



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108761725 A

(43)申请公布日 2018.11.06

(21)申请号 201810388560.7

(22)申请日 2018.04.26

(71)申请人 瑞声科技(新加坡)有限公司

地址 新加坡卡文迪什科技园大道85号2楼8号

(72)发明人 房春环 张磊 王燕妹 吉旖

(74)专利代理机构 广东广和律师事务所 44298

代理人 陈巍巍

(51)Int.Cl.

G02B 13/00(2006.01)

G02B 13/06(2006.01)

G02B 13/18(2006.01)

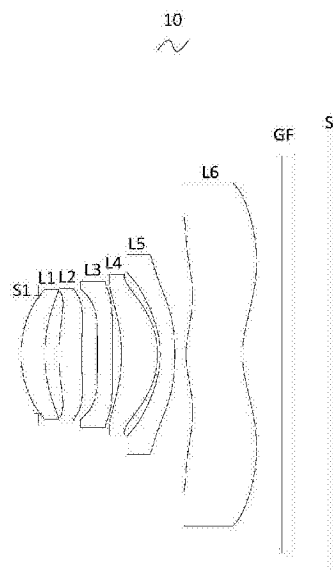
权利要求书3页 说明书15页 附图6页

(54)发明名称

摄像光学镜头

(57)摘要

本发明涉及光学镜头领域,公开了一种摄像光学镜头,该摄像光学镜头自物侧至像侧依序包含:第一透镜,第二透镜,第三透镜,第四透镜,第五透镜,以及第六透镜;所述第二透镜具有正屈折力,所述第三透镜具有正屈折力;且满足下列关系式: $0.5 \leq f1/f \leq 10$; $1.7 \leq n1 \leq 2.2$; $1.7 \leq n5 \leq 2.2$ 。该摄像光学镜头能获得高成像性能的同时,获得低TTL。



1. 一种摄像光学镜头,其特征在于,所述摄像光学镜头,自物侧至像侧依序包含:第一透镜,第二透镜,第三透镜,第四透镜,第五透镜,以及第六透镜;所述第二透镜具有正屈折力,所述第三透镜具有正屈折力;

所述摄像光学镜头的焦距为 f ,所述第一透镜的焦距为 f_1 ,所述第一透镜的折射率为 n_1 ,所述第五透镜的折射率为 n_5 ,满足下列关系式:

$$0.5 \leq f_1/f \leq 10;$$

$$1.7 \leq n_1 \leq 2.2;$$

$$1.7 \leq n_5 \leq 2.2。$$

2. 根据权利要求1所述的摄像光学镜头,其特征在于,所述摄像光学镜头满足下列关系式:

$$1.119 \leq f_1/f \leq 9.061;$$

$$1.723 \leq n_1 \leq 2.164;$$

$$1.703 \leq n_5 \leq 2.147。$$

3. 根据权利要求1所述的摄像光学镜头,其特征在于,所述第一透镜具有正屈折力,其物侧面于近轴为凸面,其像侧面于近轴为凹面;

所述第一透镜物侧面的曲率半径为 R_1 ,所述第一透镜像侧面的曲率半径为 R_2 ,以及所述第一透镜的轴上厚度为 d_1 ,所述摄像光学镜头的光学总长为TTL,且满足下列关系式:

$$-145.41 \leq (R_1+R_2) / (R_1-R_2) \leq -4.52;$$

$$0.03 \leq d_1/TTL \leq 0.11。$$

4. 根据权利要求3所述的摄像光学镜头,其特征在于,所述摄像光学镜头满足下列关系式:

$$-90.88 \leq (R_1+R_2) / (R_1-R_2) \leq -5.65;$$

$$0.04 \leq d_1/TTL \leq 0.09。$$

5. 根据权利要求1所述的摄像光学镜头,其特征在于,所述第二透镜物侧面于近轴为凸面;

所述摄像光学镜头的焦距为 f ,所述第二透镜的焦距为 f_2 ,所述第二透镜物侧面的曲率半径为 R_3 ,所述第二透镜像侧面的曲率半径为 R_4 ,所述第二透镜的轴上厚度为 d_3 ,所述摄像光学镜头的光学总长为TTL,且满足下列关系式:

$$0.63 \leq f_2/f \leq 3.99;$$

$$-4.92 \leq (R_3+R_4) / (R_3-R_4) \leq -0.65;$$

$$0.04 \leq d_3/TTL \leq 0.17。$$

6. 根据权利要求5所述的摄像光学镜头,其特征在于,所述摄像光学镜头满足下列关系式:

$$1.01 \leq f_2/f \leq 3.19;$$

$$-3.08 \leq (R_3+R_4) / (R_3-R_4) \leq -0.81;$$

$$0.06 \leq d_3/TTL \leq 0.14。$$

7. 根据权利要求1所述的摄像光学镜头,其特征在于,所述第三透镜物侧面于近轴为凹面,其像侧面于近轴为凸面;

所述摄像光学镜头的焦距为 f ,所述第三透镜的焦距为 f_3 ,所述第三透镜的轴上厚度为

d5,所述摄像光学镜头的光学总长为TTL,且满足下列关系式:

$$f3/f \geq 43.58;$$

$$0.02 \leq d5/TTL \leq 0.07。$$

8.根据权利要求7所述的摄像光学镜头,其特征在于,所述摄像光学镜头满足下列关系式:

$$f3/f \geq 69.73;$$

$$0.04 \leq d5/TTL \leq 0.06。$$

9.根据权利要求1所述的摄像光学镜头,其特征在于,所述第四透镜具有正屈折力,其物侧面于近轴为凹面,其像侧面于近轴为凸面;

所述摄像光学镜头的焦距为f,所述第四透镜的焦距为f4,所述第四透镜物侧面的曲率半径为R7,所述第四透镜像侧面的曲率半径为R8,所述第四透镜的轴上厚度为d7,所述摄像光学镜头的光学总长为TTL,且满足下列关系式:

$$0.55 \leq f4/f \leq 2.00;$$

$$1.29 \leq (R7+R8) / (R7-R8) \leq 4.66;$$

$$0.05 \leq d7/TTL \leq 0.18。$$

10.根据权利要求9所述的摄像光学镜头,其特征在于,所述摄像光学镜头满足下列关系式:

$$0.88 \leq f4/f \leq 1.60;$$

$$2.06 \leq (R7+R8) / (R7-R8) \leq 3.72;$$

$$0.09 \leq d7/TTL \leq 0.15。$$

11.根据权利要求1所述的摄像光学镜头,其特征在于,所述第五透镜具有负屈折力,其物侧面于近轴为凹面,其像侧面于近轴为凸面;

所述摄像光学镜头的焦距为f,所述第五透镜的焦距为f5,所述第五透镜物侧面的曲率半径为R9,所述第五透镜像侧面的曲率半径为R10,所述第五透镜的轴上厚度为d9,所述摄像光学镜头的光学总长为TTL,且满足下列关系式:

$$-1.61 \leq f5/f \leq -0.50;$$

$$-5.27 \leq (R9+R10) / (R9-R10) \leq -1.35;$$

$$0.02 \leq d9/TTL \leq 0.09。$$

12.根据权利要求11所述的摄像光学镜头,其特征在于,所述摄像光学镜头满足下列关系式:

$$-1.01 \leq f5/f \leq -0.62;$$

$$-3.30 \leq (R9+R10) / (R9-R10) \leq -1.69;$$

$$0.04 \leq d9/TTL \leq 0.07。$$

13.根据权利要求1所述的摄像光学镜头,其特征在于,所述第六透镜具有正屈折力,其物侧面于近轴为凸面,其像侧面于近轴为凹面;

所述摄像光学镜头的焦距为f,所述第六透镜的焦距为f6,所述第六透镜物侧面的曲率半径为R11,所述第六透镜像侧面的曲率半径为R12,所述第六透镜的轴上厚度为d11,所述摄像光学镜头的光学总长为TTL,且满足下列关系式:

$$0.70 \leq f6/f \leq 2.58;$$

$$-46.05 \leq (R11+R12) / (R11-R12) \leq -10.07;$$

$$0.09 \leq d11/TTL \leq 0.28。$$

14. 根据权利要求13所述的摄像光学镜头,其特征在于,所述摄像光学镜头满足下列关系式:

$$1.12 \leq f6/f \leq 2.06;$$

$$-28.78 \leq (R11+R12) / (R11-R12) \leq -12.58;$$

$$0.15 \leq d11/TTL \leq 0.23。$$

15. 根据权利要求1所述的摄像光学镜头,其特征在于,所述摄像光学镜头的焦距为f,所述第一透镜与所述第二透镜的组合焦距为f12,且满足下列关系式:

$$0.54 \leq f12/f \leq 1.73。$$

16. 根据权利要求15所述的摄像光学镜头,其特征在于,所述摄像光学镜头满足下列关系式:

$$0.86 \leq f12/f \leq 1.38。$$

17. 根据权利要求1所述的摄像光学镜头,其特征在于,所述摄像光学镜头的光学总长TTL小于或等于6.06毫米。

18. 根据权利要求17所述的摄像光学镜头,其特征在于,所述摄像光学镜头的光学总长TTL小于或等于5.79毫米。

19. 根据权利要求1所述的摄像光学镜头,其特征在于,所述摄像光学镜头的光圈F数小于或等于2.06。

20. 根据权利要求19所述的摄像光学镜头,其特征在于,所述摄像光学镜头的光圈F数小于或等于2.02。

摄像光学镜头

技术领域

[0001] 本发明涉及光学镜头领域,特别涉及一种适用于智能手机、数码相机等手提终端设备,以及监视器、PC镜头等摄像装置的摄像光学镜头。

背景技术

[0002] 近年来,随着智能手机的兴起,小型化摄影镜头的需求日渐提高,而一般摄影镜头的感光器件不外乎是感光耦合器件 (Charge Coupled Device, CCD) 或互补性氧化金属半导体器件 (Complementary Metal-Oxide Semiconductor Sensor, CMOS Sensor) 两种,且由于半导体制造工艺技术的精进,使得感光器件的像素尺寸缩小,再加上现今电子产品以功能佳且轻薄短小的外型为发展趋势,因此,具备良好成像品质的小型化摄像镜头俨然成为目前市场上的主流。为获得较佳的成像品质,传统搭载于手机相机的镜头多采用三片式或四片式透镜结构。并且,随着技术的发展以及用户多样化需求的增多,在感光器件的像素面积不断缩小,且系统对成像品质的要求不断提高的情况下,五片式、六片式、七片式透镜结构逐渐出现在镜头设计当中。迫切需求具有优秀的光学特征、超薄且色像差充分补正的广角摄像镜头。

发明内容

[0003] 针对上述问题,本发明的目的在于提供一种摄像光学镜头,能在获得高成像性能的同时,满足超薄化和广角化的要求。

[0004] 为解决上述技术问题,本发明的实施方式提供了一种摄像光学镜头,所述摄像光学镜头,自物侧至像侧依序包含:第一透镜,第二透镜,第三透镜,第四透镜,第五透镜,以及第六透镜;所述第二透镜具有正屈折力,所述第三透镜具有正屈折力;

[0005] 所述摄像光学镜头的焦距为 f ,所述第一透镜的焦距为 f_1 ,所述第一透镜的折射率为 n_1 ,所述第五透镜的折射率为 n_5 ,满足下列关系式:

[0006] $0.5 \leq f_1/f \leq 10$;

[0007] $1.7 \leq n_1 \leq 2.2$;

[0008] $1.7 \leq n_5 \leq 2.2$ 。

[0009] 本发明实施方式相对于现有技术而言,通过上述透镜的配置方式,利用在焦距、折射率、摄像光学镜头的光学总长、轴上厚度和曲率半径的数据上有特定关系的透镜的共同配合,使摄像光学镜头能在获得高成像性能的同时,满足超薄化和广角化的要求。

[0010] 优选的,所述摄像光学镜头满足下列关系式: $1.119 \leq f_1/f \leq 9.061$; $1.723 \leq n_1 \leq 2.164$; $1.703 \leq n_5 \leq 2.147$ 。

[0011] 优选的,所述第一透镜具有正屈折力,其物侧面于近轴为凸面,其像侧面于近轴为凹面;所述第一透镜物侧面的曲率半径为 R_1 ,所述第一透镜像侧面的曲率半径为 R_2 ,以及所述第一透镜的轴上厚度为 d_1 ,所述摄像光学镜头的光学总长为TTL,且满足下列关系式: $-145.41 \leq (R_1+R_2)/(R_1-R_2) \leq -4.52$; $0.03 \leq d_1/TTL \leq 0.11$ 。

[0012] 优选的,所述摄像光学镜头满足下列关系式: $-90.88 \leq (R1+R2) / (R1-R2) \leq -5.65$;
 $0.04 \leq d1/TTL \leq 0.09$ 。

[0013] 优选的,所述第二透镜物侧面于近轴为凸面;所述摄像光学镜头的焦距为f,所述第二透镜的焦距为f2,所述第二透镜物侧面的曲率半径为R3,所述第二透镜像侧面的曲率半径为R4,所述第二透镜的轴上厚度为d3,所述摄像光学镜头的光学总长为TTL,且满足下列关系式: $0.63 \leq f2/f \leq 3.99$; $-4.92 \leq (R3+R4) / (R3-R4) \leq -0.65$; $0.04 \leq d3/TTL \leq 0.17$ 。

[0014] 优选的,所述摄像光学镜头满足下列关系式: $1.01 \leq f2/f \leq 3.19$; $-3.08 \leq (R3+R4) / (R3-R4) \leq -0.81$; $0.06 \leq d3/TTL \leq 0.14$ 。

[0015] 优选的,所述第三透镜物侧面于近轴为凹面,其像侧面于近轴为凸面;所述摄像光学镜头的焦距为f,所述第三透镜的焦距为f3,所述第三透镜的轴上厚度为d5,所述摄像光学镜头的光学总长为TTL,且满足下列关系式: $f3/f \geq 43.58$; $0.02 \leq d5/TTL \leq 0.07$ 。

[0016] 优选的,所述摄像光学镜头满足下列关系式: $f3/f \geq 69.73$; $0.04 \leq d5/TTL \leq 0.06$ 。

[0017] 优选的,所述第四透镜具有正屈折力,其物侧面于近轴为凹面,其像侧面于近轴为凸面;所述摄像光学镜头的焦距为f,所述第四透镜的焦距为f4,所述第四透镜物侧面的曲率半径为R7,所述第四透镜像侧面的曲率半径为R8,所述第四透镜的轴上厚度为d7,所述摄像光学镜头的光学总长为TTL,且满足下列关系式: $0.55 \leq f4/f \leq 2.00$; $1.29 \leq (R7+R8) / (R7-R8) \leq 4.66$; $0.05 \leq d7/TTL \leq 0.18$ 。

[0018] 优选的,所述摄像光学镜头满足下列关系式: $0.88 \leq f4/f \leq 1.60$; $2.06 \leq (R7+R8) / (R7-R8) \leq 3.72$; $0.09 \leq d7/TTL \leq 0.15$ 。

[0019] 优选的,所述第五透镜具有负屈折力,其物侧面于近轴为凹面,其像侧面于近轴为凸面;所述摄像光学镜头的焦距为f,所述第五透镜的焦距为f5,所述第五透镜物侧面的曲率半径为R9,所述第五透镜像侧面的曲率半径为R10,所述第五透镜的轴上厚度为d9,所述摄像光学镜头的光学总长为TTL,且满足下列关系式: $-1.61 \leq f5/f \leq -0.50$; $-5.27 \leq (R9+R10) / (R9-R10) \leq -1.35$; $0.02 \leq d9/TTL \leq 0.09$ 。

[0020] 优选的,所述摄像光学镜头满足下列关系式: $-1.01 \leq f5/f \leq -0.62$; $-3.30 \leq (R9+R10) / (R9-R10) \leq -1.69$; $0.04 \leq d9/TTL \leq 0.07$ 。

[0021] 优选的,所述第六透镜具有正屈折力,其物侧面于近轴为凸面,其像侧面于近轴为凹面;所述摄像光学镜头的焦距为f,所述第六透镜的焦距为f6,所述第六透镜物侧面的曲率半径为R11,所述第六透镜像侧面的曲率半径为R12,所述第六透镜的轴上厚度为d11,所述摄像光学镜头的光学总长为TTL,且满足下列关系式: $0.70 \leq f6/f \leq 2.58$; $-46.05 \leq (R11+R12) / (R11-R12) \leq -10.07$; $0.09 \leq d11/TTL \leq 0.28$ 。

[0022] 优选的,所述摄像光学镜头满足下列关系式: $1.12 \leq f6/f \leq 2.06$; $-28.78 \leq (R11+R12) / (R11-R12) \leq -12.58$; $0.15 \leq d11/TTL \leq 0.23$ 。

[0023] 优选的,所述摄像光学镜头的焦距为f,所述第一透镜与所述第二透镜的组合焦距为f12,且满足下列关系式: $0.54 \leq f12/f \leq 1.73$ 。

[0024] 优选的,所述摄像光学镜头满足下列关系式: $0.86 \leq f12/f \leq 1.38$ 。

[0025] 优选的,所述摄像光学镜头的光学总长TTL小于或等于6.06毫米。

[0026] 优选的,所述摄像光学镜头的光学总长TTL小于或等于5.79毫米。

[0027] 优选的,所述摄像光学镜头的光圈F数小于或等于2.06。

[0028] 优选的,所述摄像光学镜头的光圈F数小于或等于2.02。

[0029] 本发明的有益效果在于:根据本发明的摄像光学镜头具有优秀的光学特性,超薄,广角且色像差充分补正,尤其适用于由高像素用的CCD、CMOS等摄像元件构成的手机摄像镜头组件和WEB摄像镜头。

附图说明

[0030] 图1是本发明第一实施方式的摄像光学镜头的结构示意图;

[0031] 图2是图1所示摄像光学镜头的轴向像差示意图;

[0032] 图3是图1所示摄像光学镜头的倍率色差示意图;

[0033] 图4是图1所示摄像光学镜头的场曲及畸变示意图;

[0034] 图5是本发明第二实施方式的摄像光学镜头的结构示意图;

[0035] 图6是图5所示摄像光学镜头的轴向像差示意图;

[0036] 图7是图5所示摄像光学镜头的倍率色差示意图;

[0037] 图8是图5所示摄像光学镜头的场曲及畸变示意图;

[0038] 图9是本发明第三实施方式的摄像光学镜头的结构示意图;

[0039] 图10是图9所示摄像光学镜头的轴向像差示意图;

[0040] 图11是图9所示摄像光学镜头的倍率色差示意图;

[0041] 图12是图9所示摄像光学镜头的场曲及畸变示意图。

具体实施方式

[0042] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合附图对本发明的各实施方式进行详细的阐述。然而,本领域的普通技术人员可以理解,在本发明各实施方式中,为了使读者更好地理解本发明而提出了许多技术细节。但是,即使没有这些技术细节和基于以下各实施方式的种种变化和修改,也可以实现本发明所要求保护的技术方案。

[0043] (第一实施方式)

[0044] 参考附图,本发明提供了一种摄像光学镜头10。图1所示为本发明第一实施方式的摄像光学镜头10,该摄像光学镜头10包括六个透镜。具体的,所述摄像光学镜头10,由物侧至像侧依序包括:光圈S1、第一透镜L1、第二透镜L2、第三透镜L3、第四透镜L4、第五透镜L5以及第六透镜L6。第六透镜L6和像面Si之间可设置有光学过滤片(filter)GF等光学元件。

[0045] 第一透镜L1为玻璃材质,第二透镜L2为塑料材质,第三透镜L3为塑料材质,第四透镜L4为塑料材质,第五透镜L5为玻璃材质,第六透镜L6为塑料材质。

[0046] 所述第二透镜L2具有正屈折力,所述第三透镜L3具有正屈折力;

[0047] 在此,定义整体摄像光学镜头10的焦距为f,所述第一透镜L1的焦距为f1, $0.5 \leq f1/f \leq 10$,规定了第一透镜L1的正屈折力。超过下限规定值时,虽然有利于镜头向超薄化发展,但是第一透镜L1的正屈折力会过强,难以补正像差等问题,同时不利于镜头向广角化发展。相反,超过上限规定值时,第一透镜的正屈折力会变过弱,镜头难以向超薄化发展。优选的,满足 $1.119 \leq f1/f \leq 9.061$ 。

[0048] 定义所述第一透镜L1的折射率为n1, $1.7 \leq n1 \leq 2.2$,规定了第一透镜L1的折射率,在此范围内更有利于向超薄化发展,同时利于修正像差。优选的,满足 $1.723 \leq n1 \leq 2.164$ 。

[0049] 定义所述第五透镜L5的折射率为 n_5 , $1.7 \leq n_5 \leq 2.2$, 规定了第五透镜L5的折射率, 在此范围内更有利于向超薄化发展, 同时利于修正像差。优选的, 满足 $1.703 \leq n_5 \leq 2.147$ 。

[0050] 当本发明所述摄像光学镜头10的焦距、各透镜的焦距、相关透镜的折射率、摄像光学镜头的光学总长、轴上厚度和曲率半径满足上述关系式时, 可以使摄像光学镜头10具有高性能, 且满足低TTL的设计需求。

[0051] 本实施方式中, 第一透镜L1的物侧面于近轴处为凸面, 像侧面于近轴处为凹面, 具有正屈折力。

[0052] 第一透镜L1物侧面的曲率半径为 R_1 , 第一透镜L1像侧面的曲率半径为 R_2 , 满足下列关系式: $-145.41 \leq (R_1+R_2)/(R_1-R_2) \leq -4.52$, 合理控制第一透镜的形状, 使得第一透镜能够有效地校正系统球差; 优选的, $-90.88 \leq (R_1+R_2)/(R_1-R_2) \leq -5.65$ 。

[0053] 第一透镜L1的轴上厚度为 d_1 , 满足下列关系式: $0.03 \leq d_1/TTL \leq 0.11$, 有利于实现超薄化。优选的, $0.04 \leq d_1/TTL \leq 0.09$ 。

[0054] 本实施方式中, 第二透镜L2的物侧面于近轴处为凸面。

[0055] 整体摄像光学镜头10的焦距为 f , 第二透镜L2焦距为 f_2 , 满足下列关系式: $0.63 \leq f_2/f \leq 3.99$, 通过将第二透镜L2的正光焦度控制在合理范围, 以合理而有效地平衡由具有正光焦度的第一透镜L1产生的球差以及系统的场曲量。优选的, $1.01 \leq f_2/f \leq 3.19$ 。

[0056] 第二透镜L2物侧面的曲率半径为 R_3 , 第二透镜L2像侧面的曲率半径为 R_4 , 满足下列关系式: $-4.92 \leq (R_3+R_4)/(R_3-R_4) \leq -0.65$, 规定了第二透镜L2的形状, 在范围外时, 随着镜头向超薄广角化发展, 难以补正轴上色像差问题。优选的, $-3.08 \leq (R_3+R_4)/(R_3-R_4) \leq -0.81$ 。

[0057] 第二透镜L2的轴上厚度为 d_3 , 满足下列关系式: $0.04 \leq d_3/TTL \leq 0.17$, 有利于实现超薄化。优选的, $0.06 \leq d_3/TTL \leq 0.14$ 。

[0058] 本实施方式中, 第三透镜L3物侧面于近轴为凹面, 其像侧面于近轴为凸面。

[0059] 整体摄像光学镜头10的焦距为 f , 第三透镜L3的焦距为 f_3 , 满足下列关系式: $f_3/f \geq 43.58$, 有利于系统获得良好的平衡场曲的能力, 以有效地提升像质。优选的, $f_3/f \geq 69.73$ 。

[0060] 第三透镜L3的轴上厚度为 d_5 , 满足下列关系式: $0.02 \leq d_5/TTL \leq 0.07$, 有利于实现超薄化。优选的, $0.04 \leq d_5/TTL \leq 0.06$ 。

[0061] 本实施方式中, 第四透镜L4的物侧面于近轴处为凹面, 像侧面于近轴处为凸面, 具有正屈折力。

[0062] 整体摄像光学镜头10的焦距为 f , 第四透镜L4焦距 f_4 , 满足下列关系式: $0.55 \leq f_4/f \leq 2.00$, 通过光焦度的合理分配, 使得系统具有较佳的成像品质和较低的敏感性。优选的, $0.88 \leq f_4/f \leq 1.60$ 。

[0063] 第四透镜L4物侧面的曲率半径 R_7 , 第四透镜L4像侧面的曲率半径 R_8 , 满足下列关系式: $1.29 \leq (R_7+R_8)/(R_7-R_8) \leq 4.66$, 规定的是第四透镜L4的形状, 在范围外时, 随着超薄广角化的发展, 很难补正轴外画角的像差等问题。优选的, $2.06 \leq (R_7+R_8)/(R_7-R_8) \leq 3.72$ 。

[0064] 第四透镜L4的轴上厚度为 d_7 , 满足下列关系式: $0.05 \leq d_7/TTL \leq 0.18$, 有利于实现超薄化。优选的, $0.09 \leq d_7/TTL \leq 0.15$ 。

[0065] 本实施方式中, 第五透镜L5的物侧面于近轴处为凹面, 像侧面于近轴处为凸面, 其

具有负屈折力。

[0066] 整体摄像光学镜头10的焦距为 f ，第五透镜L5焦距为 f_5 ，满足下列关系式： $-1.61 \leq f_5/f \leq -0.50$ ，对第五透镜L5的限定可有效的使得摄像镜头的光线角度平缓，降低公差敏感度。优选的， $-1.01 \leq f_5/f \leq -0.62$ 。

[0067] 第五透镜L5物侧面的曲率半径为 R_9 ，第五透镜L5像侧面的曲率半径为 R_{10} ，满足下列关系式： $-5.27 \leq (R_9+R_{10}) / (R_9-R_{10}) \leq -1.35$ ，规定的是第五透镜L5的形状，在条件范围外时，随着超薄广角化发展，很难补正轴外画角的像差等问题。优选的， $-3.30 \leq (R_9+R_{10}) / (R_9-R_{10}) \leq -1.69$ 。

[0068] 第五透镜L5的轴上厚度为 d_9 ，满足下列关系式： $0.02 \leq d_9/TTL \leq 0.09$ ，有利于实现超薄化。优选的， $0.04 \leq d_9/TTL \leq 0.07$ 。

[0069] 本实施方式中，第六透镜L6的物侧面于近轴处为凸面，像侧面于近轴处为凹面，具有正屈折力。

[0070] 整体摄像光学镜头10的焦距为 f ，第六透镜L6焦距 f_6 ，满足下列关系式： $0.70 \leq f_6/f \leq 2.58$ ，通过光焦度的合理分配，使得系统具有较佳的成像品质和较低的敏感性。优选的， $1.12 \leq f_6/f \leq 2.06$ 。

[0071] 第六透镜L6物侧面的曲率半径为 R_{11} ，第六透镜L6像侧面的曲率半径为 R_{12} ，满足下列关系式： $-46.05 \leq (R_{11}+R_{12}) / (R_{11}-R_{12}) \leq -10.07$ ，规定的是第六透镜L6的形状，在条件范围外时，随着超薄广角化发展，很难补正轴外画角的像差等问题。优选的， $-28.78 \leq (R_{11}+R_{12}) / (R_{11}-R_{12}) \leq -12.58$ 。

[0072] 第六透镜L6的轴上厚度为 d_{11} ，满足下列关系式： $0.09 \leq d_{11}/TTL \leq 0.28$ ，有利于实现超薄化。优选的， $0.15 \leq d_{11}/TTL \leq 0.23$ 。

[0073] 本实施例中，所述摄像光学镜头的焦距为 f ，所述第一透镜与所述第二透镜的组合焦距为 f_{12} ，且满足下列关系式： $0.54 \leq f_{12}/f \leq 1.73$ 。借此，可消除摄像光学镜头的像差与歪曲，且可压制摄像光学镜头后焦距，维持影像镜片系统组小型化。优选的， $0.86 \leq f_{12}/f \leq 1.38$ 。

[0074] 本实施方式中，摄像光学镜头10的光学总长TTL小于或等于6.06毫米，有利于实现超薄化。优选的，摄像光学镜头10的光学总长TTL小于或等于5.79毫米。

[0075] 本实施方式中，摄像光学镜头10为大光圈，其光圈F数小于或等于2.06，成像性能好。优选的，摄像光学镜头10的光圈F数小于或等于2.02。

[0076] 如此设计，能够使得整体摄像光学镜头10的光学总长TTL尽量变短，维持小型化的特性。

[0077] 下面将用实例进行说明本发明的摄像光学镜头10。各实例中所记载的符号如下所示。焦距、轴上距离、曲率半径、轴上厚度、反曲点位置、驻点位置的单位为mm。

[0078] TTL: 光学长度(第1透镜L1的物侧面到成像面的轴上距离)，单位为mm；

[0079] 优选的，所述透镜的物侧面和/或像侧面上还可以设置有反曲点和/或驻点，以满足高品质的成像需求，具体的可实施方案，参下所述。

[0080] 表1、表2示出了本发明第一实施方式的摄像光学镜头10的设计数据。

[0081] 【表1】

[0082]

	R	d		nd		v d	
S1	∞	d0=	-0.300				
R1	1.866	d1=	0.420	nd1	1.7458	v 1	56.30
R2	2.513	d2=	0.252				
R3	3.401	d3=	0.403	nd2	1.5140	v 2	56.80
R4	8.056	d4=	0.282				
R5	-1584.254	d5=	0.266	nd3	1.5807	v 3	20.00
R6	-1584.151	d6=	0.161				
R7	-3.175	d7=	0.640	nd4	1.5300	v 4	56.42
R8	-1.478	d8=	0.049				
R9	-1.455	d9=	0.259	nd5	1.7070	v 5	25.60
R10	-4.283	d10=	0.197				
R11	1.597	d11=	1.002	nd6	1.6886	v 6	37.91
R12	1.756	d12=	0.691				
R13	∞	d13=	0.210	ndg	1.5168	v g	64.17
R14	∞	d14=	0.668				

[0083] 其中,各符号的含义如下。

[0084] S1:光圈;

[0085] R:光学面的曲率半径、透镜时为中心曲率半径;

[0086] R1:第一透镜L1的物侧面的曲率半径;

[0087] R2:第一透镜L1的像侧面的曲率半径;

[0088] R3:第二透镜L2的物侧面的曲率半径;

[0089] R4:第二透镜L2的像侧面的曲率半径;

[0090] R5:第三透镜L3的物侧面的曲率半径;

[0091] R6:第三透镜L3的像侧面的曲率半径;

[0092] R7:第四透镜L4的物侧面的曲率半径;

[0093] R8:第四透镜L4的像侧面的曲率半径;

[0094] R9:第五透镜L5的物侧面的曲率半径;

[0095] R10:第五透镜L5的像侧面的曲率半径;

[0096] R11:第六透镜L6的物侧面的曲率半径;

[0097] R12:第六透镜L6的像侧面的曲率半径;

[0098] R13:光学过滤片GF的物侧面的曲率半径;

[0099] R14:光学过滤片GF的像侧面的曲率半径;

[0100] d:透镜的轴上厚度与透镜之间的轴上距离;

[0101] d0:光圈S1到第一透镜L1的物侧面的轴上距离;

[0102] d1:第一透镜L1的轴上厚度;

[0103] d2:第一透镜L1的像侧面到第二透镜L2的物侧面的轴上距离;

[0104] d3:第二透镜L2的轴上厚度;

[0105] d4:第二透镜L2的像侧面到第三透镜L3的物侧面的轴上距离;

- [0106] d5:第三透镜L3的轴上厚度;
- [0107] d6:第三透镜L3的像侧面到第四透镜L4的物侧面的轴上距离;
- [0108] d7:第四透镜L4的轴上厚度;
- [0109] d8:第四透镜L4的像侧面到第五透镜L5的物侧面的轴上距离;
- [0110] d9:第五透镜L5的轴上厚度;
- [0111] d10:第五透镜L5的像侧面到第六透镜L6的物侧面的轴上距离;
- [0112] d11:第六透镜L6的轴上厚度;
- [0113] d12:第六透镜L6的像侧面到光学过滤片GF的物侧面的轴上距离;
- [0114] d13:光学过滤片GF的轴上厚度;
- [0115] d14:光学过滤片GF的像侧面到像面的轴上距离;
- [0116] nd:d线的折射率;
- [0117] nd1:第一透镜L1的d线的折射率;
- [0118] nd2:第二透镜L2的d线的折射率;
- [0119] nd3:第三透镜L3的d线的折射率;
- [0120] nd4:第四透镜L4的d线的折射率;
- [0121] nd5:第五透镜L5的d线的折射率;
- [0122] nd6:第六透镜L6的d线的折射率;
- [0123] ndg:光学过滤片GF的d线的折射率;
- [0124] vd:阿贝数;
- [0125] v1:第一透镜L1的阿贝数;
- [0126] v2:第二透镜L2的阿贝数;
- [0127] v3:第三透镜L3的阿贝数;
- [0128] v4:第四透镜L4的阿贝数;
- [0129] v5:第五透镜L5的阿贝数;
- [0130] v6:第六透镜L6的阿贝数;
- [0131] vg:光学过滤片GF的阿贝数。
- [0132] 表2示出了本发明第一实施方式的摄像光学镜头10中各透镜的非球面数据。
- [0133] **【表2】**

[0134]

	圆锥系数	非球面系数						
	k	A4	A6	A8	A10	A12	A14	A16
R1	5.0693E-01	-0.011225967	0.008275544	-0.011638098	0.013597078	-0.009959411	0.003211763	-0.000228566
R2	1.1965E+00	-0.017917688	-0.000693927	0.002010762	8.97599E-05	-0.009677745	0.00701961	-0.002500364
R3	-1.7360E+01	0.003542657	-0.048329598	-0.002882794	0.033672524	-0.066939491	0.031855171	-0.002905604
R4	8.1405E+00	-0.06266171	-0.032962073	-0.035914999	0.056165886	-0.065600252	0.033496522	-0.004012621
R5	-3.8827E+39	-0.073173783	-0.048310214	-0.048471481	-0.007110659	0.024158409	0.002714519	-0.002530861
R6	-7.3967E+07	-0.032490115	0.050352434	-0.14868942	0.16068409	-0.095065845	0.022768551	0.000557078
R7	4.3773E+00	-0.034664225	0.044423806	0.063383247	-0.054839959	-0.010786422	0.022454412	-0.004861871
R8	-3.5980E-01	0.008732878	-0.040930683	0.059748774	-0.03640046	0.016734178	-0.002851292	0.000119633
R9	-7.1048E+00	0.000329086	-0.18704355	0.37058621	-0.43324906	0.29995841	-0.11032396	0.01631166
R10	1.5105E-01	-0.15593672	0.24229187	-0.25813956	0.17175779	-0.064025755	1.23E-02	-9.60E-04
R11	-1.0947E+01	-0.15593672	0.028249781	-0.001905793	-0.000237234	1.57E-05	5.14E-06	-5.04E-07
R12	-5.3218E+00	-0.10511044	0.016127567	-0.002901687	0.000313051	-1.81E-05	4.82E-07	-7.03E-09

[0135] 其中,k是圆锥系数,A4、A6、A8、A10、A12、A14、A16是非球面系数。

[0136] IH: 像高

$$[0137] \quad y = (x^2/R) / [1 + \{1 - (k+1)(x^2/R^2)\}^{1/2}] + A4x^4 + A6x^6 + A8x^8 + A10x^{10} + A12x^{12} + A14x^{14} + A16x^{16} \quad (1)$$

[0138] 为方便起见,各个透镜面的非球面使用上述公式(1)中所示的非球面。但是,本发明不限于该公式(1)表示的非球面多项式形式。

[0139] 表3、表4示出本发明第一实施方式的摄像光学镜头10中各透镜的反曲点以及驻点设计数据。其中,P1R1、P1R2分别代表第一透镜L1的物侧面和像侧面,P2R1、P2R2分别代表第二透镜L2的物侧面和像侧面,P3R1、P3R2分别代表第三透镜L3的物侧面和像侧面,P4R1、P4R2分别代表第四透镜L4的物侧面和像侧面,P5R1、P5R2分别代表第五透镜L5的物侧面和像侧面,P6R1、P6R2分别代表第六透镜L6的物侧面和像侧面。“反曲点位置”栏位对应数据为各透镜表面所设置的反曲点到摄像光学镜头10光轴的垂直距离。“驻点位置”栏位对应数据为各透镜表面所设置的驻点到摄像光学镜头10光轴的垂直距离。

[0140] 【表3】

[0141]

	反曲点个数	反曲点位置1	反曲点位置2	反曲点位置3
P1R1	0			
P1R2		1.015		
P2R1	1	0.595		
P2R2	1	0.375		
P3R1	0			
P3R2		1.175		
P4R1	2	0.975	1.295	
P4R2	1	1.085		
P5R1	1	1.385		
P5R2	2	1.155	1.595	
P6R1	3	0.485	1.575	2.175

P6R2	1	0.715		
------	---	-------	--	--

[0142] 【表4】

	驻点个数	驻点位置 1
P1R1	0	
P1R2	0	
P2R1	1	0.895
P2R2	1	0.605
P3R1	0	

P3R2	0	
P4R1	0	
P4R2	1	1.385
P5R1	0	
P5R2	0	
P6R1	1	1.035
P6R2	1	1.655

[0145] 图2、图3分别示出了波长为486.1nm、587.6nm和656.3nm的光经过第一实施方式的摄像光学镜头10后的轴向像差以及倍率色差示意图。图4则示出了，波长为587.6nm的光经过第一实施方式的摄像光学镜头10后的场曲及畸变示意图，图4的场曲S是弧矢方向的场曲，T是子午方向的场曲。

[0146] 后出现的表13示出了各实例1、2、3中各种数值与条件式中已规定的参数所对应的值。

[0147] 如表13所示，第一实施方式满足各条件式。

[0148] 在本实施方式中，所述摄像光学镜头的入瞳直径为2.0916mm，全视场像高为3.512mm，对角线方向的视场角为80.03°，广角、超薄，其轴上、轴外色像差充分补正，且具有优秀的光学特征。

[0149] (第二实施方式)

[0150] 第二实施方式与第一实施方式基本相同，符号含义与第一实施方式相同，以下只列出不同点。

[0151] 表5、表6示出本发明第二实施方式的摄像光学镜头20的设计数据。

[0152] 【表5】

[0153]

	R	d		nd		v d	
S1	∞	d0=	-0.273				
R1	1.940	d1=	0.352	nd1	2.1271	v 1	56.30
R2	2.310	d2=	0.286				

[0154]

R3	3.727	d3=	0.447	nd2	1.5140	v 2	56.80
R4	12.601	d4=	0.227				
R5	-1465.937	d5=	0.269	nd3	1.6035	v 3	20.50
R6	-188.562	d6=	0.144				
R7	-3.759	d7=	0.653	nd4	1.5300	v 4	57.55
R8	-1.655	d8=	0.057				
R9	-1.723	d9=	0.249	nd5	2.0931	v 5	25.60
R10	-3.829	d10=	0.238				
R11	1.559	d11=	1.014	nd6	1.6851	v 6	35.99
R12	1.78039	d12=	0.636				
R13	∞	d13=	0.210	ndg	1.5168	v g	64.17
R14	∞	d14=	0.615				

[0155] 表6示出本发明第二实施方式的摄像光学镜头20中各透镜的非球面数据。

[0156] 【表6】

[0157]

	圆锥系数	非球面系数						
	k	A4	A6	A8	A10	A12	A14	A16
R1	5.1492E-01	-0.009074004	0.008977251	-0.013806402	0.014392106	-0.009328232	0.002825583	-0.000213605
R2	1.3263E+00	-0.014488766	-0.001597668	0.000729769	-0.000164232	-0.008986228	0.007221664	-0.002223593
R3	-2.0308E+01	0.00543788	-0.046515502	-0.002768063	0.032529305	-0.068120273	0.031808479	-0.002657476
R4	-2.1127E-01	-0.070333113	-0.030646663	-0.041745019	0.055953429	-0.061438286	0.034588791	-0.005766492
R5	-9.8817E+39	-0.064816432	-0.051189314	-0.034091797	-0.007636385	0.023949605	0.001874669	-0.002692734
R6	-6.8858E+05	-0.01594747	0.052411995	-0.1448793	0.15618614	-0.097257663	0.023779202	0.001272387
R7	6.8662E+00	-0.02007256	0.044767783	0.056646003	-0.059096273	-0.009246291	0.023043937	-0.004682213
R8	-2.7206E-01	0.004061225	-0.040269875	0.064983598	-0.038293587	0.015908947	-0.003093508	0.000142693
R9	-4.5835E+00	0.009112154	-0.17818633	0.3653334	-0.43092886	0.2996083	-0.11088229	0.01647973
R10	3.0858E-01	-0.15789577	0.24907967	-0.25881557	0.17081812	-0.064028395	1.24E-02	-9.50E-04
R11	-1.0120E+01	-0.15789577	0.027227711	-0.001825282	-0.000218003	1.66E-05	4.77E-06	-5.51E-07
R12	-4.6871E+00	-0.10553762	0.017052899	-0.002938143	0.000291744	-1.54E-05	4.90E-07	-1.70E-08

[0158] 表7、表8示出本发明第二实施方式的摄像光学镜头20中各透镜的反曲点以及驻点设计数据。

[0159] 【表7】

[0160]

	反曲点个数	反曲点位置 1	反曲点位置 2	反曲点位置 3
P1R1	0			
P1R2	0			
P2R1	1	0.595		

[0161]

P2R2	1	0.295		
P3R1	0			
P3R2	1	1.155		
P4R1	2	1.065	1.285	
P4R2	1	1.095		
P5R1	1	1.395		
P5R2	3	1.175	1.415	1.605
P6R1	3	0.485	1.635	2.055
P6R2	1	0.715		

[0162] 【表8】

[0163]

	驻点个数	驻点位置1
P1R1	0	
P1R2	0	
P2R1	1	0.885
P2R2	1	0.485
P3R1	0	
P3R2	1	1.255
P4R1	0	
P4R2	0	
P5R1	0	
P5R2	0	
P6R1	1	1.035
P6R2	1	1.635

[0164] 图6、图7分别示出了波长为486.1nm、587.6nm和656.3nm的光经过第二实施方式的摄像光学镜头20后的轴向像差以及倍率色差示意图。图8则示出了，波长为587.6nm的光经过第二实施方式的摄像光学镜头20后的场曲及畸变示意图。

[0165] 如表13所示，第二实施方式满足各条件式。

[0166] 在本实施方式中，所述摄像光学镜头的入瞳直径为2.0565mm，全视场像高为3.512mm，对角线方向的视场角为80.99°，广角、超薄，其轴上、轴外色像差充分补正，且具有优秀的光学特征。

[0167] (第三实施方式)

[0168] 第三实施方式与第一实施方式基本相同，符号含义与第一实施方式相同，以下只列出不同点。

[0169] 表9、表10示出本发明第三实施方式的摄像光学镜头30的设计数据。

[0170] 【表9】

[0171]

	R	d		nd		v d	
S1	∞	d0=	-0.202				
R1	2.039	d1=	0.279	nd1	1.7550	v 1	56.30
R2	2.096	d2=	0.122				
R3	2.587	d3=	0.622	nd2	1.5140	v 2	56.80
R4	-158.852	d4=	0.298				
R5	-511.354	d5=	0.247	nd3	1.4412	v 3	23.56
R6	-511.430	d6=	0.184				
R7	-3.022	d7=	0.606	nd4	1.5300	v 4	70.00
R8	-1.549	d8=	0.050				
R9	-1.342	d9=	0.331	nd5	1.7062	v 5	25.60
R10	-3.671	d10=	0.191				
R11	1.384	d11=	1.040	nd6	1.6900	v 6	39.52
R12	1.510202	d12=	0.677				
R13	∞	d13=	0.210	ndg	1.5168	v g	64.17
R14	∞	d14=	0.653				

[0172] 表10示出本发明第三实施方式的摄像光学镜头30中各透镜的非球面数据。

[0173] 【表10】

[0174]

	圆锥系数	非球面系数						
	k	A4	A6	A8	A10	A12	A14	A16
R1	5.0732E-02	-0.015762086	-0.002353398	-0.015755777	0.016702725	-0.011256015	0.005500521	-0.001786929
R2	1.8037E-01	-0.041954175	-0.004749521	-0.010276512	-0.00172581	-0.0058957	0.009785587	-0.000224879
R3	-9.1068E+00	0.025445972	-0.043278034	-0.003725472	0.033544886	-0.069439184	0.030136193	0.005162001
R4	-4.5200E+06	-0.048958086	-0.030890579	-0.024971145	0.049121229	-0.066389808	0.03459635	-0.004712602
R5	-9.9330E+39	-0.079843764	-0.053607511	-0.050478303	-0.005375322	0.02524186	0.003763228	-0.002251002
R6	-9.9564E+39	-0.015044634	0.044729818	-0.14382667	0.1642731	-0.094722834	0.021330503	-0.00057643
R7	3.5291E+00	-0.033588694	0.04680732	0.066389853	-0.054464075	-0.012002737	0.021763497	-0.004950962
R8	-3.2163E-01	-0.004033432	-0.041357745	0.059428144	-0.036428498	0.016801169	-0.002773975	0.000209097
R9	-6.6487E+00	-0.002179128	-0.19177514	0.3744243	-0.43188726	0.30015833	-0.11039464	0.01613058
R10	-3.9623E-01	-0.15241666	0.24436691	-0.25777	0.17170592	-0.064066809	1.23E-02	-9.59E-04

[0175]

R11	-8.0199E+00	-0.15241666	0.025495627	-0.00225301	-0.000159956	2.24E-05	4.57E-06	-6.39E-07
R12	-4.5275E+00	-0.093939016	0.015728773	-0.002875877	0.000311697	-1.83E-05	4.90E-07	-5.99E-09

[0176] 表11、表12示出本发明第三实施方式的摄像光学镜头30中各透镜的反曲点以及驻点设计数据。

[0177] 【表11】

[0178]

	反曲点个数	反曲点位置1	反曲点位置2
P1R1	0		
P1R2	0		

P2R1	2	0.705	1.035
P2R2	0		
P3R1	1	1.125	
P3R2	0		
P4R1	2	0.865	1.305
P4R2	1	1.085	
P5R1	1	1.415	
P5R2	2	1.105	1.605
P6R1	1	0.525	
P6R2	1	0.755	

[0179] 【表12】

[0180]

	驻点个数	驻点位置1
P1R1	0	
P1R2	0	
P2R1	0	
P2R2	0	
P3R1	0	
P3R2	0	
P4R1	0	
P4R2	1	1.365
P5R1	0	
P5R2	0	
P6R1	1	1.215
P6R2	1	1.905

[0181] 图10、图11分别示出了波长为486.1nm、587.6nm和656.3nm的光经过第三实施方式的摄像光学镜头30后的轴向像差以及倍率色差示意图。图12则示出了,波长为587.6nm的光经过第三实施方式的摄像光学镜头30后的场曲及畸变示意图。

[0182] 以下表13按照上述条件式列出了本实施方式中对应各条件式的数值。显然,本实施方式的摄像光学系统满足上述的条件式。

[0183] 在本实施方式中,所述摄像光学镜头的入瞳直径为1.9728mm,全视场像高为3.512mm,对角线方向的视场角为83.34°,广角、超薄,其轴上、轴外色像差充分补正,且具有优秀的光学特征。

[0184] 【表13】

[0185]

参数及条件式	实施例 1	实施例 2	实施例 3
f	4.183	4.113	3.946
f1	7.614	7.144	32.047
f2	11.126	10.121	4.960
f3	2.159E+07	358.5	5.960E+09
f4	4.616	5.037	5.250
f5	-3.240	-3.056	-3.183
f6	7.185	6.396	5.507
f12	4.721	4.405	4.542
(R1+R2)/(R1-R2)	-6.775	-11.491	-72.705
(R3+R4)/(R3-R4)	-2.462	-1.840	-0.968
(R5+R6)/(R5-R6)	30933.297	1.295	-13523.852
(R7+R8)/(R7-R8)	2.742	2.573	3.104
(R9+R10)/(R9-R10)	-2.029	-2.637	-2.153
(R11+R12)/(R11-R12)	-21.187	-15.100	-23.027
f1/f	1.820	1.737	8.122
f2/f	2.660	2.461	1.257
f3/f	5.161E+06	87.16	1.511E+09
f4/f	1.103	1.225	1.331
f5/f	-0.775	-0.743	-0.807
f6/f	1.718	1.555	1.396
f12/f	1.129	1.071	1.151
d1	0.420	0.352	0.279
d3	0.403	0.447	0.622
d5	0.266	0.269	0.247
d7	0.640	0.653	0.606
d9	0.259	0.249	0.331
d11	1.002	1.014	1.040
Fno	2.000	2.000	2.000
TTL	5.501	5.398	5.510
d1/TTL	0.076	0.065	0.051
d3/TTL	0.073	0.083	0.113
d5/TTL	0.048	0.050	0.045
d7/TTL	0.116	0.121	0.110

[0186]

d9/TTL	0.047	0.046	0.060
d11/TTL	0.182	0.188	0.189
n1	1.7458	2.1271	1.7550
n2	1.5140	1.5140	1.5140
n3	1.5807	1.6035	1.4412
n4	1.5300	1.5300	1.5300
n5	1.7070	2.0931	1.7062
n6	1.6886	1.6851	1.6900
v1	56.3000	56.3000	56.3000
v2	56.8000	56.8000	56.8000
v3	19.9997	20.4995	23.5647
v4	56.4172	57.5490	70.0002
v5	25.6000	25.6000	25.6000
v6	37.9059	35.9943	39.5194

[0187] 本领域的普通技术人员可以理解,上述各实施方式是实现本发明的具体实施方式,而在实际应用中,可以在形式上和细节上对其作各种改变,而不偏离本发明的精神和范围。

10
~

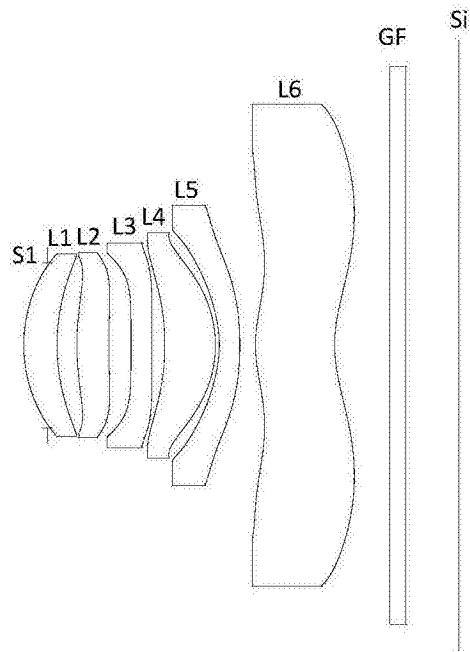


图1

轴向像差

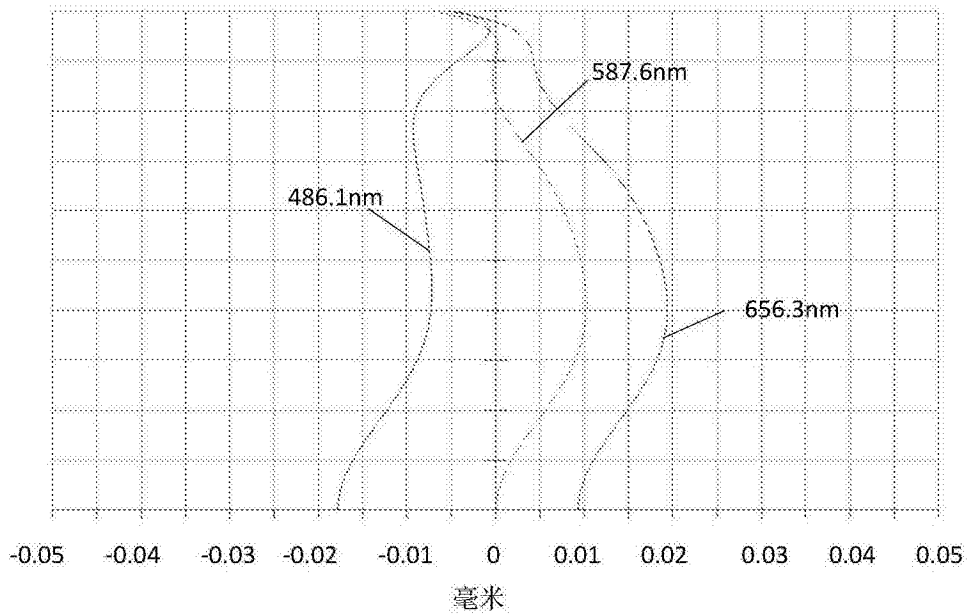


图2

倍率色差

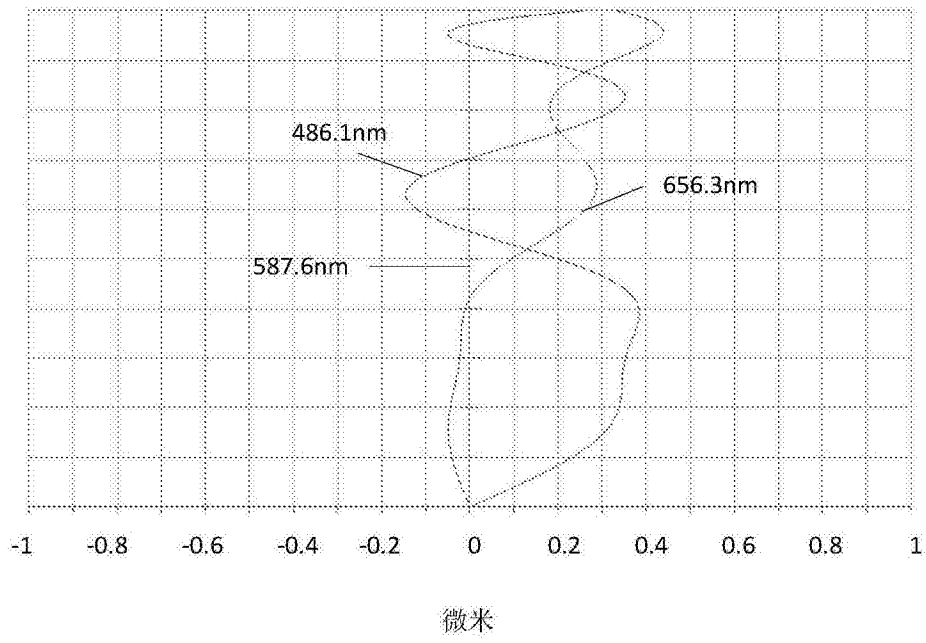
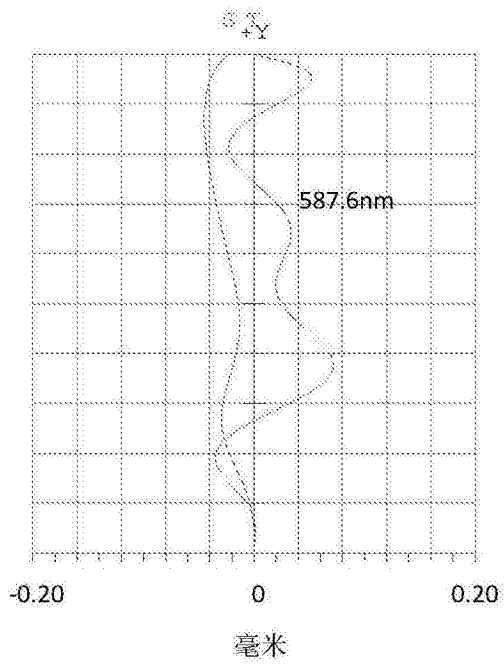


图3

场曲



畸变

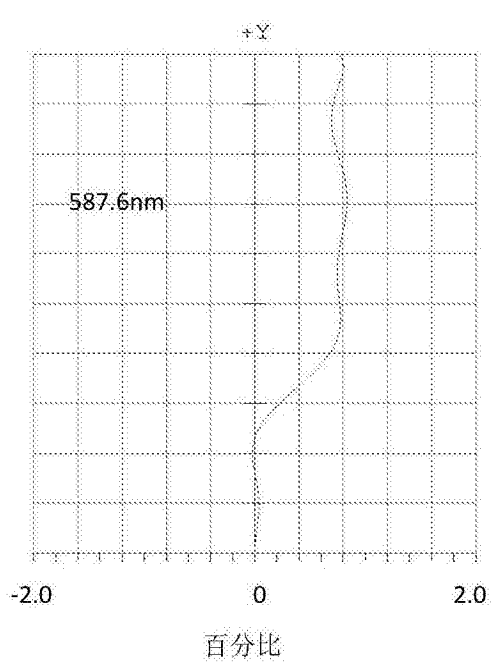


图4

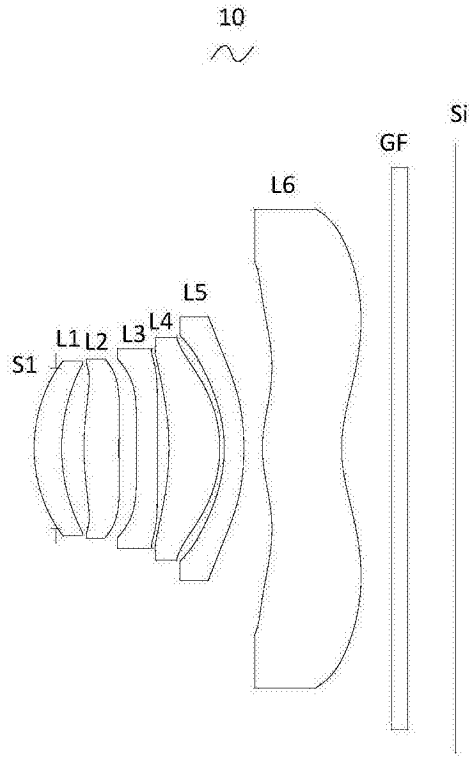


图5

轴向像差

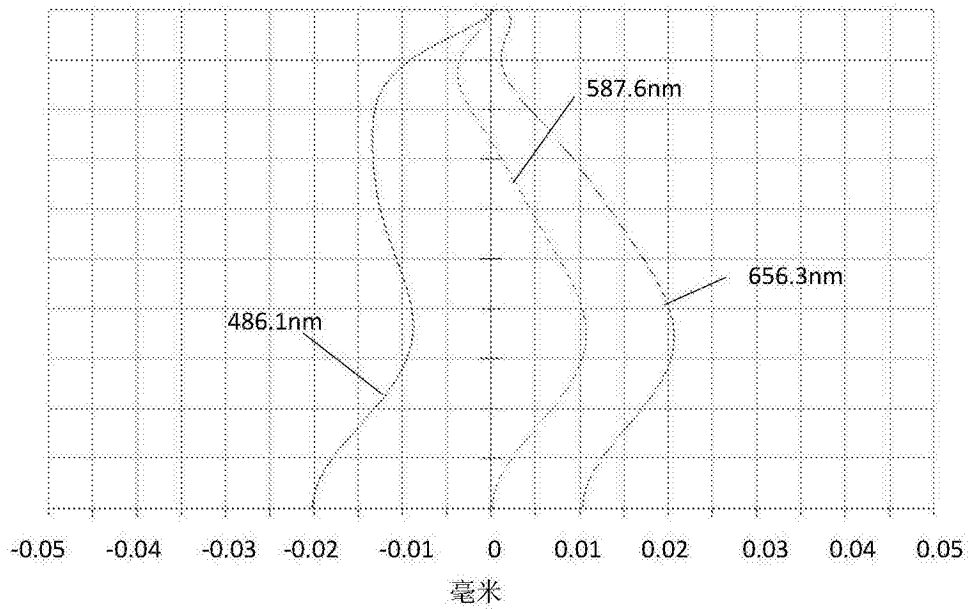


图6

倍率色差

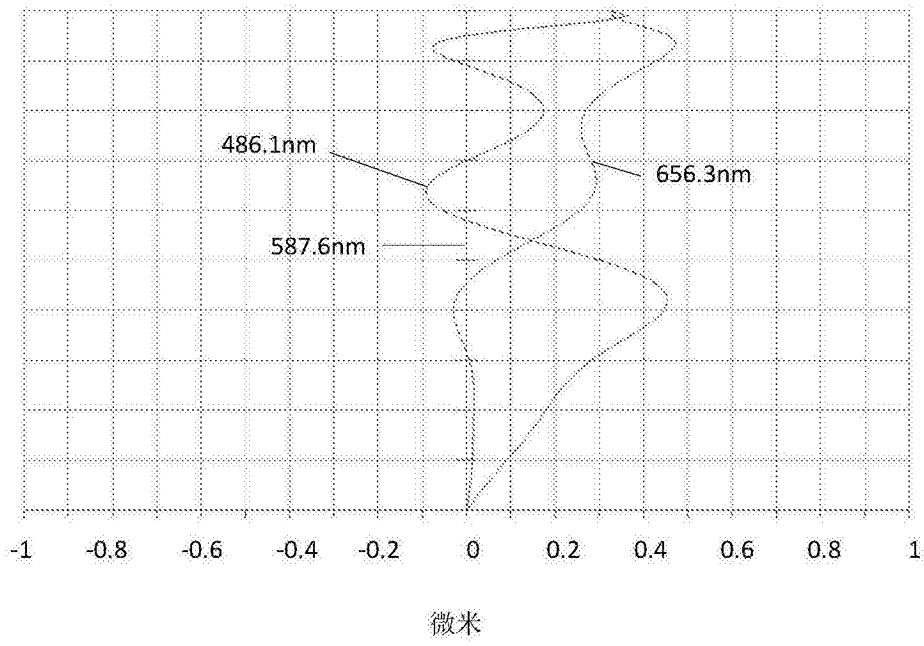
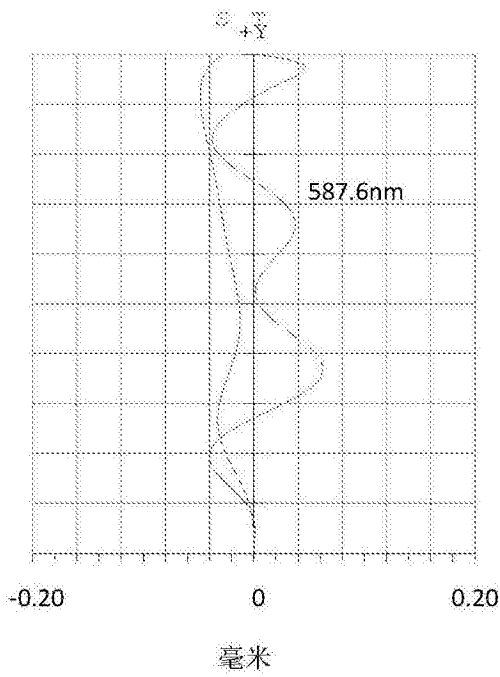


图7

场曲



畸变

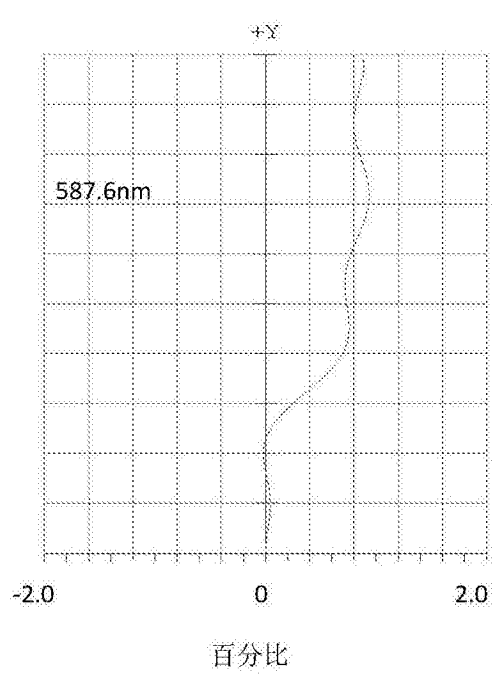


图8

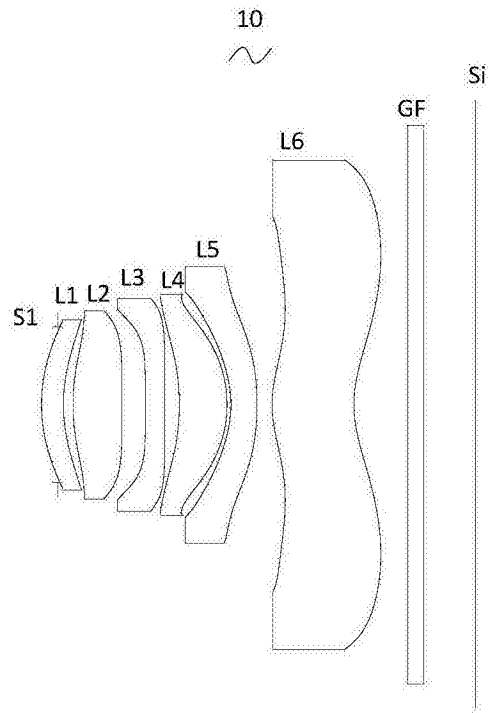


图9

轴向像差

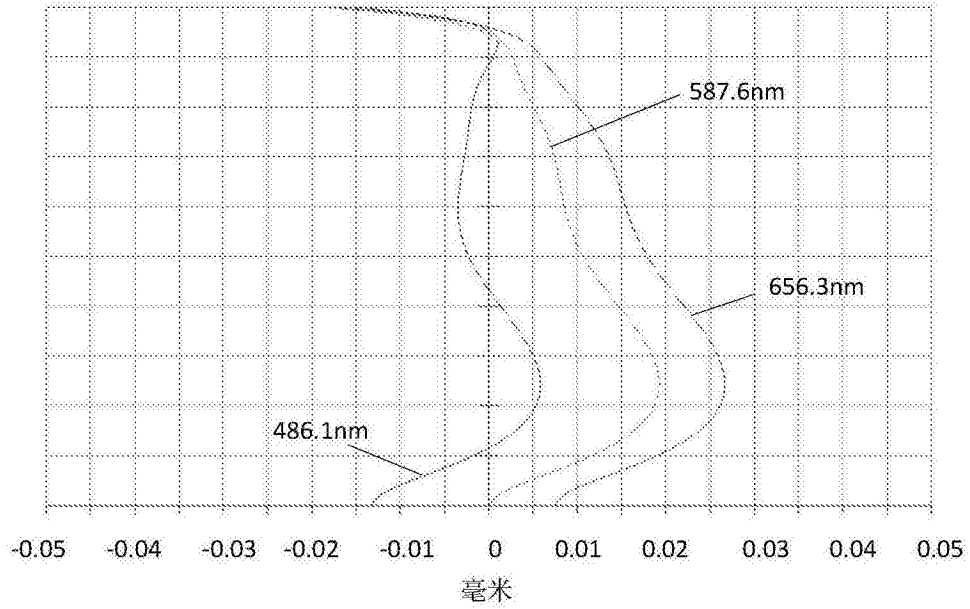


图10

倍率色差

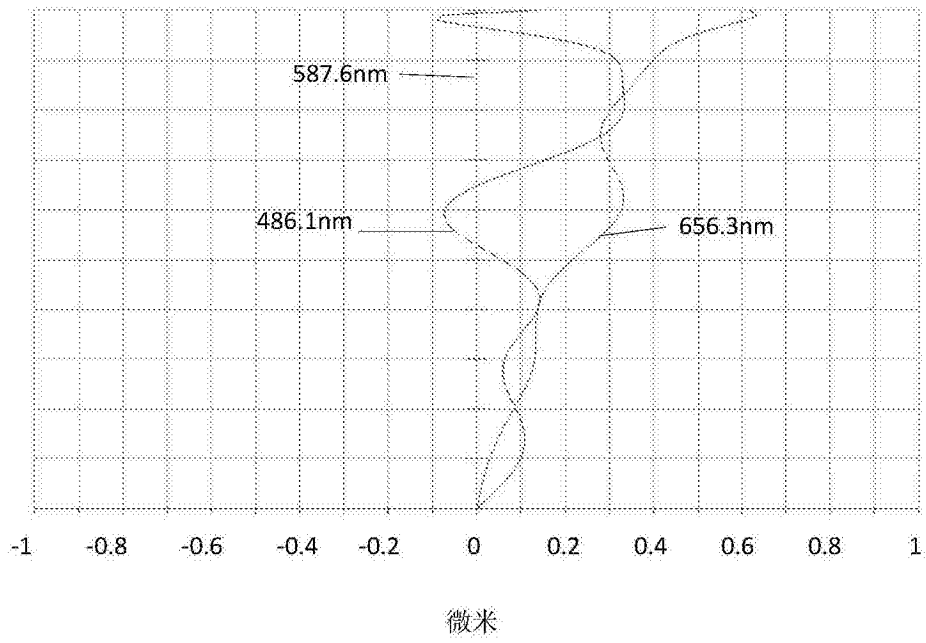
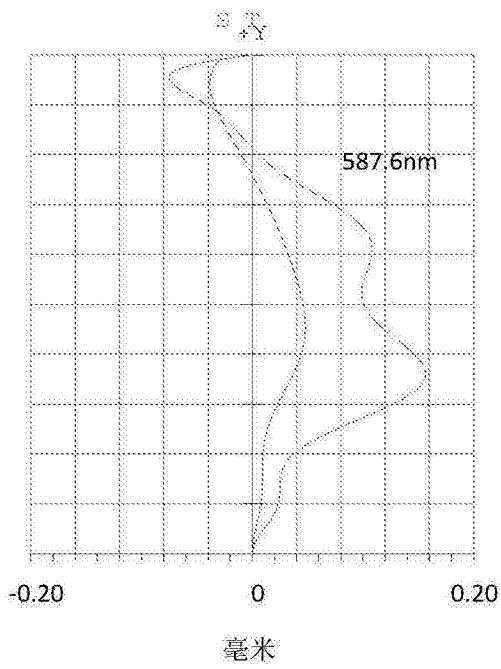


图11

场曲



畸变

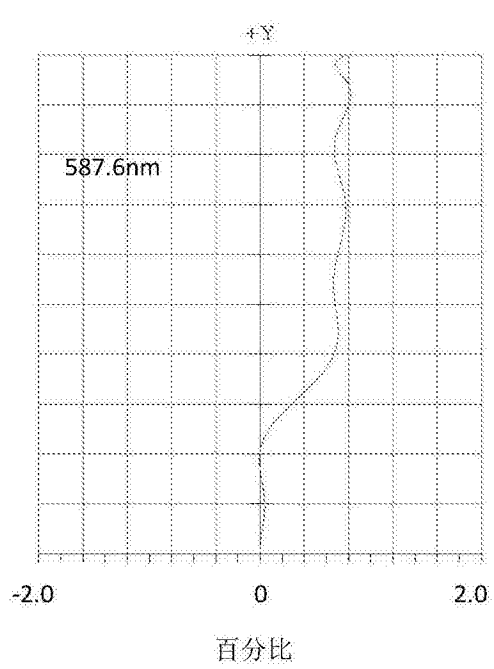


图12