



## (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102667570 B

(45) 授权公告日 2014. 12. 10

(21) 申请号 201080057622. 8

A61B 1/00 (2006. 01)

(22) 申请日 2010. 12. 10

(56) 对比文件

(30) 优先权数据

2009-292371 2009. 12. 24 JP

JP 特开 2007-249189 A, 2007. 09. 27, 说明书第 10 栏, 附图 3.

(85) PCT 国际申请进入国家阶段日

2012. 06. 18

US 6558316 B2, 2003. 05. 06, 说明书第 0010 至 0029 段, 附图 3-6、12、13.

(86) PCT 国际申请的申请数据

PCT/JP2010/072245 2010. 12. 10

CN 101426416 A, 2009. 05. 06, 全文.

CN 101396258 A, 2009. 04. 01, 全文.

CN 101551509 A, 2009. 10. 07, 全文.

(87) PCT 国际申请的公布数据

W02011/077972 JA 2011. 06. 30

JP 特开 2008-83316 A, 2008. 04. 10, 全文.

JP 特开 2008-224842 A, 2008. 09. 25, 全文.

JP 特开 2009-163256 A, 2009. 07. 23, 全文.

JP 特开平 6-308381 A, 1994. 11. 04, 全文.

(73) 专利权人 奥林巴斯医疗株式会社

地址 日本东京都

US 2006/0203361 A1, 2006. 09. 14, 全文.

US 4806001, 1989. 02. 21, 全文.

(72) 发明人 片平裕子

US 5777797 A, 1998. 07. 07, 全文.

US 6327101 B1, 2001. 12. 04, 全文.

(74) 专利代理机构 北京林达刘知识产权代理事

务所 (普通合伙) 11277

代理人 刘新宇 张会华

审查员 史敏峰

(51) Int. Cl.

G02B 13/04 (2006. 01)

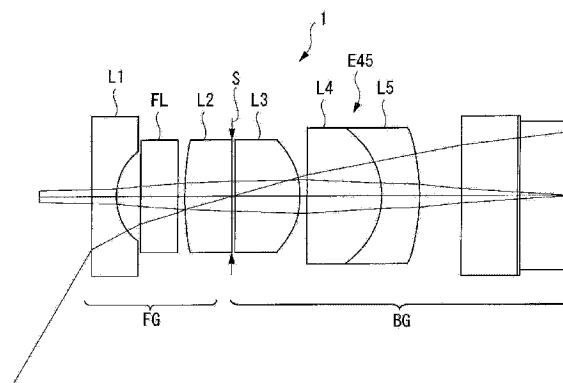
权利要求书1页 说明书21页 附图26页

(54) 发明名称

内窥镜用物镜及使用该内窥镜用物镜的内窥镜

(57) 摘要

本发明提供一种在对应于激光治疗等的小型且高像素的摄像元件中适用、并且结构简单的内窥镜用物镜及使用该内窥镜用物镜的内窥镜。该内窥镜用物镜(1)由自物侧依次排列的前透镜组(FG)、孔径光阑(S)、以及后透镜组(BG)构成, 前透镜组(FG)自物侧依次包括凹面朝向像侧的负的第1透镜(L1)、以及凸面朝向物侧且在像侧具有平面或凹面的正的第2透镜(L2), 并且该前透镜组(FG)具有滤光器(FL), 后透镜组(BG)自物侧依次包括凸面朝向像侧的正的第3透镜(L3)、以及由平凸透镜与负凹凸透镜(L5)构成或由双凸透镜(L4)与负凹凸透镜(L5)构成的接合透镜(E45), 且满足以下条件式(1)。(n3)为第3透镜(L3)的折射率, v3为第3透镜(L3)的阿贝数。(1)  $n3 > -v3/12 + 5.5$ 。



1. 一种内窥镜用物镜,其由自物侧依次排列的前透镜组、孔径光阑、以及后透镜组构成,

上述前透镜组自物侧依次包括凹面朝向像侧的负的第1透镜、以及凸面朝向物侧且在像侧具有平面或凹面的正的第2透镜,并且该前透镜组在上述第1透镜与上述第2透镜之间具有滤光器,

上述后透镜组自物侧依次包括凸面朝向像侧的正的第3透镜、以及由平凸透镜与负凹凸透镜构成或由双凸透镜与负凹凸透镜构成的接合透镜,且满足以下条件式(1)-(3):

$$(1) n_3 > -v_3/12+5.5$$

$$(2) |f_3/r_3| > 1.3$$

$$(3) 1.9333 > df/I_h > 1.5$$

其中, $n_3$ 为上述第3透镜的折射率, $v_3$ 为上述第3透镜的阿贝数, $df$ 为自上述第1透镜的凹面顶至上述孔径光阑的面间距与光学元件厚度之和, $I_h$ 为最大像高, $f_3$ 为上述第3透镜的焦距, $r_3$ 为上述第3透镜的像面侧曲率半径。

2. 一种内窥镜,其包括权利要求1所述的内窥镜用物镜。

## 内窥镜用物镜及使用该内窥镜用物镜的内窥镜

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种在对应于激光治疗等的小型且高像素的摄像元件中适用、并且结构简单的内窥镜用物镜及使用该内窥镜用物镜的内窥镜。

### 背景技术

[0002] 关于使用于医疗等的内窥镜,为了提高操作性、减轻患者的负担,期望内窥镜插入部细径化、内窥镜插入部的顶端硬质部缩短化。因而,将所安装的物镜构成为外径较小且整个长度较短是不可缺少的。作为这种内窥镜用物镜,已知有小型且结构简单的内窥镜用物镜(例如参照专利文献 1 及专利文献 2)。

[0003] 另一方面,在对应于激光治疗等的内窥镜的情况下,需要向物镜中插入激光截止滤光器或颜色校正滤光器等滤光器。已知有具有这种滤光器的内窥镜(例如参照专利文献 1 及专利文献 3 至专利文献 5)。在专利文献 1、专利文献 3 及专利文献 4 中,避开向滤光器的入射角较大的孔径光阑的正后方,在像面附近配置有滤光器。在专利文献 5 的实施例 9 中,在最靠近像面的位置处配置有滤光器。在专利文献 5 的实施例 11 中,在孔径光阑的正前方、以及在孔径光阑与配置在其后段的接合透镜之间配置有滤光器。

[0004] 另一方面,若要提高内窥镜下的诊断能力,重要的是校正各种光学像差并提高图像质量。内窥镜用物镜是在孔径光阑的物侧配置有具有负光焦度的透镜组、并在孔径光阑的像侧配置有具有正光焦度的透镜组这种反远距类型的构造,从而实现了广角化。但是,由于对于孔径光阑非对称的结构,因此特别难以进行倍率的色像差校正。已知有良好地校正了这种倍率的色像差的物镜(参照专利文献 6)。

[0005] 现有技术文献

[0006] 专利文献

[0007] 专利文献 1:日本专利第 4245985 号公报

[0008] 专利文献 2:日本特开 2007-249189 号公报

[0009] 专利文献 3:日本专利第 4229754 号公报

[0010] 专利文献 4:日本专利第 3574484 号公报

[0011] 专利文献 5:日本特开 2004-354888 号公报

[0012] 专利文献 6:日本特开 2007-249189 号公报

### 发明内容

[0013] 发明要解决的问题

[0014] 但是,专利文献 1 及专利文献 2 的物镜由于结构简略,因此存在如下问题:例如即使良好地校正了色像差,像面弯曲、球面像差等也变差,像差平衡变差。

[0015] 此外,近年来,伴随着摄像元件的小型化及高像素化,期望有更小型且高性能的物镜。在这种小型摄像元件使用在对应于激光治疗等的内窥镜中的情况下,与使用常规尺寸的摄像元件的情况相同,需要在物镜内确保配置颜色校正滤光器、红外截止滤光器等光学

滤光器的间隔。

[0016] 此时,作为第1问题,若如专利文献1、3、4及专利文献5的实施例9那样将滤光器配置在最靠近像面的一侧,则滤光器配置在物镜保持框的最后端或摄像元件保持框的最前端。即,由于滤光器在外部直接露出,因此存在在装配作业中破损、缺损等损伤滤光器表面的风险。作为第2问题,可列举上述倍率的色像差校正。但是,专利文献5的第9实施例及第11实施例的倍率色像差(F线与C线之差)分别为半视角 $\omega=60^\circ$ 且大到焦距的1.2%或1.0%。如以上那样,在专利文献1至专利文献5的物镜中存在不能够同时解决上述第1及第2问题这一问题。

[0017] 另一方面,专利文献6的第1实施例为小型并且简单的光学系统,同时将倍率色像差(F线与C线之差)良好地校正为半视角 $\omega=50^\circ$ 且焦距的0.04%。但是,存在明显没有用于配置光学滤光器的间隔、无法采用需要光学滤光器的内窥镜中这一问题。

[0018] 本发明是鉴于上述情况而完成的,其目的在于提供一种在对应于激光治疗等的小型且高像素的摄像元件中适用、并且结构简单的内窥镜用物镜及使用该内窥镜用物镜的内窥镜。

#### [0019] 用于解决问题的方案

[0020] 为了达成上述目的,本发明提供以下方法。

[0021] 本发明的第1方式为一种内窥镜用物镜,其由自物侧依次排列的前透镜组、孔径光阑、以及后透镜组构成,上述前透镜组自物侧依次包括凹面朝向像侧的负的第1透镜、以及凸面朝向物侧且在像侧具有平面或凹面的正的第2透镜,并且该前透镜具有滤光器,上述后透镜组自物侧依次包括凸面朝向像侧的正的第3透镜、以及由平凸透镜与负凹凸透镜构成或由双凸透镜与负凹凸透镜构成的接合透镜,且满足以下条件式(1):

$$[0022] \quad (1) n_3 > -v_3/12+5.5$$

[0023] 其中, $n_3$ 为上述第3透镜的折射率, $v_3$ 为上述第3透镜的阿贝数。

[0024] 根据本发明的第1方式,为了得到小型且光学全长较短的内窥镜,将光学元件的构成个数设为最小限度,成为由前透镜组、孔径光阑、以及后透镜组这三组构成的简单结构。并且,为了得到对应于高像素摄像元件的良好图像质量,设为如下结构:前透镜组自物侧依次包括凹面朝向像侧的负的第1透镜、以及凸面朝向物侧且在像侧具有平面或凹面的正的第2透镜,后透镜组自物侧依次包括凸面朝向像侧的正的第3透镜、以及由平凸透镜与负凹凸透镜构成或双凸透镜与负凹凸透镜构成的接合透镜。

[0025] 而且,为了得到对应于激光治疗等的内窥镜,设为如下结构:在前透镜组中配置激光截止滤光器、颜色校正滤光器等光学滤光器。在以往的内窥镜用物镜中,滤光器等多为在配置于孔径光阑的像侧处的后透镜组中,避开光线射入滤光器的入射角较大的孔径光阑正后方而配置在像面附近。但是,若如此设置,则滤光器的位置成为物镜保持框的最后端或摄像元件保持框的最前端。即,由于滤光器直接暴露在外侧,因此可能会在装配作业中破损、缺损等损伤滤光器表面。将滤光器配置在前透镜组中是为了避开该风险。

[0026] 条件式(1)限定了后透镜组中正的第3透镜的折射率及阿贝数。在校正色像差的情况下,优选的是在后透镜组的正透镜中配置阿贝数较大的组成材料。通过在孔径光阑的正后方配置具有分散的较小组成的正透镜,能够良好地校正倍率的色像差。若偏离条件式(1)的范围,则难以在整个系统中校正色像差。

[0027] 本发明的第 2 方式为一种内窥镜用物镜,其由自物侧依次排列的前透镜组、孔径光阑、以及后透镜组组成,上述前透镜组自物侧依次包括凹面朝向像侧的负的第 1 透镜、以及凸面朝向物侧且在像侧具有平面或凹面的正的第 2 透镜,并且该前透镜组在上述第 1 透镜与上述第 2 透镜之间具有滤光器,上述后透镜组自物侧依次包括凸面朝向像侧的正的第 3 透镜、以及由平凸透镜与负凹凸透镜构成或由双凸透镜与负凹凸透镜构成的接合透镜。

[0028] 根据本发明的第 2 方式,为了得到对应于激光治疗等的内窥镜,设为如下构造:在第 1 透镜与第 2 透镜之间配置激光截止滤光器、颜色校正滤光器等光学滤光器。这是为了避免在装配作业中破损、缺损等损伤滤光器表面的风险。此外,通过将滤光器等配置于比孔径光阑靠物侧的位置处,使光线射入滤光器的入射角变小。由此,能够有效地进行颜色校正或截止红外波长区域的光线,故为最优选的方式。

[0029] 在上述第 2 方式中,优选的是,满足以下条件式(1):

[0030] (1)  $n_3 > -v_3/12+5.5$

[0031] 其中,  $n_3$  为上述第 3 透镜的折射率,  $v_3$  为上述第 3 透镜的阿贝数。

[0032] 在上述第 1 及第 2 方式中,优选的是,满足以下条件式(2)及条件式(3):

[0033] (2)  $|f_3/r_3| > 1.3$

[0034] (3)  $2.0 > df/I_h > 1.5$

[0035] 其中,  $f_3$  为上述第 3 透镜的焦距,  $r_3$  为上述第 3 透镜的像面侧曲率半径,  $df$  为自上述第 1 透镜的凹面顶至上述孔径光阑的面间距与光学元件厚度之和,  $I_h$  为最大像高。

[0036] 条件式(2)限定了后透镜组中正的第 3 透镜的焦距与像侧面的曲率半径之比。为了在小型的内窥镜用物镜中缩短整个长度、并且极力缩小像面入射角的偏差,需要利用孔径光阑之后的小数量透镜来进行光线的折曲。关于透镜加工性能、装配精度,也优选的是透镜曲率半径为一定值以上。因此,需要取第 3 透镜的焦距及像面曲率半径的平衡。若低于条件式(2)的下限 1.3,则由于第 3 透镜的像侧面的曲率半径变大,因此虽然能够将像面入射角校正为与光轴平行,但是难以进行整个系统下的像差校正,透镜加工条件也变得严峻。

[0037] 而且,若要将滤光器配置于前透镜组,需要对摄像元件尺寸在前透镜组中确保足够空间。条件式(3)限定了自第 1 透镜的凹面顶至孔径光阑的面间距与光学元件厚度之和相对于最大像高的比。若低于条件式(3)的下限 1.5,则难以充分地确保用于配置滤光器等等的空间。若高于条件式(3)的上限 2.0,则虽然能够确保用于配置滤光器等等的空间,但是需要加长自孔径光阑之后到像面的距离。其结果,可能导致像面入射角变大,产生暗影现象。

[0038] 本发明的第 3 方式为一种内窥镜,其包括上述任一方式所述的内窥镜用物镜。

[0039] 发明的效果

[0040] 根据本发明第 1 方式至第 3 方式,能够提供一种在对于激光治疗等的小型且高像素的摄像元件中适用、并且结构简单的内窥镜用物镜及使用该内窥镜用物镜的内窥镜。

## 附图说明

[0041] 图 1 是表示本发明的一实施方式的内窥镜用物镜的结构透镜剖视图。

[0042] 图 2 是表示实施例 1 的内窥镜用物镜的结构透镜剖视图。

[0043] 图 3 是表示图 2 的内窥镜用物镜的球面像差、像散、倍率色像差、M 方向的彗形像差以及 S 方向的彗形像差的像差图。

- [0044] 图 4 是表示实施例 2 的内窥镜用物镜的结构的透镜剖视图。
- [0045] 图 5 是表示图 4 的内窥镜用物镜的球面像差、像散、倍率色像差、M 方向的彗形像差以及 S 方向的彗形像差的像差图。
- [0046] 图 6 是表示实施例 3 的内窥镜用物镜的结构的透镜剖视图。
- [0047] 图 7 是表示图 6 的内窥镜用物镜的球面像差、像散、倍率色像差、M 方向的彗形像差以及 S 方向的彗形像差的像差图。
- [0048] 图 8 是表示实施例 4 的内窥镜用物镜的结构的透镜剖视图。
- [0049] 图 9 是表示图 8 的内窥镜用物镜的球面像差、像散、倍率色像差、M 方向的彗形像差以及 S 方向的彗形像差的像差图。
- [0050] 图 10 是表示实施例 5 的内窥镜用物镜的结构的透镜剖视图。
- [0051] 图 11 是表示图 10 的内窥镜用物镜的球面像差、像散、倍率色像差、M 方向的彗形像差以及 S 方向的彗形像差的像差图。
- [0052] 图 12 是表示实施例 6 的内窥镜用物镜的结构的透镜剖视图。
- [0053] 图 13 是表示图 12 的内窥镜用物镜的球面像差、像散、倍率色像差、M 方向的彗形像差以及 S 方向的彗形像差的像差图。
- [0054] 图 14 是表示实施例 7 的内窥镜用物镜的结构的透镜剖视图。
- [0055] 图 15 是表示图 14 的内窥镜用物镜的球面像差、像散、倍率色像差、M 方向的彗形像差以及 S 方向的彗形像差的像差图。
- [0056] 图 16 是表示实施例 8 的内窥镜用物镜的结构的透镜剖视图。
- [0057] 图 17 是表示图 16 的内窥镜用物镜的球面像差、像散、倍率色像差、M 方向的彗形像差以及 S 方向的彗形像差的像差图。
- [0058] 图 18 是表示实施例 9 的内窥镜用物镜的结构的透镜剖视图。
- [0059] 图 19 是表示图 18 的内窥镜用物镜的球面像差、像散、倍率色像差、M 方向的彗形像差以及 S 方向的彗形像差的像差图。
- [0060] 图 20 是表示实施例 10 的内窥镜用物镜的结构的透镜剖视图。
- [0061] 图 21 是表示图 20 的内窥镜用物镜的球面像差、像散、倍率色像差、M 方向的彗形像差以及 S 方向的彗形像差的像差图。
- [0062] 图 22 是表示实施例 11 的内窥镜用物镜的结构的透镜剖视图。
- [0063] 图 23 是表示图 22 的内窥镜用物镜的球面像差、像散、倍率色像差、M 方向的彗形像差以及 S 方向的彗形像差的像差图。
- [0064] 图 24 是表示实施例 12 的内窥镜用物镜的结构的透镜剖视图。
- [0065] 图 25 是表示图 24 的内窥镜用物镜的球面像差、像散、倍率色像差、M 方向的彗形像差以及 S 方向的彗形像差的像差图。
- [0066] 图 26 是表示实施例 13 的内窥镜用物镜的结构的透镜剖视图。

## 具体实施方式

- [0067] 以下参照图 1 说明本发明的一实施方式的内窥镜用物镜 1。
- [0068] 如图 1 所示,本实施方式的内窥镜用物镜 1 由自物侧依次排列的前透镜组 FG、孔径光阑 S、以及后透镜组 BG 构成。

[0069] 前透镜组 FG 自物侧依次包括凹面朝向像侧的负的第 1 透镜 L1 和凸面朝向物侧且在像侧具有平面的正的第 2 透镜 L2, 在第 1 透镜 L1 与第 2 透镜 L2 之间具有滤光器 FL。作为滤光器 FL, 能够适宜使用激光截止滤光器、颜色校正滤光器、透射滤光器、吸收滤光器、反射滤光器、偏光滤光器等各种滤光器。

[0070] 在第 1 透镜 L1 的玻璃材料中, 优选的是使用蓝宝石。蓝宝石由于阿贝数较大 ( $v_d=71.79$ ) 故有利于倍率的色像差校正, 并且由于折射率较高 ( $n_d=1.7682$ ) 故有利于彗形像差的校正。而且, 由于蓝宝石具有被称为高压灭菌的高温高压水蒸气灭菌中的耐灭菌性、以及通常在内窥镜中进行的、使用药品的清洗中的耐药品性, 因此优选用作在外部露出的第 1 透镜 L1。也可以使用氧化锆、钇稳定化氧化锆、合成石英、透射性 YAG、尖晶石等耐灭菌性及耐药品性较高的玻璃材料来取代蓝宝石。

[0071] 后透镜组 BG 自物侧依次包括凸面朝向像侧的正的第 3 透镜 L3、以及由平凸透镜或双凸透镜(在图示的例中为平凸透镜) L4 和负凹凸透镜 L5 构成的接合透镜 E45。后透镜组 BG 满足以下的条件式(1)。

[0072] (1)  $n_3 > -v_3/12+5.5$

[0073] 其中,  $n_3$  为第 3 透镜 L3 的折射率,  $v_3$  为第 3 透镜 L3 的阿贝数。

[0074] 此外, 内窥镜用物镜 1 满足以下的条件式(2) 以及条件式(3)。

[0075] (2)  $|f_3/r_3| > 1.3$

[0076] (3)  $2.0 > df/l_h > 1.5$

[0077] 其中,  $f_3$  为第 3 透镜 L3 的焦距,  $r_3$  为第 3 透镜 L3 的像面侧曲率半径,  $df$  为自第 1 透镜 L1 的凹面顶至孔径光阑 S 的面间距与光学元件(滤光器 FL 与第 2 透镜 L2) 厚度之和,  $l_h$  为最大像高。

[0078] 根据如此构成的内窥镜用物镜 1, 通过在透镜 L1、L2 之间配置激光截止滤光器等光学滤光器 FL, 能够降低装配作业时等损伤滤光器 FL 的风险。此外, 通过同时满足条件式(1)至条件式(3), 能够在以良好的平衡校正包含倍率的色像差在内的整个光学像差的同时成为小型的结构。因而, 能够也适合使用于安装有小型且高像素的摄像元件的、在激光治疗等中所使用的的内窥镜。此外, 通过在更靠近物侧的位置配置滤光器 FL, 使光线射入滤光器 FL 的入射角变小, 从而能够更高效地进行颜色校正、切割红外波长区域的光线。

[0079] 在上述实施方式中, 也可以是后透镜组 BG 包括多个具有正光焦度的透镜。例如, 也可以使用具有正的折射率的第 6 透镜作为光学构件 3。这样, 由于能够在像面附近配置正光焦度的透镜来将像面入射角校正成与光轴平行, 因此有利于校正像面的弯曲。

[0080] 此外, 在上述实施方式中, 也可以在光路的中途位置配置棱镜等光路转换元件。

[0081] 例如, 将棱镜配置在摄像元件的物侧, 将光路转换为与光轴垂直的方向。由此, 即使在使用了大型的摄像元件的情况下, 也能够将该摄像元件的摄像面配置成与光轴平行, 能够缩小内窥镜的顶端直径。但是, 光路的转换方向并不限定于相对于光轴垂直。

[0082] 此外, 在上述实施方式中, 也可以将滤光器 FL 配置于前透镜组 FG 的第 2 透镜 L2 的后段。即使如此, 也能够与上述实施方式相同地防止滤光器 FL 的破损, 并且能够一边良好地校正各种像差一边达成小型化。

[0083] 实施例

[0084] 接着, 以下参照图 2 至图 26 说明上述实施方式的实施例。在参照的透镜剖视图中,

r 表示曲率半径, d 表示面间隔, r 及 d 的后面所标注的数字表示面编号。在各像差图中, (a) 表示球面像差, (b) 表示像散, (c) 表示倍率色像差, (d) 表示 M 方向的彗形像差, (d) 表示 S 方向的彗形像差。此外, 在像差图中, 示出以 d 线 (587. 56nm) 作为基准波长的像差, 关于球面像差、倍率色像差、彗形像差, 还示出 C 线 (656. 27nm)、F 线 (486. 13nm)、g 线 (435. 83nm) 的像差。此外, 彗形像差是针对放射线方向 (M 方向) 与同心圆方向 (S 方向) 示出。透镜数据中所记载的折射率为对 d 线的折射率。

[0085] (实施例 1)

[0086] 图 2 示出实施例 1 的内窥镜用物镜的结构, 在下方示出其透镜数据。图 3 示出本实施例的内窥镜用物镜的像差图。

[0087] 本实施例的内窥镜用物镜由自物侧依次排列的前透镜组、孔径光阑、以及后透镜组构成。前透镜组由自物侧依次排列的凹面朝向像侧的负的第 1 透镜、滤光器、以及凸面朝向物侧且在像侧具有平面的正的第 2 透镜构成。后透镜组由自物侧依次排列的凸面朝向像侧的正的第 3 透镜、以及由平凸透镜与负凹凸透镜构成接合透镜构成。

[0088] 透镜数据

[0089]

面编号	曲率半径	面间隔	折射率	阿贝数
物平面	$\infty$	10. 3427	1. 000	
1	$\infty$	0. 3629	1. 768	71. 79
2	0. 8535	0. 3386	1. 000	
3	$\infty$	0. 5444	1. 518	75. 00
4	$\infty$	0. 1089	1. 000	
5	3. 8738	0. 6858	1. 750	35. 33
光阑	$\infty$	0. 0544	1. 000	
7	$\infty$	0. 9389	1. 700	65. 00
8	-1. 1501	0. 0907	1. 000	
9	$\infty$	1. 0901	1. 729	54. 68
10	-1. 2076	0. 5444	1. 923	18. 90
11	-3. 1972	0. 6169	1. 000	
12	$\infty$	0. 8165	1. 516	64. 14
13	$\infty$	0. 0363	1. 510	64. 05
14	$\infty$	0. 7258	1. 611	50. 49
15	$\infty$	0. 0000	1. 000	
像面	$\infty$	0. 0000		

[0090] (实施例 2)



[0091] 图 4 示出实施例 2 的内窥镜用物镜的结构,在下方示出其透镜数据。图 5 示出本实施例的内窥镜用物镜的像差图。

[0092] 本实施例的内窥镜用物镜具有与实施例 1 的内窥镜用物镜相同的结构。

[0093] 透镜数据

[0094]

面编号	曲率半径	面间隔	折射率	阿贝数
物平面	$\infty$	10.3437	1.000	
1	$\infty$	0.3629	1.771	71.79
2	0.8688	0.3462	1.000	
3	$\infty$	0.5444	1.520	75.00
4	$\infty$	0.1089	1.000	
5	4.0328	0.6824	1.755	35.33
光阑	$\infty$	0.0544	1.000	
7	$\infty$	0.9529	1.683	62.00
8	-1.1187	0.0907	1.000	
9	$\infty$	1.0893	1.732	54.68
10	-1.2089	0.5444	1.934	18.90
11	-3.1975	0.6170	1.000	
12	$\infty$	0.8166	1.518	64.14
13	$\infty$	0.0363	1.512	64.05
14	$\infty$	0.7259	1.614	50.49
15	$\infty$	0.0000	1.000	
像面	$\infty$	0.0000		

[0095] (实施例 3)

[0096] 图 6 示出实施例 3 的内窥镜用物镜的结构,以下示出其透镜数据。图 7 示出本实施例的内窥镜用物镜的像差图。

[0097] 本实施例的内窥镜用物镜具有与实施例 1 的内窥镜用物镜相同的结构。

[0098] 透镜数据

[0099]

面编号	曲率半径	面间隔	折射率	阿贝数
物平面	$\infty$	10.3362	1.000	
1	$\infty$	0.3627	1.771	71.79
2	0.8436	0.3445	1.000	
3	$\infty$	0.5440	1.520	75.00
4	$\infty$	0.1088	1.000	
5	4.2176	0.6781	1.755	35.33
光阑	$\infty$	0.0544	1.000	
7	$\infty$	0.9213	1.744	48.00
8	-1.1926	0.0907	1.000	
9	$\infty$	1.1388	1.732	54.68
10	-1.1508	0.5440	1.934	18.90
11	-3.1952	0.6165	1.000	
12	$\infty$	0.8160	1.518	64.14
13	$\infty$	0.0363	1.512	64.05
14	$\infty$	0.7253	1.614	50.49
15	$\infty$	0.0000	1.000	
像面	$\infty$	0.0000		

[0100] (实施例 4)

[0101] 图 8 示出实施例 4 的内窥镜用物镜的结构, 以下示出其透镜数据。图 9 示出本实施例的内窥镜用物镜的像差图。

[0102] 本实施例的内窥镜用物镜具有与实施例 1 的内窥镜用物镜相同的结构。

[0103] 透镜数据

[0104]

面编号	曲率半径	面间隔	折射率	阿贝数
物平面	$\infty$	10.2043	1.000	
1	$\infty$	0.3580	1.768	71.79
2	0.8504	0.4476	1.000	
3	$\infty$	0.5371	1.518	75.00
4	$\infty$	0.1074	1.000	
5	3.0183	0.6982	1.750	35.33
光阑	$\infty$	0.0537	1.000	
7	$\infty$	0.8772	1.729	54.68
8	-1.3051	0.0895	1.000	
9	$\infty$	1.0204	1.729	54.68
10	-1.2585	0.5371	1.923	18.90
11	-3.1544	0.6087	1.000	
12	$\infty$	0.8056	1.516	64.14
13	$\infty$	0.0358	1.510	64.05
14	$\infty$	0.7161	1.611	50.49
15	$\infty$	0.0000	1.000	
像面	$\infty$	0.0000		

[0105] (实施例 5)

[0106] 图 10 示出实施例 5 的内窥镜用物镜的结构, 以下示出其透镜数据。图 11 示出本实施例的内窥镜用物镜的像差图。

[0107] 本实施例的内窥镜用物镜具有与实施例 1 的内窥镜用物镜相同的结构。

[0108] 透镜数据

[0109]

面编号	曲率半径	面间隔	折射率	阿贝数
物平面	$\infty$	10.3379	1.000	
1	$\infty$	0.3627	1.768	71.79
2	0.7993	0.3627	1.000	
3	$\infty$	0.5441	1.518	75.00
4	$\infty$	0.1088	1.000	
5	3.5505	0.6936	1.923	18.90
光阑	$\infty$	0.0907	1.000	
7	$\infty$	0.9136	1.700	65.00
8	-1.2145	0.0907	1.000	
9	$\infty$	1.0772	1.729	54.68
10	-1.2237	0.5441	1.923	18.90
11	-3.1957	0.6166	1.000	
12	$\infty$	0.8162	1.516	64.14
13	$\infty$	0.0363	1.510	64.05
14	$\infty$	0.7255	1.611	50.49
15	$\infty$	0.0000	1.000	
像面	$\infty$	0.0000		

[0110] (实施例 6)

[0111] 图 12 示出实施例 6 的内窥镜用物镜的结构,以下示出其透镜数据。此外,图 13 示出本实施例的内窥镜用物镜的像差图。

[0112] 本实施例的内窥镜用物镜具有与实施例 1 的内窥镜用物镜相同的结构。

[0113] 透镜数据

[0114]

面编号	曲率半径	面间隔	折射率	阿贝数
物平面	$\infty$	9. 8584	1. 000	
1	$\infty$	0. 3585	1. 768	71. 79
2	0. 8514	0. 4481	1. 000	
3	$\infty$	0. 5377	1. 518	74. 70
4	$\infty$	0. 1075	1. 000	
5	3. 0220	0. 6990	1. 750	35. 33
光阑	$\infty$	0. 0538	1. 000	
7	$\infty$	0. 8783	1. 729	54. 68
8	-1. 3067	0. 0896	1. 000	
9	$\infty$	1. 0217	1. 729	54. 68
10	-1. 2601	0. 5377	1. 923	18. 90
11	-3. 1583	0. 6005	1. 000	
12	$\infty$	0. 8066	1. 516	64. 14
13	$\infty$	0. 0358	1. 510	64. 10
14	$\infty$	0. 7170	1. 506	50. 20
15	$\infty$	0. 0000	1. 000	
像面	$\infty$	0. 0000		

[0115] (实施例 7)

[0116] 图 14 示出实施例 7 的内窥镜用物镜的结构,以下示出其透镜数据。此外,图 15 示出本实施例的内窥镜用物镜的像差图。

[0117] 本实施例的内窥镜用物镜具有与实施例 1 的内窥镜用物镜相同的结构。

[0118] 透镜数据

[0119]

面编号	曲率半径	面间隔	折射率	阿贝数
物平面	$\infty$	9. 8401	1. 000	
1	$\infty$	0. 3453	1. 768	71. 79
2	0. 8264	0. 3453	1. 000	
3	$\infty$	0. 5179	1. 518	75. 00
4	$\infty$	0. 1036	1. 000	
5	3. 4154	0. 5885	1. 750	35. 33
光阑	$\infty$	0. 0518	1. 000	
7	$\infty$	0. 8294	1. 700	65. 00
8	-1. 1205	0. 0863	1. 000	
9	$\infty$	1. 1011	1. 729	54. 68
10	-1. 1213	0. 5179	1. 923	18. 90
11	-3. 0418	0. 5524	1. 000	
12	$\infty$	0. 7769	1. 516	64. 14
13	$\infty$	0. 0345	1. 510	64. 05
14	$\infty$	0. 6905	1. 611	50. 49
15	$\infty$	0. 0000	1. 000	
像面	$\infty$	0. 0000		

[0120] (实施例 8)

[0121] 图 16 示出实施例 8 的内窥镜用物镜的结构,以下示出其透镜数据。此外,图 17 示出本实施例的内窥镜用物镜的像差图。

[0122] 本实施例的内窥镜用物镜在后透镜组的接合透镜的后段处具有凸面朝向物侧的正的平凸透镜作为第 6 透镜,这一点与实施例 1 的结构不同。

[0123] 透镜数据

[0124]

面编号	曲率半径	面间隔	折射率	阿贝数
物平面	$\infty$	9. 1946	1. 000	
1	$\infty$	0. 3226	1. 771	71. 70
2	0. 7662	0. 3549	1. 000	
3	$\infty$	0. 4839	1. 520	74. 44
4	$\infty$	0. 0807	1. 000	
5	1. 8244	0. 6291	1. 883	40. 76
光阑	$\infty$	0. 0484	1. 000	
7	$\infty$	0. 6130	1. 729	54. 68
8	-1. 4631	0. 0887	1. 000	
9	$\infty$	0. 7259	1. 729	54. 68
10	-1. 0872	0. 4033	1. 923	18. 90
11	-3. 4262	0. 6593	1. 000	
12	3. 4956	0. 7098	1. 516	64. 14
13	$\infty$	0. 0323	1. 512	63. 80
14	$\infty$	0. 6452	1. 614	50. 20
15	$\infty$	0. 0000	1. 000	
像面	$\infty$	0. 0000		

[0125] (实施例 9)

[0126] 图 18 示出实施例 9 的内窥镜用物镜的结构,以下示出其透镜数据。此外,图 19 示出本实施例的内窥镜用物镜的像差图。

[0127] 本实施例的内窥镜用物镜具有与实施例 8 相同的结构。

[0128] 透镜数据

[0129]

面编号	曲率半径	面间隔	折射率	阿贝数
物平面	$\infty$	10.0351	1.000	
1	$\infty$	0.3169	1.768	71.79
2	1.0035	0.2887	1.000	
3	$\infty$	0.6162	1.518	75.00
4	$\infty$	0.0880	1.000	
5	3.5911	0.5282	1.750	35.33
光阑	$\infty$	0.0528	1.000	
7	$\infty$	0.8726	1.670	47.23
8	-1.1315	0.0880	1.000	
9	$\infty$	0.6162	1.729	54.68
10	-1.1144	0.5282	1.923	18.90
11	-3.1021	0.7007	1.000	
12	4.9101	0.7922	1.516	64.14
13	$\infty$	0.0352	1.510	64.05
14	$\infty$	0.7042	1.611	50.49
15	$\infty$	0.0000	1.000	
像面	$\infty$	0.0000		

[0130] (实施例 10)

[0131] 图 20 示出实施例 10 的内窥镜用物镜的结构,以下示出其透镜数据。此外,图 21 示出本实施例的内窥镜用物镜的像差图。

[0132] 本实施例的内窥镜用物镜具有与实施例 8 相同的结构。

[0133] 透镜数据

[0134]



面编号	曲率半径	面间隔	折射率	阿贝数
物平面	$\infty$	8. 1 0 7 7	1. 0 0 0	
1	$\infty$	0. 3 0 2 5	1. 8 8 3	4 0. 7 6
2	0. 7 7 4 1	0. 3 5 8 1	1. 0 0 0	
3	$\infty$	0. 4 2 6 7	1. 5 2 0	7 4. 4 4
4	$\infty$	0. 0 7 1 1	1. 0 0 0	
5	1. 7 9 4 3	0. 5 5 4 7	1. 8 8 3	4 0. 7 6
光阑	$\infty$	0. 0 4 2 7	1. 0 0 0	
7	$\infty$	0. 7 3 9 0	1. 5 8 9	6 1. 1 4
8	- 1. 1 3 2 1	0. 0 7 8 2	1. 0 0 0	
9	$\infty$	0. 6 8 6 9	1. 7 2 9	5 4. 6 8
1 0	- 0. 9 5 8 7	0. 4 0 0 4	1. 9 2 3	1 8. 9 0
1 1	- 3. 0 2 1 2	0. 9 5 5 0	1. 0 0 0	
1 2	5. 1 2 2 3	0. 6 2 5 9	1. 5 1 6	6 4. 1 4
1 3	$\infty$	0. 0 2 8 4	1. 5 1 2	6 3. 8 0
1 4	$\infty$	0. 5 6 9 0	1. 6 1 4	5 0. 2 0
1 5	$\infty$	0. 0 0 0 0	1. 0 0 0	
像面	$\infty$	0. 0 0 0 0		

[0135] (实施例 11)

[0136] 图 22 示出实施例 11 的内窥镜用物镜的结构, 以下示出其透镜数据。此外, 图 23 示出本实施例的内窥镜用物镜的像差图。

[0137] 本实施例的内窥镜用物镜在滤光器配置在第 2 透镜的后段这一点、以及在第 4 透镜中使用双凸透镜这一点与实施例 1 的结构不同。

[0138] 透镜数据

[0139]

面编号	曲率半径	面间隔	折射率	阿贝数
物平面	$\infty$	8.9419	1.000	
1	$\infty$	0.3922	2.182	33.01
2	1.1808	0.1771	1.000	
3	2.1954	0.6258	1.888	40.76
4	$\infty$	0.0471	1.000	
5	$\infty$	0.4960	1.520	75.00
光阑	$\infty$	0.0471	1.000	
7	$\infty$	1.0040	1.747	49.34
8	-1.3674	0.0784	1.000	
9	6.2130	0.7844	1.888	40.76
10	-0.7703	0.6040	1.934	18.90
11	-3.7046	0.5370	1.000	
12	$\infty$	0.7059	1.518	64.14
13	$\infty$	0.0314	1.512	64.05
14	$\infty$	0.6275	1.614	50.49
15	$\infty$	0.0000	1.000	
像面	$\infty$	0.0000		

[0140] (实施例 12)

[0141] 图 24 示出实施例 12 的内窥镜用物镜的结构,以下示出其透镜数据。此外,图 25 示出本实施例的内窥镜用物镜的像差图。

[0142] 本实施例的内窥镜用物镜在第 3 透镜中使用正凹凸透镜,这一点与实施例 1 的结构不同。

[0143] 透镜数据

[0144]

面编号	曲率半径	面间隔	折射率	阿贝数
物平面	$\infty$	6. 6 5 3 4	1. 0 0 0	
1	$\infty$	0. 2 9 1 8	1. 7 6 8	7 1. 7 9
2	1. 1 8 8 3	0. 2 3 3 5	1. 0 0 0	
3	$\infty$	0. 3 5 0 2	1. 5 1 8	7 5. 0 0
4	$\infty$	0. 0 7 0 0	1. 0 0 0	
5	2. 2 5 2 6	0. 4 7 2 7	1. 7 5 0	3 5. 3 3
光阑	$\infty$	0. 0 3 5 0	1. 0 0 0	
7	-4. 4 6 7 6	0. 6 4 9 4	1. 9 3 0	4 5. 0 0
8	-1. 1 3 2 5	0. 0 5 8 4	1. 0 0 0	
9	$\infty$	0. 8 2 3 8	1. 7 2 9	5 4. 6 8
1 0	-0. 8 7 1 0	0. 4 6 6 9	1. 9 2 3	1 8. 9 0
1 1	-2. 0 5 6 7	0. 4 2 5 3	1. 0 0 0	
1 2	$\infty$	0. 6 4 2 0	1. 5 1 6	6 4. 1 4
1 3	$\infty$	0. 0 2 3 3	1. 5 1 0	6 4. 0 5
1 4	$\infty$	0. 4 6 6 9	1. 6 1 1	5 0. 4 9
1 5	$\infty$	0. 0 0 0 0	1. 0 0 0	
像面	$\infty$	0. 0 0 0 0		

[0145] (实施例 13)

[0146] 图 26 示出实施例 13 的内窥镜用物镜的结构,以下示出其透镜数据。本实施例的内窥镜用物镜自第 1 透镜至接合透镜具有与实施例 1 的内窥镜用物镜相同的结构,并在摄像元件的物侧配置有将光线转换成垂直方向的光路转换元件 P。

[0147] 透镜数据

[0148]

面编号	曲率半径	面间隔	折射率	阿贝数
物平面	$\infty$	10.3427	1.000	
1	$\infty$	0.3629	1.768	71.79
2	0.8535	0.3386	1.000	
3	$\infty$	0.5444	1.518	75.00
4	$\infty$	0.1089	1.000	
5	3.8738	0.6858	1.750	35.33
光阑	$\infty$	0.0544	1.000	
7	$\infty$	0.9389	1.700	65.00
8	-1.1501	0.0907	1.000	
9	$\infty$	1.0901	1.729	54.68
10	-1.2076	0.5444	1.923	18.90
11	-3.1972	0.4595	1.000	
12	$\infty$	1.1000	1.883	40.76
13 (反射面)	$\infty$	1.1000	1.883	40.76
14	$\infty$	0.0000	1.000	
像面	$\infty$	0.0000		

[0149] 表1示出实施例1至实施例13中的各参数值及条件式(1)至条件式(3)的值。

[0150]

表1

实施例	整个系统的焦距	条件式 (1)			条件式 (2)			条件式 (3)		
		n3	$\nu 3$	$-\nu 3/12+5.5$	f3	r3	f3/r3	df	lh	df/lh
1	1.000	1.7	65	0.0833	1.643	-1.1501	1.4286	1.6777	0.9399	1.7849
2	1.000	1.68	62	0.3333	1.6389	-1.1187	1.465	1.6819	0.94	1.7893
3	1.000	1.74	48	1.5	1.6036	-1.1926	1.3447	1.6755	0.9393	1.7837
4	1.000	1.73	54.68	0.9433	1.7898	-1.3051	1.3714	1.7902	0.9273	1.9305
5	1.000	1.7	65	0.0833	1.735	-1.2145	1.4286	1.7092	0.9395	1.8193
6	1.000	1.73	54.68	0.9433	1.7843	-1.3067	1.3655	1.7924	0.9285	1.9305
7	1.000	1.7	65	0.0833	1.6007	-1.1205	1.4286	1.5553	1.0341	1.504
8	1.000	1.73	54.68	0.9433	2.0065	-1.4631	1.3714	1.5486	0.8275	1.8713
9	1.000	1.67	47.23	1.5642	1.6888	-1.1315	1.4925	1.5211	0.9771	1.5568
10	1.000	1.59	61.14	0.405	1.9217	-1.1321	1.6974	1.4107	0.7297	1.9333
11	1.000	1.74	49.34	1.3883	1.8311	-1.3674	1.3391	1.346	0.7675	1.7536
12	1.000	1.93	45	1.75	1.4832	-1.1325	1.3096	1.1264	0.6046	1.8629
13	1.000	1.7	65	0.0833	1.643	-1.1501	1.4286	1.6777	0.9399	1.7849

[0151] (附记)

[0152] 另外,可以从这些实施例中导出以下结构的技术方案。

[0153] (附记 1)

[0154] 一种内窥镜用物镜,其由自物侧依次排列的前透镜组、孔径光阑、以及后透镜组构成,前透镜组自物侧依次包括凹面朝向像侧的负的第 1 透镜、以及凸面朝向物侧且在像侧具有平面或凹面的正的第 2 透镜,并且该前透镜组具有滤光器,后透镜组自物侧依次包括凸面朝向像侧的正的第 3 透镜、以及由平凸透镜与负凹凸透镜构成或由双凸透镜与负凹凸透镜构成的接合透镜,且满足以下条件式

[0155] (1):

[0156]  $(1)n_3 > -v_3/12+5.5$

[0157] 其中,  $n_3$  为第 3 透镜的折射率,  $v_3$  为第 3 透镜的阿贝数。

[0158] (附记 2)

[0159] 一种内窥镜用物镜, 其由自物侧依次排列的前透镜组、孔径光阑、以及后透镜组构成, 前透镜组自物侧依次包括凹面朝向像侧的负的第 1 透镜、以及凸面朝向物侧且在像侧具有平面或凹面的正的第 2 透镜, 并且该前透镜组在第 1 透镜与第 2 透镜之间具有滤光器, 后透镜组自物侧依次包括凸面朝向像侧的正的第 3 透镜、以及由平凸透镜与负凹凸透镜构成或由双凸透镜与负凹凸透镜构成的接合透镜。

[0160] (附记 3)

[0161] 根据附记 2 所述的内窥镜用物镜, 其中, 满足以下条件式(1):

[0162]  $(1)n_3 > -v_3/12+5.5$

[0163] 其中,  $n_3$  为第 3 透镜的折射率,  $v_3$  为第 3 透镜的阿贝数。

[0164] (附记 4)

[0165] 根据附记 1 至附记 3 中任一项所述的内窥镜用物镜, 其中, 满足以下的条件式(2)以及条件式(3):

[0166]  $(2)|f_3/r_3| > 1.3$

[0167]  $(3)2.0 > df/I_h > 1.5$

[0168] 其中,  $f_3$  为第 3 透镜的焦距,  $r_3$  为第 3 透镜的像面侧曲率半径,  $df$  为自第 1 透镜的凹面顶至孔径光阑的面间距与光学元件厚度之和,  $I_h$  为最高像高。

[0169] (附记 5)

[0170] 根据附记 1 至附记 4 中任一项所述的内窥镜用物镜, 其中, 后透镜组包含多个正透镜。

[0171] (附记 6)

[0172] 根据附记 1 至附记 5 中任一项所述的内窥镜用物镜, 其中, 滤光器是限于红外截止滤光器及颜色校正滤光器的光学滤光器。

[0173] (附记 7)

[0174] 根据附记 1 至附记 6 中任一项所述的内窥镜用物镜, 其中, 第 1 透镜由具有耐药品性或耐灭菌性的材质构成。

[0175] (附记 8)

[0176] 根据附记 1 至附记 7 中任一项所述的内窥镜用物镜, 其中, 上述内窥镜用物镜具有棱镜等光路转换元件。

[0177] (附记 9)

[0178] 一种内窥镜, 其包括附记 1 至附记 8 中任一项所述的内窥镜用物镜。

[0179] 附图标记说明

[0180] 1 内窥镜用物镜

[0181] FG 前透镜组

[0182] BG 后透镜组

[0183] FL 滤光器

- [0184] L1 第 1 透镜
- [0185] L2 第 2 透镜
- [0186] L3 第 3 透镜
- [0187] L4 第 4 透镜(平凸透镜或双凸透镜)
- [0188] L5 第 5 透镜(负凹凸透镜)
- [0189] E45 接合透镜
- [0190] S 孔径光阑
- [0191] P 光路转换元件

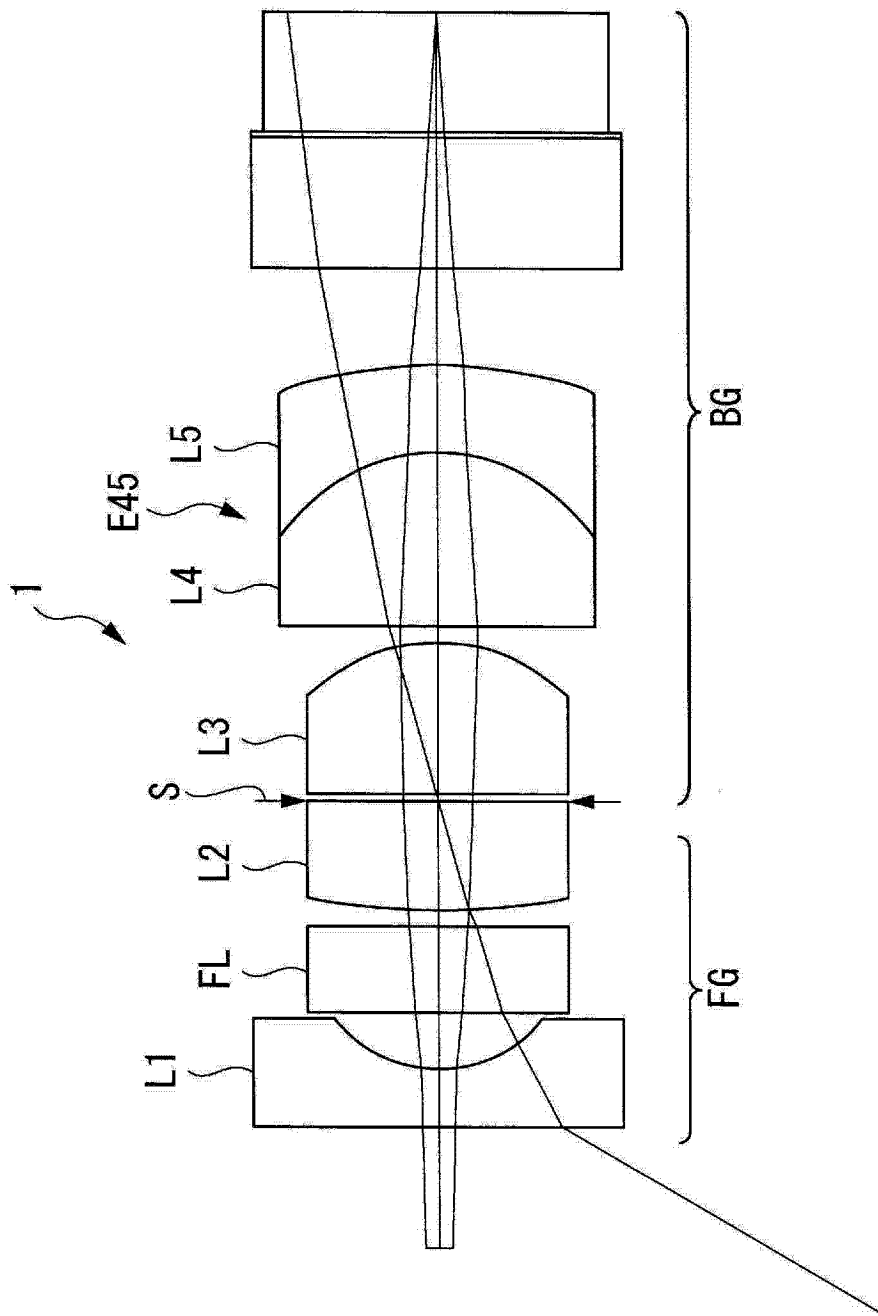


图 1



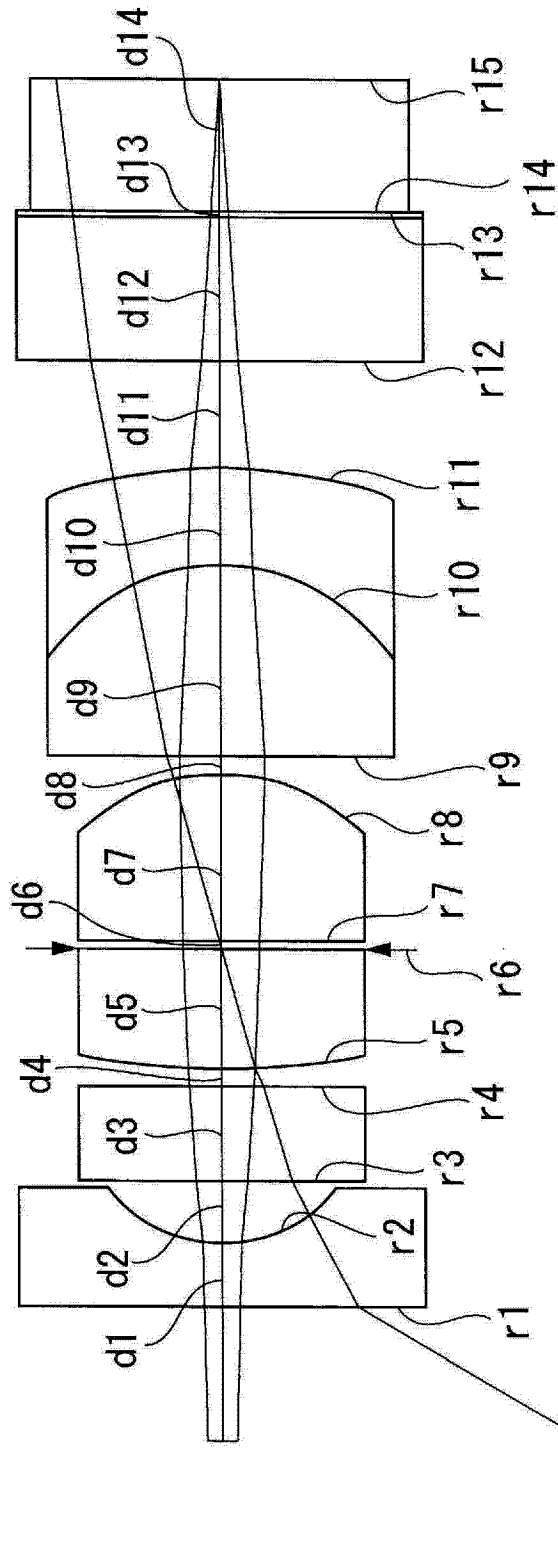


图 2

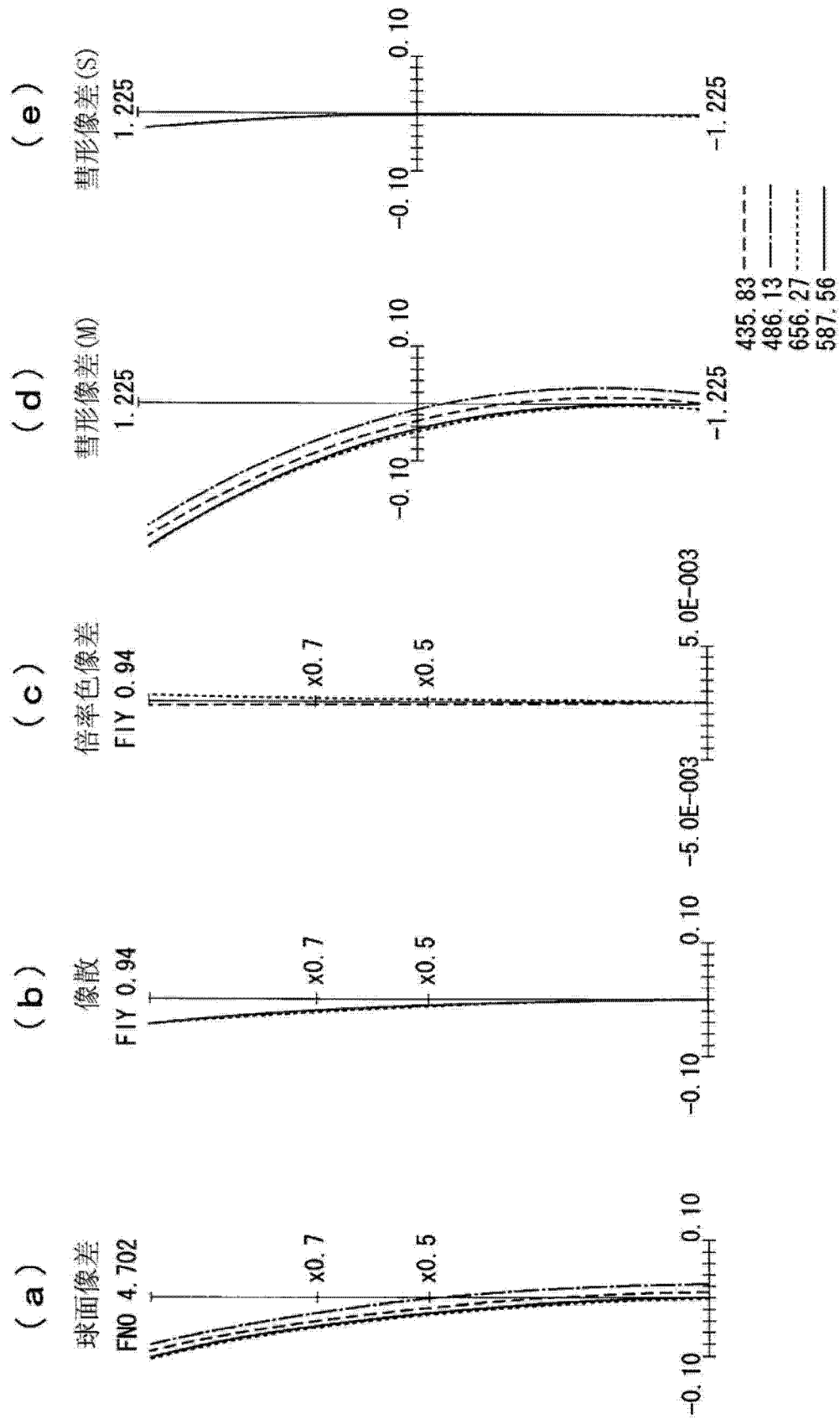


图 3

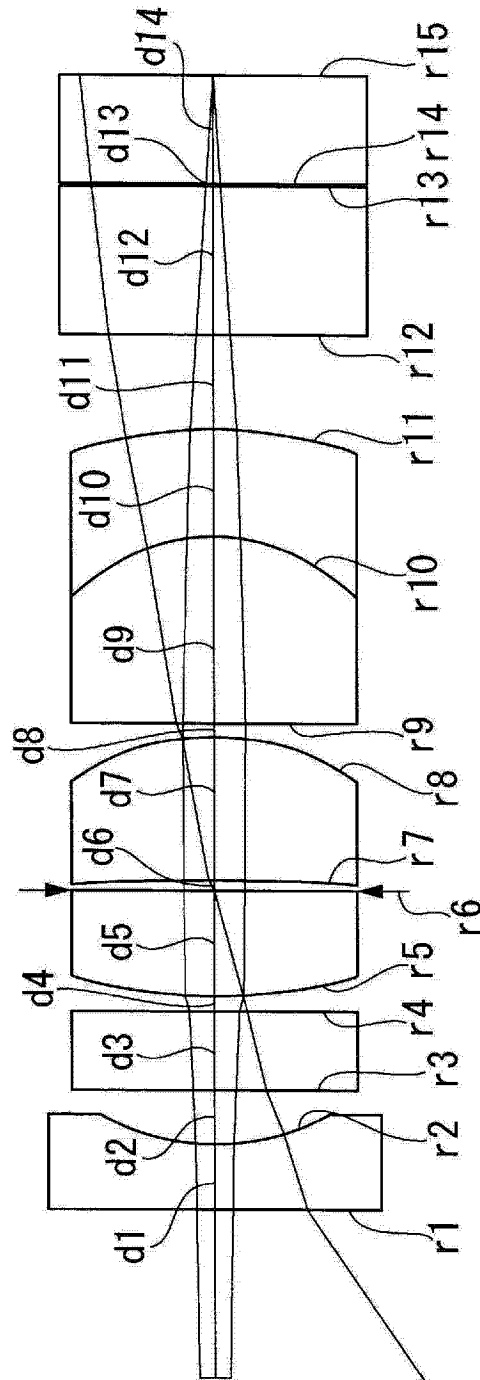


图 4

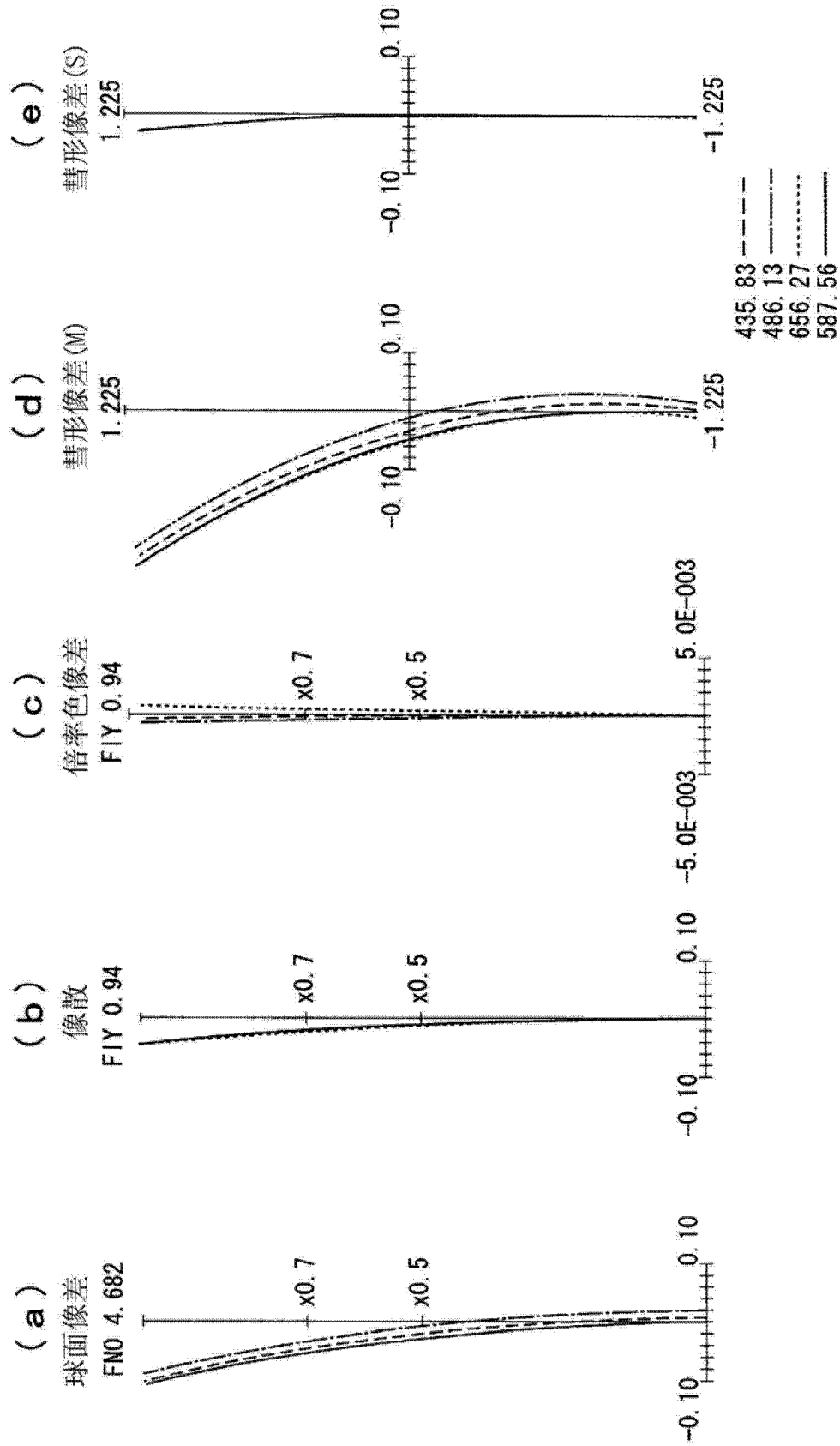


图 5

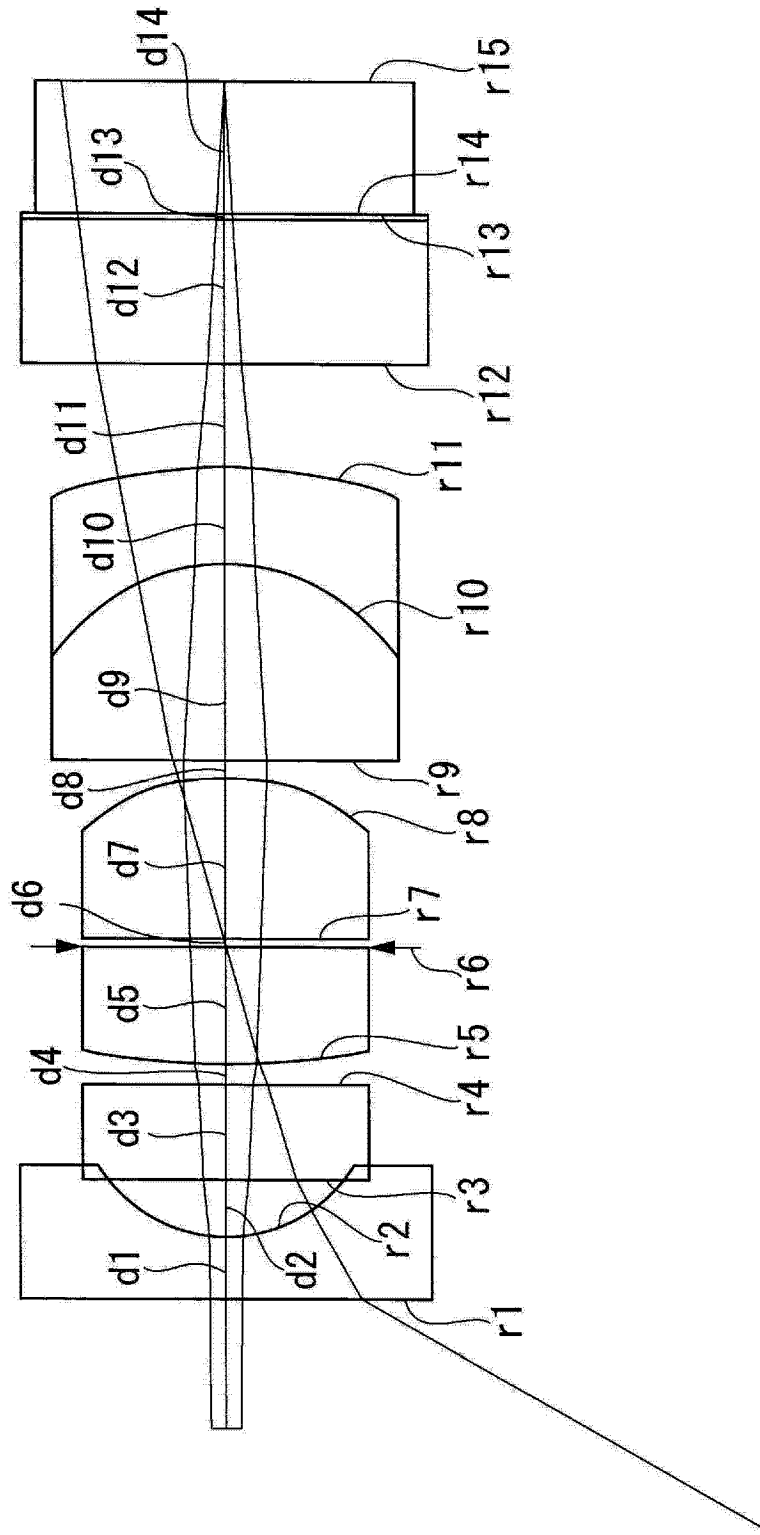


图 6

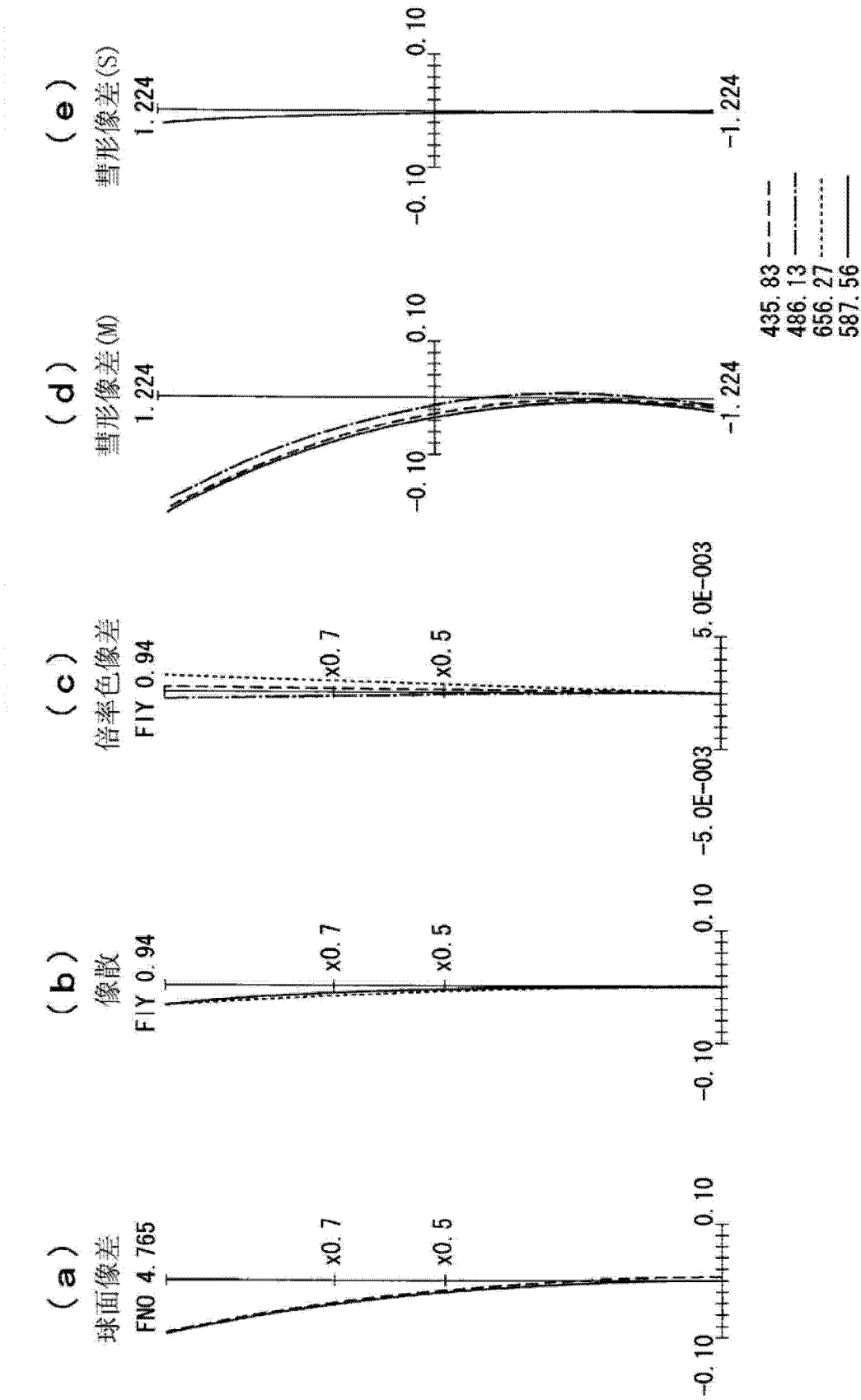


图 7

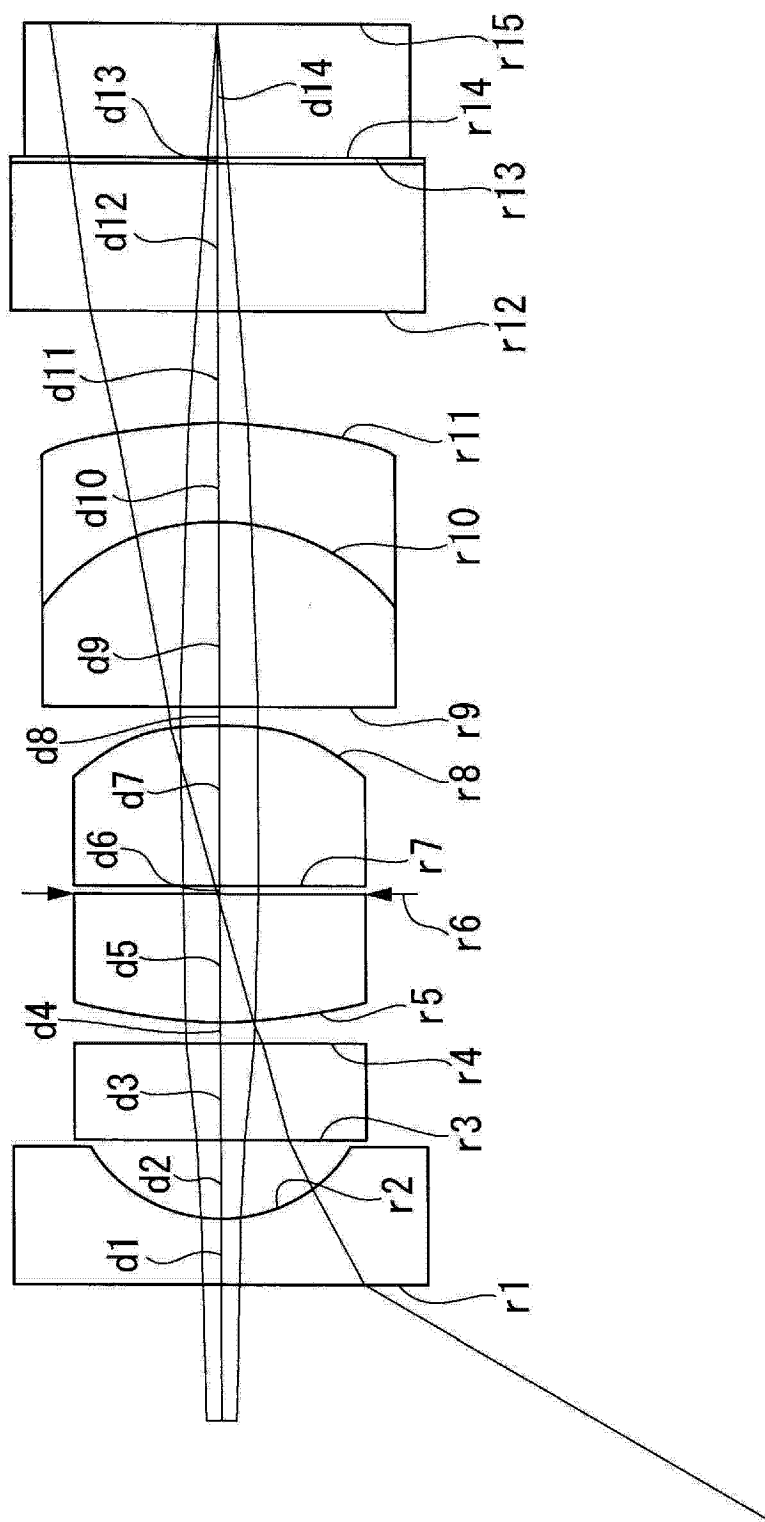


图 8

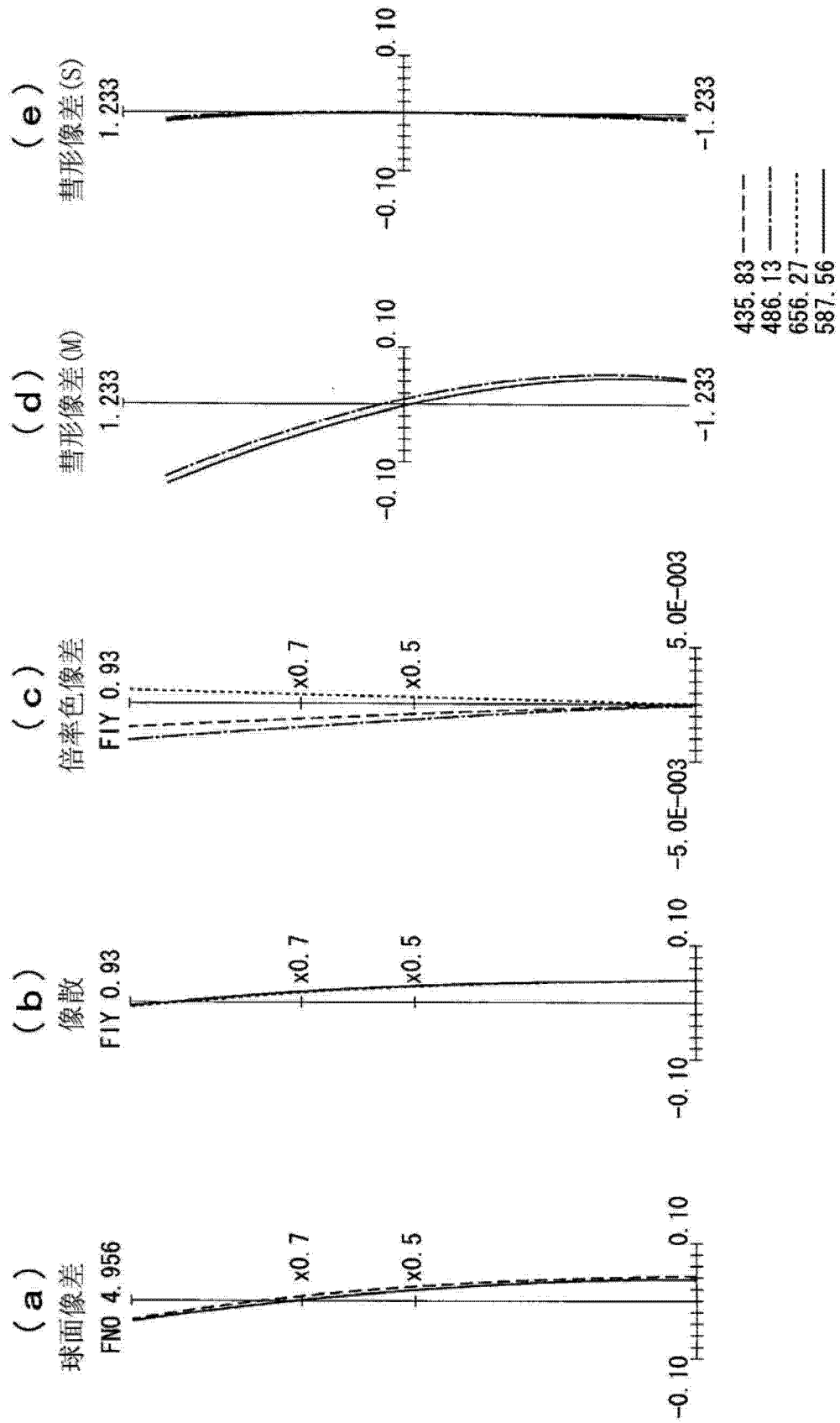


图 9



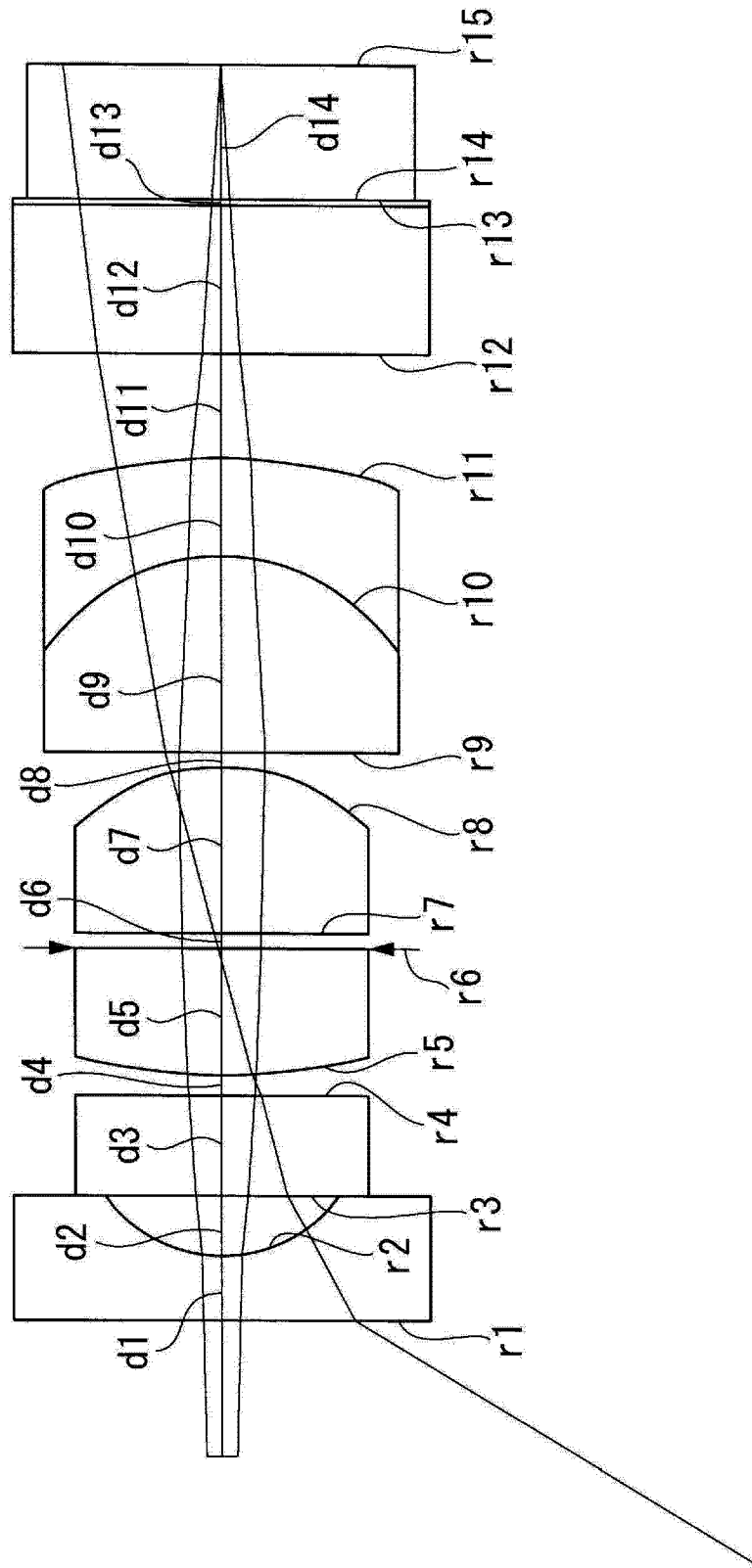


图 10

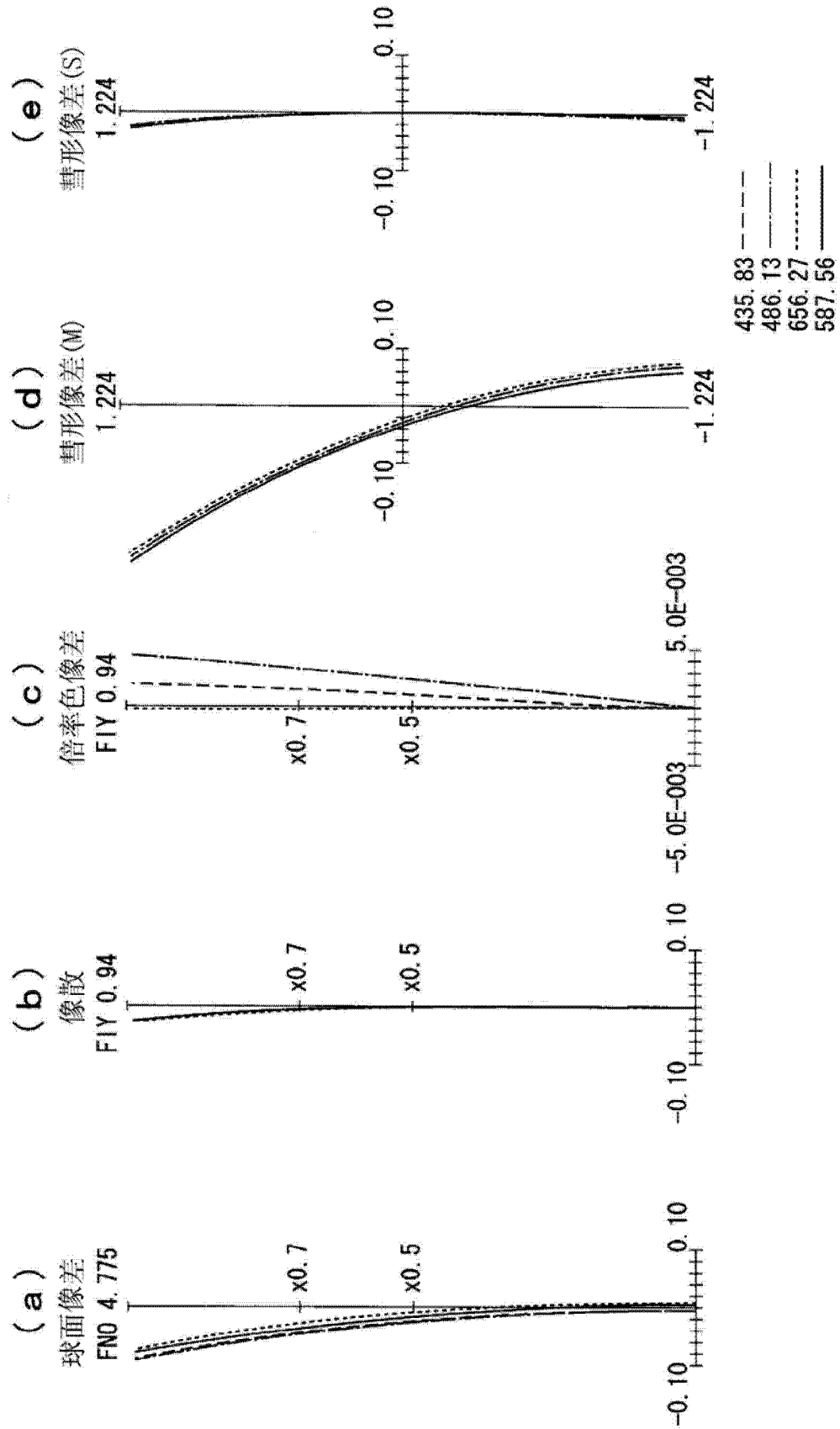


图 11

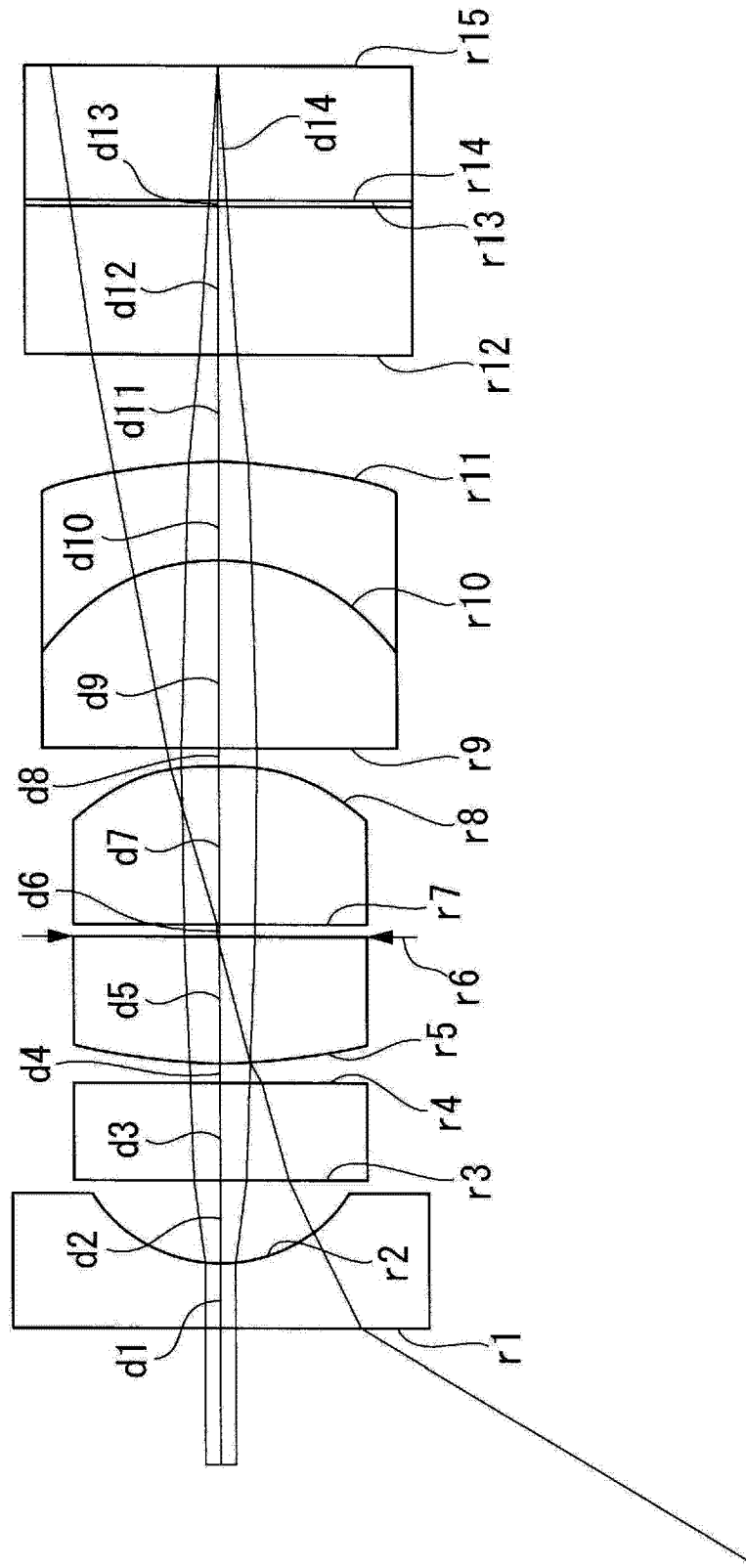


图 12

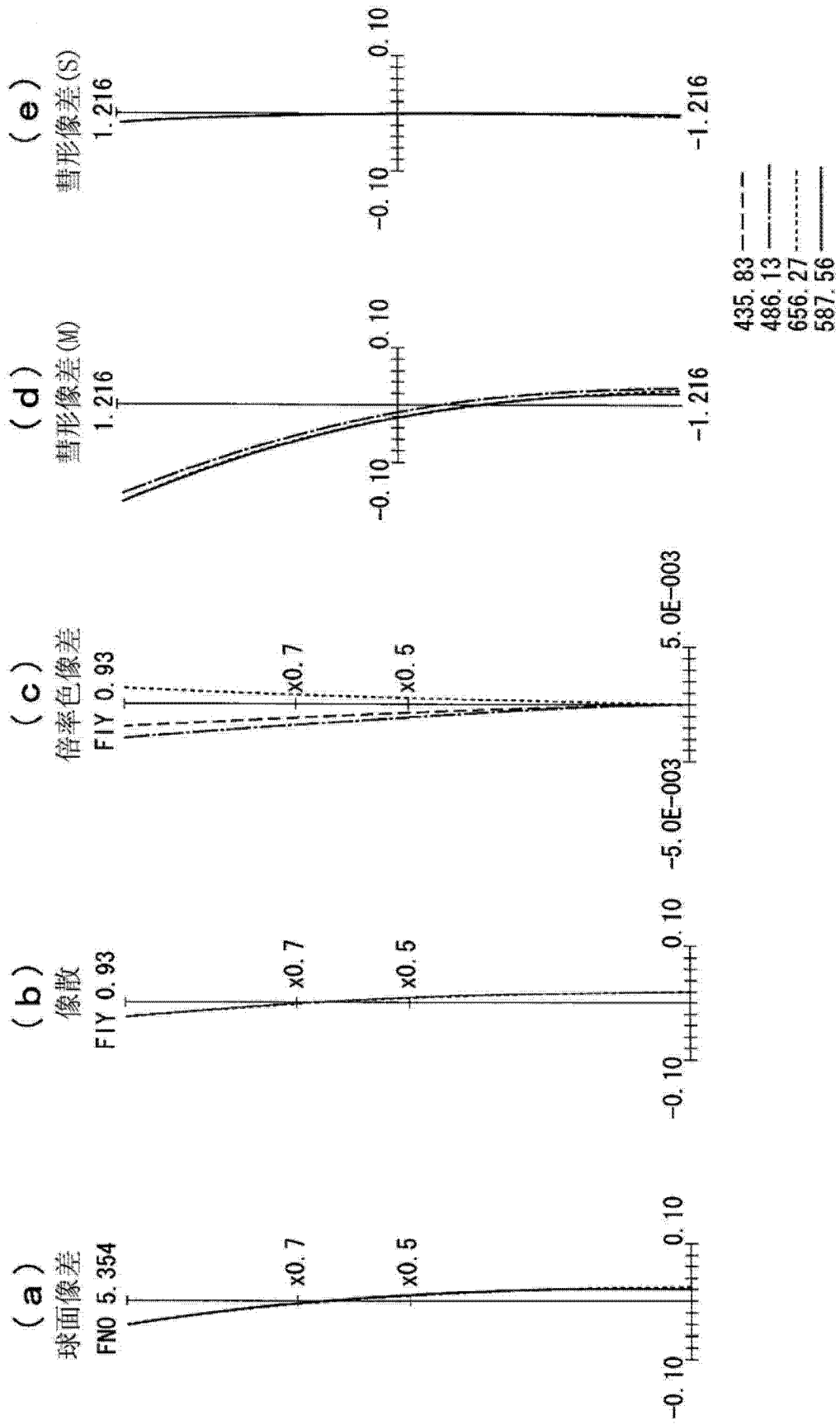


图 13

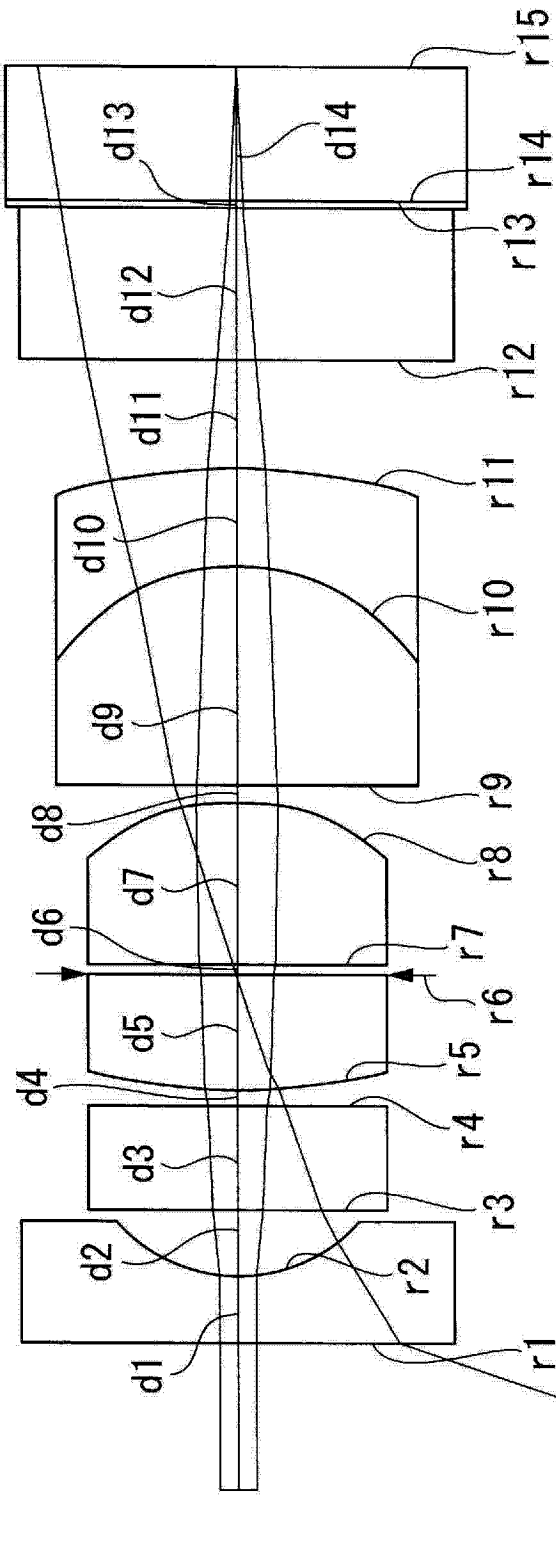


图 14

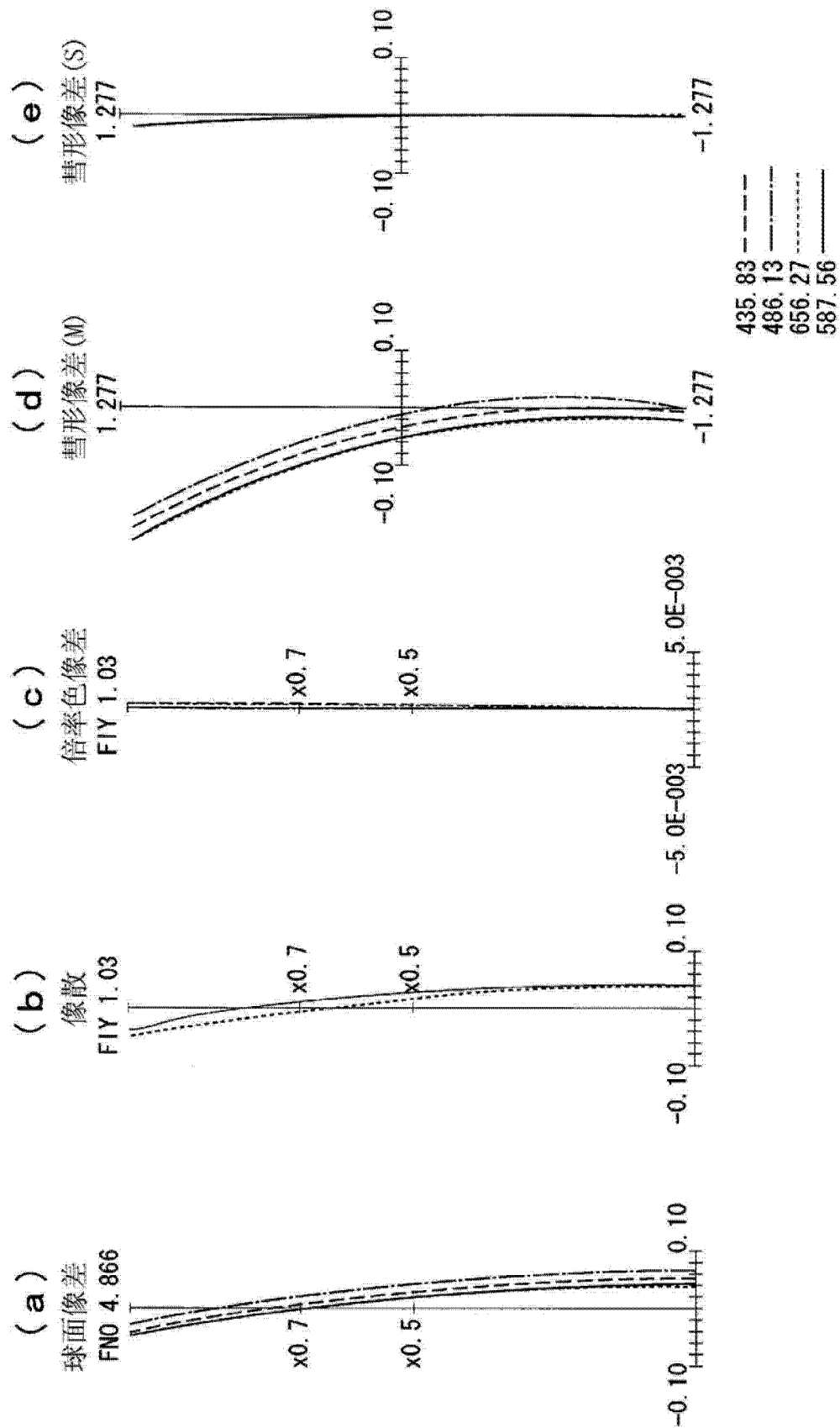


图 15

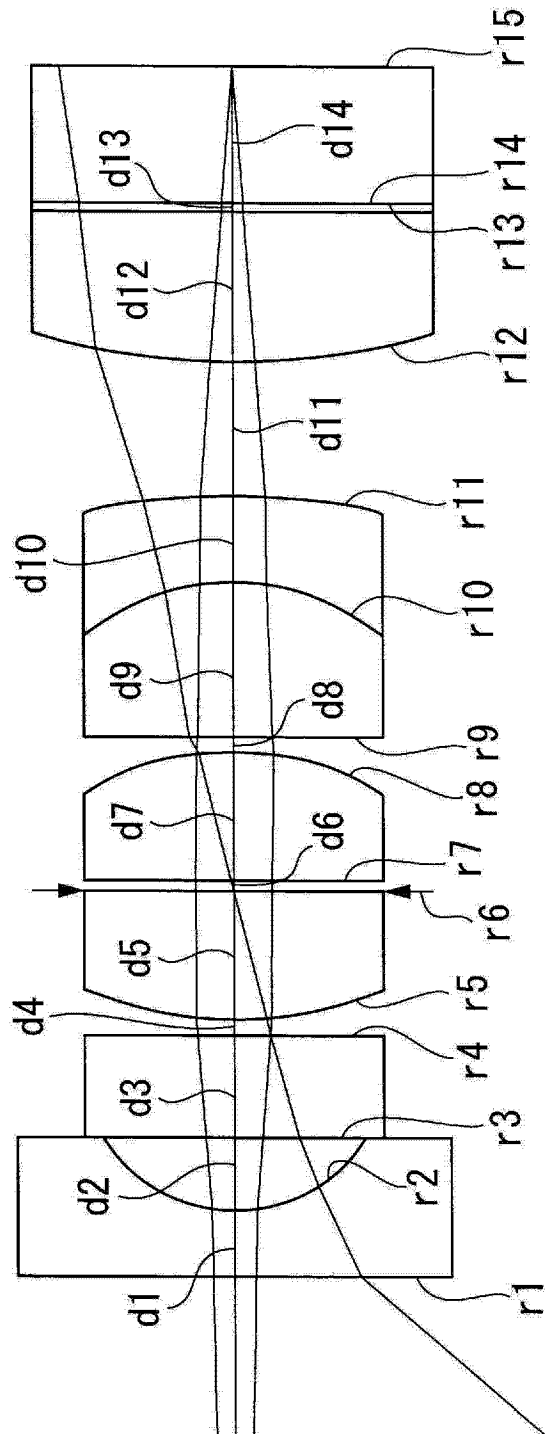


图 16

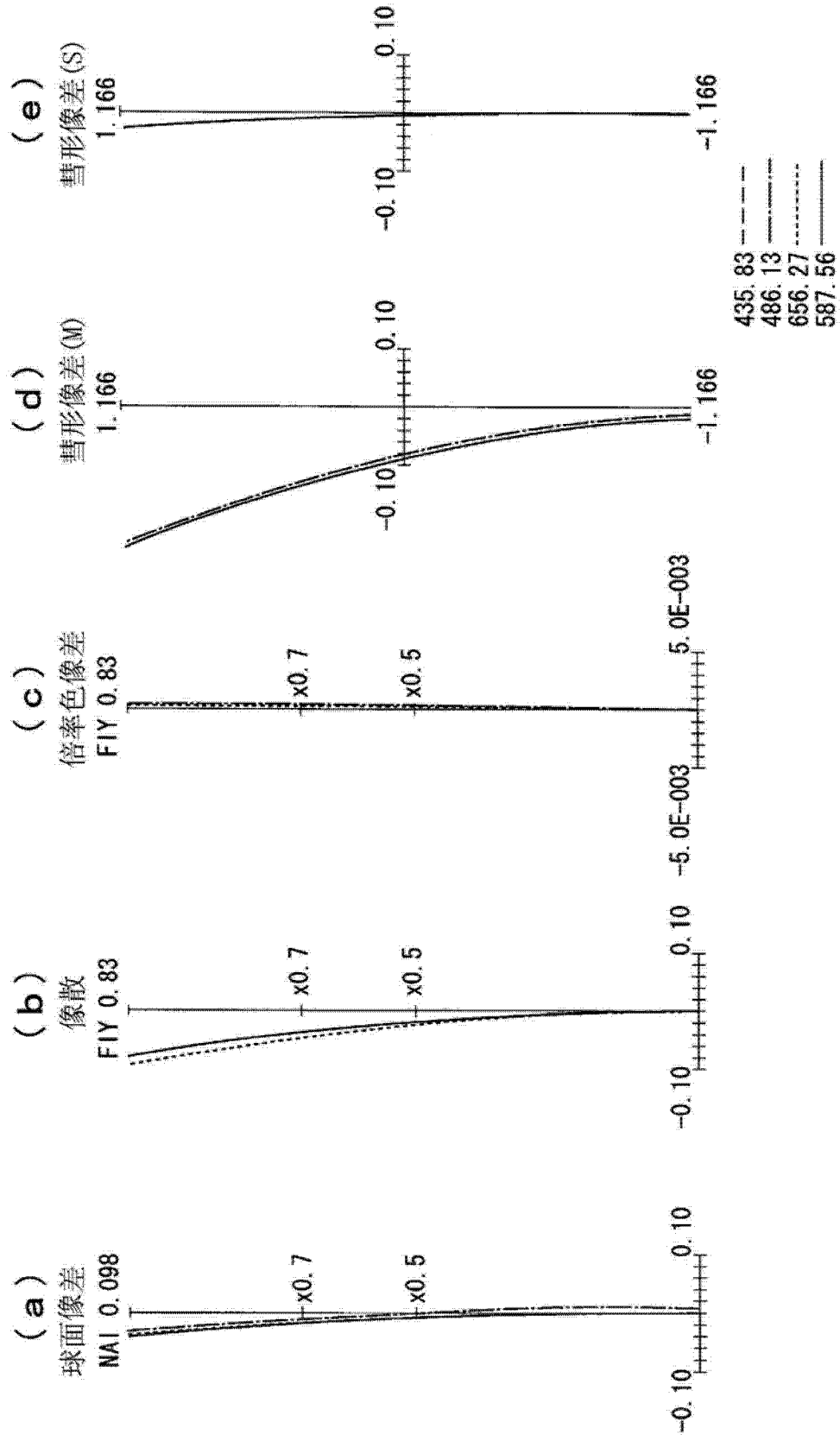


图 17



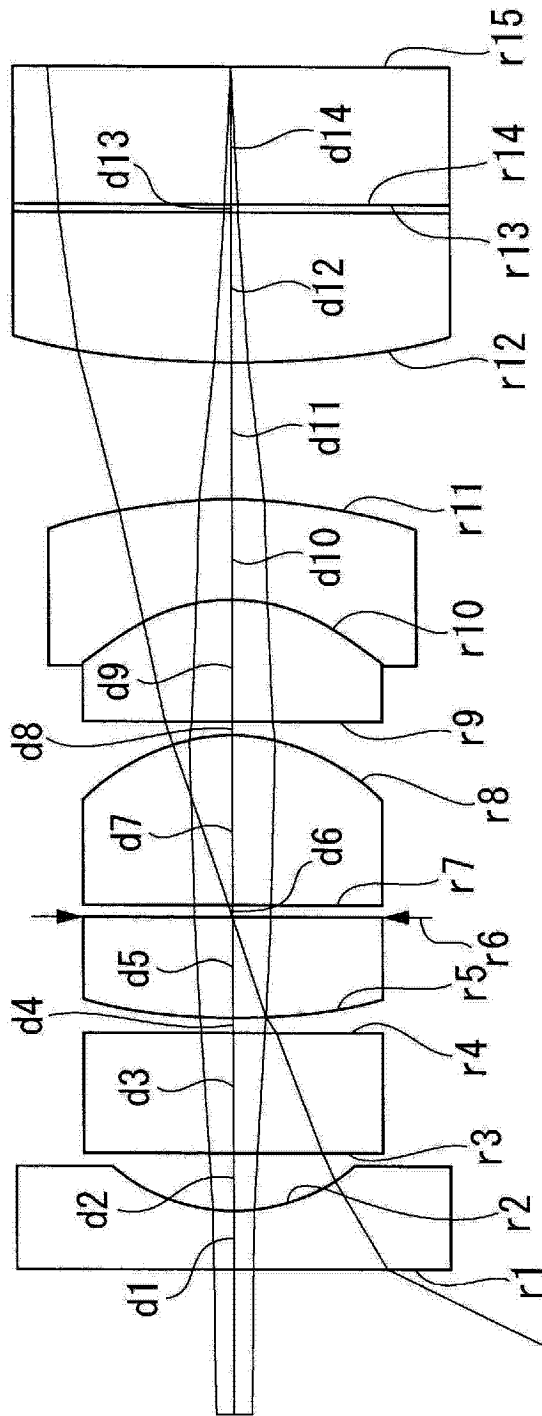


图 18

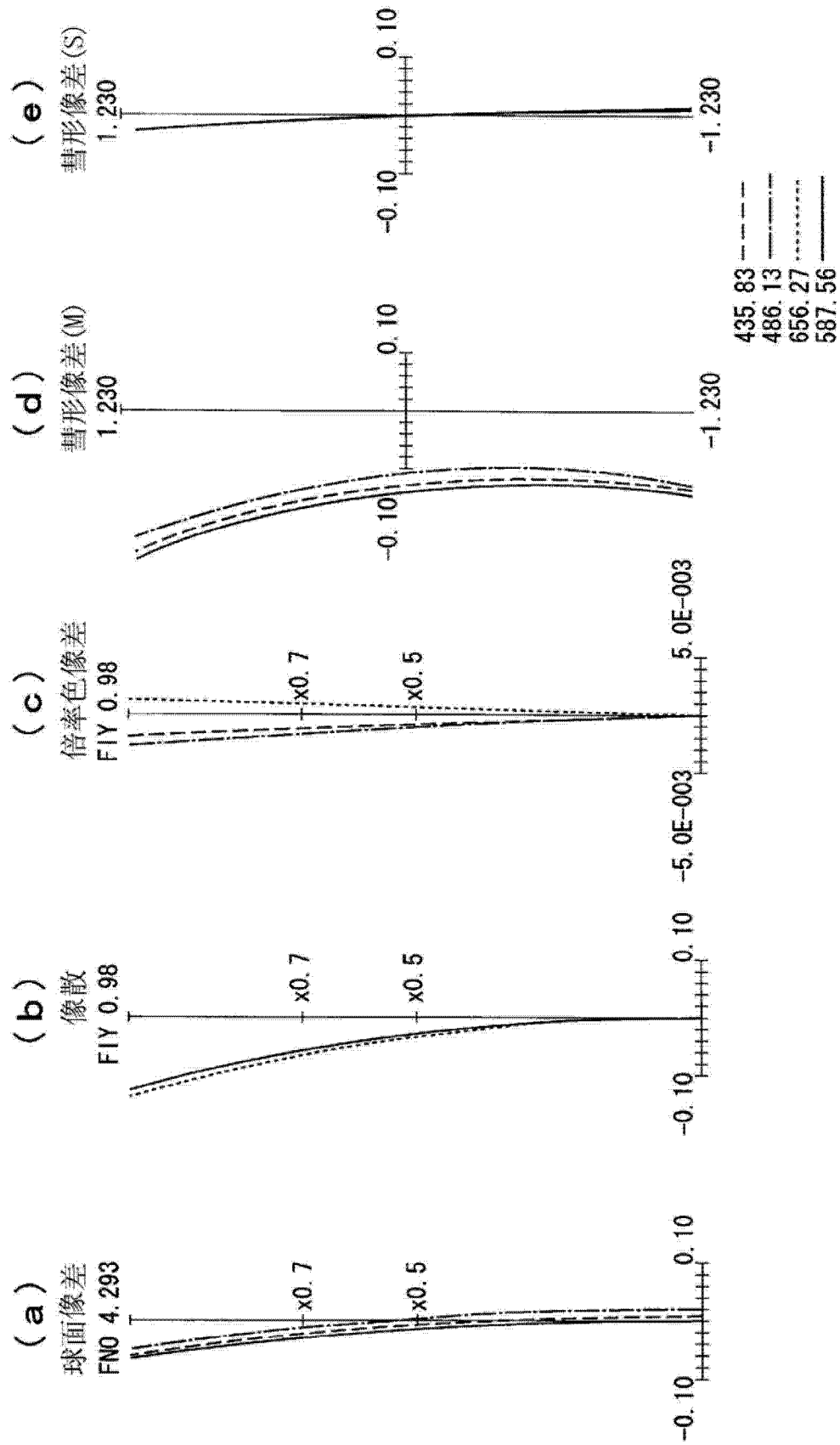


图 19

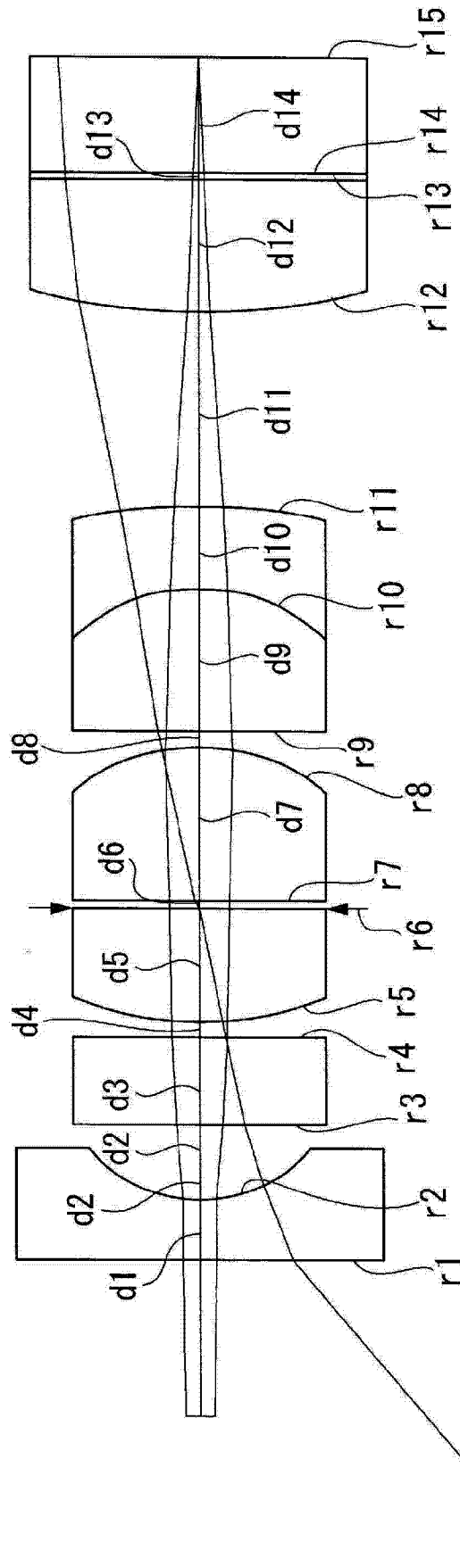


图 20

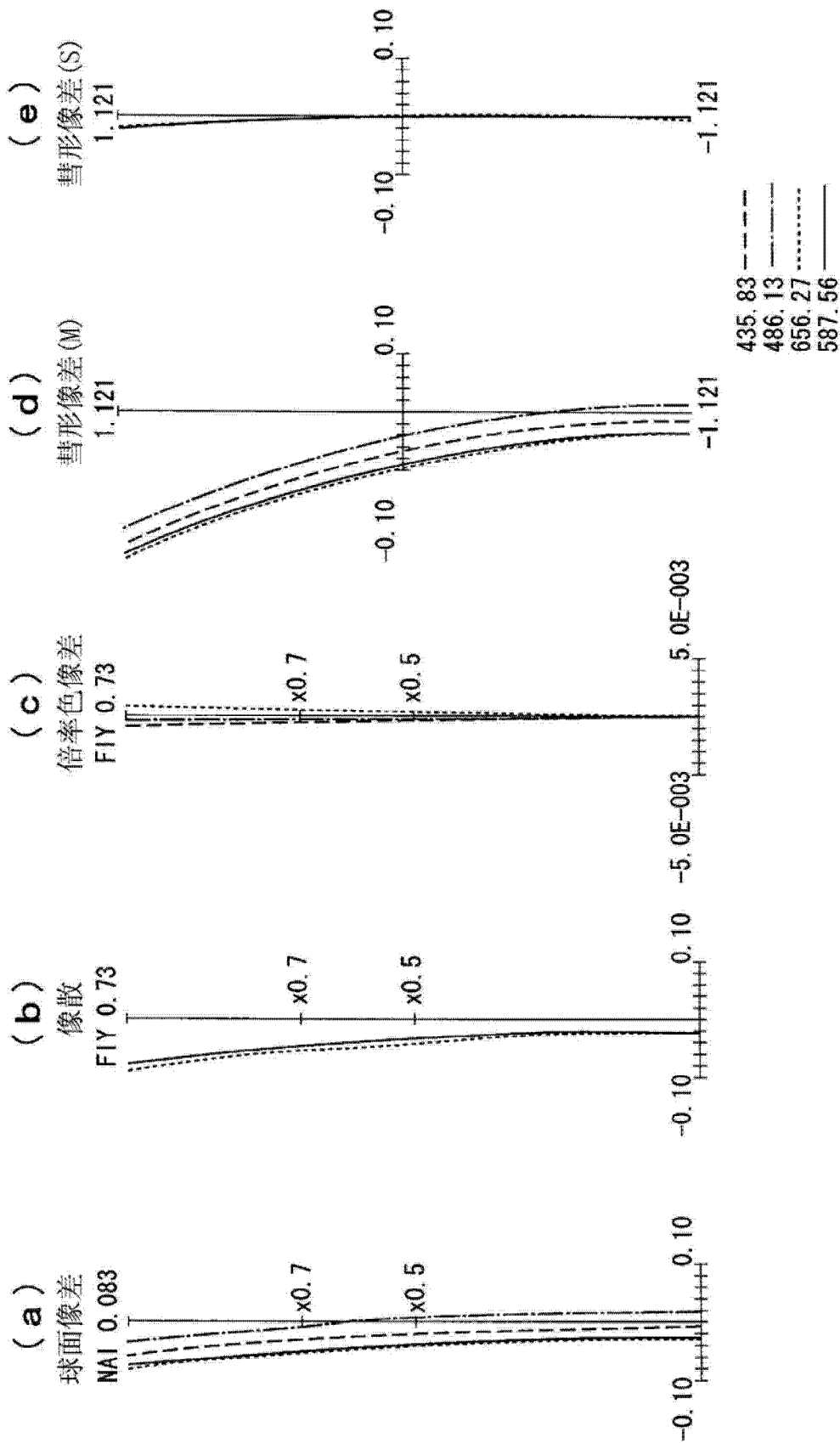


图 21

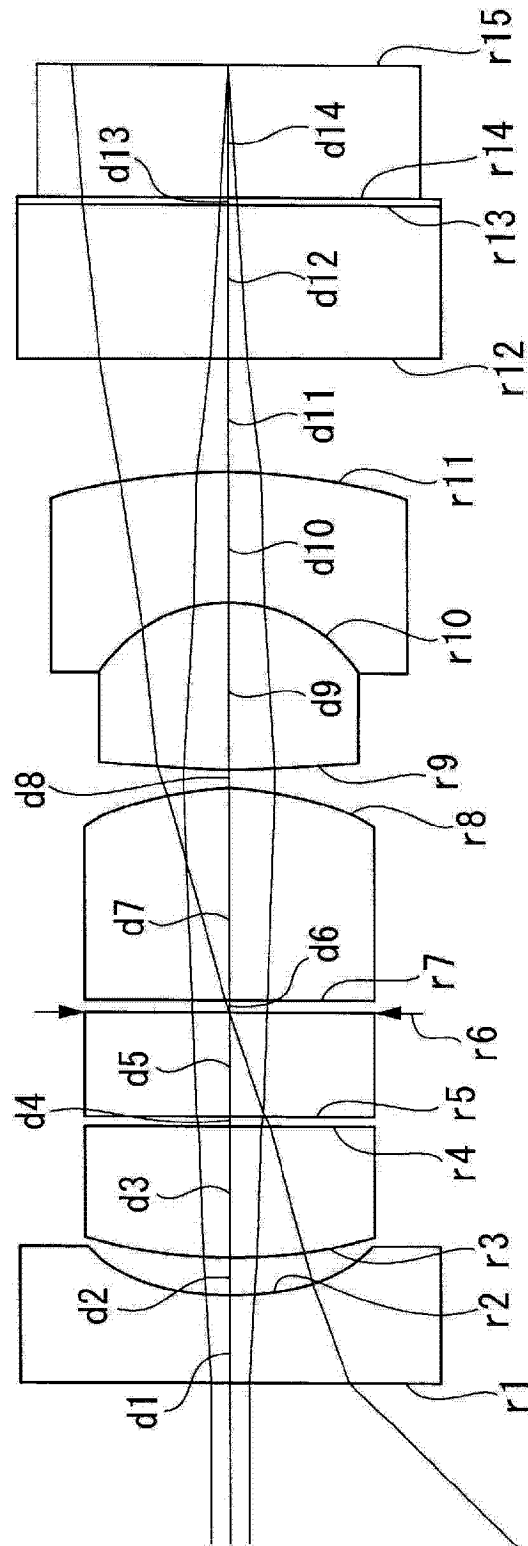


图 22

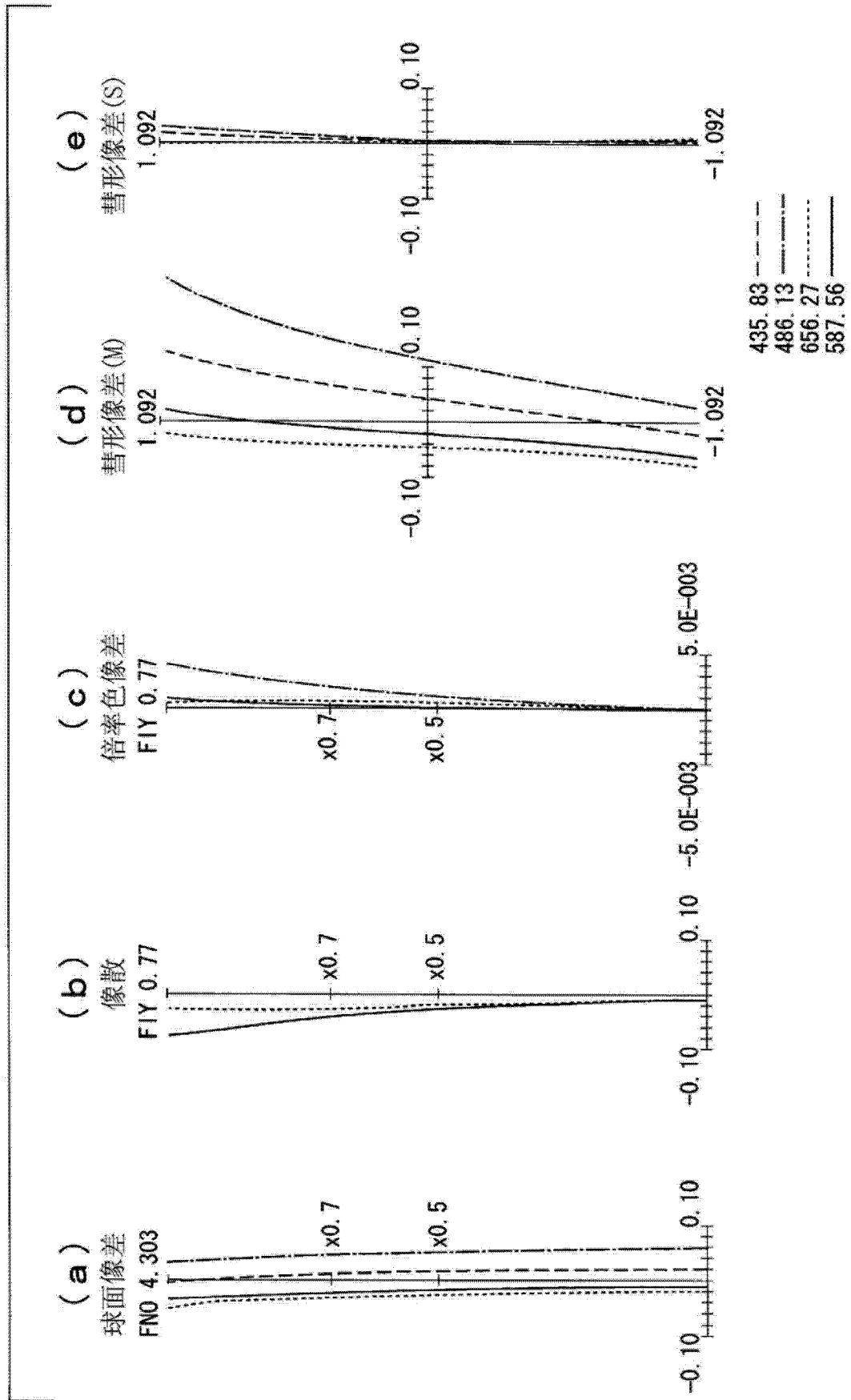


图 23

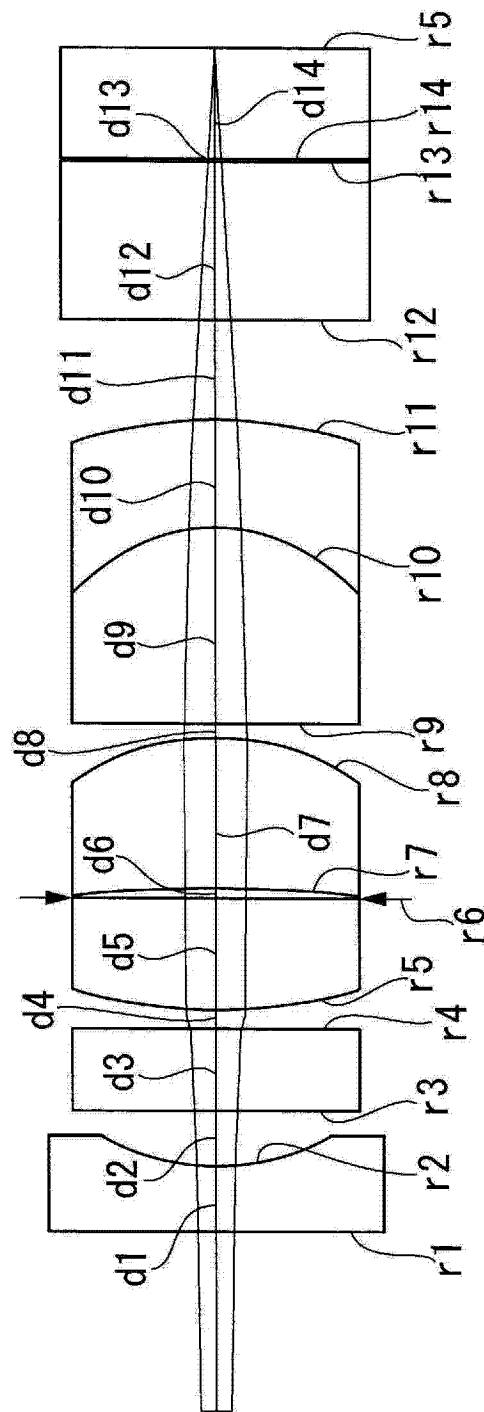


图 24

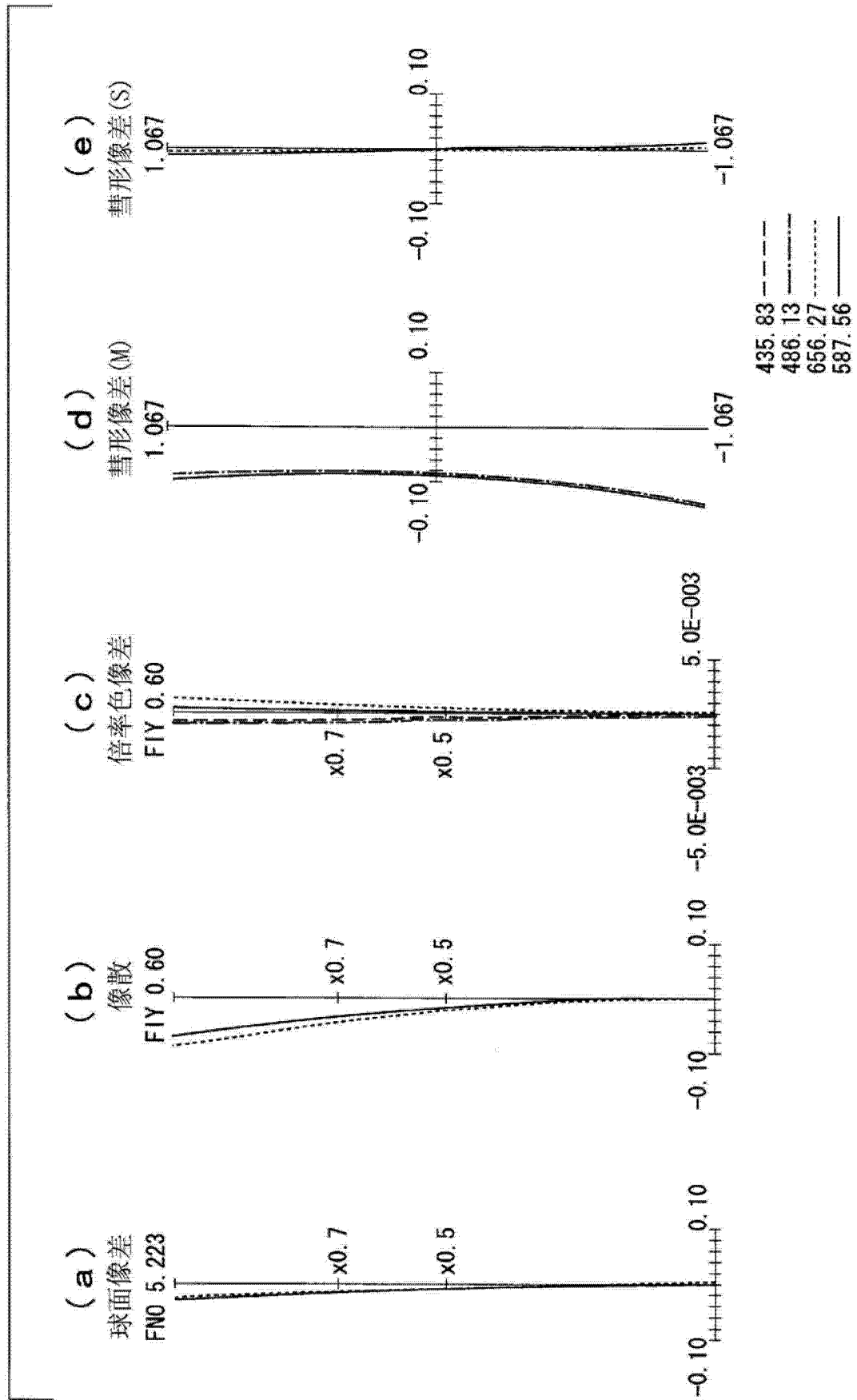


图 25



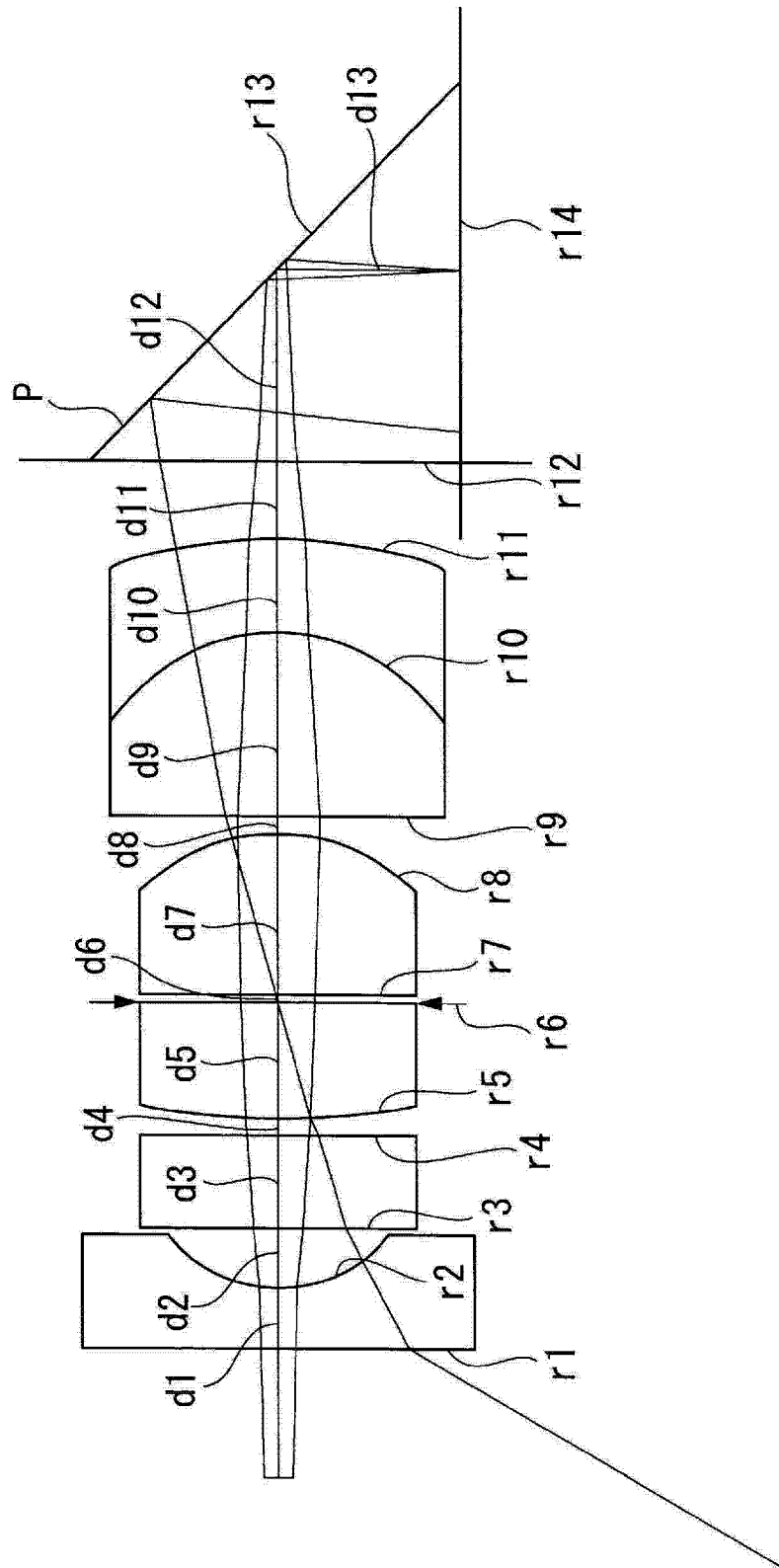


图 26

专利名称(译)	内窥镜用物镜及使用该内窥镜用物镜的内窥镜		
公开(公告)号	<a href="#">CN102667570B</a>	公开(公告)日	2014-12-10
申请号	CN201080057622.8	申请日	2010-12-10
[标]申请(专利权)人(译)	奥林巴斯医疗株式会社		
申请(专利权)人(译)	奥林巴斯医疗株式会社		
当前申请(专利权)人(译)	奥林巴斯医疗株式会社		
[标]发明人	片平裕子		
发明人	片平裕子		
IPC分类号	G02B13/04 A61B1/00		
CPC分类号	A61B1/00186 A61B1/00096 G02B23/243 A61B1/00188		
代理人(译)	刘新宇 张会华		
优先权	2009292371 2009-12-24 JP		
其他公开文献	CN102667570A		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a> <a href="#">SIPO</a>		

#### 摘要(译)

本发明提供一种在对应于激光治疗等的小型且高像素的摄像元件中适用、并且结构简单的内窥镜用物镜及使用该内窥镜用物镜的内窥镜。该内窥镜用物镜(1)由自物侧依次排列的前透镜组(FG)、孔径光阑(S)、以及后透镜组(BG)构成,前透镜组(FG)自物侧依次包括凹面朝向像侧的负的第1透镜(L1)、以及凸面朝向物侧且在像侧具有平面或凹面的正的第2透镜(L2),并且该前透镜(FG)具有滤光器(FL),后透镜组(BG)自物侧依次包括凸面朝向像侧的正的第3透镜(L3)、以及由平凸透镜与负凹凸透镜(L5)构成或由双凸透镜(L4)与负凹凸透镜(L5)构成的接合透镜(E45),且满足以下条件式(1)。(n<sub>3</sub>)为第3透镜(L3)的折射率,v<sub>3</sub>为第3透镜(L3)的阿贝数。(1) $n_3 > -v_3/12 + 5.5$ 。

