



# (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 114047595 B

(45) 授权公告日 2023. 02. 03

(21) 申请号 202111157582.0

(22) 申请日 2021.09.30

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 114047595 A

(43) 申请公布日 2022.02.15

(73) 专利权人 华为技术有限公司  
地址 518129 广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼

(72) 发明人 张凯元 周少攀 于晓丹

(74) 专利代理机构 北京同立钧成知识产权代理有限公司 11205  
专利代理师 杨泽 刘芳

(51) Int. Cl.  
G02B 13/00 (2006.01)  
G02B 13/18 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 208172361 U, 2018.11.30  
CN 112147757 A, 2020.12.29  
CN 212989752 U, 2021.04.16  
JP 6463591 B1, 2019.02.06  
JP 2020071438 A, 2020.05.07  
US 2020162646 A1, 2020.05.21  
高兴宇等. 基于ZEMAX的1300万像素手机镜头. 《桂林电子科技大学学报》. 2016, (第04期),

审查员 田莉

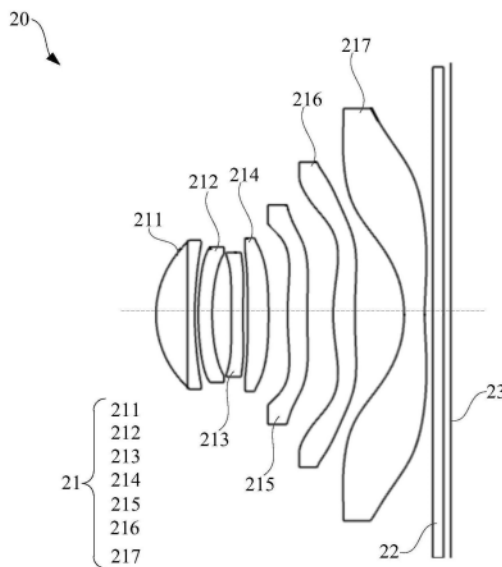
权利要求书3页 说明书38页 附图26页

(54) 发明名称

一种镜头组件、摄像头模组及电子设备

(57) 摘要

本申请实施例提供一种镜头组件、摄像头模组及电子设备, 镜头组件至少包括沿着光轴方向从物侧至像侧依次排列的第一镜片、第二镜片、第三镜片、第四镜片和第五镜片, 且镜头组件的全像高IH、镜头组件的光圈数F#以及镜头组件的总长度TTL满足条件式: $0.86 \leq IH / (TTL \times F\#) \leq 1.5$ , 这样就使镜头组件具有较小的光圈数, 较大的全像高以及较小的总长度。从而在实现镜头组件的大靶面、大光圈性能的同时, 满足镜头组件较小的总长度的设计需求, 在提升摄像头模组成像性能的同时, 满足摄像头模组的小型化、轻薄化需求。



1. 一种镜头组件,其特征在于,由沿着光轴的方向从物侧至像侧依次排列的第一镜片、第二镜片、第三镜片、第四镜片、第五镜片、第六镜片和第七镜片组成;

所述镜头组件满足条件式: $1.013 \leq IH/(TTL \times F\#) \leq 1.5$ ,其中,IH为镜头组件的全像高,F#为镜头组件的光圈数,TTL为镜头组件的总长度;

所述第一镜片具有正光焦度,所述第二镜片具有负光焦度;

所述第七镜片具有负光焦度。

2. 根据权利要求1所述的镜头组件,其特征在于,所述第一镜片的阿贝数 $vd_1$ 的范围为: $50 \leq vd_1 \leq 90$ ,所述第一镜片的折射率 $nd_1$ 的范围为: $1 \leq nd_1 \leq 1.65$ 。

3. 根据权利要求1或2所述的镜头组件,其特征在于,所述第一镜片的阿贝数 $vd_1$ 与所述第二镜片的阿贝数 $vd_2$ 满足条件式: $|vd_1 - vd_2| > 50$ ,所述第一镜片折射率 $nd_1$ 与所述第二镜片折射率 $nd_2$ 满足条件式: $|nd_1 - nd_2| < 0.3$ 。

4. 根据权利要求1或2所述的镜头组件,其特征在于,所述第二镜片的阿贝数 $vd_2$ 与所述第三镜片 $vd_3$ 的阿贝数满足条件式: $|vd_2 - vd_3| < 40$ ,所述第二镜片折射率 $nd_2$ 与所述第三镜片折射率 $nd_3$ 满足条件式: $|nd_2 - nd_3| < 0.1$ 。

5. 根据权利要求1所述的镜头组件,其特征在于,所述第四镜片、所述第五镜片和所述第六镜片均具有正光焦度,所述第三镜片具有负光焦度。

6. 根据权利要求1-2,5任一所述的镜头组件,其特征在于,所述第一镜片的物侧面至少与所述光轴对应的部分为凸面,所述第一镜片的像侧面至少与所述光轴对应的部分为凹面;

所述第二镜片的物侧面至少与所述光轴对应的部分为凸面,所述第二镜片的像侧面至少与所述光轴对应的部分为凹面。

7. 根据权利要求1-2,5任一所述的镜头组件,其特征在于,所述第七镜片的物侧面至少与所述光轴对应的部分为凹面。

8. 根据权利要求1-2,5任一所述的镜头组件,其特征在于,所述第七镜片的像侧面至少与所述光轴对应的部分为凹面。

9. 根据权利要求1-2,5任一所述的镜头组件,其特征在于,所述第七镜片的焦距 $f_7$ 与所述镜头组件的总焦距 $f$ 满足条件式: $0.1 \leq |f_7/f| \leq 1.1$ 。

10. 根据权利要求1-2,5任一所述的镜头组件,其特征在于,所述第七镜片的通光口径大于所述镜头组件中其余镜片的通光口径。

11. 根据权利要求1-2,5任一所述的镜头组件,其特征在于,所述第三镜片的焦距与所述镜头组件的总焦距 $f$ 满足条件式: $0.78 \leq |f_3/f| \leq 7.8$ ;

所述第四镜片的焦距与所述镜头组件的总焦距 $f$ 满足条件式: $0.78 \leq |f_4/f| \leq 7.8$ 。

12. 根据权利要求1-2,5任一所述的镜头组件,其特征在于,所述镜头组件中的镜片均为非球面镜片。

13. 根据权利要求1-2,5任一所述的镜头组件,其特征在于,所述第一镜片为玻璃镜片。

14. 一种镜头组件,其特征在于,由沿着光轴的方向从物侧至像侧依次排列的第一镜片、第二镜片、第三镜片、第四镜片、第五镜片、第六镜片、第七镜片和第八镜片组成;

所述镜头组件满足条件式: $1.15 \leq IH/(TTL \times F\#) \leq 1.5$ ,其中,IH为镜头组件的全像高,F#为

镜头组件的光圈数,TTL为镜头组件的总长度;

所述第一镜片具有正光焦度,所述第二镜片具有负光焦度;

所述第八镜片具有负光焦度。

15.根据权利要求14所述的镜头组件,其特征在于,所述第一镜片的阿贝数 $vd_1$ 的范围为: $50 \leq vd_1 \leq 90$ ,所述第一镜片的折射率 $nd_1$ 的范围为: $1 \leq nd_1 \leq 1.65$ 。

16.根据权利要求14或15所述的镜头组件,其特征在于,所述第一镜片的阿贝数 $vd_1$ 与所述第二镜片的阿贝数 $vd_2$ 满足条件式: $|vd_1 - vd_2| > 50$ ,所述第一镜片折射率 $nd_1$ 与所述第二镜片折射率 $nd_2$ 满足条件式: $|nd_1 - nd_2| < 0.3$ 。

17.根据权利要求14或15所述的镜头组件,其特征在于,所述第二镜片的阿贝数 $vd_2$ 与所述第三镜片 $vd_3$ 的阿贝数满足条件式: $|vd_2 - vd_3| < 40$ ,所述第二镜片折射率 $nd_2$ 与所述第三镜片折射率 $nd_3$ 满足条件式: $|nd_2 - nd_3| < 0.1$ 。

18.根据权利要求14所述的镜头组件,其特征在于,所述第五镜片和所述第七镜片均具有正光焦度。

19.根据权利要求18所述的镜头组件,其特征在于,所述第三镜片、所述第四镜片和所述第六镜片均具有负光焦度。

20.根据权利要求18所述的镜头组件,其特征在于,所述第三镜片和所述第四镜片均具有负光焦度,所述第六镜片具有正光焦度。

21.根据权利要求18所述的镜头组件,其特征在于,所述第三镜片具有正光焦度,所述第四镜片和所述第六镜片均具有负光焦度。

22.根据权利要求18所述的镜头组件,其特征在于,所述第三镜片和所述第六镜片均具有负光焦度,所述第四镜片具有正光焦度。

23.根据权利要求14-15,18-22任一所述的镜头组件,其特征在于,所述第一镜片的物侧面至少与所述光轴对应的部分为凸面,所述第一镜片的像侧面至少与所述光轴对应的部分为凹面;

所述第二镜片的物侧面至少与所述光轴对应的部分为凸面,所述第二镜片的像侧面至少与所述光轴对应的部分为凹面。

24.根据权利要求14-15,18-22任一所述的镜头组件,其特征在于,所述第八镜片的物侧面至少与所述光轴对应的部分为凹面。

25.根据权利要求14-15,18-22任一所述的镜头组件,其特征在于,所述第八镜片的像侧面至少与所述光轴对应的部分为凹面。

26.根据权利要求14-15,18-22任一所述的镜头组件,其特征在于,所述第八镜片的焦距 $f_8$ 与所述镜头组件的总焦距 $f$ 满足条件式: $0.1 \leq |f_8/f| \leq 1.1$ 。

27.根据权利要求14-15,18-22任一所述的镜头组件,其特征在于,所述第八镜片的通光口径大于所述镜头组件中其余镜片的通光口径。

28.根据权利要求14-15,18-22任一所述的镜头组件,其特征在于,所述第三镜片的焦距与所述镜头组件的总焦距 $f$ 满足条件式: $0.78 \leq |f_3/f| \leq 7.8$ ;

所述第四镜片的焦距与所述镜头组件的总焦距 $f$ 满足条件式: $0.78 \leq |f_4/f| \leq 7.8$ 。

29.根据权利要求14-15,18-22任一所述的镜头组件,其特征在于,所述镜头组件中的镜片均为非球面镜片。

30. 根据权利要求14-15,18-22任一所述的镜头组件,其特征在于,所述第一镜片为玻璃镜片。

31. 一种摄像头模组,其特征在于,包括滤光片、图像传感器和上述权利要求1-30任一所述的镜头组件,所述滤光片位于所述镜头组件邻近像侧的一侧,所述滤光片位于所述镜头组件和所述图像传感器之间。

32. 一种电子设备,其特征在于,包括壳体和上述权利要求31所述的摄像头模组,所述摄像头模组设置在所述壳体上。

## 一种镜头组件、摄像头模组及电子设备

### 技术领域

[0001] 本申请涉及电子设备技术领域,特别涉及一种镜头组件、摄像头模组及电子设备。

### 背景技术

[0002] 近年来,随着摄像头技术的发展,电子消费产品,如手机、平板、笔记本电脑以及穿戴设备等,其上的摄像头模组逐渐向小型化、薄型化发展,拍照的效果以及需求也越来越与单反相机看齐,摄像头模组的体积以及功能效果也逐渐成为终端电子设备的重要特征之一。

[0003] 目前,摄像头模组包括镜头组件和图像传感器,光线经过镜头组件后投射至图像传感器实现光电转换,进而用于成像。其中,镜头组件通常是由多个透镜镜片沿着光轴方向依次排列形成的,镜头组件的性能直接决定着摄像头模组的成像性能。而随着人们对成像质量的追求,镜头组件逐渐朝向大光圈、大靶面(图像传感器的靶面)成像的方向发展,例如,用户对于景物细节抓拍的要求逐渐增大,使大光圈的设计变的尤为重要,另外,摄像头模组的光圈还直接影响摄像头的夜景、视频、背景虚化等核心功能。而大光圈兼顾大靶面更是对亮度、解析力的提升具有很大的影响。

[0004] 然而,大光圈以及大靶面设计会导致镜头组件的总长度(Total Track Length; TTL)增加,进而增大摄像头模组的体积和占用空间,不能满足摄像头模组的小型化、轻薄化设计需求。

### 发明内容

[0005] 本申请提供一种镜头组件、摄像头模组及电子设备,解决了现有技术中的镜头组件不能在满足大光圈、大靶面性能的同时具有较小的总长度的问题。

[0006] 本申请的第一方面提供一种镜头组件,包括沿着光轴的方向从物侧至像侧依次排列的第一镜片、第二镜片、第三镜片、第四镜片和第五镜片;

[0007] 所述镜头组件满足条件式: $0.86 \leq IH / (TTL \times F\#) \leq 1.5$ ,其中,IH为镜头组件的全像高,F#为镜头组件的光圈数,TTL为镜头组件的总长度。

[0008] 通过使镜头组件的全像高、光圈数和总长度满足上述的条件式,可以使镜头组件具有较小的光圈数,较大的全像高,以及较小的总长度。其中光圈数越小,光圈越大。也就是说,在实现镜头组件的大靶面和大光圈性能的同时,镜头组件具有较小的总长度,同时满足镜头组件的大靶面、大光圈性能,以及小的镜头组件总长度的需求,提升摄像头模组成像性能的同时,有利于摄像头模组的小型化、轻薄化设计。

[0009] 在一种可能的实施方式中,所述第一镜片具有正光焦度,也就是说,第一镜片具有汇聚光线的作用;所述第二镜片具有负光焦度。第二镜片具有分散光线的作用。这样能够使更多的光线可以通过第一镜片进入镜头组件中,有利于实现镜头组件的大靶面性能,同时也有助于提高摄像头模组的成像质量。

[0010] 在一种可能的实施方式中,最邻近所述像侧的镜片具有负光焦度。也即最邻近像

侧的镜片具有分散光线的作用,从物侧至像侧,镜头组件可以包括第一镜片、第二镜片……第N镜片, $N \geq 5$ ,最邻近像侧的镜片也即第N镜片,光线经过第N镜片的分散作用后照射至图像传感器上,有助于提高成像的全像高,实现镜头组件的大靶面特性。

[0011] 在一种可能的实施方式中,所述第一镜片的阿贝数 $vd_1$ 的范围为: $50 \leq vd_1 \leq 90$ ,所述第一镜片的折射率 $nd_1$ 的范围为: $1 \leq nd_1 \leq 1.65$ 。也就是说,第一镜片为低折射率,高阿贝数的镜片,这样可以有效的改善成像的像质,有助于提高摄像头模组的成像质量。

[0012] 在一种可能的实施方式中,所述第一镜片的阿贝数 $vd_1$ 与所述第二镜片的阿贝数 $vd_2$ 满足条件式: $|vd_1 - vd_2| > 50$ ,所述第一镜片折射率 $nd_1$ 与所述第二镜片折射率 $nd_2$ 满足条件式: $|nd_1 - nd_2| < 0.3$ 。即第一镜片的折射率和第二镜片的折射率相差较小,较为接近,而第一镜片的阿贝数和第二镜片的阿贝数相差较大,第一镜片可以为高阿贝数的镜片,第二镜片可以为低阿贝数的镜片,从而使第一镜片和第二镜片在色散能力方面进行互补平衡,减小成像的色差,进一步提升成像的质量。

[0013] 在一种可能的实施方式中,所述第二镜片的阿贝数 $vd_2$ 与所述第三镜片 $vd_3$ 的阿贝数满足条件式: $|vd_2 - vd_3| < 40$ ,所述第二镜片折射率 $nd_2$ 与所述第三镜片折射率 $nd_3$ 满足条件式: $|nd_2 - nd_3| < 0.1$ 。

[0014] 在一种可能的实施方式中,所述镜头组件还包括沿着所述光轴方向自所述第五镜片至所述像侧依次排列的多个镜片。

[0015] 在一种可能的实施方式中,所述多个镜片包括自所述第五镜片至所述像侧依次排列的第六镜片和第七镜片;

[0016] 所述第四镜片、所述第五镜片和所述第六镜片均具有正光焦度,所述第三镜片具有负光焦度。

[0017] 在一种可能的实施方式中,所述多个镜片包括自所述第五镜片至所述像侧依次排列的第六镜片、第七镜片和第八镜片;

[0018] 所述第五镜片和所述第七镜片均具有正光焦度。

[0019] 在一种可能的实施方式中,所述第三镜片、所述第四镜片和所述第六镜片均具有负光焦度。

[0020] 在一种可能的实施方式中,所述第三镜片和所述第四镜片均具有负光焦度,所述第六镜片具有正光焦度。

[0021] 在一种可能的实施方式中,所述第三镜片具有正光焦度,所述第四镜片和所述第六镜片均具有负光焦度。

[0022] 在一种可能的实施方式中,所述第三镜片和所述第六镜片均具有负光焦度,所述第四镜片具有正光焦度。

[0023] 在一种可能的实施方式中,所述第一镜片的物侧面至少与所述光轴对应的部分为凸面,所述第一镜片的像侧面至少与所述光轴对应的部分为凹面;

[0024] 所述第二镜片的物侧面至少与所述光轴对应的部分为凸面,所述第二镜片的像侧面至少与所述光轴对应的部分为凹面。这样第一镜片可以进一步对光线起到汇聚的作用,加强第一镜片对光线的汇聚作用,有利于进一步实现大靶面设计并提高成像质量。

[0025] 在一种可能的实施方式中,最邻近所述像侧的镜片的物侧面至少与所述光轴对应的部分为凹面。也即第N镜片能够进一步对光线起到分散的作用,加强第N镜片对光线的分

散作用,将光线分散后照射至图像传感器。进一步有利于实现镜头组件的大靶面性能。

[0026] 在一种可能的实施方式中,最邻近所述像侧的镜片的像侧面至少与所述光轴对应的部分为凹面。这样有助于进一步提升成像的质量。

[0027] 在一种可能的实施方式中,最邻近所述像侧的镜片的焦距 $f_n$ 与所述镜头组件的总焦距 $f$ 满足条件式: $0.1 \leq |f_n/f| \leq 1.1$ 。这样有利于提升摄像头模组的成像质量。

[0028] 在一种可能的实施方式中,最邻近所述像侧的镜片的通光口径大于所述镜头组件中其余镜片的通光口径。这样可以增大从第 $N$ 镜片照射至图像传感器上的光线量,进一步有利于实现镜头组件的大靶面设计。

[0029] 在一种可能的实施方式中,所述第三镜片的焦距与所述镜头组件的总焦距 $f$ 满足条件式: $0.78 \leq |f_3/f| \leq 7.8$ ;

[0030] 所述第四镜片的焦距与所述镜头组件的总焦距 $f$ 满足条件式: $0.78 \leq |f_4/f| \leq 7.8$ 。

[0031] 在一种可能的实施方式中,所述镜头组件中的镜片均为非球面镜片。非球面的镜片可以对球面像差和歪曲像差有很好的补偿效果,能够进一步有利于实现镜头组件的大光圈性能,同时也有利于减小镜头组件的总长度。

[0032] 在一种可能的实施方式中,所述第一镜片为玻璃镜片。

[0033] 本申请的第二方面提供一种摄像头模组,包括滤光片、图像传感器和上述任一所述的镜头组件,所述滤光片位于所述镜头组件邻近像侧的一侧,所述滤光片位于所述镜头组件和所述图像传感器之间。

[0034] 光线通过镜头组件以及滤光片后照射至图像传感器上,经过图像传感器的光电转换作用后成像,而镜头组件具有大光圈、大靶面以及较小的总长度,使摄像头模组具有较好的成像质量和效果,同时也有利于减小摄像头模组的体积,在提升摄像头模组成像性能的同时,满足摄像头模组小型化、轻薄化的需求。

[0035] 本申请的第三方面提供一种电子设备,包括壳体和上述所述的摄像头模组,所述摄像头模组设置在所述壳体上。

## 附图说明

[0036] 图1为本申请实施例提供的一种电子设备的正面结构示意图;

[0037] 图2为本申请实施例提供的一种电子设备的背面结构示意图;

[0038] 图3为本申请实施例提供的一种摄像头模组的结构示意图;

[0039] 图4为本申请实施例一提供的一种摄像头模组的仿真结构示意图;

[0040] 图5为本申请实施例一提供的一种镜头组件的离焦曲线图;

[0041] 图6为本申请实施例一提供的一种镜头组件的横向色差曲线图;

[0042] 图7a为本申请实施例一提供的一种镜头组件的纵向色差曲线图;

[0043] 图7b为本申请实施例一提供的一种镜头组件的场曲图;

[0044] 图7c为本申请实施例一提供的一种镜头组件的畸变曲线图;

[0045] 图8为本申请实施例二提供的一种摄像头模组的仿真结构示意图;

[0046] 图9为本申请实施例二提供的一种镜头组件的离焦曲线图;

[0047] 图10为本申请实施例二提供的一种镜头组件的横向色差曲线图;

- [0048] 图11a为本申请实施例二提供了一种镜头组件的纵向色差曲线图；
- [0049] 图11b为本申请实施例二提供了一种镜头组件的场曲图；
- [0050] 图11c为本申请实施例二提供了一种镜头组件的畸变曲线图；
- [0051] 图12为本申请实施例三提供了一种摄像头模组的仿真结构示意图；
- [0052] 图13为本申请实施例三提供了一种镜头组件的离焦曲线图；
- [0053] 图14为本申请实施例三提供了一种镜头组件的横向色差曲线图；
- [0054] 图15a为本申请实施例三提供了一种镜头组件的纵向色差曲线图；
- [0055] 图15b为本申请实施例三提供了一种镜头组件的场曲图；
- [0056] 图15c为本申请实施例三提供了一种镜头组件的畸变曲线图；
- [0057] 图16为本申请实施例四提供了一种摄像头模组的仿真结构示意图；
- [0058] 图17为本申请实施例四提供了一种镜头组件的离焦曲线图；
- [0059] 图18为本申请实施例四提供了一种镜头组件的横向色差曲线图；
- [0060] 图19a为本申请实施例四提供了一种镜头组件的纵向色差曲线图；
- [0061] 图19b为本申请实施例四提供了一种镜头组件的场曲图；
- [0062] 图19c为本申请实施例四提供了一种镜头组件的畸变曲线图；
- [0063] 图20为本申请实施例五提供了一种摄像头模组的仿真结构示意图；
- [0064] 图21为本申请实施例五提供了一种镜头组件的离焦曲线图；
- [0065] 图22为本申请实施例五提供了一种镜头组件的横向色差曲线图；
- [0066] 图23a为本申请实施例五提供了一种镜头组件的纵向色差曲线图；
- [0067] 图23b为本申请实施例五提供了一种镜头组件的场曲图；
- [0068] 图23c为本申请实施例五提供了一种镜头组件的畸变曲线图；
- [0069] 图24为本申请实施例六提供了一种摄像头模组的仿真结构示意图；
- [0070] 图25为本申请实施例六提供了一种镜头组件的离焦曲线图；
- [0071] 图26为本申请实施例六提供了一种镜头组件的横向色差曲线图；
- [0072] 图27a为本申请实施例六提供了一种镜头组件的纵向色差曲线图；
- [0073] 图27b为本申请实施例六提供了一种镜头组件的场曲图；
- [0074] 图27c为本申请实施例六提供了一种镜头组件的畸变曲线图；
- [0075] 图28为本申请实施例七提供了一种摄像头模组的仿真结构示意图；
- [0076] 图29为本申请实施例七提供了一种镜头组件的离焦曲线图；
- [0077] 图30为本申请实施例七提供了一种镜头组件的横向色差曲线图；
- [0078] 图31a为本申请实施例七提供了一种镜头组件的纵向色差曲线图；
- [0079] 图31b为本申请实施例七提供了一种镜头组件的场曲图；
- [0080] 图31c为本申请实施例七提供了一种镜头组件的畸变曲线图；
- [0081] 图32为本申请实施例八提供了一种摄像头模组的仿真结构示意图；
- [0082] 图33为本申请实施例八提供了一种镜头组件的离焦曲线图；
- [0083] 图34为本申请实施例八提供了一种镜头组件的横向色差曲线图；
- [0084] 图35a为本申请实施例八提供了一种镜头组件的纵向色差曲线图；
- [0085] 图35b为本申请实施例八提供了一种镜头组件的场曲图；
- [0086] 图35c为本申请实施例八提供了一种镜头组件的畸变曲线图。



[0087] 附图标记说明:

[0088]	100-电子设备;	10-壳体;	20-摄像头模组;
[0089]	21-镜头组件;	211-第一镜片;	212-第二镜片;
[0090]	213-第三镜片;	214-第四镜片;	215-第五镜片;
[0091]	216-第六镜片;	217-第七镜片;	218-第八镜片;
[0092]	22-滤光片;	23-图像传感器。	

### 具体实施方式

[0093] 本申请的实施方式部分使用的术语仅用于对本申请的具体实施例进行解释,而非旨在限定本申请。

[0094] 为便于理解,首先对本申请实施例所涉及的相关技术术语进行解释和说明。

[0095] 焦距,也称为焦长,是光学系统中衡量光的聚集或发射散的度量方式,指无限远的景物通过透镜或透镜组在焦平面结成清晰影像时,透镜或透镜组的光学中心至焦平面的垂直距离。从实用角度可以理解为镜头(镜头组件)中心至胶片平面的距离。

[0096] 光轴,指穿过镜头组件各镜片的中心的光线。

[0097] 光圈,是用来控制光线透过镜头进入电子设备内部的光量的装置,通常在镜头内,表达光圈大小用F#数值表示。

[0098] 光圈数F#,是镜头的焦距/镜头通光直径得出的相对值(相对孔径的倒数),光圈数F#值越小,在同一单位时间内的进光量越多,光圈数F#值越大,景深越小,拍照的背景内容将会虚化,产生类似长焦镜头的效果。

[0099] 正光焦度,表示镜片有正的焦距,有汇聚光线的效果。

[0100] 负光焦度,表示镜片有负的焦距,有发散光线的效果。

[0101] 物侧,以镜头组件为界,被摄物体所在的一侧为物侧,镜片朝向物侧的一面为镜片的物侧面。

[0102] 像侧,被摄物体的图像所在的一侧为像侧,镜片朝向像侧的一面为像侧面。

[0103] 镜头组件的总长度(Total Track Length;TTL),指镜头组件中邻近物侧设置的第一镜片的顶点至镜头组件成像面的总长度。

[0104] 全像高(Image Height;IH),指镜头组件所成图像的全像高度。

[0105] 靶面,指图像传感器的感光面,靶面越大,图像传感器的感光量越大,成像的像高越大。

[0106] 阿贝数,也称色散系数,是指光学材料在不同波长下的折射率的差值比,表示材料的色散程度大小。

[0107] 折射率,光在空气中的速度与光在光学材料中的速度之比,光学材料的折射率越高,使入射光发生折射的能力越强,镜片越薄。

[0108] 通光口径,指光进入镜片的有效直径。

[0109] 横向色差,指镜头组件对不同色光的放大率的差异,波长引起镜头组件放大率的变化,成像的大小也会随之变化。

[0110] 轴向色差,指一束平行于光轴的光线,在经过镜头后会聚于前后不同的位置,这种像差称为位置色差或轴向色差,这是由于镜头组件对各个波长的光所成像的位置不同,使

得最后成像时不同色的光的像其焦平面不能重合,复色光散开形成色散。

[0111] 畸变,也称为失真,镜头组件对物体所成的像相对于物体本身而言的失真程度。不同视场的主光线通过镜头组件后与高斯像面的交点高度不等于理想像高,两者之差就是畸变。

[0112] 本申请实施例提供一种镜头组件、摄像头模组和电子设备,其中,电子设备可以包括但不限于手机、平板电脑、笔记本电脑、超级移动个人计算机(ultra-mobile personal computer,UMPC)、手持计算机、对讲机、上网本、POS机、个人数字助理(personal digital assistant,PDA)、可穿戴设备、虚拟现实设备、车载装置等具有摄像头模组的电子设备。

[0113] 以下以该电子设备为手机为例进行说明。

[0114] 图1为本申请实施例提供的一种电子设备的正面结构示意图,图2为本申请实施例提供的一种电子设备的背面结构示意图。

[0115] 参见图1和图2所示,电子设备100可以包括有壳体10,摄像头模组20设置在壳体10上,其中,可以在电子设备100的正面(靠近显示屏的一面)上设置有摄像头模组20。或者,也可以在电子设备100的背面(与正面相对的一面)上设置有摄像头模组20。

[0116] 例如如图1所示,在手机的正面上设置有摄像头模组20,摄像头模组20可以用于自拍,或者,也可以用于拍摄其他对象。如图2所示,在手机的背面上设置有摄像头模组20,摄像头模组20可以用来拍摄周围景象,相应的也可以来自拍。

[0117] 其中,电子设备100的正面或背面上设置的摄像头模组20个数可以为一个,或者也可以为多个,如图2所示,在电子设备100的背面上设置有至少3个摄像头模组20,以满足对不同摄像功能的需求。

[0118] 应当理解的是,摄像头模组20的安装位置也可以是位于壳体10上的其他部位。或者,摄像头模组20也可以不设置在壳体10上,例如设置在相对壳体10可移动或转动的结构件上,如该结构件可以从壳体10上伸出、收缩或旋转等,本申请实施例中,对摄像头模组20的安装位置不作限定。

[0119] 另外,该电子设备100还可以包括有其他结构件,例如图2中所示的,在电子设备100的壳体10上还开设有喇叭孔30,以播放声音。壳体10上还开设有数据接口40,用于连接数据线。或者,该电子设备100还可以包括其他能够使完整实现其功能的结构件,如传感器、处理器、电路板等,在本申请实施例中不作限定。

[0120] 摄像头模组20可以包括有镜头组件和图像传感器,还可以包括有图像处理器、存储器等。被拍摄物反射的光线可以通过镜头组件伸出光线图像并投射到图像传感器上,图像传感器将光学图像转换为电信号,并将电信号可以传递至如图像处理器、存储器等中处理,并最终通过显示屏显示被拍摄物的图像。

[0121] 其中,镜头组件的性能对成像质量和成像效果具有很大的影响。而光圈数F值是镜头组件的一个关键指标,光圈数直接影响摄像头的夜景、视频、背景虚化、抓拍等核心功能。而且,由于使用大光圈(光圈数F值更小)的镜头组件在拍摄时,可以增加图像的虚化背景以突显拍摄主体,因此可以提升快门速度和对焦速度,并具有较好的成像质量和效果。

[0122] 同时,靶面的大小也是影响成像质量的关键因素之一,靶面越大,感光量越大,像高越大,其成像品质也越好,因而为获得较佳的成像品质,可以增大感光面的尺寸与像素,从而增大感光量。而且大光圈兼顾大靶面对成像的亮度、解析力也有很大的提升。因此,大

光圈、大靶面成像成为手机等电子设备中摄像头的重要发展趋势之一。

[0123] 另外,随着电子设备逐渐向轻薄化方向的发展,摄像头模组的小型化、轻薄化需求日益提高。而为实现镜头组件的大光圈以及大靶面的设计,则会导致镜头组件的总长度增加,也就导致摄像头模组的体积变大,不能满足摄像头模组轻薄化的需求。因此,需要一种镜头组件,在实现大靶面、大光圈设计的同时,还具有较小的总长度,能够满足摄像头模组的小型化设计需求。

[0124] 基于此,本申请实施例提供一种镜头组件和摄像头模组,该镜头组件具有大光圈、大靶面的性能,且该镜头组件具有较小的总长度,有利于实现摄像头模组的小型化设计。

[0125] 以下结合附图对本申请实施例提供的摄像头模组和镜头组件进行详细的说明。

[0126] 图3为本申请实施例提供的一种摄像头模组的结构示意图。

[0127] 参见图3所示,该摄像头模组20包括镜头组件21、滤光片22和图像传感器23,其中,滤光片22位于镜头组件21邻近像侧的一侧,滤光片22位于镜头组件21和图像传感器23之间。滤光片22可以使特定波长范围内的光线通过,从而起到滤光作用,光线从镜头组件21射出经过滤光片22后再照射至图像传感器23,以被图像传感器23的感光面所接收,滤光片22可以过滤不利于成像的杂光,有助于提升成像质量。

[0128] 其中,图像传感器23可以是电行耦合元件(Charge-coupled Device;CCD),或者,也可以是互补金属氧化物半导体(Complementary MetalOxide Semiconductor;CMOS)。或者,也可以是其他能够实现光电转换功能的器件。

[0129] 具体的,继续参见图3所示,以图3中虚线为镜头组件21的光轴,镜头组件21至少包括沿着光轴方向,从物侧(背离图像传感器23的一侧)至像侧(邻近图像传感器23的一侧)依次排列第一镜片211、第二镜片212、第三镜片213、第四镜片214和第五镜片215。其中,需要说明的是,镜头组件21可以仅包括上述的五个镜片,或者,镜头组件21除包括有上述五个镜片外,还可以包括有其他数量的镜片。也即从物侧至像侧,镜头组件可以包括有第一镜片、第二镜片、第三镜片、第四镜片、……第N镜片,其中, $N \geq 5$ 。

[0130] 以镜头组件21的N个镜片中,位于镜头组件邻近物侧的一端的镜片为第一镜片,位于第一镜片朝向像侧的一端的镜片为第二镜片,且第二镜片与第一镜片相邻,依次排列至第N镜片,也即最邻近物侧的镜片为第一镜片,最邻近像侧的镜片为第N镜片。

[0131] 如以图3中所示的七片镜片为例,即N为7,参见图3所示,镜头组件21包括依次排列的第一镜片211、第二镜片212、第三镜片213、第四镜片214、第五镜片215、第六镜片216和第七镜片217。

[0132] 多个镜片沿着光轴方向依次排列,多个镜片的中心可以相重合,摄像头模组20还可以包括镜筒(图中未示出),镜头组件的光轴可以与镜筒的中轴重合。

[0133] 其中,镜头组件21满足条件式: $0.86 \leq IH / (TTL \times F\#) \leq 1.5$ ,其中,IH为镜头组件21的全像高,F#为镜头组件21的光圈数,TTL为镜头组件21的总长度。

[0134] 使镜头组件21的全像高、光圈数和总长度满足上述的条件式,可以使镜头组件21具有较小的光圈数,较大的全像高,以及较小的总长度,其中,光圈数越小,光圈越大。也就是说,在实现镜头组件21的大靶面和大光圈性能的同时,镜头组件21具有较小的总长度,同时满足镜头组件21的大靶面、大光圈性能、以及小的总长度的需求,提升摄像头模组20成像性能的同时,有利于摄像头模组20的小型化、轻薄化设计。

[0135] 其中,该镜头组件21具有大靶面以及大光圈的性能,包括有该镜头组件21的摄像头模组20可以作为电子设备的主摄像头使用,能够满足主摄像头的性能需求。

[0136] 需要说明的是,镜头组件21包括有多个镜片,可通过调整镜头组件21中各镜片的曲率R、厚度d、折射率n、阿贝系数 $v_d$ 、有效半径D等参数,使形成的镜头组件21的全像高、光圈数和总长度满足上述的条件式。

[0137] 其中,镜头组件21所包括的镜片的个数N可以为: $N=7$ ,或者, $N=8$ ,也即,镜头组件21可以包括有七片镜片,或者,镜头组件可以包括有八片镜片。

[0138] 需要说明的是,镜头组件21还可以包括其他数量片的镜片,如五片镜片、六片镜片等,具体的可根据实际需求进行选择设定。

[0139] 本申请实施例中,第一镜片211可以具有正光焦度,也就是说,第一镜片211具有汇聚光线的作用,第二镜片212可以具有负光焦度,第二镜片212具有分散光线的作用。这样能够使更多的光线可以通过第一镜片进入镜头组件21中,有利于实现镜头组件21的大靶面性能,同时也有助于提高摄像头模组20的成像质量。

[0140] 最邻近像侧的镜片,也即第N镜片可以具有负光焦度,也就是说,第N镜片具有分散光线的作用,有助于提高成像的全像高,实现镜头组件21的大靶面特性。例如图3中,第七镜片217可以具有负光焦度。

[0141] 其中,第一镜片211的阿贝数 $v_{d1}$ 的范围可以为: $50 \leq v_{d1} \leq 90$ ,第一镜片211的折射率 $n_{d1}$ 的范围可以为: $1 \leq n_{d1} \leq 1.65$ 。也就是说,第一镜片211可以为低折射率,高阿贝数的镜片,这样可以有效的改善成像的像质,有助于提高摄像头模组20的成像质量。

[0142] 第一镜片211的阿贝数 $v_{d1}$ 与第二镜片212的阿贝数 $v_{d2}$ 可以满足条件式: $|v_{d1}-v_{d2}| > 50$ ,第一镜片211折射率 $n_{d1}$ 与第二镜片212折射率 $n_{d2}$ 可以满足条件式: $|n_{d1}-n_{d2}| < 0.3$ 。也就是说,第一镜片211的折射率和第二镜片212的折射率相差较小,较为接近,而第一镜片211的阿贝数和第二镜片212的阿贝数相差较大,第一镜片211可以为高阿贝数的镜片,第二镜片212可以为低阿贝数的镜片,从而使第一镜片211和第二镜片212在色散能力方面进行互补平衡,减小成像的色差,进一步提升成像的质量。

[0143] 第二镜片212的阿贝数 $v_{d2}$ 与第三镜片213的阿贝数 $v_{d3}$ 可以满足条件式: $|v_{d2}-v_{d3}| < 40$ ,第二镜片212折射率 $n_{d2}$ 与第三镜片213折射率 $n_{d3}$ 可以满足条件式: $|n_{d2}-n_{d3}| < 0.1$ ,第二镜片212和第三镜片213中其中一个可以是玻璃镜片,另一个可以是塑料镜片。

[0144] 参见图3所示,第一镜片211的物侧面至少与光轴对应的部分可以为凸面,第一镜片211的像侧面至少与光轴对应的部分可以为凹面。第二镜片212的物侧面至少与光轴对应的部分为凸面,第二镜片212的像侧面至少与光轴对应的部分为凹面。这样第一镜片211可以进一步对光线起到汇聚的作用,加强第一镜片211对光线的汇聚作用,有利于进一步实现大靶面设计并提高成像质量。

[0145] 需要说明的是,第一镜片的物侧面可以整体为一个凸面,或者,仅与光轴对应的部分为凸面相应的,第一镜片的像侧面可以整体为一个凹面,或者,仅与光轴对应的部分为凹面,在本申请实施例中不做限制。相应的可推导至第二镜片。

[0146] 其中,最邻近像侧的镜片也即第N镜片,也是最邻近图像传感器23设置的镜片,第N镜片的物侧面至少与光轴对应的部分可以为凹面,使第N镜片能够进一步对光线起到分散的作用,加强第N镜片对光线的分散作用,将光线分散后照射至图像传感器。例如,如图3所

示,位于镜头组件21邻近像侧的一端镜片为第七镜片217,第七镜片217的物侧面与光轴对应的部分为凹面,将光线分散后照射至图像传感器,有利于提升全像高,进一步有利于实现镜头组件21的大靶面性能。

[0147] 第N镜片的像侧面至少与光轴对应的部分也可以为凹面,这样有助于进一步提升成像的质量。

[0148] 其中,镜头组件21的总焦距 $f$ 为N个镜片形成的镜头组件21的有效焦距,镜头组件21的总焦距与各个镜片的焦距有关。如在一种可能的实现方式中,第N镜片的焦距 $f_n$ 与镜头组件21的总焦距 $f$ 可以满足条件式: $0.1 \leq |f_n/f| \leq 1.1$ 。这样有利于提升摄像头模组20的成像质量。也即如图3中所示,第七镜片217的焦距 $f_7$ 与镜头组件21的总焦距 $f$ 可以满足条件式: $0.1 \leq |f_7/f| \leq 1.1$ 。

[0149] 第三镜片213的焦距 $f_3$ 与镜头组件21的总焦距 $f$ 可以满足条件式: $0.78 \leq |f_3/f| \leq 7.8$ ,第四镜片214的焦距 $f_4$ 与镜头组件21的总焦距 $f$ 可以满足条件式: $0.78 \leq |f_4/f| \leq 7.8$ ,有利于进一步提升摄像头模组20的成像质量。

[0150] 第N镜片的通光口径大于镜头组件21中其余镜片的通光口径,也即如图3中所示,第七镜片217的通光口径相比第一镜片211的通光口径、第二镜片212的通光口径、第三镜片213的通光口径、第四镜片214的通光口径、第五镜片215的通光口径以及第六镜片216的通光口径均大。这样可以增大从第N镜片照射至图像传感器23上的光线量,也即提升感光量,进一步有利于实现镜头组件21的大靶面设计。

[0151] 在本申请实施例中,镜头组件21中的镜片可以均为塑料镜片。或者也可以均为玻璃镜片。或者也可以部分镜片为玻璃镜片,部分镜片为塑料镜片。

[0152] 如在一种可能的实现方式中,至少第一镜片211为玻璃镜片(Glass Mold;GMO),其余镜片中有有一个为GMO镜片,GMO镜片具有优秀的光学特征,厚度很薄且具有很强的相差矫正能力,使第一镜片211为GMO镜片,有利于实现镜头组件21的大光圈设计。

[0153] 参见图3所示,例如,第一镜片211可以为GMO镜片,第三镜片213也可以为GMO镜片,第二镜片212、第四镜片214、第五镜片215、第六镜片216和第七镜片217均可以为塑料镜片。

[0154] 另外,本申请实施例中,镜头组件21的镜片可以均为非球面的镜片。非球面的镜片是指,镜片的曲面不是同一个曲率,而是由多个曲面构成。可以对球面像差和歪曲像差有很好的补偿效果,能够进一步有利于实现镜头组件21的大光圈性能,同时也有利于减小镜头组件21的总长度。

[0155] 以下结合具体实施例对本申请提供的镜头组件的结构和性能进行说明。

[0156] 实施例一

[0157] 图4为本申请实施例一提供的一种摄像头模组的仿真结构示意图。

[0158] 本实施例中,参见图4所示,镜头组件21包括的镜片数量 $N=7$ ,沿着光轴(图中虚线)方向,从物侧至像侧,依次为第一镜片211、第二镜片212、第三镜片213、第四镜片214、第五镜片215、第六镜片216和第七镜片217。

[0159] 其中,镜头组件21的全像高 $I_H$ 、镜头组件21的总长度 $TTL$ 以及镜头组件21的光圈数 $F\#$ 满足: $I_H/(TTL \times F\#) = 1.013$ 。

[0160] 第一镜片211具有正光焦度,第一镜片211的物侧面与光轴对应的部分为凸面,第一镜片211的像侧面与光轴对应的部分为凹面。第一镜片211的焦距 $f_1$ 与镜头组件21的总焦

距 $f$ 的比值可以为： $|f_1/f|=1.095$ 。

[0161] 第一镜片211的折射率 $n_{d1}=1.498$ ，第一镜片211的阿贝数 $v_{d1}=81.5$ 。

[0162] 第二镜片212具有负光焦度，第二镜片212的物侧面与光轴对应的部分为凸面，第二镜片212的像侧面与光轴对应的部分为凹面。第二镜片212的焦距 $f_2$ 与镜头组件21的总焦距 $f$ 的比值可以为： $|f_2/f|=6.65$ 。

[0163] 第二镜片212的物侧面的曲率半径 $R_1$ 与第二镜片212的像侧面的曲率半径 $R_2$ 可以满足： $(R_1+R_2)/(R_1-R_2)=2.74$ 。

[0164] 第一镜片211的阿贝数 $v_{d1}$ 与第二镜片212的阿贝数 $v_{d2}$ 可以满足： $|v_{d1}-v_{d2}|=63.4$ ，第一镜片211的折射率 $n_{d1}$ 与第二镜片212的折射率 $n_{d2}$ 可以满足： $|n_{d1}-n_{d2}|=0.19$ 。

[0165] 第三镜片213具有负光焦度，第三镜片213的焦距 $f_3$ 与镜头组件21的总焦距 $f$ 的比值可以为： $|f_3/f|=6.09$ 。

[0166] 第二镜片212的阿贝数 $v_{d2}$ 与第三镜片213的阿贝数 $v_{d3}$ 可以满足： $|v_{d2}-v_{d3}|=0$ 。第二镜片212的折射率 $n_{d2}$ 与第三镜片213的折射率 $n_{d3}$ 可以满足： $|n_{d2}-n_{d3}|=0$ 。

[0167] 第四镜片214具有正光焦度，第四镜片214的焦距 $f_4$ 与镜头组件21的总焦距 $f$ 的比值可以为： $|f_4/f|=5.03$ 。

[0168] 第三镜片213的焦距 $f_3$ 与第四镜片214的焦距 $f_4$ 的比值可以为： $|f_3/f_4|=1.21$ 。

[0169] 第五镜片215具有正光焦度，第五镜片215的焦距 $f_5$ 与镜头组件21的总焦距 $f$ 的比值可以为： $|f_5/f|=5.39$ 。

[0170] 第六镜片216具有正光焦度，第六镜片216的焦距 $f_6$ 与镜头组件21的总焦距 $f$ 的比值可以为： $|f_6/f|=1.97$ 。第六镜片216的像侧面的曲率半径 $R_2$ 可以满足： $|f/R_2|=0.491$ 。

[0171] 第七镜片217具有负光焦度，第七镜片217的物侧面与光轴对应的部分为凹面，第七镜片217的焦距 $f_7$ 与镜头组件21的总焦距 $f$ 的比值可以为： $|f_7/f|=1.1$ 。第七镜片217的像侧面的曲率半径 $R_2$ 可以满足： $|R_2/f|=1.175$ 。

[0172] 下表1示出了本申请实施例一提供的一种镜头组件中各镜片的光学参数。

镜片		R	d	D	nd	vd
L1	R1	2.52	0.99	1.90	1.497	81.55
	R2	7.82	0.09	1.81	-	-
L2	R1	6.50	0.35	1.72	1.687	18.1
	R2	5.20	0.48	1.55	-	-
L3	R1	30.53	0.30	1.53	1.687	18.1
	R2	14.23	0.12	1.58	-	-
L4	R1	346.43	0.53	1.76	1.545	56.13
	R2	-18.49	0.48	1.95	-	-
L5	R1	7.05	0.50	2.31	1.545	56.13
	R2	10.97	0.66	2.79	-	-
L6	R1	4.58	0.55	3.45	1.545	56.13
	R2	13.02	1.25	3.89	-	-
L7	R1	-3.24	0.52	4.84	1.536	55.61
	R2	7.53	0.20	5.25	-	-
IR	R1	inf	0.28	6.17	1.516	64.2
	R2	inf	0.19	6.27	-	-

[0174] 其中,L1为第一镜片211,L2为第二镜片212,L3为第三镜片213,L4为第四镜片214,L5为第五镜片215,L6为第六镜片216,L7为第七镜片217,IR为滤光片22。R1表示镜片朝向物侧的一面,也即镜片的物侧面,R2表示镜片朝向像侧的一面,也即镜片的像侧面。R表示各镜片的物侧面或像侧面的曲率半径,例如,在第一镜片L1中,对应的R1为物侧面,对应的R2为像侧面,物侧面的曲率半径R为2.52,像侧面的曲率半径R为7.82。d表示镜片沿光轴方向上的中心厚度以及相邻镜片(与该镜片相邻且邻近像侧的镜片)之间沿光轴方向且在光轴位置处的空气间隔厚度。其中,R1行对应的d为沿光轴方向上的中心厚度,R2行对应的d为相邻镜片间沿光轴方向且在光轴位置处的空气间隔。例如,在第一镜片L1中,第一镜片沿光轴方向上的中心厚度为0.99,第一镜片与第二镜片沿光轴方向且在光轴位置处的空气间隔为0.09。D表示各镜片的物侧面或像侧面的有效半径,例如,在第一镜片L1中,对应的R1为物侧面,对应的R2为像侧面,物侧面的有效半径D为1.90,像侧面的有效半径D为1.81。nd表示各镜片的折射率,vd表示各镜片的阿贝数。

[0175] 下表2示出了本申请实施例一提供的一种镜头组件中各镜片的非球面系数。

镜片		类型	K	A4	A6	A8	A10	A12	A14
L1	R1	q-con	-	-0.00837	-0.00535	-0.00235	-0.00083	-0.00025	-
	R2	q-con	-	-0.05588	0.012937	-0.00318	-0.00014	-0.0004	-0.00017
L2	R1	q-con	-	0.029368	0.030521	0.001817	0.00114	1.38E-05	-
	R2	q-con	-	0.046895	0.013281	0.00187	0.000955	0.000327	0.00012
L3	R1	q-con	-	-0.16691	-0.00136	0.001549	0.000515	5.32E-05	4.85E-05
	R2	q-con	-	-0.14355	0.010283	0.003839	0.00084	-0.00018	6.48E-05
L4	R1	q-con	-	-0.09305	0.015694	0.00399	0.000862	-0.0004	0.000123
	R2	q-con	-	-0.27007	0.010201	0.004134	0.005225	0.001764	0.000636
L5	R1	q-con	-	-0.88316	-0.03302	0.012101	0.016093	0.003534	0.000964
	R2	q-con	-	-1.06851	0.185681	0.022336	-0.01301	-0.012	0.005148
L6	R1	q-con	-	-2.86955	0.422484	0.065767	-0.04637	-0.00895	0.012503
	R2	q-con	-	-1.8386	0.327447	-0.05095	-0.02099	0.035014	-0.00256
L7	R1	q-con	-1	1.98806	0.293019	-0.34735	0.179786	-0.04944	-0.00623
	R2	q-con	-	-4.09339	0.693003	-0.14461	0.095941	-0.07419	0.022622

[0176]

镜片		A16	A18	A20	A22	A24	A26	A28	A30
L1	R1	0	-	-	-7.3112E-06	-4.4E-06	-	-	-
	R2	0	-	-	-2.53E-06	-5.3E-06	-	-	-
L2	R1	0	-	-	-2.0155E-06	-7.4E-06	-	-	-
	R2	0	4.32E-06	-	2.49116E-06	6.44E-07	1.14E-06	1.01E-06	-
L3	R1	0	2.02E-05	7.84E-06	6.14664E-06	-5.2E-06	-	5.94E-08	1.86E-06
	R2	0	7.78E-06	-	3.24798E-06	1.25E-06	7.99E-06	-	3.13E-06
L4	R1	0	-3.9E-05	-	4.57339E-06	-5.8E-06	-5.9E-06	-	-
	R2	0	-0.00026	-0.0002	-9.6858E-05	-4.6E-05	-1.4E-05	-2.5E-06	3.18E-07
L5	R1	0	-0.0009	-0.00073	-0.00027837	-2.5E-06	8.59E-05	4.95E-05	1.76E-05
	R2	0	-0.00052	-0.00101	2.0606E-05	0.00022	-1.3E-05	-0.00013	-
L6	R1	0	-0.0027	-	0.000289252	0.000278	-0.00012	-	-
	R2	0	0.002372	-0.00028	-0.00101349	-0.0006	-0.00029	-0.00027	-
L7	R1	0	-0.00279	-0.00363	0.004673887	-0.00293	0.000837	-0.00011	-
	R2	0	0.006007	-0.00606	0.003709285	-0.0003	0.001321	-0.00028	-

[0177] 可以通过q-con设计各镜片的非球面,具体的,结合表2,镜头组件21中q-con类型的各镜片的非球面面型z可以通过以下非球面公式计算:

$$z = \frac{cr^2}{1 + \sqrt{1 - (K+1)c^2r^2}} + u^4 \sum_{m=0}^{13} a_m Q_m^{CON}(U^2)$$

[0178]

[0179] 其中,z为非球面的矢高,r为非球面的径向坐标,c为非球面顶点球曲率,K为二次曲面常数,A4、A6、...A30为非球面系数,分别对应于a1、a2、...a13。根据获得的非球面矢高等可以对各镜片进行仿真最终获得如图4所示的摄像头模组20。

[0180] 需要说明的是,各镜片的非球面面型还可以通过其他非球面公式计算获得,在本申请实施例中不作限制。



[0181] 由上述各镜片组成的镜头组件21的光学参数可以参见下表3所示,表3示出了本申请实施例一提供的一种镜头组件的光学参数。

[0182]	焦距f	6.4mm
	光圈数F值	1.68
	全像高IH	12.8mm
	总长度TTL	7.5mm
	波长	650nm,610nm,555nm,510nm,470nm

[0183] 由表3可知,本申请实施例一所提供的镜头组件21具有大光圈、大靶面的特性,且具有较小的总长度。

[0184] 图5为本申请实施例一提供的一种镜头组件的离焦曲线图,参见图5所示,根据离焦曲线,可获得不同视场下的成像质量(100lp/mm)仿真结果。由图5可知,本申请实施例一提供的镜头组件21在短焦位置的成像质量在T,S方向控制大于0.5,具有很好的成像质量。

[0185] 图6为本申请实施例一提供的一种镜头组件的横向色差曲线图,其中,图6中示例的横向色差为650nm,555nm,470nm的光经过镜头组件21后的横向色差。由图6可知,光经过镜头组件21后的横向色差范围在衍射极限内,具有较小的色差。

[0186] 图7a为本申请实施例一提供的一种镜头组件的纵向色差曲线图,其中,图7a中示例的纵向色差为650nm,610nm,555nm,510nm,470nm的光经过镜头组件21后的纵向色差。图7b为本申请实施例一提供的一种镜头组件的场曲图,图7c为本申请实施例一提供的一种镜头组件的畸变曲线图。

[0187] 由图7a可知,光经过镜头组件21后的纵向色差较小。由图7b和图7c可知,经过镜头组件21成像的畸变量也较小,成像形状与理想形状差异小,如图7c中所示,镜头组件21长焦位置畸变控制在3%范围内。

[0188] 实施例二

[0189] 图8为本申请实施例二提供的一种摄像头模组的仿真结构示意图。

[0190] 本实施例中,参见图7所示,镜头组件21包括的镜片数量 $N=8$ ,沿着光轴(图中虚线)方向,从物侧至像侧,依次为第一镜片211、第二镜片212、第三镜片213、第四镜片214、第五镜片215、第六镜片216、第七镜片217和第八镜片218。

[0191] 其中,镜头组件21的全像高IH、镜头组件21的总长度TTL以及镜头组件21的光圈数F#满足: $IH/(TTL \times F\#) = 1.15$ 。

[0192] 第一镜片211具有正光焦度,第一镜片211的物侧面与光轴对应的部分为凸面,第一镜片211的像侧面与光轴对应的部分为凹面。第一镜片211的焦距 $f_1$ 与镜头组件21的总焦距 $f$ 的比值可以为: $|f_1/f| = 1.079$ 。

[0193] 第一镜片211的折射率 $n_{d1} = 1.497$ ,第一镜片211的阿贝数 $v_{d1} = 81.6$ 。

[0194] 第二镜片212具有负光焦度,第二镜片212的物侧面与光轴对应的部分为凸面,第二镜片212的像侧面与光轴对应的部分为凹面。第二镜片212的焦距 $f_2$ 与镜头组件21的总焦距 $f$ 的比值可以为: $|f_2/f| = 6.28$ 。

[0195] 第二镜片212的物侧面的曲率半径 $R_1$ 与第二镜片212的像侧面的曲率半径 $R_2$ 可以满足: $(R_1+R_2)/(R_1-R_2) = -1.188$ 。

[0196] 第一镜片211的阿贝数 $v_{d1}$ 与第二镜片212的阿贝数 $v_{d2}$ 可以满足: $|v_{d1} - v_{d2}| =$

63.4,第一镜片211的折射率 $nd_1$ 与第二镜片212的折射率 $nd_2$ 可以满足: $|nd_1-nd_2|=0.19$ 。

[0197] 第三镜片213具有负光焦度,第三镜片213的焦距 $f_3$ 与镜头组件21的总焦距 $f$ 的比值可以为: $|f_3/f|=55.86$ 。

[0198] 第二镜片212的阿贝数 $vd_2$ 与第三镜片213的阿贝数 $vd_3$ 可以满足: $|vd_2-vd_3|=0$ 。  
第二镜片212的折射率 $nd_2$ 与第三镜片213的折射率 $nd_3$ 可以满足: $|nd_2-nd_3|=0$ 。

[0199] 第四镜片214具有负光焦度,第四镜片214的焦距 $f_4$ 与镜头组件21的总焦距 $f$ 的比值可以为: $|f_4/f|=63.51$ 。

[0200] 第三镜片213的焦距 $f_3$ 与第四镜片214的焦距 $f_4$ 的比值可以为: $|f_3/f_4|=0.879$ 。

[0201] 第五镜片215具有正光焦度,第五镜片215的焦距 $f_5$ 与镜头组件21的总焦距 $f$ 的比值可以为: $|f_5/f|=4.23$ 。

[0202] 第六镜片216具有负光焦度,第六镜片216的焦距 $f_6$ 与镜头组件21的总焦距 $f$ 的比值可以为: $|f_6/f|=12.1$ 。第六镜片216朝向像侧的一面的曲率半径 $R_2$ 可以满足: $|f/R_2|=0.828$ 。

[0203] 第七镜片217具有正光焦度,第七镜片217的焦距 $f_7$ 与镜头组件21的总焦距 $f$ 的比值可以为: $|f_7/f|=1.4$ 。

[0204] 第八镜片218具有负光焦度,第八镜片218的物侧面与光轴对应部分为凹面,第八镜片218的焦距 $f_8$ 与镜头组件21的总焦距 $f$ 的比值可以为: $|f_8/f|=0.617$ 。第八镜片218朝向像侧的一面的曲率半径 $R_2$ 可以满足: $|R_2/f|=2.96$ 。

[0205] 下表4示出了本申请实施例二提供的一种镜头组件中各镜片的光学参数。

镜片		R	d	D	nd	vd
L1	R1	2.46	1.13	1.98	1.497	81.6
	R2	8.16	0.10	1.91	-	-
L2	R1	5.52	0.30	1.77	1.687	18.1
	R2	4.27	0.43	1.59	-	-
L3	R1	-22.33	0.30	1.56	1.687	18.1
	R2	-260.03	0.19	1.62	-	-
L4	R1	-12.74	0.52	1.79	1.545	56.13
	R2	-6.19	0.35	2.03	-	-
L5	R1	-5.58	0.40	2.27	1.545	56.13
	R2	-6.13	0.50	2.61	-	-
L6	R1	-5.77	0.42	2.98	1.687	18.1
	R2	-7.73	0.14	3.47	-	-
L7	R1	-17.29	0.44	4.16	1.545	56.13
	R2	-16.67	0.83	4.35	-	-
L8	R1	-16.14	0.45	4.88	1.536	55.61
	R2	-18.92	0.25	5.12	-	-
IR	R1	inf	0.23	5.57	1.516	64.2
	R2	inf	0.19	5.64	-	-

[0206]

[0207] 其中,L1为第一镜片211,L2为第二镜片212,L3为第三镜片213,L4为第四镜片214,L5为第五镜片215,L6为第六镜片216,L7为第七镜片217,L8为第八镜片218,IR为滤光片。R1表示镜片的物侧面,R2表示镜片的像侧面。R表示各镜片的物侧面或像侧面的曲率半径,d表示镜片沿光轴方向上的中心厚度以及相邻镜片(与该镜片相邻且邻近像侧的镜片)之间沿光轴方向且在光轴位置处的空气间隔厚度,D表示各镜片的物侧面或像侧面的有效半径,nd表示各镜片的折射率,vd表示各镜片的阿贝数。

[0208] 下表5示出了本申请实施例二提供的一种镜头组件中各镜片的非球面系数。

镜片		类型	K	A4	A6	A8	A10	A12	A14
L1	R1	q-con	0	-4.811E-02	-2.528E-02	-1.077E-02	-3.889E-03	-0.00025	-1.97E-04
	R2	q-con	-7	-9.998E-02	1.729E-03	-6.201E-03	-1.415E-03	-0.0004	-9.06E-05
L2	R1	q-bfs	0	-2.957E-01	9.606E-02	-1.243E-02	-4.884E-03	1.38E-05	3.74E-03
	R2	q-bfs	0	-2.076E-01	7.013E-02	-2.416E-02	7.513E-03	0.000327	1.90E-03
L3	R1	q-bfs	0	1.448E-01	1.682E-02	-1.583E-02	4.010E-03	5.32E-05	3.60E-04
	R2	q-bfs	0	9.182E-03	6.979E-02	-3.392E-02	7.318E-03	-0.00018	3.99E-04
L4	R1	q-bfs		-6.943E-03	8.796E-02	-3.084E-02	-5.896E-04	-0.0004	-6.71E-04
	R2	q-bfs	0	1.984E-01	1.148E-01	-7.574E-02	3.559E-02	0.001764	9.13E-04
L5	R1	q-bfs	0	8.290E-01	1.062E-01	-1.607E-01	6.881E-02	0.003534	3.45E-02
	R2	q-bfs	0	2.512E-01	1.286E-01	1.157E-01	-9.661E-02	-0.012	2.14E-02
L6	R1	q-bfs	0	5.896E-01	4.921E-01	4.857E-02	-9.896E-02	-0.00895	9.66E-03
	R2	q-bfs	0	5.751E-01	5.146E-01	2.102E-01	-8.958E-02	0.035014	1.57E-02
L7	R1	q-bfs	0	-6.486E-01	5.926E-01	4.930E-01	1.698E-01	-0.04944	6.02E-05
	R2	q-bfs	0	4.641E-01	4.823E-01	-2.932E-01	1.782E-01	-0.07419	4.17E-02
L8	R1	q-bfs	0	-1.007E+00	-6.795E-01	-1.804E-01	-1.831E-01		9.34E-02
	R2	q-bfs	0	5.148E-02	8.010E-02	5.091E-01	-2.114E-01		4.67E-02

镜片		A16	A18	A20	A22	A24	A26	A28	A30
L1	R1	-1.97E-04	-1.37E-04	-6.47E-05	-4.35E-05	-6.60E-06	1.64E-06	7.56E-06	-4.16E-06
	R2	-9.06E-05	-8.80E-07	1.98E-05	1.55E-05	2.52E-06	8.24E-07	-5.65E-06	-2.39E-06
L2	R1	3.74E-03	-2.21E-03	1.25E-03	-7.03E-04	3.88E-04	-2.29E-04	1.24E-04	-6.20E-05
	R2	1.90E-03	-1.51E-03	1.06E-03	-6.98E-04	4.57E-04	-2.68E-04	1.40E-04	-2.44E-05
L3	R1	3.60E-04	-1.65E-04	6.04E-05	-6.13E-05	4.27E-05	-5.29E-05	6.89E-06	-1.96E-05
	R2	3.99E-04	-1.06E-04	-2.18E-05	2.21E-05	-1.70E-05	-2.45E-05	3.67E-05	-2.02E-05
L4	R1	-6.71E-04	1.48E-03	-1.15E-03	5.47E-04	-1.11E-04	-1.11E-04	1.33E-04	-9.59E-05
	R2	9.13E-04	2.43E-03	-4.35E-03	4.40E-03	-3.25E-03	1.93E-03	-8.75E-04	2.80E-04
L5	R1	3.45E-02	-2.40E-02	1.03E-02	-1.22E-03	-1.62E-03	1.34E-03	-5.01E-04	1.39E-04
	R2	2.14E-02	-1.83E-02	7.14E-03	-1.25E-03	2.37E-04	2.77E-04	-5.70E-04	4.47E-04
L6	R1	9.66E-03	-1.03E-02	7.40E-03	-6.93E-03	3.66E-06	4.12E-03	-1.83E-03	2.67E-04
	R2	1.57E-02	-2.28E-02	3.32E-03	5.61E-03	-6.70E-03	2.03E-03	2.14E-04	6.70E-04
L7	R1	6.02E-05	3.20E-02	7.10E-03	-1.76E-02	2.19E-04	3.15E-03	3.48E-04	-1.95E-03
	R2	4.17E-02	-3.31E-02	1.97E-02	-3.03E-03	5.16E-03	-7.01E-03	2.13E-03	-4.06E-03

[0210] 可以通过q-con和q-bfs两种方式设计各镜片的非球面,结合表5,镜头组件21中q-con类型的各镜片的非球面面型z可以通过以下非球面公式计算:

$$[0211] \quad z = \frac{cr^2}{1 + \sqrt{1 - (K+1)c^2r^2}} + u^4 \sum_{m=0}^{13} a_m Q_M^{CON}(U^2)$$

[0212] 其中,  $z$  为非球面的矢高,  $r$  为非球面的径向坐标,  $c$  为非球面顶点球曲率,  $K$  为二次曲面常数,  $A_4, A_6, \dots, A_{30}$  为非球面系数, 分别对应于  $a_1, a_2, \dots, a_{13}$ 。

[0213] 镜头组件21中q-bfs类型的各镜片的非球面面向  $z$  可以通过以下非球面公式计算:

$$[0214] \quad z = \frac{cr^2}{1 + \sqrt{1 - (K+1)c^2r^2}} + \frac{u^2(1-u^2)\sqrt{1-Kc^2r^2}}{\sqrt{1 - (K+1)c^1r^2}} \sum_{m=0}^{13} a_m Q_M^{bfs}(u^2)$$

[0215] 其中,  $z$  为非球面的矢高,  $r$  为非球面的径向坐标,  $c$  为非球面顶点球曲率,  $K$  为二次曲面常数,  $A_4, A_6, \dots, A_{30}$  为非球面系数, 分别对应于  $a_1, a_2, \dots, a_{13}$ 。根据获得的非球面矢高等可以对各镜片进行仿真最终获得如图8所示的摄像头模组20。

[0216] 由上述各镜片组成的镜头组件21的光学参数可以参见下表6所示, 表6示出了本申请实施例二提供的一种镜头组件的光学参数。

[0217] 焦距 $f$	6.14mm
光圈数 $F$ 值	1.4
全像高 $IH$	11.6mm
总长度 $TTL$	7.2mm
波长	650nm, 610nm, 555nm, 510nm, 470nm

[0218] 由表6可知, 本申请实施例二所提供的镜头组件21具有大光圈、大靶面的特性, 且具有较小的总长度。

[0219] 图9为本申请实施例二提供的一种镜头组件的离焦曲线图, 参见图9所示, 根据离焦曲线, 可获得不同视场下的成像质量 (100lp/mm) 仿真结果。由图9可知, 本申请实施例二提供的镜头组件21在短焦位置的成像质量在  $T, S$  方向控制也大于0.5, 具有很好的成像质量。

[0220] 图10为本申请实施例二提供的一种镜头组件的横向色差曲线图, 其中, 图10中示例的横向色差为650nm, 555nm, 470nm的光经过镜头组件21后的横向色差。由图10可知, 光经过镜头组件21后的横向色差范围在衍射极限内, 具有较小的色差。

[0221] 图11a为本申请实施例二提供的一种镜头组件的纵向色差曲线图, 其中, 图11a中示例的纵向色差为650nm, 610nm, 555nm, 510nm, 470nm的光经过镜头组件21后的纵向色差。图11b为本申请实施例二提供的一种镜头组件的场曲图, 图11c为本申请实施例二提供的一种镜头组件的畸变曲线图。

[0222] 由图11a可知, 光经过镜头组件21后的纵向色差较小。由图11b和图11c可知, 经过镜头组件21成像的畸变量也较小, 成像形状与理想形状差异小, 如图11c中所示, 镜头组件21长焦位置畸变控制也在3%范围内。

[0223] 实施例三

[0224] 图12为本申请实施例三提供的一种摄像头模组的仿真结构示意图。

[0225] 本实施例中, 参见图12所示, 镜头组件21包括的镜片数量  $N=8$ , 沿着光轴 (图中虚线) 方向, 从物侧至像侧, 依次为第一镜片211、第二镜片212、第三镜片213、第四镜片214、第

五镜片215、第六镜片216、第七镜片217和第八镜片218。

[0226] 其中,镜头组件21的全像高IH、镜头组件21的总长度TTL以及镜头组件21的光圈数F#满足: $IH/(TTL \times F\#) = 0.943$ 。

[0227] 第一镜片211具有正光焦度,第一镜片211的物侧面与光轴对应的部分为凸面,第一镜片211的像侧面与光轴对应的部分为凹面。第一镜片211的焦距f1与镜头组件21的总焦距f的比值可以为: $|f1/f| = 0.936$ 。

[0228] 第一镜片211的折射率nd1=1.497,第一镜片211的阿贝数vd1=81.6。

[0229] 第二镜片212具有负光焦度,第二镜片212的物侧面与光轴对应的部分为凸面,第二镜片212的像侧面与光轴对应的部分为凹面。第二镜片212的焦距f2与镜头组件21的总焦距f的比值可以为: $|f2/f| = 5.07$ 。

[0230] 第二镜片212的物侧面的曲率半径R1与第二镜片212的像侧面的曲率半径R2可以满足: $(R1+R2)/(R1-R2) = -1.94$ 。

[0231] 第一镜片211的阿贝数vd1与第二镜片212的阿贝数vd2可以满足: $|vd1-vd2| = 63.49$ ,第一镜片211的折射率nd1与第二镜片212的折射率nd2可以满足: $|nd1-nd2| = 0.19$ 。

[0232] 第三镜片213具有负光焦度,第三镜片213的焦距f3与镜头组件21的总焦距f的比值可以为: $|f3/f| = 41.8$ 。

[0233] 第二镜片212的阿贝数vd2与第三镜片213的阿贝数vd3可以满足: $|vd2-vd3| = 0$ 。第二镜片212的折射率nd2与第三镜片213的折射率nd3可以满足: $|nd2-nd3| = 0$ 。

[0234] 第四镜片214具有负光焦度,第四镜片214的焦距f4与镜头组件21的总焦距f的比值可以为: $|f4/f| = 12.06$ 。

[0235] 第三镜片213的焦距f3与第四镜片214的焦距f4的比值可以为: $|f3/f4| = 3.47$ 。

[0236] 第五镜片215具有正光焦度,第五镜片215的焦距f5与镜头组件21的总焦距f的比值可以为: $|f5/f| = 3.74$ 。

[0237] 第六镜片216具有正光焦度,第六镜片216的焦距f6与镜头组件21的总焦距f的比值可以为: $|f6/f| = 8.49$ 。第六镜片216的像侧面的曲率半径R2可以满足: $|f/R2| = 1.438$ 。

[0238] 第七镜片217具有正光焦度,第七镜片217的焦距f7与镜头组件21的总焦距f的比值可以为: $|f7/f| = 3.82$ 。

[0239] 第八镜片218具有负光焦度,第八镜片218的物侧面与光轴对应的部分为凹面,第八镜片218的焦距f8与镜头组件21的总焦距f的比值可以为: $|f8/f| = 0.669$ 。第八镜片218的像侧面的曲率半径R2可以满足: $|R2/f| = 5.78$ 。

[0240] 下表7示出了本申请实施例三提供的一种镜头组件中各镜片的光学参数。

镜片		R	d	D	nd	vd
L1	R1	1.79	0.84	1.42	1.497	81.6
	R2	5.24	0.13	1.34	-	-
L2	R1	6.93	0.25	1.25	1.687	18.1
	R2	4.99	0.32	1.12	-	-
L3	R1	-391.91	0.22	1.11	1.687	18.1
	R2	256.65	0.21	1.18	-	-
L4	R1	-16.32	0.30	1.61	1.545	56.13
	R2	11.91	0.32	1.76	-	-
L5	R1	5.25	0.28	1.83	1.545	56.13
	R2	9.87	0.60	2.05	-	-
L6	R1	3.45	0.29	2.53	1.687	18.1
	R2	3.74	0.11	2.79	-	-
L7	R1	8.95	0.30	3.39	1.545	56.13
	R2	43.26	0.77	3.54	-	-
L8	R1	-1.82	0.35	4.09	1.536	55.61
	R2	-31.12	0.18	4.28	-	-
IR	R1	inf	0.20	6.00	1.516	64.2
	R2	inf	0.15	6.00	-	-

[0243] 其中,L1为第一镜片211,L2为第二镜片212,L3为第三镜片213,L4为第四镜片214,L5为第五镜片215,L6为第六镜片216,L7为第七镜片217,L8为第八镜片218,IR为滤光片22。R1表示镜片的物侧面,R2表示镜片的像侧面。R表示各镜片的物侧面或像侧面的曲率半径,d表示镜片沿光轴方向上的中心厚度以及相邻镜片(与该镜片相邻且邻近像侧的镜片)之间沿光轴方向且在光轴位置处的空气间隔厚度,D表示各镜片的物侧面或像侧面的有效半径,nd表示各镜片的折射率,vd表示各镜片的阿贝数。

[0244] 下表8示出了本申请实施例三提供的一种镜头组件中各镜片的非球面系数。

[0245]

镜片		类型	K	A4	A6	A8	A10	A12	A14
L1	R1	q-con	-0.002279075	-2.42E-02	-1.18E-02	-4.57E-03	-1.54E-03	-3.86E-04	-1.11E-04
	R2	q-con	0.038545603	-5.34E-02	-2.22E-03	-1.08E-03	-4.82E-04	-1.23E-04	-5.86E-06
L2	R1	q-con	0.165955965	5.04E-02	1.96E-02	3.00E-03	4.20E-04	9.41E-05	-5.24E-06
	R2	q-con	0.124711382	6.44E-02	1.45E-02	3.04E-03	8.94E-04	2.67E-04	8.56E-05
L3	R1	q-con	1.997568617	-7.58E-02	-1.52E-03	1.42E-03	2.87E-04	5.57E-05	-1.56E-05
	R2	q-con	1.605264482	-7.82E-02	3.43E-03	2.87E-03	4.91E-04	-2.14E-05	-2.40E-05
L4	R1	q-con	0	-5.39E-02	8.06E-02	2.36E-03	-6.22E-03	-8.88E-03	9.20E-03
	R2	q-con	18.15326443	-3.60E-01	3.48E-02	7.42E-03	-3.01E-05	-9.91E-04	9.71E-04
L5	R1	q-con	0.580114543	-7.69E-01	-7.15E-02	1.54E-02	2.02E-02	9.61E-03	5.04E-03
	R2	q-con	0.902315427	-7.89E-01	2.33E-02	2.41E-02	5.13E-04	-3.65E-03	2.31E-03
L6	R1	q-con	0.001876778	-2.19E+00	2.05E-01	4.93E-02	-2.43E-02	-2.35E-03	3.34E-03
	R2	q-con	0.081998266	-2.52E+00	2.75E-01	4.75E-02	-3.46E-02	9.44E-03	-5.58E-03
L7	R1	q-con	-0.169450247	-1.77E+00	5.34E-01	-4.59E-02	-8.20E-02	7.39E-02	-3.22E-02
	R2	q-con	5.87087783	-9.21E-01	9.44E-03	8.27E-02	-5.70E-02	4.09E-02	-3.47E-03
L8	R1	q-con	-0.998024477	4.19E+00	-7.61E-01	1.57E-01	-5.33E-02	-1.03E-02	2.62E-02
	R2	q-con	-61.27114917	-9.20E-01	2.42E-01	-4.34E-02	-1.19E-02	-3.50E-02	2.12E-02
镜片		A16	A18	A20	A22	A24	A26	A28	A30
L1	R1	-1.16E-05	-1.42E-05	-7.81E-07	-3.98E-06	4.14E-06	7.84E-08	2.23E-06	-1.83E-06
	R2	-3.04E-06	2.81E-06	-6.56E-06	1.23E-06	8.66E-07	7.29E-06	2.59E-06	1.60E-06
L2	R1	1.02E-05	4.04E-07	1.02E-05	1.57E-06	2.23E-06	-4.03E-06	5.13E-07	-2.00E-06
	R2	1.99E-05	7.71E-06	-2.58E-06	7.68E-07	-8.15E-07	2.30E-06	8.18E-07	2.20E-06
L3	R1	6.56E-06	-3.80E-06	3.82E-06	-8.47E-07	2.17E-06	-1.92E-06	-3.70E-07	-1.85E-06

[0246]

	R2	-9.53E-06	1.07E-06	-3.23E-06	5.92E-07	-1.03E-06	7.97E-07	-8.89E-07	3.34E-07
L4	R1	-2.79E-03	2.82E-04	-4.54E-05	-2.17E-04	4.57E-04	-3.97E-04	1.88E-04	-4.51E-05
	R2	8.68E-04	3.82E-04	2.37E-04	1.49E-04	9.98E-05	3.90E-05	1.37E-05	3.94E-07
L5	R1	3.18E-03	1.20E-03	-1.13E-04	-7.13E-04	-6.04E-04	-3.48E-04	-1.25E-04	-3.02E-05
	R2	3.20E-03	7.95E-04	-1.95E-04	-2.09E-04	7.17E-05	3.95E-05	3.46E-06	-1.41E-05
L6	R1	1.31E-04	-8.86E-04	1.91E-03	-1.25E-03	-9.92E-04	-1.50E-04	3.73E-04	1.31E-04
	R2	2.31E-03	-2.90E-03	3.61E-03	-3.13E-03	-4.90E-04	-2.25E-04	1.75E-04	-5.94E-05
L7	R1	7.30E-03	-3.91E-04	3.25E-03	-4.68E-03	2.44E-03	-4.90E-04	-6.75E-05	1.71E-05
	R2	4.16E-03	-5.14E-03	5.12E-03	5.59E-04	-1.43E-03	4.34E-04	-1.42E-04	-2.75E-04
L8	R1	-1.38E-02	1.61E-03	7.05E-03	-4.92E-03	1.81E-03	-1.15E-04	-3.35E-04	8.60E-05
	R2	2.19E-03	-5.06E-03	8.80E-04	1.49E-03	8.60E-04	-3.36E-04	-4.96E-04	8.01E-04

[0247] 结合表8,镜头组件21中q-con类型的各镜片的非球面面型z可以通过以下非球面公式计算:

$$z = \frac{cr^2}{1 + \sqrt{1 - (K+1)c^2r^2}} + u^4 \sum_{m=0}^{13} a_m Q_m^{CON}(U^2)$$

[0249] 其中,z为非球面的矢高,r为非球面的径向坐标,c为非球面顶点球曲率,K为二次曲面常数,A4、A6、...A30为非球面系数,分别对应于a1、a2、...a13。根据获得的非球面矢高等可以对各镜片进行仿真最终获得如图12所示的摄像头模组20。

[0250] 由上述各镜片组成的镜头组件21的光学参数可以参见下表9所示,表9示出了本申请实施例二提供的一种镜头组件的光学参数。

[0251]	焦距f	5.38mm
	光圈数F值	1.86
	全像高IH	10.4mm
	总长度TTL	5.83mm
	波长	650nm,610nm,555nm,510nm,470nm

[0252] 由表9可知,本申请实施例三提供的镜头组件21具有大光圈、大靶面的特性,且具有较小的总长度。

[0253] 图13为本申请实施例三提供的一种镜头组件的离焦曲线图,参见图13所示,根据离焦曲线,可获得不同视场下的成像质量(100lp/mm)仿真结果。由图13可知,本申请实施例三提供的镜头组件21在短焦位置的成像质量在T,S方向控制也大于0.5,具有很好的成像质量。

[0254] 图14为本申请实施例三提供的一种镜头组件的横向色差曲线图,其中,图14中示例的横向色差为650nm,555nm,470nm的光经过镜头组件21后的横向色差。由图14可知,光经过镜头组件21后的横向色差范围在衍射极限内,具有较小的色差。

[0255] 图15a为本申请实施例三提供的一种镜头组件的纵向色差曲线图,其中,图15a中示例的纵向色差为650nm,610nm,555nm,510nm,470nm的光经过镜头组件21后的纵向色差。图15b为本申请实施例三提供的一种镜头组件的场曲图,图15c为本申请实施例三提供的一种镜头组件的畸变曲线图。

[0256] 由图15a可知,光经过镜头组件21后的纵向色差较小。由图15b和图15c可知,经过镜头组件21成像的畸变量也较小,成像形状与理想形状差异小,如图15c中所示,镜头组件21长焦位置畸变控制也在3%范围内。

[0257] 实施例四

[0258] 图16为本申请实施例四提供的一种摄像头模组的仿真结构示意图。

[0259] 本实施例中,参见图16所示,镜头组件21包括的镜片数量 $N=8$ ,沿着光轴(图中虚线)方向,从物侧至像侧,依次为第一镜片211、第二镜片212、第三镜片213、第四镜片214、第五镜片215、第六镜片216、第七镜片217和第八镜片218。

[0260] 其中,镜头组件21的全像高IH、镜头组件21的总长度TTL以及镜头组件21的光圈数F#满足: $IH/(TTL \times F\#) = 0.943$ 。

[0261] 第一镜片211具有正光焦度,第一镜片211的物侧面与光轴对应的部分为凸面,第一镜片211的像侧面与光轴对应的部分为凹面。第一镜片211的焦距 $f_1$ 与镜头组件21的总焦距 $f$ 的比值可以为: $|f_1/f| = 0.969$ 。

[0262] 第一镜片211的折射率 $n_{d1} = 1.545$ ,第一镜片211的阿贝数 $v_{d1} = 56.1$ 。

[0263] 第二镜片212具有负光焦度,第二镜片212的物侧面与光轴对应的部分为凸面,第二镜片212的像侧面与光轴对应的部分为凹面。第二镜片212的焦距 $f_2$ 与镜头组件21的总焦距 $f$ 的比值可以为: $|f_2/f| = 3.04$ 。

[0264] 第二镜片212的物侧面的曲率半径 $R_1$ 与第二镜片212的像侧面的曲率半径 $R_2$ 可以满足: $(R_1+R_2)/(R_1-R_2) = 3.72$ 。



[0265] 第一镜片211的阿贝数 $vd_1$ 与第二镜片212的阿贝数 $vd_2$ 可以满足： $|vd_1 - vd_2| = 38$ ，第一镜片211的折射率 $nd_1$ 与第二镜片212的折射率 $nd_2$ 可以满足： $|nd_1 - nd_2| = 0.14$ 。

[0266] 第三镜片213具有负光焦度，第三镜片213的焦距 $f_3$ 与镜头组件21的总焦距 $f$ 的比值可以为： $|f_3/f| = 27.03$ 。

[0267] 第二镜片212的阿贝数 $vd_2$ 与第三镜片213的阿贝数 $vd_3$ 可以满足： $|vd_2 - vd_3| = 0$ 。第二镜片212的折射率 $nd_2$ 与第三镜片213的折射率 $nd_3$ 可以满足： $|nd_2 - nd_3| = 0$ 。

[0268] 第四镜片214具有负光焦度，第四镜片214的焦距 $f_4$ 与镜头组件21的总焦距 $f$ 的比值可以为： $|f_4/f| = 29.8$ 。

[0269] 第三镜片213的焦距 $f_3$ 与第四镜片214的焦距 $f_4$ 的比值可以为： $|f_3/f_4| = 0.907$ 。

[0270] 第五镜片215具有正光焦度，第五镜片215的焦距 $f_5$ 与镜头组件21的总焦距 $f$ 的比值可以为： $|f_5/f| = 3.4$ 。

[0271] 第六镜片216具有负光焦度，第六镜片216的焦距 $f_6$ 与镜头组件21的总焦距 $f$ 的比值可以为： $|f_6/f| = 1.28$ 。第六镜片216的像侧面的曲率半径 $R_2$ 可以满足： $|f/R_2| = 0.97$ 。

[0272] 第七镜片217具有正光焦度，第七镜片217的焦距 $f_7$ 与镜头组件21的总焦距 $f$ 的比值可以为： $|f_7/f| = 0.708$ 。

[0273] 第八镜片218具有负光焦度，第八镜片218的物侧面与光轴对应的部分为凹面，第八镜片218的焦距 $f_8$ 与镜头组件21的总焦距 $f$ 的比值可以为： $|f_8/f| = 0.627$ 。第八镜片218的像侧面的曲率半径 $R_2$ 可以满足： $|R_2/f| = 1.64$ 。

[0274] 下表10示出了本申请实施例四提供的一种镜头组件中各镜片的光学参数。

镜片		R	d	D	nd	vd
L1	R1	2.75	1.21	1.42	1.545	56.1

	R2	37.29	0.09	1.34	-	-
L2	R1	7.43	0.30	1.25	1.687	18.1
	R2	4.28	0.47	1.12	-	-
L3	R1	-18.22	0.30	1.11	1.687	18.1
	R2	-81.74	0.15	1.18	-	-
L4	R1	-16.62	0.51	1.61	1.545	56.13
	R2	-6.70	0.39	1.76	-	-
L5	R1	-5.72	0.40	1.83	1.545	56.13
	R2	-6.28	0.60	2.05	-	-
L6	R1	-5.64	0.42	2.53	1.644	23.5
	R2	-6.33	0.04	2.79	-	-
L7	R1	-13.29	0.50	3.39	1.545	56.13
	R2	-13.40	0.77	3.54	-	-
L8	R1	-14.83	0.45	4.09	1.536	55.61
	R2	-10.11	0.25	4.28	-	-
IR	R1	inf	0.21	6.00	1.516	64.2
	R2	inf	0.15	6.00	-	-

[0277] 其中,L1为第一镜片211,L2为第二镜片212,L3为第三镜片213,L4为第四镜片214,L5为第五镜片215,L6为第六镜片216,L7为第七镜片217,L8为第八镜片218,IR为滤光片22。R1表示镜片的物侧面,R2表示镜片的像侧面。R表示各镜片的物侧面或像侧面的曲率半径,d表示镜片沿光轴方向上的中心厚度以及相邻镜片(与该镜片相邻且邻近像侧的镜片)之间沿光轴方向且在光轴位置处的空气间隔厚度,D表示各镜片的物侧面或像侧面的有效半径,nd表示各镜片的折射率,vd表示各镜片的阿贝数。

[0278] 下表11示出了本申请实施例四提供的一种镜头组件中各镜片的非球面系数。

镜片		类型	K	A4	A6	A8	A10	A12	A14
L1	R1	q-bfs	-0.012548055	2.21E-01	-1.07E-01	5.28E-02	-2.15E-02	8.60E-03	-3.60E-03
	R2	q-bfs	15.58029979	2.06E-01	-7.96E-02	4.70E-02	-1.36E-02	4.03E-03	1.47E-03
L2	R1	q-bfs	-0.2145521	-2.97E-01	8.49E-02	-1.48E-03	-6.64E-03	8.67E-03	-2.80E-03
	R2	q-bfs	-0.17221736	-2.22E-01	7.71E-02	-2.85E-02	1.12E-02	-2.10E-03	5.21E-05
L3	R1	q-bfs	52.20738844	1.51E-01	7.13E-03	-1.58E-02	5.40E-03	-6.23E-04	-3.55E-04
	R2	q-bfs	98	-1.75E-02	6.59E-02	-2.82E-02	4.96E-03	1.54E-03	-1.29E-03
L4	R1	q-bfs	-2.434389344	-6.81E-02	1.18E-01	-3.85E-02	8.93E-03	2.49E-03	-3.07E-03
	R2	q-bfs	1.408660618	4.06E-02	2.31E-01	-1.58E-01	9.47E-02	-4.43E-02	1.61E-02
L5	R1	q-bfs	-0.617374907	7.76E-01	1.40E-01	-1.78E-01	7.69E-02	1.88E-02	-5.44E-02
	R2	q-bfs	-1.466170971	4.11E-01	-7.37E-02	2.79E-01	-1.81E-01	7.76E-02	-3.72E-02
L6	R1	q-bfs	-0.005229983	5.21E-01	4.92E-01	6.61E-02	-1.06E-01	-2.23E-04	8.91E-04
	R2	q-bfs	0	4.97E-01	5.81E-01	8.40E-02	9.75E-03	-2.56E-02	4.19E-02
L7	R1	q-bfs	-2.164578196	-5.73E-01	5.34E-01	4.99E-01	2.39E-01	-9.54E-02	-1.47E-02
	R2	q-bfs	1.124730567	8.58E-01	3.89E-01	-1.61E-01	2.64E-01	-3.79E-01	2.45E-01

L8	R1	q-bfs	0.271965612	-9.74E-01	-4.06E-01	-2.59E-01	-4.72E-02	-1.90E-01	-1.95E-02
	R2	q-bfs	-17.29684669	6.04E-01	1.84E-01	4.09E-01	-2.63E-01	7.07E-02	4.44E-02
镜片		A16	A18	A20	A22	A24	A26	A28	A30
L1	R1	1.66E-03	-8.45E-04	5.01E-04	-2.97E-04	1.36E-04	-6.14E-05	0.00E+00	0.00E+00
	R2	-5.01E-04	-2.89E-04	3.03E-04	-1.20E-04	1.49E-05	1.88E-05	0.00E+00	0.00E+00
L2	R1	1.21E-03	-7.14E-04	4.46E-04	-2.74E-04	1.36E-04	-4.98E-05	0.00E+00	0.00E+00
	R2	4.35E-04	-4.01E-04	2.61E-04	-1.37E-04	5.46E-05	9.93E-06	0.00E+00	0.00E+00
L3	R1	1.69E-04	-5.69E-05	-2.06E-05	-2.41E-05	-1.98E-06	-9.57E-06	-1.52E-05	0.00E+00
	R2	6.73E-04	-2.48E-04	7.63E-05	-4.06E-05	7.60E-05	-6.41E-05	8.11E-05	0.00E+00
L4	R1	2.39E-03	-8.25E-04	-1.87E-05	3.49E-04	-2.35E-04	1.33E-04	0.00E+00	0.00E+00
	R2	-4.26E-04	-4.22E-03	4.50E-03	-3.04E-03	1.67E-03	-6.63E-04	2.40E-04	0.00E+00
L5	R1	7.44E-02	-6.64E-02	4.56E-02	-2.42E-02	1.03E-02	-3.15E-03	5.13E-04	2.64E-07
	R2	6.04E-02	-3.92E-02	1.54E-02	-7.15E-03	6.24E-03	-2.83E-03	5.48E-04	1.35E-07
L6	R1	2.97E-02	-8.46E-03	1.02E-02	-5.80E-03	-2.94E-03	9.06E-03	-3.80E-03	-9.24E-07
	R2	6.40E-03	1.46E-02	4.72E-02	-1.98E-02	5.32E-03	9.95E-03	-2.97E-03	1.09E-07
L7	R1	5.19E-02	4.34E-02	1.86E-02	1.18E-02	5.82E-03	-6.22E-04	-5.85E-04	0.00E+00
	R2	-2.11E-02	7.55E-02	-6.46E-02	1.47E-02	6.67E-03	-7.34E-03	-2.11E-02	1.71E-07
L8	R1	1.35E-01	4.32E-02	4.86E-02	-1.18E-02	3.97E-03	2.12E-02	1.59E-02	5.26E-07
	R2	-2.49E-02	-3.55E-02	1.32E-01	3.21E-02	1.66E-02	1.67E-02	1.42E-02	-1.79E-06

[0280] [0281] 可以通过q-bfs设计各镜片的非球面,结合表11,镜头组件21中q-bfs类型的各镜片的非球面面向z可以通过以下非球面公式计算:

$$z = \frac{cr^2}{1 + \sqrt{1 - (K+1)c^2r^2}} + \frac{u^2(1-u^2)\sqrt{1-Kc^2r^2}}{\sqrt{1-(K+1)c^2r^2}} \sum_{m=0}^{13} a_m Q_M^{bfs}(u^2)$$

[0282] [0283] 其中,z为非球面的矢高,r为非球面的径向坐标,c为非球面顶点球曲率,K为二次曲面常数,A4、A6、...A30为非球面系数,分别对应于a1、a2、...a13。根据获得的非球面矢高等可以对各镜片进行仿真最终获得如图16所示的摄像头模组20。

[0284] 由上述各镜片组成的镜头组件21的光学参数可以参见下表12所示,表12示出了本申请实施例四提供的一种镜头组件的光学参数。

[0285] 焦距f	6.14mm
光圈数F值	1.47
全像高IH	11.6mm
总长度TTL	7.3mm
波长	650nm,610nm,555nm,510nm,470nm

[0286] 由表12可知,本申请实施例四提供的镜头组件21具有大光圈、大靶面的特性,且具有较小的总长度。

[0287] 图17为本申请实施例四提供的一种镜头组件的离焦曲线图,参见图17所示,根据离焦曲线,可获得不同视场下的成像质量(100lp/mm)仿真结果。由图17可知,本申请实施例四提供的镜头组件21在短焦位置的成像质量在T,S方向控制也大于0.5,具有很好的成像质量。

[0288] 图18为本申请实施例四提供的一种镜头组件的横向色差曲线图,其中,图18中示

例的横向色差为650nm,555nm,470nm的光经过镜头组件21后的横向色差。由图18可知,光经过镜头组件21后的横向色差范围在衍射极限内,具有较小的色差。

[0289] 图19a为本申请实施例四提供的一种镜头组件的纵向色差曲线图,其中,图19a中示例的纵向色差为650nm,610nm,555nm,510nm,470nm的光经过镜头组件21后的纵向色差。图19b为本申请实施例四提供的一种镜头组件的场曲图,图19c为本申请实施例四提供的一种镜头组件的畸变曲线图。

[0290] 由图19a可知,光经过镜头组件21后的纵向色差较小。由图19b和图19c可知,经过镜头组件21成像的畸变量也较小,成像形状与理想形状差异小,如图19c中所示,镜头组件21长焦位置畸变控制也在3%范围内。

[0291] 实施例五

[0292] 图20为本申请实施例五提供的一种摄像头模组的仿真结构示意图。

[0293] 本实施例中,参见图20所示,镜头组件21包括的镜片数量 $N=8$ ,沿着光轴(图中虚线)方向,从物侧至像侧,依次为第一镜片211、第二镜片212、第三镜片213、第四镜片214、第五镜片215、第六镜片216、第七镜片217和第八镜片218。

[0294] 其中,镜头组件21的全像高 $IH$ 、镜头组件21的总长度 $TTL$ 以及镜头组件21的光圈数 $F\#$ 满足: $IH/(TTL \times F\#) = 1.336$ 。

[0295] 第一镜片211具有正光焦度,第一镜片211的物侧面与光轴对应的部分为凸面,第一镜片211的像侧面与光轴对应的部分为凹面。第一镜片211的焦距 $f_1$ 与镜头组件21的总焦距 $f$ 的比值可以为: $|f_1/f| = 0.908$ 。

[0296] 第一镜片211的折射率 $n_{d1} = 1.5517$ ,第一镜片211的阿贝数 $v_{d1} = 65.6$ 。

[0297] 第二镜片212具有负光焦度,第二镜片212的物侧面与光轴对应的部分为凸面,第二镜片212的像侧面与光轴对应的部分为凹面。第二镜片212的焦距 $f_2$ 与镜头组件21的总焦距 $f$ 的比值可以为: $|f_2/f| = 4.34$ 。

[0298] 第二镜片212的物侧面的曲率半径 $R_1$ 与第二镜片212的像侧面的曲率半径 $R_2$ 可以满足: $(R_1+R_2)/(R_1-R_2) = 4.88$ 。

[0299] 第一镜片211的阿贝数 $v_{d1}$ 与第二镜片212的阿贝数 $v_{d2}$ 可以满足: $|v_{d1}-v_{d2}| = 37$ ,第一镜片211的折射率 $n_{d1}$ 与第二镜片212的折射率 $n_{d2}$ 可以满足: $|n_{d1}-n_{d2}| = 0.139$ 。

[0300] 第三镜片213具有正光焦度,第三镜片213的焦距 $f_3$ 与镜头组件21的总焦距 $f$ 的比值可以为: $|f_3/f| = 118.3$ 。

[0301] 第二镜片212的阿贝数 $v_{d2}$ 与第三镜片213的阿贝数 $v_{d3}$ 可以满足: $|v_{d2}-v_{d3}| = 10.6$ 。第二镜片212的折射率 $n_{d2}$ 与第三镜片213的折射率 $n_{d3}$ 可以满足: $|n_{d2}-n_{d3}| = 0.004$ 。

[0302] 第四镜片214具有负光焦度,第四镜片214的焦距 $f_4$ 与镜头组件21的总焦距 $f$ 的比值可以为: $|f_4/f| = 15.48$ 。

[0303] 第三镜片213的焦距 $f_3$ 与第四镜片214的焦距 $f_4$ 的比值可以为: $|f_3/f_4| = 7.64$ 。

[0304] 第五镜片215具有正光焦度,第五镜片215的焦距 $f_5$ 与镜头组件21的总焦距 $f$ 的比值可以为: $|f_5/f| = 9.136$ 。

[0305] 第六镜片216具有负光焦度,第六镜片216的焦距 $f_6$ 与镜头组件21的总焦距 $f$ 的比值可以为: $|f_6/f| = 2.06$ 。第六镜片216的像侧面的曲率半径 $R_2$ 可以满足: $|f/R_2| = 0.812$ 。

[0306] 第七镜片217具有正光焦度,第七镜片217的焦距 $f_7$ 与镜头组件21的总焦距 $f$ 的比

值可以为： $|f7/f|=0.565$ 。

[0307] 第八镜片218具有负光焦度，第八镜片218的物侧面与光轴对应的部分为凹面，第八镜片218的焦距 $f8$ 与镜头组件21的总焦距 $f$ 的比值可以为： $|f8/f|=0.175$ 。第八镜片218的像侧面的曲率半径 $R2$ 可以满足： $|R2/f|=1.46$ 。

[0308] 下表13示出了本申请实施例五提供的一种镜头组件中各镜片的光学参数。

镜片		R	d	D	nd	vd
L1	R1	2.69	1.18	2.08	1.5517	65.6
	R2	23.34	0.08	2.02	-	-
L2	R1	5.53	0.30	1.85	1.691	28.7
	R2	3.65	0.47	1.63	-	-
L3	R1	-26.52	0.30	1.61	1.687	18.1
	R2	216.76	0.12	1.69	-	-
L4	R1	-52.30	0.38	1.80	1.545	56.13
	R2	-9.27	0.28	1.98	-	-
L5	R1	-7.28	0.30	2.14	1.545	56.13
	R2	-11.40	0.36	2.43	-	-
L6	R1	-7.96	0.40	2.78	1.644	23.5
	R2	-7.56	0.05	3.43	-	-
L7	R1	-16.56	0.35	3.81	1.545	56.13
	R2	-13.97	0.77	4.18	-	-
L8	R1	-14.84	0.35	4.95	1.536	55.61
	R2	-9.00	0.10	4.94	-	-
IR	R1	inf	0.21	5.55	1.516	64.2
	R2	inf	0.20	5.63	-	-

[0310] 其中，L1为第一镜片211，L2为第二镜片212，L3为第三镜片213，L4为第四镜片214，L5为第五镜片215，L6为第六镜片216，L7为第七镜片217，L8为第八镜片218，IR为滤光片22。R1表示镜片的物侧面，R2表示镜片的像侧面。R表示各镜片的物侧面或像侧面的曲率半径，d表示镜片沿光轴方向上的中心厚度以及相邻镜片（与该镜片相邻且邻近像侧的镜片）之间沿光轴方向且在光轴位置处的空气间隔厚度，D表示各镜片的物侧面或像侧面的有效半径，nd表示各镜片的折射率，vd表示各镜片的阿贝数。

[0311] 下表14示出了本申请实施例五提供的一种镜头组件中各镜片的非球面系数。

镜片		类型	K	A4	A6	A8	A10	A12	A14
L1	R1	q-bfs	0.035915036	2.30E-01	-1.06E-01	5.32E-02	-2.15E-02	8.72E-03	-2.76E-03
	R2	q-bfs	12.19980852	1.98E-01	-8.20E-02	4.62E-02	-1.32E-02	4.57E-03	1.26E-03
L2	R1	q-bfs	0.278669469	-2.90E-01	8.83E-02	-1.20E-03	-6.70E-03	9.64E-03	-3.41E-03
	R2	q-bfs	-0.266861475	-2.25E-01	7.85E-02	-2.73E-02	1.10E-02	-1.97E-03	-5.27E-05
L3	R1	q-bfs	20.12953232	1.58E-01	8.66E-03	-1.59E-02	5.68E-03	-8.05E-04	-2.67E-04
	R2	q-bfs	65.0691159	-1.73E-02	6.92E-02	-2.89E-02	4.64E-03	1.75E-03	-1.41E-03

[0313]

L4	R1	q-bfs	-9.462937025	-5.57E-02	1.19E-01	-3.27E-02	6.72E-03	2.05E-03	-1.63E-03
	R2	q-bfs	3.413093048	5.90E-02	2.36E-01	-1.61E-01	9.62E-02	-4.37E-02	1.39E-02
L5	R1	q-bfs	-1.042598155	8.52E-01	1.36E-01	-1.89E-01	7.89E-02	1.98E-02	-5.95E-02
	R2	q-bfs	-4.058796737	3.50E-01	-7.57E-02	2.99E-01	-1.72E-01	7.14E-02	-4.33E-02
L6	R1	q-bfs	1.70131169	6.87E-01	5.37E-01	7.16E-02	-1.11E-01	8.94E-04	-2.11E-04
	R2	q-bfs	0	5.38E-01	5.73E-01	8.45E-02	8.30E-03	-2.88E-02	5.45E-02
L7	R1	q-bfs	6.21338697	-4.83E-01	5.64E-01	5.53E-01	2.57E-01	-9.59E-02	-4.33E-03
	R2	q-bfs	-1.859893305	6.79E-01	2.75E-01	-2.47E-01	2.63E-01	-3.33E-01	2.61E-01
L8	R1	q-bfs	0.130576879	-1.08E+00	-4.85E-01	-3.36E-01	-5.02E-01	-4.62E-01	-1.88E-01
	R2	q-bfs	-13.31020607	5.91E-01	1.40E-01	1.02E-01	-5.16E-01	-1.35E-01	-2.65E-02
镜片		A16	A18	A20	A22	A24	A26	A28	A30
L1	R1	1.64E-03	-3.41E-04	5.77E-04	-7.16E-05	1.96E-04	9.96E-05	2.05E-05	3.61E-05
	R2	-2.80E-04	-2.63E-04	4.97E-04	-2.17E-04	-1.30E-05	2.22E-04	1.30E-05	-9.12E-06
L2	R1	1.45E-03	-4.95E-04	3.43E-04	-2.15E-04	8.04E-05	8.68E-06	2.31E-05	1.08E-05
	R2	4.34E-04	-3.51E-04	1.52E-04	-2.09E-04	2.81E-06	-8.82E-05	-4.19E-05	-7.32E-05
L3	R1	3.19E-04	-1.96E-05	6.25E-06	5.41E-05	-5.65E-05	1.20E-04	-3.64E-05	4.43E-05
	R2	3.61E-04	-9.80E-05	2.49E-06	-2.09E-04	1.62E-04	-1.32E-04	1.10E-04	0.00E+00
L4	R1	7.65E-04	-4.27E-04	-8.18E-05	-8.03E-05	-7.96E-05	-2.64E-05	-1.08E-05	6.75E-06
	R2	-2.12E-04	-4.54E-03	4.29E-03	-2.86E-03	1.57E-03	-4.44E-04	2.92E-04	3.93E-05
L5	R1	7.12E-02	-6.60E-02	4.50E-02	-2.44E-02	9.59E-03	-3.59E-03	9.22E-05	2.64E-07
	R2	6.07E-02	-4.09E-02	1.35E-02	-6.66E-03	7.06E-03	-3.31E-03	9.74E-05	1.35E-07
L6	R1	3.07E-02	-8.43E-04	6.30E-03	-1.05E-02	-5.81E-03	8.52E-03	-6.03E-03	-9.24E-07
	R2	1.20E-02	1.89E-02	5.32E-02	-2.05E-02	2.24E-03	-2.21E-03	5.36E-03	6.20E-04
L7	R1	3.00E-02	3.20E-02	9.20E-03	1.46E-03	5.51E-03	2.15E-03	1.16E-02	-7.83E-04
	R2	-3.92E-02	5.45E-02	-4.85E-02	-1.05E-02	3.76E-02	-2.55E-02	-1.63E-02	1.27E-04
L8	R1	3.31E-03	6.18E-02	6.36E-03	5.33E-03	8.40E-02	5.81E-02	3.44E-02	-7.36E-03
	R2	8.59E-02	1.11E-01	2.15E-01	1.88E-01	2.04E-01	1.02E-01	1.68E-01	2.20E-02

[0314] 结合表14,镜头组件21中q-bfs类型的各镜片的非球面面向z可以通过以下非球面公式计算:

$$z = \frac{cr^2}{1 + \sqrt{1 - (K+1)c^2r^2}} + \frac{u^2(1-u^2)\sqrt{1-Kc^2r^2}}{\sqrt{1 - (K+1)c^2r^2}} \sum_{m=0}^{13} a_m Q_M^{bfs}(u^2)$$

[0316] 其中,z为非球面的矢高,r为非球面的径向坐标,c为非球面顶点球曲率,K为二次曲面常数,A4、A6、...A30为非球面系数,分别对应于a1、a2、...a13。根据获得的非球面矢高等可以对各镜片进行仿真最终获得如图20所示的摄像头模组20。

[0317] 由上述各镜片组成的镜头组件21的光学参数可以参见下表15所示,表15示出了本申请实施例五提供的一种镜头组件的光学参数。

[0318]

焦距 f	6.14mm
光圈数 F 值	1.4
全像高 IH	11.6mm

[0319]	总长度 TTL	6.2mm
	波长	650nm, 610nm, 555nm, 510nm, 470nm

[0320] 由表15可知,本申请实施例五提供的镜头组件21具有大光圈、大靶面的特性,且具有较小的总长度。

[0321] 图21为本申请实施例五提供的一种镜头组件的离焦曲线图,参见图21所示,根据离焦曲线,可获得不同视场下的成像质量(100lp/mm)仿真结果。由图21可知,本申请实施例五提供的镜头组件21在短焦位置的成像质量在T,S方向控制也大于0.5,具有很好的成像质量。

[0322] 图22为本申请实施例五提供的一种镜头组件的横向色差曲线图,其中,图22中示例的横向色差为650nm,555nm,470nm的光经过镜头组件21后的横向色差。由图22可知,光经过镜头组件21后的横向色差范围在衍射极限内,具有较小的色差。

[0323] 图23a为本申请实施例五提供的一种镜头组件的纵向色差曲线图,其中,图23a中示例的纵向色差为650nm,610nm,555nm,510nm,470nm的光经过镜头组件21后的纵向色差。图23b为本申请实施例五提供的一种镜头组件的场曲图,图23c为本申请实施例五提供的一种镜头组件的畸变曲线图。

[0324] 由图23a可知,光经过镜头组件21后的纵向色差较小。由图23b和图23c可知,经过镜头组件21成像的畸变量也较小,成像形状与理想形状差异小,如图23c中所示,镜头组件21长焦位置畸变控制也在3%范围内。

[0325] 实施例六

[0326] 图24为本申请实施例六提供的一种摄像头模组的仿真结构示意图。

[0327] 本实施例中,参见图23所示,镜头组件21包括的镜片数量 $N=8$ ,沿着光轴(图中虚线)方向,从物侧至像侧,依次为第一镜片211、第二镜片212、第三镜片213、第四镜片214、第五镜片215、第六镜片216、第七镜片217和第八镜片218。

[0328] 其中,镜头组件21的全像高IH、镜头组件21的总长度TTL以及镜头组件21的光圈数F#满足: $IH/(TTL \times F\#) = 0.858$ 。

[0329] 第一镜片211具有正光焦距,第一镜片211的物侧面与光轴对应的部分为凸面,第一镜片211的像侧面与光轴对应的部分为凹面。第一镜片211的焦距 $f_1$ 与镜头组件21的总焦距 $f$ 的比值可以为: $|f_1/f| = 0.97$ 。

[0330] 第一镜片211的折射率 $nd_1 = 1.548$ ,第一镜片211的阿贝数 $vd_1 = 64.8$ 。

[0331] 第二镜片212具有负光焦距,第二镜片212的物侧面与光轴对应的部分为凸面,第二镜片212的像侧面与光轴对应的部分为凹面。第二镜片212的焦距 $f_2$ 与镜头组件21的总焦距 $f$ 的比值可以为: $|f_2/f| = 2.79$ 。

[0332] 第二镜片212的物侧面的曲率半径 $R_1$ 与第二镜片212的像侧面的曲率半径 $R_2$ 可以满足: $(R_1+R_2)/(R_1-R_2) = 4.76$ 。

[0333] 第一镜片211的阿贝数 $vd_1$ 与第二镜片212的阿贝数 $vd_2$ 可以满足: $|vd_1 - vd_2| = 35.54$ ,第一镜片211的折射率 $nd_1$ 与第二镜片212的折射率 $nd_2$ 可以满足: $|nd_1 - nd_2| = 0.18$ 。

[0334] 第三镜片213具有负光焦距,第三镜片213的焦距 $f_3$ 与镜头组件21的总焦距 $f$ 的比值可以为: $|f_3/f| = 6.15$ 。

[0335] 第二镜片212的阿贝数 $vd_2$ 与第三镜片213的阿贝数 $vd_3$ 可以满足： $|vd_2 - vd_3| = 10.6$ 。第二镜片212的折射率 $nd_2$ 与第三镜片213的折射率 $nd_3$ 可以满足： $|nd_2 - nd_3| = 0.079$ 。

[0336] 第四镜片214具有正光焦度，第四镜片214的焦距 $f_4$ 与镜头组件21的总焦距 $f$ 的比值可以为： $|f_4/f| = 4.66$ 。

[0337] 第三镜片213的焦距 $f_3$ 与第四镜片214的焦距 $f_4$ 的比值可以为： $|f_3/f_4| = 1.31$ 。

[0338] 第五镜片215具有正光焦度，第五镜片215的焦距 $f_5$ 与镜头组件21的总焦距 $f$ 的比值可以为： $|f_5/f| = 4.81$ 。

[0339] 第六镜片216具有负光焦度，第六镜片216的焦距 $f_6$ 与镜头组件21的总焦距 $f$ 的比值可以为： $|f_6/f| = 1.88$ 。第六镜片216的像侧面的曲率半径 $R_2$ 可以满足： $|f/R_2| = 0.768$ 。

[0340] 第七镜片217具有正光焦度，第七镜片217的焦距 $f_7$ 与镜头组件21的总焦距 $f$ 的比值可以为： $|f_7/f| = 0.915$ 。

[0341] 第八镜片218具有负光焦度，第八镜片218的物侧面与光轴对应的部分为凹面，第八镜片218的焦距 $f_8$ 与镜头组件21的总焦距 $f$ 的比值可以为： $|f_8/f| = 0.73$ 。第八镜片218的像侧面的曲率半径 $R_2$ 可以满足： $|R_2/f| = 3.73$ 。

[0342] 下表16示出了本申请实施例六提供的一种镜头组件中各镜片的光学参数。

镜片		R	d	D	nd	vd
L1	R1	3.28	1.36	2.48	1.547	64.8
	R2	24.40	0.09	2.31	-	-
L2	R1	8.00	0.36	2.67	1.727	29.3
	R2	5.23	0.58	1.95	-	-
L3	R1	-15.01	0.39	1.94	1.687	18.1
	R2	220.66	0.06	2.05	-	-
L4	R1	79.58	0.84	2.08	1.545	56.13
	R2	-7.77	0.46	2.37	-	-
L5	R1	-6.79	0.50	2.63	1.545	56.13
	R2	-7.60	0.62	3.01	-	-
L6	R1	-6.93	0.65	3.44	1.644	23.5
	R2	-9.44	0.13	4.07	-	-
L7	R1	-16.37	0.71	4.88	1.545	56.13
	R2	-12.65	0.82	5.07	-	-
L8	R1	-19.81	0.64	5.99	1.536	55.61
	R2	-27.04	0.31	6.06	-	-
IR	R1	inf	0.25	6.53	1.516	64.2
	R2	inf	0.23	6.60	-	-

[0344] 其中，L1为第一镜片211，L2为第二镜片212，L3为第三镜片213，L4为第四镜片214，L5为第五镜片215，L6为第六镜片216，L7为第七镜片217，L8为第八镜片218，IR为滤光片22。R1表示镜片的物侧面，R2表示镜片的像侧面。R表示各镜片的物侧面或像侧面的曲率半径，d表示镜片沿光轴方向上的中心厚度以及相邻镜片（与该镜片相邻且邻近像侧的镜片）之间



沿光轴方向且在光轴位置处的空气间隔厚度，D表示各镜片的物侧面或像侧面的有效半径，nd表示各镜片的折射率，vd表示各镜片的阿贝数。

[0345] 下表17示出了本申请实施例六提供的一种镜头组件中各镜片的非球面系数。

镜片		类型	K	A4	A6	A8	A10	A12	A14
L1	R1	q-bfs	0	1.90E-01	-8.55E-02	3.37E-02	-8.75E-03	1.67E-03	-5.27E-04
	R2	q-bfs	0	5.93E-02	-2.55E-02	2.51E-02	-8.68E-03	4.62E-03	1.04E-03
L2	R1	q-bfs	0	-4.42E-01	1.42E-01	-2.83E-02	3.11E-03	5.90E-03	-2.41E-03
	R2	q-bfs	0	-2.43E-01	8.89E-02	-3.49E-02	1.38E-02	-2.97E-03	1.46E-04
L3	R1	q-bfs	0	2.62E-01	1.88E-02	-2.35E-02	5.57E-03	7.49E-04	-8.65E-04
	R2	q-bfs	-31.9674185	6.55E-02	7.93E-02	-3.18E-02	3.92E-03	1.90E-03	-6.25E-04
L4	R1	q-bfs	-92.59716129	-1.49E-01	9.82E-02	-2.31E-02	5.50E-03	2.03E-03	-3.48E-03
	R2	q-bfs	-5.279549732	-4.07E-02	2.41E-01	-1.63E-01	9.93E-02	-4.24E-02	4.97E-03
L5	R1	q-bfs	0	6.34E-01	3.62E-01	-3.63E-01	1.62E-01	-3.39E-03	-6.53E-02
	R2	q-bfs	0	1.57E-01	2.21E-01	1.32E-01	-1.17E-01	-1.94E-02	7.85E-02
L6	R1	q-bfs	0	2.85E-01	7.73E-01	-1.91E-02	-1.93E-01	2.05E-01	-8.60E-02
	R2	q-bfs	0	2.01E-01	9.99E-01	-1.15E-01	7.85E-02	4.24E-02	-2.29E-02
L7	R1	q-bfs	0	-8.05E-01	6.90E-01	4.58E-01	3.90E-01	-1.83E-01	-9.31E-02
	R2	q-bfs	0	3.57E-01	5.81E-01	-4.55E-01	6.54E-01	-6.09E-01	2.56E-01
L8	R1	q-bfs	0	-1.79E+00	-6.36E-01	-5.36E-02	-2.47E-01	8.29E-02	-1.05E-01
	R2	q-bfs	0	7.96E-02	2.37E-01	6.52E-01	-5.72E-01	2.60E-01	8.60E-03
镜片		A16	A18	A20	A22	A24	A26	A28	A30
L1	R1	4.40E-04	-1.95E-04	-7.01E-05	2.87E-04	-2.87E-04	1.89E-04	-6.20E-05	-3.81E-05
	R2	-9.57E-04	9.50E-04	-7.93E-04	5.53E-04	-2.77E-04	8.16E-05	1.52E-05	-2.53E-05
L2	R1	1.67E-03	-7.89E-04	2.51E-04	3.78E-05	-1.32E-04	9.43E-05	-2.96E-05	-1.87E-05
	R2	8.85E-04	-9.78E-04	8.05E-04	-5.79E-04	3.82E-04	-2.16E-04	8.50E-05	-9.16E-07
L3	R1	5.06E-04	-3.03E-04	1.76E-04	-1.30E-04	4.90E-05	-2.53E-05	1.16E-05	-2.50E-05
	R2	9.08E-04	-8.92E-04	2.12E-04	-1.49E-05	-2.11E-05	-1.89E-05	-5.52E-06	-2.59E-06
L4	R1	3.13E-03	-7.93E-04	-6.70E-04	2.06E-04	1.76E-04	-1.56E-04	5.32E-05	-1.22E-05
	R2	1.08E-02	-1.30E-02	1.03E-02	-6.66E-03	3.68E-03	-1.72E-03	6.25E-04	-1.58E-04
L5	R1	7.05E-02	-3.79E-02	6.03E-03	1.05E-02	-1.25E-02	8.31E-03	-3.50E-03	8.75E-04
	R2	-5.18E-02	4.07E-02	-3.53E-02	3.23E-02	-2.51E-02	1.50E-02	-5.61E-03	1.23E-03
L6	R1	5.89E-05	4.59E-02	-2.15E-02	-4.17E-03	4.66E-03	3.57E-03	-2.06E-03	5.10E-04
	R2	3.82E-02	-2.49E-03	1.16E-02	-3.02E-03	9.74E-04	1.35E-02	-3.27E-03	2.38E-03
L7	R1	-3.51E-03	8.07E-02	-1.18E-03	1.51E-02	-1.07E-02	7.80E-03	8.40E-03	4.15E-03
	R2	-4.95E-02	4.87E-02	9.00E-06	-3.03E-02	2.41E-02	3.12E-03	-5.53E-03	-2.43E-03
L8	R1	1.11E-01	5.04E-02	1.09E-01	-9.13E-03	-1.59E-02	-8.99E-03	-8.22E-03	1.28E-02
	R2	8.61E-02	-1.06E-01	1.33E-01	-4.86E-02	4.86E-02	-2.42E-02	1.36E-02	1.91E-03

[0347] 结合表17,镜头组件21中q-bfs类型的各镜片的非球面面向z可以通过以下非球面公式计算:

[0348] 
$$z = \frac{cr^2}{1 + \sqrt{1 - (K+1)c^2r^2}} + \frac{u^2(1-u^2)\sqrt{1-Kc^2r^2}}{\sqrt{1-(K+1)c^2r^2}} \sum_{m=0}^{13} a_m Q_m^{bfs}(u^2)$$

[0349] 其中,  $z$  为非球面的矢高,  $r$  为非球面的径向坐标,  $c$  为非球面顶点球曲率,  $K$  为二次曲面常数,  $A_4, A_6, \dots, A_{30}$  为非球面系数, 分别对应于  $a_1, a_2, \dots, a_{13}$ 。根据获得的非球面矢高等可以对各镜片进行仿真最终获得如图24所示的摄像头模组20。

[0350] 由上述各镜片组成的镜头组件21的光学参数可以参见下表18所示, 表18示出了本申请实施例六提供的一种镜头组件的光学参数。

[0351]	焦距 $f$	7.25mm
	光圈数 $F$ 值	1.5
	全像高 $IH$	11.6mm
	总长度 $TTL$	9.02mm
	波长	650nm, 610nm, 555nm, 510nm, 470nm

[0352] 由表18可知, 本申请实施例六提供的镜头组件21具有大光圈、大靶面的特性, 且具有较小的总长度。

[0353] 图25为本申请实施例六提供的一种镜头组件的离焦曲线图, 参见图25所示, 根据离焦曲线, 可获得不同视场下的成像质量 (100lp/mm) 仿真结果。由图25可知, 本申请实施例六提供的镜头组件21在短焦位置的成像质量在  $T, S$  方向控制大于 0.4, 具有很好的成像质量。

[0354] 图26为本申请实施例六提供的一种镜头组件的横向色差曲线图, 其中, 图26中示例的横向色差为 650nm, 610nm, 555nm, 510nm, 470nm 的光经过镜头组件21后的横向色差。由图26可知, 光经过镜头组件21后的横向色差范围在衍射极限内, 具有较小的色差。

[0355] 图27a为本申请实施例六提供的一种镜头组件的纵向色差曲线图, 其中, 图27a中示例的纵向色差为 650nm, 610nm, 555nm, 510nm, 470nm 的光经过镜头组件21后的纵向色差。图27b为本申请实施例六提供的一种镜头组件的场曲图, 图27c为本申请实施例六提供的一种镜头组件的畸变曲线图。

[0356] 由图27a可知, 光经过镜头组件21后的纵向色差较小。由图27b和图27c可知, 经过镜头组件21成像的畸变量也较小, 成像形状与理想形状差异小, 如图27c中所示, 镜头组件21长焦位置畸变控制也在 3% 范围内。

[0357] 实施例七

[0358] 图28为本申请实施例七提供的一种摄像头模组的仿真结构示意图。

[0359] 本实施例中, 参见图27所示, 镜头组件21包括的镜片数量  $N=8$ , 沿着光轴 (图中虚线) 方向, 从物侧至像侧, 依次为第一镜片211、第二镜片212、第三镜片213、第四镜片214、第五镜片215、第六镜片216、第七镜片217和第八镜片218。

[0360] 其中, 镜头组件21的全像高  $IH$ 、镜头组件21的总长度  $TTL$  以及镜头组件21的光圈数  $F\#$  满足:  $IH / (TTL \times F\#) = 1.135$ 。

[0361] 第一镜片211具有正光焦度, 第一镜片211的物侧面与光轴对应的部分为凸面, 第一镜片211的像侧面与光轴对应的部分为凹面。第一镜片211的焦距  $f_1$  与镜头组件21的总焦距  $f$  的比值可以为:  $|f_1/f| = 0.95$ 。

[0362] 第一镜片211的折射率  $n_{d1} = 1.546$ , 第一镜片211的阿贝数  $v_{d1} = 56.13$ 。

[0363] 第二镜片212具有负光焦度, 第二镜片212的物侧面与光轴对应的部分为凸面, 第二镜片212的像侧面与光轴对应的部分为凹面。第二镜片212的焦距  $f_2$  与镜头组件21的总焦

距 $f$ 的比值可以为： $|f_2/f|=2.95$ 。

[0364] 第二镜片212的物侧面的曲率半径 $R_1$ 与第二镜片212的像侧面的曲率半径 $R_2$ 可以满足： $(R_1+R_2)/(R_1-R_2)=3.718$ 。

[0365] 第一镜片211的阿贝数 $v_{d1}$ 与第二镜片212的阿贝数 $v_{d2}$ 可以满足： $|v_{d1}-v_{d2}|=38$ ，第一镜片211的折射率 $n_{d1}$ 与第二镜片212的折射率 $n_{d2}$ 可以满足： $|n_{d1}-n_{d2}|=0.14$ 。

[0366] 第三镜片213具有负光焦度，第三镜片213的焦距 $f_3$ 与镜头组件21的总焦距 $f$ 的比值可以为： $|f_3/f|=12.59$ 。

[0367] 第二镜片212的阿贝数 $v_{d2}$ 与第三镜片213的阿贝数 $v_{d3}$ 可以满足： $|v_{d2}-v_{d3}|=0$ 。第二镜片212的折射率 $n_{d2}$ 与第三镜片213的折射率 $n_{d3}$ 可以满足： $|n_{d2}-n_{d3}|=0$ 。

[0368] 第四镜片214具有正光焦度，第四镜片214的焦距 $f_4$ 与镜头组件21的总焦距 $f$ 的比值可以为： $|f_4/f|=4.78$ 。

[0369] 第三镜片213的焦距 $f_3$ 与第四镜片214的焦距 $f_4$ 的比值可以为： $|f_3/f_4|=2.63$ 。

[0370] 第五镜片215具有正光焦度，第五镜片215的焦距 $f_5$ 与镜头组件21的总焦距 $f$ 的比值可以为： $|f_5/f|=9.9$ 。

[0371] 第六镜片216具有负光焦度，第六镜片216的焦距 $f_6$ 与镜头组件21的总焦距 $f$ 的比值可以为： $|f_6/f|=2.4$ 。第六镜片216的像侧面的曲率半径 $R_2$ 可以满足： $|f/R_2|=0.943$ 。

[0372] 第七镜片217具有正光焦度，第七镜片217的焦距 $f_7$ 与镜头组件21的总焦距 $f$ 的比值可以为： $|f_7/f|=1.05$ 。

[0373] 第八镜片218具有负光焦度，第八镜片218的物侧面与光轴对应的部分为凹面，第八镜片218的焦距 $f_8$ 与镜头组件21的总焦距 $f$ 的比值可以为： $|f_8/f|=0.69$ 。第八镜片218的像侧面的曲率半径 $R_2$ 可以满足： $|R_2/f|=1.986$ 。

[0374] 下表19示出了本申请实施例七提供的一种镜头组件中各镜片的光学参数。

镜片		R	d	D	nd	vd
L1	R1	2.70	1.22	2.06	1.546	56.13
	R2	20.79	0.05	1.96	-	-
L2	R1	7.38	0.30	1.88	1.687	18.1
	R2	4.25	0.51	1.65	-	-
L3	R1	-13.55	0.30	1.63	1.687	18.1
	R2	-43.85	0.10	1.62	-	-
L4	R1	-129.08	0.58	1.77	1.545	56.13
	R2	-6.44	0.40	1.91	-	-
L5	R1	-5.28	0.40	2.17	1.545	56.13
	R2	-8.77	0.43	2.60	-	-
L6	R1	-5.30	0.46	2.75	1.644	23.5
	R2	-6.51	0.09	3.22	-	-
L7	R1	-8.14	0.48	3.50	1.545	56.13
	R2	-8.47	0.78	3.79	-	-
L8	R1	-11.78	0.52	4.74	1.536	55.61
	R2	-12.20	0.15	5.00	-	-
IR	R1	inf	0.21	5.53	1.516	64.2
	R2	inf	0.36	5.59	-	-

[0376] 其中,L1为第一镜片211,L2为第二镜片212,L3为第三镜片213,L4为第四镜片214,L5为第五镜片215,L6为第六镜片216,L7为第七镜片217,L8为第八镜片218,IR为滤光片22。R1表示镜片的物侧面,R2表示镜片的像侧面。R表示各镜片的物侧面或像侧面的曲率半径,d表示镜片沿光轴方向上的中心厚度以及相邻镜片(与该镜片相邻且邻近像侧的镜片)之间沿光轴方向且在光轴位置处的空气间隔厚度,D表示各镜片的物侧面或像侧面的有效半径,nd表示各镜片的折射率,vd表示各镜片的阿贝数。

[0377] 下表20示出了本申请实施例七提供的一种镜头组件中各镜片的非球面系数。

镜片		类型	K	A4	A6	A8	A10	A12	A14
L1	R1	q-bfs	0	1.58E-01	-7.03E-02	2.81E-02	-6.31E-03	-6.36E-04	2.02E-03
	R2	q-bfs	0	6.77E-02	-3.14E-02	2.42E-02	-1.24E-03	-4.73E-03	7.93E-03
L2	R1	q-bfs	0	-3.60E-01	9.65E-02	-1.04E-02	-9.70E-04	9.11E-04	4.82E-03
	R2	q-bfs	0	-2.74E-01	8.81E-02	-3.22E-02	8.30E-03	1.00E-03	-2.34E-03
L3	R1	q-bfs	0	2.03E-01	2.52E-02	-2.10E-02	1.55E-03	3.69E-03	-2.29E-03
	R2	q-bfs	0	9.18E-02	4.61E-02	-2.06E-02	2.67E-03	1.82E-03	-6.18E-04
L4	R1	q-bfs	0	-1.32E-01	9.62E-02	-2.40E-02	5.04E-03	5.09E-04	-7.58E-04
	R2	q-bfs	0	-7.92E-02	2.16E-01	-1.49E-01	8.94E-02	-4.38E-02	1.56E-02
L5	R1	q-bfs	0	4.78E-01	2.33E-01	-2.45E-01	1.36E-01	-4.38E-02	-1.07E-02
	R2	q-bfs	0	-1.48E-01	2.08E-01	7.97E-02	-3.87E-02	-3.28E-02	2.67E-02
L6	R1	q-bfs	0	2.86E-01	5.23E-01	-1.11E-01	-1.24E-02	6.59E-04	1.75E-02
	R2	q-bfs	0	3.63E-01	4.39E-01	1.07E-01	-4.20E-02	2.57E-02	-2.94E-03
L7	R1	q-bfs	0	-4.30E-01	7.53E-01	3.84E-01	-1.03E-01	-1.17E-02	-5.59E-03
	R2	q-bfs	0	2.17E-01	7.43E-01	-2.32E-01	3.18E-02	4.78E-02	-1.02E-01
L8	R1	q-bfs	0	-1.56E+00	-4.78E-01	7.61E-02	-1.15E-01	-3.78E-02	-2.07E-02
	R2	q-bfs	0	3.05E-01	1.48E-01	5.28E-01	-3.85E-01	1.41E-01	3.76E-02
镜片		A16	A18	A20	A22	A24	A26	A28	A30
L1	R1	-1.93E-03	1.41E-03	-7.91E-04	2.90E-04	-3.74E-05	-3.34E-05	-1.02E-06	0.00E+00
	R2	-3.71E-03	9.44E-04	-2.68E-04	1.50E-04	-1.74E-04	1.78E-04	-3.90E-05	0.00E+00
L2	R1	-3.98E-03	2.35E-03	-1.35E-03	7.07E-04	-3.90E-04	2.67E-04	-1.01E-04	-9.32E-07
	R2	2.06E-03	-1.40E-03	8.16E-04	-4.29E-04	2.35E-04	-1.13E-04	5.50E-05	1.27E-06
L3	R1	1.02E-03	-4.82E-04	3.04E-04	-2.05E-04	1.14E-04	-6.45E-05	7.32E-06	0.00E+00
	R2	1.76E-04	-7.16E-05	8.20E-05	-3.70E-06	1.04E-05	1.81E-05	3.59E-06	0.00E+00
L4	R1	9.42E-04	-5.16E-04	7.97E-05	9.11E-05	1.22E-05	-4.77E-05	2.98E-05	0.00E+00
	R2	-2.47E-03	-1.48E-03	1.92E-03	-1.27E-03	5.96E-04	-1.66E-04	-2.17E-06	0.00E+00
L5	R1	3.86E-02	-3.82E-02	2.64E-02	-1.39E-02	5.71E-03	-1.68E-03	2.73E-04	8.37E-06
	R2	1.10E-02	-7.59E-03	5.81E-04	-1.74E-03	3.70E-03	-2.39E-03	1.02E-03	1.30E-05
L6	R1	4.22E-03	-9.15E-03	-3.73E-03	4.08E-03	1.52E-03	1.06E-04	-3.52E-05	-1.49E-06
	R2	4.02E-02	-2.23E-02	9.30E-03	-1.76E-02	1.85E-02	-1.77E-03	3.86E-03	1.47E-04
L7	R1	2.00E-02	7.85E-03	2.27E-02	-1.12E-03	-5.09E-03	1.19E-03	5.70E-03	1.51E-04
	R2	8.87E-02	-3.03E-02	2.53E-02	1.58E-02	-1.76E-02	7.73E-03	-7.54E-03	-2.32E-04
L8	R1	6.97E-02	6.23E-02	4.47E-02	1.28E-02	-5.08E-04	-4.36E-04	5.55E-04	1.32E-05

[0378]

[0379]	R2	6.00E-02	-2.58E-02	5.10E-02	3.13E-03	1.35E-02	8.88E-03	5.36E-03	1.22E-04
--------	----	----------	-----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

[0380] 结合表20, 镜头组件21中q-bfs类型的各镜片的非球面面向z可以通过以下非球面公式计算:

[0381] 
$$z = \frac{cr^2}{1 + \sqrt{1 - (K+1)c^2r^2}} + \frac{u^2(1-u^2)\sqrt{1-Kc^2r^2}}{\sqrt{1-(K+1)c^2r^2}} \sum_{m=0}^{13} a_m Q_m^{bfs}(u^2)$$

[0382] 其中,z为非球面的矢高,r为非球面的径向坐标,c为非球面顶点球曲率,K为二次曲面常数,A4、A6、...A30为非球面系数,分别对应于a1、a2、...a13。根据获得的非球面矢高等可以对各镜片进行仿真最终获得如图28所示的摄像头模组20。

[0383] 由上述各镜片组成的镜头组件21的光学参数可以参见下表21所示,表21示出了本申请实施例七提供的一种镜头组件的光学参数。

[0384]	焦距f	6.14mm
	光圈数F值	1.4
	全像高IH	11.6mm
	总长度TTL	7.3mm
	波长	650nm,610nm,555nm,510nm,470nm

[0385] 由表21可知,本申请实施例七提供的镜头组件21具有大光圈、大靶面的特性,且具有较小的总长度。

[0386] 图29为本申请实施例七提供的一种镜头组件的离焦曲线图,参见图29所示,根据离焦曲线,可获得不同视场下的成像质量(100lp/mm)仿真结果。由图29可知,本申请实施例七提供的镜头组件21在短焦位置的成像质量在T,S方向控制大于0.4,具有很好的成像质量。

[0387] 图30为本申请实施例七提供的一种镜头组件的横向色差曲线图,其中,图30中示例的横向色差为650nm,610nm,555nm,510nm,470nm的光经过镜头组件21后的横向色差。由图30可知,光经过镜头组件21后的横向色差范围在衍射极限内,具有较小的色差。

[0388] 图31a为本申请实施例七提供的一种镜头组件的纵向色差曲线图,其中,图31a中示例的纵向色差为650nm,610nm,555nm,510nm,470nm的光经过镜头组件21后的纵向色差。图31b为本申请实施例七提供的一种镜头组件的场曲图,图31c为本申请实施例七提供的一种镜头组件的畸变曲线图。

[0389] 由图31a可知,光经过镜头组件21后的纵向色差较小。由图31b和图31c可知,经过镜头组件21成像的畸变量也较小,成像形状与理想形状差异小,如图31c中所示,镜头组件21长焦位置畸变控制也在3%范围内。

[0390] 实施例八

[0391] 图32为本申请实施例八提供的一种摄像头模组的仿真结构示意图。

[0392] 本实施例中,参见图32所示,镜头组件21包括的镜片数量 $N=8$ ,沿着光轴(图中虚线)方向,从物侧至像侧,依次为第一镜片211、第二镜片212、第三镜片213、第四镜片214、第五镜片215、第六镜片216、第七镜片217和第八镜片218。

[0393] 其中,镜头组件21的全像高IH、镜头组件21的总长度TTL以及镜头组件21的光圈数F#满足: $IH/(TTL \times F\#) = 1.135$ 。

[0394] 第一镜片211具有正光焦度,第一镜片211的物侧面与光轴对应的部分为凸面,第一镜片211的像侧面与光轴对应的部分为凹面。第一镜片211的焦距 $f_1$ 与镜头组件21的总焦距 $f$ 的比值可以为: $|f_1/f| = 0.97$ 。

[0395] 第一镜片211的折射率 $n_{d1} = 1.546$ ,第一镜片211的阿贝数 $v_{d1} = 56.13$ 。

[0396] 第二镜片212具有负光焦度,第二镜片212的物侧面与光轴对应的部分为凸面,第二镜片212的像侧面与光轴对应的部分为凹面。第二镜片212的焦距 $f_2$ 与镜头组件21的总焦距 $f$ 的比值可以为: $|f_2/f| = 3.2$ 。

[0397] 第二镜片212的物侧面的曲率半径 $R_1$ 与第二镜片212的像侧面的曲率半径 $R_2$ 可以满足: $(R_1+R_2)/(R_1-R_2) = 3.99$ 。

[0398] 第一镜片211的阿贝数 $vd_1$ 与第二镜片212的阿贝数 $vd_2$ 可以满足： $|vd_1 - vd_2| = 38$ ，第一镜片211的折射率 $nd_1$ 与第二镜片212的折射率 $nd_2$ 可以满足： $|nd_1 - nd_2| = 0.14$ 。

[0399] 第三镜片213具有负光焦度，第三镜片213的焦距 $f_3$ 与镜头组件21的总焦距 $f$ 的比值可以为： $|f_3/f| = 12.8$ 。

[0400] 第二镜片212的阿贝数 $vd_2$ 与第三镜片213的阿贝数 $vd_3$ 可以满足： $|vd_2 - vd_3| = 0$ 。第二镜片212的折射率 $nd_2$ 与第三镜片213的折射率 $nd_3$ 可以满足： $|nd_2 - nd_3| = 0$ 。

[0401] 第四镜片214具有正光焦度，第四镜片214的焦距 $f_4$ 与镜头组件21的总焦距 $f$ 的比值可以为： $|f_4/f| = 9.57$ 。

[0402] 第三镜片213的焦距 $f_3$ 与第四镜片214的焦距 $f_4$ 的比值可以为： $|f_3/f_4| = 1.338$ 。

[0403] 第五镜片215具有正光焦度，第五镜片215的焦距 $f_5$ 与镜头组件21的总焦距 $f$ 的比值可以为： $|f_5/f| = 4.53$ 。

[0404] 第六镜片216具有负光焦度，第六镜片216的焦距 $f_6$ 与镜头组件21的总焦距 $f$ 的比值可以为： $|f_6/f| = 1.92$ 。第六镜片216的像侧面的曲率半径 $R_2$ 可以满足： $|f/R_2| = 0.953$ 。

[0405] 第七镜片217具有正光焦度，第七镜片217的焦距 $f_7$ 与镜头组件21的总焦距 $f$ 的比值可以为： $|f_7/f| = 0.916$ 。

[0406] 第八镜片218具有负光焦度，第八镜片218的物侧面与光轴对应的部分为凹面，第八镜片218的焦距 $f_8$ 与镜头组件21的总焦距 $f$ 的比值可以为： $|f_8/f| = 0.68$ 。第八镜片218的像侧面的曲率半径 $R_2$ 可以满足： $|R_2/f| = 0.865$ 。

[0407] 下表22示出了本申请实施例八提供的一种镜头组件中各镜片的光学参数。

镜片		R	d	D	nd	vd
L1	R1	2.68	1.20	2.05	1.546	56.13
	R2	20.51	0.09	1.95	-	-
L2	R1	6.96	0.30	1.84	1.687	18.1
	R2	4.17	0.49	1.62	-	-
L3	R1	-12.37	0.30	1.60	1.687	18.1
	R2	-40.04	0.07	1.69	-	-
L4	R1	-42.46	0.55	1.80	1.545	56.13
	R2	-5.96	0.40	1.95	-	-
L5	R1	-5.64	0.42	2.23	1.545	56.13
	R2	-7.87	0.57	2.64	-	-
L6	R1	-5.66	0.44	2.97	1.644	23.5
	R2	-6.44	0.08	3.35	-	-

[0408]

[0409]	L7	R1	2.47	0.47	4.00	1.545	56.13
		R2	11.80	0.71	4.25	-	-
	L8	R1	-4.03	0.51	4.84	1.536	55.61
		R2	5.31	0.26	5.05	-	-
	IR	R1	inf	0.21	5.58	1.516	64.2
		R2	inf	0.23	5.64	-	-

[0410] 其中,L1为第一镜片211,L2为第二镜片212,L3为第三镜片213,L4为第四镜片214,L5为第五镜片215,L6为第六镜片216,L7为第七镜片217,L8为第八镜片218,IR为滤光片22。R1表示镜片的物侧面,R2表示镜片的像侧面。R表示各镜片的物侧面或像侧面的曲率半径,d表示镜片沿光轴方向上的中心厚度以及相邻镜片(与该镜片相邻且邻近像侧的镜片)之间沿光轴方向且在光轴位置处的空气间隔厚度,D表示各镜片的物侧面或像侧面的有效半径,nd表示各镜片的折射率,vd表示各镜片的阿贝数。

[0411] 下表23示出了本申请实施例八提供的一种镜头组件中各镜片的非球面系数。

镜片		类型	K	A4	A6	A8	A10	A12	A14
L1	R1	q-bfs	0	1.48E-01	-6.37E-02	2.49E-02	-6.65E-03	1.54E-03	-6.72E-04
	R2	q-bfs	0	6.93E-02	-1.59E-02	2.00E-02	-7.24E-03	4.75E-03	1.52E-04
L2	R1	q-bfs	0	-3.54E-01	1.10E-01	-1.93E-02	2.20E-03	5.12E-03	-1.83E-03
	R2	q-bfs	0	-2.46E-01	7.93E-02	-2.98E-02	1.21E-02	-2.57E-03	1.32E-04
L3	R1	q-bfs	0	2.21E-01	1.33E-02	-2.03E-02	5.62E-03	4.95E-04	-7.98E-04
	R2	q-bfs	-28.04937906	5.71E-02	6.83E-02	-2.69E-02	4.52E-03	6.11E-04	-1.28E-03
L4	R1	q-bfs	67.09339371	-1.39E-01	8.21E-02	-1.55E-02	8.01E-03	-9.35E-04	-4.44E-03
	R2	q-bfs	-6.015124955	-3.49E-02	2.08E-01	-1.41E-01	8.47E-02	-3.21E-02	-2.03E-03
L5	R1	q-bfs	0	6.28E-01	2.49E-01	-2.78E-01	1.25E-01	4.16E-03	-6.08E-02
	R2	q-bfs	0	-6.04E-03	2.07E-01	1.15E-01	-1.26E-01	2.85E-02	1.64E-02
L6	R1	q-bfs	0	3.24E-01	6.79E-01	-1.03E-01	-8.28E-02	1.13E-01	-6.77E-02
	R2	q-bfs	-0.028978692	3.98E-01	7.15E-01	-4.38E-02	3.92E-02	4.33E-02	-2.21E-02
L7	R1	q-bfs	-1.011051216	-5.02E+00	1.39E+00	-3.71E-01	4.31E-02	3.22E-02	8.20E-03
	R2	q-bfs	0.5960964	-1.68E+00	1.03E-01	-5.22E-02	-4.68E-02	3.30E-02	3.22E-02
L8	R1	q-bfs	-0.778777729	2.67E+00	-1.72E-01	-8.43E-02	9.20E-02	-6.70E-02	5.80E-02
	R2	q-bfs	-20.45083059	-2.37E+00	7.04E-01	-1.58E-01	5.49E-02	-9.77E-02	4.56E-02
镜片		A16	A18	A20	A22	A24	A26	A28	A30
L1	R1	4.41E-04	-1.54E-04	-9.56E-05	2.22E-04	-2.52E-04	1.60E-04	-5.02E-05	-3.23E-05
	R2	-9.69E-04	9.19E-04	-6.86E-04	3.33E-04	-1.58E-04	6.17E-05	3.27E-05	-2.13E-05
L2	R1	6.79E-04	-1.09E-04	-1.56E-04	1.14E-04	-1.05E-04	7.70E-05	-2.46E-05	-1.52E-05
	R2	6.13E-04	-6.82E-04	5.08E-04	-3.65E-04	2.81E-04	-1.55E-04	6.94E-05	-7.50E-07
L3	R1	4.30E-04	-1.70E-04	1.04E-04	-7.25E-05	4.72E-05	-3.13E-05	7.28E-06	-1.96E-05
	R2	1.66E-03	-6.87E-04	4.39E-05	5.60E-05	6.35E-05	-3.99E-06	9.80E-06	-2.26E-06
L4	R1	3.65E-03	-3.96E-04	-4.94E-04	2.75E-05	1.60E-04	-5.23E-05	9.00E-05	-1.15E-04
	R2	1.50E-02	-1.52E-02	1.14E-02	-6.97E-03	3.61E-03	-1.50E-03	4.68E-04	-5.09E-05



[0413]	L5	R1	6.25E-02	-3.34E-02	5.36E-03	9.27E-03	-1.12E-02	7.43E-03	-3.12E-03	7.69E-04
		R2	1.06E-04	-4.67E-03	3.17E-03	9.91E-04	-2.76E-03	2.37E-03	-8.14E-04	2.71E-04
	L6	R1	2.26E-02	2.09E-02	-1.57E-02	-5.81E-03	1.22E-02	-2.33E-03	-7.93E-04	3.59E-04
		R2	3.30E-02	-2.11E-03	1.68E-03	5.90E-04	2.83E-03	1.46E-02	-5.13E-03	2.07E-03
	L7	R1	-2.82E-02	1.70E-02	-5.40E-03	8.37E-04	-1.12E-03	2.61E-03	-1.96E-03	4.38E-04
		R2	-2.75E-03	3.38E-03	4.26E-03	5.09E-04	-2.07E-03	-1.63E-03	7.11E-04	-6.34E-04
	L8	R1	-5.23E-02	3.10E-02	-7.49E-03	-4.94E-03	2.82E-03	-2.20E-03	-1.58E-03	7.00E-04
		R2	-1.07E-02	1.35E-02	-9.77E-03	5.67E-03	1.81E-04	2.10E-04	-7.82E-04	1.16E-04

[0414] 结合表23,镜头组件21中q-bfs类型的各镜片的非球面面向z可以通过以下非球面公式计算:

$$z = \frac{cr^2}{1 + \sqrt{1 - (K+1)c^2r^2}} + \frac{u^2(1-u^2)\sqrt{1-Kc^2r^2}}{\sqrt{1-(K+1)c^2r^2}} \sum_{m=0}^{13} a_m Q_m^{bfs}(u^2)$$

[0416] 其中,z为非球面的矢高,r为非球面的径向坐标,c为非球面顶点球曲率,K为二次曲面常数,A4、A6、...A30为非球面系数,分别对应于a1、a2、...a13。根据获得的非球面矢高等可以对各镜片进行仿真最终获得如图32所示的摄像头模组20。

[0417] 由上述各镜片组成的镜头组件21的光学参数可以参见下表24所示,表24示出了本申请实施例八提供的一种镜头组件的光学参数。

[0418]	焦距f	6.14mm
	光圈数F值	1.4
	全像高IH	11.6mm
	总长度TTL	7.3mm
	波长	650nm,610nm,555nm,510nm,470nm

[0419] 由表24可知,本申请实施例八提供的镜头组件21具有大光圈、大靶面的特性,且具有较小的总长度。

[0420] 图33为本申请实施例八提供的一种镜头组件的离焦曲线图,参见图33所示,根据离焦曲线,可获得不同视场下的成像质量(100lp/mm)仿真结果。由图33可知,本申请实施例八提供的镜头组件21在短焦位置的成像质量在T,S方向控制大于0.3,具有很好的成像质量。

[0421] 图34为本申请实施例八提供的一种镜头组件的横向色差曲线图,其中,图34中示例的横向色差为650nm,610nm,555nm,510nm,470nm的光经过镜头组件21后的横向色差。由图34可知,光经过镜头组件21后的横向色差范围在衍射极限内,具有较小的色差。

[0422] 图35a为本申请实施例八提供的一种镜头组件的纵向色差曲线图,其中,图35a中示例的纵向色差为650nm,610nm,555nm,510nm,470nm的光经过镜头组件21后的纵向色差。图35b为本申请实施例八提供的一种镜头组件的场曲图,图35c为本申请实施例八提供的一种镜头组件的畸变曲线图。

[0423] 由图35a可知,光经过镜头组件21后的纵向色差较小。由图35b和图35c可知,经过镜头组件21成像的畸变量也较小,成像形状与理想形状差异小,如图35c中所示,镜头组件21长焦位置畸变控制也在3%范围内。

[0424] 在本申请实施例的描述中,需要说明的是,除非另有明确的规定和限定,术语“安装”、“相连”、“连接”应作广义理解,例如,可以是固定连接,也可以是通过中间媒介间接相连,可以是两个元件内部的连通或者两个元件的相互作用关系。对于本领域的普通技术人员而言,可以根据具体情况理解上述术语在本申请实施例中的具体含义。术语“第一”、“第二”、“第三”、“第四”等(如果存在)是用于区别类似的对象,而不必用于描述特定的顺序或先后次序。

[0425] 最后应说明的是:以上各实施例仅用以说明本申请实施例的技术方案,而非对其限制;尽管参照前述各实施例对本申请实施例进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分或者全部技术特征进行等同替换;而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本申请实施例各实施例技术方案的范围。

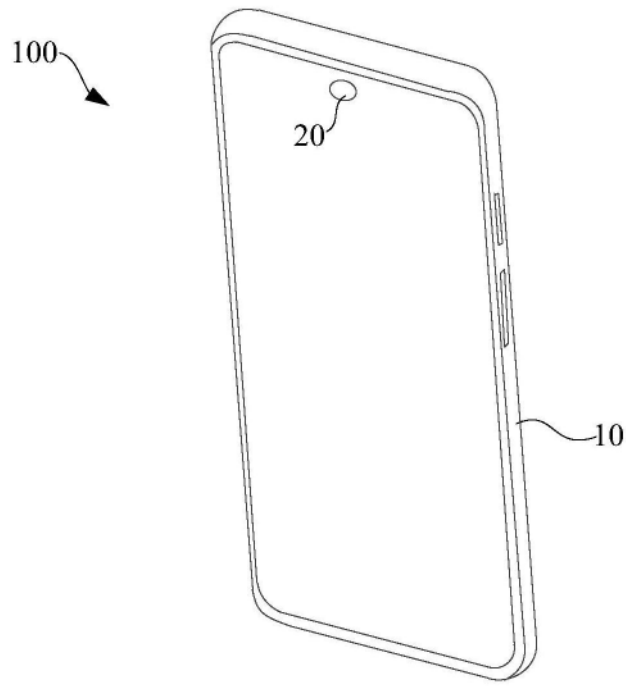


图1

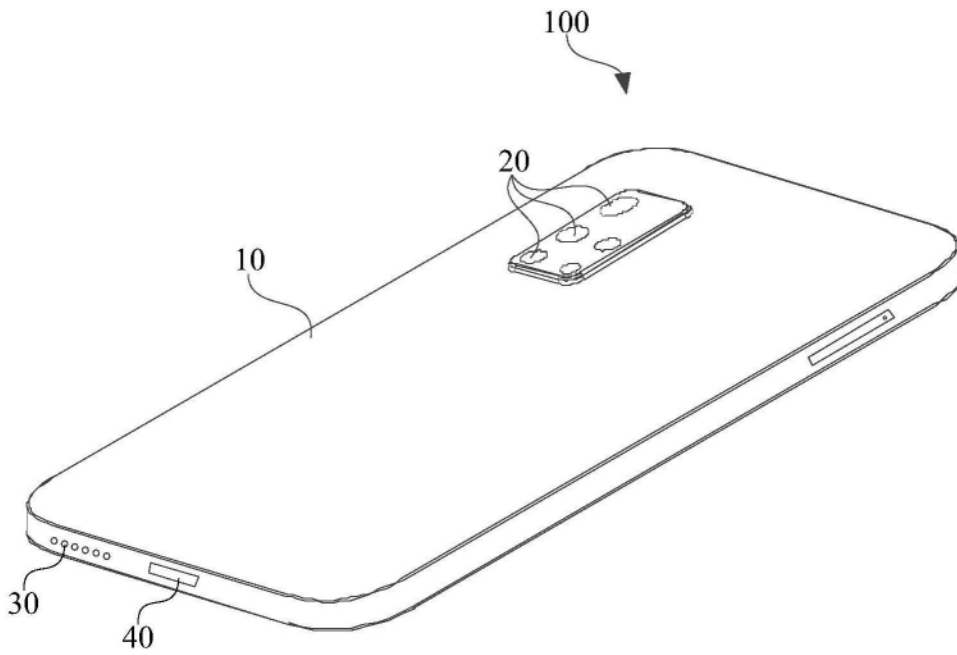


图2

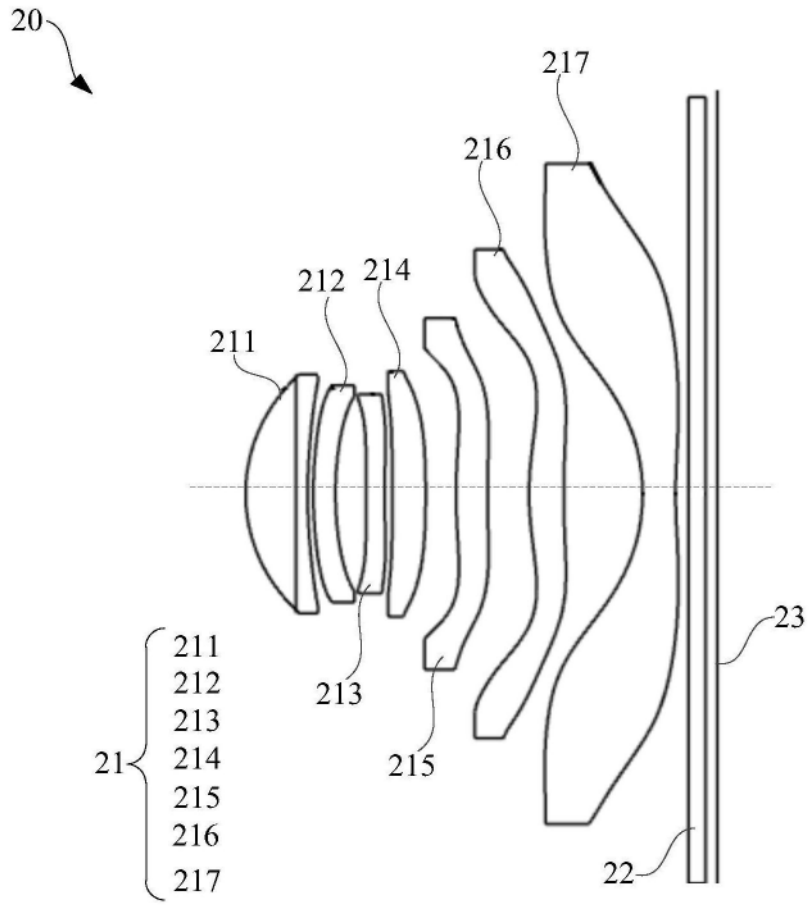


图3

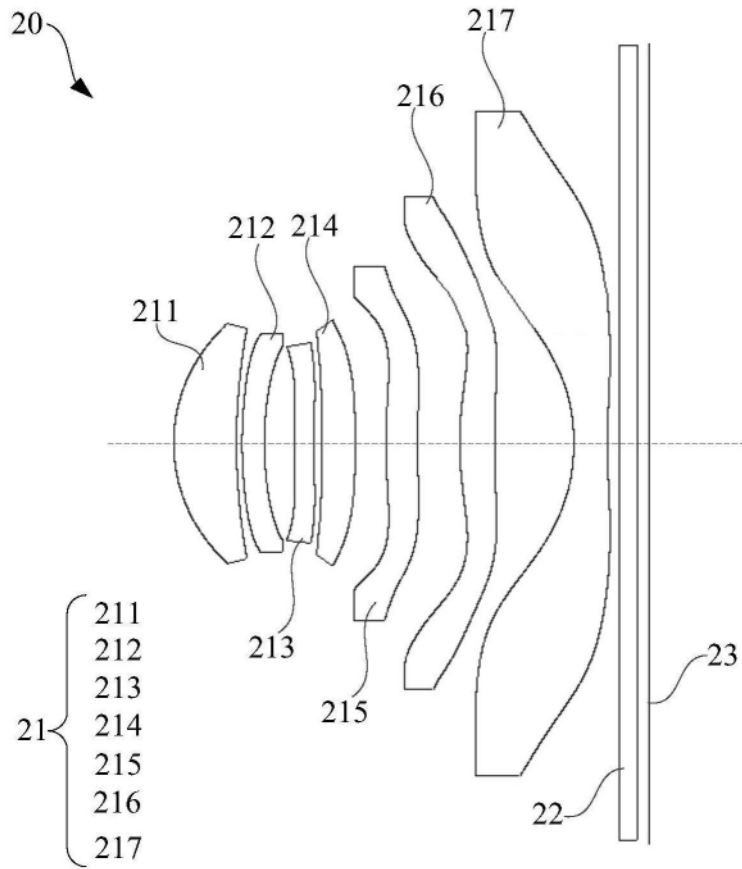


图4

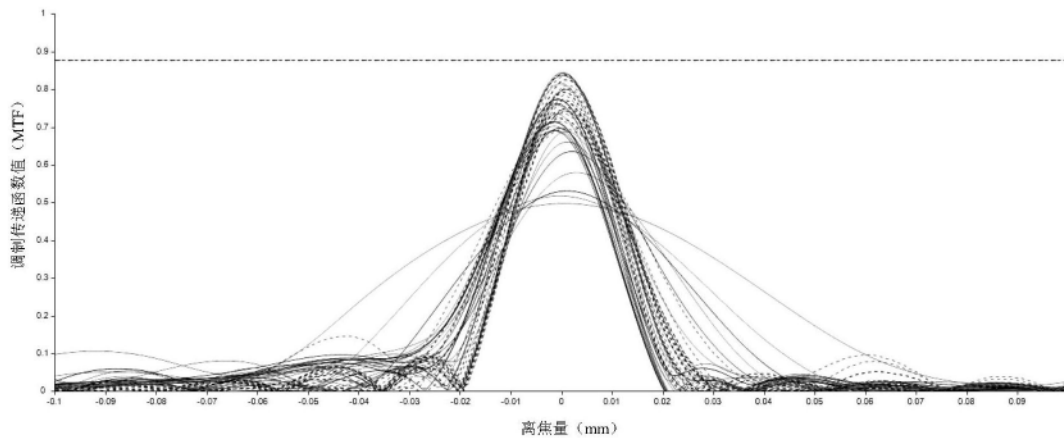


图5

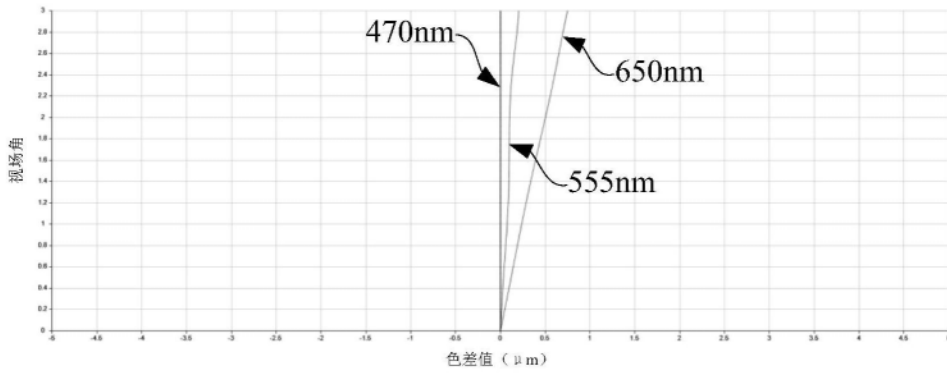


图6

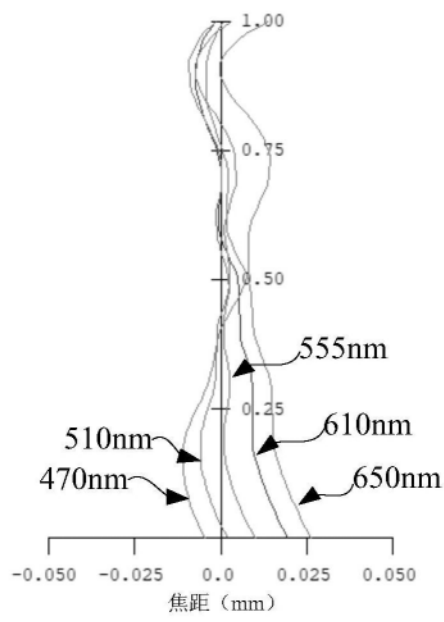


图7a

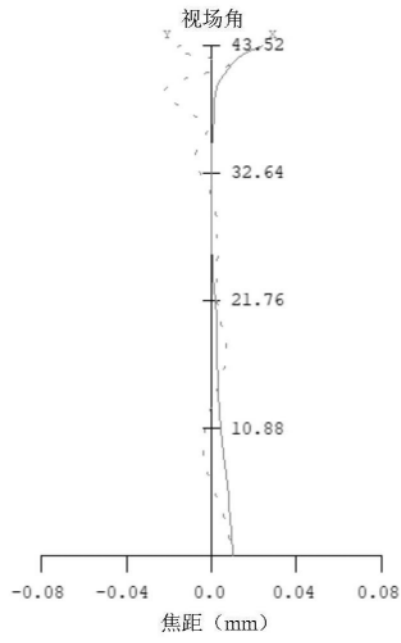


图7b

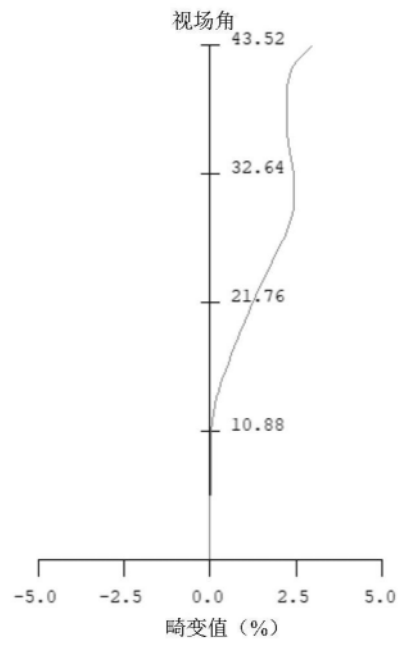


图7c

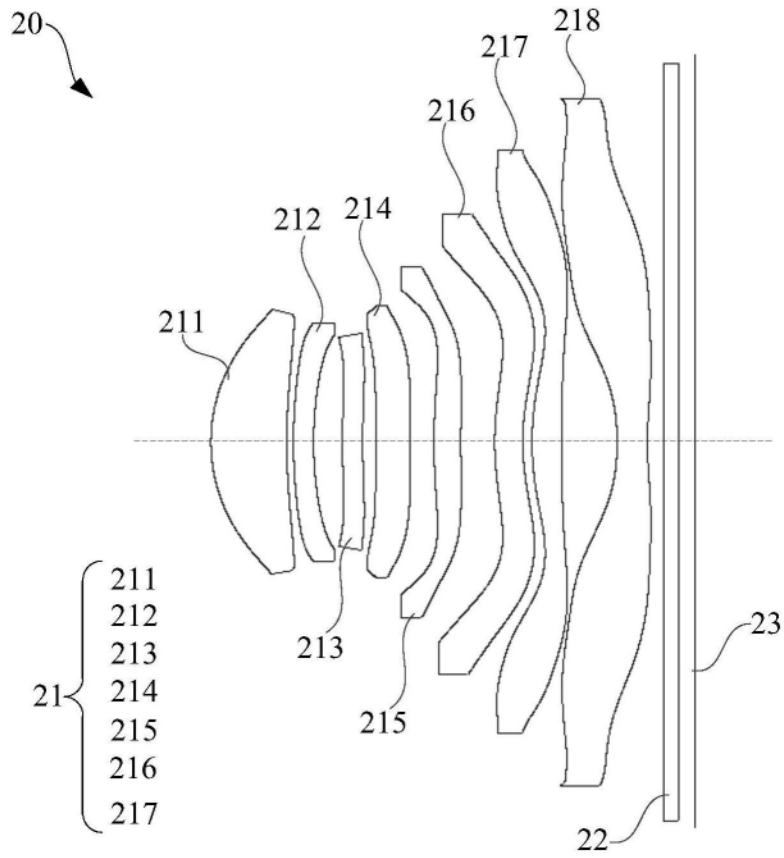


图8

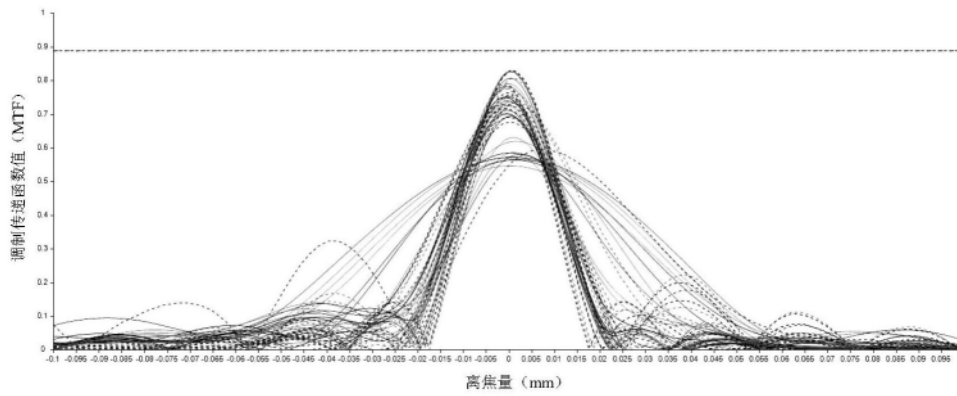


图9



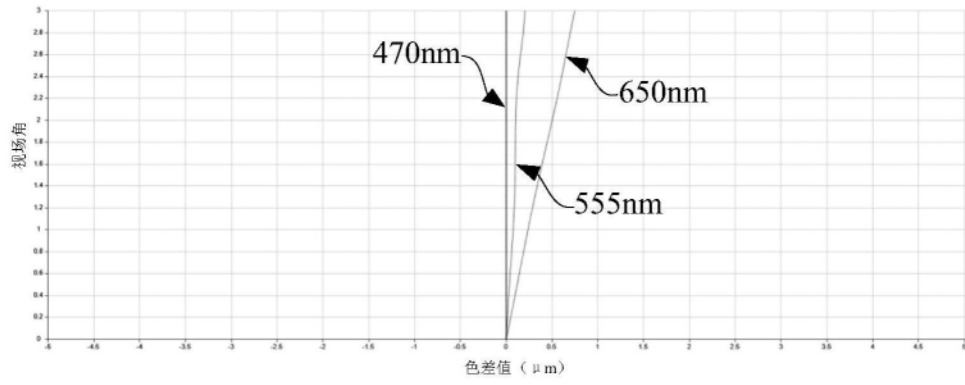


图10

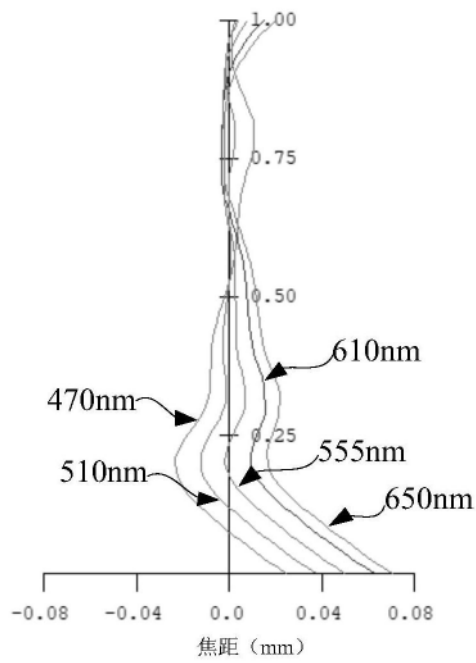


图11a

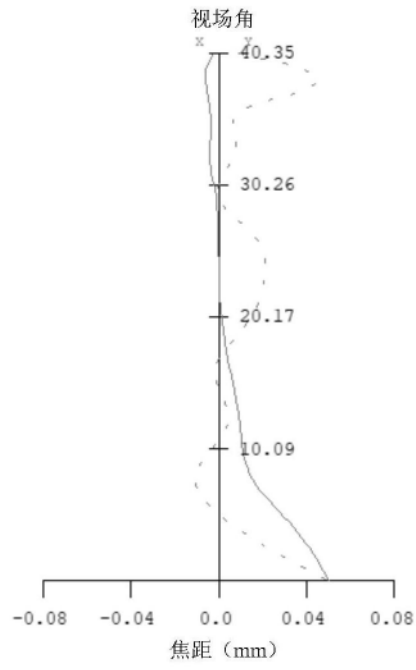


图11b

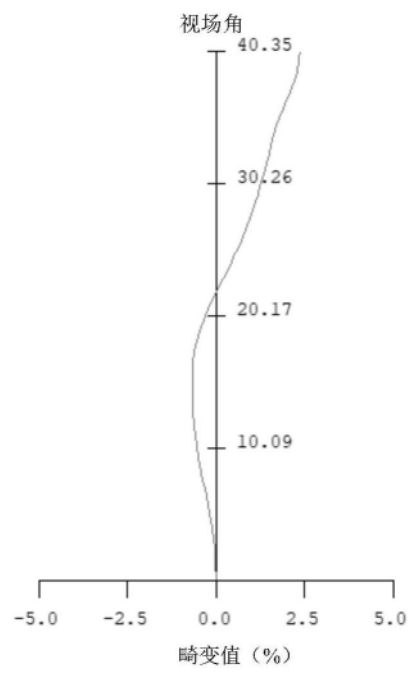


图11c

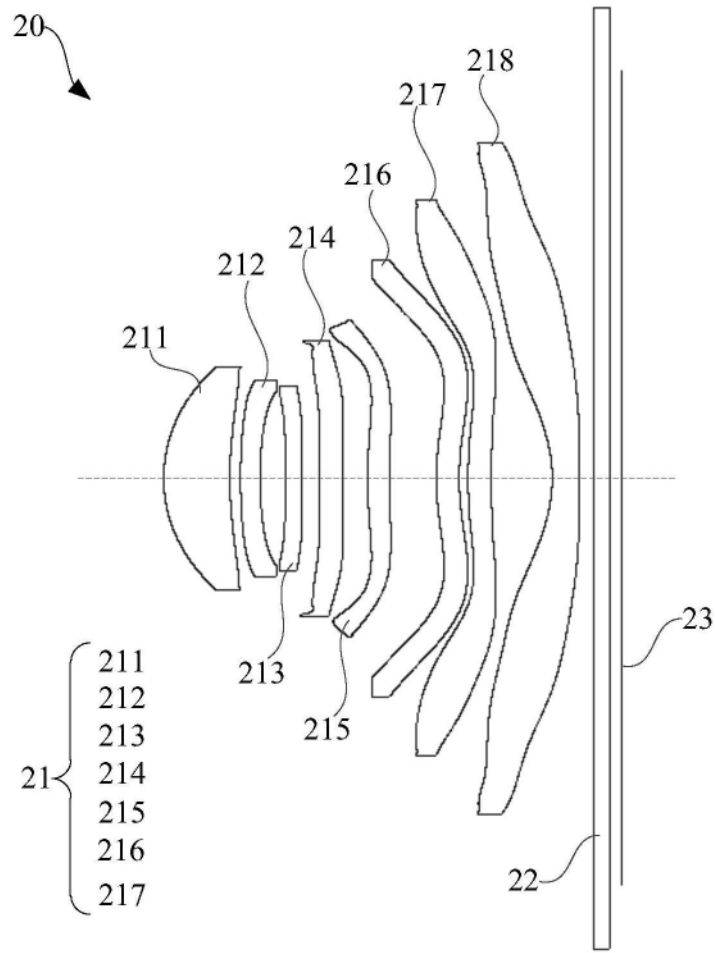


图12

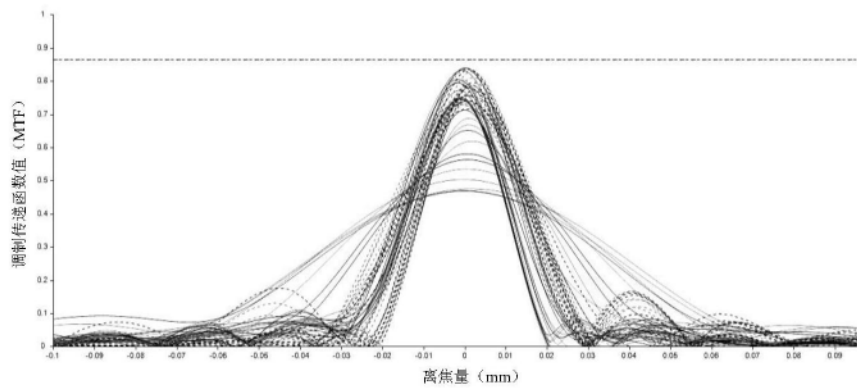


图13

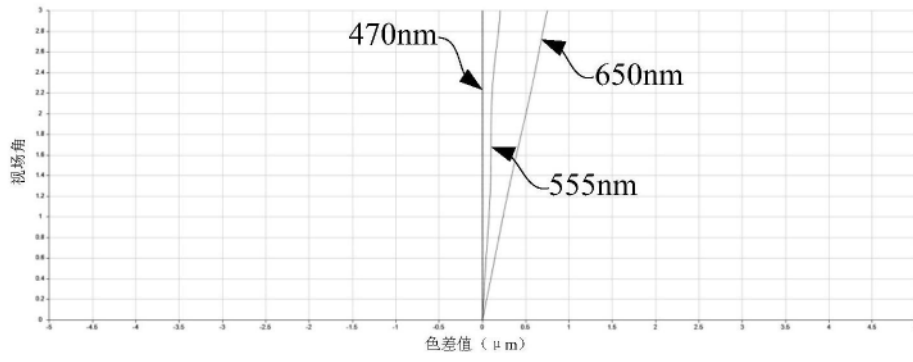


图14

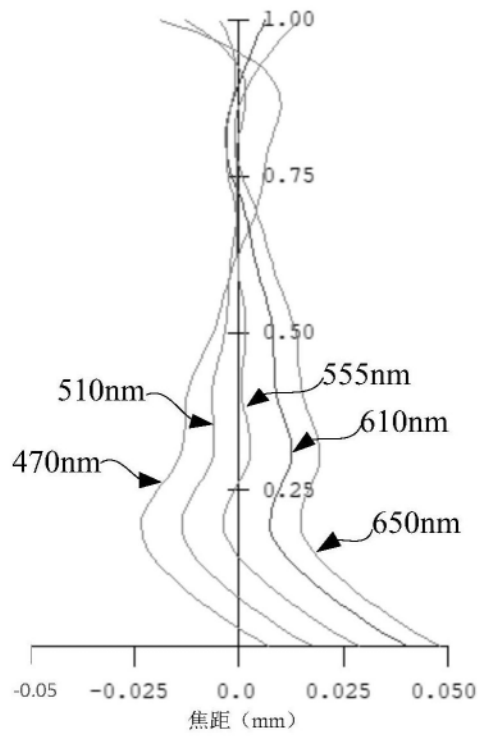


图15a

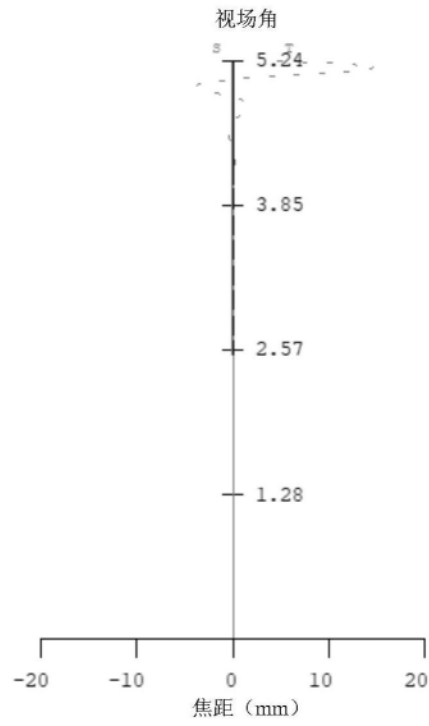


图15b

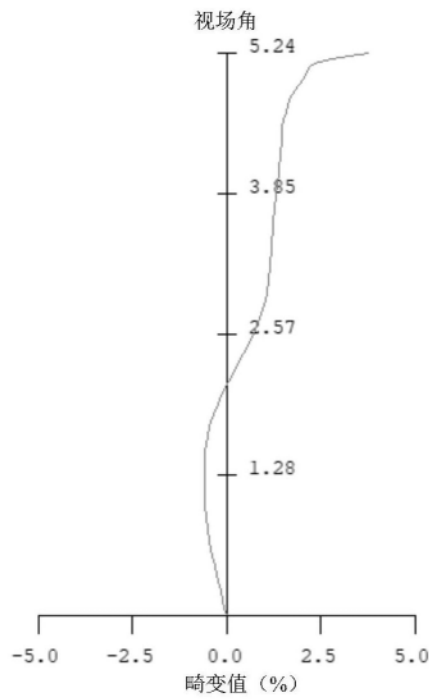


图15c

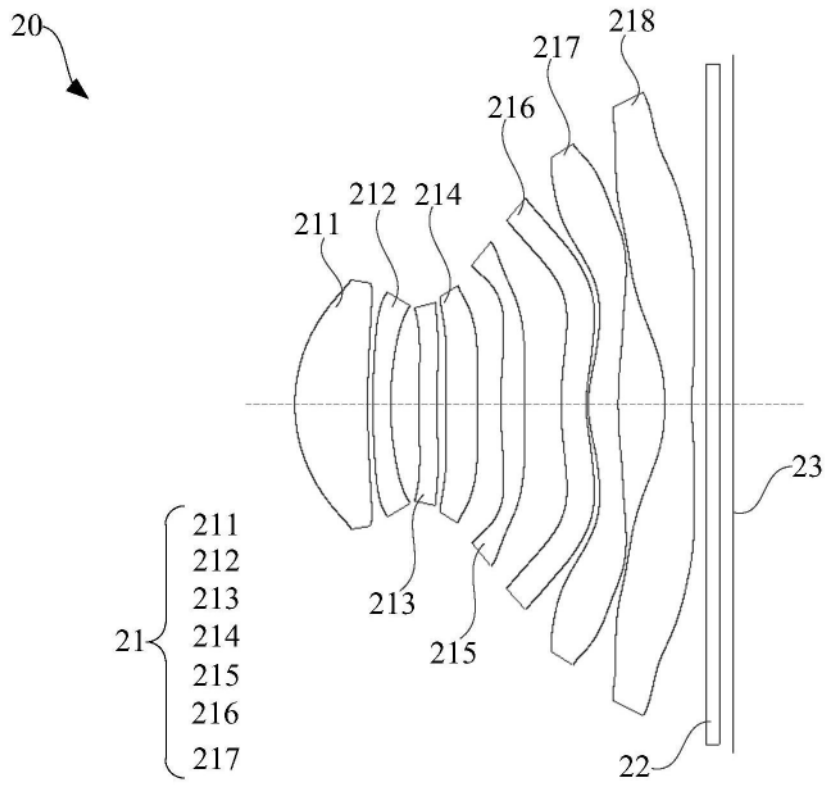


图16

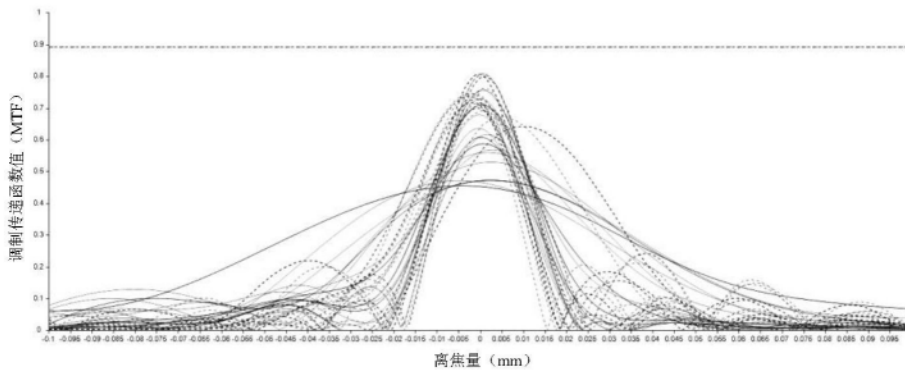


图17

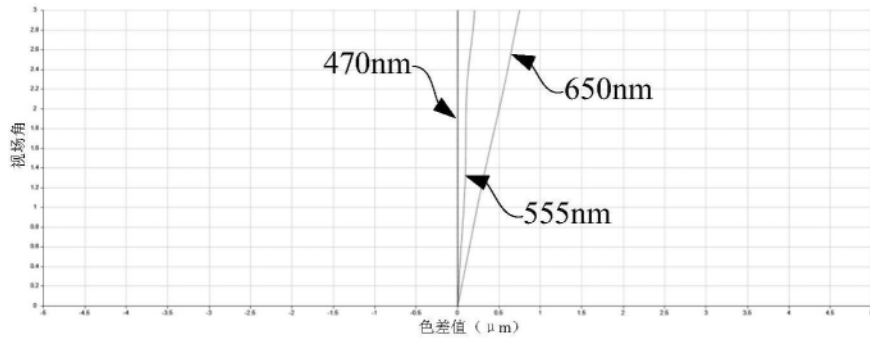


图18

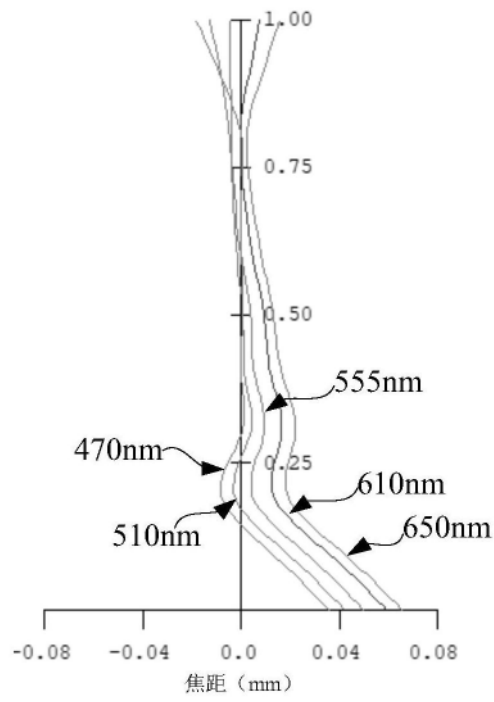


图19a

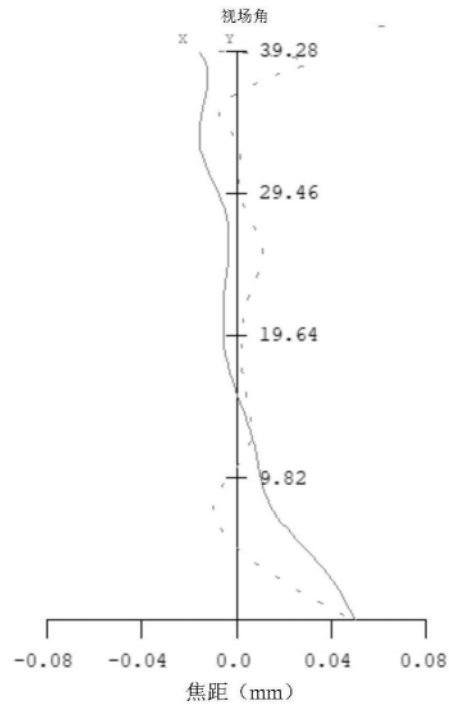


图19b

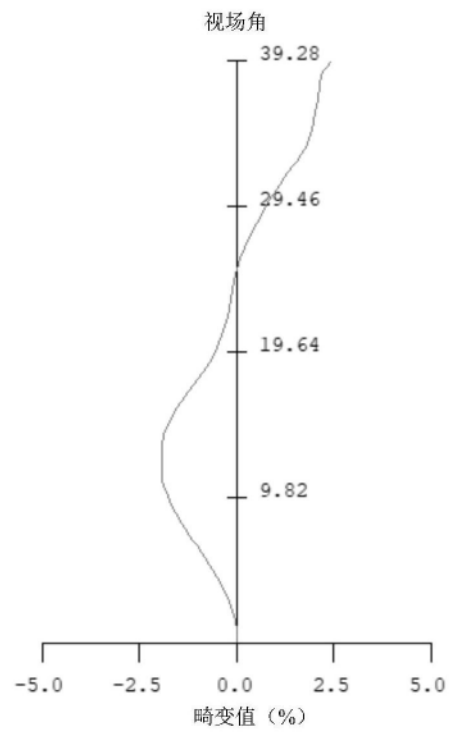


图19c



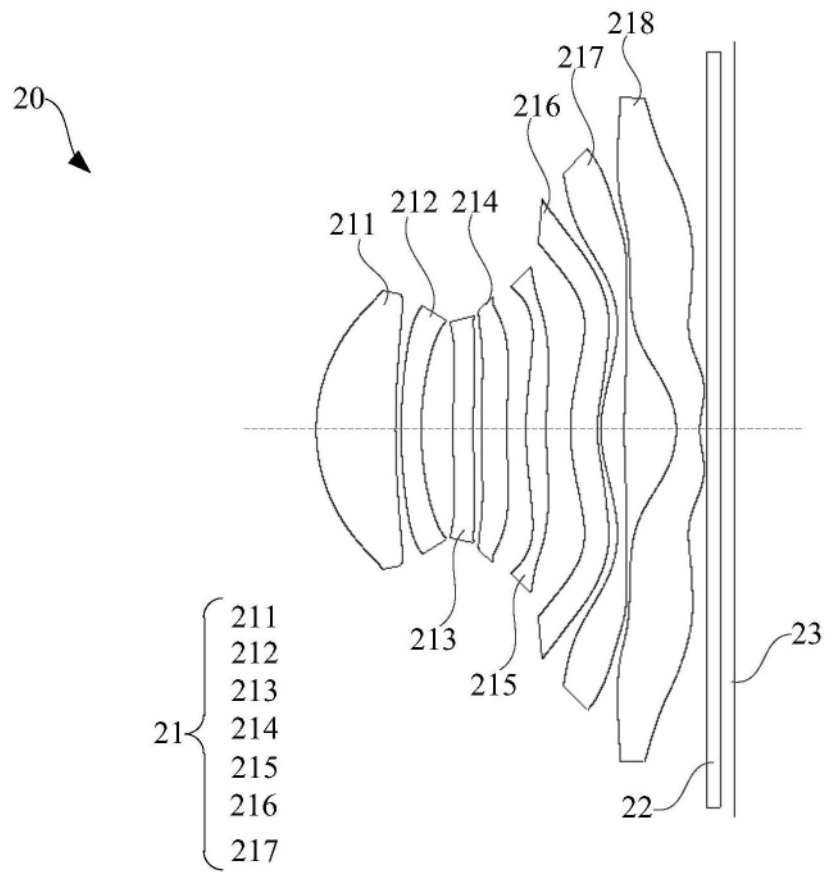


图20

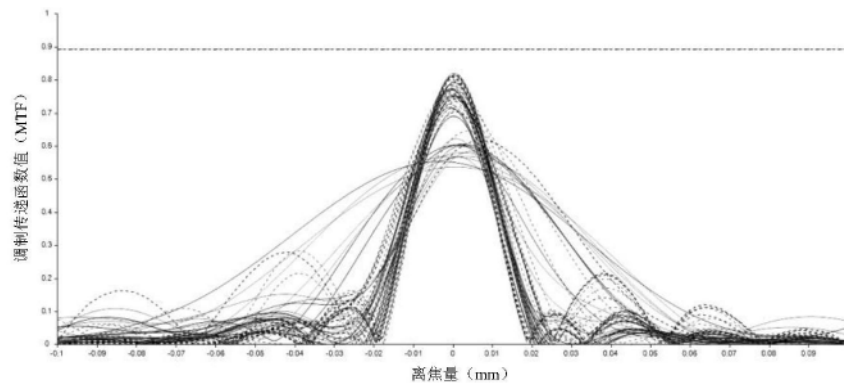


图21

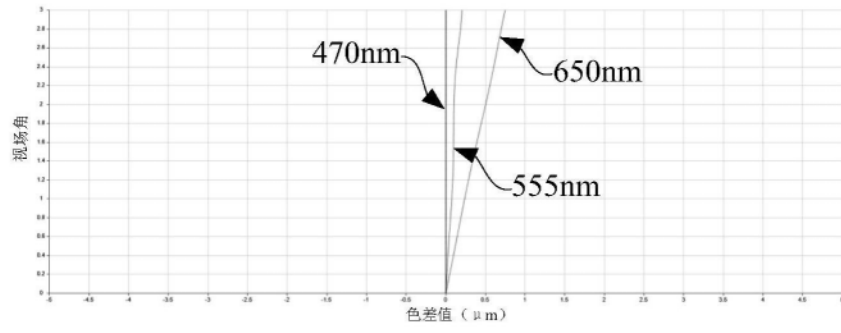


图22

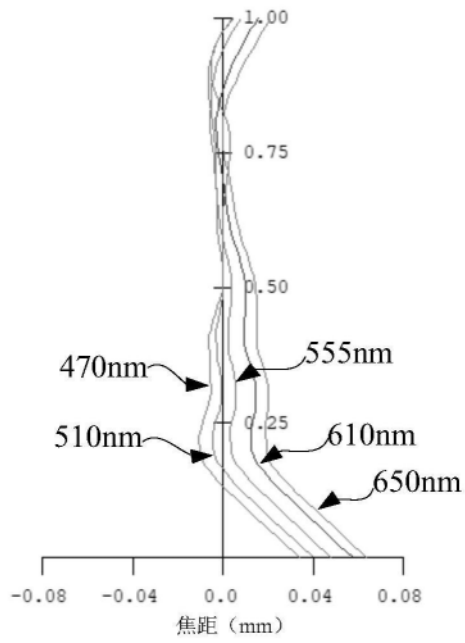


图23a

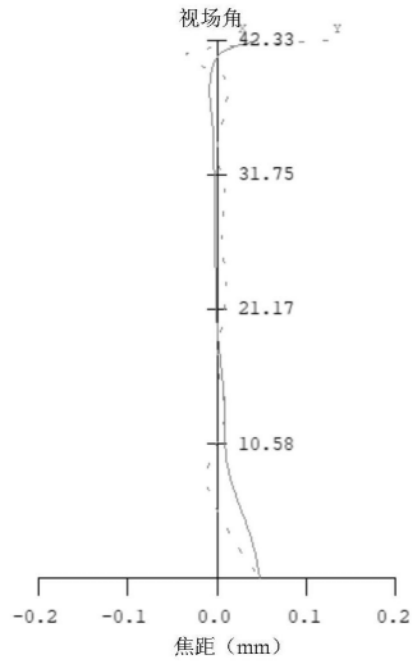


图23b

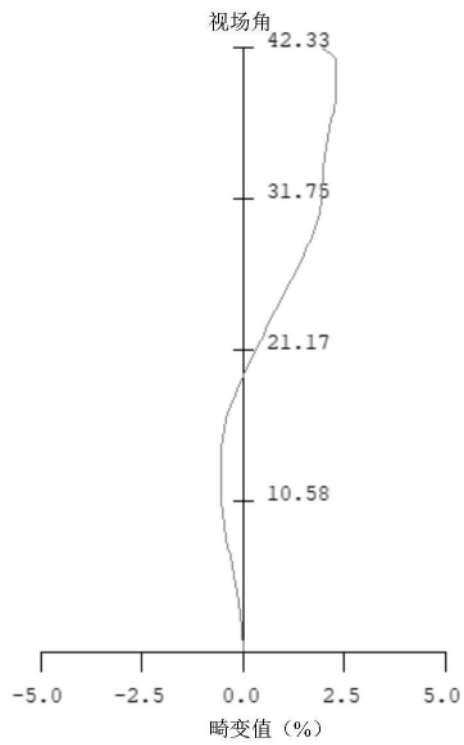


图23c

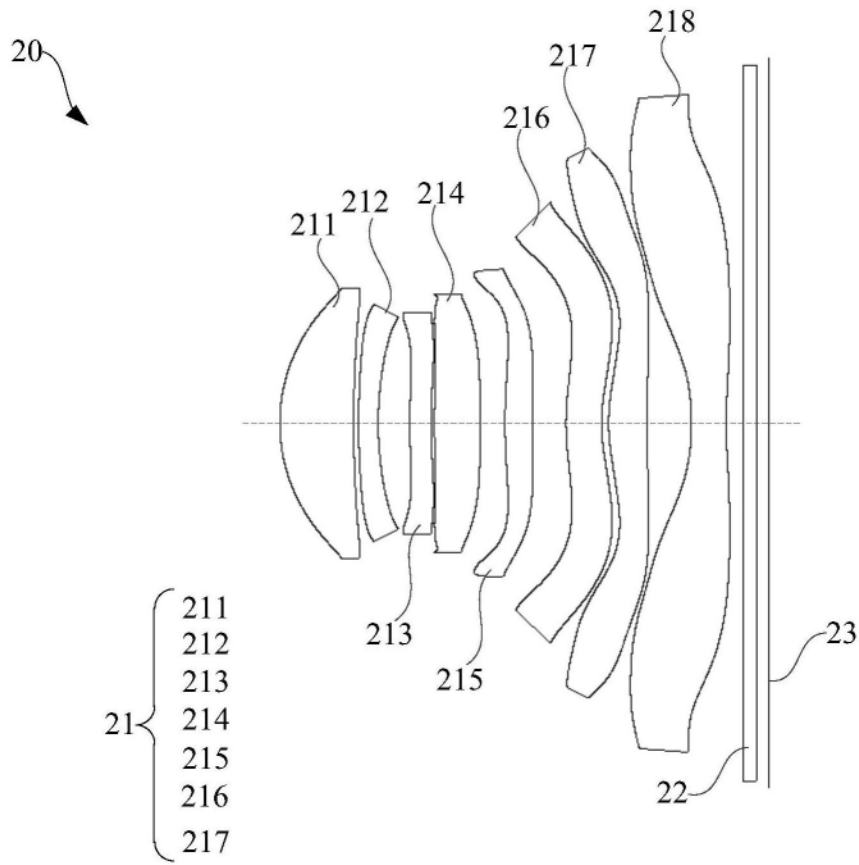


图24

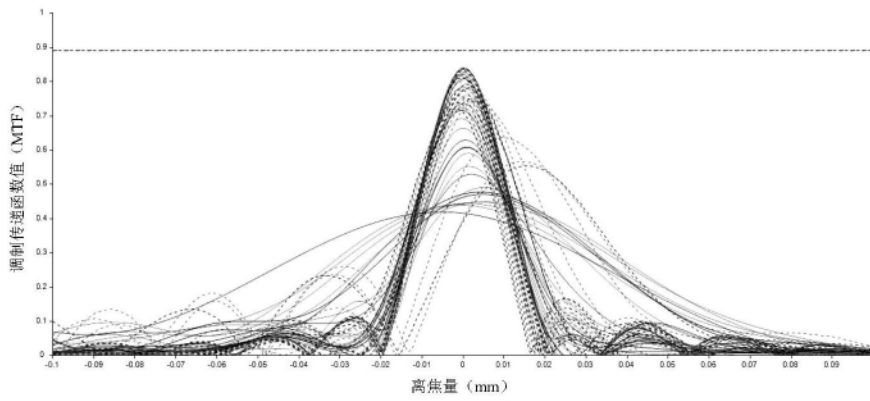


图25

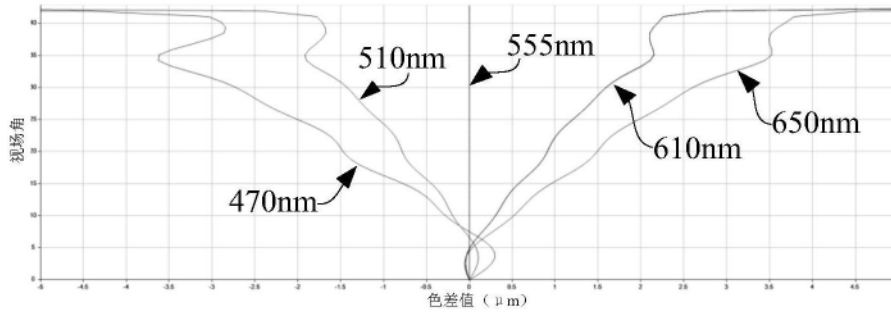


图26

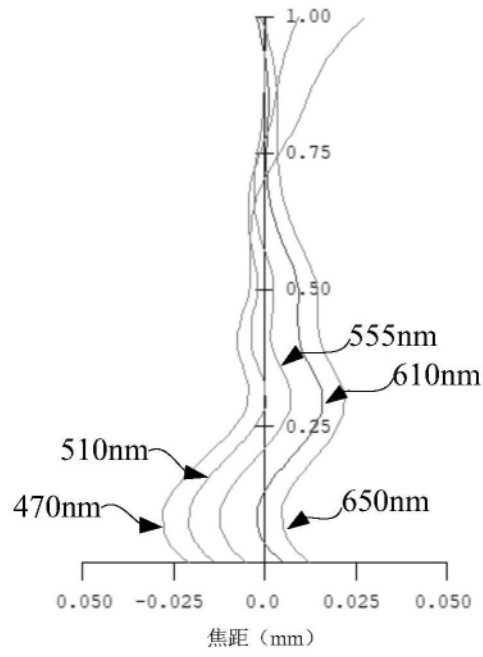


图27a

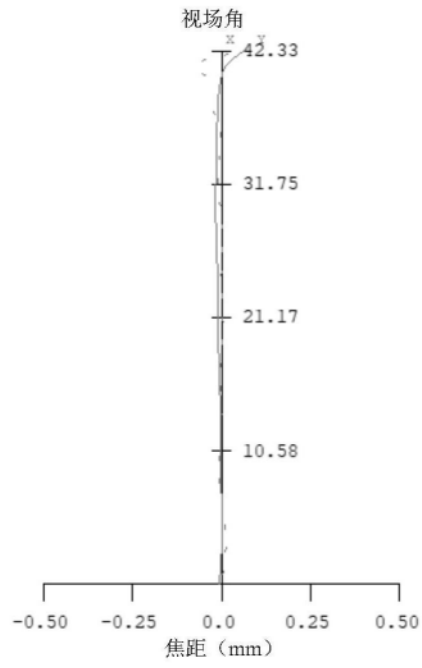


图27b

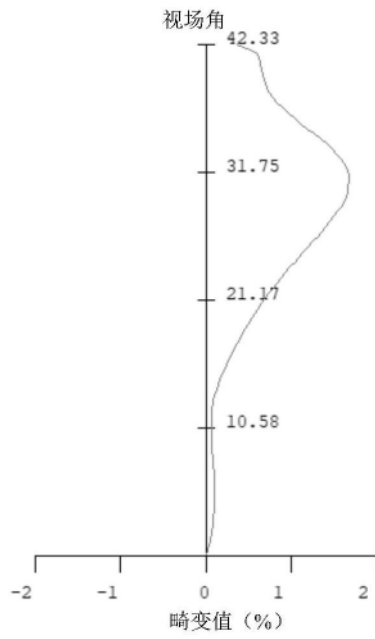


图27c

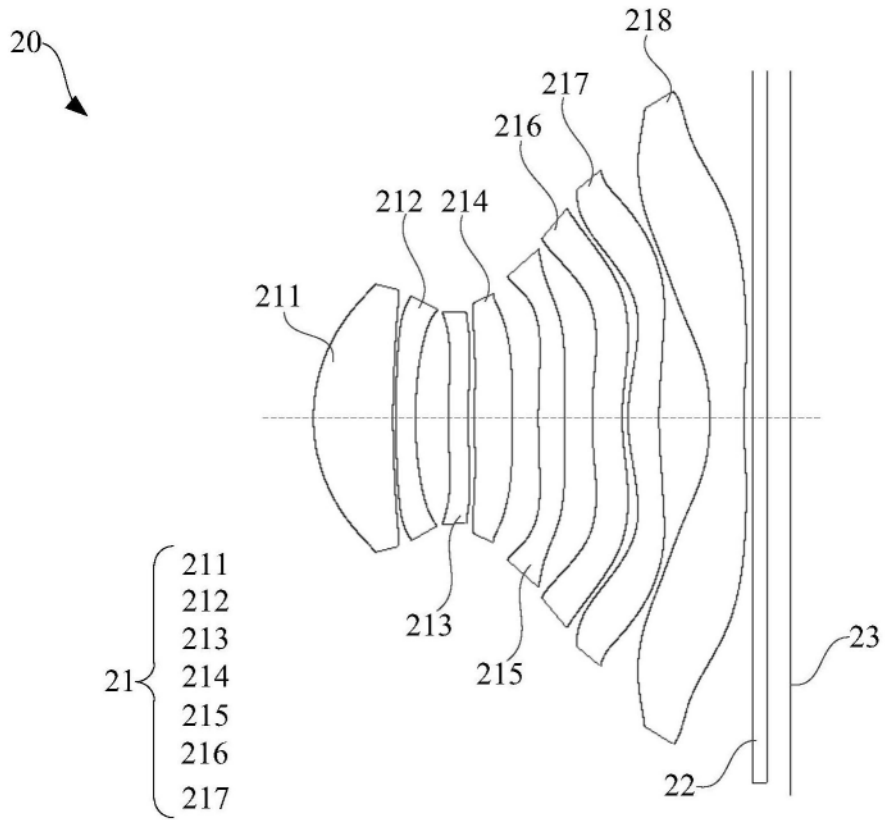


图28

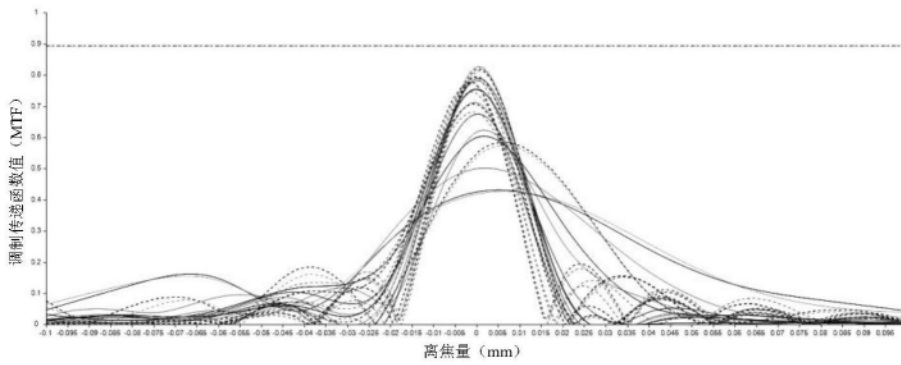


图29

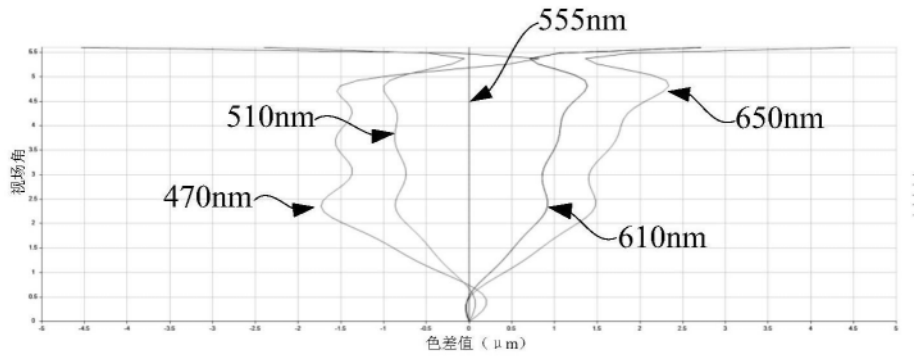


图30

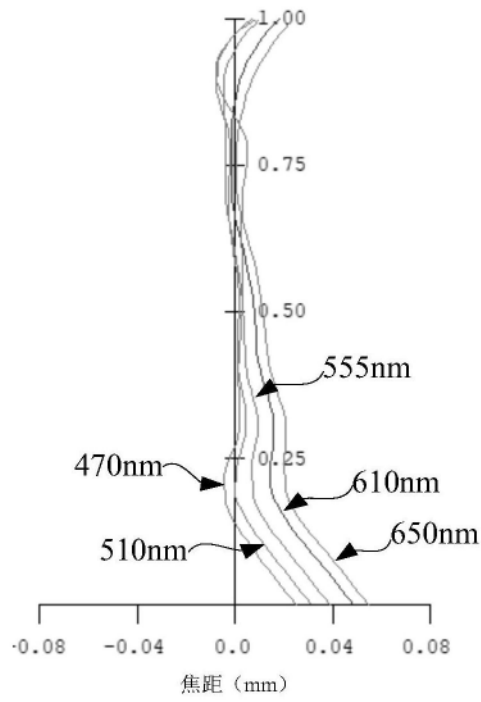


图31a



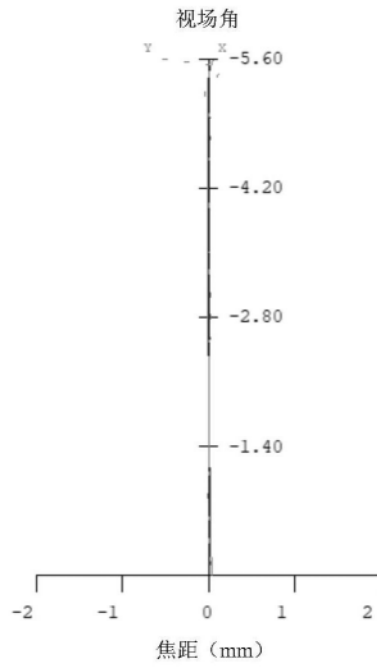


图31b

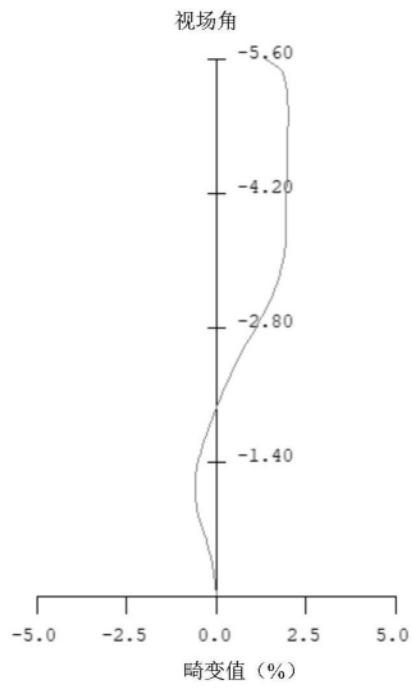


图31c

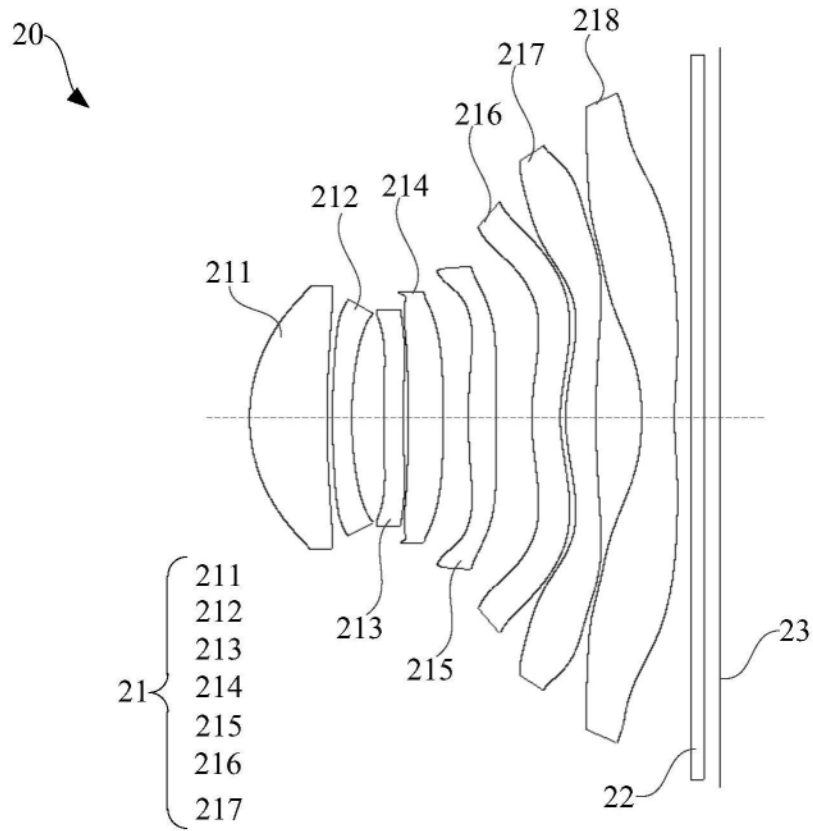


图32

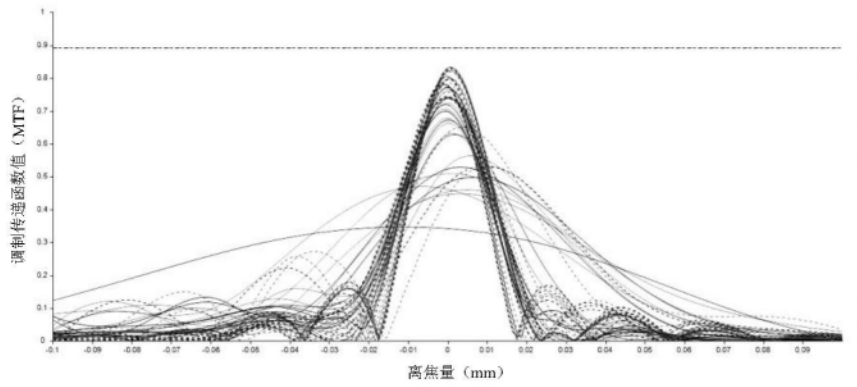


图33

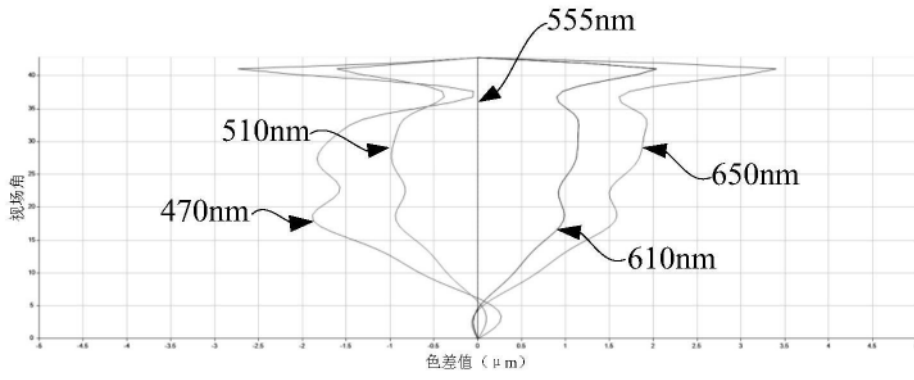


图34

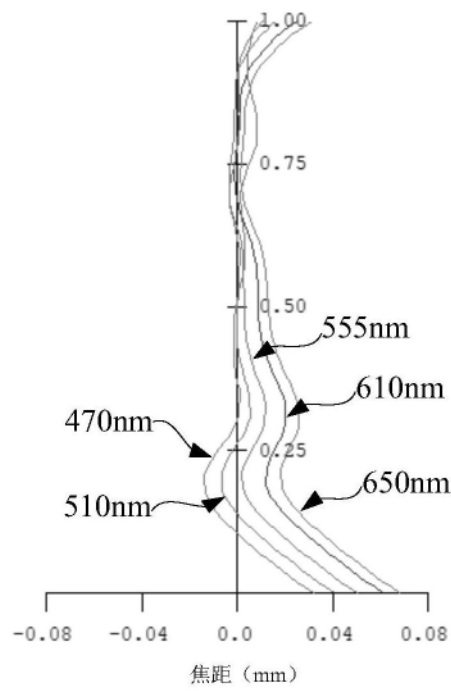


图35a

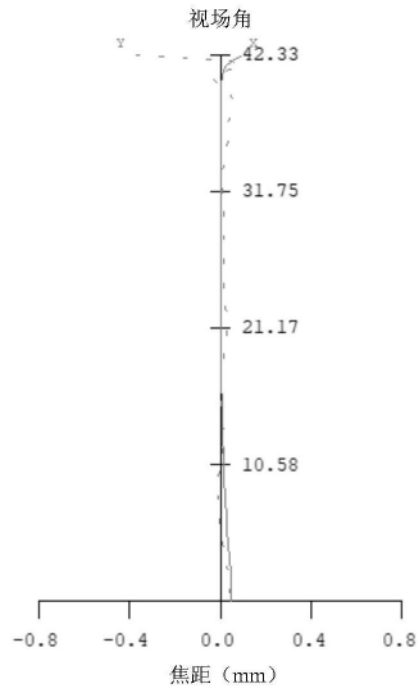


图35b

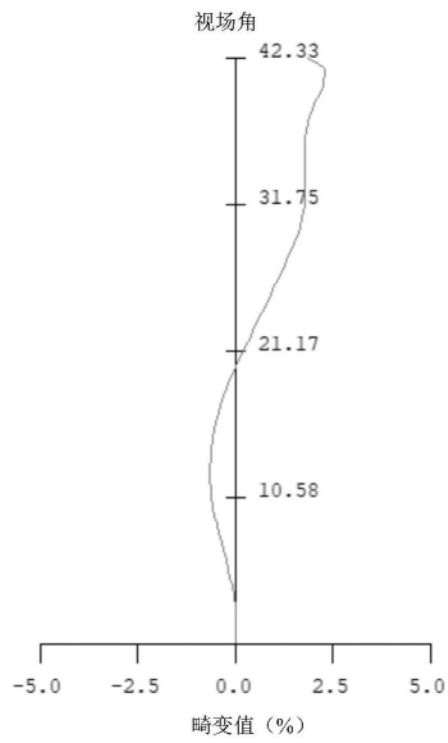


图35c