.703E-02  |
| a8  | 4.423E-01  | 5.161E-02  | -1.157E-02 | -3.416E-03 | -2.901E-03 |
| a10 | -1.926E-03 | 4.829E-02  | 3.733E-03  | -8.035E-04 | -1.182E-03 |
| a12 | -          | -1.063E-01 | 2.637E-03  | 1.330E-04  | -4.012E-05 |
| a14 | -          | -1.230E-02 | 3.379E-04  | 9.229E-05  | -1.472E-05 |
| a16 | -          | 3.910E-02  | -3.663E-04 | -2.469E-05 | 1.650E-05  |

图 27

| 第六实施例                                    |            |        |                       |       |        |        |    |
|------------------------------------------|------------|--------|-----------------------|-------|--------|--------|----|
| F= 2.12 毫米, HFOV(半视角)= 46.9 度, Fno= 2.42 |            |        |                       |       |        |        |    |
| 编号                                       |            | 曲率半径   | 光圈距离透镜<br>透镜厚度间隙      | 折射率   | 色散系数   | 焦距     | 材质 |
|                                          | 物体         | 无限大    | 无限大                   |       |        |        |    |
| 11                                       | 第一透镜       | 3.055  | 0.253 T <sub>1</sub>  | 1.640 | 23.529 | 28.262 | 塑料 |
| 12                                       |            | 3.551  | 0.224 G <sub>12</sub> |       |        |        |    |
| 80                                       | 光圈         | 无限大    | 0.044                 |       |        |        |    |
| 21                                       | 第二透镜       | 20.810 | 0.387 T <sub>2</sub>  | 1.544 | 56.114 | 3.499  | 塑料 |
| 22                                       |            | -2.089 | 0.456 G <sub>23</sub> |       |        |        |    |
| 31                                       | 第三透镜       | -1.308 | 0.540 T <sub>3</sub>  | 1.544 | 56.114 | 2.288  | 塑料 |
| 32                                       |            | -0.732 | 0.060 G <sub>34</sub> |       |        |        |    |
| 41                                       | 第四透镜       | 2.735  | 0.260 T <sub>4</sub>  | 1.544 | 56.114 | -1.640 | 塑料 |
| 42                                       |            | 0.734  | 0.065 G <sub>45</sub> |       |        |        |    |
| 51                                       | 第五透镜       | 0.645  | 0.393 T <sub>5</sub>  | 1.535 | 55.635 | 2.449  | 塑料 |
| 52                                       |            | 0.998  | 0.400                 |       |        |        |    |
| 60                                       | 红外线滤光片     | 无限大    | 0.210                 |       |        |        |    |
|                                          | 红外线滤光片至成像面 | 无限大    | 0.448                 |       |        |        |    |
| 71                                       | 成像面        | 无限大    |                       |       |        |        |    |

图 28

| 编号  | 11         | 12         | 21         | 22         | 31         |
|-----|------------|------------|------------|------------|------------|
| K   | -8.707E+00 | 1.239E+01  | -1.002E+02 | 5.331E+00  | -1.525E+00 |
| a4  | 2.747E-01  | 4.425E-01  | 1.080E-01  | 7.059E-02  | 2.033E-02  |
| a6  | 7.073E-03  | 2.355E-01  | -1.675E-01 | 1.294E-01  | 2.844E-01  |
| a8  | 2.013E-01  | -3.133E-01 | -2.057E-01 | -2.115E-01 | 5.880E-03  |
| a10 | -2.165E-01 | -2.281E-01 | -1.492E+00 | -1.483E+00 | -1.261E-01 |
| a12 | -4.209E-01 | -1.637E+00 | -1.635E+00 | 5.683E-02  | -          |
| 编号  | 32         | 41         | 42         | 51         | 52         |
| K   | -8.003E-01 | -3.284E+01 | -1.737E+01 | -1.325E+01 | -6.468E+00 |
| a4  | 2.406E-01  | -7.670E-02 | -4.395E-02 | -1.634E-01 | -1.551E-01 |
| a6  | -4.008E-01 | -1.346E-01 | -2.660E-02 | 4.975E-02  | 4.691E-02  |
| a8  | 4.646E-01  | 6.079E-02  | -1.170E-02 | -3.353E-03 | -3.194E-03 |
| a10 | 2.155E-02  | 5.088E-02  | 3.695E-03  | -7.800E-04 | -1.234E-03 |
| a12 | -          | -1.071E-01 | 2.718E-03  | 1.196E-04  | -4.611E-05 |
| a14 | -          | -1.284E-02 | 3.941E-04  | 8.498E-05  | -1.538E-05 |
| a16 | -          | 3.668E-02  | -3.872E-04 | -2.326E-05 | 1.608E-05  |

图 29

| 第七实施例                                    |            |        |                       |       |        |         |    |
|------------------------------------------|------------|--------|-----------------------|-------|--------|---------|----|
| F= 2.07 毫米, HFOV(半视角)= 47.5 度, Fno= 2.40 |            |        |                       |       |        |         |    |
| 编号                                       |            | 曲率半径   | 光圈距离<br>透镜厚度<br>空气间隙  | 折射率   | 色散系数   | 焦距      | 材质 |
|                                          | 物体         | 无限大    | 无限大                   |       |        |         |    |
| 11                                       | 第一透镜       | 2.665  | 0.294 T <sub>1</sub>  | 1.640 | 23.529 | -16.020 | 塑料 |
| 12                                       |            | 2.027  | 0.278 G <sub>12</sub> |       |        |         |    |
| 80                                       | 光圈         | 无限大    | 0.047                 |       |        |         |    |
| 21                                       | 第二透镜       | 15.104 | 0.381 T <sub>2</sub>  | 1.544 | 56.114 | 2.752   | 塑料 |
| 22                                       |            | -1.654 | 0.524 G <sub>23</sub> |       |        |         |    |
| 31                                       | 第三透镜       | -1.352 | 0.470 T <sub>3</sub>  | 1.544 | 56.114 | 2.379   | 塑料 |
| 32                                       |            | -0.744 | 0.047 G <sub>34</sub> |       |        |         |    |
| 41                                       | 第四透镜       | 2.130  | 0.219 T <sub>4</sub>  | 1.544 | 56.114 | -1.736  | 塑料 |
| 42                                       |            | 0.704  | 0.093 G <sub>45</sub> |       |        |         |    |
| 51                                       | 第五透镜       | 0.667  | 0.476 T <sub>5</sub>  | 1.535 | 55.635 | 2.539   |    |
| 52                                       |            | 0.982  | 0.400                 |       |        |         |    |
| 60                                       | 红外线滤光片     | 无限大    | 0.210                 |       |        |         |    |
|                                          | 红外线滤光片至成像面 | 无限大    | 0.446                 |       |        |         |    |
| 71                                       | 成像面        | 无限大    |                       |       |        |         |    |

图 30

| 编号  | 11         | 12         | 21         | 22         | 31         |
|-----|------------|------------|------------|------------|------------|
| K   | -9.817E+00 | 7.738E+00  | -9.688E+03 | 4.300E+00  | -8.415E-01 |
| a4  | 2.697E-01  | 3.572E-01  | 6.527E-02  | -1.492E-02 | -1.085E-02 |
| a6  | -1.229E-02 | -6.285E-02 | -6.796E-01 | -8.282E-02 | 1.992E-01  |
| a8  | 1.140E-01  | -2.005E-02 | -1.639E+00 | -4.149E-01 | 3.351E-02  |
| a10 | -2.911E-01 | 1.389E-01  | -1.439E+00 | 5.224E-01  | -4.758E-02 |
| a12 | 3.682E-02  | -5.539E+00 | 1.977E+01  | -3.243E+00 | -          |
| 编号  | 32         | 41         | 42         | 51         | 52         |
| K   | -8.017E-01 | -5.374E+00 | -6.702E+00 | -6.588E+00 | -6.460E+00 |
| a4  | 2.368E-01  | -9.593E-02 | -3.660E-02 | -1.565E-01 | -1.578E-01 |
| a6  | -4.003E-01 | -1.474E-01 | -2.042E-02 | 5.097E-02  | 4.782E-02  |
| a8  | 4.660E-01  | 8.423E-02  | -1.011E-02 | -2.747E-03 | -2.814E-03 |
| a10 | -1.856E-02 | 7.019E-02  | 3.702E-03  | -6.259E-04 | -1.138E-03 |
| a12 | -          | -1.080E-01 | 2.523E-03  | 1.286E-04  | -3.560E-05 |
| a14 | -          | -2.051E-02 | 2.884E-04  | 6.203E-05  | -1.806E-05 |
| a16 | -          | 3.249E-02  | -4.165E-04 | -4.401E-05 | 1.563E-05  |

图 31

|                  | 实施例1   | 实施例2   | 实施例3   | 实施例4   | 实施例5   | 实施例6   | 实施例7   |
|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| $V_{D1}$         | 23.529 | 23.529 | 23.529 | 23.529 | 23.529 | 23.529 | 23.529 |
| $V_{D2}$         | 56.114 | 56.114 | 56.114 | 56.114 | 56.114 | 56.114 | 56.114 |
| $T_4/G_{12}$     | 1.906  | 0.360  | 0.501  | 0.767  | 0.981  | 0.971  | 0.673  |
| $E_0/T_2$        | 3.382  | 5.998  | 4.417  | 2.574  | 3.342  | 5.477  | 5.435  |
| $T_2/T_4$        | 2.361  | 1.852  | 1.811  | 3.078  | 1.823  | 1.489  | 1.741  |
| $T_1/G_{12}$     | 2.490  | 0.587  | 0.699  | 1.177  | 1.308  | 0.944  | 0.904  |
| $T_{max}/G_{12}$ | 4.501  | 0.933  | 0.973  | 2.360  | 1.788  | 2.016  | 1.463  |
| $T_{max}/T_2$    | 1.000  | 1.398  | 1.072  | 1.000  | 1.000  | 1.394  | 1.250  |
| $G_{aa}/T_1$     | 1.654  | 3.682  | 2.844  | 1.783  | 1.501  | 3.358  | 3.368  |
| $T_1/T_2$        | 0.553  | 0.880  | 0.770  | 0.499  | 0.732  | 0.653  | 0.772  |
| $G_{aa}/T_4$     | 2.161  | 6.000  | 3.966  | 2.737  | 2.003  | 3.264  | 4.527  |
| $V_{D2}-V_{D1}$  | 32.586 | 32.586 | 32.586 | 32.586 | 32.586 | 32.586 | 32.586 |

图 32