(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 207780341 U
(45)授权公告日 2018.08.28

(21)申请号 201820174413.5

(ESM)同样的发明创造已同日申请发明专利

(22)申请日 2018.01.31

(30)优先权数据
2017-034330 2017.02.27 JP

(73)专利权人 康达智株式会社
地址 日本栃木县

(72)发明人 久保田洋治 久保田贤一 平野整 深谷尚生

(74)专利代理机构 北京银龙知识产权代理有限公司 11243
代理人 范胜杰 曹鑫

(51)Int.Cl.
G02B 13/00(2006.01)
G02B 13/06(2006.01)
G02B 13/18(2006.01)

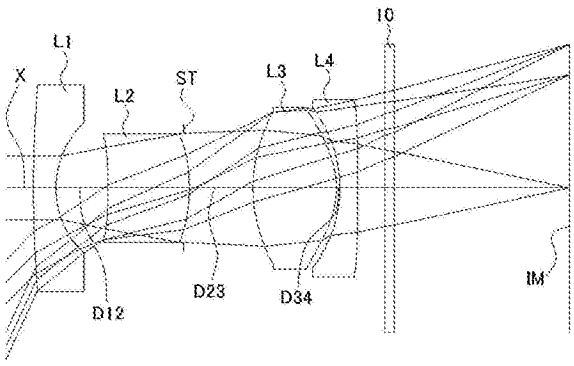
权利要求书2页 说明书18页 附图15页

(54)实用新型名称

摄像镜头

(57)摘要

本实用新型提供一种良好地修正各像差的广角的摄像镜头。摄像镜头由第1透镜组和第2透镜组构成，第1透镜组由负的第1透镜(L1)和第2透镜(L2)构成，第2透镜组由正的第3透镜(L3)、像面侧的面的曲率半径为正的负的第4透镜(L4)构成。在将第1透镜(L1)～第3透镜(L3)的阿贝数分别设为vd1、vd2以及vd3，将整个镜头系统的焦距设为f，将第1透镜(L1)与第2透镜(L2)之间的距离设为D12，将第2透镜(L2)与第3透镜(L3)之间的距离设为D23，将第3透镜(L3)与第4透镜(L4)之间的距离设为D34时，该摄像镜头满足以下各条件式：40＜vd1＜70，40＜vd2＜70，40＜vd3＜70，0.2＜D12/D23＜1.4，0.01＜D34/f＜0.1。



CN 207780341 U

1.一种摄像镜头,其特征在于,

从物体侧向像面侧依次由第1透镜组和第2透镜组构成,

所述第1透镜组由具有负的光焦度的第1透镜和第2透镜构成,

所述第2透镜组由具有正的光焦度的第3透镜、具有负的光焦度且形成为像面侧的面的曲率半径为正的形状的第4透镜构成,

在将所述第1透镜的阿贝数设为vd1,将所述第2透镜的阿贝数设为vd2,将所述第3透镜的阿贝数设为vd3,将整个镜头系统的焦距设为f,将所述第1透镜与所述第2透镜之间的光轴上的距离设为D12,将所述第2透镜与所述第3透镜之间的光轴上的距离设为D23,将所述第3透镜与所述第4透镜之间的光轴上的距离设为D34时,满足:

40＜vd1＜70,

40＜vd2＜70,

40＜vd3＜70,

0.2＜D12/D23＜1.4,

0.01＜D34/f＜0.1。

2.一种摄像镜头,其特征在于,

从物体侧向像面侧依次由具有负的光焦度的第1透镜组和第2透镜组构成,

所述第1透镜组由具有负的光焦度的第1透镜、形成为像面侧的面的曲率半径为负的形状的第2透镜构成,

所述第2透镜组由具有正的光焦度的第3透镜、具有负的光焦度且形成为像面侧的面的曲率半径为正的形状的第4透镜构成,

在将整个镜头系统的焦距设为f,将所述第3透镜与所述第4透镜之间的光轴上的距离设为D34时,满足:

0.01＜D34/f＜0.1。

3.根据权利要求1或2所述的摄像镜头,其特征在于,

在将所述第2透镜的焦距设为f2时,满足:

1.5＜f2/f＜15。

4.根据权利要求1或2所述的摄像镜头,其特征在于,

在将所述第2透镜的光轴上的厚度设为T2时,满足:

0.1＜T2/f＜1.5。

5.根据权利要求1或2所述的摄像镜头,其特征在于,

在将所述第1透镜和所述第2透镜的合成焦距设为f12,将所述第3透镜的焦距设为f3时,满足:

－15＜f12/f3＜－1。

6.根据权利要求1或2所述的摄像镜头,其特征在于,

在将所述第3透镜的焦距设为f3,将所述第4透镜的焦距设为f4时,满足:

－1＜f3/f4＜－0.1。

7.根据权利要求1或2所述的摄像镜头,其特征在于,

在将整个镜头系统的d线情况下的焦距设为fd,将波长850nm情况下的焦距设为fir时,满足:

0.9＜fir/fd＜1.1。

8.根据权利要求1或2所述的摄像镜头，其特征在于，

在将第2透镜的光轴上的厚度设为T2，将第3透镜的光轴上的厚度设为T3时，满足：

0.1＜T2/T3＜5.0。

9.根据权利要求1或2所述的摄像镜头，其特征在于，

在将从第1透镜的物体侧的面至像面为止的光轴上的距离设为La时，满足：

2.5＜La/f＜5.0。

摄像镜头

技术领域

[0001] 本实用新型涉及在CCD传感器、CMOS传感器等摄像元件上形成被摄体图像的摄像镜头，涉及适合装入到智能手机、便携电话机、数码相机、红外线摄像机、数码摄像机、车载摄像机、网络摄像机、TV会议用摄像机、纤维镜、胶囊内窥镜等比较小型的摄像机的摄像镜头。

背景技术

[0002] 近年来，以提高便利性、安全性为目的，在一部分车辆上搭载有多个摄像机。例如，在搭载有用于拍摄车辆后方的后置摄像头的车辆中，在驾驶员倒车时车辆后方的状况映现于监视器中，因此驾驶员可以不接触由于车辆的影子而看不见的障碍物等而安全地进行倒车。今后，可以预见到搭载于这样的车辆的摄像机、所谓的车载摄像机的需求的增加。

[0003] 通常，车载摄像机搭载于车辆的后门、前格栅、后视镜、车内等较狭窄的空间中的情况较多。因此，搭载于车载摄像机的摄像镜头要求小型化，并且要求对伴随摄像元件的高像素化的高分辨率的对应、以及用于与较广摄影范围对应的广角化。然而，根据良好地修正各像差且实现小型化、高分辨率的要求，难以一起实现摄影视场角的广角化。例如，若实现摄像镜头的小型化，则一枚一枚的透镜的光焦度有变强的倾向，难以良好地修正像差。在实际设计摄像镜头时，平衡良好地实现这些课题变得重要。

[0004] 作为摄影视场角较广的广角摄像镜头，例如已知专利文献1所记载的摄像镜头。该摄像镜头从物体侧起依次配置将凸面朝向物体侧的弯月形状的负的第1透镜、将凹面朝向物体侧的弯月形状的正的第2透镜、正的第3透镜、正的第4透镜而构成。在该摄像镜头中，第2透镜由阿贝数的值为23至40之间的材料形成，第3透镜由阿贝数的值为50至85之间的材料形成。此外，在该摄像镜头中，将整个镜头系统的焦距f与从物体侧的入射面至成像面的距离D的比(f/D)抑制在一定的范围内，由此实现摄像镜头的广角化和小型化的兼顾，并且良好地修正色像差。

[0005] 针对广角的摄像镜头的要求逐年多样化。尤其是近年来，即使在黑暗中也能够对被摄体图像进行摄影的摄像机的需求变高，对于装入到摄像机内的摄像镜头，也要求确保黑暗中的良好的光学性能。为了在黑暗中对被摄体图像进行摄影，例如需要从摄像机侧向被摄体图像照射近红外线并对其反射光进行摄影。然而，由于近红外线的波长比可见光长，因此在一般的广角镜头中，近红外线的焦点位置相对于可见光的焦点位置有较大变动，难以在摄像元件上形成被摄体图像。因此，针对摄像镜头，不仅要求可见光区域的成像性能，还要求近红外线区域的成像性能。

[0006] 根据上述专利文献1所记载的摄像镜头，构成摄像镜头的透镜枚数少至4枚，摄影视场角也较广，并且比较良好地修正各像差。但是，在以专利文献1所记载的摄像镜头为代表的现有的广角摄像镜头中，在从可见光至近红外线区域的宽波长频带，难以获得良好的成像性能。作为对这样的问题的解决方法之一，虽然有在摄像镜头与摄像元件之间插拔用于调整焦距的光学元件的方法，但为此需要在摄像镜头或摄像机侧具备用于对光学元件进

行插拔的机构，从摄像镜头、摄像机的小型化的观点出发并不理想。

[0007] 另外，这样的问题并不是搭载于车载摄像机的摄像镜头所固有的问题。在监视摄像机中，为进行日落后的监视，基于红外线照射的摄影正在成为必要功能，在智能手机等便携设备中，可进行黑暗中的摄影的夜视摄像机作为可选项而被售卖。在数码相机、数码摄像机中已出现了具备夜视功能的产品。此外，在网络摄像机、TV会议用摄像机、纤维镜和胶囊内窥镜等摄像机中也有具备近红外线区域中的摄影功能的产品。上述问题是搭载于这种比较小型的摄像机的摄像镜头中共通的问题。

[0008] 专利文献1：日本特开2011-145665号公报

实用新型内容

[0009] 本实用新型是鉴于上述这样的现有技术的问题点而提出的，其目的在于提供一种小型且摄影视场角较广、且能够良好地修正各像差的摄像镜头。

[0010] 为了实现上述目的，本实用新型的摄像镜头从物体侧向像面侧依次由第1透镜组和第2透镜组构成。其中，第1透镜组由具有负的光焦度的第1透镜和第2透镜构成。另一方面，第2透镜组由具有正的光焦度的第3透镜、具有负的光焦度且形成为像面侧的面的曲率半径为正的形状的第4透镜构成。在该结构中，本实用新型的摄像镜头在将第1透镜的阿贝数设为vd1，将第2透镜的阿贝数设为vd2，将第3透镜的阿贝数设为vd3，将整个镜头系统的焦距设为f，将第1透镜与第2透镜之间的光轴上的距离设为D12，将第2透镜与第3透镜之间的光轴上的距离设为D23，将第3透镜与第4透镜之间的光轴上的距离设为D34时，满足以下的条件式(1)～(5)：

[0011] $40<vd1<70$ (1)

[0012] $40<vd2<70$ (2)

[0013] $40<vd3<70$ (3)

[0014] $0.2<D12/D23<1.4$ (4)

[0015] $0.01<D34/f<0.1$ (5)

[0016] 条件式(1)～(3)是用于在宽波长频带中将色像差抑制在良好的范围内的条件。众所周知，由于透镜的折射率针对每种波长而不同，因此通过了摄像镜头的各波长的光线的焦点位置分别不同。该焦点位置的不同表现为色像差，成为摄像镜头的成像性能的恶化原因之一。为了在从可见光至近红外线的宽范围的波长获得良好的成像性能，该色像差的抑制变得重要。在本实用新型的摄像镜头中，用高阿贝数的材料形成4枚透镜中的配置于物体侧的3枚透镜，由此能够实现轴上色像差以及倍率色像差的良好的修正。

[0017] 若超过上限值“70”，则轴上的色像差变得修正过度(相对于基准波长的焦点位置，短波长的焦点位置向像面侧移动)，并且，倍率色像差变得修正过度(相对于基准波长的成像点，短波长的成像点向远离光轴的方向移动)，难以得到良好的成像性能。另一方面，若低于下限值“40”，则轴上的色像差变得修正不足(相对于基准波长的焦点位置，短波长的焦点位置向物体侧移动)，并且倍率色像差变得修正不足(相对于基准波长的成像点，短波长的成像点向靠近光轴的方向移动)。因此，难以得到良好的成像性能。

[0018] 条件式(4)是用于将彗差、像散和像面弯曲平衡良好地抑制在良好范围内的条件。若超过上限值“1.4”，则像散的弧矢像面向物体侧弯曲。由此，成像面向物体侧弯曲，因此像

面弯曲成为修正不足的状态。此外，针对轴外光束的内方彗差增大，难以得到良好的成像性能。另一方面，若低于下限值“0.2”，则像散的弧矢像面向像面侧弯曲，成像面向像面侧弯曲，像面弯曲成为修正过度的状态。此外，针对轴外光束的外方彗差增大，因此难以得到良好的成像性能。

[0019] 条件式(5)是用于分别良好地修正色像差、畸变和像散的条件。若超过上限值“0.1”，则有利于畸变和轴上色像差的修正，但像散的弧矢像面向像面侧弯曲并且像散差增大。此外，倍率色像差变得修正不足，因此难以得到良好的成像性能。另一方面，若低于下限值“0.01”，则有利于倍率色像差的修正，但负的畸变增大。此外，像散的弧矢像面向物体侧弯曲，像散差增大并且像面弯曲成为修正不足的状态。因此，难以得到良好的成像性能。

[0020] 在上述结构的摄像镜头中，为了良好地修正各像差，优选还满足以下的条件式(5A)。

[0021] $0.01<D34/f<0.08$ (5A)

[0022] 此外，本实用新型的摄像镜头从物体侧向像面侧依次由具有负的光焦度的第1透镜组和第2透镜组构成。第1透镜组由具有负的光焦度的第1透镜、形成为像面侧的面的曲率半径为负的形状的第2透镜构成，第2透镜组由具有正的光焦度的第3透镜、具有负的光焦度且形成为像面侧的面的曲率半径为正的形状的第4透镜构成。在该结构中，本实用新型的摄像镜头在将整个镜头系统的焦距设为f，将第3透镜与第4透镜之间的光轴上的距离设为D34时，满足以下的条件式(5)。

[0023] $0.01<D34/f<0.1$ (5)

[0024] 在本实用新型的摄像镜头中，第2透镜的像面侧的面形成为曲率半径为负的形状，即在光轴附近将凸面朝向像面侧的形状。第2透镜的像面侧的面形成为这样的形状，由此能够恰当地抑制针对轴外光束的内方彗差的发生。

[0025] 此外，在本实用新型的摄像镜头中，第1透镜组的光焦度为负，因此光焦度的排列从物体侧起依次为第1透镜组的负、第3透镜的正、第4透镜的负。通过这样的负正负的排列，平衡良好地修正倍率色像差、像面弯曲、彗差、像散和畸变。另外，在第1透镜组的光焦度为正的情况下，有利于畸变的修正，但难以进行轴上色像差和倍率色像差的修正。此外，外方彗差增大并且像面弯曲成为修正不足的状态，因此难以得到良好的成像性能。

[0026] 在上述结构的摄像镜头中，在将第2透镜的焦距设为f2时，优选满足以下的条件式(6)。

[0027] $1.5<f2/f<15$ (6)

[0028] 条件式(6)是用于在实现摄像镜头的小型化的同时，良好地修正色像差、彗差和畸变的条件。若超过上限值“15”，则负的畸变增大，并且轴上色像差和倍率色像差均变得修正过度，难以得到良好的成像性能。并且，也难以实现摄像镜头的小型化。另一方面，若低于下限值“1.5”，则有利于畸变的修正、摄像镜头的小型化，但倍率色像差变得修正不足，并且针对轴外光束的外方彗差增大。因此，难以得到良好的成像性能。

[0029] 在上述结构的摄像镜头中，为了良好地修正各像差，优选还满足以下的条件式(6A)。

[0030] $1.5<f2/f<10$ (6A)

[0031] 在上述结构的摄像镜头中，在将第2透镜的光轴上的厚度设为T2时，优选满足以下

的条件式(7)。

[0032] $0.1<T2/f<1.5$ (7)

[0033] 条件式(7)是用于平衡良好地修正色像差、像散和畸变的条件。若超过上限值“1.5”，则负的畸变增大，并且轴上色像差变得修正过度。此外，像散差增大，因此难以得到良好的成像性能。另一方面，若低于下限值“0.1”，则有利于轴上色像差、畸变的修正，但像散差增大。因此，在该情况下也难以得到良好的成像性能。

[0034] 在上述结构的摄像镜头中，在将第1透镜和第2透镜的合成焦距设为f12，将第3透镜的焦距设为f3时，优选满足以下的条件式(8)。

[0035] $-15<f12/f3<-1$ (8)

[0036] 条件式(8)是用于在实现摄像镜头的小型化的同时，将色像差、像面弯曲和畸变平衡良好地抑制在良好范围内的条件。若超过上限值“-1”，则有利于色像差的修正。但是，负的畸变增大，并且像面弯曲成为修正过度的状态，因此难以得到良好的成像性能。此外，也难以实现摄像镜头的小型化。另一方面，若低于下限值“-15”，则有利于摄像镜头的小型化。但是，倍率色像差成为修正过度的状态，并且像面弯曲成为修正不足的状态，因此难以得到良好的成像性能。

[0037] 在上述结构的摄像镜头中，在将第3透镜的焦距设为f3，将第4透镜的焦距设为f4时，优选满足以下的条件式(9)。

[0038] $-1<f3/f4<-0.1$ (9)

[0039] 条件式(9)是用于分别良好地修正色像差、像散、像面弯曲和畸变的条件。若超过上限值“-0.1”，则轴上色像差成为修正过度的状态，并且像面弯曲成为修正过度的状态，因此难以得到良好的成像性能。另一方面，若低于下限值“-1”，则轴上色像差变得修正不足，并且倍率色像差变得修正过度，难以得到良好的成像性能。

[0040] 在上述结构的摄像镜头中，在将整个镜头系统的d线情况下的焦距设为fd，将波长850nm情况下的焦距设为fir时，优选满足以下的条件式(10)。

[0041] $0.9<fir/fd<1.1$ (10)

[0042] 条件式(10)是用于在宽波长频带得到良好的成像性能的条件。若偏离该条件式的范围，则可见光的焦点位置和近红外线的焦点位置的背离变大，通过近红外线进行摄影时的成像性能恶化。因此，难以在宽波长频带得到良好的成像性能。

[0043] 在上述结构的摄像镜头中，优选第2透镜的光焦度为正。通过将第2透镜的光焦度设为正，整个镜头系统的正的光焦度通过第2透镜和第3透镜这2枚透镜来分担。与通过1枚透镜负担整个镜头系统的正的光焦度的情况相比，通过2枚透镜分担整个镜头系统的正的光焦度的情况下将各透镜的光焦度抑制得较弱。由此，能够更良好地修正各像差。此外，优选第2透镜的正的光焦度在构成摄像镜头的4枚透镜中最弱。

[0044] 在上述结构的摄像镜头中，优选在第2透镜与第3透镜之间配置光阑。通过将光阑配置在这样的位置，能够在实现摄像镜头的小型化的同时，良好地修正色像差、像散。此外，也可以将从摄像镜头出射的光线向摄像元件的像面的入射角度恰当地抑制在主光线角度(CRA:Chief Ray Angle)的范围内。

[0045] 在将上述光阑配置在比第2透镜靠近物体侧的情况下，虽然容易将上述入射角度抑制在CRA的范围内，但导致配置在比光阑靠近像面侧的透镜的大型化，难以实现摄像镜头

的小型化。另一方面，若将光阑配置在比第3透镜靠近像面侧的情况下，上述入射角度变大，难以将该入射角度抑制在CRA的范围内。另外，导致配置在比光阑靠近物体侧的透镜的大型化，难以实现摄像镜头的小型化。

[0046] 在上述结构的摄像镜头中，在将第2透镜的光轴上的厚度设为T2，将第3透镜的光轴上的厚度设为T3时，优选满足以下的条件式(11)。

[0047] $0.1<T2/T3<5.0$ (11)

[0048] 条件式(11)是用于平衡良好地修正色像差、像面弯曲和像散的条件。若超过上限值“5.0”，则有利于色像差的修正，但像散的弧矢像面向像面侧弯曲。由此，像散差增大，并且像面弯曲成为修正过度的状态，因此难以得到良好的成像性能。另一方面，若低于下限值“0.1”，则轴上色像差成为修正不足的状态，并且像面弯曲成为修正不足的状态，因此难以得到良好的成像性能。

[0049] 在上述结构的摄像镜头中，为了良好地修正各像差，优选还满足以下的条件式(11A)。

[0050] $0.3<T2/T3<2.5$ (11A)

[0051] 在上述结构的摄像镜头中，在将整个镜头系统的焦距设为f，将从第1透镜的物体侧的面至像面为止的光轴上的距离设为La时，优选满足以下的条件式(12)。

[0052] $2.5<La/f<5.0$ (12)

[0053] 近年来，希望通过摄像镜头对更广范围进行摄影的要求增强，对于摄像镜头要求兼顾小型化和广角化的情况也多。尤其在内置于薄型便携设备、例如智能手机的摄像镜头中，需要将摄像镜头收纳于有限的空间内，因此对摄像镜头的光轴方向的长度有严格的限制。关于这一点，根据本实用新型的摄像镜头，通过满足上述条件式(12)，能够平衡良好地实现摄像镜头的小型化和广角化。另外，在摄像镜头和摄像元件的像面之间，通常配置有红外线截止滤光片、保护玻璃等插入物的情况较多，但在本说明书中，关于这些插入物的光轴上的距离使用空气换算长度。

[0054] 本实用新型的摄像镜头，在将视场角设为2ω时，优选满足$100^\circ\leqslant 2\omega$。通过满足本条件式，实现摄像镜头的广角化，适当地实现摄像镜头的小型化和广角化的兼顾。

[0055] 另外，在本实用新型中，如上述那样使用曲率半径的符号来确定透镜的形状。曲率半径是正还是负依照普通的定义，即依照以下的定义：将光的前进方向设为正，在从透镜面看来曲率中心位于像面侧的情况下将曲率半径设为正，在曲率中心位于物体侧的情况下将曲率半径设为负。因此，“曲率半径为正的物体侧的面”是指物体侧的面为凸面，“曲率半径为负的物体侧的面”是指物体侧的面为凹面。此外，“曲率半径为正的像面侧的面”是指像面侧的面为凹面，“曲率半径为负的像面侧的面”是指像面侧的面为凸面。另外，本说明书中的曲率半径是指近轴的曲率半径，有时不符合镜头截面图中的透镜的概形。

[0056] 根据本实用新型的摄像镜头，能够提供一种广角的摄像镜头，其具有良好地修正了各像差的高分辨率，并且特别适合于装入小型的摄像机。

附图说明

[0057] 图1是表示数值实施例1的摄像镜头的概要结构的截面图。

[0058] 图2是表示图1所示的摄像镜头的横像差的像差图。

[0059] 图3是表示图1所示的摄像镜头的球面像差、像散、畸变的像差图。

[0060] 图4是表示数值实施例2的摄像镜头的概要结构的截面图。

[0061] 图5是表示图4所示的摄像镜头的横像差的像差图。

[0062] 图6是表示图4所示的摄像镜头的球面像差、像散、畸变的像差图。

[0063] 图7是表示数值实施例3的摄像镜头的概要结构的截面图。

[0064] 图8是表示图7所示的摄像镜头的横像差的像差图。

[0065] 图9是表示图7所示的摄像镜头的球面像差、像散、畸变的像差图。

[0066] 图10是表示数值实施例4的摄像镜头的概要结构的截面图。

[0067] 图11是表示图10所示的摄像镜头的横像差的像差图。

[0068] 图12是表示图10所示的摄像镜头的球面像差、像散、畸变的像差图。

[0069] 图13是表示数值实施例5的摄像镜头的概要结构的截面图。

[0070] 图14是表示图13所示的摄像镜头的横像差的像差图。

[0071] 图15是表示图13所示的摄像镜头的球面像差、像散、畸变的像差图。

[0072] 图16是表示数值实施例6的摄像镜头的概要结构的截面图。

[0073] 图17是表示图16所示的摄像镜头的横像差的像差图。

[0074] 图18是表示图16所示的摄像镜头的球面像差、像散、畸变的像差图。

[0075] 图19是表示数值实施例7的摄像镜头的概要结构的截面图。

[0076] 图20是表示图19所示的摄像镜头的横像差的像差图。

[0077] 图21是表示图19所示的摄像镜头的球面像差、像散、畸变的像差图。

[0078] 符号说明

[0079] ST孔径光阑;L1第1透镜;L2第2透镜;L3第3透镜;L4第4透镜;10滤光片。

具体实施方式

[0080] 以下,参照附图详细说明对本实用新型具体化所得的一个实施方式。

[0081] 图1、图4、图7、图10、图13、图16以及图19是表示本实施方式的数值实施例1～7的摄像镜头的概要结构的截面图。任意一个数值实施例的基本镜头结构都相同,因此,在此参照数值实施例1的概要截面图来说明本实施方式的摄像镜头。

[0082] 本实施方式的摄像镜头由具有负的光焦度的第1透镜组、孔径光阑和第2透镜组构成。其中,第1透镜组由第1透镜和第2透镜构成,第2透镜组由第3透镜和第4透镜构成。因此,将第1透镜和第2透镜的合成焦距设为f12时,本实施方式的摄像镜头满足以下的条件式。

[0083] $f12<0$

[0084] 详细而言,如图1所示,本实施方式的摄像镜头从物体侧向像面侧依次排列具有负的光焦度的第1透镜L1、具有正的光焦度的第2透镜L2、孔径光阑ST、具有正的光焦度的第3透镜L3、具有负的光焦度的第4透镜L4而构成。在第4透镜L4与摄像元件的像面IM之间配置滤光片10。也可以省略该滤光片10。

[0085] 第1透镜L1是物体侧的面的曲率半径r1以及像面侧的面的曲率半径r2均为正的形状,形成为在光轴X的附近将凸面朝向物体侧的弯月透镜的形状。该第1透镜L1的形状并不限于本数值实施例1的形状。第1透镜L1的形状只要是像面侧的面的曲率半径r2为正的形状即可。数值实施例6的第1透镜L1是物体侧的面的曲率半径r1为负的形状,即在光轴X的附近

为双凹透镜的形状的例子。

[0086] 第2透镜L2是物体侧的面的曲率半径r3以及像面侧的面的曲率半径r4均为负的形状，形成为在光轴X的附近将凹面朝向物体侧的弯月透镜的形状。该第2透镜L2的形状也并不限于本数值实施例1的形状。第2透镜L2的形状只要是像面侧的面的曲率半径r4为负的形状即可。数值实施例3和6的第2透镜L2是物体侧的面的曲率半径r3为正的形状，即在光轴X的附近为双凸透镜的形状的例子。

[0087] 第3透镜L3是物体侧的面的曲率半径r6为正，且像面侧的面的曲率半径r7为负的形状，形成为在光轴X的附近为双凸透镜的形状。

[0088] 第4透镜L4是物体侧的面的曲率半径r8为负，且像面侧的面的曲率半径r9为正的形状，形成为在光轴X的附近为双凹透镜的形状。

[0089] 本实施方式的摄像镜头满足以下所示的条件式(1)～(12)。

[0090] $40<vd1<70$ (1)

[0091] $40<vd2<70$ (2)

[0092] $40<vd3<70$ (3)

[0093] $0.2<D12/D23<1.4$ (4)

[0094] $0.01<D34/f<0.1$ (5)

[0095] $0.01<D34/f<0.08$ (5A)

[0096] $1.5<f2/f<15$ (6)

[0097] $1.5<f2/f<10$ (6A)

[0098] $0.1<T2/f<1.5$ (7)

[0099] $-15<f12/f3<-1$ (8)

[0100] $-1<f3/f4<-0.1$ (9)

[0101] $0.9<fir/fd<1.1$ (10)

[0102] $0.1<T2/T3<5.0$ (11)

[0103] $0.3<T2/T3<2.5$ (11A)

[0104] $2.5<La/f<5.0$ (12)

[0105] 其中，

[0106] f：整个镜头系统的焦距

[0107] fd：整个镜头系统的d线情况下的焦距

[0108] fir：整个镜头系统的波长850nm情况下的焦距

[0109] f2：第2透镜L2的焦距

[0110] f3：第3透镜L3的焦距

[0111] f4：第4透镜L4的焦距

[0112] T2：第2透镜L2的光轴上的厚度

[0113] T3：第3透镜L3的光轴上的厚度

[0114] D12：第1透镜L1与第2透镜L2之间的光轴上的距离

[0115] D23：第2透镜L2与第3透镜L3之间的光轴上的距离

[0116] D34：第3透镜L3与第4透镜L4之间的光轴上的距离

[0117] La：从第1透镜L1的物体侧的面到像面IM的光轴上的距离

[0118] (滤光片10为空气换算长度)

[0119] vd1:第1透镜L1的阿贝数

[0120] vd2:第2透镜L2的阿贝数

[0121] vd3:第3透镜L3的阿贝数

[0122] 另外,不需要满足上述各条件式的全部,通过单独地分别满足上述各条件式,能够分别得到与各条件式对应的作用效果。

[0123] 在本实施方式中,用非球面形成了第2透镜L2至第4透镜L4的各透镜的透镜面。通过下式表示这些非球面的非球面式。

[0124] 数学式1

[0125] $$Z=\frac{C\cdot H^2}{1+\sqrt{1-(1+k)\cdot C^2\cdot H^2}}+\sum(An\cdot H^n)$$

[0126] 其中,

[0127] Z:光轴方向的距离

[0128] H:与光轴垂直的方向的离开光轴的距离

[0129] C:近轴曲率(=1/r、r:近轴曲率半径)

[0130] k:圆锥常数

[0131] An:第n次的非球面系数

[0132] 接着,表示本实施方式的摄像镜头的数值实施例。在各数值实施例中,f表示整个镜头系统的焦距,Fno表示F值,ω表示半视场角。i表示从物体侧开始数的面编号,r表示曲率半径,d表示光轴上的透镜面之间的距离(面间隔),nd表示d线的折射率,nir表示波长850nm的折射率,vd表示阿贝数。另外,附加了*(星号)的符号的面编号表示是非球面。

[0133] 数值实施例1

[0134] 基本镜头数据

[0135] 【表1】

[0136] f=3.43mm Fno=2.4 ω=65.0°

[0137]

	i	r	d	n d	n ir	ν d	[mm]
		∞	∞				
L1	1	30.000	0.500	1.5346	1.5272	56.1	f1=-4.051
	2	2.008	1.154				
L2	3*	-19.627	1.816	1.5346	1.5272	56.1	f2=10.361
	4*	-4.459	-0.132				
ST	5	∞	1.552				
L3	6*	2.968	1.859	1.5346	1.5272	56.1	f3=2.625
	7*	-2.081	0.081				
L4	8*	-3.110	0.397	1.6503	1.6291	21.5	f4=-4.555
	9*	65.466	0.600				
	10	∞	0.210	1.5168		64.2	
	11	∞	3.915				
(IM)		∞					

[0138] T2=1.816mm

[0139] T3＝1.859mm

[0140] D12＝1.154mm

[0141] D23＝1.420mm

[0142] D34＝0.081mm

[0143] fd＝3.431mm

[0144] fir＝3.439mm

[0145] f12＝-11.314mm

[0146] La＝11.880mm

[0147] 【表2】

[0148] 非球面数据

[0149]

i	k	A4	A6	A8	A10
3	0	-2.603E-02	-8.159E-03	1.557E-03	-4.678E-04
4	-4.387E+00	-3.696E-02	4.489E-03	-9.314E-04	1.125E-04
6	0	-1.596E-02	2.626E-03	-2.849E-04	4.258E-05
7	-1.568E-01	6.939E-03	1.374E-02	-3.804E-03	4.790E-04
8	0	-3.116E-02	2.349E-02	-6.777E-03	6.236E-04
9	0	-1.861E-02	8.021E-03	-2.004E-03	1.796E-04

[0150] 以下表示各条件式的值。

[0151] D34/f＝0.023

[0152] D12/D23＝0.81

[0153] f2/f＝3.02

[0154] T2/f＝0.53

[0155] f12/f3＝-4.31

[0156] f3/f4＝-0.58

[0157] fir/fd＝1.002

[0158] T2/T3＝0.98

[0159] La/f＝3.46

[0160] 这样，本数值实施例1的摄像镜头满足上述各条件式。

[0161] 图2是分为子午方向和弧矢方向表示出与半视场角ω对应的横像差的像差图(在图5、图8、图11、图14、图17以及图20中也相同)。此外，图3是分别表示球面像差(mm)、像散(mm)以及畸变(%)的像差图。其中，在像散图中S表示弧矢像面，T表示子午像面(在图6、图9、图12、图15、图18以及图21中也相同)。如图2以及图3所示，通过本数值实施例1的摄像镜头良好地修正了各像差。

[0162] 数值实施例2

[0163] 基本镜头数据

[0164] 【表3】

[0165] f＝3.37mm Fno＝2.4 ω＝60.6°

[0166]

	i	r	d	n d	n ir	ν d	[mm]
		∞	∞				
L1	1	28.000	0.400	1.5348	1.5274	55.7	f1=-3.706
	2	1.842	0.830				
L2	3*	-50.695	2.610	1.5348	1.5274	55.7	f2=16.730
	4*	-7.741	-0.076				
ST	5	∞	0.997				
L3	6*	2.475	1.750	1.5348	1.5274	55.7	f3=2.486
	7*	-2.165	0.079				
L4	8*	-3.481	0.400	1.6503	1.6291	21.5	f4=-4.591
	9*	21.924	0.600				
	10	∞	0.210	1.5168		64.2	
	11	∞	4.194				
(IM)		∞					

[0167] T2＝2.610mm

[0168] T3＝1.750mm

[0169] D12＝0.830mm

[0170] D23＝0.921mm

[0171] D34＝0.079mm

[0172] fd＝3.375mm

[0173] fir＝3.382mm

[0174] f12＝-6.051mm

[0175] La＝11.922mm

[0176] 【表4】

[0177] 非球面数据

[0178]

i	k	A4	A6	A8	A10
3	0	-2.080E-02	-1.498E-03	-1.690E-03	3.998E-04
4	2.257E-02	-3.692E-02	1.013E-02	-3.402E-03	7.643E-04
6	0	-2.456E-02	4.517E-03	-9.884E-04	1.009E-04
7	-3.293E-01	7.163E-03	9.160E-03	-2.902E-03	3.874E-04
8	0	-3.772E-02	2.307E-02	-6.600E-03	7.088E-04
9	0	-2.508E-02	1.272E-02	-2.944E-03	2.822E-04

[0179] 以下表示各条件式的值。

[0180] D34/f＝0.023

[0181] D12/D23＝0.90

[0182] f2/f＝4.96

[0183] T2/f＝0.77

[0184] f12/f3＝-2.43

[0185] f3/f4＝-0.54

[0186] fir/fd＝1.002

[0187] T2/T3＝1.49

[0188] La/f＝3.54

[0189] 这样，本数值实施例2的摄像镜头满足上述各条件式。

[0190] 图5示出了与半视场角ω对应的横像差，图6分别示出了球面像差(mm)、像散(mm)以及畸变(%)。如图5以及图6所示，通过本数值实施例2的摄像镜头也良好地修正了各像差。

[0191] 数值实施例3

[0192] 基本镜头数据

[0193] 【表5】

[0194] f＝3.43mm Fno＝2.4 ω＝61.3°

[0195]

	i	r	d	n d	n ir	ν d	[mm]
		∞	∞				
L1	1	28.000	0.389	1.5348	1.5274	55.7	f1=-3.984
	2	1.971	1.435				
L2	3*	101.839	1.048	1.5348	1.5274	55.7	f2=13.647
	4*	-7.834	1.015				
ST	5	∞	0.991				
L3	6*	2.533	1.750	1.5348	1.5274	55.7	f3=2.438
	7*	-2.039	0.109				
L4	8*	-4.078	0.814	1.6503	1.6291	21.5	f4=-3.848
	9*	6.987	0.600				
	10	∞	0.210	1.5168		64.2	
	11	∞	3.612				
(IM)		∞					

[0196] T2＝1.048mm

[0197] T3＝1.750mm

[0198] D12＝1.435mm

[0199] D23＝2.006mm

[0200] D34＝0.109mm

[0201] fd＝3.426mm

[0202] fir＝3.429mm

[0203] f12＝-7.145mm

[0204] La＝11.901mm

[0205] 【表6】

[0206] 非球面数据

[0207]

i	k	A4	A6	A8	A10
3	0	-3.292E-02	-6.212E-03	6.366E-04	-2.551E-04
4	-3.785E+01	-4.559E-02	1.281E-03	5.121E-04	-1.314E-04
6	0	-8.737E-03	-8.015E-04	4.828E-04	-1.575E-04

7	-5.635E-01	1.666E-02	5.997E-03	-2.079E-03	2.052E-04
8	0	-3.981E-02	2.222E-02	-6.237E-03	8.093E-04
9	0	-3.398E-02	1.484E-02	-3.135E-03	3.924E-04

[0208] 以下表示各条件式的值。

[0209] D34/f＝0.032

[0210] D12/D23＝0.72

[0211] f2/f＝3.98

[0212] T2/f＝0.31

[0213] f12/f3＝-2.93

[0214] f3/f4＝-0.63

[0215] fir/fd＝1.001

[0216] T2/T3＝0.60

[0217] La/f＝3.47

[0218] 这样，本数值实施例3的摄像镜头满足上述各条件式。

[0219] 图8示出了与半视场角ω对应的横像差，图9分别示出了球面像差(mm)、像散(mm)以及畸变(%)。如图8以及图9所示，通过本数值实施例3的摄像镜头也良好地修正了各像差。

[0220] 数值实施例4

[0221] 基本镜头数据

[0222] 【表7】

[0223] f＝3.76mm Fno＝2.4 ω＝61.6°

[0224]

	i	r	d	n d	n ir	ν d	[mm]
		∞	∞				
L1	1	28.000	0.405	1.5348	1.5274	55.7	f1=-5.256
	2	2.541	1.139				
L2	3*	-34.802	1.004	1.5348	1.5274	55.7	f2=21.215
	4*	-8.642	0.838				
ST	5	∞	1.244				
L3	6*	2.728	2.173	1.5348	1.5274	55.7	f3=2.549
	7*	-1.969	0.100				
L4	8*	-4.240	0.580	1.6503	1.6291	21.5	f4=-4.236
	9*	8.291	0.600				
	10	∞	0.210	1.5168		64.2	
	11	∞	3.659				
(IM)		∞					

[0225] T2＝1.004mm

[0226] T3＝2.173mm

[0227] D12＝1.139mm

[0228] D23＝2.082mm

[0229] D34＝0.100mm

[0230] fd＝3.757mm

[0231] fir＝3.760mm

[0232] f12＝-7.971mm

[0233] La＝11.880mm

[0234] 【表8】

[0235] 非球面数据

[0236]

i	k	A4	A6	A8	A10
3	0	-3.307E-02	-1.178E-02	3.989E-03	-5.379E-04
4	-5.466E+01	-5.053E-02	5.178E-03	-2.016E-04	-5.003E-05
6	0	-1.001E-02	-9.352E-06	1.762E-04	-4.648E-05
7	-7.021E-01	1.141E-02	5.450E-03	-1.155E-03	7.596E-05
8	0	-5.593E-02	2.630E-02	-5.217E-03	4.285E-04
9	0	-4.742E-02	1.710E-02	-3.012E-03	2.609E-04

[0237] 以下表示各条件式的值。

[0238] D34/f＝0.027

[0239] D12/D23＝0.55

[0240] f2/f＝5.65

[0241] T2/f＝0.27

[0242] f12/f3＝-3.13

[0243] f3/f4＝-0.60

[0244] fir/fd＝1.001

[0245] T2/T3＝0.46

[0246] La/f＝3.16

[0247] 这样，本数值实施例4的摄像镜头满足上述各条件式。

[0248] 图11示出了与半视场角ω对应的横像差，图12分别示出了球面像差(mm)、像散(mm)以及畸变(%)。如图11以及图12所示，通过本数值实施例4的摄像镜头也良好地修正了各像差。

[0249] 数值实施例5

[0250] 基本镜头数据

[0251] 【表9】

[0252] f＝3.52mm Fno＝2.4 ω＝60.6°

[0253]

	i	r	d	n d	n ir	ν d	[mm]
		∞	∞				
L1	1	28.000	0.400	1.5348	1.5274	55.7	f1=-3.885
	2	1.925	0.775				
L2	3*	-17.722	2.391	1.5348	1.5274	55.7	f2=28.484
	4*	-8.577	-0.072				
ST	5	∞	0.971				
L3	6*	2.464	1.795	1.5348	1.5274	55.7	f3=2.503
	7*	-2.187	0.057				
L4	8*	-4.092	0.400	1.6503	1.6291	21.5	f4=-4.928
	9*	15.353	0.600				
	10	∞	0.210	1.5168		64.2	
	11	∞	4.466				
(IM)		∞					

[0254] T2＝2.391mm

[0255] T3＝1.795mm

[0256] D12＝0.775mm

[0257] D23＝0.899mm

[0258] D34＝0.057mm

[0259] fd＝3.522mm

[0260] fir＝3.531mm

[0261] f12＝-5.251mm

[0262] La＝11.921mm

[0263] 【表10】

[0264] 非球面数据

[0265]

i	k	A4	A6	A8	A10
3	0	-2.333E-02	-2.719E-03	-1.043E-03	4.557E-04
4	-3.413E+00	-4.068E-02	1.249E-02	-4.279E-03	1.017E-03
6	0	-2.686E-02	4.886E-03	-1.143E-03	9.301E-05
7	-3.143E-01	-2.124E-03	1.218E-02	-3.392E-03	4.003E-04
8	0	-4.645E-02	2.481E-02	-6.616E-03	6.983E-04
9	0	-2.484E-02	1.177E-02	-2.489E-03	2.170E-04

[0266] 以下表示各条件式的值。

[0267] D34/f＝0.016

[0268] D12/D23＝0.86

[0269] f2/f＝8.09

[0270] T2/f＝0.68

[0271] f12/f3＝-2.10

[0272] f3/f4＝-0.51

[0273] fir/fd＝1.003

[0274] T2/T3＝1.33

[0275] La/f＝3.39

[0276] 这样，本数值实施例5的摄像镜头满足上述各条件式。

[0277] 图14示出了与半视场角ω对应的横像差，图15分别示出了球面像差(mm)、像散(mm)以及畸变(%)。如图14以及图15所示，通过本数值实施例5的摄像镜头也良好地修正了各像差。

[0278] 数值实施例6

[0279] 基本镜头数据

[0280] 【表11】

[0281] f＝3.24mm Fno＝2.4 ω＝61.3°

[0282]

	i	r	d	n d	n ir	ν d	[mm]
		∞	∞				
L1	1	-31.154	0.465	1.5348	1.5274	55.7	f1=-3.491
	2	1.996	2.286				
L2	3*	6.909	0.601	1.5348	1.5274	55.7	f2=6.654
	4*	-7.115	-0.090				
ST	5	∞	1.916				
L3	6*	2.925	1.859	1.5348	1.5274	55.7	f3=2.686
	7*	-2.197	0.128				
L4	8*	-3.084	0.869	1.6503	1.6291	21.5	f4=-3.849
	9*	14.770	0.600				
	10	∞	0.210	1.5168		64.2	
	11	∞	3.119				
(IM)		∞					

[0283] T2＝0.601mm

[0284] T3＝1.859mm

[0285] D12＝2.286mm

[0286] D23＝1.826mm

[0287] D34＝0.128mm

[0288] fd＝3.239mm

[0289] fir＝3.251mm

[0290] f12＝-35.056mm

[0291] La＝11.891mm

[0292] 【表12】

[0293] 非球面数据

[0294]

i	k	A4	A6	A8	A10
3	0	-1.302E-02	-1.768E-02	8.406E-03	-3.089E-03
4	-1.636E+03	-5.754E-02	1.053E-02	-2.752E-03	-7.154E-04

6	0	-4.741E-03	8.116E-04	8.407E-05	-1.893E-05
7	-5.002E-01	6.411E-03	1.089E-02	-3.331E-03	3.310E-04
8	0	-3.636E-02	2.550E-02	-8.098E-03	9.295E-04
9	0	-1.909E-02	9.479E-03	-2.048E-03	2.057E-04

[0295] 以下表示各条件式的值。

[0296] D34/f＝0.040

[0297] D12/D23＝1.25

[0298] f2/f＝2.05

[0299] T2/f＝0.19

[0300] f12/f3＝-13.05

[0301] f3/f4＝-0.70

[0302] fir/fd＝1.004

[0303] T2/T3＝0.32

[0304] La/f＝3.67

[0305] 这样，本数值实施例6的摄像镜头满足上述各条件式。

[0306] 图17示出了与半视场角ω对应的横像差，图18分别示出了球面像差(mm)、像散(mm)以及畸变(%)。如图17以及图18所示，通过本数值实施例6的摄像镜头也良好地修正了各像差。

[0307] 数值实施例7

[0308] 基本镜头数据

[0309] 【表13】

[0310] f＝2.17mm Fno＝3.0 ω＝60.6°

[0311]

	i	r	d	n d	n ir	ν d	[mm]
		∞	∞				
L1	1	3.088	0.400	1.5348	1.5274	55.7	f1=-5.086
	2	1.381	0.827				
L2	3*	-7.284	2.172	1.5348	1.5274	55.7	f2=20.317
	4*	-4.814	0.088				
ST	5	∞	0.981				
L3	6*	1.775	1.181	1.5348	1.5274	55.7	f3=2.227
	7*	-2.781	0.050				
L4	8*	-5.925	0.400	1.6503	1.6291	21.5	f4=-7.173
	9*	22.508	0.600				
	10	∞	0.210	1.5168		64.2	
	11	∞	1.895				
(IM)		∞					

[0312] T2＝2.172mm

[0313] T3＝1.181mm

[0314] D12＝0.827mm

[0315] D23＝1.069mm

[0316] D34＝0.050mm

[0317] fd＝2.174mm

[0318] fir＝2.201mm

[0319] f12＝-9.032mm

[0320] La＝8.732mm

[0321] 【表14】

[0322] 非球面数据

[0323]

i	k	A4	A6	A8	A10
3	0	-3.250E-02	-8.560E-03	1.764E-03	-1.525E-03
4	5.674E+00	-3.880E-02	1.345E-02	1.631E-02	-6.530E-02
6	0	-4.063E-02	-2.792E-03	-1.631E-03	1.357E-04
7	1.369E+00	-6.472E-02	1.315E-02	3.065E-03	6.413E-04
8	0	-1.063E-01	2.527E-02	-6.042E-03	3.765E-03
9	0	-5.400E-03	3.820E-03	-1.237E-03	4.962E-04

[0324] 以下表示各条件式的值。

[0325] D34/f＝0.023

[0326] D12/D23＝0.77

[0327] f2/f＝9.35

[0328] T2/f＝1.00

[0329] f12/f3＝-4.05

[0330] f3/f4＝-0.31

[0331] fir/fd＝1.012

[0332] T2/T3＝1.84

[0333] La/f＝4.02

[0334] 这样，本数值实施例7的摄像镜头满足上述各条件式。

[0335] 图20示出了与半视场角ω对应的横像差，图21分别示出了球面像差(mm)、像散(mm)以及畸变(%)。如图20以及图21所示，通过本数值实施例7的摄像镜头也良好地修正了各像差。

[0336] 以上说明的本实施方式的摄像镜头具有100°以上的非常广的视场角(2ω)。具体地，上述数值实施例1～7的摄像镜头具有121.2°～130°的广视场角。根据本实施方式的摄像镜头，能够比现有的摄像镜头小型，且能够拍摄较广的范围。

[0337] 因此，在将上述实施方式的摄像镜头应用于智能手机、便携电话等便携设备、数码相机、数码摄像机、红外线摄像机、车载摄像机、网络摄像机、TV会议用摄像机、纤维镜、胶囊内窥镜等的摄像光学系统的情况下，能够实现该摄像机的高性能化和小型化的兼顾。

[0338] 产业利用性

[0339] 本实用新型能够应用于装入到智能手机、便携电话机、数码相机、数码摄像机、红外线摄像机、车载摄像机、网络摄像机、TV会议用摄像机、纤维镜、胶囊内窥镜等比较小型的

摄像机的摄像镜头。

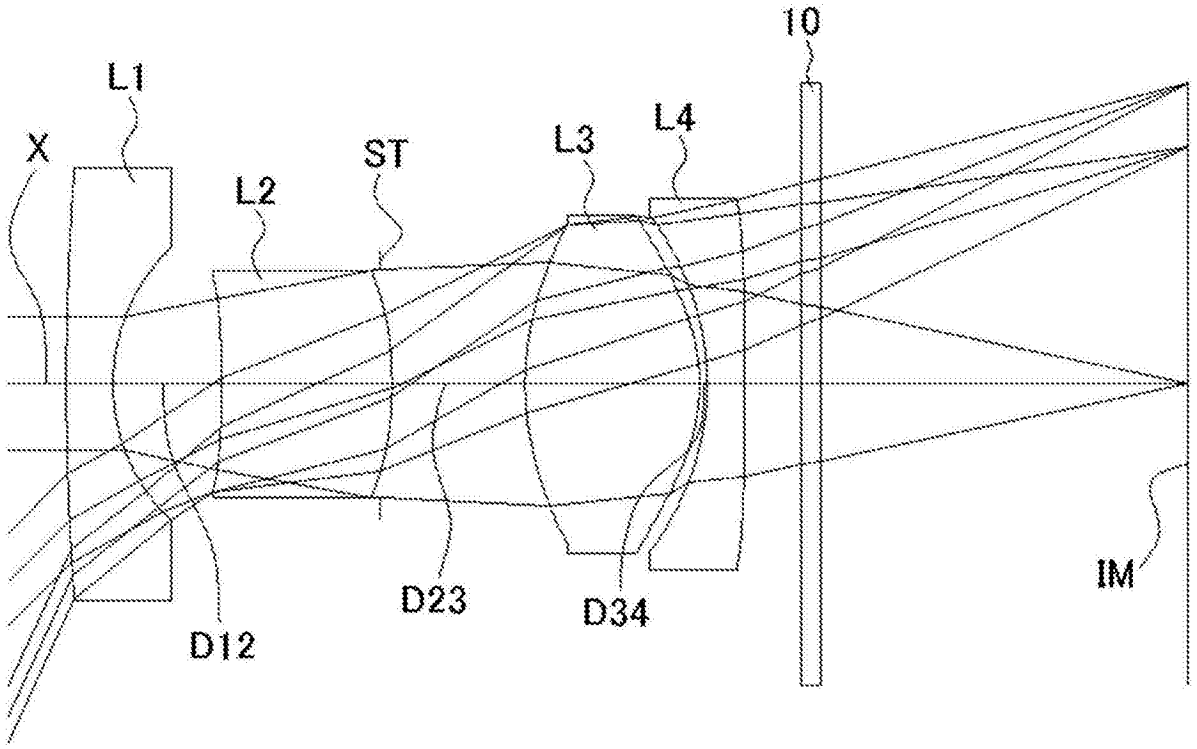


图1

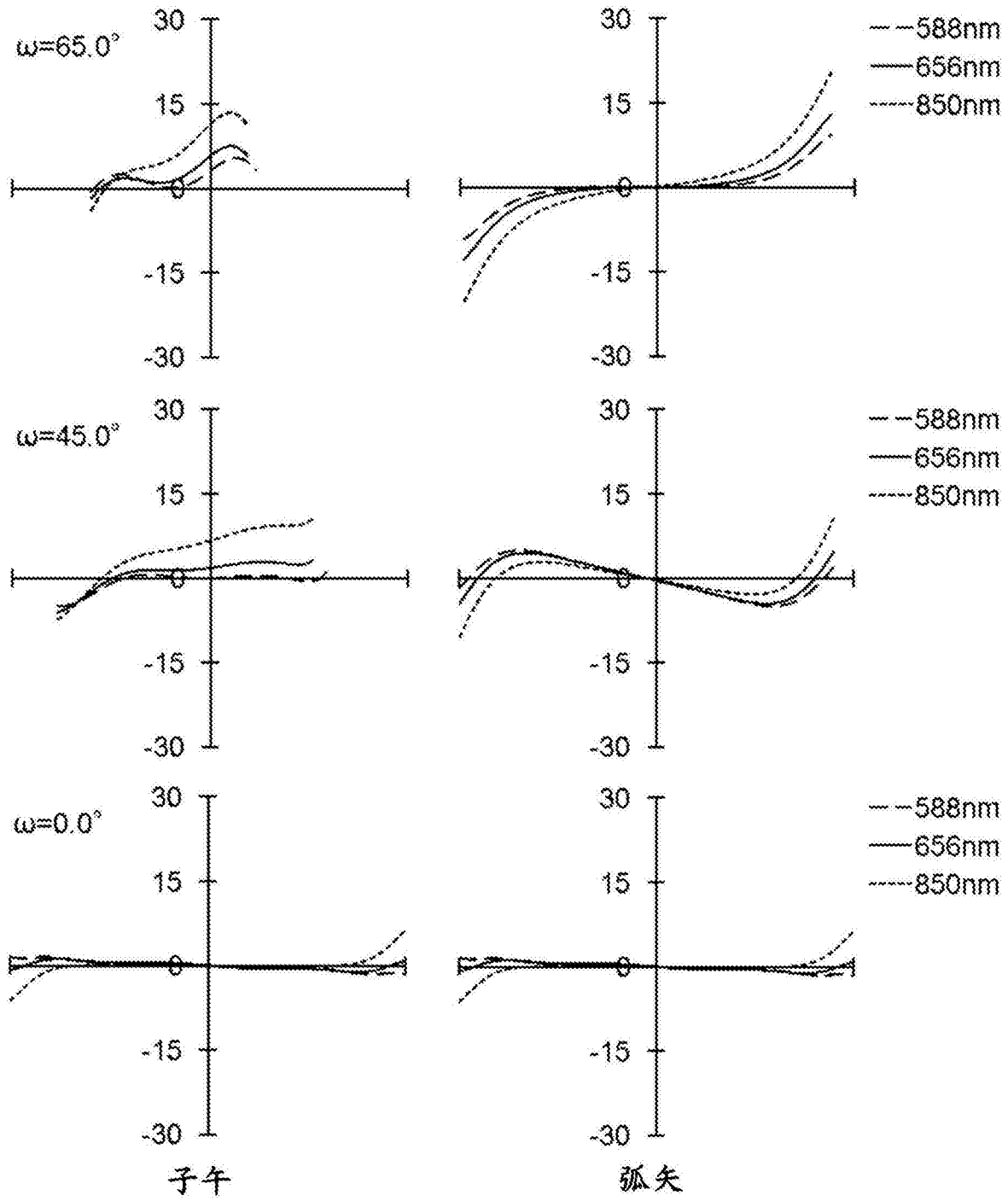


图2

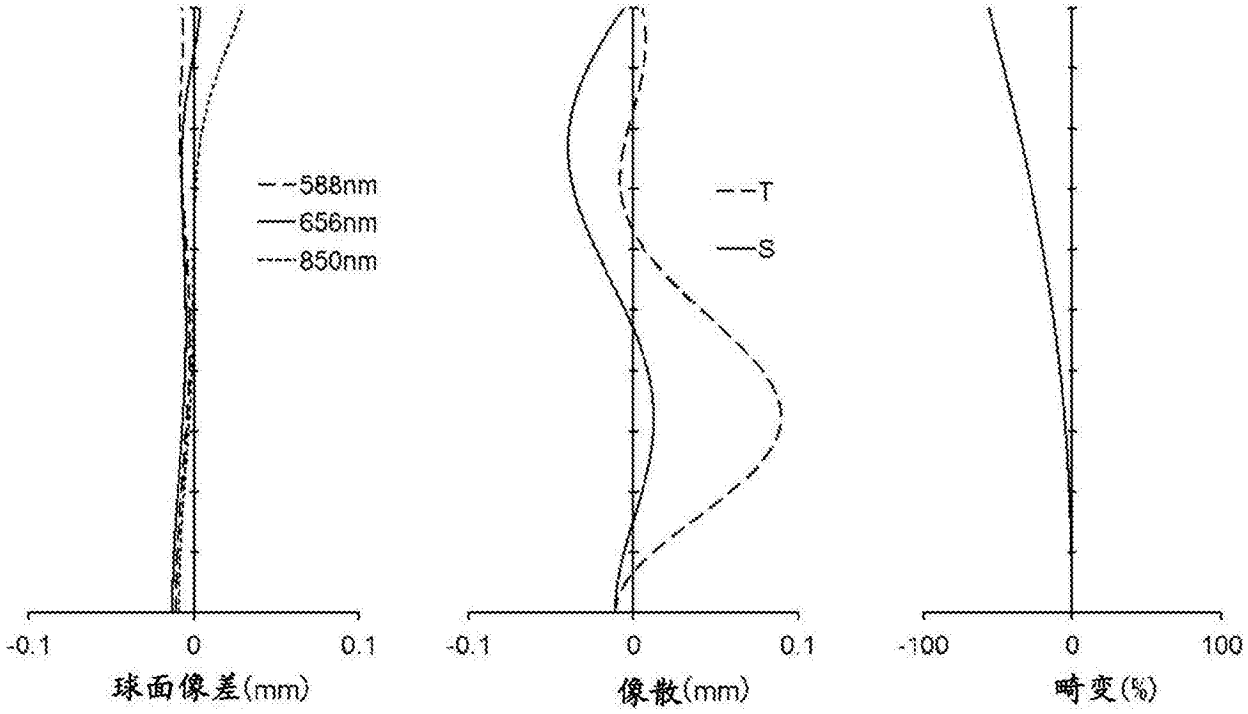

588nm
656nm
850nm
-0.1
0
0.1
球面像差(mm)
T
S
-0.1
0
0.1
像散(mm)
-100
0
100
畸变(%)

图3

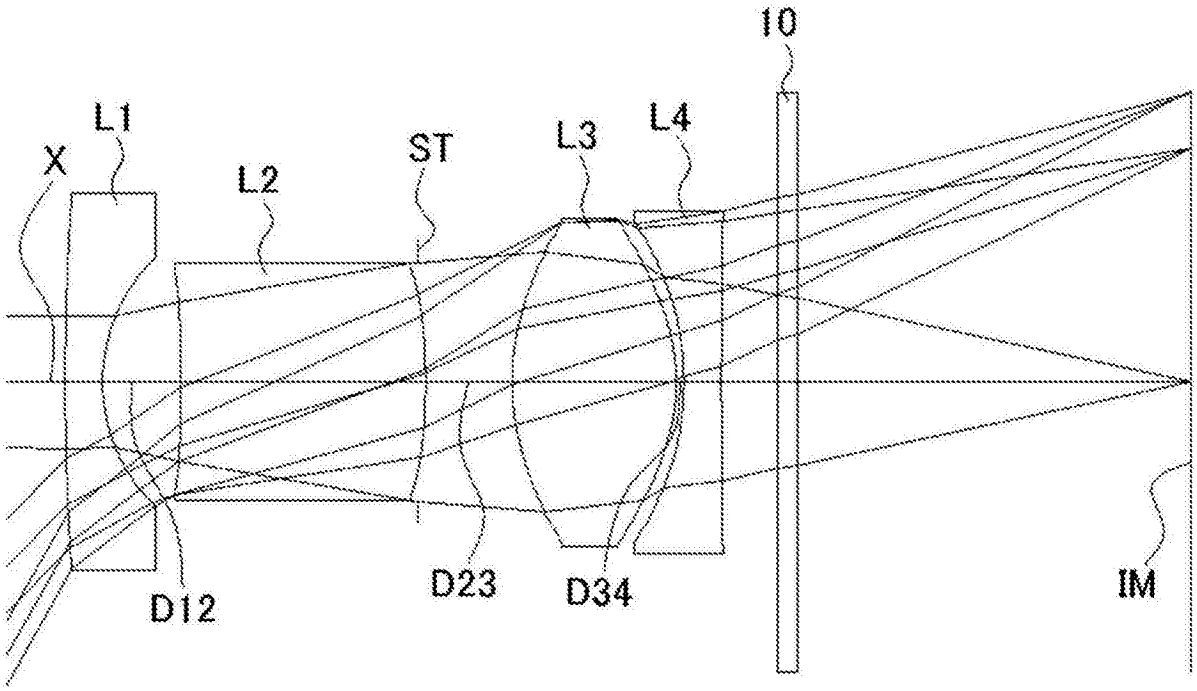

10
L1
X
L2
ST
L3
L4
D12
D23
D34
IM

图4

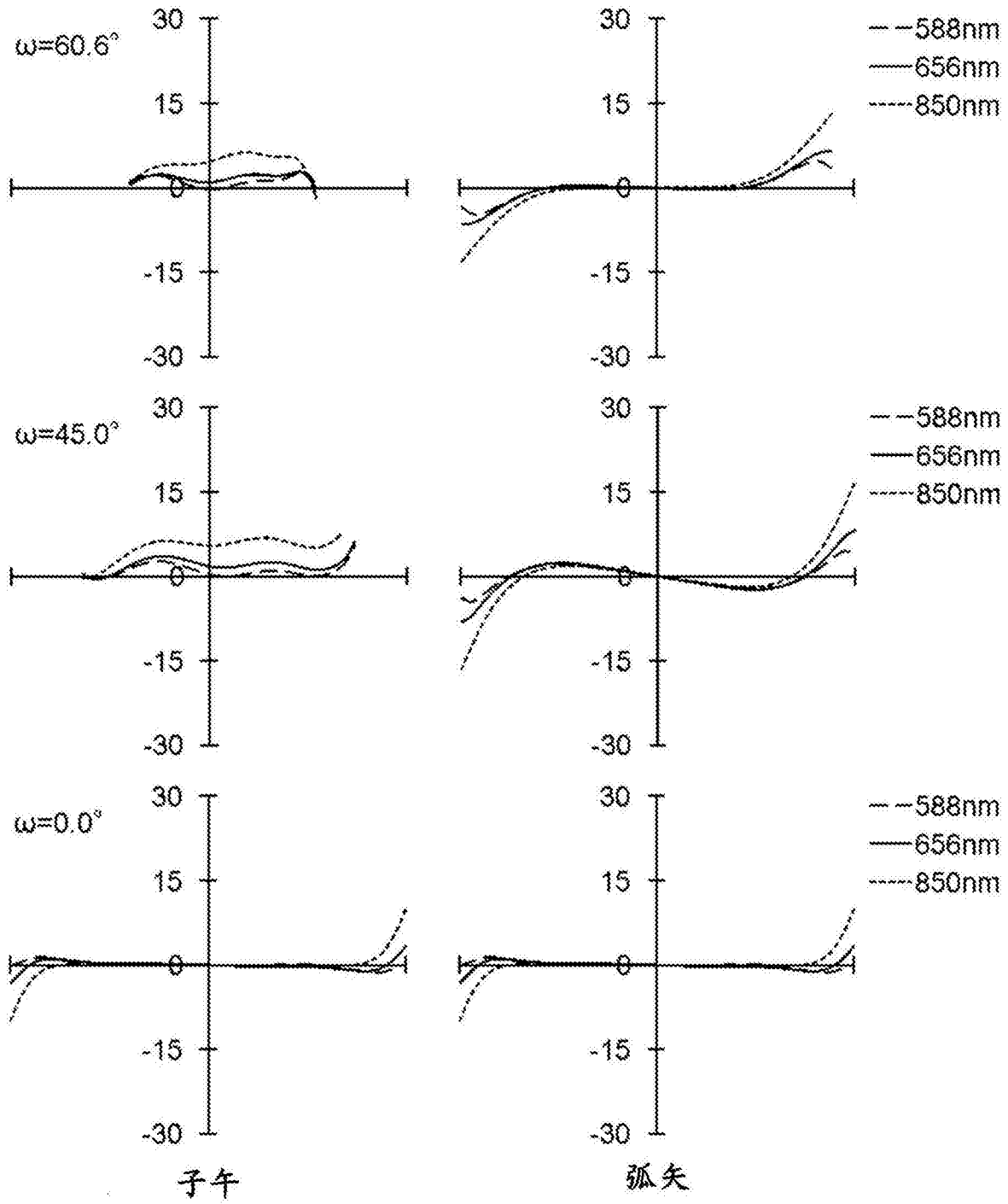


图5

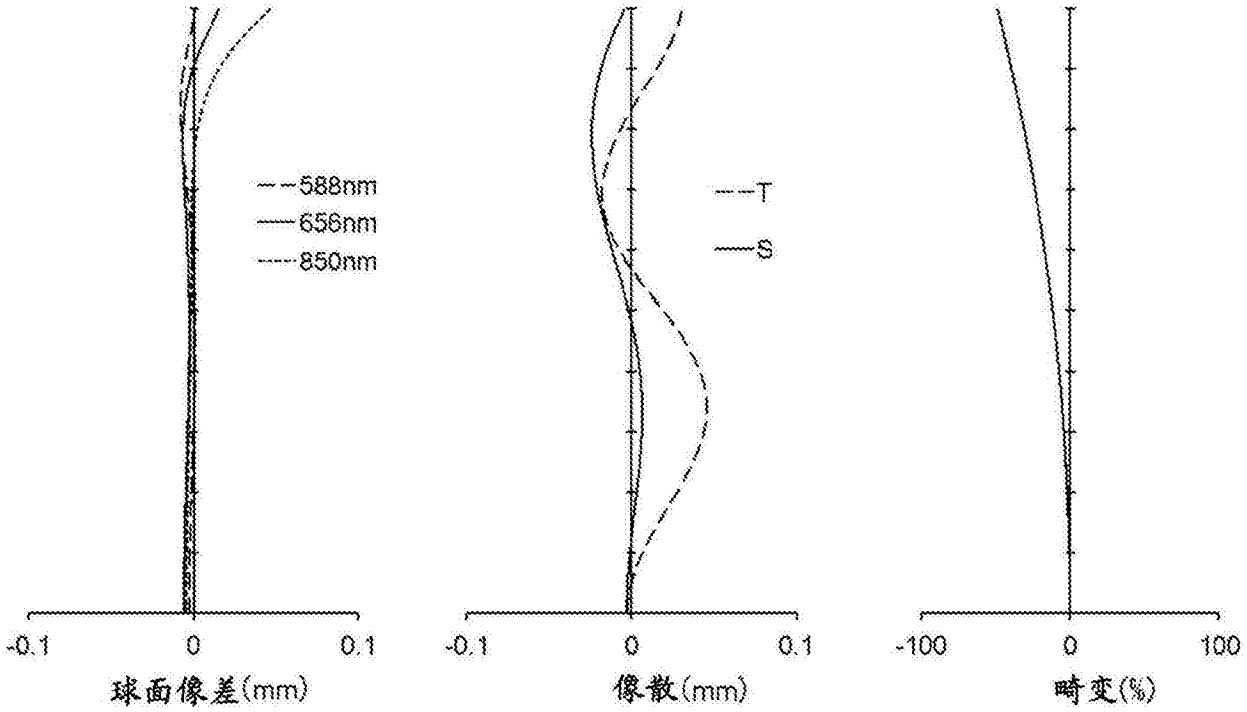

588nm
656nm
850nm
T
S
-0.1
0
0.1
球面像差(mm)
-0.1
0
0.1
像散(mm)
-100
0
100
畸变(%)

图6

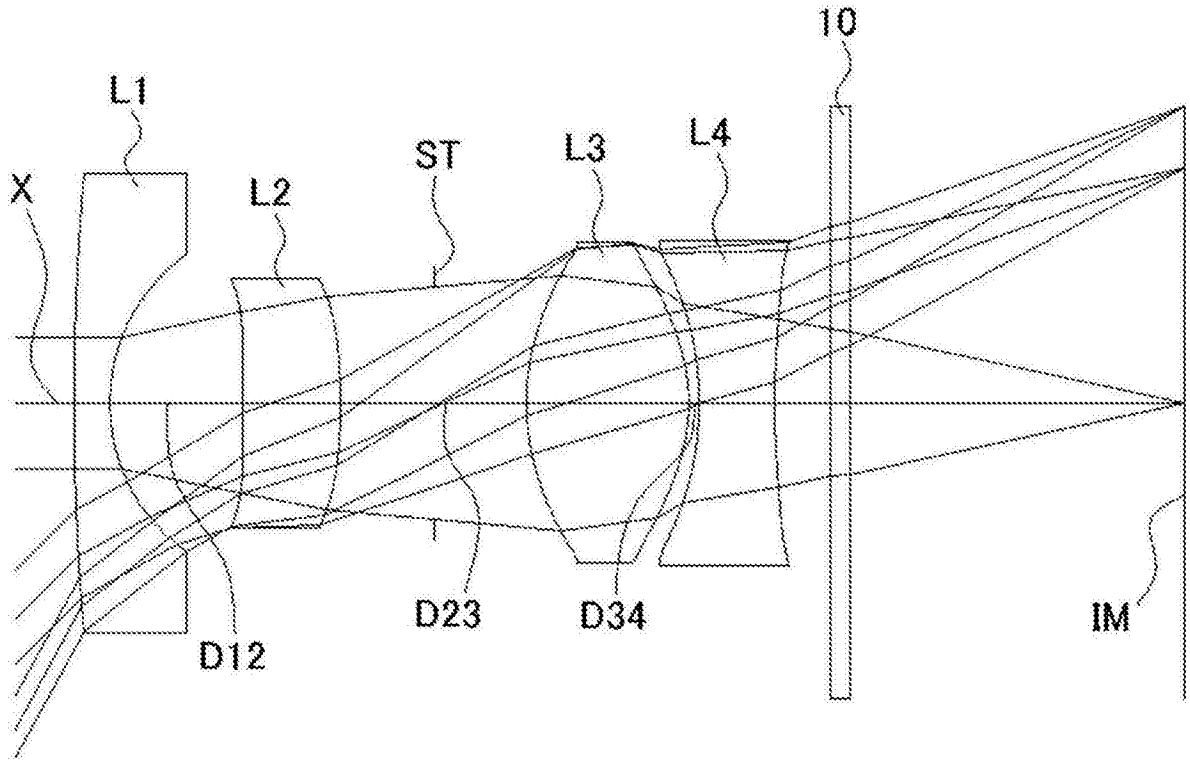

10
L1
X
L2
ST
L3
L4
D12
D23
D34
IM

图7

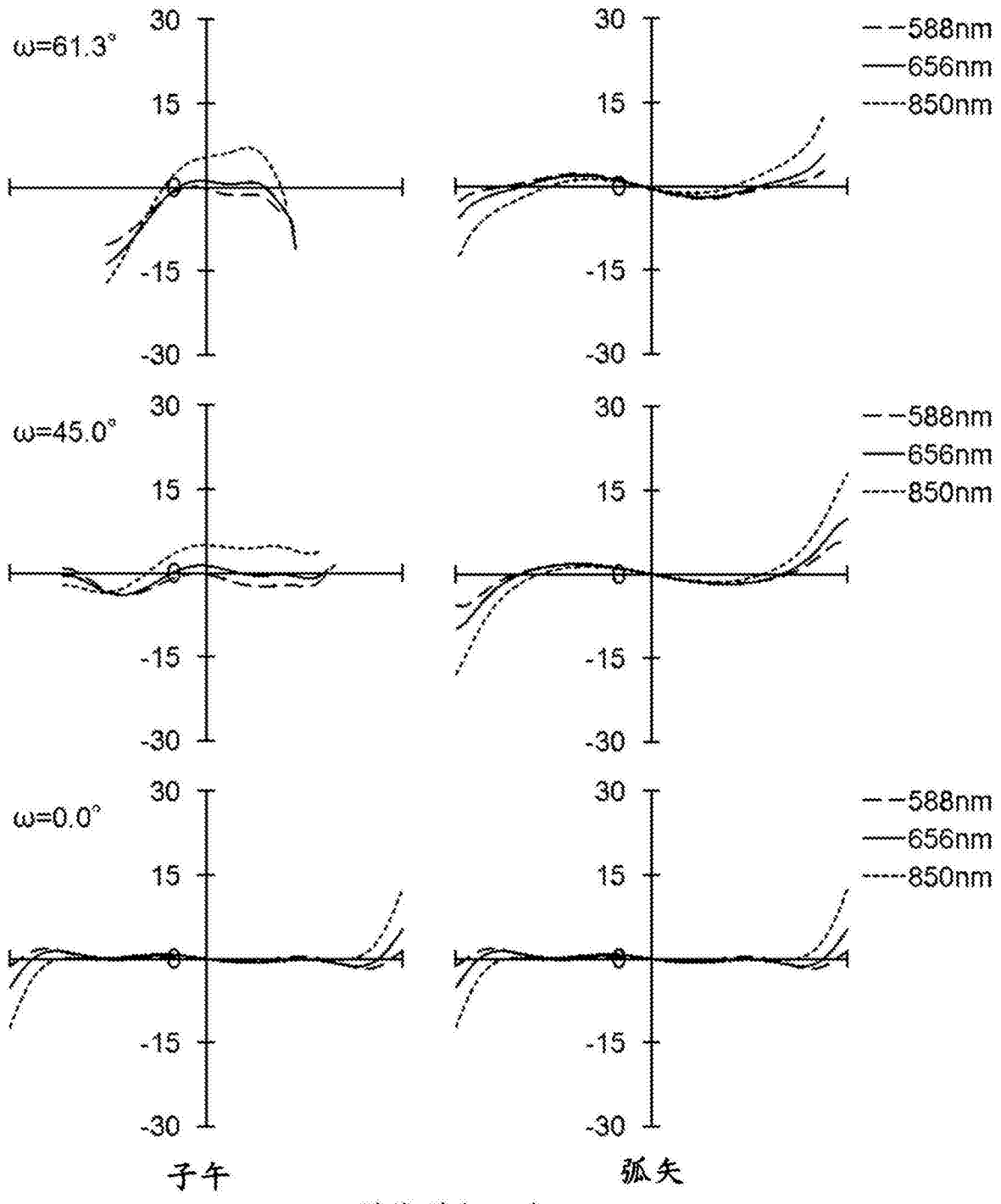


图8

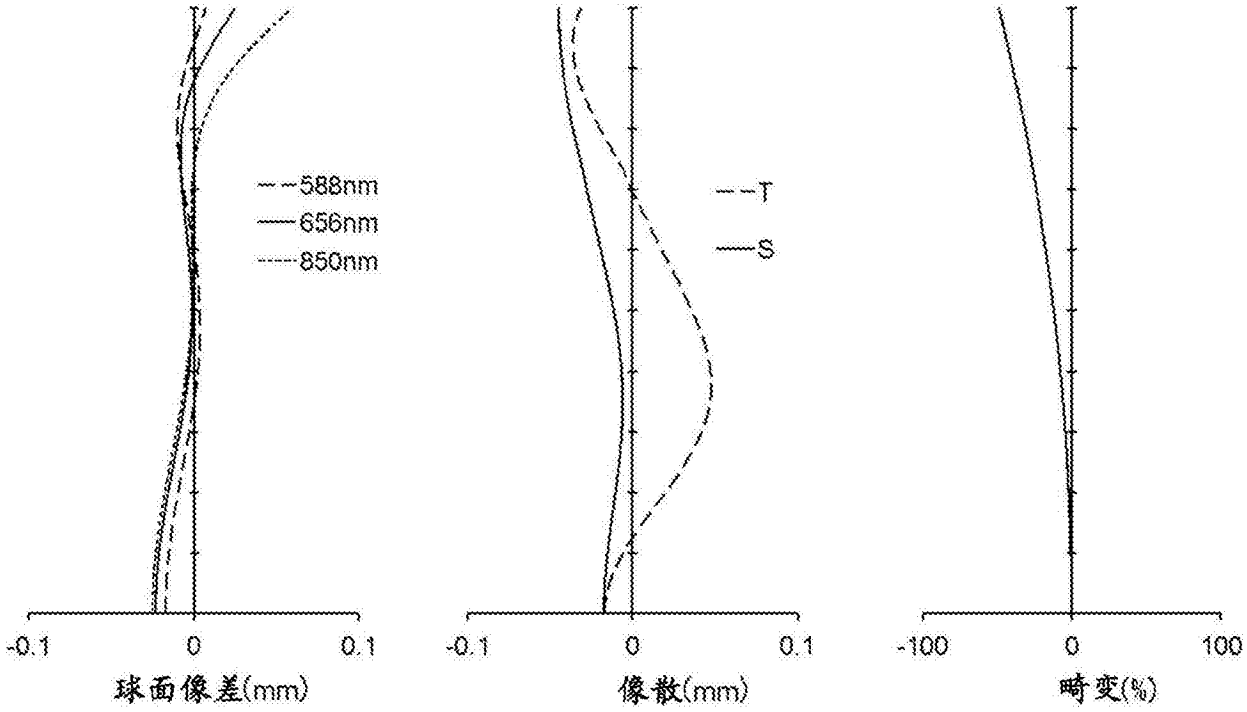

588nm
656nm
850nm
T
S
-0.1
0
0.1
-0.1
0
0.1
-100
0
100
球面像差(mm)
像散(mm)
畸变(%)

图9

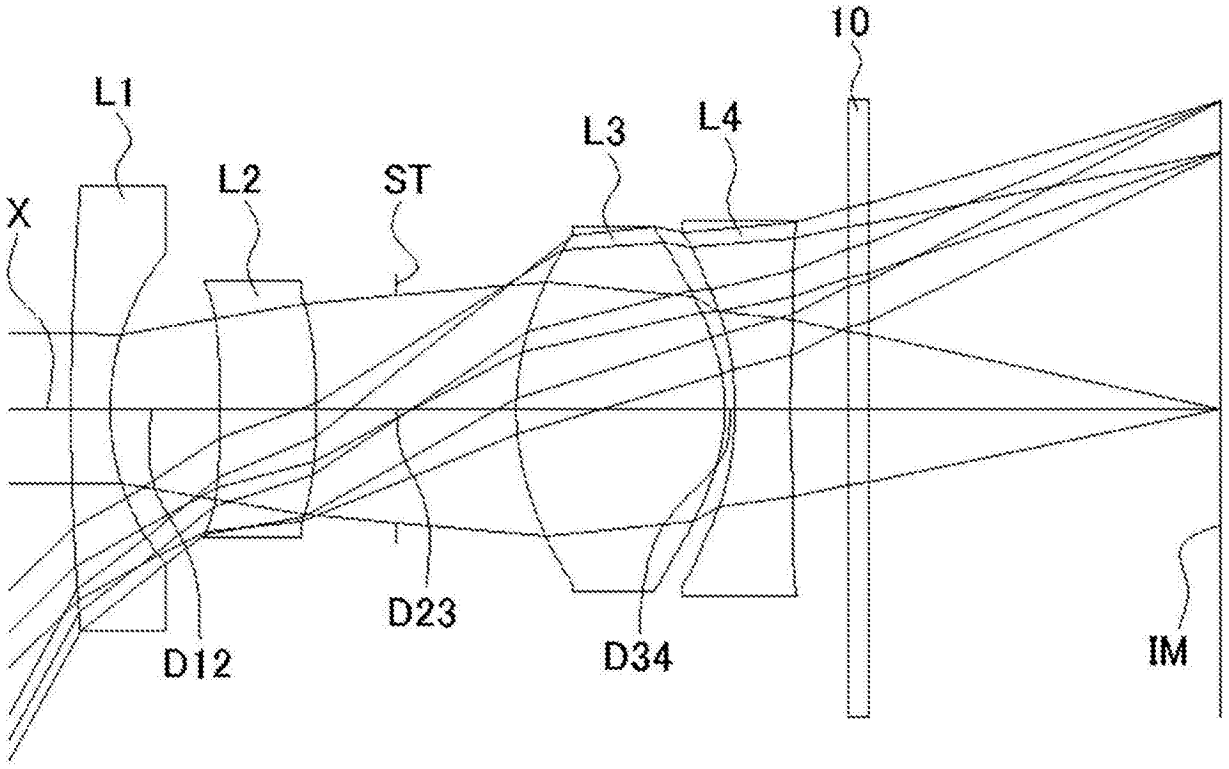

10
L1
L2
ST
L3
L4
X
D12
D23
D34
IM

图10

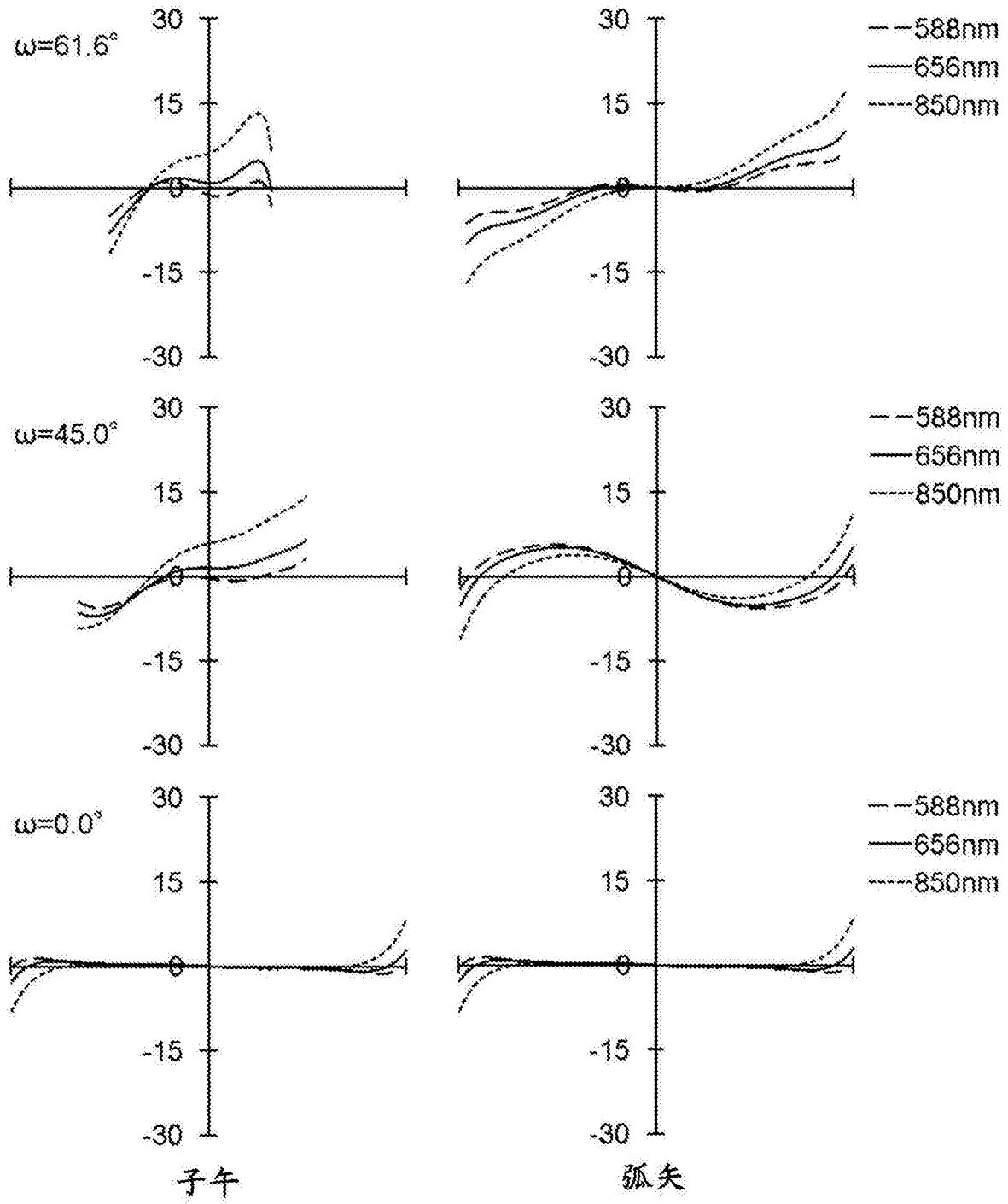


图11

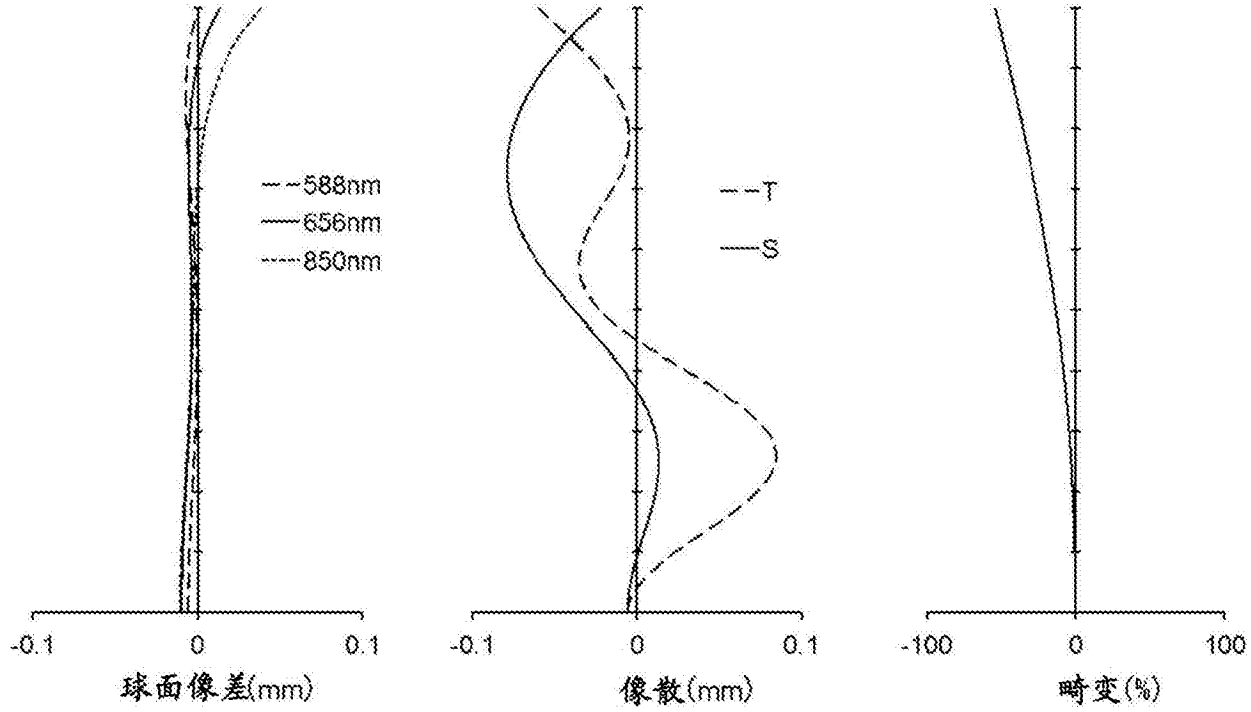

588nm
656nm
850nm
T
S
-0.1
0
0.1
球面像差(mm)
-0.1
0
0.1
像散(mm)
-100
0
100
畸变(%)

图12

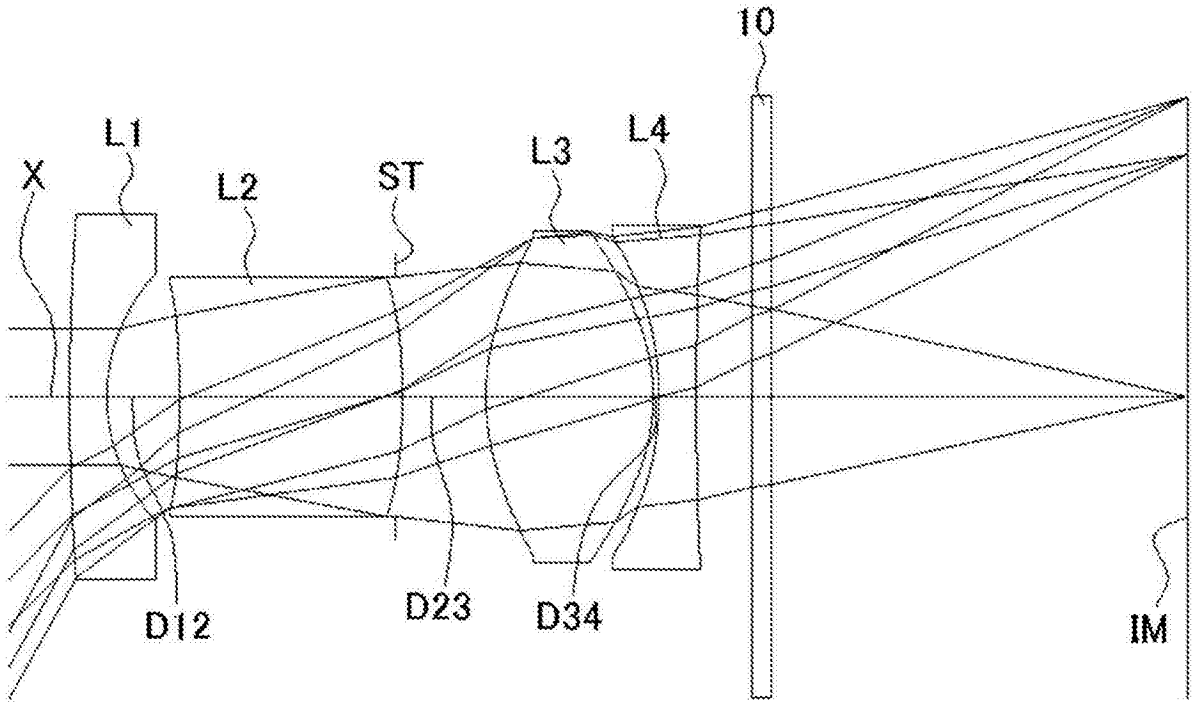

10
L1
X
L2
ST
L3
L4
D12
D23
D34
IM

图13

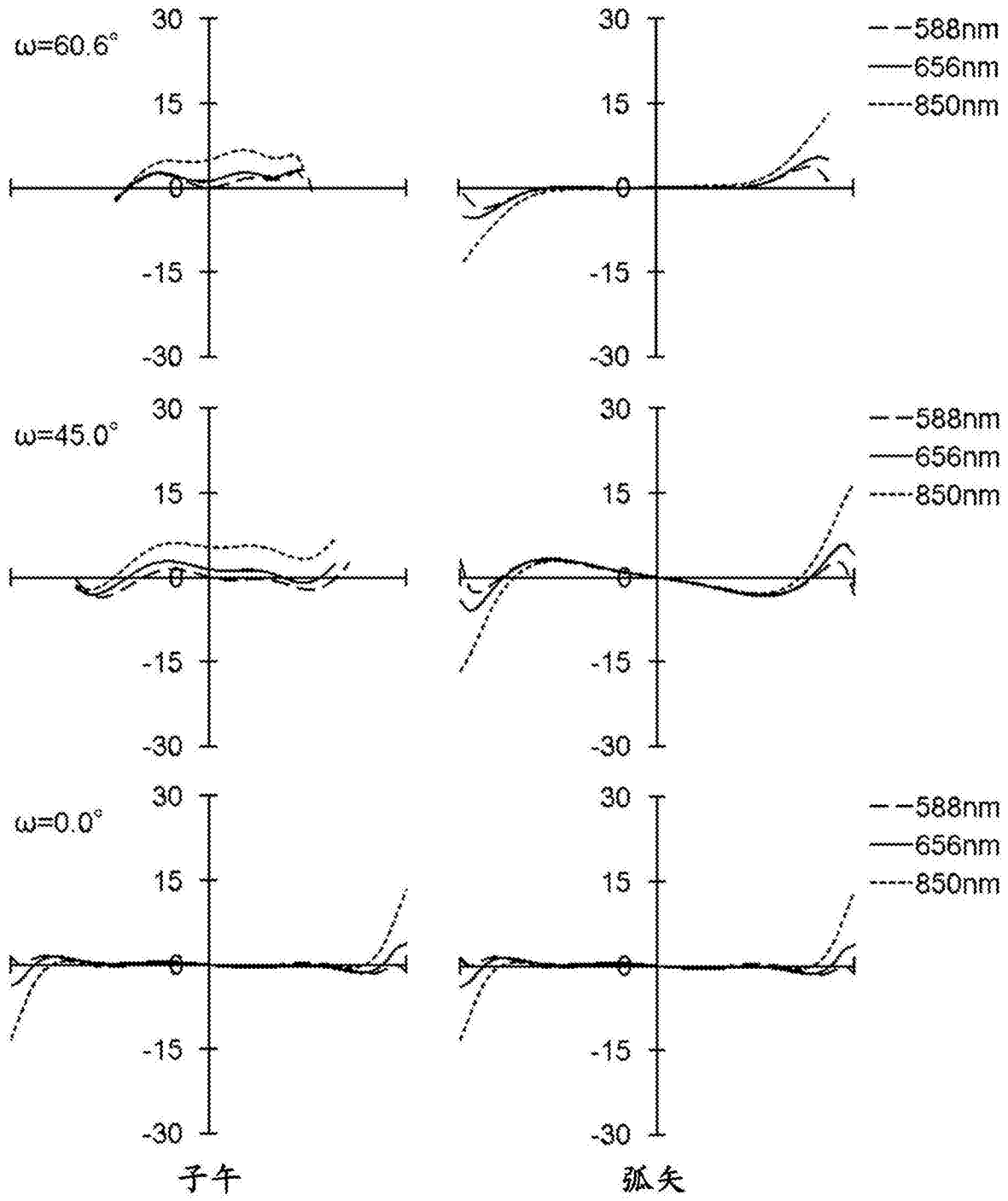


图14

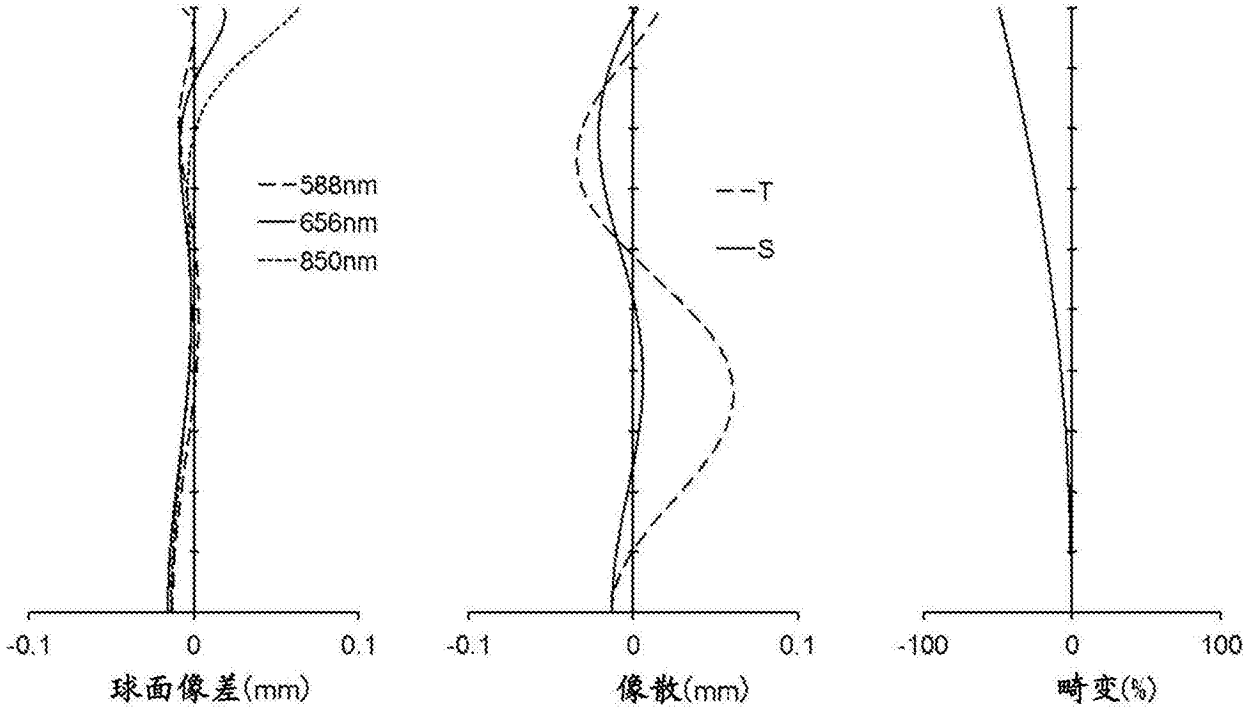

588nm
656nm
850nm
T
S
-0.1
0
0.1
-0.1
0
0.1
-100
0
100
球面像差(mm)
像散(mm)
畸变(%)

图15

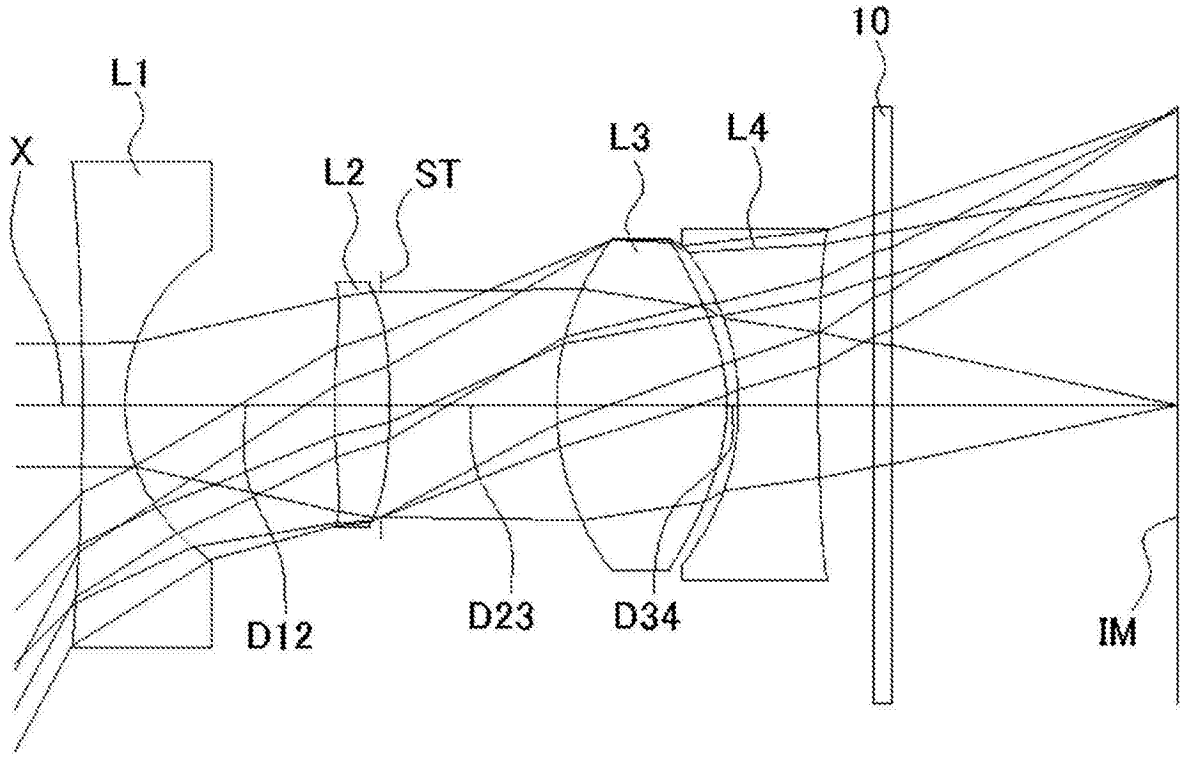

10
L1
X
L2
ST
L3
L4
D12
D23
D34
IM

图16

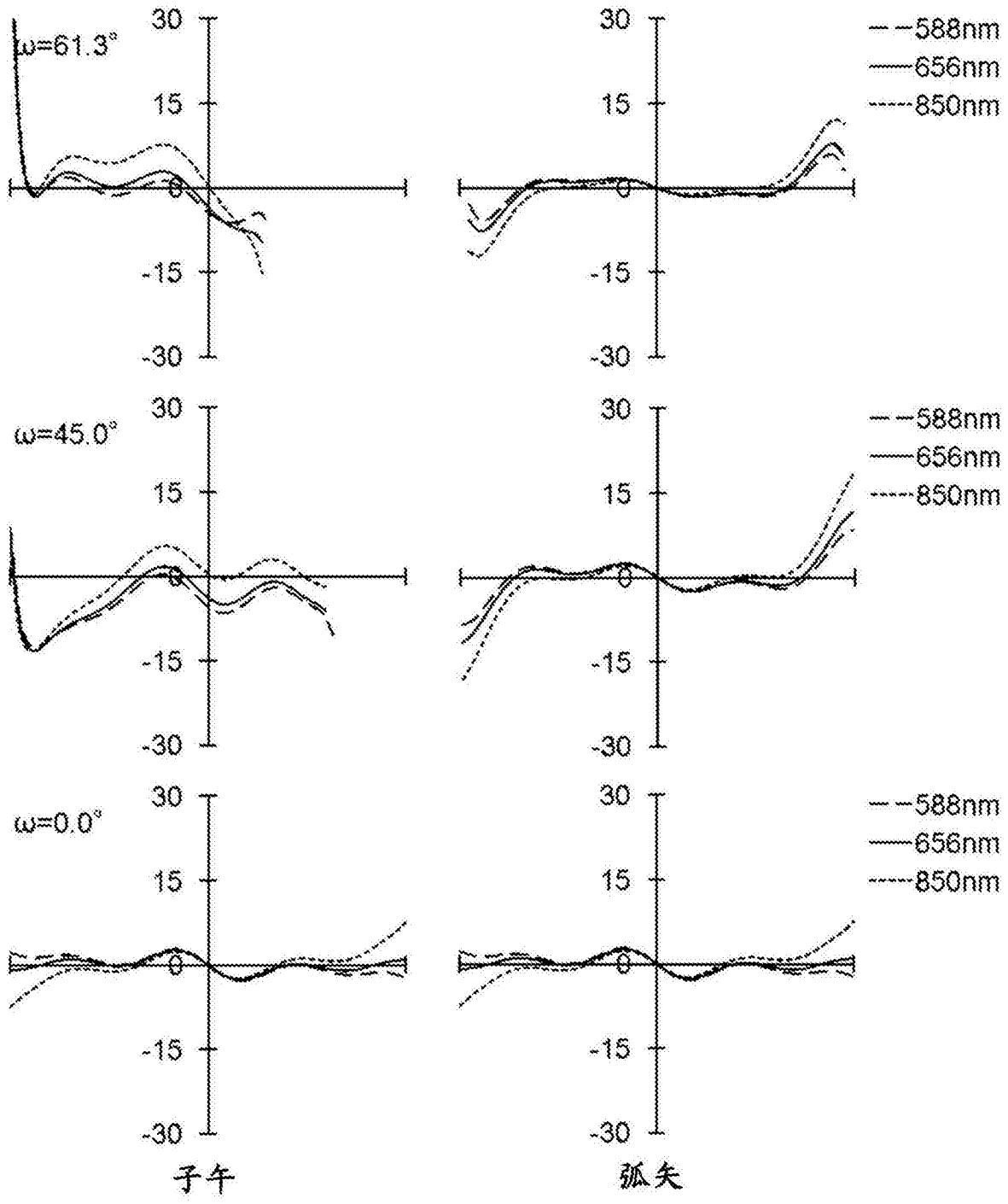


图17

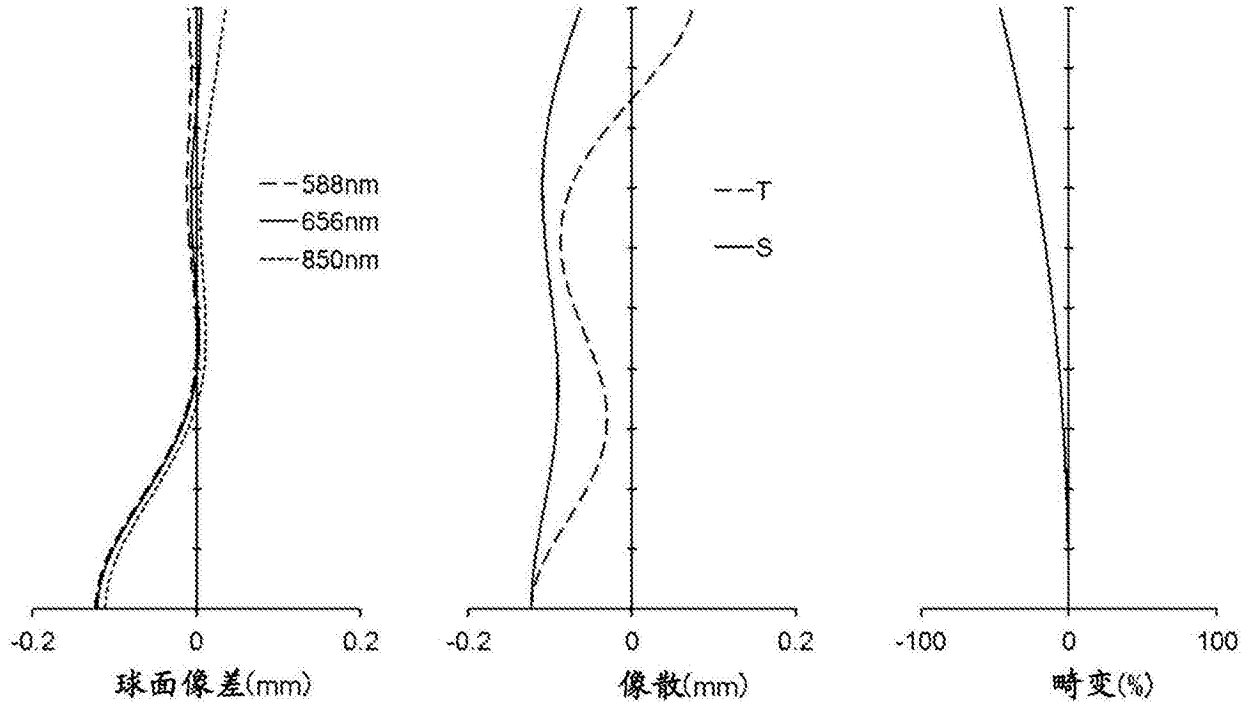

588nm
656nm
850nm
T
S
-0.2
0
0.2
-0.2
0
0.2
-100
0
100
球面像差(mm)
像散(mm)
畸变(%)

图18

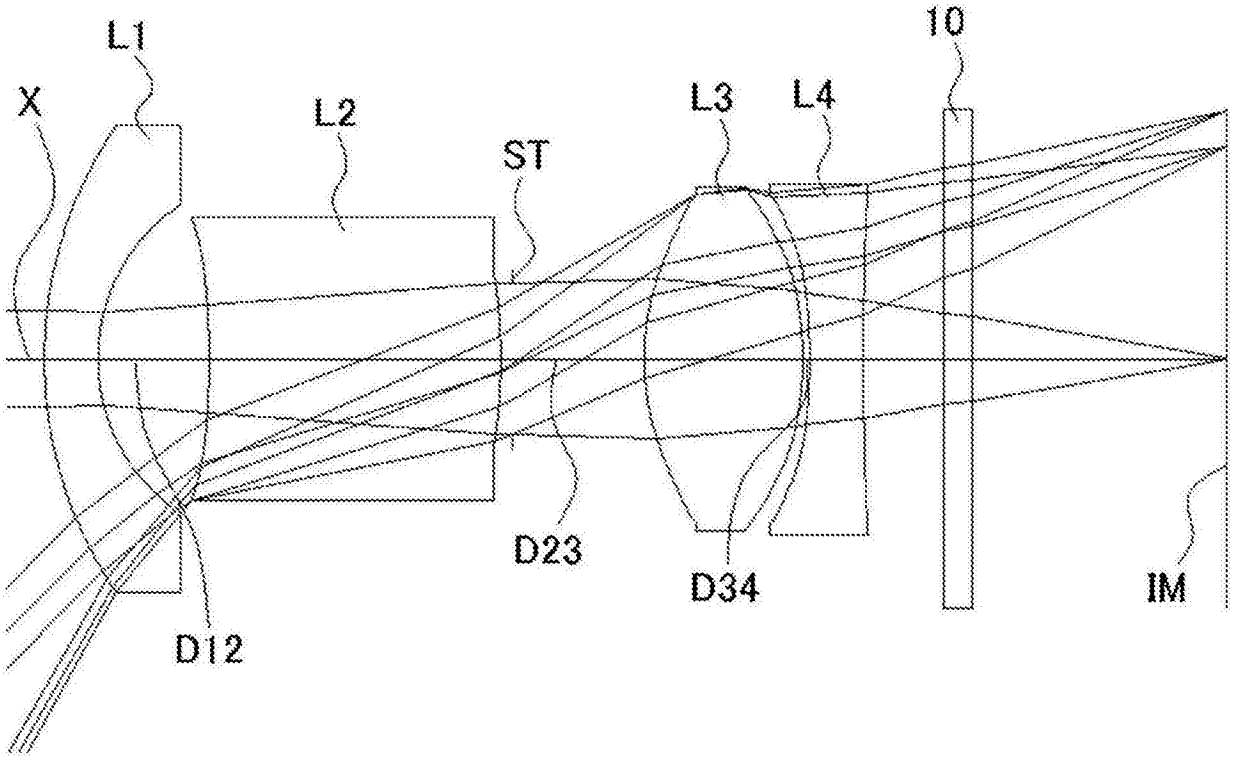

L1
X
L2
ST
L3
L4
10
D23
D34
IM
D12

图19

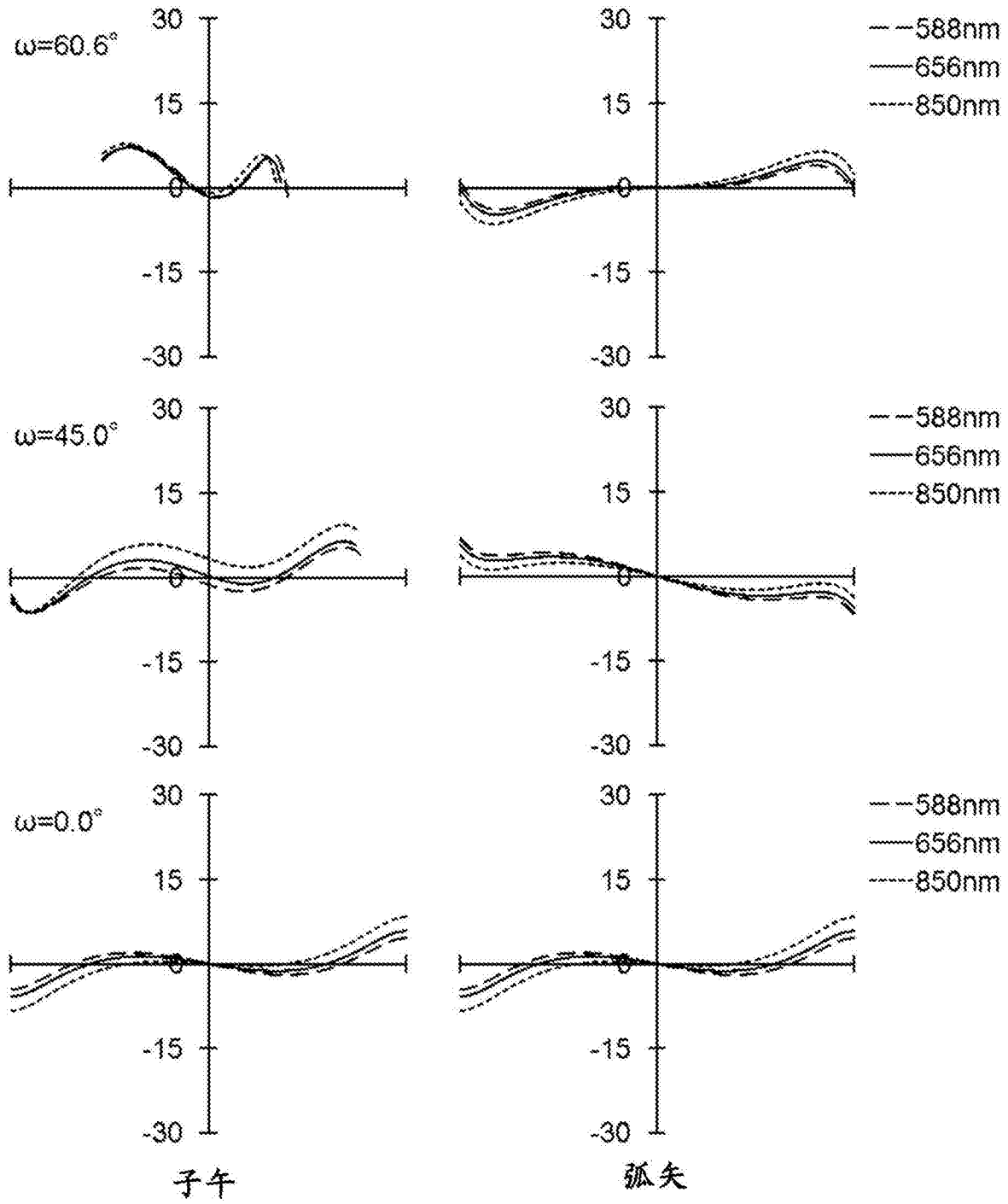


图20

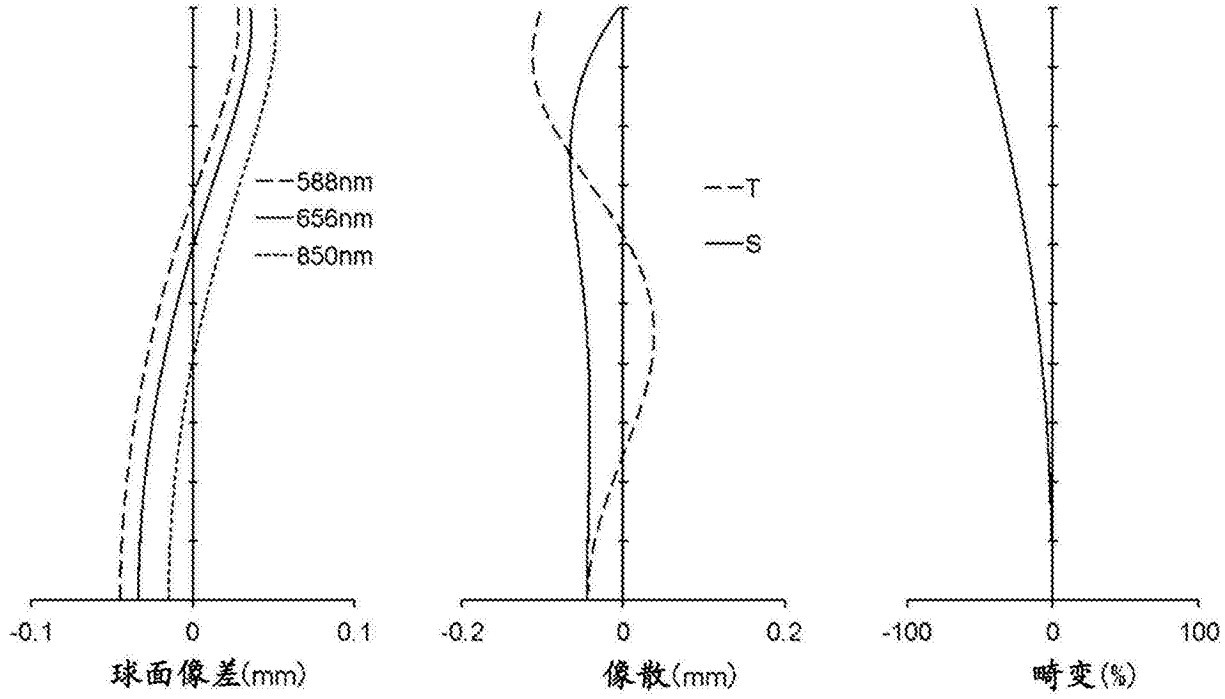


图21