

## **Certification of Translation**

I, Teresa Sumiyoshi, do hereby certify that:

1. I am fluent in the English and Japanese languages, and have worked as an interpreter and translator of these two languages for over 25 years.
2. The attached English translation is a true and accurate translation of the original Japanese document, identified as WO2013125248.

I declare under penalty of perjury under the laws of the United States of America and the State of California that the foregoing are true and correct and that this Certification was executed on this 20th day of July, 2020, in Moraga, California.

I declare that these statements are made with the knowledge that willful false statements and the like so made are punishable by fine or imprisonment, or both, under Section 1001 of Title 18 of the United States Code.

*Teresa Sumiyoshi*  
Teresa Sumiyoshi

(12) International Application Published Under The Patent Cooperation Treaty (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization International Bureau

(10) International Publication Number WO 2013/125248 A1

(43) International Publication Date August 29, 2013 (29.08.2013)

WIPO | PCT

---

(51) International Patent Classification: G02B 13/04 (2006.01) G02B 13/18 (2006.01)

(21) International Application Number: PCT/JP2013/001035

(22) International Filing Date: February 22, 2013 (22.02.2013)

(25) Filing Language: Japanese

(26) Publication Language: Japanese

(30) Priority Data: 2012-039330 February 24, 2012 (24.02.2012) JP

(71) Applicant: HITACHI MAXELL, LTD. [JP][JP]; 1-88 Ushitora 1-chome, Ibaraki-shi, Osaka 5678567 Osaka (JP)

(72) Inventors: Sugiyama, Takashi, c/o HITACHI MAXELL, LTD., 1-88 Ushitora 1-chome, Ibaraki-shi, Osaka 5678567 Osaka (JP); Yamazaki, Masaki, c/o HITACHI MAXELL, LTD., 1-88 Ushitora 1-chome, Ibaraki-shi, Osaka 5678567 Osaka (JP)

(74) Agent: Yokozawa, Shiro et al, 1132-18 Shimadachi, Matsumoto-shi, Nagano-ken 3900852 Nagano (JP)

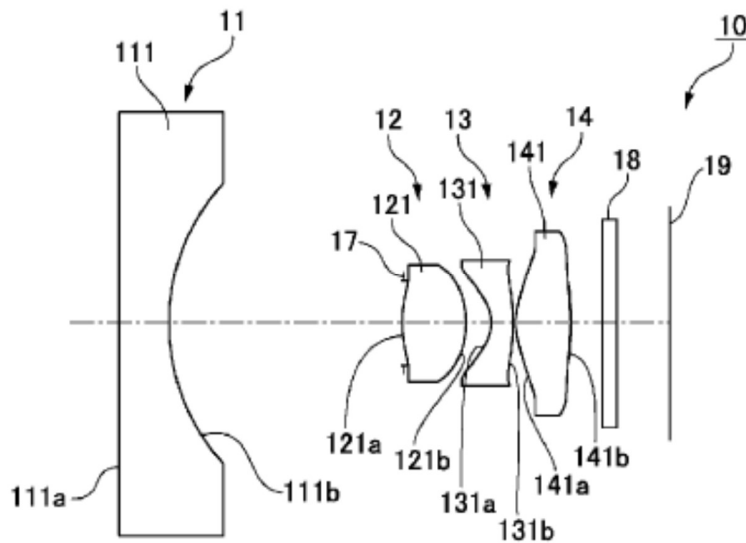
(81) Designated States (unless otherwise indicated, for every kind of national protection available): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Designated States (unless otherwise indicated, for every kind of regional protection available): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eurasian (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), European (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Published:

- with international search report (Article 21(3))
  - with amended claims (Article 19(1))
- 

(54) Title: WIDE-ANGLE LENS AND IMAGING DEVICE



(57) Abstract An imaging lens (10) is formed from a first group lens (11) having negative power, a second group lens (12) having positive power, a third group lens (13) having negative power, and a fourth group lens (14) having positive power, disposed in order from the subject side to the image side. Letting  $f$  be the focal distance for the entire lens system and  $f_2$  the focal distance for the second group lens (12),  $1.0 \leq f_2/f \leq 2.0$  is satisfied; therefore, the entire length of the lens system can be kept short and image curvature can be suppressed. In addition, each of the subject side lens surfaces and the image side lens surfaces for the second group lens (12), third group lens (13), and fourth group lens (14) are provided with aspherical surface shapes; therefore, the imaging lens (10) is constituted to be bright.

[TN: Original document includes Japanese-language abstract, which is duplicative of the above English-language abstract]

## Specification

Title of the Invention: Wide-angle lens and imaging device

**Technical Field**

[0001]

The present invention relates to a compact, high resolution, wide-angle lens composed of four to six lenses.

**Background Art**

[0002]

Patent document 1 discloses a wide-angle lens mounted on, for example, a vehicle camera or a monitoring camera. The wide-angle lens of document 1 is formed from a first lens having negative power, a second lens having positive power, a third lens having negative power, and a fourth lens having positive power, arranged in order from the object side to the image side. The wide-angle lens of document 1 has a diagonal viewing angle of about 65°.

**Prior Art Documents****Patent Documents**

[0003]

Patent document 1: JP 2009-14947 A

**Summary of the Invention****Problem to be Solved by the Invention**

[0004]

For a wide-angle lens mounted in an imaging device, such as an on-vehicle camera or monitoring camera, there is a demand for compactness, and for higher resolution in conjunction with an increase in the number of pixels of imaging elements incorporated into such imaging devices. It then becomes necessary to suppress, more than up to now, aberration such as curvature of field, in order to improve the resolution of a wide-angled lens.

[0005]

In light of such matters, the problem addressed by the present invention is to provide a compact and higher resolution wide-angle lens, and to provide an imaging device incorporating such a wide-angle lens.

**Means for Solving the Problem**

[0006]

In order to solve the above-mentioned problem, a wide-angle lens of the present invention is characterized by:

2

comprising a first group lens having negative power, a second group lens having positive power, a third group lens having negative power, and a fourth group lens having positive power arranged in order from an object side toward an image side;

the first group lens comprising one lens having negative power or two lenses both having negative power;

the second group lens comprising one lens having positive power or two lenses both having positive power;

the third group lens comprising one lens having negative power;

the fourth group lens comprising one lens having positive power;

the lens constituting the first group lens being provided with a concave shape for the image-side lens surface;

the lens, in the second group lens, disposed adjacent to the third group lens being provided with a convex shape for the image-side lens surface;

the third group lens being provided with a concave shape for the object-side lens surface;

at least one lens among the lenses constituting the second group lens, the third group lens, and the fourth group lens being made to have an aspherical shape for at least one lens surface among the object-side lens surface and the image-side lens surface; and

the following conditional expression (1) being satisfied when  $f$  is the focal distance of the entire lens system, and  $ff2$  is the focal distance of the second group lens:

$$1.0 \leq ff2/f \leq 2.0 \quad (1).$$

[0007]

Because the wide-angle lens of the present invention satisfies the conditional expression (1), the total length of the lens system can be kept short, and curvature of field can be suppressed. In addition, providing the lenses constituting the second group lens, the third group lens, and the fourth group lens with an aspherical shape makes it easy to increase the numerical aperture. If the upper limit of the conditional expression (1) is exceeded, curvature of field increases on the positive side and becomes difficult to correct. Below the lower limit of the conditional expression (1), curvature of field increases on the negative side and becomes difficult to correct. In addition, if the upper limit of the conditional expression (1) is exceeded, the positive power of the second group lens becomes relatively weaker, making it difficult to keep the total length of the lens system short. Note that "wide-angle lens" refers to an imaging lens with a diagonal angle of view of  $60^\circ$  or greater.

[0008]

In the present invention, when  $ff3$  is the focal distance of the third group lens,

3

the following conditional expression (2) is preferably satisfied:

$$-2.0 \leq ff2/ff3 \leq -1.0 \quad (2)$$

[0009]

The upper limit of the conditional expression (2) is for suppressing chromatic aberration. If the upper limit of the conditional expression (2) is exceeded, the negative power of the third group lens provided with a concave shape becomes too weak compared to the positive power of the second group lens provided with a convex shape, so chromatic aberration increases and becomes difficult to correct. Therefore, the upper limit is set to -1.0 or less to suppress chromatic aberration. The lower limit of the conditional expression (2) is for suppressing curvature of field and for keeping the total length of the lens system short. Below the lower limit of the conditional expression (2), the negative power of the third group lens provided with a concave shape becomes too strong compared to the positive power of the second group lens provided with a convex shape, leading to an increase in curvature of field. Therefore, the lower limit is set to -2.0 or greater to suppress curvature of field. In addition, below the lower limit of the conditional expression (2), the positive power of the second group lens becomes weak compared to the negative power of the third group lens, making it difficult to keep the total length of the lens system short. A balance between chromatic aberration and curvature of field can be achieved by setting the range of the conditional expression (2) to -1.9 to -1.3.

[0010]

In the present invention, when  $ff4$  is the focal distance of the fourth group lens, the following conditional expression (3) is preferably satisfied:

$$0.5 \leq ff4/f \leq 2.0 \quad (3)$$

[0011]

The conditional expression (3) is for suppressing curvature of field. In other words, if the upper limit of the conditional expression (3) is exceeded, curvature of field increases on the positive side and becomes difficult to correct. Below the lower limit of the conditional expression (3), curvature of field increases on the negative side and becomes difficult to correct. Therefore, this range is set to 0.5 to 2.0 to better suppress curvature of field. An image surface balance can be achieved by setting the range of the conditional expression (3) to 0.7 to 1.7.

[0012]

To correct chromatic aberration well in the present invention, the second group lens preferably comprises a lens having an Abbe number of 40 or greater, and the third group lens preferably comprises a lens having an Abbe number of 35 or less.

[0013]

A configuration having a diagonal angle of view of  $100^\circ$  or greater may be employed in the present invention.

4

In other words, curvature of field can be suppressed even with a wide-angle lens having such a large angle of view.

[0014]

Next, an imaging device of the present invention is characterized by including the above-mentioned wide-angle lens, and an imaging element disposed at a focal position of the wide-angle lens.

[0015]

With the present invention, the wide-angle lens has high resolution, so a high-resolution imaging device can be achieved by using an imaging element with a large pixel number as an imaging element. In addition, the total length of the wide-angle lens can be shortened, so the imaging device can be made compact.

#### **Effect of the Invention**

[0016]

With a wide-angle lens of the present invention, the total length of the lens system can be kept short, and curvature of field can be suppressed. In addition, it is easy to increase the numerical aperture.

#### **Brief Description of the Drawings**

[0017]

FIG. 1 is a block diagram of an imaging lens of Embodiment 1 with the present invention applied thereto.

FIG. 2A is an axial chromatic aberration diagram of the imaging lens of FIG. 1.

FIG. 2B is a lateral aberration diagram of the imaging lens of FIG. 1.

FIG. 2C is a curvature of field diagram of the imaging lens of FIG. 1.

FIG. 2D is a distortion aberration diagram of the imaging lens of FIG. 1.

FIG. 3 is a block diagram of an imaging lens of Embodiment 2 with the present invention applied thereto.

FIG. 4A is an axial chromatic aberration diagram of the imaging lens of FIG. 3.

FIG. 4B is a lateral aberration diagram of the imaging lens of FIG. 3.

FIG. 4C is a curvature of field diagram of the imaging lens of FIG. 3.

FIG. 4D is a distortion aberration diagram of the imaging lens of FIG. 3.

FIG. 5 is a block diagram of an imaging lens of Embodiment 3 with the present invention applied thereto.

FIG. 6A is an axial chromatic aberration diagram of the imaging lens of FIG. 5.

FIG. 6B is a lateral aberration diagram of the imaging lens of FIG. 5.

FIG. 6C is a curvature of field diagram of the imaging lens of FIG. 5.

FIG. 6D is a distortion aberration diagram of the imaging lens of FIG. 5.

FIG. 7 is a block diagram of an imaging lens of Embodiment 4 with the present invention applied thereto.

FIG. 8A is an axial chromatic aberration diagram of the imaging lens of FIG. 7.

FIG. 8B is a lateral aberration diagram of the imaging lens of FIG. 7.

FIG. 8C is a curvature of field diagram of the imaging lens of FIG. 7.

FIG. 8D is a distortion aberration diagram of the imaging lens of FIG. 7.

FIG. 9 is a block diagram of an imaging lens of Embodiment 3 with the present invention applied thereto.

FIG. 10A is an axial chromatic aberration diagram of the imaging lens of FIG. 9.

FIG. 10B is a lateral aberration diagram of the imaging lens of FIG. 9.

FIG. 10C is a curvature of field diagram of the imaging lens of FIG. 9.

FIG. 10D is a distortion aberration diagram of the imaging lens of FIG. 9.

FIG. 11 is a diagram illustrating an imaging device incorporating an imaging lens.

#### Mode for Implementing the Invention

[0018]

An imaging lens to which the present invention has been applied will be described hereinafter with reference to the drawings.

[0019] Embodiment 1

FIG. 1 is a block diagram of the imaging lens of Embodiment 1. As shown in FIG. 1, an imaging lens 10 comprises a first group lens 11 having negative power, a second group lens 12 having positive power, a third group lens 13 having negative power, and a fourth group lens 14 having positive power, arranged in order from the object side toward the image side. The imaging lens 10 of the present embodiment is composed of four lenses, with a first group lens 11 comprising one first lens 111, a second group lens 12 comprising one second lens 121, a third group lens 13 comprising one third lens 131, and a fourth group lens 14 comprising one fourth lens 141. A diaphragm 17 is disposed between the first group lens 11 and the second group lens 12, in other words, between the first lens 111 and the second lens 121. A cover glass 18 is disposed on the image side of the fourth lens 141. An image forming surface 19 is positioned with a gap between the image forming surface 19 and the cover glass 18.

[0020]

The first lens 111 is provided with a planar shape for the object-side lens surface 111a, and with a concave shape for the image-side lens surface 111b.



6

The second lens 121 is provided with a convex shape for both the object-side lens surface 121a and the image-side lens surface 121b. The third lens 131 is provided with a concave shape for the object-side lens surface 131a, and a convex shape for the image-side lens surface 131b. The fourth lens 141 is provided with a convex shape for both the object-side lens surface 141a and the image-side lens surface 141b.

[0021]

Where  $F_{no.}$  is the numerical aperture of the imaging lens 10,  $\omega$  is the half viewing angle, and  $L$  is the total length of the lens system, these values are as follows:

$$F_{no.}=2$$

$$\omega=57.5^\circ$$

$$L=12.303 \text{ mm}$$

[0022]

In addition, where  $f$  is the focal distance of the entire lens system,  $ff1$  is the focal distance of the first group lens 11 (the first lens 111),  $ff2$  is the focal distance of the second group lens 12 (the second lens 121),  $ff3$  is the focal distance of the third group lens 13 (the third lens 131), and  $ff4$  is the focal distance of the fourth group lens 14 (the fourth lens 141), these values are as follows:

$$f=1.9748$$

$$ff1=-7.394$$

$$ff2=2.019$$

$$ff3=-1.089$$

$$ff4=1.545$$

[0023]

The imaging lens 10 of the present embodiment satisfies the following conditional expressions (1)-(3):

$$1.0 \leq ff2/f \leq 2.0 \quad (1)$$

$$-2.0 \leq ff2/ff3 \leq -1.0 \quad (2)$$

$$0.5 \leq ff4/f \leq 2.0 \quad (3)$$

[0024]

In other words,  $ff2/f=1.02$ ,  $ff2/ff3=-1.85$ , and  $ff4/f=0.78$ .

[0025]

The imaging lens 10 of the present embodiment satisfies the conditional expression (1), so the total length of the lens system can be kept short, and curvature of field can be suppressed.

In other words, if the upper limit of the conditional expression (1) is exceeded, curvature of field increases on the positive side and becomes difficult to correct. Below the lower limit of the conditional expression (1), curvature of field increases on the negative side and becomes difficult to correct. In addition, if the upper limit of the conditional expression (1) is exceeded, the positive power of the second group lens 12 becomes relatively weaker, making it difficult to keep the total length of the lens system short.

[0026]

In addition, the imaging lens 10 satisfies the conditional expression (2), so the total length of the lens system can be kept short, and curvature of field can be suppressed, while suppressing chromatic aberration. In other words, if the upper limit of the conditional expression (2) is exceeded, the negative power of the third group lens provided with a concave shape 131 becomes too weak compared to the positive power of the second group lens provided with a convex shape 12, so chromatic aberration increases and becomes difficult to correct. Therefore, the upper limit is set to -1.0 or less to suppress chromatic aberration. The lower limit of the conditional expression (2) is for suppressing curvature of field and keeping the total length of the lens system short. Below the lower limit of the conditional expression (2), the negative power of the third group lens provided with a concave shape 131 becomes too strong compared to the positive power of the second group lens provided with a convex shape 12, leading to an increase in curvature of field. Therefore, the lower limit is set to -2.0 or greater to suppress curvature of field. Below the lower limit of the conditional expression (2), the positive power of the second group lens 12 becomes weak compared to the negative power of the third group lens 13, making it difficult to keep the total length of the lens system short. A balance between chromatic aberration and curvature of field can be achieved by setting the range of the conditional expression (2) to -1.9 to -1.3.

[0027]

Furthermore, the imaging lens 10 satisfies the conditional expression (3), so curvature of field can be better suppressed. In other words, if the upper limit of the conditional expression (3) is exceeded, curvature of field increases on the positive side and becomes difficult to correct. Below the lower limit of the conditional expression (3), curvature of field increases on the negative side and becomes difficult to correct. Therefore, this range is set to 0.5 to 2.0 to better suppress curvature of field. A balance of the image surface can be achieved by setting the range of the conditional expression (3) to 0.7 to 1.7.

[0028]

In addition, the following conditional expressions (4) and (5) are satisfied in the present embodiment, where  $vd_2$  is the Abbe number of the second group lens 12 (the second lens 121) and  $vd_3$  is the Abbe number of the third group lens 13 (the third lens 131):

$$vd_2 \geq 40 \quad (4)$$

$$vd_3 \leq 35 \quad (5)$$

[0029]

In the present embodiment,  $vd_2=52$  and  $vd_3=23.4$ . As a result, chromatic aberration can be corrected well with the imaging lens 10 because the second lens 121, which is made of a low-dispersion material, is arranged adjacent to the third lens 131, which is made of a high-dispersion material.

[0030]

Next, Table 1A shows lens data of the lens surfaces of the imaging lens 10. Table 1A specifies the lens surfaces in order counting from the object side. Lens surfaces marked with an asterisk are aspherical surfaces. In the present embodiment, the object-side lens surfaces 121a, 131a and 141a, and the image-side lens surfaces 121b, 131b and 141b of each of the second lens 121 (the second group lens 12), the third lens 131 (the third group lens 13), and the fourth lens 141 (the fourth group lens 14) are provided with an aspherical shape. S indicates the diaphragm 17. The 9th and 10th surfaces are glass surfaces of the cover glass 18. The units for the radius of curvature and the spacing are millimeters.

[0031] Table 1A

Surface No.	Curvature Radius	Spacing	Nd (refractive index)	vd (Abbe number)
1st surface	Infinity	1.000	1.15168	64.2
2nd surface	3.835	4.726		
3rd surface S	Infinity	-0.036		
4th surface *	2.106	1.279	1.5346	56.0
5th surface *	-1.760	0.513		
6th surface *	-0.633	0.431	1.6319	23.4
7th surface *	-8.915	0.057		
8th surface *	0.949	1.108	1.5346	56.0
9th surface *	-3.890	0.631		
10th surface	Infinity	0.300	1.5168	64.2
11th surface	Infinity	0.872		

[0032]

Next, Table 1B shows aspherical coefficients for defining the aspherical shape of a lens surface made to be aspherical. Table 1B also specifies the lens surfaces in order counting from the object side.

Table 1B

	4 <sup>th</sup> Surface	5 <sup>th</sup> Surface	6 <sup>th</sup> Surface	7 <sup>th</sup> Surface	8 <sup>th</sup> Surface	9 <sup>th</sup> Surface
K	-27.28282	1.00817	-2.355196	50.90771	-11.43756	-4.732964
A4	2.89094E-01	-4.91304E-02	-2.41659E-01	-5.11864E-01	8.08884E-03	9.15869E-02
A6	-6.15595E-01	5.14099E-02	3.16267E-01	1.43965E+00	4.3844E-02	-6.14929E-02
A8	7.23663E-01	-6.30732E-02	1.31348E-01	-2.05869E+00	-5.83106E-02	3.51186E-02
A10	-4.60752E-01	2.37616E-02	-8.28993E-01	1.78101E+00	3.22554E-02	-1.26469E-02
A12	0.00000E+00	0.00000E+00	8.33710E-01	-8.46702E-01	-7.77033E-03	1.74905E-03
A14	0.00000E+00	0.00000E+00	-2.59305E-01	1.71228E-01	-1.21963E-04	2.83005E-05
A16	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	2.25513E-04	-2.22343E-05

[0033]

Note that the aspherical shape used for a lens surface is expressed by the following formula, where Y is the sag, c is the inverse of the curvature radius, K is the conic constant, h is the ray height, and A4 is the fourth-order, A6 the sixth-order, A8 the eighth-order, A10 the tenth-order, A12 the twelfth-order, A14 the fourteenth-order, and A16 the sixteenth-order aspherical coefficient;

[0034] Numerical formula 1

$$Y(h) = \frac{ch^2}{1 + \sqrt{1 - (K+1)c^2h^2}} + A_4h^4 + A_6h^6 + A_8h^8 + A_{10}h^{10} + A_{12}h^{12} + A_{14}h^{14} + A_{16}h^{16}$$

[0035] (Effect)

FIG. 2A-2D are an axial chromatic aberration diagram, a lateral aberration diagram, a curvature of field diagram, and a distortion aberration diagram of the imaging lens 10. The axial chromatic aberration diagram of FIG. 2A shows focal shift, with the vertical axis showing the wavelength. In the lateral aberration diagram of FIG. 2B, the horizontal axis shows the coordinates of the entrance pupil, and the vertical axis shows the aberration amount. FIG. 2B shows the results of a simulation carried out for a plurality of rays of different wavelengths. In the curvature of field diagram of FIG. 2C, the horizontal axis shows the distance in the optical axis direction, and the vertical axis shows the height of the image. In FIG. 2C, S indicates the curvature of field aberration in the sagittal plane, and T indicates the curvature of field aberration in the tangential plane. In the distortion aberration diagram of FIG. 2D, the horizontal axis shows the image strain, and the vertical axis shows the height of the image. As shown in FIG. 2A, axial chromatic aberration is corrected well with the imaging lens 10 of the present embodiment. In addition, as shown in FIG. 2B, color bleeding is suppressed. Furthermore, as shown in FIGS. 2C and 2D, curvature of field is corrected well. Therefore, the imaging lens 10 has high resolution.

[0036]

In the present embodiment, the object-side lens surfaces 121a, 131a and 141a, and the image-side lens surfaces 121b, 131b and 141b of the second lens 121 (the second group lens 12), the third lens 131 (the third group lens 13), and the fourth lens 141 (the fourth group lens 14) are provided with aspherical shapes, so the imaging lens 10 takes on a bright configuration. Furthermore, in the present embodiment, the total length Lof of the lens system can be suppressed to a short 12.303 mm.

[0037] Embodiment 2

FIG. 3 is a block diagram of the imaging lens 20 of Embodiment 2. As shown in FIG. 3, the imaging lens 20 comprises a first group lens 21 having negative power, a second group lens 22 having positive power, a third group lens 23 having negative power, and a fourth group lens 24 having positive power, arranged in order from the object side toward the image side. The imaging lens 20 of the present embodiment is composed of five lenses, with a first group lens 21 comprising one first lens 211, a second group lens 22 comprising two lenses, namely a second lens 221 and a third lens 222, a third group lens 23 comprising one fourth lens 231, and a fourth group lens 24 comprising one fifth lens 241. A diaphragm 27 is disposed between the second lens 221 and third lens 222 in the second group lens 22. A cover glass 28 is disposed on the image side of the fifth lens 241. An image forming surface 29 is positioned with a gap between the image forming surface 29 and the cover glass 28.

[0038]

The first lens 211 is provided with a planar shape for the object-side lens surface 211a, and with a concave shape for the image-side lens surface 211b. The second lens 221 is provided with a convex shape for both the object-side lens surface 221a and the image-side lens surface 221b. The third lens 231 is provided with a concave shape for the object-side lens surface 231a, and a convex shape for the image-side lens surface 231b. The fourth lens 241 is provided with a convex shape for both the object-side lens surface 241a and the image-side lens surface 241b.

[0039]

Where Fno. is the numerical aperture of the imaging lens 20,  $\omega$  is the half viewing angle, and L is the total length of the lens system, these values are as follows:

11

Fno.=2  
 $\omega=69.0^\circ$   
 L=12.300 mm

[0040]

In addition, where f is the focal distance of the entire lens system, ff1 is the focal distance of the first group lens 21 (the first lens 221), ff2 is the focal distance of the second group lens 22 (the second lens 221 and the third lens 222), ff3 is the focal distance of the third group lens 23 (the fourth lens 231), and ff4 is the focal distance of the fourth group lens 24 (the fifth lens 241), these values are as follows:

f=1.9055  
 ff1=-3.430  
 ff2=2.059  
 ff3=-1.481  
 ff4=2.451

[0041]

Note that if ff21 is the focal distance of the second lens 221 constituting the second group lens 22, and ff22 is the focal distance of the third lens 222, these values are as follows:

ff21=4.080  
 ff22=2.685

[0042]

The imaging lens 20 of the present embodiment satisfies the following conditional expressions (1)-(3):

$$\begin{aligned} 1.0 \leq ff2/f &= 1.08 \leq 2.0 & (1) \\ -2.0 \leq ff2/ff3 &= -1.39 \leq -1.0 & (2) \\ 0.5 \leq ff4/f &= 1.29 \leq 2.0 & (3) \end{aligned}$$

[0043]

In addition, the following conditional expressions (4) and (5) are satisfied by the present embodiment, where vd2 is the Abbe number of the third lens 222, which has the higher Abbe number of the second lens 221 and the third lens 222 constituting the second group lens 22, and vd3 is the Abbe number of the third group lens 23 (the fourth lens 231).

$$vd2 = 56 \geq 40 \quad (4)$$

12

$$vd3 = 23.4 \leq 35 \quad (5)$$

[0044]

Next, Table 2A shows lens data of each lens surface of the imaging lens 20. Table 2A specifies the lens surfaces in order counting from the object side. Lens surfaces marked with an asterisk are aspherical surfaces. In the present embodiment, the object-side lens surfaces 222a, 231a and 241a, and the image-side lens surfaces 222b, 231b and 241b of each of the third lens 222, the fourth lens 231 (the third group lens 23), and the fifth lens 241 (the fourth group lens 24) are provided with an aspherical shape. S indicates the diaphragm 27. The 12th and 13th surfaces are the glass surfaces of the cover glass 28. The units for the radius of curvature and the spacing are millimeters.

[0045] Table 2A

Surface No.	Curvature Radius	Spacing	Nd (refractive index)	vd (Abbe number)
1 <sup>st</sup> surface	Infinity	1.005	1.5891	61.3
2 <sup>nd</sup> surface	2.029	2.846		
3 <sup>rd</sup> surface	7.134	1.804	1.6477	33.8
4 <sup>th</sup> surface	-3.822	0.042		
5 <sup>th</sup> surface S	Infinity	0.058		
6 <sup>th</sup> surface *	44.135	1.471	1.5346	56.0
7 <sup>th</sup> surface *	-1.473	0.386		
8 <sup>th</sup> surface *	-0.828	0.482	1.6323	23.4
9 <sup>th</sup> surface *	-8.142	0.100		
10 <sup>th</sup> surface *	3.144	1.423	1.5346	56.0
11 <sup>th</sup> surface *	-1.905	0.100		
12 <sup>th</sup> surface	Infinity	0.300	1.5168	64.2
13 <sup>th</sup> surface	Infinity	2.207		

[0046]

Next, Table 2B shows aspherical coefficients for defining the aspherical shape of a lens surface made to be aspherical. Table 2B also specifies the lens surfaces in order counting from the object side.

Table 2B

	6 <sup>th</sup> Surface	7 <sup>th</sup> Surface	8 <sup>th</sup> Surface	9 <sup>th</sup> Surface	10 <sup>th</sup> Surface	11 <sup>th</sup> Surface
K	-33.86235	-4.524449	-0.6534266	14.03202	2.128012	0
A4	-3.50474E-02	-1.27565E-01	3.64349E-01	3.25046E-02	-2.54735E-01	8.43204E-03
A6	9.71551E-03	7.82738E-02	-1.21525E-01	8.10461E-02	3.12620E-01	1.06866E-02
A8	-2.43483E-02	-5.46723E-02	-8.19386E-02	-1.01145E-01	-3.04821E-01	-1.15984E-02
A10	7.63834E-04	1.26404E-02	1.54306E-01	4.57183E-02	2.00014E-01	7.74896E-03
A12	5.97866E-03	0.00000E+00	-8.41133E-02	-8.55866E-03	-8.51187E-02	-2.07850E-03
A14	-8.87636E-03	0.00000E+00	2.02896E-02	4.42919E-04	2.07222E-02	1.16093E-04
A16	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	-2.15500E-03	3.42064E-05

[0047] (Effect)

The imaging lens 20 of the present embodiment satisfies the conditional expressions (1)-(3), so the total length of the lens system can be kept short, and curvature of field and chromatic aberration can be suppressed. In addition, chromatic aberration can be corrected well in the present embodiment because the third lens 222, which is made of a low-dispersion material, is arranged adjacent to the fourth lens 231, which is made of a high-dispersion material.

[0048]

Furthermore, in the present embodiment, the object-side lens surfaces 222a, 231a and 241a, and the image-side lens surfaces 222b, 231b and 241b of each of the third lens 222 of the second group lens 22, the fourth lens 231 (the third group lens 23), and the fifth lens 241 (the fourth group lens 24) are provided with an aspherical shape. As a result, the numerical aperture Fno. becomes 2, and the imaging lens 20 takes on a bright configuration. In addition, the total length L of the lens system can also be suppressed to a short 12.300mm in the present embodiment.

[0049]

FIGS. 4A-4D are an axial chromatic aberration diagram, a lateral aberration diagram, a curvature of field diagram, and a distortion aberration diagram of the imaging lens 20. As shown in FIG. 4A, axial chromatic aberration is corrected well with the imaging lens 20 of the present embodiment. In addition, as shown in FIG. 4B, color bleeding is suppressed. Furthermore, as shown in FIGS. 4C and 4D, curvature of field is corrected well. Therefore, the imaging lens 20 has high resolution.

[0050] Embodiment 3

FIG. 5 is a block diagram of the imaging lens 30 of Embodiment 3. As shown in FIG. 5, the imaging lens 30 comprises a first group lens 31 having negative power, a second group lens 32 having positive power, a third group lens 33 having negative power, and a fourth group lens 34 having positive power, arranged in order from the object side toward the image side. The imaging lens 30 of the present embodiment is composed of five lenses, with a first group lens 31 comprising one first lens 311, a second group lens 32 comprising two lenses, namely a second lens 321 and a third lens 322, a third group lens 33 comprising one fourth lens 331, and a fourth group lens 34 comprising one fifth lens 341. A diaphragm 37 is disposed between the second lens 321 and the third lens 322 in the second group lens 32. A cover glass 38 is disposed on the image side of the fifth lens 341. An image forming surface 39 is positioned with a gap between the image forming surface 39 and the cover glass 38.



[0051]

The first lens 311 is provided with a planar shape for the object-side lens surface 311a, and a concave shape for the image-side lens surface 311b. The second lens 321 is provided with a convex shape for both the object-side lens surface 321a and the image-side lens surface side 321b. The third lens 322 is provided with a convex shape for both the object-side lens surface 322a and the image-side lens surface 322b. The fourth lens 331 is provided with a concave shape for the object-side lens surface 331a, and a convex shape for the image-side lens surface 331b. The fifth lens 341 is provided with a convex shape for both the object-side lens surface 341a and the image-side lens surface 341b.

[0052]

Where  $F_{no.}$  is the numerical aperture of the imaging lens 30,  $\omega$  is the half viewing angle, and  $L$  is the total length of the lens system, these values are as follows:

$$\begin{aligned} F_{no.} &= 2 \\ \omega &= 56.5^\circ \\ L &= 12.303\text{mm} \end{aligned}$$

[0053]

In addition, where  $f$  is the focal distance of the entire lens system,  $ff1$  is the focal distance of the first group lens 31 (the first lens 311),  $ff2$  is the focal distance of the second group lens 32 (the second lens 321 and the third lens 322),  $ff3$  is the focal distance of the third group lens 33 (the fourth lens 331), and  $ff4$  is the focal distance of the fourth group lens 34 (the fifth lens 341), these values are as follows:

$$\begin{aligned} f &= 1.986 \\ ff1 &= -6.278 \\ ff2 &= 2.321 \\ ff3 &= -1.602 \\ ff4 &= 2.206 \end{aligned}$$

[0054]

Note that, where  $ff21$  is the focal distance of the second lens 321 constituting the second group lens 32, and  $ff22$  is the focal distance of the third lens 322, these values are as follows:

$$ff21 = 5.442$$

ff22=2.766

[0055]

The imaging lens 30 of the present embodiment satisfies the following conditional expressions (1)-(3).

$$1.0 \leq \text{ff2}/f = 1.17 \leq 2 \quad (1)$$

$$-2.0 \leq \text{ff2}/\text{ff3} = -1.38 \leq -1.0 \quad (2)$$

$$0.5 \leq \text{ff4}/f = 1.11 \leq 2.0 \quad (3)$$

[0056]

In addition, the following conditional expressions (4) and (5) are satisfied by the present embodiment, where vd2 is the Abbe number of the third lens 322, which has the larger of Abbe number of the second lens 321 and the third lens 322 constituting the second group lens 32, and vd3 is the Abbe number of the third group lens 33 (the fourth lens 331).

$$\text{vd2} = 56 \geq 40 \quad (4)$$

$$\text{vd3} = 23.4 \leq 35 \quad (5)$$

[0057]

Next, Table 3A shows lens data of each lens surface of the imaging lens 30. Table 3A specifies the lens surfaces in order counting from the object side. Lens surfaces marked with an asterisk are aspherical surfaces. In the present embodiment, the object-side lens surfaces 322a, 331a and 341a, and the image-side lens surfaces 322b, 331b and 341b of each of the third lens 322, the fourth lens 331 (the third group lens 33), and the fifth lens 341 (the fourth group lens 34) are provided with an aspherical shape. S indicates the diaphragm 37. The 12th and 13th surfaces are the glass surfaces of the cover glass 38. The units for the radius of curvature and the spacing are millimeters.

[0058]

16

Table 3A

Surface No.	Curvature Radius	Spacing	Nd (refractive index)	vd (Abbe number)
1 <sup>st</sup> surface	Infinity	1.410	1.5168	64.2
2 <sup>nd</sup> surface	3.256	4.207		
3 <sup>rd</sup> surface	4.348	1.429	1.6200	36.4
4 <sup>th</sup> surface	-13.567	0.100		
5 <sup>th</sup> surface S	Infinity	0.101		
6 <sup>th</sup> surface *	4.090	1.119	1.5346	56.0
7 <sup>th</sup> surface *	-2.109	0.386		
8 <sup>th</sup> surface *	-0.633	0.484	1.6323	23.4
9 <sup>th</sup> surface *	-2.152	0.087		
10 <sup>th</sup> surface *	1.414	1.056	1.5346	56.0
11 <sup>th</sup> surface *	-5.405	0.100		
12 <sup>th</sup> surface	Infinity	0.300	1.5168	64.2
13 <sup>th</sup> surface	Infinity	1.406		

[0059]

Next, Table 3B shows aspherical coefficients for defining the aspherical shape of a lens surface made to be aspherical. Table 3B also specifies the lens surfaces in order counting from the object side.

Table 3B

	6 <sup>th</sup> Surface	7 <sup>th</sup> Surface	8 <sup>th</sup> Surface	9 <sup>th</sup> Surface	10 <sup>th</sup> Surface	11 <sup>th</sup> Surface
K	-76.1177	-31.1790	-1.2321	1.8229	-24.0941	0.0000
A4	8.93944E-02	-4.55920E-01	7.10750E-02	-3.45248E-01	1.64176E-02	3.16849E-03
A6	-1.76226E-01	4.64097E-01	2.58089E-01	1.41096E+00	3.65178E-02	1.37311E-02
A8	1.06904E-01	-3.27719E-01	9.32169E-02	-2.00748E+00	-5.64218E-02	-4.94053E-03
A10	-6.20285E-02	9.82264E-02	-7.27773E-01	1.71460E+00	2.60727E-02	-3.06896E-03
A12	0.00000E+00	0.00000E+00	6.90419E-01	-8.10550E-01	-2.38309E-03	1.71232E-03
A14	0.00000E+00	0.00000E+00	-2.01703E-01	1.64603E-01	-1.58029E-03	-1.83080E-04
A16	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	3.25406E-04	-2.12665E-05

[0060] (Effect)

The imaging lens 30 of the present embodiment satisfies the conditional expressions (1)-(3), so the total length of the lens system can be kept short, and curvature of field and chromatic aberration can be suppressed. In addition, chromatic aberration can be corrected well by the present embodiment because the third lens 322, which is made from a low-dispersion material, is arranged adjacent to the fourth lens 331, which is made from a high-dispersion material.

[0061]

Furthermore, in the present embodiment, the object-side lens surfaces 322a, 331a and 341a, and the image-side lens surfaces 322b, 331b and 341b of each of the third lens 322 of the second group lens 32, the fourth lens 331 (the third group lens 33), and the fifth lens 341 (the fourth group lens 34) are provided with an aspherical shape.

As a result, the numerical aperture  $F_{no}$ . becomes 2, and the imaging lens 30 takes on a bright configuration. In addition, the total length  $L$  of the lens system can be suppressed to a short 12.303mm in the present embodiment.

[0062]

FIG. 6A-6D are an axial chromatic aberration diagram, a lateral aberration diagram, a curvature of field diagram, and a distortion aberration diagram of the imaging lens 30. As shown in FIG. 6A, axial chromatic is corrected well by the imaging lens 30 of the present embodiment. In addition, as shown in FIG. 6B, color bleeding is suppressed. Furthermore, as shown in FIGS. 6C and 6D, curvature of field is corrected well. Therefore, the imaging lens 30 has high resolution.

[0063] Embodiment 4

FIG. 7 is a block diagram of the imaging lens 40 of Embodiment 4. As shown in FIG. 7, the imaging lens 40 comprises a first group lens 41 having negative power, a second group lens 42 having positive power, a third group lens 43 having negative power, and a fourth group lens 44 having positive power, arranged in order from the object side toward the image side. The imaging lens 40 of the present embodiment is composed of five lenses, with a first group lens 41 comprising two lenses, namely a first lens 411 and a second lens 412, a second group lens 42 comprising one third lens 421, a third group lens 43 comprising one fourth lens 431, and a fourth group lens 44 comprising one fifth lens 441. A diaphragm 47 is disposed between the first group lens 41 and the second group lens 42, that is, between the second lens 412 and the third lens 421. A cover glass 48 is disposed on the image side of the fifth lens 441. An image forming surface 49 is positioned with a gap between the image forming surface 49 and the cover glass 48.

[0064]

The first lens 411 is provided with a convex shape for the object-side lens surface 411a, and a concave shape for the image-side lens surface 411b. The second lens 412 is provided with a convex shape for the object-side lens surface 412a, and a concave shape for the image-side lens surface 412b. The third lens 421 is provided with a convex shape for both the object-side lens surface 421a and the image-side lens surface 421b. The fourth lens 431 is provided with a concave shape for the object-side lens surface 431a, and a convex shape for the image-side lens surface 431b. The fifth lens 441 is provided with a convex shape for both the object-side lens surface 441a and the image-side lens surface 441b.

[0065]

Where  $F_{no.}$  is the numerical aperture of the imaging lens 40,  $\omega$  is the half viewing angle, and  $L$  is the total length of the lens system, these values are as follows:

$$F_{no.}=2.4$$

$$\omega=95^{\circ}$$

$$L=11.16 \text{ mm}$$

[0066]

In addition, where  $f$  is the focal distance of the entire lens system,  $ff1$  is the focal distance of the first group lens 41 (the first lens 411 and the second lens 412),  $ff2$  is the focal distance of the second group lens 42 (the third lens 421),  $ff3$  is the focal distance of the third group lens 43 (the fourth lens 431), and  $ff4$  is the focal distance of the fourth group lens 44 (the fifth lens 441), these values are as follows:

$$f=1.376$$

$$ff1=-4.394$$

$$ff2=1.754$$

$$ff3=-1.114$$

$$ff4=1.446$$

[0067]

Note that, where  $ff11$  is the focal distance of the first lens 411 constituting the first group lens 41, and  $ff12$  is the focal distance of the second lens 412, these values are as follows:

$$ff11=-11.304$$

$$ff12=-8.279$$

[0068]

The imaging lens 40 of the present embodiment satisfies the following conditional expressions (1)-(3).

$$1.0 \leq ff2/f = 1.27 \leq 2.0 \quad (1)$$

$$-2.0 \leq ff2/ff3 = -1.57 \leq -1.0 \quad (2)$$

$$0.5 \leq ff4/f = 1.05 \leq 2.0 \quad (3)$$

[0069]

In addition, the following conditional expressions (4) and (5) are satisfied by the present embodiment, where  $vd2$  is the Abbe number of the second group lens 42 (the third lens 421), and  $vd3$  is the Abbe number of the third group lens 43 (the fourth lens 431).

$$vd2 = 56 \geq 40 \quad (4)$$

$$vd3 = 23.4 \leq 35 \quad (5)$$

[0070]

Next, Table 4A shows lens data of each lens surface of the imaging lens 40. Table 4A specifies the lens surfaces in order counting from the object side. Lens surfaces marked with an asterisk are aspherical surfaces. In the present embodiment, the object-side lens surfaces 412a, 421a, 431a and 441a, and the image-side lens surfaces 412b, 421b, 431b and 441b of each of the second lens 412, the third lens 421 (the third group lens 43), the fourth lens 431 (the third group lens 43), and the fifth lens 441 (the fourth group lens 44) are provided with an aspherical shape. S indicates the diaphragm 47. The 12th and 13th surfaces are the glass surfaces of the cover glass 48. The units for the radius of curvature and the spacing are millimeters.

[0071] Table 4A

Surface No.	Curvature Radius	Spacing	Nd (refractive index)	vd (Abbe number)
1 <sup>st</sup> surface	14.550	1.000	1.5168	64.2
2 <sup>nd</sup> surface	4.081	1.400		
3 <sup>rd</sup> surface *	40.204	0.800	1.5346	56.0
4 <sup>th</sup> surface *	3.975	3.514		
5 <sup>th</sup> surface S	Infinity	0.076		
6 <sup>th</sup> surface *	1.848	0.957	1.5346	56.0
7 <sup>th</sup> surface *	-1.573	0.738		
8 <sup>th</sup> surface *	-0.646	0.511	1.6319	23.4
9 <sup>th</sup> surface *	-9.274	0.096		
10 <sup>th</sup> surface *	0.977	0.952	1.5346	56.0
11 <sup>th</sup> surface *	-2.496	0.631		
12 <sup>th</sup> surface	Infinity	0.300	1.5168	64.2
13 <sup>th</sup> surface	Infinity	0.185		

[0072]

Next, Table 4B shows aspherical coefficients for defining the aspherical shape of a lens surface made to be aspherical. Table 4C shows the aspherical coefficients of the lens surfaces of the third lens 421, the fourth lens 431, and the fifth lens 441. Tables 4B and 4C specify the lens surfaces in order counting from the object side.

[0073]

Table 4B

	3 <sup>rd</sup> Surface	4 <sup>th</sup> Surface
K	0.94197	0.0000
A4	-8.31314E-04	-1.99687E-03
A6	0.00000E+00	0.00000E+00
A8	-8.37785E-06	2.20270E-04
A10	0.00000E+00	0.00000E+00
A12	0.00000E+00	0.00000E+00
A14	0.00000E+00	0.00000E+00
A16	0.00000E+00	0.00000E+00

[0074] Table 4C

	6 <sup>th</sup> Surface	7 <sup>th</sup> Surface	8 <sup>th</sup> Surface	9 <sup>th</sup> Surface	10 <sup>th</sup> Surface	11 <sup>th</sup> Surface
K	-18.2384	0.9139	-2.7300	52.1381	-10.6356	-9.5943
A4	2.46187E-01	-3.32402E-02	-2.41999E-01	-5.04485E-01	1.85174E-03	9.47311E-02
A6	-6.42345E-01	5.25652E-02	2.78515E-01	1.43769E+00	4.44951E-02	-6.16763E-02
A8	7.20341E-01	-9.67462E-02	9.90897E-02	-2.06043E+00	-5.78888E-02	3.49914E-02
A10	-5.70160E-01	-9.46137E-04	-8.31946E-01	1.78188E+00	3.23753E-02	-1.26670E-02
A12	0.00000E+00	0.00000E+00	8.60049E-01	-8.45602E-01	7.75381E-03	1.74547E-03
A14	0.00000E+00	0.00000E+00	-2.11841E-01	1.70771E-01	-1.28007E-04	2.67588E-05
A16	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	2.19284E-04	-2.30456E-05

[0075] (Effect)

The imaging lens 40 of the present embodiment satisfies the conditional expressions (1)-(3), so the total length of the lens system can be kept short, and curvature of field and chromatic aberration can be suppressed. In addition, chromatic aberration can be corrected well by the present embodiment because the third lens 421, which is made from a low-dispersion material, is arranged adjacent to the fourth lens 431, which is made from a high-dispersion material.

[0076]

Furthermore, in the present embodiment, the object-side lens surfaces 412a, 421a, 431a and 441a, and the image-side lens surfaces 412b, 421b, 431b and 441b of each of the second lens 412, the third lens 421 (the second group lens 42), the fourth lens 431 (the third group lens 43), and the fifth lens 441 (the fourth group lens 44) are provided with an aspherical shape. As a result, the numerical aperture Fno. becomes 2.4, and the imaging lens 40 takes on a bright configuration. In addition, the total length L of the lens system can be suppressed to a short 11.16mm in the present embodiment.

[0077]

FIGS. 8A-8D are an axial chromatic aberration diagram, a lateral aberration diagram, a curvature of field diagram, and a distortion aberration diagram of the imaging lens 40. As shown in FIG. 8A, axial chromatic is corrected well by the imaging lens 40 of the present embodiment. In addition, as shown in FIG. 8B, color bleeding is suppressed. Furthermore, as shown in FIGS. 8C and 8D, curvature of

field is corrected well. Therefore, the imaging lens 40 has high resolution.

[0078] Embodiment 5

FIG. 9 is a block diagram of the imaging lens 50 of Embodiment 5. As shown in FIG. 9, the imaging lens 50 comprises a first group lens 51 having negative power, a second group lens 52 having positive power, a third group lens 53 having negative power, and a fourth group lens 54 having positive power, arranged in order from the object side toward the image side. The imaging lens 50 of the present embodiment is composed of six lenses, with: a first group lens 51 comprising two lenses, namely a first lens 511 and a second lens 512; a second group lens 52 comprising two lenses, namely a third lens 521 and a fourth lens 522; a third group lens 53 comprising one fifth lens 531; and a fourth group lens 54 comprising one sixth lens 541. A diaphragm 57 is disposed between the third lens 521 and the fourth lens 522, which constitute the second group lens 52. A cover glass 58 is disposed on the image side of the sixth lens 541. An image forming surface 59 is positioned with a gap between the image forming surface 59 and the cover glass 58.

[0079]

The first lens 511 is provided with a convex shape for the object-side lens surface 511a, and a concave shape for the image-side lens surface 511b. The second lens 512 is provided with a concave shape for both the object-side lens surface 512a and the image-side lens surface 512b. The third lens 521 is provided with a convex shape for both the object-side lens surface 521a and the image-side lens surface 521b. The fourth lens 522 is provided with a convex shape for both the object-side lens surface 522a and the image-side lens surface 522b. The fifth lens 531 is provided with a concave shape for the object-side lens surface 531a, and a convex shape for the image-side lens surface 531b. The sixth lens 541 is provided with a convex shape for both the object-side lens surface 541a and the image-side lens surface 541b.

[0080]

Where  $F_{no.}$  is the numerical aperture of the imaging lens 50,  $\omega$  is the half viewing angle, and  $L$  is the total length of the lens system, these values are as follows:

$$F_{no.}=2.2$$

$$\omega=72.8^{\circ}$$



L=15.57 mm

[0081]

In addition, where  $f$  is the focal distance of the entire lens system,  $ff1$  is the focal distance of the first group lens 51 (the first lens 511 and the second lens 512),  $ff2$  is the focal distance of the second group lens 52 (the third lens 521 and the fourth lens 522),  $ff3$  is the focal distance of the third group lens 53 (the fifth lens 531), and  $ff4$  is the focal distance of the fourth group lens 54 (the sixth lens 541), these values are as follows:

$f=1.356$

$ff1=-3.279$

$ff2=2.459$

$ff3=-1.602$

$ff4=2.183$

[0082]

Note that, where  $ff11$  is the focal distance of the first lens 511 constituting the first group lens 51,  $ff12$  is the focal distance of the second lens 512,  $ff21$  is the focal distance of the third lens 521 constituting the second group lens 52, and  $ff22$  is the focal distance of the fourth lens 522, these values are as follows:

$ff11=-14.13$

$ff12=-4.958$

$ff21=3.649$

$ff22=2.793$

[0083]

The imaging lens 50 of the present embodiment satisfies the following conditional expressions (1)-(3).

$$1.0 \leq ff2/f = 1.81 \leq 2.0 \quad (1)$$

$$-2.0 \leq ff2/ff3 = -1.53 \leq -1.0 \quad (2)$$

$$0.5 \leq ff4/f = 1.61 \leq 2.0 \quad (3)$$

[0084]

In addition, the following conditional expressions (4) and (5) are satisfied by the present embodiment, where  $vd2$  is the Abbe number of the fourth lens 522, which has the highest Abbe number in the second group lens 52 (the third lens 521 and the fourth lens 522), and  $vd3$  is the Abbe number of the third group lens 53 (the fifth lens 531).

$$vd2 = 56 \leq 40 \quad (4)$$

$$vd3 = 23.4 \leq 35 \quad (5)$$

[0085]

Next, Table 5A shows lens data of each lens surfaces of the imaging lens 50. Table 5A specifies the lens surfaces in order counting from the object side. Lens surfaces marked with an asterisk are aspherical surfaces. In the present embodiment, the object-side lens surfaces 512a, 522a, 531a, and 541a and the image-side lens surfaces 512b, 522b, 531b, and 541b of each of the second lens 512, the fourth lens 522 of the third group lens 53, the fifth lens 531 (the third group lens 53), and the sixth lens 541 (the fourth group lens 54) have been provided with an aspherical shape. S indicates the diaphragm 57. The 14th and 15th surfaces are the glass surfaces of the cover glass 58. The units for the radius of curvature and the spacing are millimeters.

[0086] Table 5A

Surface No.	Curvature Radius	Spacing	Nd (refractive index)	vd (Abbe number)
1 <sup>st</sup> surface	20.108	1.000	1.5168	64.2
2 <sup>nd</sup> surface	5.280	1.916		
3 <sup>rd</sup> surface *	-40.323	1.000	1.5346	56.0
4 <sup>th</sup> surface *	2.875	4.468		
5 <sup>th</sup> surface	2.566	2.755	1.6200	36.4
6 <sup>th</sup> surface	-11.880	0.100		
7 <sup>th</sup> surface S	Infinity	0.101		
8 <sup>th</sup> surface *	4.090	1.277	1.5346	56.0
9 <sup>th</sup> surface *	-2.109	0.198		
10 <sup>th</sup> surface *	-0.633	0.484	1.6322	23.4
11 <sup>th</sup> surface *	-2.152	0.087		
12 <sup>th</sup> surface *	1.414	0.860	1.5346	56.0
13 <sup>th</sup> surface *	-5.405	0.100		
14 <sup>th</sup> surface	Infinity	0.300		
15 <sup>th</sup> surface	Infinity	0.825		

[0087]

Next, Table 5B shows the aspherical coefficients of the lens surfaces of the second lens 512, and Table 5C shows the aspherical coefficients of the lens surfaces of the fourth lens 522, the fifth lens 531, and the sixth lens 541. Table 5B and Table 5C likewise specify the lens surfaces in order counting from the object side.

[0088]

Table 5B

	3 <sup>rd</sup> Surface	4 <sup>th</sup> Surface
K	0.0000	0.3272
A4	1.22135E-03	-1.50493E-04
A6	0.00000E+00	0.00000E+00
A8	0.00000E+00	0.00000E+00
A10	0.00000E+00	0.00000E+00
A12	0.00000E+00	0.00000E+00
A14	0.00000E+00	0.00000E+00
A16	0.00000E+00	0.00000E+00

[0089] Table 5C

	8 <sup>th</sup> Surface	9 <sup>th</sup> Surface	10 <sup>th</sup> Surface	11 <sup>th</sup> Surface	12 <sup>th</sup> Surface	13 <sup>th</sup> Surface
K	-33.4283	-24.4263	-1.6077	1.8118	-20.8115	0.0000
A4	1.11999E-02	-4.94861E-01	1.00494E-01	-2.59338E-01	-7.72364E-02	-4.23518E-02
A6	-5.61040E-02	5.72189E-01	2.21374E-01	1.36070E+00	5.24617E-02	-3.40797E-03
A8	-1.66559E-02	-2.99204E-01	1.00065E-01	-2.00144E+00	-6.43273E-02	1.89923E-04
A10	2.86662E-03	8.09019E-02	-6.90465E-01	1.71902E+00	2.62442E-02	-2.39820E-03
A12	0.00000E+00	0.00000E+00	7.22800E-01	-8.12671E-01	-6.30518E-04	1.51250E-03
A14	0.00000E+00	0.00000E+00	-2.40809E-01	1.66304E-01	-8.85557E-04	-2.71444E-04
A16	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	1.81016E-04	6.68224E-05

[0090] (Effect)

Because the imaging lens 50 of the present embodiment satisfies the conditional expressions (1)-(3), the total length of the lens system can be kept short, and curvature of field and chromatic aberration can be suppressed. In addition, chromatic aberration can also be corrected well by the present embodiment because the fourth lens 522, which is made from a low-dispersion material, is arranged adjacent to the fifth lens 531, which is made from a high-dispersion material.

[0091]

Furthermore, in the present embodiment, the object-side lens surfaces 512a, 522a, 531a and 541a, and the image-side lens surfaces 512b, 522b, 531b and 541b of each of the second lens 512, the fourth lens 522 of the second group lens 52, the fifth lens 531 (the third group lens 53), and the sixth lens 541 (the fourth group lens 54) are provided with an aspherical shape. As a result, the numerical aperture Fno. becomes 2.2, and the imaging lens 50 takes on a bright configuration. In addition, the total length L of the lens system can be suppressed to a short 15.57mm in the present embodiment.

[0092]

FIG. 10A-10D are an axial chromatic aberration diagram, a lateral aberration diagram, a curvature of field diagram, and a distortion aberration diagram of the imaging lens 50. As shown in FIG. 10A, axial chromatic is corrected well by the imaging lens 50 of the present embodiment. In addition, as shown in FIG. 10B, color bleeding is suppressed. Furthermore, as shown in FIGS. 10C and 10D, curvature

of field is corrected well. Therefore, the imaging lens 50 has high resolution.

[0093] (Imaging Device)

FIG. 11 is a diagram illustrating an imaging device 60 incorporating an imaging lens 10 of the present invention. As shown in FIG. 11, the imaging device 60 is provided with an imaging element 61 having a sensor surface 61a arranged on an image formation surface 19 (the focal position) of the imaging lens 10. The imaging element 61 is a CCD sensor or a CMOS sensor.

[0094]

With the present embodiment, the imaging lens 10 has high resolution, so the imaging device 60 can be made high-resolution by using an imaging element 61 with a large pixel number as the image pick-up device 61. In addition, the total length L of the lens system of the imaging lens 10 is short, so the imaging device 60 can be made compact. The imaging lenses 20, 30, 40, and 50 can be incorporated into the imaging device 60 in the same manner as the imaging lens 10, and a similar effect can be obtained in this case as well.

#### **Symbols**

[0095]

10, 20, 30, 40, 50 Imaging lens embodiment

11, 21, 31, 41, 51 First group lens

12, 22, 32, 42, 52 Second group lens

13, 23, 33, 43, 53 Third group lens

14, 24, 34, 44, 54 Fourth group lens

17, 27, 37, 47, 57 Diaphragm

18, 28, 38, 48, 58 Cover glass

19, 29, 39, 49, 59 Image forming surface

60 Imaging device

61 Imaging element

61a Sensor surface

### Claims

[Claim 1] A wide-angle lens characterized by:

comprising a first group lens having negative power, a second group lens having positive power, a third group lens having negative power, and a fourth group lens having positive power arranged in order from an object side toward an image side;

the first group lens comprising one lens having negative power or two lenses both having negative power;

the second group lens comprising one lens having positive power or two lenses both having positive power;

the third group lens comprising one lens having negative power;

the fourth group lens comprising one lens having positive power;

the lens constituting the first group lens being provided with a concave shape for the image-side lens surface;

the lens, in the second group lens, disposed adjacent to the third group lens being provided with a convex shape for the image-side lens surface;

the third group lens being provided with a concave shape for the object-side lens surface;

at least one lens among the lenses constituting the second group lens, the third group lens, and the fourth group lens being made to have an aspherical shape for at least one lens surface among the object-side lens surface and the image-side lens surface; and

the following conditional expression (1) being satisfied when  $f$  is the focal distance of the entire lens system, and  $ff2$  is the focal distance of the second group lens:

$$1.0 \leq ff2/f \leq 2.0 \quad (1).$$

[Claim 2] The wide-angle lens according to claim 1, characterized by the following conditional expression (2) being satisfied when  $ff3$  is the focal distance of the third group lens:

$$-2.0 \leq ff2/ff3 \leq -1.0 \quad (2).$$

[Claim 3] The wide-angle lens according to claim 1 or 2, characterized by the following conditional expression (3) being satisfied when  $ff4$  is the focal distance of the fourth group lens:

$$0.5 \leq ff4/f \leq 2.0 \quad (3)$$

[Claim 4] The wide-angle lens according to any one of claims 1 to 3, characterized by: the second group lens being provided with a lens having an Abbe number of 40 or greater; and the third group lens being provided with a lens having an Abbe number of 35 or less.

[Claim 5] The wide-angle lens according to any one of claims 1 to 4, characterized by a diagonal angle of view of  $100^\circ$  or greater.

[Claim 6] An imaging device characterized by including: a wide-angle lens according to any one of claims 1 to 5; and an imaging element disposed at a focal position of the wide-angle lens.

**Amended Claims****[Received by the International Bureau July 19, 2013 (19.07.2013)]**

[Claim 1] A wide-angle lens characterized by:

comprising a first group lens having negative power, a second group lens having positive power, a third group lens having negative power, and a fourth group lens having positive power arranged in order from an object side toward an image side;

the first group lens comprising one lens having negative power or two lenses both having negative power;

the second group lens comprising one lens having positive power or two lenses both having positive power;

the third group lens comprising one lens having negative power;

the fourth group lens comprising one lens having positive power;

the lens constituting the first group lens being provided with a concave shape for the image-side lens surface;

the lens, in the second group lens, disposed adjacent to the third group lens being provided with a convex shape for the image-side lens surface;

the lens constituting the third group lens being a meniscus provided with a concave shape for the object-side lens surface;

at least one lens among the lenses constituting the second group lens and the third group lens being made to have an aspherical shape for at least one lens surface among the object-side lens surface and the image-side lens surface;

the lens constituting the fourth group lens being made to have an aspherical shape for both the object-side lens surface and the image-side lens surface; and

the following conditional expression (1) being satisfied when  $f$  is the focal distance of the entire lens system, and  $ff2$  is the focal distance of the second group lens:

$$1.0 \leq ff2/f \leq 2.0 \quad (1).$$

[Claim 2] The wide-angle lens according to claim 1, characterized by the following conditional expression (2) being satisfied when  $ff3$  is the focal distance of the third group lens:

**Amended Form (Article 19)**

$$-2.0 \leq ff2/ff3 \leq -1.0 \quad (2).$$

[Claim 3] The wide-angle lens according to claim 1 or 2, characterized by the following conditional expression (3) being satisfied when  $ff4$  is the focal distance of the fourth group lens:

$$0.5 \leq ff4/f \leq 2.0 \quad (3)$$

[Claim 4] The wide-angle lens according to any one of claims 1 to 3, characterized by: the second group lens being provided with a lens having an Abbe number of 40 or greater; and the third group lens being provided with a lens having an Abbe number of 35 or less.

[Claim 5] The wide-angle lens according to any one of claims 1 to 4, characterized by a diagonal angle of view of  $100^\circ$  or greater.

[Claim 6] An imaging device characterized by including: a wide-angle lens according to any one of claims 1 to 5; and an imaging element disposed at a focal position of the wide-angle lens.



1/13

FIG. 1

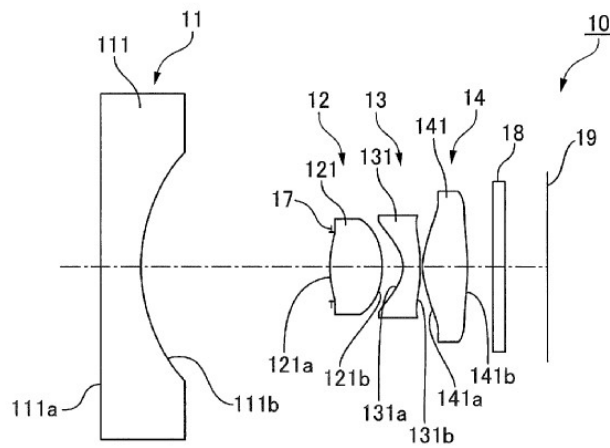
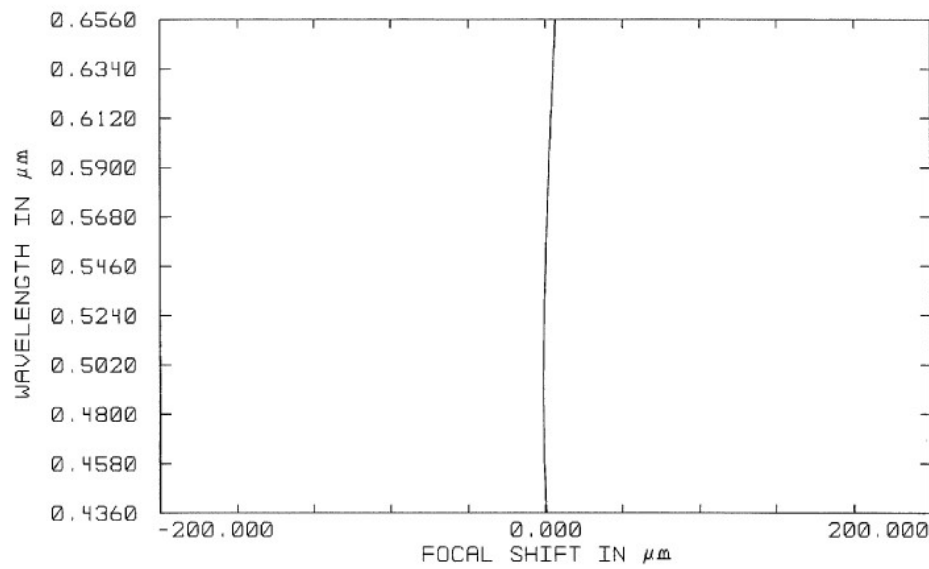


FIG. 2A



2/13

FIG. 2B

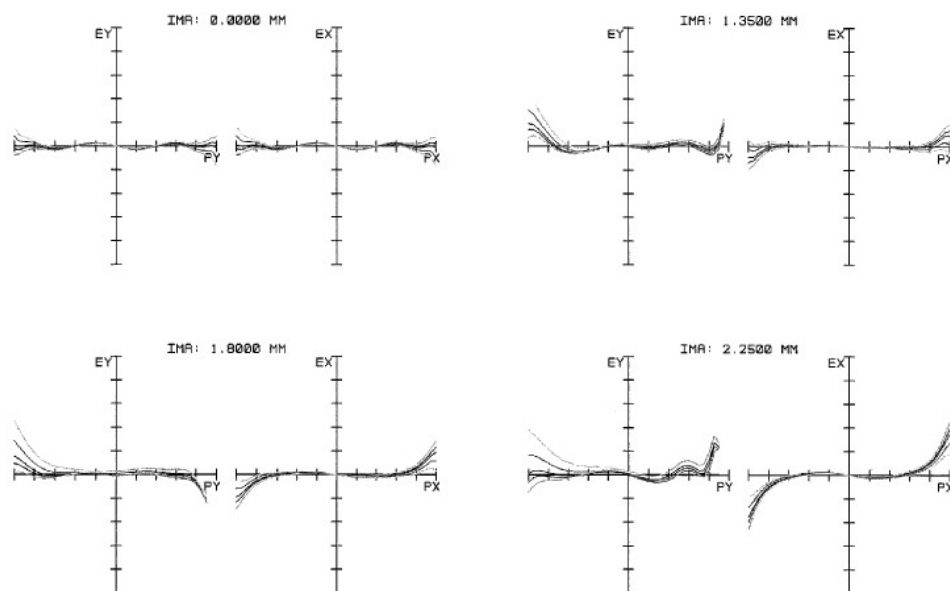
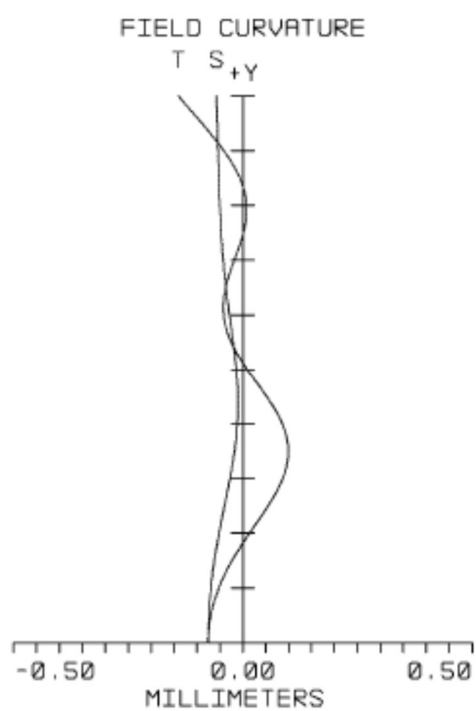


FIG. 2C



3/13

FIG. 2D

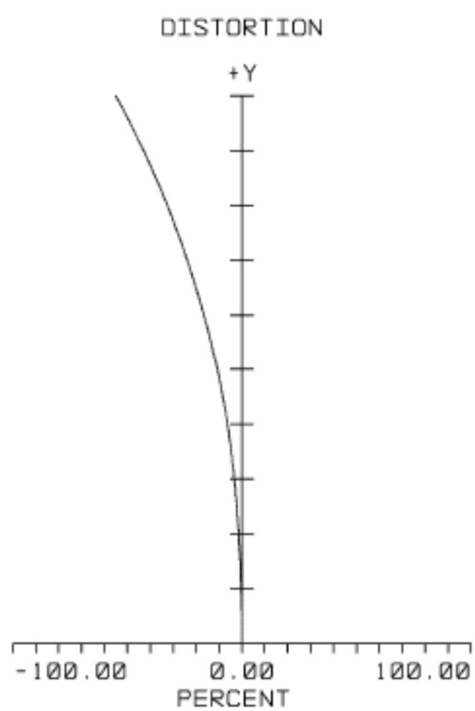
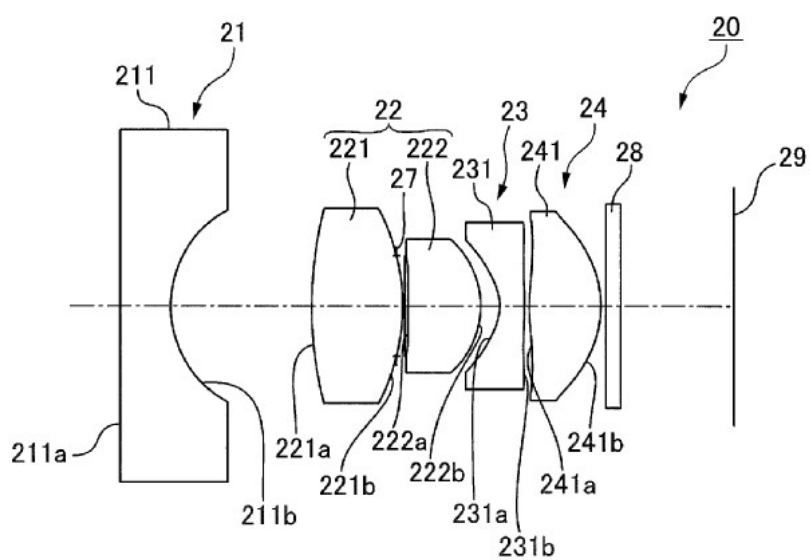


FIG. 3



4/13

FIG. 4A

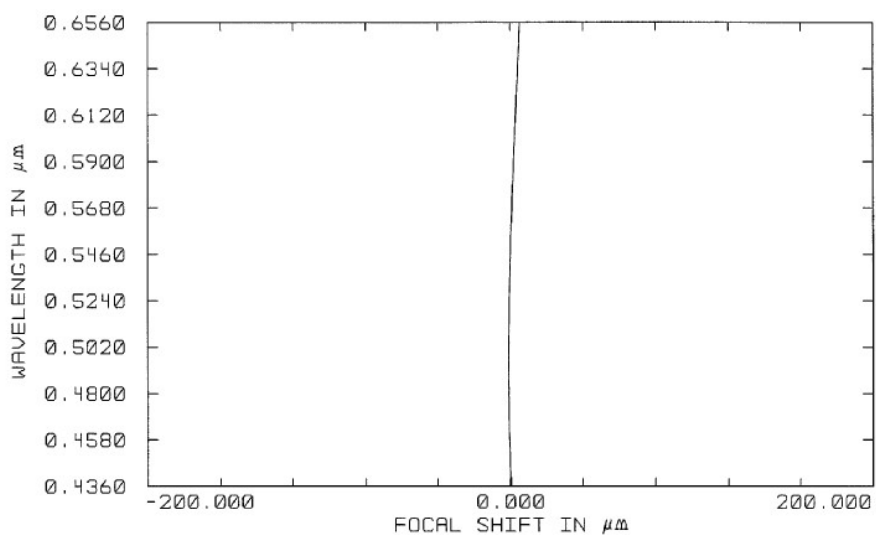


FIG. 4B

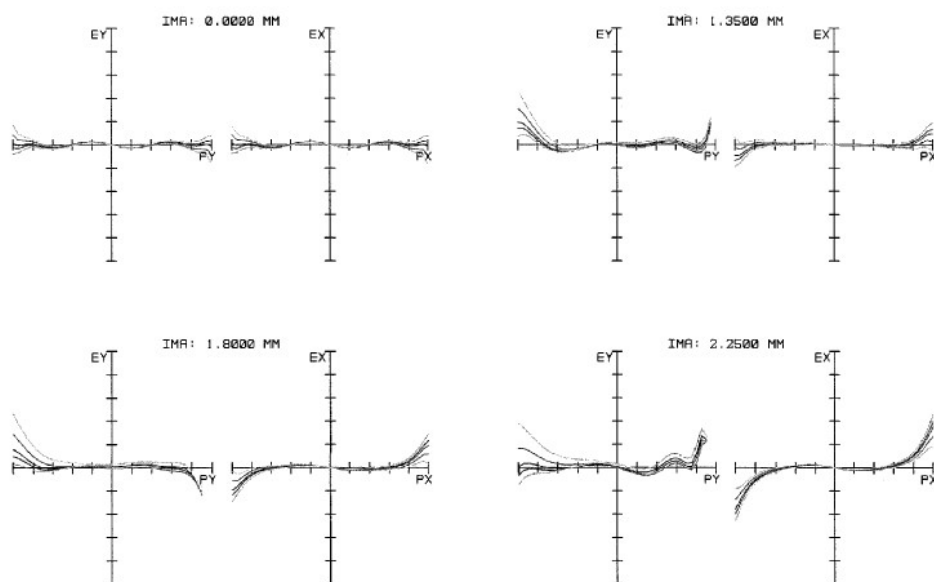


FIG. 4C

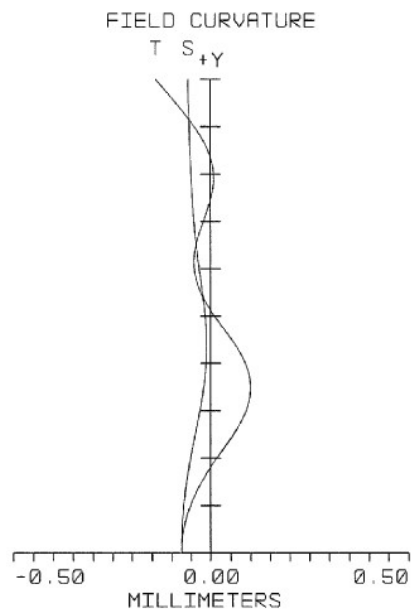


FIG. 4D

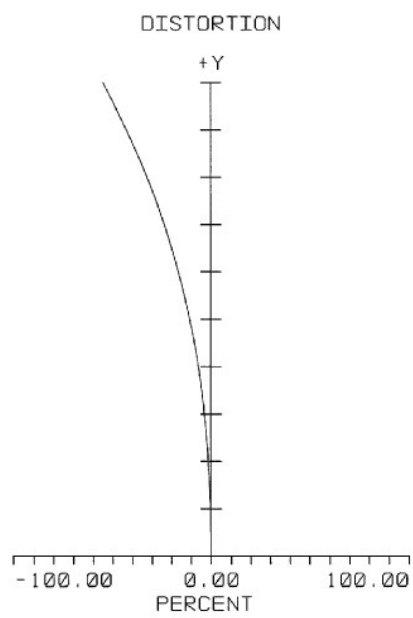


FIG. 5

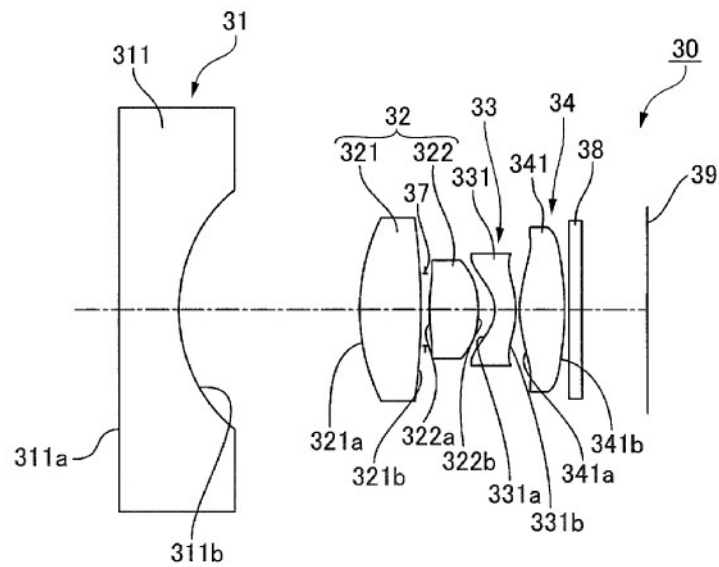
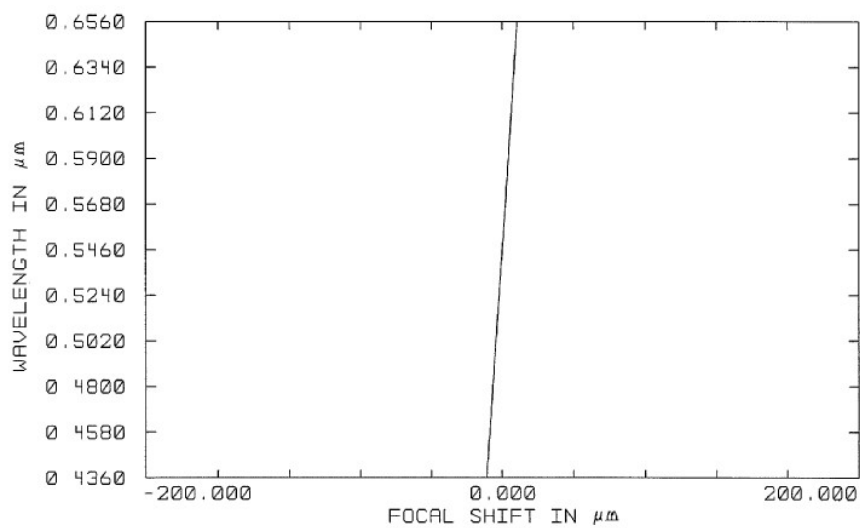


FIG. 6A



7/13

FIG. 6B

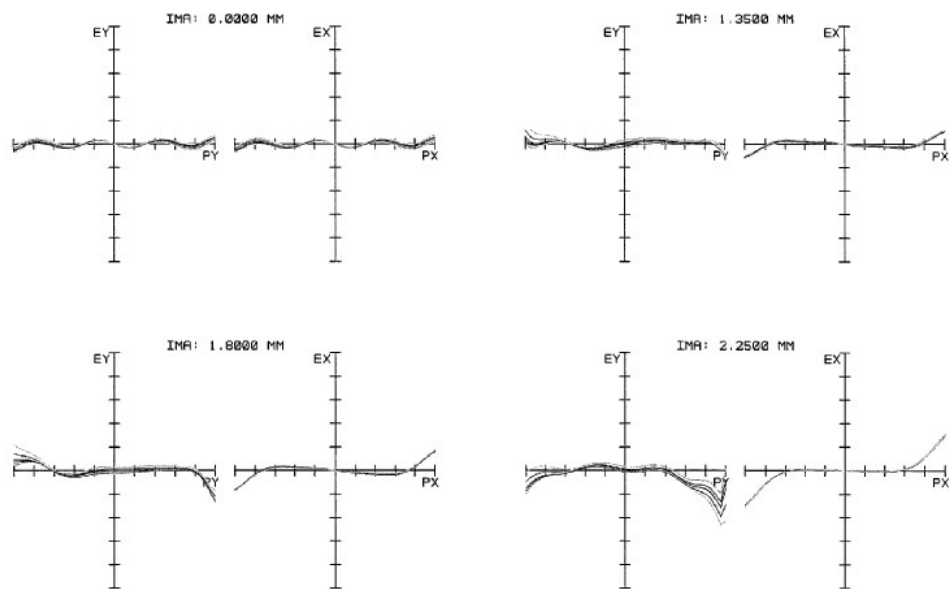
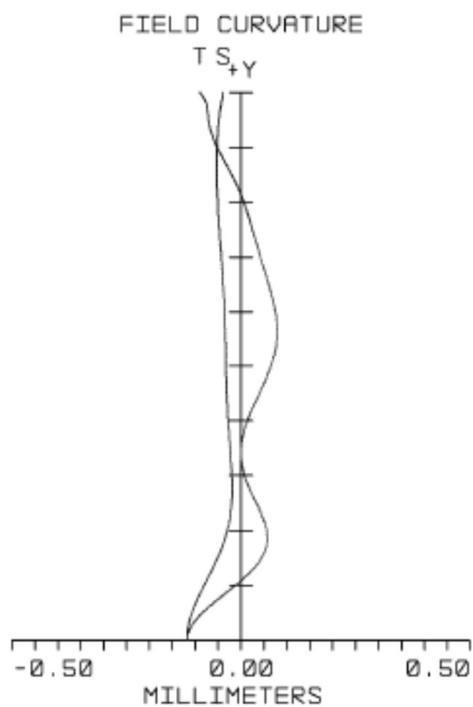


FIG. 6C



8/13

FIG. 6D

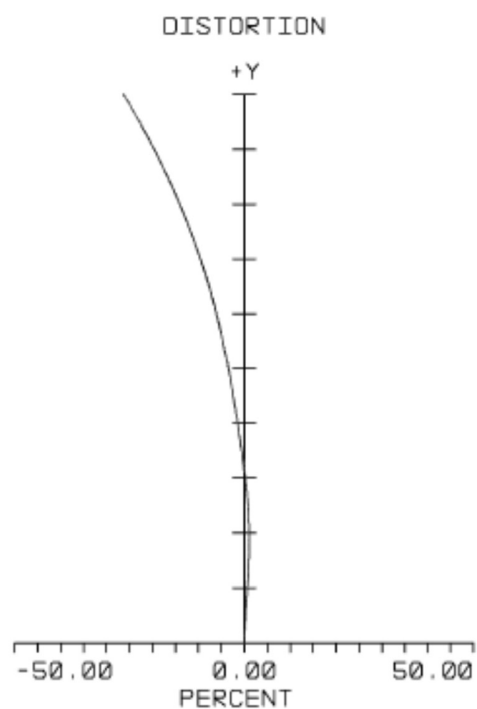
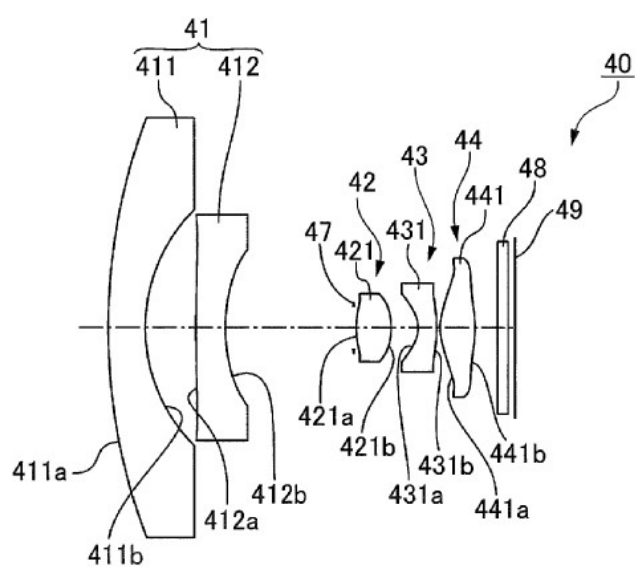


FIG. 7





9/13

FIG. 8A

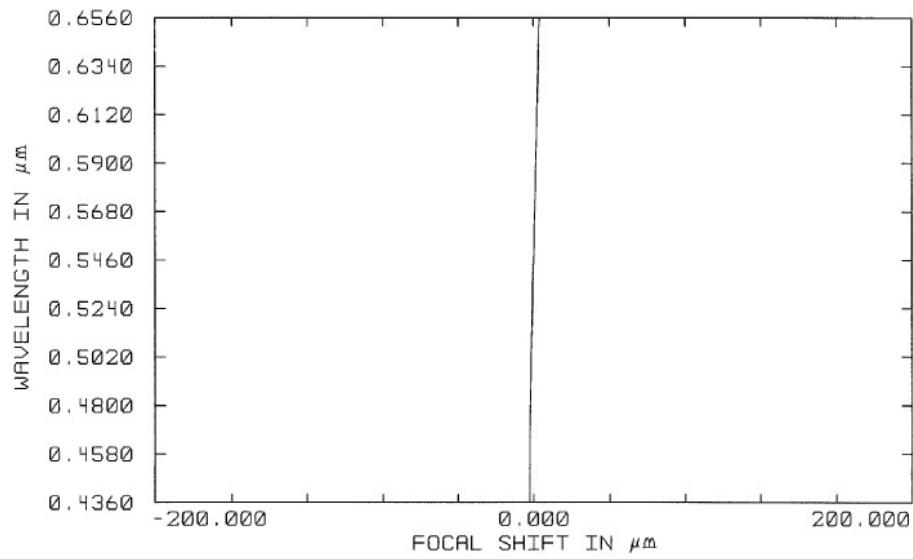
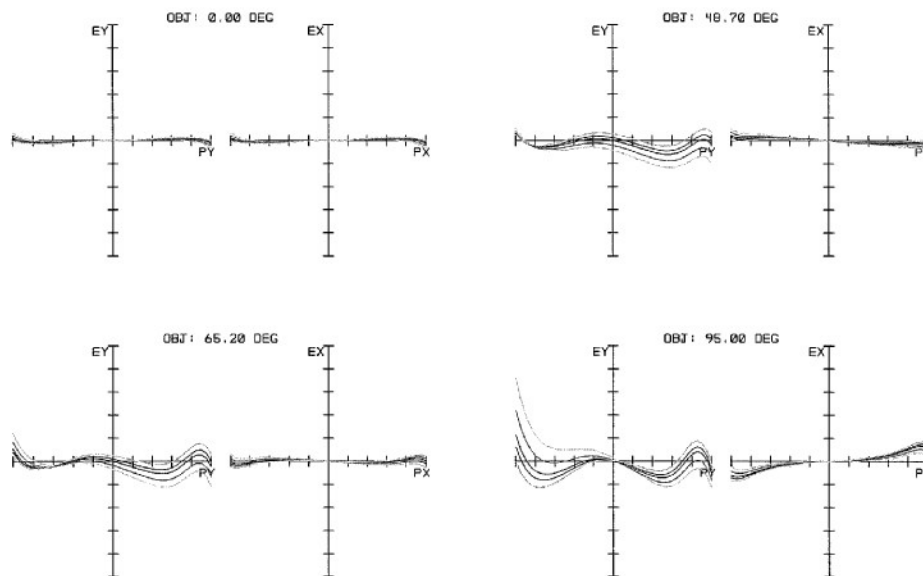


FIG. 8B



10/13

FIG. 8C

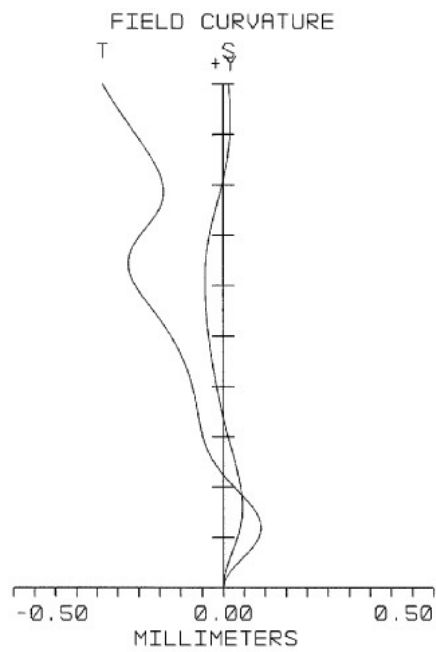
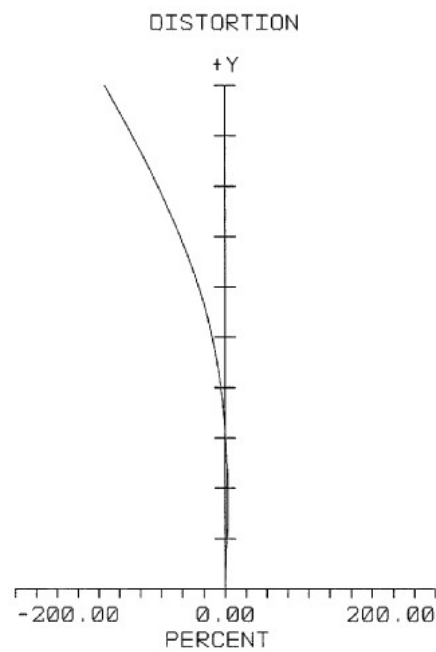


FIG. 8D



11/13

FIG. 9

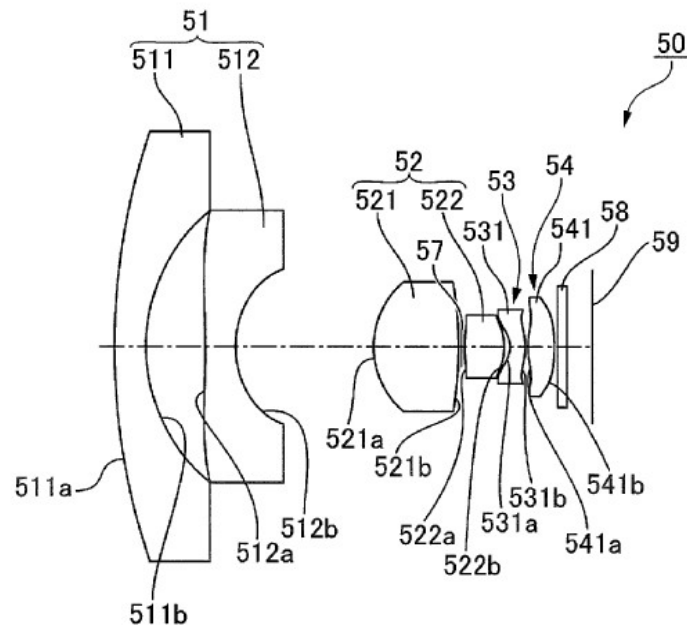
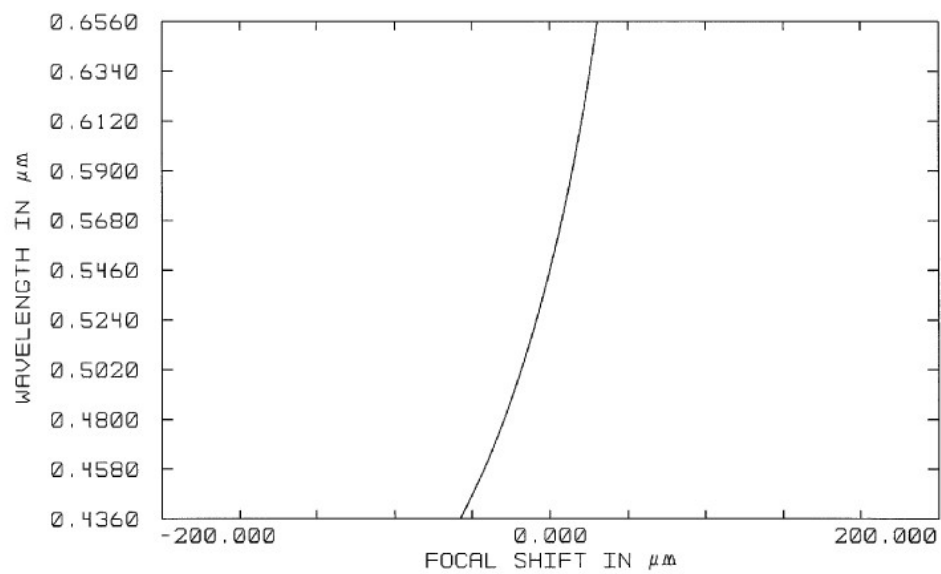


FIG. 10A



12/13

FIG. 10B

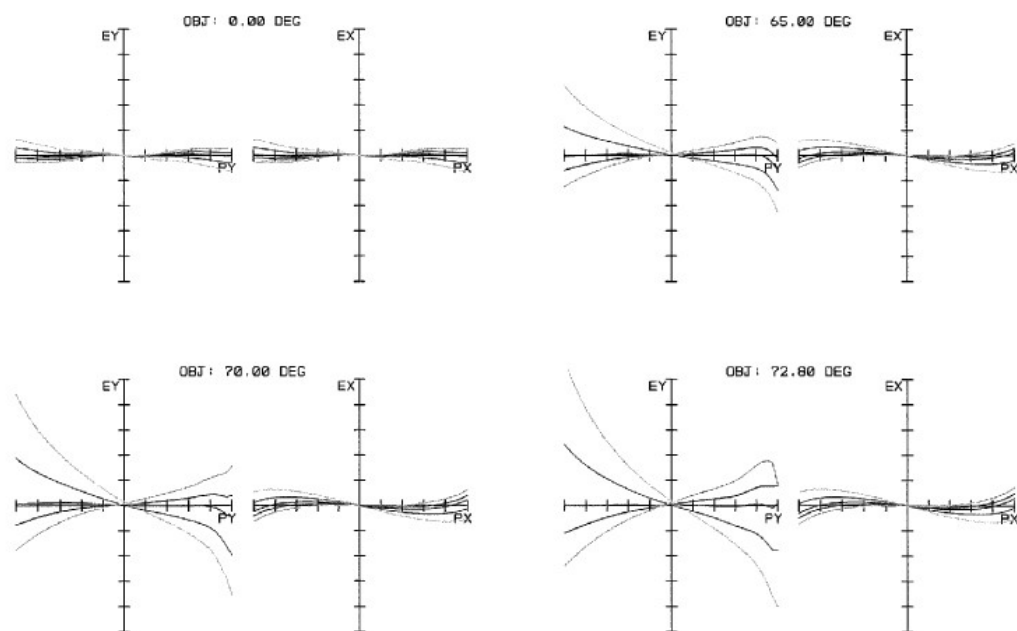
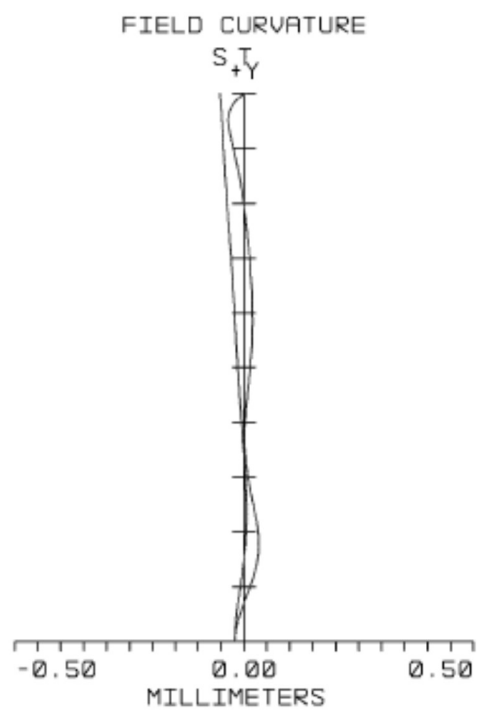


FIG. 10C



13/13

FIG. 10D

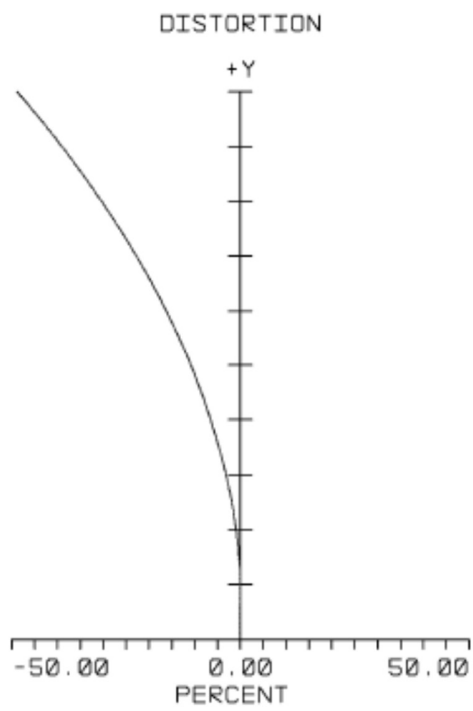
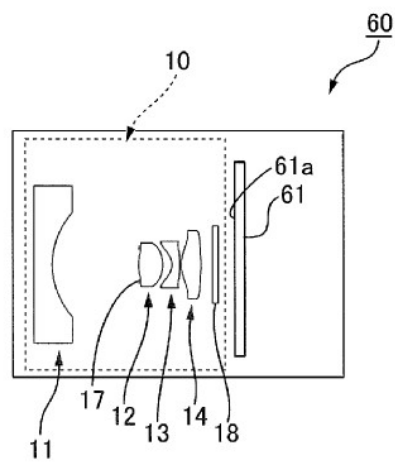



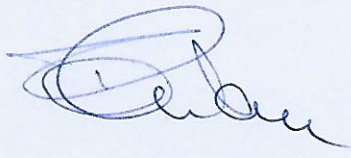
FIG. 11



CERTIFICATION

It is hereby certified that the attached copy is a true copy of the published International Application No. PCT/JP2013/001035, filed with the Japan Patent Office as receiving Office on 22 February 2013, and published by the International Bureau under No. WO 2013/125248 on 29 August 2013.

By: The International Bureau



**WIPO**  
WORLD  
INTELLECTUAL PROPERTY  
ORGANIZATION

Fabienne Gateau  
Associate PCT Officer  
PCT Legal and User Support Section  
PCT Legal and User Relations Division

Date: June 9, 2020

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局

(43) 国際公開日  
2013 年 8 月 29 日(29.08.2013)



(10) 国際公開番号  
**WO 2013/125248 A1**

- (51) 国際特許分類:  
**G02B 13/04** (2006.01) **G02B 13/18** (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/001035
- (22) 国際出願日: 2013 年 2 月 22 日(22.02.2013)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願 2012-039330 2012 年 2 月 24 日(24.02.2012) JP
- (71) 出願人: 日立マクセル株式会社 (HITACHI MAXELL, LTD.) [JP/JP]; 〒5678567 大阪府茨木市丑寅 1 丁目 1 番 8 8 号 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 杉山 隆(SUGIYAMA, Takashi); 〒5678567 大阪府茨木市丑寅 1 丁目 1 番 8 8 号日立マクセル株式会社内 Osaka (JP). 山崎 真輝(YAMAZAKI, Masaki); 〒5678567 大阪府茨木市丑寅 1 丁目 1 番 8 8 号日立マクセル株式会社内 Osaka (JP).
- (74) 代理人: 横沢 志郎, 外(YOKOZAWA, Shiro et al.); 〒3900852 長野県松本市島立 1 1 3 2 番地 1 8 Nagano (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA,

BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

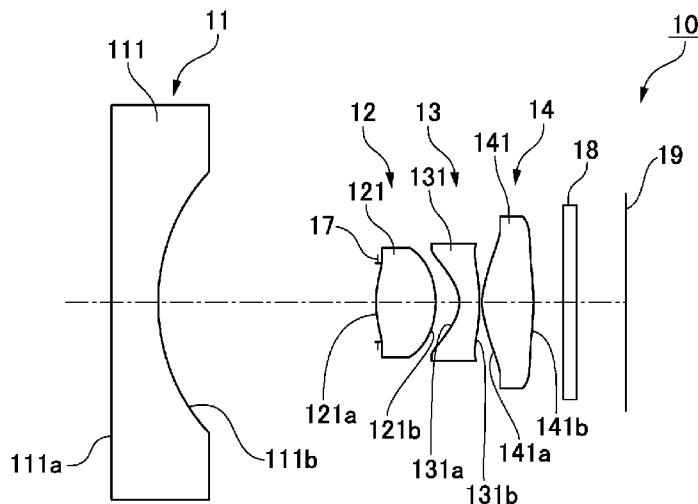
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーロパ (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第 21 条(3))
- 補正された請求の範囲 (条約第 19 条(1))

(54) Title: WIDE-ANGLE LENS AND IMAGING DEVICE

(54) 発明の名称: 広角レンズおよび撮像装置



(57) Abstract: An imaging lens (10) is formed from a first group lens (11) having negative power, a second group lens (12) having positive power, a third group lens (13) having negative power, and a fourth group lens (14) having positive power, disposed in order from the subject side to the image side. Letting  $f$  be the focal distance for the entire lens system and  $f_2$  the focal distance for the second group lens (12),  $1.0 \leq f_2/f \leq 2.0$  is satisfied; therefore, the entire length of the lens system can be kept short and image curvature can be suppressed. In addition, each of the subject side lens surfaces and the image side lens surfaces for the second group lens (12), third group lens (13), and fourth group lens (14) are provided with aspherical surface shapes; therefore, the imaging lens (10) is constituted to be bright.

(57) 要約:

[続葉有]



撮像レンズ（１０）は、物体側から像側に向かって順に配置された、負のパワーを有する第１群レンズ（１１）、正のパワーを有する第２群レンズ（１２）、負のパワーを有する第３群レンズ（１３）、および、正のパワーを有する第４群レンズ（１４）からなる。全レンズ系の焦点距離を  $f$ 、第２群レンズ（１２）の焦点距離を  $f_2$  とすると、 $1.0 \leq f/f_2 \leq 2.0$  を満たすので、レンズ系の全長を短く抑えることができ、像面湾曲を抑制することができる。また、第２群レンズ（１２）、第３群レンズ（１３）、第４群レンズ（１４）のそれぞれの物体側レンズ面および像側レンズ面が非球面形状を備えているので、撮像レンズ（１０）が明るく構成される。



## 明 細 書

### 発明の名称： 広角レンズおよび撮像装置

### 技術分野

[0001] 本発明は、4枚ないし6枚のレンズから構成された小型で高解像度の広角レンズおよび当該広角レンズを搭載する撮像装置に関する。

### 背景技術

[0002] 車載用カメラや監視カメラなどに搭載される広角レンズは特許文献1に記載されている。同文献の広角レンズは、物体側から像側に向かって順に配置された、負のパワーを備える第1レンズ、正のパワーを備える第2レンズ、負のパワーを備える第3レンズおよび正のパワーを備える第4レンズからなる。同文献の広角レンズは65°程度の対角画角を備えている。

### 先行技術文献

### 特許文献

[0003] 特許文献1：特開2009-14947号公報

### 発明の概要

### 発明が解決しようとする課題

[0004] 車載用カメラや監視カメラなどの撮像装置に搭載される広角レンズには小型化が要求されているとともに、これらの撮像装置に搭載される撮像素子の画素数の増大に伴って、一層の高解像度化が要求されている。ここで、広角レンズの解像度を向上させるためには、像面湾曲などの収差を従来よりも抑制することが必要となる。

[0005] このような点に鑑みて、本発明の課題は、小型でより高解像度の広角レンズを提供することにある。また、このような広角レンズを搭載する撮像装置を提供することにある。

### 課題を解決するための手段

[0006] 上記課題を解決するために、本発明の広角レンズは、  
物体側から像側に向かって順に配置された、負のパワーを有する第1群レ

ンズ、正のパワーを有する第2群レンズ、負のパワーを有する第3群レンズ、および、正のパワーを有する第4群レンズからなり、

前記第1群レンズは、負のパワーを有する1枚のレンズ、または、それぞれが負のパワーを有する2枚のレンズからなり、

前記第2群レンズは、正のパワーを有する1枚のレンズ、または、それぞれが正のパワーを有する2枚のレンズからなり、

前記第3群レンズは、負のパワーを有する1枚のレンズからなり、

前記第4群レンズは、正のパワーを有する1枚のレンズからなり、

前記第1群レンズを構成するレンズは、像側レンズ面に凹形状を備え、

前記第2群レンズにおいて前記第3群レンズに隣接配置されているレンズは、像側レンズ面に凸形状を備え、

前記第3群レンズは、物体側レンズ面に凹形状を備え、

前記第2群レンズ、前記第3群レンズ、前記第4群レンズを構成するレンズのうちの少なくとも1枚のレンズは、物体側レンズ面および像側レンズ面のうちの少なくとも一方のレンズ面が非球面形状とされており、

全レンズ系の焦点距離を  $f$ 、前記第2群レンズの焦点距離を  $f_2$  としたときに、以下の条件式(1)を満たすことを特徴とする。

$$1. \quad 0 \leq f_2 / f \leq 2. \quad (1)$$

[0007] 本発明の広角レンズは、条件式(1)を満たすので、レンズ系の全長を短く抑えることができるとともに、像面湾曲を抑制できる。また、第2群レンズ、第3群レンズ、第4群レンズを構成するレンズに非球面形状を備えることにより、口径数を大きくすることが容易となる。ここで、条件式(1)の上限値を超えると、像面湾曲が正の側に増大してその補正が困難となる。条件式(1)の下限値を超えると、像面湾曲が負の側に増大してその補正が困難となる。また、条件式(1)の上限値を超えると、第2群レンズの正のパワーが相対的に弱くなるので、レンズ系の全長を短く抑えることが困難となる。なお、広角レンズとは、対角画角が  $60^\circ$  以上の撮像レンズをいう。

[0008] 本発明において、前記第3群レンズの焦点距離を  $f_3$  としたときに、以

下の条件式（２）を満たすことが望ましい。

$$-2.0 \leq f_2 / f_3 \leq -1.0 \quad (2)$$

[0009] 条件式（２）の上限値は色収差を抑制するためのものである。条件式（２）の上限値を超えると、凸形状を備える第２群レンズの正のパワーに対して、凹形状を備える第３レンズの負のパワーが弱くなりすぎるので、色収差が増大して、その補正が困難となる。従って、色収差を抑えるために上限を－１．０以下とする。条件式（２）の下限値は像面湾曲を抑制するとともに、レンズ系の全長を抑制するためのものである。条件式（２）の下限値を超えると、凸形状を備える第２群レンズの正のパワーに対して凹形状を備える第３レンズの負のパワーが強くなりすぎるので、像面湾曲の増大を招く。従って、像面湾曲を抑えるために下限を－２．０以上とする。また、条件式（２）の下限値を超えると、第２群レンズの正のパワーが第３群レンズの負のパワーに対して弱くなるので、レンズ系の全長を短く抑えることが困難になる。ここで、条件式（２）について、その範囲を－１．９以上－１．３以下とすることにより、色収差と像面湾曲のバランスをとることができる。

[0010] 本発明において、前記第４群レンズの焦点距離を  $f_4$  としたときに、以下の条件式（３）を満たすことが望ましい。

$$0.5 \leq f_4 / f \leq 2.0 \quad (3)$$

[0011] 条件式（３）は像面湾曲を抑制するためのものである。すなわち、条件式（３）の上限値を超えると像面湾曲が正の側に大きくなり、その補正が困難となる。条件式（３）の下限値を超えると像面湾曲が負の側に大きくなり、その補正が困難となる。従って、像面湾曲をより抑制するためには、その範囲を０．５以上２．０以下とする。ここで、条件式（３）について、その範囲を０．７以上１．７以下とすることにより、像面のバランスがとれる。

[0012] 本発明において、色収差を良好に補正するためには、前記第２群レンズは、アッベ数が４０以上のレンズを備えており、前記第３群レンズは、アッベ数が３５以下のレンズを備えていることが望ましい。

[0013] 本発明において、対角画角が１００°以上の構成を採用することができる。

。すなわち、このような画角の大きい広角レンズにおいても像面湾曲を抑制できる。

[0014] 次に、本発明の撮像装置は、上記の広角レンズと、前記広角レンズの焦点位置に配置された撮像素子とを有することを特徴とする。

[0015] 本発明によれば、広角レンズが高解像度となるので、撮像素子として画素数の多い撮像素子を採用することにより、撮像装置を高解像度のものとしてすることができる。また、広角レンズの全長を短くできるので、撮像装置を小型化することができる。

### 発明の効果

[0016] 本発明の広角レンズによれば、レンズ系の全長を短く抑制することができるとともに、像面湾曲の発生を抑制できる。また、口径数を大きくすることが容易である。

### 図面の簡単な説明

[0017] [図1]本発明を適用した実施例1の撮像レンズの構成図である。

[図2A]図1の撮像レンズの軸上色収差図である。

[図2B]図1の撮像レンズの横収差図である。

[図2C]図1の撮像レンズの像面湾曲図である。

[図2D]図1の撮像レンズの歪曲収差図である。

[図3]本発明を適用した実施例2の撮像レンズの構成図である。

[図4A]図3の撮像レンズの軸上色収差図である。

[図4B]図3の撮像レンズの横収差図である。

[図4C]図3の撮像レンズの像面湾曲図である。

[図4D]図3の撮像レンズの歪曲収差図である。

[図5]本発明を適用した実施例3の撮像レンズの構成図である。

[図6A]図5の撮像レンズの軸上色収差図である。

[図6B]図5の撮像レンズの横収差図である。

[図6C]図5の撮像レンズの像面湾曲図である。

[図6D]図5の撮像レンズの歪曲収差図である。

[図7]本発明を適用した実施例4の撮像レンズの構成図である。

[図8A]図7の撮像レンズの軸上色収差図である。

[図8B]図7の撮像レンズの横収差図である。

[図8C]図7の撮像レンズの像面湾曲図である。

[図8D]図7の撮像レンズの歪曲収差図である。

[図9]本発明を適用した実施例5の撮像レンズの構成図である。

[図10A]図9の撮像レンズの軸上色収差図である。

[図10B]図9の撮像レンズの横収差図である。

[図10C]図9の撮像レンズの像面湾曲図である。

[図10D]図9の撮像レンズの歪曲収差図である。

[図11]撮像レンズを搭載する撮像装置の説明図である。

### 発明を実施するための形態

[0018] 以下に図面を参照して、本発明を適用した撮像レンズを説明する。

[0019] (実施例1)

図1は実施例1の撮像レンズの構成図である。図1に示すように、撮像レンズ10は、物体側から像側に向かって順に配置された、負のパワーを有する第1群レンズ11、正のパワーを有する第2群レンズ12、負のパワーを有する第3群レンズ13、および、正のパワーを有する第4群レンズ14からなる。本例の撮像レンズ10は4枚のレンズから構成されており、第1群レンズ11は1枚の第1レンズ111から構成され、第2群レンズ12は1枚の第2レンズ121から構成され、第3群レンズ13は1枚の第3レンズ131から構成され、第4群レンズ14は1枚の第4レンズ141から構成されている。第1群レンズ11と第2群レンズ12の間、すなわち、第1レンズ111と第2レンズ121の間には絞り17が配置されており、第4レンズ141の像側にはカバーガラス18が配置されている。結像面19はカバーガラス18と間隔を開けた位置にある。

[0020] 第1レンズ111は、物体側レンズ面111aが平面形状を備えており、像側レンズ面111bが凹形状を備えている。第2レンズ121は、物体側

レンズ面 1 2 1 a および像側レンズ面 1 2 1 b がそれぞれ凸形状を備えている。第 3 レンズ 1 3 1 は、物体側レンズ面 1 3 1 a が凹形状を備えており、像側レンズ面 1 3 1 b が凸形状を備えている。第 4 レンズ 1 4 1 は、物体側レンズ面 1 4 1 a および像側レンズ面 1 4 1 b がそれぞれ凸形状を備えている。

[0021] 撮像レンズ 1 0 の開口数を  $F_{no.}$ 、半画角を  $\omega$ 、および、レンズ径の全長を  $L$  とすると、これらの値は以下のとおりである。

$$F_{no.} = 2$$

$$\omega = 57.5^\circ$$

$$L = 12.303 \text{ mm}$$

[0022] また、全レンズ系の焦点距離を  $f$ 、第 1 群レンズ 1 1 (第 1 レンズ 1 1 1) の焦点距離を  $f_{f1}$ 、第 2 群レンズ 1 2 (第 2 レンズ 1 2 1) の焦点距離を  $f_{f2}$ 、第 3 群レンズ 1 3 (第 3 レンズ 1 3 1) の焦点距離を  $f_{f3}$ 、第 4 群レンズ 1 4 (第 4 レンズ 1 4 1) の焦点距離を  $f_{f4}$  とすると、これらの値は以下のとおりである。

$$f = 1.9748$$

$$f_{f1} = -7.394$$

$$f_{f2} = 2.019$$

$$f_{f3} = -1.089$$

$$f_{f4} = 1.545$$

[0023] ここで、本例の撮像レンズ 1 0 は、以下の条件式 (1) ~ (3) を満たす。

$$1.0 \leq f_{f2} / f \leq 2.0 \quad (1)$$

$$-2.0 \leq f_{f2} / f_{f3} \leq -1.0 \quad (2)$$

$$0.5 \leq f_{f4} / f \leq 2.0 \quad (3)$$

[0024] すなわち、 $f_{f2} / f = 1.02$  であり、 $f_{f2} / f_{f3} = -1.85$  であり、 $f_{f4} / f = 0.78$  である。

[0025] 本例の撮像レンズ 1 0 は条件式 (1) を満たすので、レンズ系の全長を短

く抑え、像面湾曲を抑制することができる。すなわち、条件式（１）の上限値を超えると、像面湾曲が正の側に増大してその補正が困難となる。条件式（１）の下限値を超えると、像面湾曲が負の側に増大してその補正が困難となる。また、条件式（１）の上限値を超えると、第２群レンズ１２の正のパワーが相対的に弱くなるので、レンズ系の全長を短く抑えることが困難となる。

[0026] また、撮像レンズ１０は条件式（２）を満たすので、色収差を抑制しながら、レンズ系の全長を短く抑え、像面湾曲を抑制することができる。すなわち、条件式（２）の上限値を超えると、凸形状を備える第２群レンズ１２の正のパワーに対して、凹形状を備える第３レンズ１３１の負のパワーが弱くなりすぎるので、色収差が増大して、その補正が困難となる。従って、色収差を抑えるために上限を－１．０以下とする。条件式（２）の下限値は像面湾曲を抑制するとともに、レンズ系の全長を抑制するためのものである。条件式（２）の下限値を超えると、凸形状を備える第２群レンズ１２の正のパワーに対して凹形状を備える第３レンズ１３１の負のパワーが強くなりすぎるので、像面湾曲の増大を招く。従って、像面湾曲を抑えるために下限を－２．０以上とする。また、条件式（２）の下限値を超えると、第２群レンズ１２の正のパワーが第３群レンズ１３の負のパワーに対して弱くなるので、レンズ系の全長を短く抑えることが困難になる。ここで、条件式（２）について、その範囲を－１．９以上－１．３以下とすることにより、色収差と像面湾曲のバランスをとることができる。

[0027] さらに、撮像レンズ１０は条件式（３）を満たすので、像面湾曲をより抑制できる。すなわち、条件式（３）の上限値を超えると像面湾曲が正の側に大きくなり、その補正が困難となる。条件式（３）が下限値以上となると像面湾曲が負の側に大きくなり、その補正が困難となる。従って、像面湾曲をより抑制するためには、その範囲を０．５以上２．０以下とする。ここで、条件式（３）について、その範囲を０．７以上１．７以下とすることにより、像面のバランスがとれる。

[0028] また、本例では、第2群レンズ12（第2レンズ121）のアップベ数を $\nu d 2$ 、第3群レンズ13（第3レンズ131）の $\nu d 3$ としたときに、以下の条件式（4）および条件式（5）を満たす。

$$\nu d 2 \geq 40 \quad (4)$$

$$\nu d 3 \leq 35 \quad (5)$$

[0029] 本例では、 $\nu d 2 = 52$ 、 $\nu d 3 = 23.4$ である。この結果、撮像レンズ10では、低分散の材料からなる第2レンズ121と高分散の材料からなる第3レンズ131が隣り合うように配置されるので、色収差を良好に補正できる。

[0030] 次に、表1Aは撮像レンズ10の各レンズ面のレンズデータを示す。表1Aでは物体側から数えた順番で各レンズ面を特定している。星印が付けられたレンズ面は非球面である。本例では、第2レンズ121（第2群レンズ12）、第3レンズ131（第3群レンズ13）、第4レンズ141（第4群レンズ14）のそれぞれの物体側レンズ面121a、131a、141aおよび像側レンズ面121b、131b、141bが非球面形状を備えている。Sは絞り17を示す。なお、9面および10面はカバーガラス18のガラス面である。曲率半径および間隔の単位はミリメートルである。

[0031] [表1A]

面番	曲率半径	間隔	Nd(屈折率)	Vd(アップベ数)
第1面	Infinity	1.000	1.5168	64.2
第2面	3.835	4.726		
第3面S	Infinity	-0.036		
第4面*	2.106	1.279	1.5346	56.0
第5面*	-1.760	0.513		
第6面*	-0.633	0.431	1.6319	23.4
第7面*	-8.915	0.057		
第8面*	0.949	1.108	1.5346	56.0
第9面*	-3.890	0.631		
第10面	Infinity	0.300	1.5168	64.2
第11面	Infinity	0.872		

[0032] 次に、表1Bは非球面とされたレンズ面の非球面形状を規定するための非球面係数を示す。表1Bにおいても物体側から数えた順番で各レンズ面を特



定している。

[表1B]

	第4面	第5面	第6面	第7面	第8面	第9面
K	-27.28282	1.00817	-2.355196	50.90771	-11.43756	-4.732964
A4	2.89094E-01	-4.91304E-02	-2.41659E-01	-5.11864E-01	8.08884E-03	9.15869E-02
A6	-6.15595E-01	5.14099E-02	3.16267E-01	1.43965E+00	4.38444E-02	-6.14929E-02
A8	7.23663E-01	-6.30732E-02	1.31348E-01	-2.05869E+00	-5.83106E-02	3.51186E-02
A10	-4.60752E-01	2.37616E-02	-8.28993E-01	1.78101E+00	3.22554E-02	-1.26469E-02
A12	0.00000E+00	0.00000E+00	8.33710E-01	-8.46702E-01	-7.77033E-03	1.74905E-03
A14	0.00000E+00	0.00000E+00	-2.59305E-01	1.71228E-01	-1.21963E-04	2.83005E-05
A16	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	2.25513E-04	-2.22343E-05

[0033] なお、レンズ面に採用する非球面形状は、Yをサグ量、cを曲率半径の逆数、Kを円錐係数、hを光線高さ、4次、6次、8次、10次、12次、14次、16次の非球面係数をそれぞれA4、A6、A8、A10、A12、A14、A16とすると、次式により表わされる。

[0034] [数1]

$$Y(h) = \frac{ch^2}{1 + \sqrt{1 - (K+1)c^2h^2}} + A_4h^4 + A_6h^6 + A_8h^8 + A_{10}h^{10} + A_{12}h^{12} + A_{14}h^{14} + A_{16}h^{16}$$

[0035] (作用効果)

図2A～図2Dは撮像レンズ10の軸上色収差図、横収差図、像面湾曲図、歪曲収差図である。図2Aの軸上色収差図では焦点移動を示し、縦軸は波長を示す。図2Bの横収差図では横軸は入射瞳座標を示し、縦軸は収差量を示す。図2Bでは、波長の異なる複数の光線についてのシミュレーション結果を示してある。図2Cの像面湾曲図では横軸は光軸方向の距離を示し、縦軸は像の高さを示す。図2Cにおいて、Sはサジタル面における像面湾曲収差を示し、Tはタンジェンシャル面における像面湾曲収差を示す。図2Dの歪曲収差図では横軸は像の歪み量を示し、縦軸は像の高さを示す。図2Aに示すように、本例の撮像レンズ10によれば、軸上の色収差が良好に補正されている。また、図2Bに示すように、色の滲みが抑制される。さらに、図2C、図2Dに示すように、像面湾曲が良好に補正されている。従って、撮像レンズ10が高解像度になる。

[0036] また、本例では、第2レンズ121（第2群レンズ12）、第3レンズ1

3 1（第3群レンズ1 3）、第4レンズ1 4 1（第4群レンズ1 4）のそれぞれの物体側レンズ面1 2 1 a、1 3 1 a、1 4 1 a、および像側レンズ面1 2 1 b、1 3 1 b、1 4 1 bが非球面形状を備えているので、撮像レンズ1 0が明るく構成される。さらに、本例では、レンズ系の全長Lを1 2. 3 0 3 mmと短く抑えることができる。

[0037] （実施例2）

図3は実施例2の撮像レンズ2 0の構成図である。図3に示すように、撮像レンズ2 0は、物体側から像側に向かって順に配置された、負のパワーを有する第1群レンズ2 1、正のパワーを有する第2群レンズ2 2、負のパワーを有する第3群レンズ2 3、および、正のパワーを有する第4群レンズ2 4からなる。本例の撮像レンズ2 0は5枚のレンズから構成されており、第1群レンズ2 1は1枚の第1レンズ2 1 1から構成され、第2群レンズ2 2は第2レンズ2 2 1および第3レンズ2 2 2の2枚のレンズから構成され、第3群レンズ2 3は1枚の第4レンズ2 3 1から構成され、第4群レンズ2 4は1枚の第5レンズ2 4 1から構成されている。第2群レンズ2 2において、第2レンズ2 2 1と第3レンズ2 2 2の間には絞り2 7が配置されており、第5レンズ2 4 1の像側にはカバーガラス2 8が配置されている。結像面2 9はカバーガラス2 8と間隔を開けた位置にある。

[0038] 第1レンズ2 1 1は、物体側レンズ面2 1 1 aが平面形状を備えており、像側レンズ面2 1 1 bが凹形状を備えている。第2レンズ2 2 1は、物体側レンズ面2 2 1 aおよび像側レンズ面2 2 1 bがそれぞれ凸形状を備えている。第3レンズ2 2 2は、物体側レンズ面2 2 2 aおよび像側レンズ面2 2 2 bがそれぞれ凸形状を備えている。第4レンズ2 3 1は、物体側レンズ面2 3 1 aが凹形状を備えており、像側レンズ面2 3 1 bが凸形状を備えている。第5レンズ2 4 1は、物体側レンズ面2 4 1 aおよび像側レンズ面2 4 1 bがそれぞれ凸形状を備えている。

[0039] 撮像レンズ2 0の開口数をF n o.、半画角を $\omega$ 、および、レンズ径の全長をLとすると、これらの値は以下のとおりである。

$$F_{no.} = 2$$

$$\omega = 69.0^\circ$$

$$L = 12.300 \text{ mm}$$

[0040] また、全レンズ系の焦点距離を  $f$ 、第1群レンズ21（第1レンズ221）の焦点距離を  $f_{f1}$ 、第2群レンズ22（第2レンズ221および第3レンズ222）の焦点距離を  $f_{f2}$ 、第3群レンズ23（第4レンズ231）の焦点距離を  $f_{f3}$ 、第4群レンズ24（第5レンズ241）の焦点距離を  $f_{f4}$  とすると、これらの値は以下のとおりである。

$$f = 1.9055$$

$$f_{f1} = -3.430$$

$$f_{f2} = 2.059$$

$$f_{f3} = -1.481$$

$$f_{f4} = 2.451$$

[0041] なお、第2群レンズ22を構成している第2レンズ221の焦点距離を  $f_{f21}$ 、第3レンズ222の焦点距離を  $f_{f22}$  とすると、これらの値は以下のとおりである。

$$f_{f21} = 4.080$$

$$f_{f22} = 2.685$$

[0042] ここで、本例の撮像レンズ20は、以下のとおり、条件式（1）～（3）を満たす。

$$1. \quad 0 \leq f_{f2} / f = 1.08 \leq 2.0 \quad (1)$$

$$-2. \quad 0 \leq f_{f2} / f_{f3} = -1.39 \leq -1.0 \quad (2)$$

$$0.5 \leq f_{f4} / f = 1.29 \leq 2.0 \quad (3)$$

[0043] また、本例では、第2群レンズ22を構成する第2レンズ221および第3レンズ222のうちアッベ数の大きな第3レンズ222のアッベ数を  $\nu_{d2}$ 、第3群レンズ23（第4レンズ231）のアッベ数を  $\nu_{d3}$  としたときに、以下の条件式（4）および条件式（5）を満たす。

$$\nu_{d2} = 56 \geq 40 \quad (4)$$

$$\nu_d 3 = 23.4 \leq 35 \quad (5)$$

[0044] 次に、表2Aは撮像レンズ20の各レンズ面のレンズデータを示す。表2Aでは物体側から数えた順番で各レンズ面を特定している。星印が付けられたレンズ面は非球面であり、本例では、第3レンズ222、第4レンズ231（第3群レンズ23）、および第5レンズ241（第4群レンズ24）のそれぞれの物体側レンズ面222a、231a、241aおよび像側レンズ面222b、231b、241bが非球面形状を備えている。Sは絞り27を示す。なお、12面および13面はカバーガラス28のガラス面である。曲率半径および間隔の単位はミリメートルである。

[0045] [表2A]

面番	曲率半径	間隔	Nd(屈折率)	Vd(アッベ数)
第1面	Infinity	1.005	1.5891	61.3
第2面	2.029	2.846		
第3面	7.134	1.804	1.6477	33.8
第4面	-3.822	0.042		
第5面S	Infinity	0.058		
第6面*	44.135	1.471	1.5346	56.0
第7面*	-1.473	0.386		
第8面*	-0.828	0.482	1.6323	23.4
第9面*	-8.142	0.100		
第10面*	3.144	1.423	1.5346	56.0
第11面*	-1.905	0.100		
第12面	Infinity	0.300	1.5168	64.2
第13面	Infinity	2.207		

[0046] 次に、表2Bは非球面とされたレンズ面の非球面形状を規定するための非球面係数を示す。表2Bにおいても物体側から数えた順番で各レンズ面を特定している。

[表2B]

	第6面	第7面	第8面	第9面	第10面	第11面
K	-33.86235	-4.524449	-0.6534266	14.03202	2.128012	0
A4	-3.50474E-02	-1.27565E-01	3.64349E-01	3.25046E-02	-2.54735E-01	8.43204E-03
A6	9.71551E-03	7.82738E-02	-1.21525E-01	8.10461E-02	3.12620E-01	1.06866E-02
A8	-2.43483E-02	-5.46723E-02	-8.19386E-02	-1.01145E-01	-3.04821E-01	-1.15984E-02
A10	7.63834E-04	1.26404E-02	1.54306E-01	4.57183E-02	2.00014E-01	7.74896E-03
A12	5.97866E-03	0.00000E+00	-8.41133E-02	-8.55866E-03	-8.51187E-02	-2.07850E-03
A14	-8.87636E-03	0.00000E+00	2.02896E-02	4.42919E-04	2.07222E-02	1.16093E-04
A16	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	-2.15500E-03	3.42064E-05

[0047] (作用効果)

本例の撮像レンズ20は条件式(1)～(3)を満たすので、レンズ系の全長を短く抑えるとともに、像面湾曲および色収差を抑制することができる。また、本例では、低分散の材料からなる第3レンズ222と高分散の材料からなる第4レンズ231が隣り合うように配置されるので、色収差を良好に補正できる。

[0048] さらに、本例では、第2群レンズ22の第3レンズ222、第4レンズ231(第3群レンズ23)、第5レンズ241(第4群レンズ24)のそれぞれが、物体側レンズ面222a、231a、241aおよび像側レンズ面222b、231b、241bに非球面形状を備えている。この結果、開口数:  $Fno. = 2$  となり、撮像レンズ20が明るく構成される。また、本例では、レンズ系の全長Lを12.300mmと短く抑えることができる。

[0049] 図4A～図4Dは撮像レンズ20の軸上色収差図、横収差図、像面湾曲図、歪曲収差図である。図4Aに示すように、本例の撮像レンズ20によれば、軸上の色収差が良好に補正されている。また、図4Bに示すように、色の滲みが抑制される。さらに、図4C、図4Dに示すように、像面湾曲が良好に補正されている。従って、撮像レンズ20が高解像度になる。

[0050] (実施例3)

図5は実施例3の撮像レンズ30の構成図である。図5に示すように、撮像レンズ30は、物体側から像側に向かって順に配置された、負のパワーを有する第1群レンズ31、正のパワーを有する第2群レンズ32、負のパワーを有する第3群レンズ33、および、正のパワーを有する第4群レンズ34からなる。本例の撮像レンズ30は5枚のレンズから構成されており、第1群レンズ31は1枚の第1レンズ311から構成され、第2群レンズ32は第2レンズ321および第3レンズ322の2枚のレンズから構成され、第3群レンズ33は1枚の第4レンズ331から構成され、第4群レンズ34は1枚の第5レンズ341から構成されている。第2群レンズ32において、第2レンズ321と第3レンズ322の間には絞り37が配置されており、第5レンズ341の像側にはカバーガラス38が配置されている。結像

面 3 9 はカバーガラス 3 8 と間隔を開けた位置にある。

[0051] 第 1 レンズ 3 1 1 は、物体側レンズ面 3 1 1 a が平面形状を備えており、像側レンズ面 3 1 1 b が凹形状を備えている。第 2 レンズ 3 2 1 は、物体側レンズ面 3 2 1 a および像側レンズ面 3 2 1 b がそれぞれ凸形状を備えている。第 3 レンズ 3 2 2 は、物体側レンズ面 3 2 2 a および像側レンズ面 3 2 2 b がそれぞれ凸形状を備えている。第 4 レンズ 3 3 1 は、物体側レンズ面 3 3 1 a が凹形状を備えており、像側レンズ面 3 3 1 b が凸形状を備えている。第 5 レンズ 3 4 1 は、物体側レンズ面 3 4 1 a および像側レンズ面 3 4 1 b がそれぞれ凸形状を備えている。

[0052] 撮像レンズ 3 0 の開口数を  $F\ n\ o.$ 、半画角を  $\omega$ 、および、レンズ径の全長を  $L$  とすると、これらの値は以下のとおりである。

$$F\ n\ o. = 2$$

$$\omega = 56.5^\circ$$

$$L = 12.303\text{ mm}$$

[0053] また、全レンズ系の焦点距離を  $f$ 、第 1 群レンズ 3 1（第 1 レンズ 3 1 1）の焦点距離を  $f\ f\ 1$ 、第 2 群レンズ 3 2（第 2 レンズ 3 2 1 および第 3 レンズ 3 2 2）の焦点距離を  $f\ f\ 2$ 、第 3 群レンズ 3 3（第 4 レンズ 3 3 1）の焦点距離を  $f\ f\ 3$ 、第 4 群レンズ 3 4（第 5 レンズ 3 4 1）の焦点距離を  $f\ f\ 4$  とすると、これらの値は以下のとおりである。

$$f = 1.986$$

$$f\ f\ 1 = -6.278$$

$$f\ f\ 2 = 2.321$$

$$f\ f\ 3 = -1.602$$

$$f\ f\ 4 = 2.206$$

[0054] なお、第 2 群レンズ 3 2 を構成している第 2 レンズ 3 2 1 の焦点距離を  $f\ f\ 2\ 1$ 、第 3 レンズ 3 2 2 の焦点距離を  $f\ f\ 2\ 2$  とすると、これらの値は以下のとおりである。

$$f\ f\ 2\ 1 = 5.442$$

$$f f 2 2 = 2.766$$

[0055] ここで、本例の撮像レンズ30は、以下のとおり、条件式(1)～(3)を満たす。

$$1. 0 \leq f f 2 / f = 1.17 \leq 2 \quad (1)$$

$$-2. 0 \leq f f 2 / f f 3 = -1.38 \leq -1.0 \quad (2)$$

$$0.5 \leq f f 4 / f = 1.11 \leq 2.0 \quad (3)$$

[0056] また、本例では、第2群レンズ32を構成する第2レンズ321および第3レンズ322のうちアッベ数の大きい第3レンズ322のアッベ数を $\nu d 2$ 、第3群レンズ33（第4レンズ331）のアッベ数を $\nu d 3$ としたときに、以下の条件式(4)および条件式(5)を満たす。

$$\nu d 2 = 56 \geq 40 \quad (4)$$

$$\nu d 3 = 23.4 \leq 35 \quad (5)$$

[0057] 次に、表3Aは撮像レンズ30の各レンズ面のレンズデータを示す。表3Aでは物体側から数えた順番で各レンズ面を特定している。星印が付けられたレンズ面は非球面であり、本例では、第3レンズ322、第4レンズ331（第3群レンズ33）、および第5レンズ341（第4群レンズ34）のそれぞれの物体側レンズ面322a、331a、341aおよび像側レンズ面322b、331b、341bが非球面形状を備えている。Sは絞り37を示す。なお、12面および13面はカバーガラス38のガラス面である。曲率半径および間隔の単位はミリメートルである。

[0058]

[表3A]

面番	曲率半径	間隔	Nd(屈折率)	Vd(アッペ数)
第1面	Infinity	1.410	1.5168	64.2
第2面	3.256	4.207		
第3面	4.348	1.429	1.6200	36.4
第4面	-13.567	0.100		
第5面S	Infinity	0.101		
第6面*	4.090	1.119	1.5346	56.0
第7面*	-2.109	0.386		
第8面*	-0.633	0.484	1.6323	23.4
第9面*	-2.152	0.087		
第10面*	1.414	1.056	1.5346	56.0
第11面*	-5.405	0.100		
第12面	Infinity	0.300	1.5168	64.2
第13面	Infinity	1.406		

[0059] 次に、表3Bは非球面とされたレンズ面の非球面形状を規定するための非球面係数を示す。表3Bにおいても物体側から数えた順番で各レンズ面を特定している。

[表3B]

	第6面	第7面	第8面	第9面	第10面	第11面
K	-76.1177	-31.1790	-1.2321	1.8229	-24.0941	0.0000
A4	8.93944E-02	-4.55920E-01	7.10750E-02	-3.45248E-01	1.64176E-02	3.16849E-03
A6	-1.76226E-01	4.64097E-01	2.58089E-01	1.41096E+00	3.65178E-02	1.37311E-02
A8	1.06904E-01	-3.27719E-01	9.32169E-02	-2.00748E+00	-5.64218E-02	-4.94053E-03
A10	-6.20285E-02	9.82264E-02	-7.27773E-01	1.71460E+00	2.60727E-02	-3.06896E-03
A12	0.00000E+00	0.00000E+00	6.90419E-01	-8.10550E-01	-2.38309E-03	1.71232E-03
A14	0.00000E+00	0.00000E+00	-2.01703E-01	1.64603E-01	-1.58029E-03	-1.83080E-04
A16	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	3.25406E-04	-2.12665E-05

[0060] (作用効果)

本例の撮像レンズ30は条件式(1)～(3)を満たすので、レンズ系の全長を短く抑えるとともに、像面湾曲および色収差を抑制することができる。また、本例では、低分散の材料からなる第3レンズ322と高分散の材料からなる第4レンズ331が隣り合うように配置されるので、色収差を良好に補正できる。

[0061] さらに、本例では、第2群レンズ32の第3レンズ322、第4レンズ331(第3群レンズ33)、第5レンズ341(第4群レンズ34)のそれぞれが、物体側レンズ面322a、331a、341aおよび像側レンズ面322b、331b、341bに非球面形状を備えている。この結果、開口



数：F n o. = 2 となり、撮像レンズ 3 0 が明るく構成される。また、本例では、レンズ系の全長 L を 1 2. 3 0 3 m m と短く抑えることができる。

[0062] 図 6 A ～ 図 6 D は撮像レンズ 3 0 の軸上色収差図、横収差図、像面湾曲図、歪曲収差図である。図 6 A に示すように、本例の撮像レンズ 3 0 によれば、軸上の色収差が良好に補正されている。また、図 6 B に示すように、色の滲みが抑制される。さらに、図 6 C、図 6 D に示すように、像面湾曲が良好に補正されている。従って、撮像レンズ 3 0 が高解像度になる。

[0063] (実施例 4)

図 7 は実施例 4 の撮像レンズ 4 0 の構成図である。図 7 に示すように、撮像レンズ 4 0 は、物体側から像側に向かって順に配置された、負のパワーを有する第 1 群レンズ 4 1、正のパワーを有する第 2 群レンズ 4 2、負のパワーを有する第 3 群レンズ 4 3、および、正のパワーを有する第 4 群レンズ 4 4 からなる。本例の撮像レンズ 4 0 は 5 枚のレンズから構成されており、第 1 群レンズ 4 1 は第 1 レンズ 4 1 1 および第 2 レンズ 4 1 2 の 2 枚のレンズから構成され、第 2 群レンズ 4 2 は 1 枚の第 3 レンズ 4 2 1 から構成され、第 3 群レンズ 4 3 は 1 枚の第 4 レンズ 4 3 1 から構成され、第 4 群レンズ 4 4 は 1 枚の第 5 レンズ 4 4 1 から構成されている。第 1 群レンズ 4 1 と第 2 群レンズ 4 2 の間、すなわち、第 2 レンズ 4 1 2 と第 3 レンズ 4 2 1 の間には絞り 4 7 が配置されており、第 5 レンズ 4 4 1 の像側にはカバーガラス 4 8 が配置されている。結像面 4 9 はカバーガラス 4 8 と間隔を開けた位置にある。

[0064] 第 1 レンズ 4 1 1 は、物体側レンズ面 4 1 1 a が凸形状を備えており、像側レンズ面 4 1 1 b が凹形状を備えている。第 2 レンズ 4 1 2 は、物体側レンズ面 4 1 2 a が凸形状を備えており、像側レンズ面 4 1 2 b が凹形状を備えている。第 3 レンズ 4 2 1 は、物体側レンズ面 4 2 1 a および像側レンズ面 4 2 1 b がそれぞれ凸形状を備えている。第 4 レンズ 4 3 1 は、物体側レンズ面 4 3 1 a が凹形状を備えており、像側レンズ面 4 3 1 b が凸形状を備えている。第 5 レンズ 4 4 1 は、物体側レンズ面 4 4 1 a および像側レンズ

面 4 4 1 b がそれぞれ凸形状を備えている。

[0065] 撮像レンズ 4 0 の開口数を  $Fno.$ 、半画角を  $\omega$ 、および、レンズ径の全長を  $L$  とすると、これらの値は以下のとおりである。

$$Fno. = 2.4$$

$$\omega = 95^\circ$$

$$L = 11.16 \text{ mm}$$

[0066] また、全レンズ系の焦点距離を  $f$ 、第 1 群レンズ 4 1（第 1 レンズ 4 1 1 および第 2 レンズ 4 1 2）の焦点距離を  $ff1$ 、第 2 群レンズ 4 2（第 3 レンズ 4 2 1）の焦点距離を  $ff2$ 、第 3 群レンズ 4 3（第 4 レンズ 4 3 1）の焦点距離を  $ff3$ 、第 4 群レンズ 4 4（第 5 レンズ 4 4 1）の焦点距離を  $ff4$  とすると、これらの値は以下のとおりである。

$$f = 1.376$$

$$ff1 = -4.394$$

$$ff2 = 1.754$$

$$ff3 = -1.114$$

$$ff4 = 1.446$$

[0067] なお、第 1 群レンズ 4 1 を構成している第 1 レンズ 4 1 1 の焦点距離を  $ff11$ 、第 2 レンズ 4 1 2 の焦点距離を  $ff12$  とすると、これらの値は以下のとおりである。

$$ff11 = -11.304$$

$$ff12 = -8.279$$

[0068] ここで、本例の撮像レンズ 4 0 は、以下のとおり、条件式 (1) ~ (3) を満たす。

$$1. \quad 0 \leq ff2 / f = 1.27 \leq 2.0 \quad (1)$$

$$-2. \quad 0 \leq ff2 / ff3 = -1.57 \leq -1.0 \quad (2)$$

$$0.5 \leq ff4 / f = 1.05 \leq 2.0 \quad (3)$$

[0069] また、本例では、第 2 群レンズ 4 2（第 3 レンズ 4 2 1）のアップ数を  $\nu d2$ 、第 3 群レンズ 4 3（第 4 レンズ 4 3 1）のアップ数を  $\nu d3$  としたと

きに、以下の条件式（４）および条件式（５）を満たす。

$$\nu d 2 = 56 \geq 40 \quad (4)$$

$$\nu d 3 = 23.4 \leq 35 \quad (5)$$

[0070] 次に、表４Ａは撮像レンズ４０の各レンズ面のレンズデータを示す。表４Ａでは物体側から数えた順番で各レンズ面を特定している。星印が付けられたレンズ面は非球面であり、本例では、第２レンズ４１２、第３レンズ４２１（第３群レンズ４３）、第４レンズ４３１（第３群レンズ４３）、および第５レンズ４４１（第４群レンズ４４）のそれぞれの物体側レンズ面４１２ａ、４２１ａ、４３１ａ、４４１ａおよび像側レンズ面４１２ｂ、４２１ｂ、４３１ｂ、４４１ｂが非球面形状を備えている。Ｓは絞り４７を示す。なお、１２面および１３面はカバーガラス４８のガラス面である。曲率半径および間隔の単位はミリメートルである。

[0071] [表４Ａ]

面番	曲率半径	間隔	Nd(屈折率)	Vd(アッベ数)
第１面	14.550	1.000	1.5168	64.2
第２面	4.081	1.400		
第３面*	40.204	0.800	1.5346	56.0
第４面*	3.975	3.514		
第５面Ｓ	Infinity	0.076		
第６面*	1.848	0.957	1.5346	56.0
第７面*	-1.573	0.738		
第８面*	-0.646	0.511	1.6319	23.4
第９面*	-9.274	0.096		
第１０面*	0.977	0.952	1.5346	56.0
第１１面*	-2.496	0.631		
第１２面	Infinity	0.300	1.5168	64.2
第１３面	Infinity	0.185		

[0072] 次に、表４Ｂは第２レンズ４１２の各レンズ面の非球面係数を示し、表４Ｃは第３レンズ４２１、第４レンズ４３１、および第５レンズ４４１の各レンズ面の非球面係数を示す。表４Ｂ、表４Ｃにおいても物体側から数えた順番で各レンズ面を特定している。

[0073]

[表4B]

	第3面	第4面
K	0.9419	0.0000
A4	-8.31314E-04	-1.99687E-03
A6	0.00000E+00	0.00000E+00
A8	-8.37785E-06	2.20270E-04
A10	0.00000E+00	0.00000E+00
A12	0.00000E+00	0.00000E+00
A14	0.00000E+00	0.00000E+00
A16	0.00000E+00	0.00000E+00

[0074] [表4C]

	第6面	第7面	第8面	第9面	第10面	第11面
K	-18.2384	0.9139	-2.7300	52.1381	-10.6356	-9.5943
A4	2.46187E-01	-3.32402E-02	-2.41999E-01	-5.07785E-01	1.85174E-03	9.47311E-02
A6	-6.42345E-01	5.25652E-02	2.78515E-01	1.43769E+00	4.44951E-02	-6.16763E-02
A8	7.20341E-01	-9.67462E-02	9.90897E-02	-2.06043E+00	-5.78888E-02	3.49914E-02
A10	-5.70160E-01	-9.46137E-04	-8.31946E-01	1.78188E+00	3.23753E-02	-1.26670E-02
A12	0.00000E+00	0.00000E+00	8.60049E-01	-8.45602E-01	-7.75381E-03	1.74547E-03
A14	0.00000E+00	0.00000E+00	-2.11841E-01	1.70771E-01	-1.28007E-04	2.67588E-05
A16	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	2.19284E-04	-2.30456E-05

[0075] (作用効果)

本例の撮像レンズ40は条件式(1)～(3)を満たすので、レンズ系の全長を短く抑えるとともに、像面湾曲および色収差を抑制することができる。また、本例では、低分散の材料からなる第3レンズ421と高分散の材料からなる第4レンズ431が隣り合うように配置されるので、色収差を良好に補正できる。

[0076] さらに、本例では、第2レンズ412、第3レンズ421(第2群レンズ42)、第4レンズ431(第3群レンズ43)、第5レンズ441(第4群レンズ44)のそれぞれが、物体側レンズ面412a、421a、431a、441aおよび像側レンズ面412b、421b、431b、441bに非球面形状を備えている。この結果、開口数:  $Fno. = 2.4$  となり、撮像レンズ40が明るく構成される。また、本例では、レンズ系の全長Lを11.16mmと短く抑えることができる。

[0077] 図8A～図8Dは撮像レンズ40の軸上色収差図、横収差図、像面湾曲図、歪曲収差図である。図8Aに示すように、本例の撮像レンズ40によれば、軸上の色収差が良好に補正されている。また、図8Bに示すように、色の滲みが抑制される。さらに、図8C、図8Dに示すように、像面湾曲が良好

に補正されている。従って、撮像レンズ40が高解像度になる。

[0078] (実施例5)

図9は実施例5の撮像レンズ50の構成図である。図9に示すように、撮像レンズ50は、物体側から像側に向かって順に配置された、負のパワーを有する第1群レンズ51、正のパワーを有する第2群レンズ52、負のパワーを有する第3群レンズ53、および、正のパワーを有する第4群レンズ54からなる。本例の撮像レンズ50は6枚のレンズから構成されており、第1群レンズ51は第1レンズ511および第2レンズ512の2枚のレンズから構成され、第2群レンズ52は第3レンズ521および第4レンズ522の2枚のレンズから構成されている。第3群レンズ53は1枚の第5レンズ531から構成され、第4群レンズ54は1枚の第6レンズ541から構成されている。第2群レンズ52を構成している第3レンズ521と第4レンズ522の間には絞り57が配置されており、第6レンズ541の像側にはカバーガラス58が配置されている。結像面59はカバーガラス58と間隔を開けた位置にある。

[0079] 第1レンズ511は、物体側レンズ面511aが凸形状を備えており、像側レンズ面511bが凹形状を備えている。第2レンズ512は、物体側レンズ面512aおよび像側レンズ面512bがそれぞれ凹形状を備えている。第3レンズ521は、物体側レンズ面521aおよび像側レンズ面521bがそれぞれ凸形状を備えている。第4レンズ522は、物体側レンズ面522aおよび像側レンズ面522bがそれぞれ凸形状を備えている。第5レンズ531は、物体側レンズ面531aが凹形状を備えており、像側レンズ面531bが凸形状を備えている。第6レンズ541は、物体側レンズ面541aおよび像側レンズ面541bがそれぞれ凸形状を備えている。

[0080] 撮像レンズ50の開口数をFno.、半画角を $\omega$ 、および、レンズ径の全長をLとすると、これらの値は以下のとおりである。

$$Fno. = 2.2$$

$$\omega = 72.8^\circ$$

$$L = 15.57 \text{ mm}$$

[0081] また、全レンズ系の焦点距離を  $f$ 、第1群レンズ51（第1レンズ511および第2レンズ512）の焦点距離を  $f f 1$ 、第2群レンズ52（第3レンズ521および第4レンズ522）の焦点距離を  $f f 2$ 、第3群レンズ53（第5レンズ531）の焦点距離を  $f f 3$ 、第4群レンズ54（第6レンズ541）の焦点距離を  $f f 4$  とすると、これらの値は以下のとおりである。

$$f = 1.356$$

$$f f 1 = -3.279$$

$$f f 2 = 2.459$$

$$f f 3 = -1.602$$

$$f f 4 = 2.183$$

[0082] なお、第1群レンズ51を構成している第1レンズ511の焦点距離を  $f f 1 1$ 、第2レンズ512の焦点距離を  $f f 1 2$  とし、第2群レンズ52を構成している第3レンズ521の焦点距離を  $f f 2 1$ 、第4レンズ522の焦点距離を  $f f 2 2$  とすると、これらの値は以下のとおりである。

$$f f 1 1 = -14.13$$

$$f f 1 2 = -4.958$$

$$f f 2 1 = 3.649$$

$$f f 2 2 = 2.793$$

[0083] ここで、本例の撮像レンズ50は、以下のとおり、条件式(1)～(3)を満たす。

$$1. \quad 0 \leq f f 2 / f = 1.81 \leq 2.0 \quad (1)$$

$$-2. \quad 0 \leq f f 2 / f f 3 = -1.53 \leq -1.0 \quad (2)$$

$$0.5 \leq f f 4 / f = 1.61 \leq 2.0 \quad (3)$$

[0084] また、本例では、第2群レンズ52（第3レンズ521および第4レンズ522）のうちアッペ数の大きな第4レンズ522のアッペ数を  $\nu d 2$ 、第3群レンズ53（第5レンズ531）のアッペ数を  $\nu d 3$  としたときに、以

下の条件式（４）および条件式（５）を満たす。

$$\nu d 2 = 56 \geq 40 \quad (4)$$

$$\nu d 3 = 23.4 \leq 35 \quad (5)$$

[0085] 次に、表５Ａは撮像レンズ５０の各レンズ面のレンズデータを示す。表５Ａでは物体側から数えた順番で各レンズ面を特定している。星印が付けられたレンズ面は非球面であり、本例では、第２レンズ５１２、第３群レンズ５３のうちの第４レンズ５２２、第５レンズ５３１（第３群レンズ５３）、および第６レンズ５４１（第４群レンズ５４）のそれぞれの物体側レンズ面５１２ａ、５２２ａ、５３１ａ、５４１ａおよび像側レンズ面５１２ｂ、５２２ｂ、５３１ｂ、５４１ｂが非球面形状を備えている。Ｓは絞り５７を示す。なお、１４面および１５面はカバーガラス５８のガラス面である。曲率半径および間隔の単位はミリメートルである。

[0086] [表５Ａ]

面番	曲率半径	間隔	Nd(屈折率)	Vd(アッベ数)
第１面	20.108	1.000	1.5168	64.2
第２面	5.280	1.916		
第３面*	-40.323	1.000	1.5346	56.0
第４面*	2.875	4.468		
第５面	2.566	2.755	1.6200	36.4
第６面	-11.880	0.100		
第７面Ｓ	Infinity	0.101		
第８面*	4.090	1.277	1.5346	56.0
第９面*	-2.109	0.198		
第１０面*	-0.633	0.484	1.6322	23.4
第１１面*	-2.152	0.087		
第１２面*	1.414	0.860	1.5346	56.0
第１３面*	-5.405	0.100		
第１４面	Infinity	0.300		
第１５面	Infinity	0.825		

[0087] 次に、表５Ｂは第２レンズ５１２の各レンズ面の非球面係数を示し、表５Ｃは第４レンズ５２２、第５レンズ５３１、および第６レンズ５４１の各レンズ面の非球面係数を示す。表５Ｂ、表５Ｃにおいても物体側から数えた順番で各レンズ面を特定している。

[0088]

[表5B]

	第3面	第4面
K	0.0000	0.3272
A4	1.22135E-03	-1.50493E-04
A6	0.00000E+00	0.00000E+00
A8	0.00000E+00	0.00000E+00
A10	0.00000E+00	0.00000E+00
A12	0.00000E+00	0.00000E+00
A14	0.00000E+00	0.00000E+00
A16	0.00000E+00	0.00000E+00

[0089] [表5C]

	第8面	第9面	第10面	第11面	第12面	第13面
K	-33.4283	-24.4263	-1.6077	1.8118	-20.8115	0.0000
A4	1.11999E-02	-4.94861E-01	1.00494E-01	-2.59338E-01	-7.72364E-02	-4.23518E-02
A6	-5.61040E-02	5.72189E-01	2.21374E-01	1.36070E+00	5.24617E-02	-3.40797E-03
A8	-1.66559E-02	-2.99204E-01	1.00065E-01	-2.00144E+00	-6.43273E-02	1.89923E-04
A10	2.86662E-03	8.09019E-02	-6.90465E-01	1.71902E+00	2.62442E-02	-2.39820E-03
A12	0.00000E+00	0.00000E+00	7.22800E-01	-8.12671E-01	-6.30518E-04	1.51250E-03
A14	0.00000E+00	0.00000E+00	-2.40809E-01	1.66304E-01	-8.85557E-04	-2.71444E-04
A16	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	1.81016E-04	6.68224E-05

[0090] (作用効果)

本例の撮像レンズ50は条件式(1)～(3)を満たすので、レンズ系の全長を短く抑えるとともに、像面湾曲および色収差を抑制することができる。また、本例では、低分散の材料からなる第4レンズ522と高分散の材料からなる第5レンズ531が隣り合うように配置されるので、色収差を良好に補正できる。

[0091] さらに、本例では、第2レンズ512、第2群レンズ52の第4レンズ522、第5レンズ531(第3群レンズ53)、第6レンズ541(第4群レンズ54)のそれぞれが、物体側レンズ面512a、522a、531a、541aおよび像側レンズ面512b、522b、531b、541bに非球面形状を備えている。この結果、開口数:Fno.=2.2となり、撮像レンズ50が明るく構成される。また、本例では、レンズ系の全長Lを15.57mmと短く抑えることができる。

[0092] 図10A～図10Dは撮像レンズ50の軸上色収差図、横収差図、像面湾曲図、歪曲収差図である。図10Aに示すように、本例の撮像レンズ50によれば、軸上の色収差が良好に補正されている。また、図10Bに示すように、色の滲みが抑制される。さらに、図10C、図10Dに示すように、像



面湾曲が良好に補正されている。従って、撮像レンズ５０が高解像度になる。

[0093] (撮像装置)

図１１は本発明の撮像レンズ１０を搭載する撮像装置６０の説明図である。図１１に示すように、撮像装置６０は撮像レンズ１０の結像面１９（焦点位置）にセンサ面６１ａを配置した撮像素子６１を備えるものである。撮像素子６１は、ＣＣＤセンサ或いはＣＭＯＳセンサである。

[0094] 本例によれば、撮像レンズ１０の解像度が高いので、撮像素子６１として画素数の多い撮像素子６１を採用することにより、撮像装置６０を高解像度のものとすることができる。また、撮像レンズ１０のレンズ系の全長がＬが短いので、撮像装置６０を小型化することができる。なお、撮像装置６０には、撮像レンズ２０、３０、４０、５０を撮像レンズ１０と同様に搭載することができ、この場合にも同様の効果を得ることができる。

### 符号の説明

- [0095] １０・２０・３０・４０・５０ 撮像レンズ実施例  
１１・２１・３１・４１・５１ 第１群レンズ  
１２・２２・３２・４２・５２ 第２群レンズ  
１３・２３・３３・４３・５３ 第３群レンズ  
１４・２４・３４・４４・５４ 第４群レンズ  
１７・２７・３７・４７・５７ 絞り  
１８・２８・３８・４８・５８ カバーガラス  
１９・２９・３９・４９・５９ 結像面  
６０ 撮像装置  
６１ 撮像素子  
６１ａ センサ面

## 請求の範囲

- [請求項1] 物体側から像側に向かって順に配置された、負のパワーを有する第1群レンズ、正のパワーを有する第2群レンズ、負のパワーを有する第3群レンズ、および、正のパワーを有する第4群レンズからなり、  
 前記第1群レンズは、負のパワーを有する1枚のレンズ、または、それぞれが負のパワーを有する2枚のレンズからなり、  
 前記第2群レンズは、正のパワーを有する1枚のレンズ、または、それぞれが正のパワーを有する2枚のレンズからなり、  
 前記第3群レンズは、負のパワーを有する1枚のレンズからなり、  
 前記第4群レンズは、正のパワーを有する1枚のレンズからなり、  
 前記第1群レンズを構成するレンズは、像側レンズ面に凹形状を備え、  
 前記第2群レンズにおいて前記第3群レンズに隣接配置されているレンズは、像側レンズ面に凸形状を備え、  
 前記第3群レンズは、物体側レンズ面に凹形状を備え、  
 前記第2群レンズ、前記第3群レンズ、前記第4群レンズを構成するレンズのうちの少なくとも1枚のレンズは、物体側レンズ面および像側レンズ面のうちの少なくとも一方のレンズ面が非球面形状とされており、  
 全レンズ系の焦点距離を  $f$ 、前記第2群レンズの焦点距離を  $f_2$  としたときに、以下の条件式(1)を満たすことを特徴とする広角レンズ。

$$1. \quad 0 \leq f_2 / f \leq 2.0 \quad (1)$$

- [請求項2] 請求項1において、  
 前記第3群レンズの焦点距離を  $f_3$  としたときに、以下の条件式(2)を満たすことを特徴とする広角レンズ。

$$-2. \quad 0 \leq f_2 / f_3 \leq -1.0 \quad (2)$$

- [請求項3] 請求項1または2において、

前記第4群レンズの焦点距離を  $f_4$  としたときに、以下の条件式(3)を満たすことを特徴とする広角レンズ。

$$0.5 \leq f_4 / f \leq 2.0 \quad (3)$$

[請求項4] 請求項1ないし3のうちのいずれかの項において、  
前記第2群レンズは、アッベ数が40以上のレンズを備えており、  
前記第3群レンズは、アッベ数が35以下のレンズを備えていることを特徴とする広角レンズ。

[請求項5] 請求項1ないし4のうちのいずれかの項において、  
対角画角が $100^\circ$ 以上であることを特徴とする広角レンズ。

[請求項6] 請求項1ないし5のうちのいずれかの項に記載の広角レンズと、  
前記広角レンズの焦点位置に配置された撮像素子とを有することを特徴とする撮像装置。

**補正された請求の範囲**  
**[ 2013年7月19日 ( 19.07.2013 ) 国際事務局受理 ]**

[請求項 1] (補正後) 物体側から像側に向かって順に配置された、負のパワーを有する第 1 群レンズ、正のパワーを有する第 2 群レンズ、負のパワーを有する第 3 群レンズ、および、正のパワーを有する第 4 群レンズからなり、

前記第 1 群レンズは、負のパワーを有する 1 枚のレンズ、または、それぞれが負のパワーを有する 2 枚のレンズからなり、

前記第 2 群レンズは、正のパワーを有する 1 枚のレンズ、または、それぞれが正のパワーを有する 2 枚のレンズからなり、

前記第 3 群レンズは、負のパワーを有する 1 枚のレンズからなり、

前記第 4 群レンズは、正のパワーを有する 1 枚のレンズからなり、

前記第 1 群レンズを構成するレンズは、像側レンズ面に凹形状を備え、

前記第 2 群レンズにおいて前記第 3 群レンズに隣接配置されているレンズは、像側レンズ面に凸形状を備え、

前記第 3 群レンズを構成するレンズは、物体側レンズ面に凹形状を備えたメニスカスであり、

前記第 2 群レンズおよび前記第 3 群レンズを構成するレンズのうちの少なくとも 1 枚のレンズは、物体側レンズ面および像側レンズ面のうちの少なくとも一方のレンズ面が非球面形状とされており、

前記第 4 群レンズを構成するレンズは、物体側レンズ面および像側レンズ面の両方のレンズ面が非球面形状とされており、

全レンズ系の焦点距離を  $f$ 、前記第 2 群レンズの焦点距離を  $f_2$  としたときに、以下の条件式 (1) を満たすことを特徴とする広角レンズ。

$$1. \quad 0 \leq f_2 / f \leq 2. \quad 0 \quad (1)$$

[請求項 2] 請求項 1 において、

前記第 3 群レンズの焦点距離を  $f_3$  としたときに、以下の条件式 (2) を満たすことを特徴とする広角レンズ。

$$-2.0 \leq f_{f2} / f_{f3} \leq -1.0 \quad (2)$$

[請求項3] 請求項1または2において、

前記第4群レンズの焦点距離を  $f_{f4}$  としたときに、以下の条件式(3)を満たすことを特徴とする広角レンズ。

$$0.5 \leq f_{f4} / f \leq 2.0 \quad (3)$$

[請求項4] 請求項1ないし3のうちのいずれかの項において、

前記第2群レンズは、アッベ数が40以上のレンズを備えており、

前記第3群レンズは、アッベ数が35以下のレンズを備えていることを特徴とする広角レンズ。

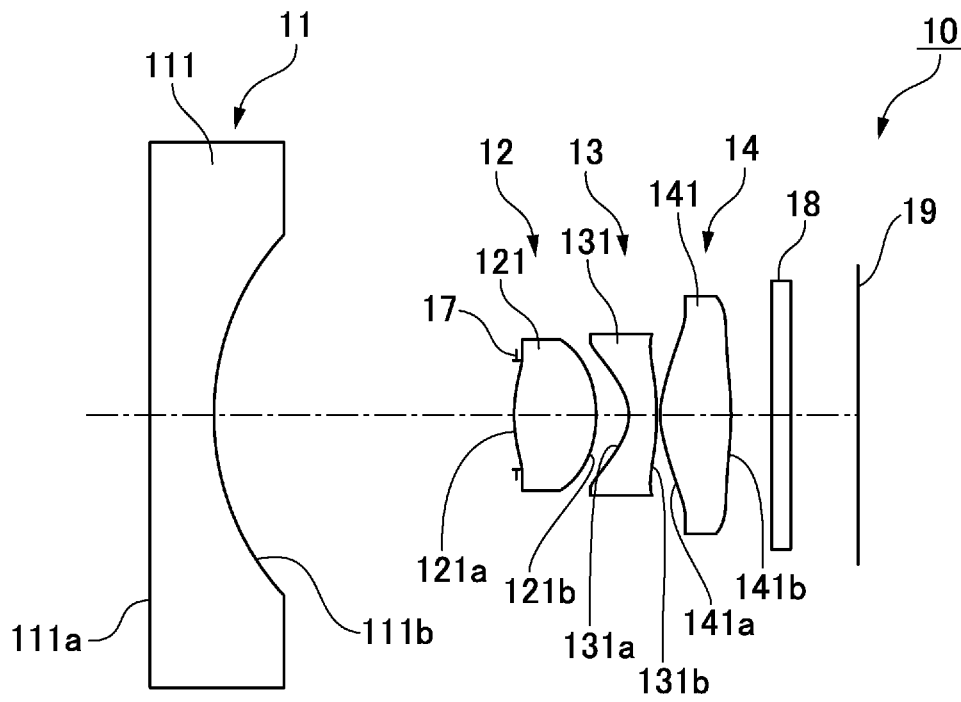
[請求項5] 請求項1ないし4のうちのいずれかの項において、

対角画角が100°以上であることを特徴とする広角レンズ。

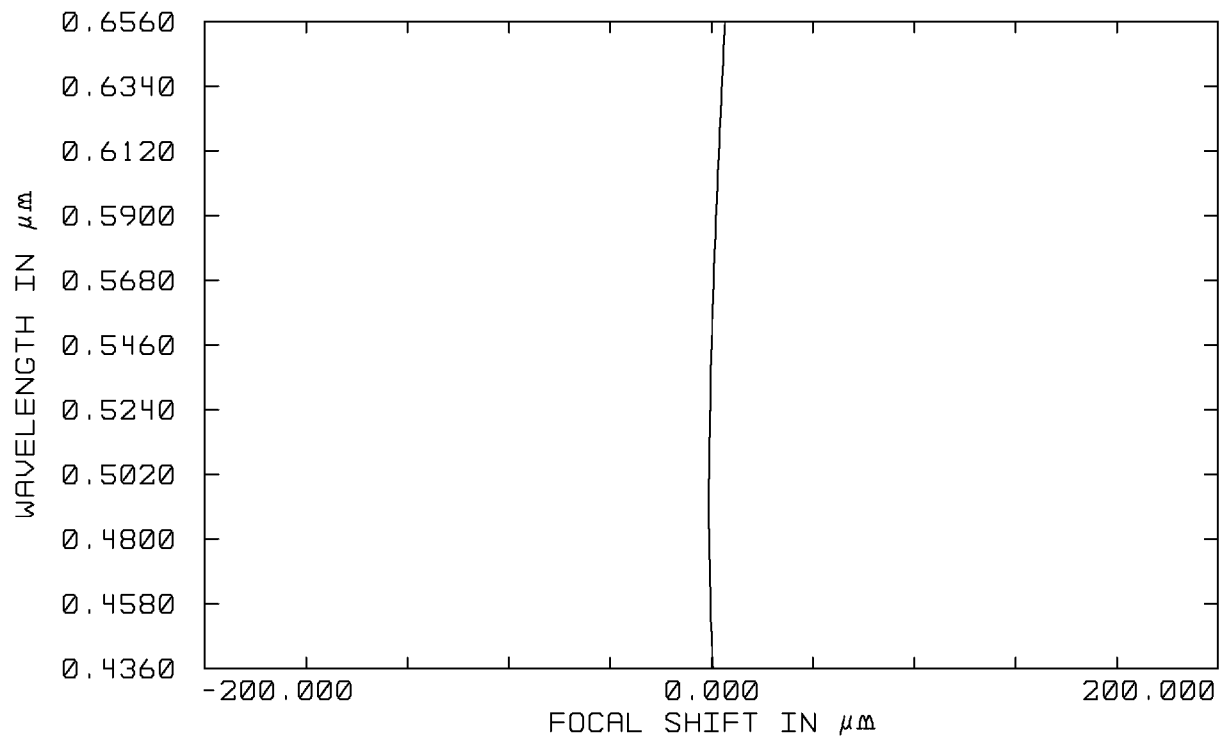
[請求項6] 請求項1ないし5のうちのいずれかの項に記載の広角レンズと、

前記広角レンズの焦点位置に配置された撮像素子とを有することを特徴とする撮像装置。

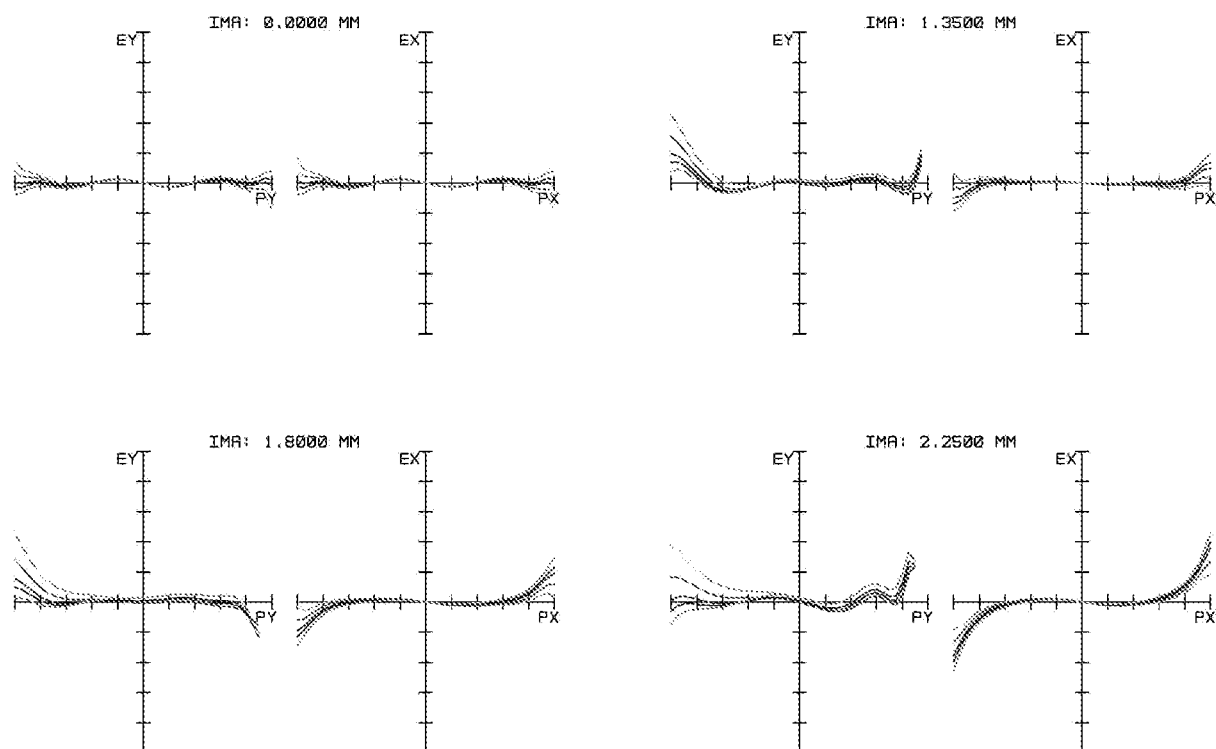
[図1]



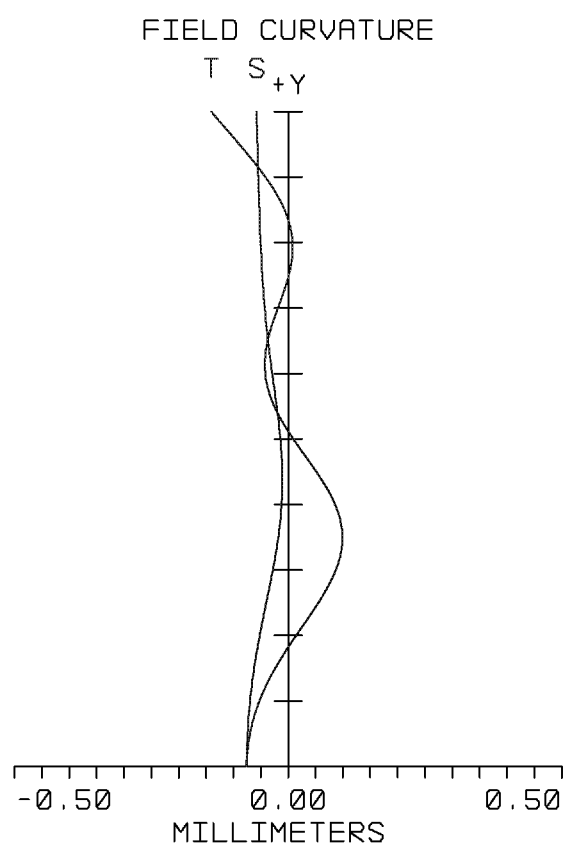
[図2A]



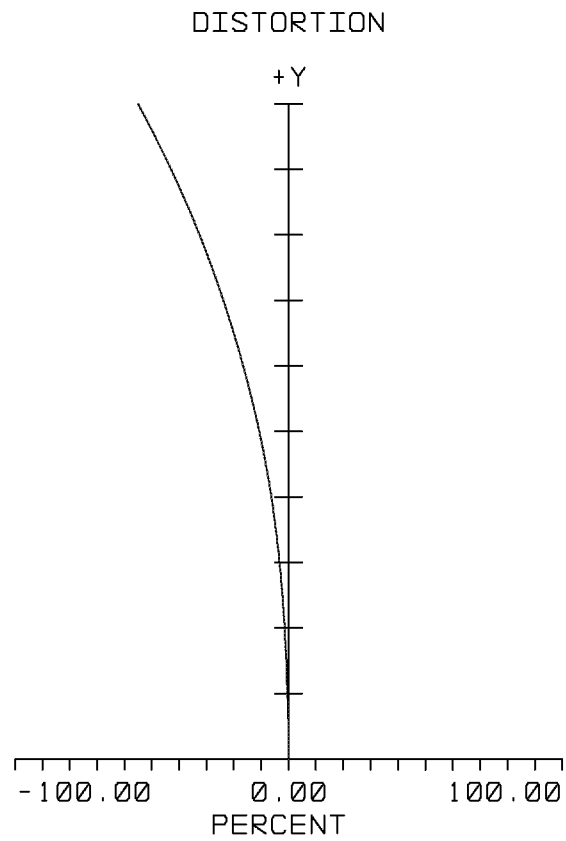
[図2B]



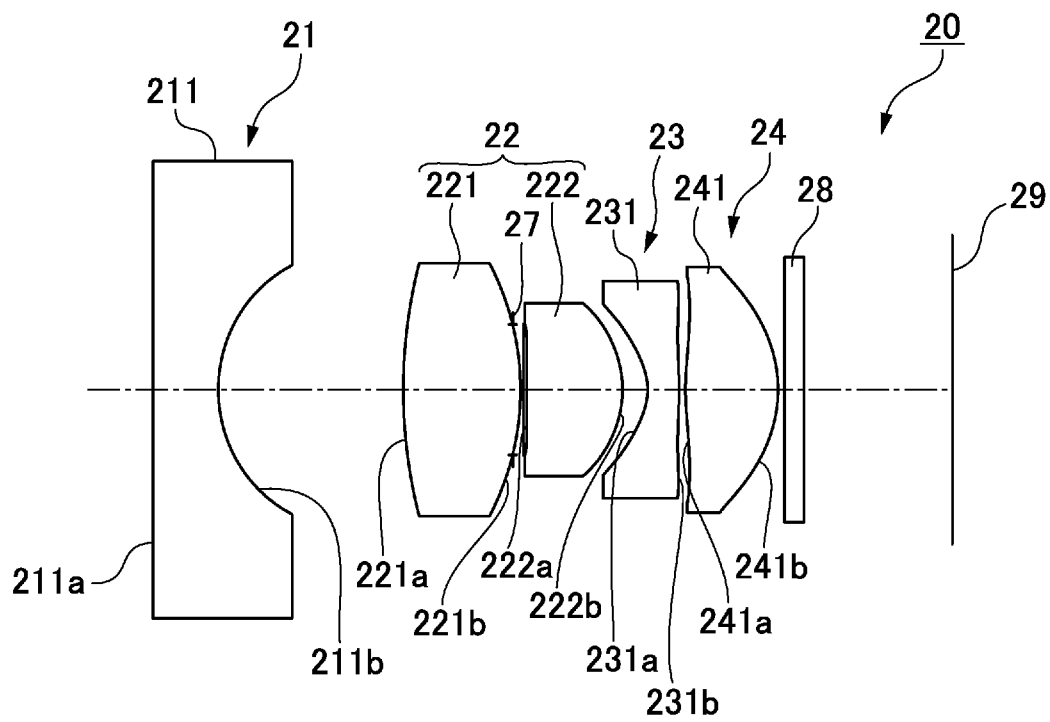
[図2C]



[図2D]

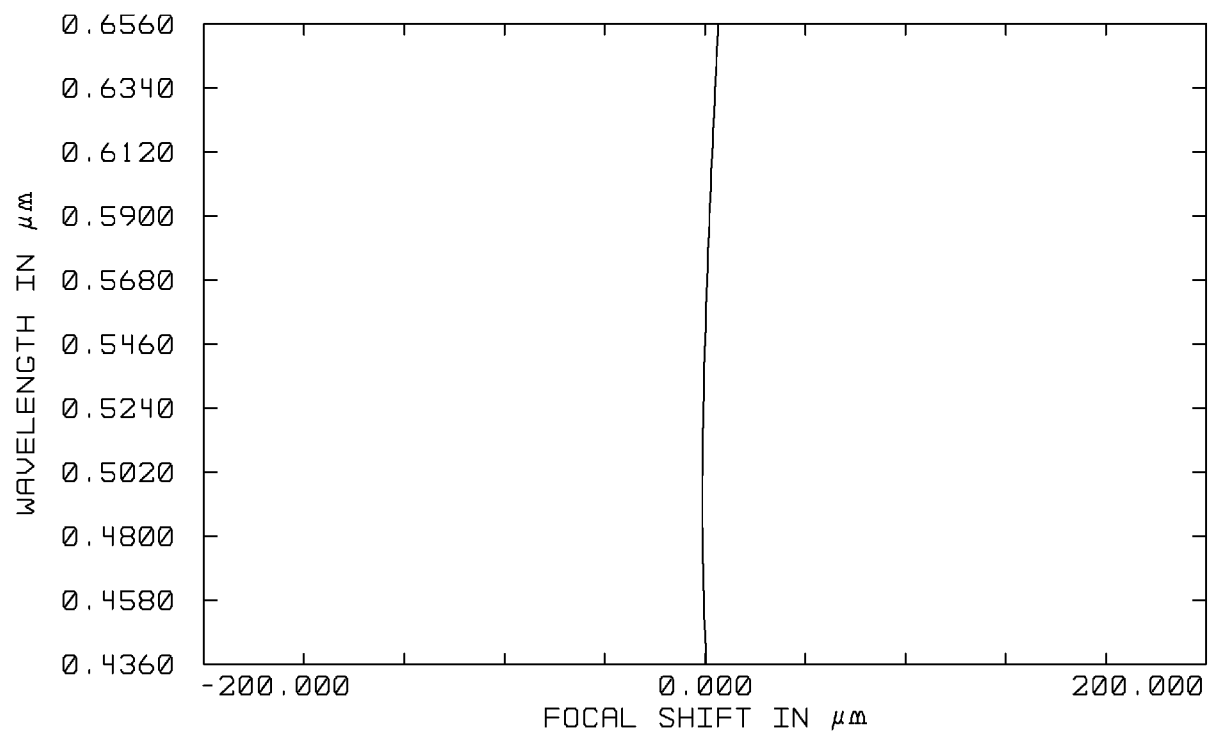


[図3]

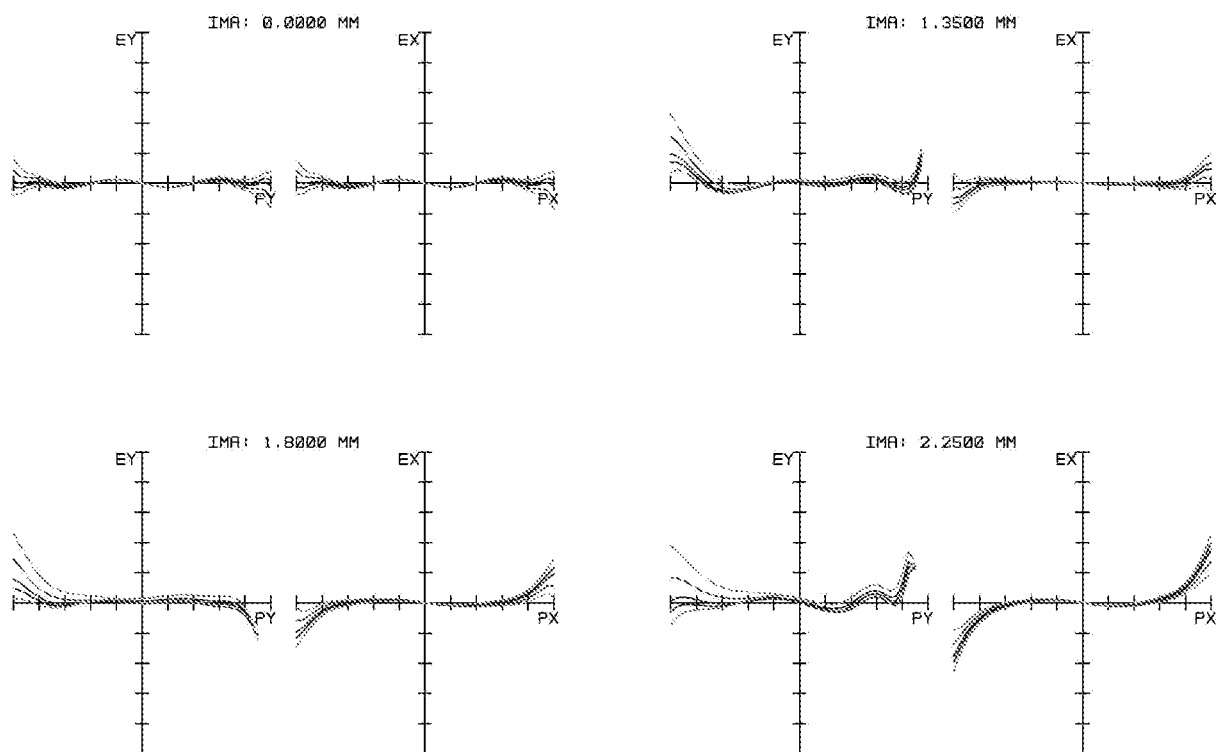




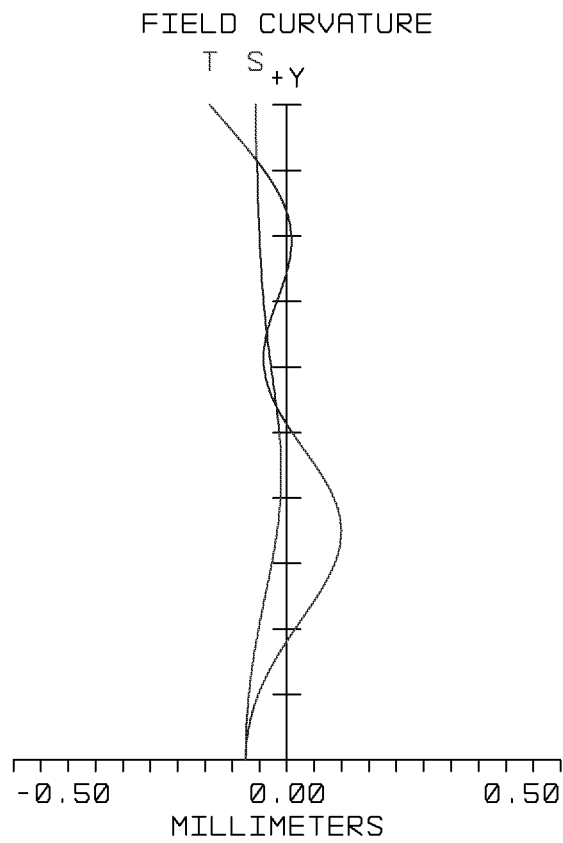
[図4A]



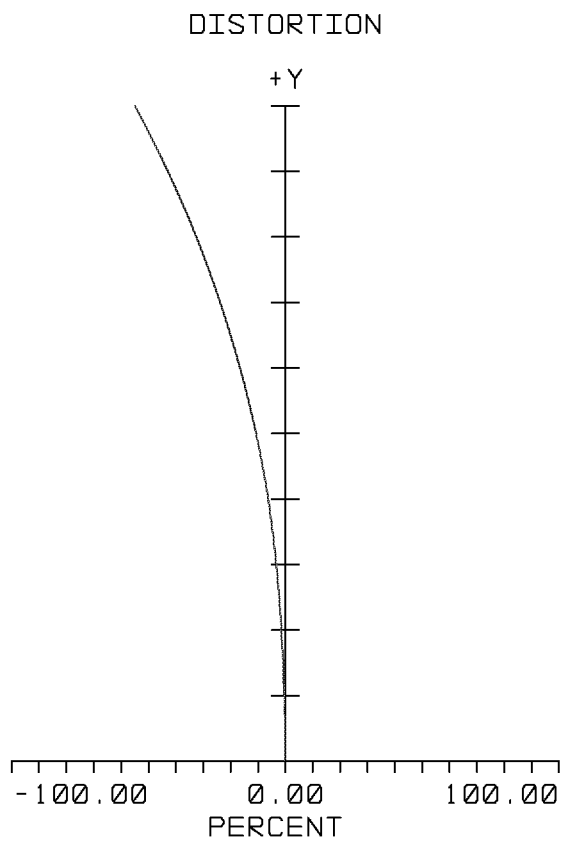
[図4B]



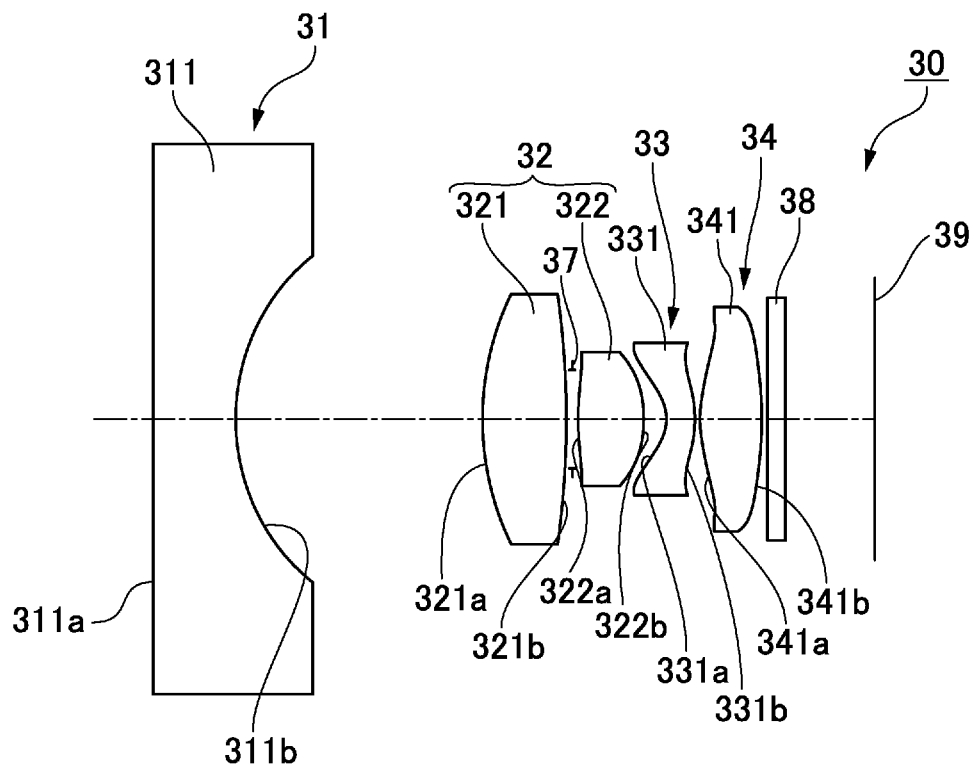
[図4C]



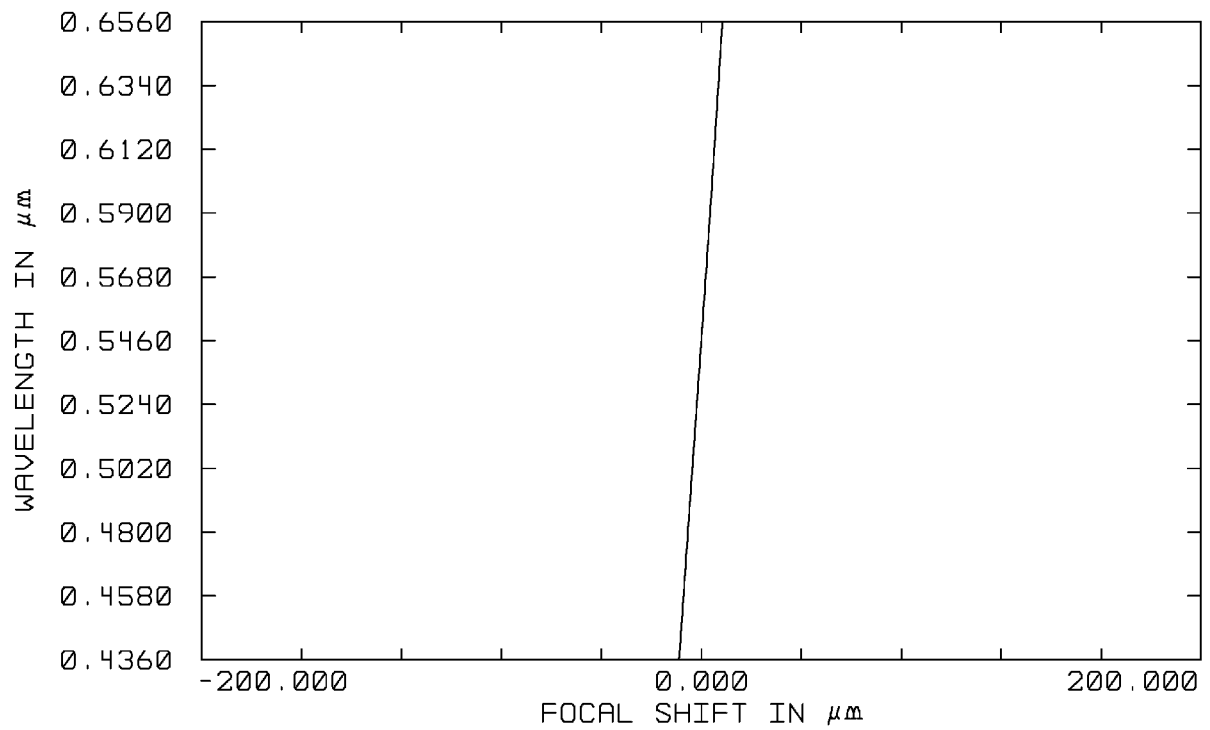
[図4D]



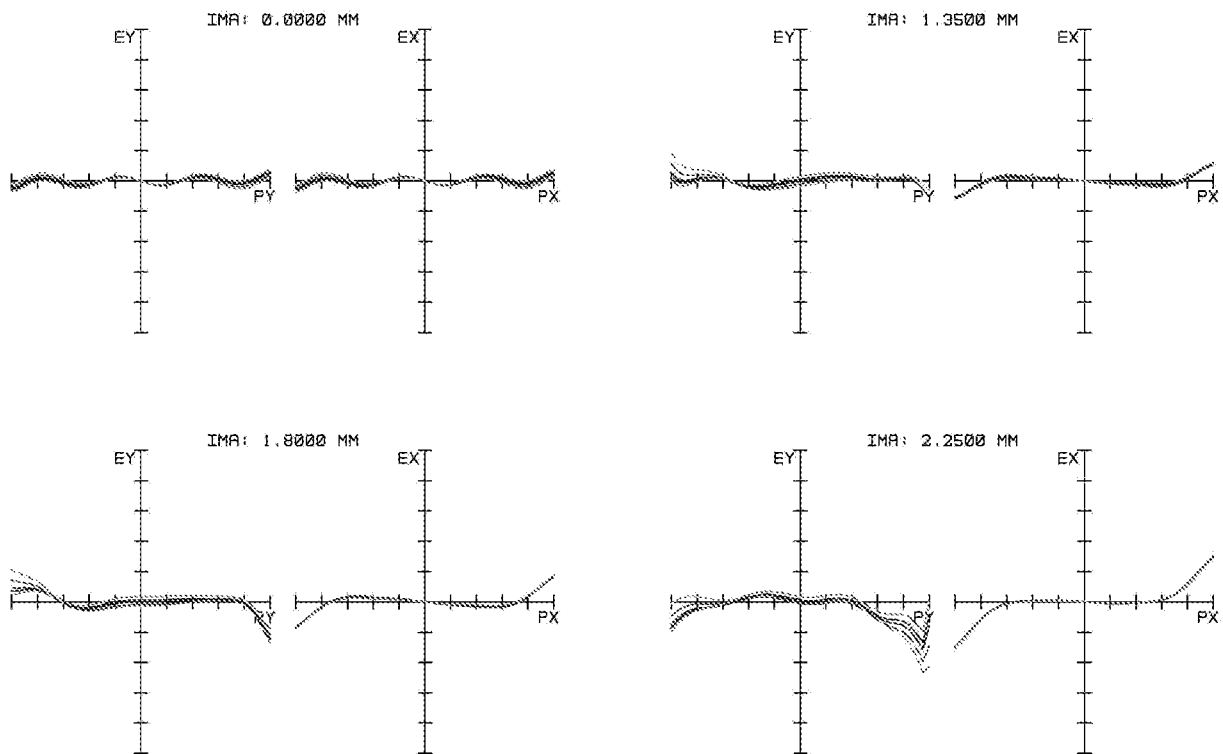
[図5]



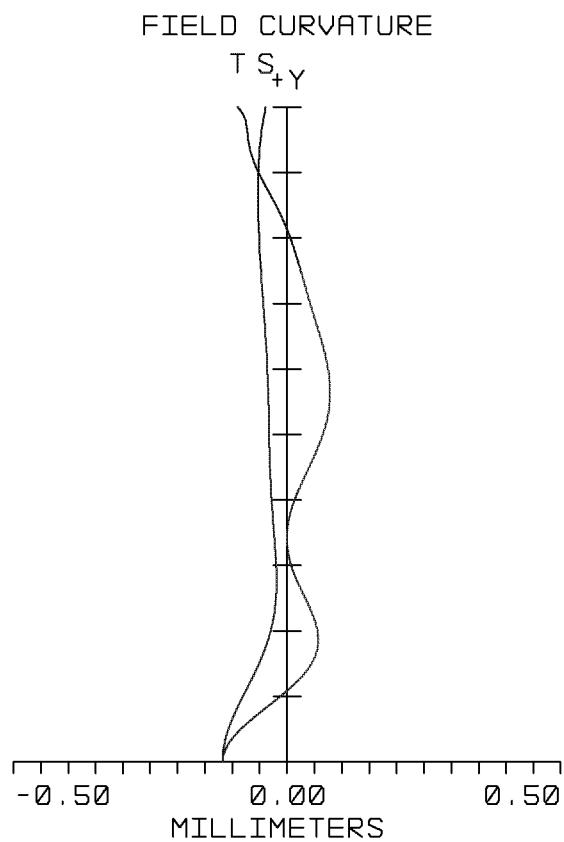
[図6A]



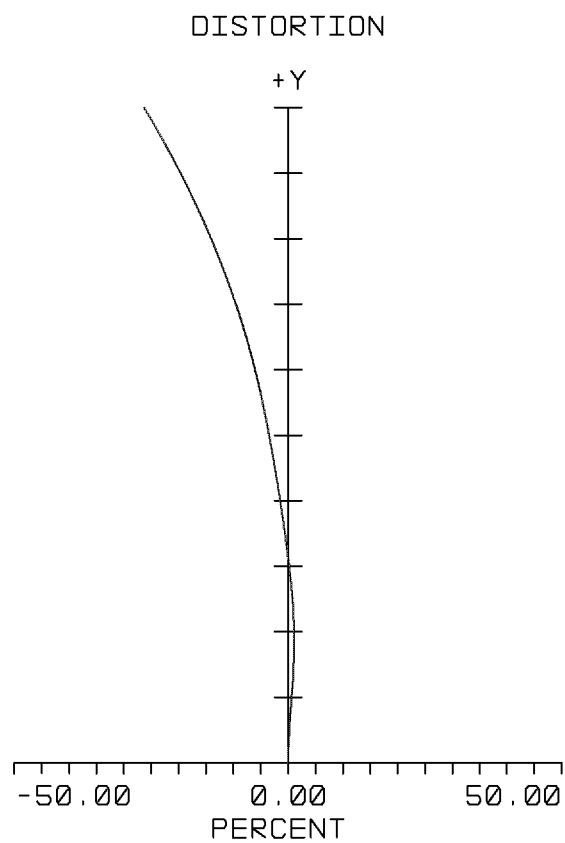
[図6B]



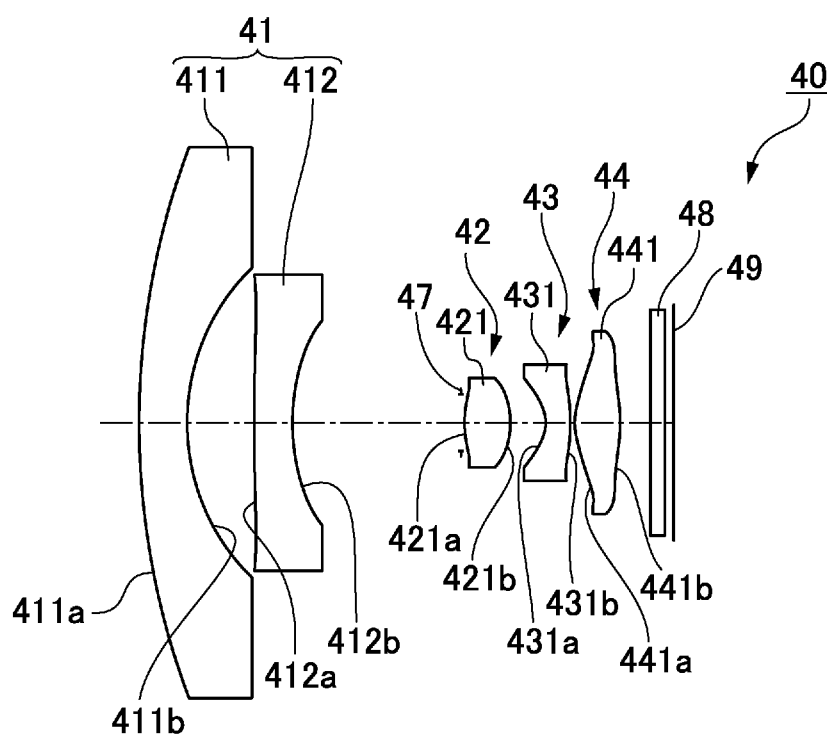
[図6C]



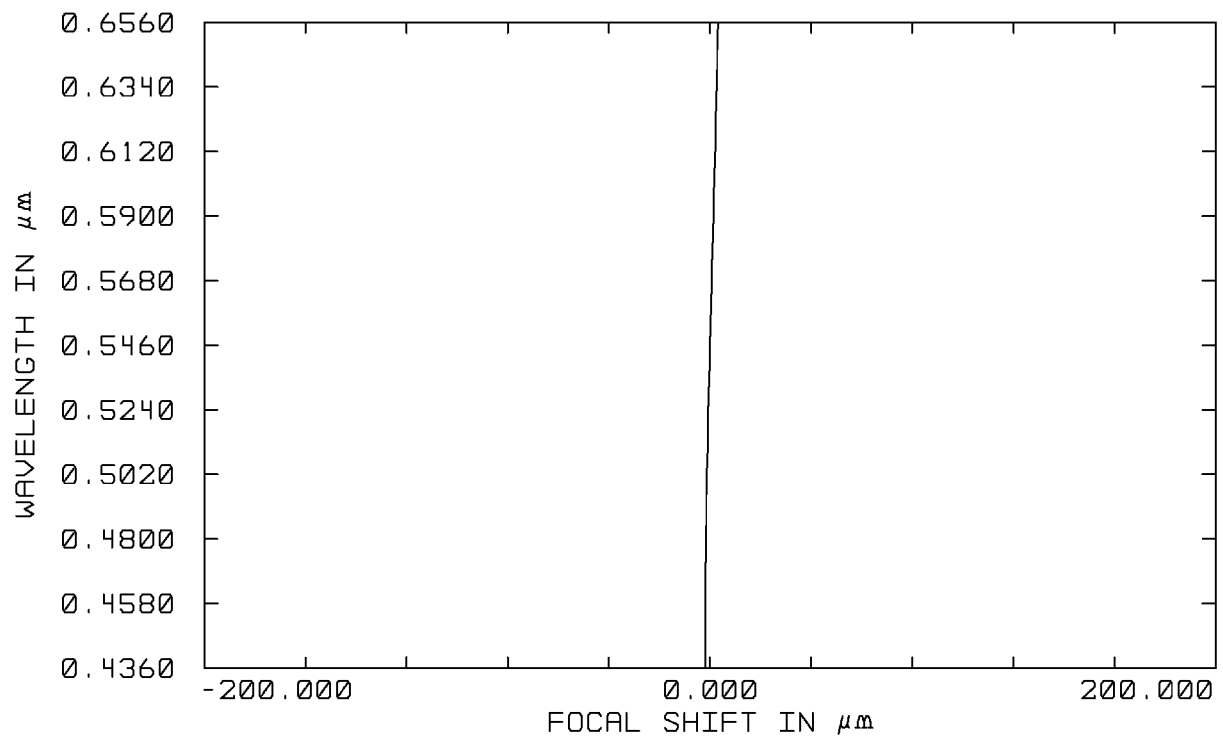
[図6D]



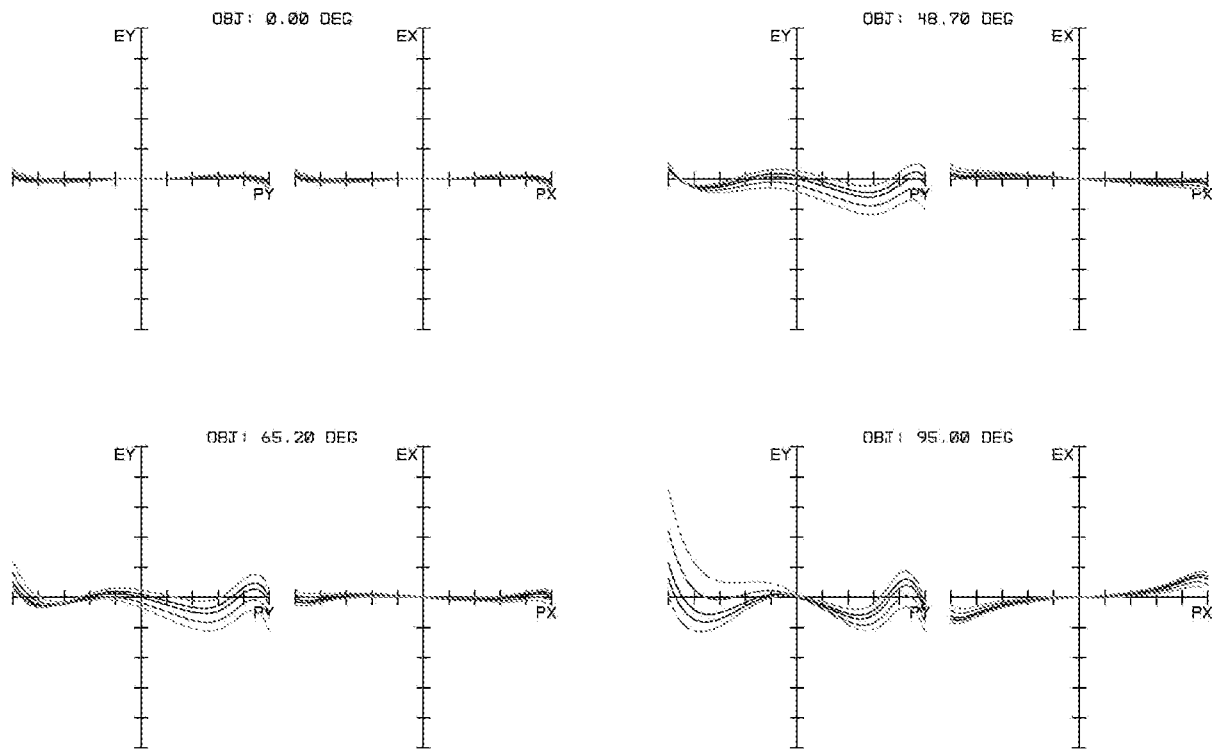
[図7]



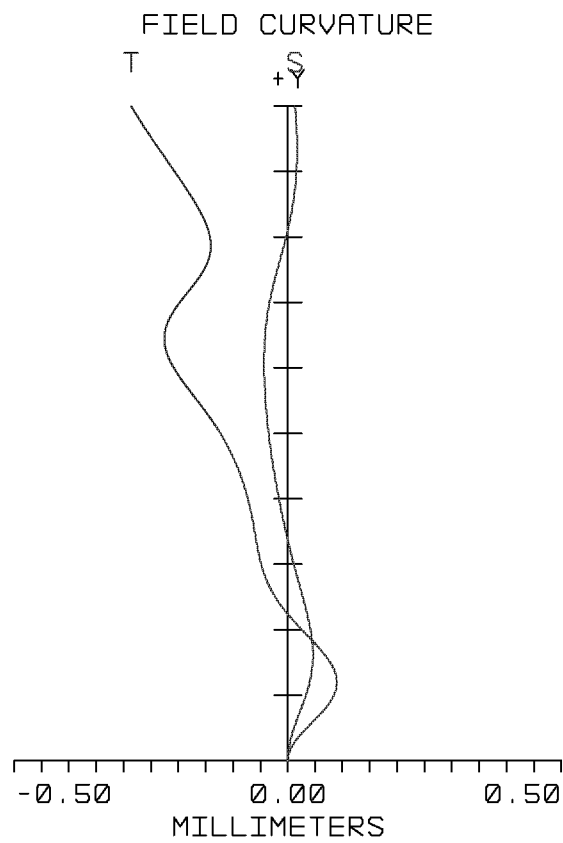
[図8A]



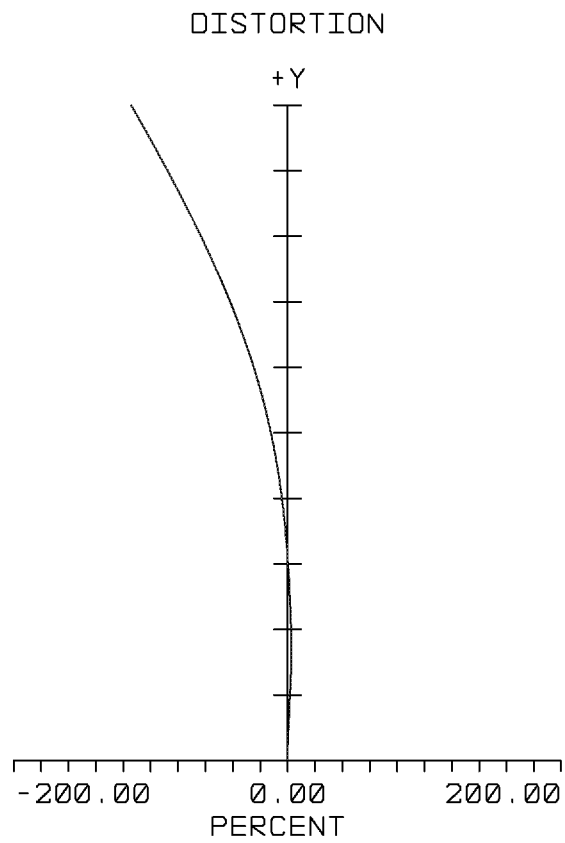
[図8B]



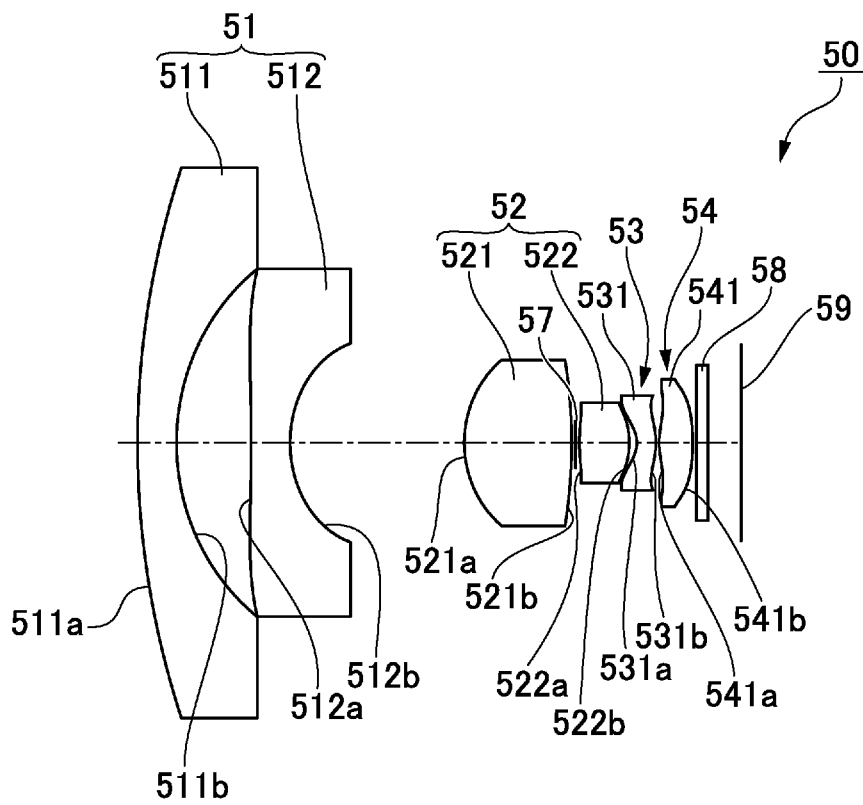
[圖8C]



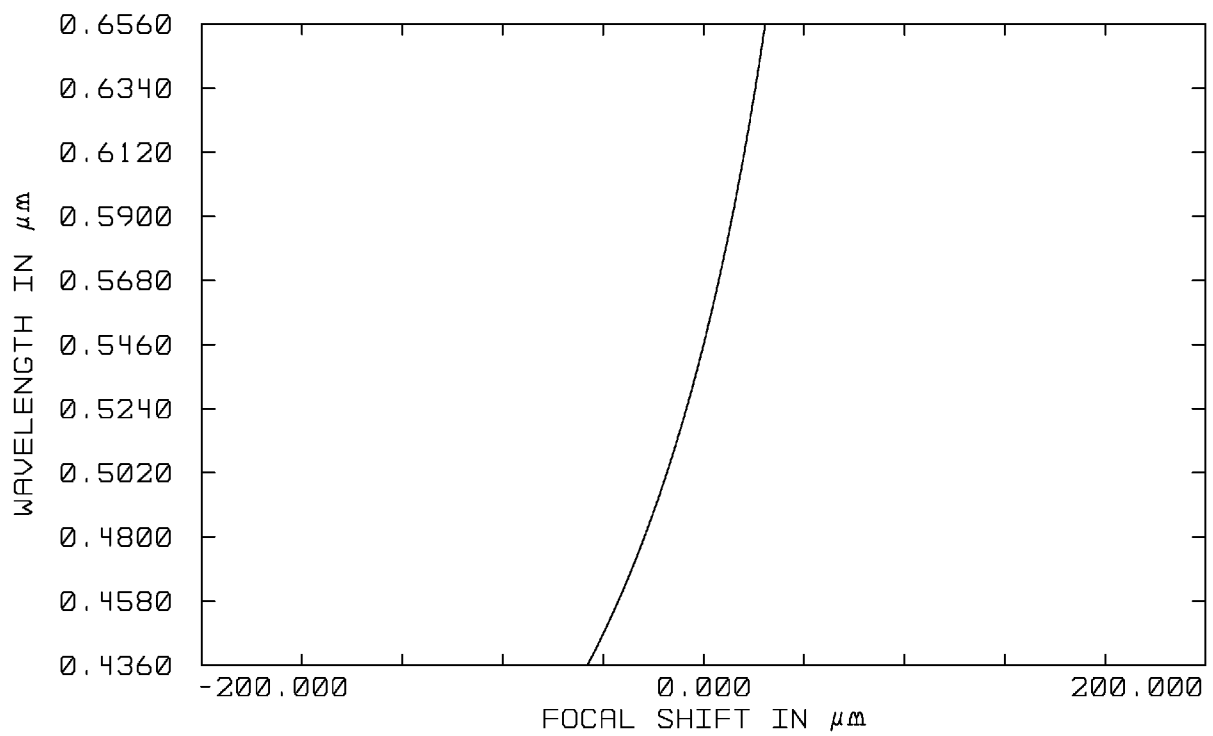
[圖8D]



[図9]

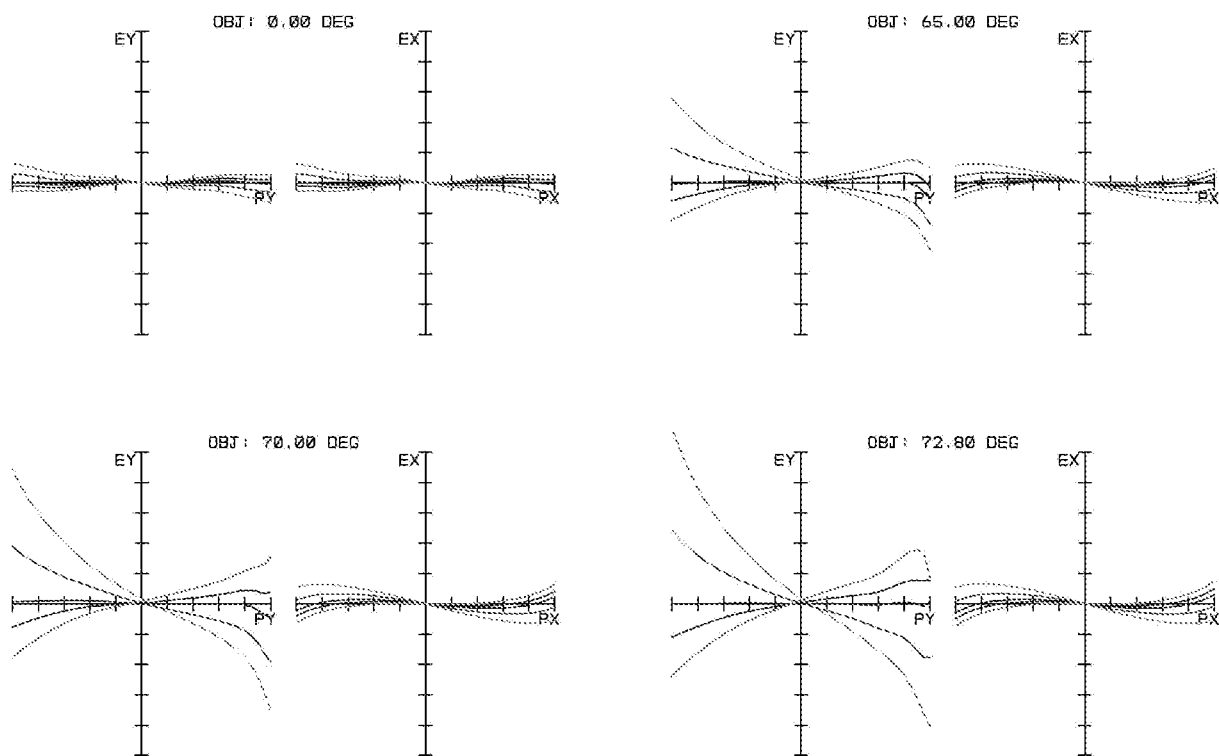


[図10A]

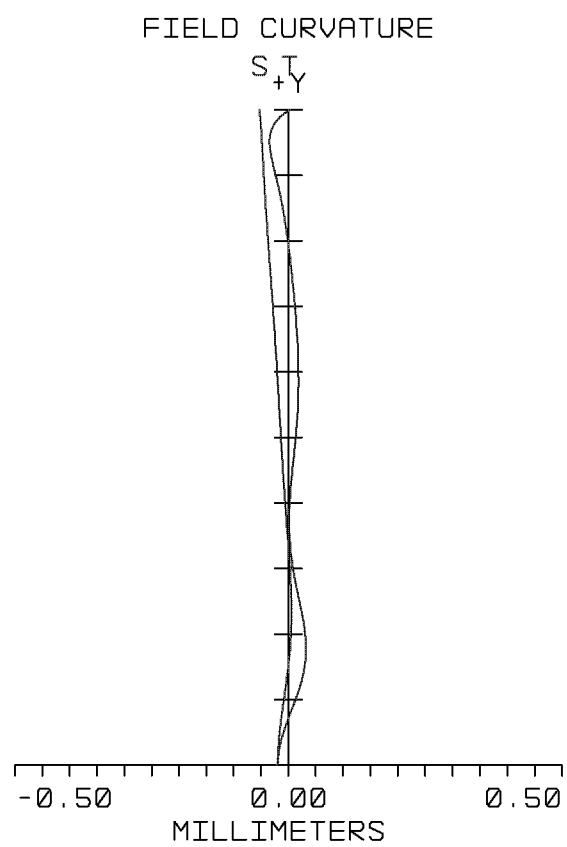




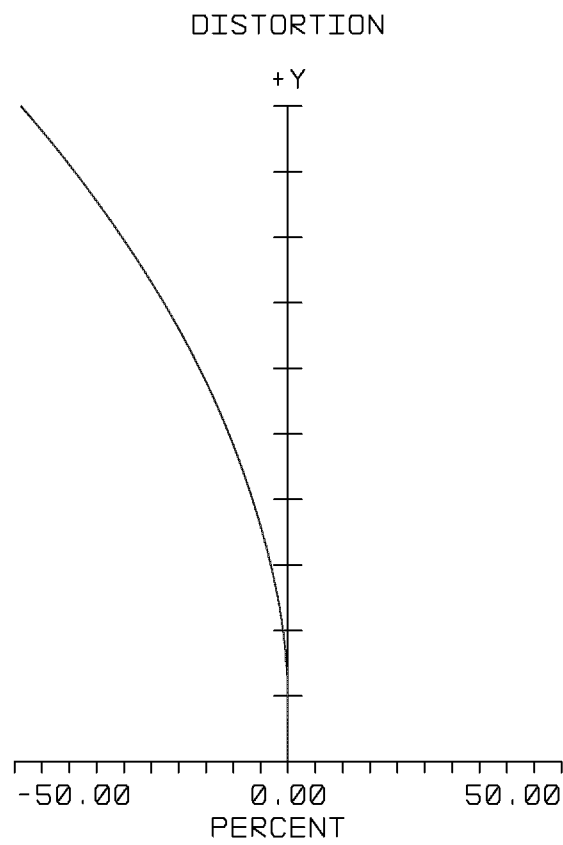
[図10B]



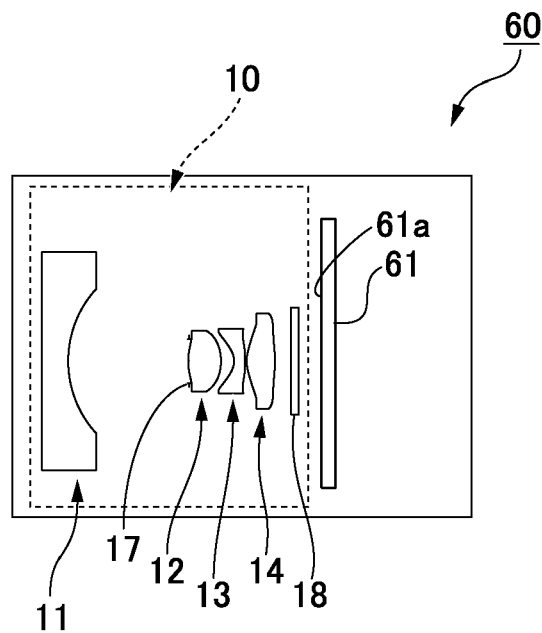
[図10C]



[図10D]



[図11]



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/001035

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B13/04(2006.01) i, G02B13/18(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G02B13/04, G02B13/18

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2007-279632 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 25 October 2007 (25.10.2007), entire text; all drawings; particularly, carrying-out modes 5 to 6 (Family: none)	1-6
X	JP 2007-249073 A (Sony Corp.), 27 September 2007 (27.09.2007), entire text; all drawings; particularly, example 2 & US 2007/0217035 A1 & US 7667901 B2 & CN 101038365 A & CN 100480767 C & JP 4929770 B2	1-6

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
07 May, 2013 (07.05.13)

Date of mailing of the international search report  
21 May, 2013 (21.05.13)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/001035

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2009-14947 A (Olympus Imaging Corp.), 22 January 2009 (22.01.2009), entire text; all drawings; particularly, examples 1 to 3 & US 2009/0052053 A1 & US 7760444 B2	1-6
X	JP 2007-333966 A (Sony Corp.), 27 December 2007 (27.12.2007), entire text; all drawings; particularly, numerical examples 1 to 2 & US 2008/0144193 A1 & US 7623305 B2 & CN 101089672 A & CN 100545694 C	1-6
X	JP 2006-349920 A (Ricoh Co., Ltd.), 28 December 2006 (28.12.2006), entire text; all drawings; particularly, 3rd example & EP 1734393 A1	1-6
X	JP 11-95094 A (Canon Inc.), 09 April 1999 (09.04.1999), entire text; all drawings; particularly, numerical example 3 (Family: none)	1-6
X	JP 9-222558 A (Konica Corp.), 26 August 1997 (26.08.1997), entire text; all drawings; particularly, examples 3 to 4 & US 5774279 A	1-6
X A	JP 2002-296498 A (Fuji Photo Optical Co., Ltd.), 09 October 2002 (09.10.2002), entire text; all drawings; particularly, example 1 & US 2002/0196564 A1 & US 6747816 B2 & JP 4812957 B2	1,3-6 2
X A	JP 2006-276779 A (Pentax Corp.), 12 October 2006 (12.10.2006), entire text; all drawings; particularly, examples 1 to 8 & US 2006/0221457 A1 & US 7379252 B2 & DE 102006014887 A1 & DE 102006014887 B4 & JP 4681921 B2	1,3-6 2
X A	JP 2-208617 A (Hitachi, Ltd.), 20 August 1990 (20.08.1990), entire text; all drawings; particularly, numerical examples 1 to 4 (Family: none)	1,3-6 2

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/001035

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 2010-243709 A (Ricoh Co., Ltd.), 28 October 2010 (28.10.2010), entire text; all drawings; particularly, example 1 & US 2012/0026285 A1 & EP 2414883 A1 & WO 2010/113669 A1 & CN 102369471 A	1, 4-6 2-3

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. G02B13/04(2006.01)i, G02B13/18(2006.01)i

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. G02B13/04, G02B13/18

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 3 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 3 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 3 年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	JP 2007-279632 A (松下電器産業株式会社) 2007. 10. 25, 全文、全図、特に、実施の形態 5-6 (ファミリーなし)	1-6
X	JP 2007-249073 A (ソニー株式会社) 2007. 09. 27, 全文、全図、特に、実施例 2 & US 2007/0217035 A1 & US 7667901 B2 & CN 101038365 A & CN 100480767 C & JP 4929770 B2	1-6

☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の 1 以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

0 7 . 0 5 . 2 0 1 3

国際調査報告の発送日

2 1 . 0 5 . 2 0 1 3

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)  
郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5  
東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号

特許庁審査官 (権限のある職員)

森内 正明

2 V

9 2 2 2

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 7 1

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	JP 2009-14947 A (オリンパスイメージング株式会社) 2009. 01. 22, 全文、全図、特に、実施例 1-3 & US 2009/0052053 A1 & US 7760444 B2	1-6
X	JP 2007-333966 A (ソニー株式会社) 2007. 12. 27, 全文、全図、特に、数値実施例 1-2 & US 2008/0144193 A1 & US 7623305 B2 & CN 101089672 A & CN 100545694 C	1-6
X	JP 2006-349920 A (株式会社リコー) 2006. 12. 28, 全文、全図、特に、第 3 の実施例 & EP 1734393 A1	1-6
X	JP 11-95094 A (キヤノン株式会社) 1999. 04. 09, 全文、全図、特に、数値実施例 3 (ファミリーなし)	1-6
X	JP 9-222558 A (コニカ株式会社) 1997. 08. 26, 全文、全図、特に、実施例 3-4 & US 5774279 A	1-6
X A	JP 2002-296498 A (富士写真光機株式会社) 2002. 10. 09, 全文、全図、特に、実施例 1 & US 2002/0196564 A1 & US 6747816 B2 & JP 4812957 B2	1, 3-6 2
X A	JP 2006-276779 A (ペンタックス株式会社) 2006. 10. 12, 全文、全図、特に、実施例 1-8 & US 2006/0221457 A1 & US 7379252 B2 & DE 102006014887 A1 & DE 102006014887 B4 & JP 4681921 B2	1, 3-6 2
X A	JP 2-208617 A (株式会社日立製作所) 1990. 08. 20, 全文、全図、特に、数値実施例 1-4 (ファミリーなし)	1, 3-6 2
X A	JP 2010-243709 A (株式会社リコー) 2010. 10. 28, 全文、全図、特に、実施例 1 & US 2012/0026285 A1 & EP 2414883 A1 & WO 2010/113669 A1 & CN 102369471 A	1, 4-6 2-3