



(10) **DE 10 2023 107 006 A1** 2023.09.28

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2023 107 006.1**

(22) Anmeldetag: **21.03.2023**

(43) Offenlegungstag: **28.09.2023**

(51) Int Cl.: **G02B 13/00** (2006.01)

G03B 17/00 (2021.01)

(30) Unionspriorität:
2022-046855 **23.03.2022** **JP**

(74) Vertreter:
TBK, 80336 München, DE

(71) Anmelder:
Canon Kabushiki Kaisha, Tokyo, JP

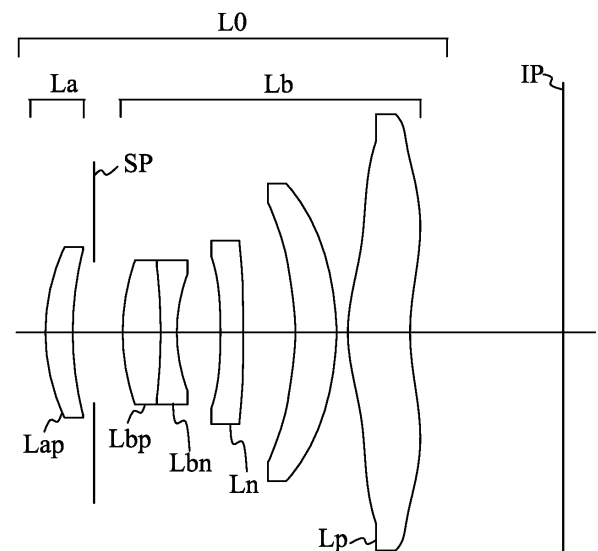
(72) Erfinder:
Mori, Takeo, Tokyo, JP

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Optisches System und Bildaufnahmegerät mit dem optischen System**

(57) Zusammenfassung: Ein optisches System, mit, in einer Reihenfolge von einer Objektseite zu einer Bildseite, einer vorderen Einheit, einer Aperturblende und einer hinteren Einheit mit einer positiven Brechkraft als ein Ganzes. Die hintere Einheit enthält eine finale Linse, die am nächsten an der Bildseite angeordnet ist, und eine positive Brechkraft aufweist. Eine Anzahl von Ungleichungen in Bezug auf das räumliche Verhältnis zwischen den Linsen und deren Brechkräfte sind erfüllt.



Beschreibung

Technischer Hintergrund

Technisches Gebiet

[0001] Einer der Aspekte der Offenbarung betrifft ein optisches System, das für eine digitale Videokamera, eine digitale Fotokamera, eine Broadcasting-Kamera, bzw. Fernsehkamera, eine filmbasierte Kamera, eine Überwachungskamera und dergleichen geeignet ist.

Beschreibung von für den Sachverhalt relevantem Stand der Technik

[0002] Für optische Systeme zur Verwendung mit einem Bildaufnahmegerät ist es üblicherweise erforderlich kompakte Konfigurationen und eine hohe optische Leistung aufzuweisen, weil es für Bildsensoren erforderlich ist kleiner zu sein und eine größere Anzahl von Pixeln aufzuweisen.

[0003] Das offengelegte japanische Patent mit der Nummer (JP) 2020-115174 offenbart ein optisches System, das zusammengesetzt ist aus, in einer Reihenfolge von einer Objektseite zu einer Bildseite, einem ersten Objektiv, das eine positive Brechkraft aufweist, einem zweiten Objektiv, das eine negative Brechkraft aufweist, einem dritten Objektiv, einem vierten Objektiv, einem fünften Objektiv und einem sechsten Objektiv.

[0004] Das in JP 2020-115174 offenbarte optische System reduziert die Gesamtlänge durch eine Leistungsanordnung vom Typ Telephoto (engl. telephoto-type power arrangement) und korrigiert eine Verzerrung und eine Feldkrümmung unter Verwendung einer Vielzahl von asphärischen Linsen, bzw. Objektiven. Weil das in JP 2020-115174 offenbarte optische System eine große gesamte Petzval-Summe aufweist, groß ist und ein außeraxialer Lichtstrahl einen großen Einfallswinkel aufweist, stehen einem Versuch dieses optische System auf ein Bildaufnahmegerät mit einem großen Bildsensor anzuwenden Probleme entgegen, bei der unzureichenden Korrektur der Feldkrümmung und einer Verschlechterung einer peripheren Lichtmenge.

[0005] Um ein optisches System zu realisieren, das eine kompakte Konfiguration und eine hohe optische Leistung aufweist, ist es wichtig eine Linse, bzw. ein Objektiv mit einem großen Durchmesser, das eine positive Brechkraft aufweist, auf einer Seite anzuordnen, die am nächsten zu einer Bildebene liegt, und einen Brechungsindex jeder Linse, bzw. jedes Objektivs und eine (Brech-) Kraftanordnung richtig einzustellen.

Zusammenfassung

[0006] Einer der Aspekte des Ausführungsbeispiels stellt ein optisches System bereit, das eine kompakte Konfiguration und eine hohe optische Leistung aufweisen kann, und ein Bildaufnahmegerät, das dieses optische System aufweist.

[0007] Die vorliegende Erfindung in ihrem ersten Aspekt stellt ein optisches System bereit, wie in Ansprüchen 1 bis 16 spezifiziert.

[0008] Die vorliegende Erfindung in ihrem zweiten Aspekt stellt ein Bildaufnahmegerät bereit, wie in Anspruch 17 spezifiziert.

[0009] Weitere Merkmale der Offenbarung werden auf der folgenden Beschreibung der Ausführungsbeispiele mit Bezug zu den beigefügten Zeichnungen ersichtlich.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Fig. 1 zeigt eine Schnittansicht eines optischen Systems gemäß einem Beispiel 1.

Fig. 2 zeigt ein Aberrationsdiagramm des optischen Systems gemäß einem Beispiel 1 in einem In-Fokus-Zustand im Unendlichen.

Fig. 3 zeigt eine Schnittansicht eines optischen Systems gemäß einem Beispiel 2.

Fig. 4 zeigt ein Aberrationsdiagramm des optischen Systems gemäß einem Beispiel 2 in einem In-Fokus-Zustand im Unendlichen.

Fig. 5 zeigt eine Schnittansicht eines optischen Systems gemäß einem Beispiel 3.

Fig. 6 zeigt ein Aberrationsdiagramm des optischen Systems gemäß Beispiel 3 in einem-Fokus-Zustand im Unendlichen.

Fig. 7 zeigt eine Schnittansicht eines optischen Systems gemäß einem Beispiel 4.

Fig. 8 zeigt ein Aberrationsdiagramm des optischen Systems gemäß Beispiel 4 in einem In-Fokus-Zustand im Unendlichen.

Fig. 9 zeigt eine Schnittansicht eines optischen Systems gemäß einem Beispiel 5.

Fig. 10 zeigt ein Aberrationsdiagramm des optischen Systems gemäß Beispiel 5 in einem In-Fokus-Zustand im Unendlichen.

Fig. 11 zeigt eine Schnittansicht eines optischen Systems gemäß einem Beispiel 6.

Fig. 12 zeigt ein Aberrationsdiagramm des optischen Systems gemäß Beispiel 6 in einem In-Fokus-Zustand im Unendlichen.

Fig. 13 zeigt eine Schnittansicht eines optischen Systems gemäß einem Beispiel 7.

Fig. 14 zeigt ein Aberrationsdiagramm des optischen Systems gemäß Beispiel 7 in einem In-Fokus-Zustand im Unendlichen.

Fig. 15 zeigt ein schematisches Diagramm eines Bildaufnahmegeräts.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

[0010] Bezugnehmend auf die beigefügten Zeichnungen ist eine Beschreibung eines optischen Systems und eines Bildaufnahmegeräts, das das optische System aufweist, gemäß Beispielen der Offenbarung gegeben.

[0011] **Fig. 1, Fig. 3, Fig. 5, Fig. 7, Fig. 9, Fig. 11** und **Fig. 13** zeigen Schnittansichten des optischen Systems L0 gemäß Beispielen 1 bis 7 in jeweils In-Fokus-Zuständen im Unendlichen. Das optische System L0 gemäß jedem Beispiel ist ein optisches System zur Verwendung mit einem Bildaufnahmegerät, wie beispielsweise einer digitalen Videokamera, einer digitalen Fotokamera, einer Broadcasting-Kamera, einer filmbasierten Kamera und einer Überwachungskamera.

[0012] In jeder Objektivschnittansicht ist eine linke Seite eine Objektseite und ist eine rechte Seite eine Bild (ebenen)seite. Das optische System L0 gemäß jedem Beispiel enthält eine Vielzahl von Objektivseinheiten.

[0013] In jeder Objektivschnittansicht bezeichnet La eine vordere Einheit, bezeichnet Lb eine hintere Einheit und bezeichnet Lp eine Linse, bzw. ein Objektiv (finale Linse, bzw. finales Objektiv), das am nächsten an der Bildebene angeordnet ist und eine positive Brechkraft aufweist, unter (engl. among) Linsen, bzw. Objektiven, die in der hinteren Einheit Lb enthalten sind.

[0014] SP bezeichnet eine Aperturblende (Blende). IP bezeichnet eine (paraxiale) Bildebene, und in einem Fall, in dem das optische System L0 gemäß jedem Beispiel als ein optisches Abbildungssystem, bzw. ein bildgebendes optisches System für eine digitale Fotokamera oder eine digitale Videokamera verwendet wird, wird ein Festkörper-Bildsensor (fotoelektrisches Umwandlungselement), wie beispielsweise ein CCD-Sensor oder ein CMOS-Sensor, verwendet. In einem Fall, in dem das optische System L0 gemäß jedem Beispiel als ein optisches Abbildungssystem für eine filmbasierte Kamera verwendet wird, wird eine fotosensitive Ebene, die der Filmebene entspricht, auf der Bildebene IP platziert. In diesem Beispiel kann jede der „vorderen Einheit La“ und der „hinteren Einheit Lb“ eine oder mehrere Linsen enthalten.

[0015] **Fig. 2, Fig. 4, Fig. 6, Fig. 8, Fig. 10, Fig. 12** und **Fig. 14** zeigen Aberrationsdiagramme des optischen Systems L0 gemäß Beispiel 1 bis 7 in jeweils den In-Fokus-Zuständen im Unendlichen.

[0016] In dem sphärischen Aberrationsdiagramm bezeichnet Fno eine Blendenzahl (engl. F-number), die sphärische Aberrationsausmaße (engl. spherical aberration amounts) für die d-Linie (Wellenlänge 587,56 nm) und die g-Linie (Wellenlänge 435,84 nm) angibt. In dem Astigmatismusdiagramm bezeichnet dS ein Astigmatismus-Ausmaß auf einer sagittalen Bildebene und bezeichnet dM ein Astigmatismus-Ausmaß auf einer meridionalen Bildebene. Das Verzerrungsdiagramm veranschaulicht ein Verzerrungsausmaß der d-Linie. Das laterale chromatische Aberrationsdiagramm veranschaulicht ein laterales chromatisches Aberrationsausmaß für die g-Linie. ω zeigt einen Abbildungs-Halbblickwinkel (°).

[0017] Eine Beschreibung einer charakteristischen Konfiguration des optischen Systems L0 gemäß jedem Beispiel ist im Folgenden gegeben.

[0018] Das optische System L0 gemäß jedem Beispiel ist ein optisches System, das besteht, bzw. zusammengesetzt ist aus, in einer Reihenfolge von der Objektseite zu der Bildseite, einer vorderen Einheit La, einer Aperturblende SP und einer hinteren Einheit Lb, die eine positive Brechkraft als Ganzes aufweist. Die hintere Einheit Lb enthält eine finale Linse Lp, die am nächsten an der Bildebene angeordnet ist und eine positive Brechkraft aufweist.

[0019] Allgemein, in einem Fall, in dem eine Linse nahe der Bildebene IP angeordnet ist, nimmt die Höhe eines außeraxialen (engl. off-axis) Lichtstrahls, der auf die Linse einfällt, zu, und die Kraft zum Brechen des außeraxialen Lichtstrahls nimmt zu. In dem optischen System L0 gemäß jedem Beispiel weist die hintere Einheit Lb eine positive Brechkraft auf. Die finale Linse Lp ist eine Linse mit großem Durchmesser, die eine positive Brechkraft aufweist, die am nächsten zu der Bildebene in der hinteren Einheit Lb angeordnet ist, und dazu eingerichtet ist, um den außeraxialen Lichtstrahl richtig zu brechen, um eine Nadelkissen-Typ-Verzerrung (engl. pincushion type distortion) zu korrigieren, und den Einfallswinkel des außeraxialen Lichtstrahls auf die Bildebene zu unterdrücken.

[0020] Das optische System L0 gemäß jedem Beispiel erfüllt die folgende Ungleichung (1):

$$0,5 < TTL / \phi_i < 1,4 \quad (1)$$

wobei TTL ein Abstand (Gesamtoobjektivlänge) auf der optischen Achse von einer Linsenoberfläche auf der Objektseite eine Linse, die am nächsten an dem Objekt in dem optischen System L0 angeordnet ist, zu der Bildebene IP. D. h., es ist eine Länge, die durch Addieren des Backfocus zu dem Abstand auf der optischen Achse von der Linsenoberfläche, die am nächsten an dem Objekt ist, zu der Linsenoberfläche, die am nächsten an der Bildebene in dem optischen System L0 ist, erhalten wird. ϕ_i ist ein Durchmesser des Bildkreises.

[0021] Ungleichung (1) definiert ein Verhältnis der Gesamtoobjektivlänge zu dem Durchmesser des Bildkreises. In einem Fall, in dem der Wert von TTL/ϕ_i höher als der obere Grenzwert der Ungleichung (1) ist, wird die Gesamtoobjektivlänge lang. In einem Fall, in dem der Durchmesser des Bildkreises groß wird und der Wert von TTL/ϕ_i kleiner als der untere Grenzwert der Ungleichung (1) ist, wird es schwierig die Krümmung eines Feldes, bzw. die Feldkrümmung und eine Verzerrung zur gleichen Zeit zu korrigieren.

[0022] In diesem Beispiel ist der Bildkreis als ein Kreis definiert, der einen Radius aufweist, der eine Höhe von der optischen Achse eines Lichtstrahls ist, der die weiteste Position von der optischen Achse unter Lichtstrahlen erreicht, die die Bildebene IP in dem In-Fokus-Zustand im Unendlichen erreichen. Der Durchmesser des Bildkreises entspricht dem Doppelten einer Länge der Bildhöhe des optischen Systems L0. In einem Fall, in dem ein Verhältnis der Bildebenen-Beleuchtungsstärke des außeraxialen Lichtstrahls zu dem on-axis, bzw. auf der Achse liegenden (engl. on-axis) Lichtstrahl weniger als 20% beträgt, kann davon ausgegangen werden, dass der außeraxiale Lichtstrahl die Bildebene IP nicht erreicht hat. Der Durchmesser ϕ_i des Bildkreises kann ausgedrückt werden durch $\phi_i = 2 \times f \times \tan \omega$, wobei f eine Brennweite des optischen Systems L0 ist und ω ein Halbblickwinkel (°) ist.

[0023] In einem Fall, in dem das optische System L0 ein Zoomobjektiv ist, ist TTL ein Abstand von einer Linsenoberfläche auf der Objektseite einer Linse, die am nächsten an dem Objekt an dem Weitwinkelende ist, zu der Bildebene IP, und ist ϕ_i ein Durchmesser des Bildkreises an dem Weitwinkelende.

[0024] Das optische System L0 gemäß jedem Beispiel erfüllt die folgende Ungleichung (2):

$$1,64 < PNdave < 2,00 \quad (2)$$

wobei PNdave ein Durchschnittswert (Durchschnittsbrechungsindex) von Brechungsindices für die d-Linie (Wellenlänge 587,56 nm) aller positiven Linsen, bzw. Objektive ist, die in dem optischen System L0 enthalten sind.

[0025] Ungleichung (2) definiert den Durchschnittsbrechungsindex aller positiven Linsen, die in dem optischen System L0 enthalten sind. In einem Fall, in dem der Brechungsindex höher als der obere Grenzwert der Ungleichung (2) ist, nimmt eine chromatische Dispersion zu und es wird schwierig eine longitudinale chromatische Aberration zu korrigieren. In einem Falle, indem der Brechungsindex niedriger als der untere

Grenzwert der Ungleichung (2) ist, wird die Petzval-Summe des gesamten optischen Systems L0 groß und es wird schwierig die Feldkrümmung zu korrigieren.

[0026] Das optische System L0 gemäß jedem Beispiel erfüllt die folgende Ungleichung (3) :

$$2,0 < \Phi_p / sk < 4,0 \quad (3)$$

wobei Φ_p ein effektiver Durchmesser einer Linsenoberfläche auf der Bildseite der finalen Linse Lp ist. sk ist eine Luftumwandlungslänge (Backfokus) des Abstands auf der optischen Achse von der bildseitigen Linsenoberfläche der finalen Linse Lp zu der Bildebene IP.

[0027] Ungleichung (3) definiert ein Verhältnis zwischen dem effektiven Durchmesser der bildseitigen Linsenoberfläche der finalen Linse Lp und dem Backfokus. In einem Fall, in dem der effektive Durchmesser der finalen Linse Lp zunimmt und der Wert von Φ_p/sk höher als der obere Grenzwert der Ungleichung (3) ist, wird das optische System L0 in der radialen Richtung groß. In einem Fall, in dem sich der effektive Durchmesser der finalen Linse Lp verringert und der Wert von Φ_p/sk niedriger als der untere Grenzwert der Ungleichung (3) ist, wird die Einfallshöhe des außeraxialen Lichtstrahls, der in die finale Linse Lp eintritt, niedriger und die Blechwirkung auf den außeraxialen Lichtstrahl wird verringert. Somit wird es schwierig die Nadelkissen-Typ-Verzerrung zu korrigieren und den Einfallswinkel auf die Bildebene zu unterdrücken.

[0028] In diesem Beispiel ist ein effektiver Durchmesser einer Linse ein Durchmesser eines Kreises, dessen Radius eine Höhe von der optischen Achse eines Lichtstrahls ist, der durch die Linsenoberfläche und eine Position am weitesten von der optischen Achse entfernt hindurchtritt. Der effektive Durchmesser ist durch einen Kreis definiert, der in ein mechanisches Element, bzw. ein mechanisches Bauteil eingeschrieben ist, wie beispielsweise ein Pressring (engl. press ring) oder eine Verstemmkralle (engl. caulking claw) auf der Linsenoberfläche. Der Durchmesser kann durch einen Kreis definiert sein, der die äußersten Umfangsabschnitte auf einer Oberfläche verbindet, die durch Polieren oder Gießen ausgebildet sind, in einem Fall, in dem kein mechanisches Element angeordnet ist. In einem Fall, in dem das optische System L0 ein Zoomobjektiv ist, ist sk der Backfokus des Zoomobjektivs an dem Weitwinkelende und ist Φ_p der effektive Durchmesser der bildseitigen Linsenoberfläche der finalen Linse Lp an dem Weitwinkelende.

[0029] Ungleichungen (1) bis (3) können durch die folgenden Ungleichungen (1a) bis (3a) ersetzt werden:

$$0,9 < TTL / \phi_i < 1,38 \quad (1a)$$

$$1,64 < PN_{dave} < 1,85 \quad (2a)$$

$$2,2 < \Phi_p / sk < 3,5 \quad (3a)$$

[0030] Ungleichungen (1) bis (3) können durch die folgenden Ungleichungen (1b) bis (3b) ersetzt werden:

$$0,95 < TTL / \phi < 1,37 \quad (1b)$$

$$1,641 < PN_{dave} < 1,792 \quad (2b)$$

$$2,4 < \Phi_p / sk < 3,2 \quad (3b)$$

[0031] Im Folgenden ist eine Beschreibung der Bedingungen und eine Konfiguration gegeben, die das optische System L0 gemäß jedem Beispiel erfüllen kann. Das optische System L0 gemäß jedem Beispiel kann eine oder mehrere der Ungleichungen (4) bis (14) und die unten beschriebene Konfiguration erfüllen.

[0032] Das optische System L0 gemäß jedem Beispiel kann die folgende Ungleichung (4) erfüllen:

$$0,1 < f / |fa| < 1,5 \quad (4)$$

wobei fa eine Brennweite der vorderen Einheit La ist und f eine Brennweite des optischen Systems L0 ist.

[0033] Ungleichung (4) definiert ein Verhältnis zwischen der Brennweite der vorderen Einheit La und der Brennweite des optischen Systems L0. In einem Fall, in dem die Brechkraft der vorderen Einheit La zunimmt und der Wert von $f/|fa|$ höher als der obere Grenzwert der Ungleichung (4) ist, nimmt eine Nadelkissen-Typ-

Verzerrung zu und es wird schwierig beides zu korrigieren, die Feldkrümmung und die Verzerrung. In einem Fall, in dem sich die Brechkraft der vorderen Einheit L_a verringert und der Wert von $f/|f_a|$ niedriger als der untere Grenzwert der Ungleichung (4) ist, kommt das optische System näher an ein optisches System heran, das auf der Bildseite telezentrisch ist, die Position der Austrittspupille wird weiter von der Bildebene IP entfernt und die Gesamtoobjektivlänge wird länger. In einem Fall, in dem das optische System L_0 ein Zoomobjektiv ist, ist f eine Brennweite des Zoomobjektivs an dem Weitwinkelende.

[0034] Das optische System L_0 gemäß jedem Beispiel kann die folgende Ungleichung (5) erfüllen:

$$0,6 < f_p / f < 6,0 \quad (5)$$

wobei f_p eine Brennweite der finalen Linse L_p ist.

[0035] Die Ungleichung (5) definiert ein Verhältnis der Brennweite der finalen Linse L_p und der Brennweite des optischen Systems L_0 . In einem Fall, in dem die Brechkraft der finalen Linse L_p schwächer wird und der Wert von f_p/f höher als der obere Grenzwert der Ungleichung (5) ist, wird es schwierig die Nadelkissen-Typ-Verzerrung zu korrigieren und den Einfallswinkel auf die Bildebene zu unterdrücken. In einem Fall, in dem die Brechkraft der finalen Linse L_p stärker wird und der Wert von f_p/f niedriger als der untere Grenzwert der Ungleichung (5) ist, kommt das optische System näher an ein optisches System heran, das auf der Bildseite telezentrisch ist, und die Gesamtoobjektivlänge wird länger.

[0036] Das optische System L_0 gemäß jedem Beispiel kann die folgende Gleichung (6) erfüllen:

$$0,1 < s_k / f < 0,7 \quad (6)$$

[0037] Die Ungleichung (6) definiert ein Verhältnis zwischen dem Backfokus und der Brennweite des optischen Systems L_0 . In einem Fall, in dem der Backfokus länger wird und der Wert von s_k/f höher als der obere Grenzwert der Ungleichung (6) ist, wird die Gesamtoobjektivlänge länger. In einem Fall, in dem der Backfokus kürzer wird und der Wert niedriger als der untere Grenzwert der Ungleichung (6) ist, wird der effektive Durchmesser der finalen Linse L_p , die auf der Bildseite angeordnet ist, größer und das optische System L_0 wird in der radialen Richtung größer.

[0038] Das optische System L_0 gemäß jedem Beispiel kann die folgende Ungleichung (7) erfüllen:

$$0,6 < SPIP / TTL < 1,0 \quad (7)$$

wobei SPIP ein Abstand auf der optischen Achse von der Aperturblende SP zu der Bildebene IP ist.

[0039] Die Ungleichung (7) definiert ein Verhältnis der Position der Aperturblende SP und der Gesamtoobjektivlänge des optischen Systems L_0 . In einem Fall, in dem die Position der Aperturblende SP näher an das Objekt herankommt und der Wert von SPIP/TTL höher als der obere Grenzwert der Ungleichung (7) ist, neigt eine einseitige Vignettierung (engl. biased vignetting) dazu aufzutreten und eine Unschärfeform wird unregelmäßig. In einem Fall, in dem die Position der Aperturblende SP näher an die Bildebene herankommt und der Wert von SPIP/TTL niedriger als der untere Grenzwert der Ungleichungen (7) ist, nähert sich die Austrittspupille der Bildebene IP an und es wird schwierig einen Einfallswinkel eines außeraxialen Lichtstrahls auf die Bildebene zu unterdrücken. In einem Fall, in dem das optische System L_0 ein Zoomobjektiv ist, ist SPIP ein Abstand von der Aperturblende SP des Zoomobjektivs an dem Weitwinkelende zu der Bildebene IP.

[0040] In dem optischen System L_0 gemäß jedem Beispiel kann die hintere Einheit L_p mindestens vier Linsen enthalten. Somit können eine longitudinale und eine laterale chromatische Aberration korrigiert werden.

[0041] In dem optischen System L_0 gemäß jedem Beispiel kann die hintere Einheit L_b eine negative Linse L_n (erste negative Linse) enthalten, die auf der Objektseite der finalen Linse L_p angeordnet ist, um eine laterale chromatische Aberration und eine Feldkrümmung zu korrigieren.

[0042] Das optische System L_0 gemäß jedem Beispiel kann die folgende Ungleichung (8) erfüllen:

$$0,0 < (R_1 + R_2) / (R_2 - R_1) < 50,0 \quad (8)$$

wobei R_1 ein paraxialer Radius einer Krümmung, bzw. ein paraxialer Krümmungsradius einer Linsenoberfläche auf der Objektseite der ersten negativen Linse ist und R_2 ein paraxialer Krümmungsradius einer Linsenoberfläche auf der Bildseite der ersten negativen Linse ist.

[0043] Die Ungleichung (8) definiert eine Form der negativen Linse L_n . In einem Fall, in dem die Werte von R_1 und R_2 näher aneinander herankommen und der Wert von $(R_1 + R_2)/(R_2 - R_1)$ höher als der obere Grenzwert der Ungleichung (8) ist, wird die Brechkraft der negativen Linse L_n schwächer und es wird unzureichend eine laterale chromatische Aberration zu korrigieren. In einem Falle, in dem der Wert von $(R_1 + R_2)/(R_2 - R_1)$ niedriger als der untere Grenzwert der Ungleichung (8) ist, wird der Krümmungsradius der bildseitigen Linsenoberfläche der negativen Linse L_n klein und es wird schwierig eine Feldkrümmung und eine Verzerrung zur gleichen Zeit zu korrigieren.

[0044] Das optische System L_0 gemäß jedem Beispiel kann die folgende Ungleichung (9) erfüllen:

$$1,500 < N_{dn} < 4,1945 / v_{dn} + 1,520 \quad (9)$$

wobei N_{dn} ein Brechungsindex der negativen Linse L_n für die d-Linie ist und v_{dn} eine Abbe-Zahl der negativen Linse L_n auf der Grundlage der d-Linie ist.

[0045] Die Ungleichung (9) definiert den Brechungsindex der negativen Linse L_n . In einem Fall, in dem der Brechungsindex der negativen Linse L_n höher als der obere Grenzwert der Ungleichung (9) ist, wird eine Petzval-Summe des gesamten optischen Systems L_0 größer und es wird schwierig die Feldkrümmung zu korrigieren. In einem Fall, in dem der Brechungsindex der negativen Linse L_n niedriger als der untere Grenzwert der Ungleichung (9) ist, kann ein Material mit einer großen Dispersion nicht ausgewählt werden und es wird unzureichend eine laterale chromatische Aberration zu korrigieren.

[0046] Das optische System L_0 gemäß jedem Beispiel kann die folgende Ungleichung (10) erfüllen:

$$0,10 < f_b / |f_a| < 10,00 \quad (10)$$

wobei f_b eine Brennweite der hinteren Einheit L_b ist.

[0047] Die Ungleichung (10) definiert ein Verhältnis der Brennweite der vorderen Einheit L_a zu der Brennweite der hinteren Einheit L_b . In einem Fall, in dem die positive Brechkraft der hinteren Einheit L_b schwach wird und der Wert von $f_b/|f_a|$ höher als der obere Grenzwert der Ungleichung (10) wird, wird es schwierig eine Nadelkissen-Typ-Verzerrung zu korrigieren und den Einfallswinkel auf die Bildebene zu unterdrücken. In einem Fall, in dem der Wert niedriger als der untere Grenzwert der Ungleichung (10) ist und die Brechkraft der hinteren Einheit L_b stärker wird und der Wert von $f_b/|f_a|$ niedriger als der untere Grenzwert der Ungleichung (10) wird, kommt das optische System näher an ein optisches System heran, das auf der Bildseite telezentrisch ist, und die Gesamtoobjektivlänge wird länger.

[0048] In dem optischen System L_0 gemäß jedem Beispiel kann die vordere Einheit L_a eine positive Linse L_{ap} (erste positive Linse) enthalten und die folgende Ungleichung (11) kann erfüllt sein:

$$1,60 < N_{dap} < 2,00 \quad (11)$$

wobei N_{dap} einen Brechungsindex der positiven Linse L_{ap} für die d-Linie ist.

[0049] Die Ungleichung (11) definiert den Brechungsindex der positiven Linse L_{ap} . In einem Fall, in dem der Brechungsindex der positiven Linse L_{ap} höher als der obere Grenzwert der Ungleichung (11) ist, wird eine chromatische Dispersion groß und es wird schwierig eine longitudinale chromatische Aberration zu korrigieren. In einem Fall, in dem der Brechungsindex der positiven Linse L_{ap} niedriger als der untere Grenzwert der Ungleichung (11) ist, wird die Petzval-Summe des gesamten optischen Systems L_0 größer und es wird schwierig eine Feldkrümmung zu korrigieren.

[0050] In dem optischen System L_0 gemäß jedem Beispiel kann die hintere Einheit L_b eine positive Linse L_{bp} (zweite positive Linse) enthalten, und die folgende Ungleichung (12) kann erfüllt sein:

$$1,60 < N_{dbp} < 2,00 \quad (12)$$

wobei N_{dbp} ein Brechungsindex der positiven Linse L_{bp} für die d-Linie ist.

[0051] Die Ungleichung (12) definiert den Brechungsindex der positiven Linse L_{bp} . In einem Fall, in dem der Brechungsindex der positiven Linse L_{bp} höher als der obere Grenzwert der Ungleichung (12) ist, nimmt eine chromatische Dispersion zu und es wird schwierig eine longitudinale chromatische Aberration zu korrigieren. In einem Fall, in dem der Brechungsindex der positiven Linse L_{bp} niedriger als der untere Grenzwert der Ungleichung (12) ist, wird die Petzval-Summe des gesamten optischen Systems L_0 größer und es wird schwierig die Feldkrümmung zu korrigieren.

[0052] In dem optischen System L_0 gemäß jedem Beispiel kann die hintere Einheit L_b eine negative Linse L_{bn} (zweite negative Linse) enthalten und die folgende Ungleichung (13) kann erfüllt sein:

$$0,00 < N_{dbp} - N_{dbn} < 0,40 \quad (13)$$

wobei N_{dbn} ein Brechungsindex der negativen Linse L_{bn} für die d-Linie ist.

[0053] Die Ungleichung (13) definiert eine Brechungsindexdifferenz zwischen der positiven Linse L_{bp} und der negativen Linse L_{bn} . In einem Fall, in dem ein Material, das eine große Brechungsindexdifferenz aufweist, ausgewählt wird und der Wert von $N_{dbp} - N_{dbn}$ höher als der obere Grenzwert der Ungleichung (13) ist, wird eine Achromatisierung schwierig und es wird unzureichend eine longitudinale chromatische Aberration zu korrigieren. Ein Material, das eine kleine Brechungsindexdifferenz aufweist, wird ausgewählt und der Wert von $N_{dbp} - N_{dbn}$ ist niedriger als der untere Grenzwert der Ungleichung (13), wird die Petzval-Summe des gesamten optischen Systems L_0 größer und es wird schwierig die Feldkrümmung zu korrigieren.

[0054] Das optische System L_0 gemäß jedem Beispiel kann die folgende Ungleichung (14) erfüllen:

$$1,0 < \phi_p / \phi_a < 4,0 \quad (14)$$

wobei ϕ_a ein effektiver Durchmesser der Linse ist, die den größten effektiven Durchmesser in der vorderen Einheit L_a aufweist.

[0055] Die Ungleichung (14) definiert ein Verhältnis des effektiven Durchmessers der vorderen Einheit L_a zu dem effektiven Durchmesser der finalen Linse L_p , die am nächsten an der Bildebene angeordnet ist. In einem Fall, in dem der effektive Durchmesser der finalen Linse L_p größer wird und der Wert von ϕ_p / ϕ_a höher als der obere Grenzwert der Ungleichung (14) ist, wird das optische System L_0 in der radialen Richtung größer. In einem Falle, in dem der effektive Durchmesser der finalen Linse L_p kleiner wird und der Wert von ϕ_p / ϕ_a niedriger als der untere Grenzwert der Ungleichung (14) ist, wird es schwierig eine Nadelkissen-Typ-Verzerrung zu korrigieren und den Einfallswinkel auf die Bildebene zu unterdrücken.

[0056] Das optische System L_0 gemäß jedem Beispiel kann eine Vielzahl von Linsen enthalten. Vorzugsweise besteht die Vielzahl von Linsen aus 5 oder mehr und 8 oder weniger Linsen, um beides zu erreichen, sowohl eine hohe optische Leistung als auch eine Miniaturisierung.

[0057] Die Ungleichungen (4) bis (14) können durch die folgenden Gleichungen (4a) bis (14a) ersetzt werden:

$$0,15 < f / |f_a| < 1,40 \quad (4a)$$

$$0,7 < f_p / f < 5,0 \quad (5a)$$

$$0,2 < s_k / f < 0,6 \quad (6a)$$

$$0,70 < SPIP / TTL < 0,95 \quad (7a)$$

$$0,5 < (R_1 + R_2) / (R_2 - R_1) < 25,0 \quad (8a)$$

$$1,510 < N_{dn} < 4,1945 / v_{dn} + 1,500 \quad (9a)$$

$$0,15 < f_b / |f_a| < 8,50 \quad (10a)$$

$$1,61 < N_{dap} < 1,95 \quad (11a)$$

$$1,70 < N_{dbp} < 1,95 \quad (12a)$$

$$0,00 < N_{dbp} - N_{dbn} < 0,30 \quad (13a)$$

$$1,2 < \phi_p / \phi_a < 3,0 \quad (14a)$$

[0058] Die Ungleichungen (4) bis (14) können durch die folgenden Ungleichungen (4b) bis (14b) ersetzt werden:

$$0,19 < f / |f_a| < 1,30 \quad (4b)$$

$$0,9 < f_p / f < 4,2 \quad (5b)$$

$$0,3 < s_k / f < 0,5 \quad (6b)$$

$$0,76 < SPIP / TTL < 0,91 \quad (7b)$$

$$1,0 < (R_1 + R_2) / (R_2 - R_1) < 13,0 \quad (8b)$$

$$1,520 < N_{dn} < 4,1945 / v_{dn} + 1,470 \quad (9b)$$

$$0,19 < f_b / |f_a| < 7,50 \quad (10b)$$

$$1,615 < N_{dap} < 1,920 \quad (11b)$$

$$1,75 < N_{dbp} < 1,91 \quad (12b)$$

$$0,015 < N_{dbp} - N_{dbn} < 0,262 \quad (13b)$$

$$1,5 < \phi_p / \phi_a < 2,7 \quad (14b)$$

[0059] In dem optischen System L0 gemäß jedem Beispiel kann ein optisches Element, wie beispielsweise ein Abdeckglas oder ein IR-Sperrfilter zwischen der finalen Linse Lp und der Bildebene IP angeordnet sein. Eine Brechkraft einer Linse repräsentiert eine Brechkraft nahe der optischen Achse (paraxiale Position).

[0060] Eine detaillierte Beschreibung des optischen Systems L0 gemäß jedem Beispiel ist gegeben.

[0061] Das optische System L0 gemäß Beispiel 1 besteht aus, bzw. ist zusammengesetzt aus, in einer Reihenfolge von der Objektseite zu der Bildseite, einer vorderen Einheit La, einer Aperturblende SP und einer hinteren Einheit Lb, die als ein Ganzes eine positive Brechkraft aufweist. Die vordere Einheit La enthält eine einzelne positive Linse. Die hintere Einheit Lb enthält, in einer Reihenfolge von der Objektseite zu der Bildseite, eine verkittete (engl. cemented) Linse aus einer positiven Linse und einer negativen Linse, eine negative Linse, eine positive Linse und eine positive Linse.

[0062] Das optische System L0 gemäß Beispiel 2 besteht aus, in einer Reihenfolge von der Objektseite zu der Bildseite, einer vorderen Einheit La, einer Aperturblende SP und einer hinteren Einheit Lb, die als Ganzes eine positive Brechkraft aufweist. Die vordere Einheit La enthält, in einer Reihenfolge von der Objektseite zu der Bildseite, eine positive Linse und eine negative Linse. Die hintere Einheit Lb enthält, in einer Reihenfolge von der Objektseite zu der Bildseite, eine verkittete Linse aus einer negativen Linse und einer positiven Linse, eine negative Linse, eine negative Linse und eine positive Linse.

[0063] Das optische System L0 gemäß Beispiel 3 besteht aus, in einer Reihenfolge von der Objektseite zu der Bildseite, einer vorderen Einheit La, einer Aperturblende SP und einer hinteren Einheit Lb, die als Ganzes eine positive Brechkraft aufweist. Die vordere Einheit La enthält eine einzelne positive Linse. Die hintere Einheit Lb enthält, in einer Reihenfolge von der Objektseite zu der Bildseite, eine verkittete Linse aus einer negativen Linse und einer positiven Linse, eine negative Linse, eine negative Linse und eine positive Linse.

[0064] Das optische System L0 gemäß Beispiel 4 besteht aus, in einer Reihenfolge von der Objektseite zu der Bildseite, einer vorderen Einheit La, einer Aperturblende SP und einer hinteren Einheit Lb, die als Ganzes eine positive Brechkraft aufweist. Die vordere Einheit La enthält eine einzelne positive Linse. Die hintere Einheit Lb enthält, in einer Reihenfolge von der Objektseite zu der Bildseite, eine verkittete Linse aus einer negativen Linse und einer positiven Linse, eine negative Linse, eine negative Linse, eine negative Linse und eine positive Linse.

[0065] Das optische System L0 gemäß Beispiel 5 besteht aus, in einer Reihenfolge von der Objektseite zu der Bildseite, einer vorderen Einheit La, einer Aperturblende SP, und einer hinteren Einheit Lb, die als Ganzes eine positive Brechkraft aufweist. Die vordere Einheit La enthält, in einer Reihenfolge von der Objektseite zu der Bildseite, eine negative Linse und eine positive Linse. Die hintere Einheit Lb enthält, in einer Reihenfolge von der Objektseite zu der Bildseite, eine verkittete Linse aus einer positiven Linse und einer negativen Linse, eine negative Linse, eine positive Linse und eine positive Linse.

[0066] Das optische System L0 gemäß Beispiel 6 besteht aus, in einer Reihenfolge von der Objektseite zu der Bildseite, einer vorderen Einheit La, einer Aperturblende SP und einer hinteren Einheit Lb, die als Ganzes eine positive Brechkraft aufweist. Die vordere Einheit La enthält, in einer Reihenfolge von der Objektseite zu der Bildseite, eine verkittete Linse aus einer negativen Linse und einer positiven Linse. Die hintere Einheit Lb enthält, in einer Reihenfolge von der Objektseite zu der Bildseite, eine verkittete Linse aus einer positiven Linse und einer negativen Linse, eine negative Linse, eine positive Linse und eine positive Linse.

[0067] Das optische System L0 gemäß Beispiel 7 besteht aus, in einer Reihenfolge von der Objektseite zu der Bildseite, einer vorderen Einheit La, einer Aperturblende SP und einer hinteren Einheit Lb, die als Ganzes eine positive Brechkraft aufweist. Die vordere Einheit La enthält, in einer Reihenfolge von der Objektseite zu der Bildseite, eine negative Linse und eine positive Linse. Die hintere Einheit Lb enthält, in einer Reihenfolge von der Objektseite zu der Bildseite, eine positive Linse, eine verkittete Linse aus einer positiven Linse und einer negativen Linse, eine negative Linse, eine positive Linse und eine positive Linse.

[0068] Numerische Beispiele 1 bis 7, die den Beispielen 1 bis 7 entsprechend, sind im Folgenden veranschaulicht.

[0069] In Oberflächendaten jedes numerischen Beispiels repräsentiert r einen Krümmungsradius jeder optischen Oberfläche, und repräsentiert d (mm) einen auf der Achse liegenden Abstand (Abstand auf der optischen Achse) zwischen einer m -ten Oberfläche und einer $(m+1)$ -ten Oberfläche, wobei m die Oberflächenzahl gezählt von der Lichteinfallseite ist. n_d repräsentiert einen Brechungsindex jedes optischen Elements für die d -Linie und v_d repräsentiert eine Abbe-Zahl des optischen Elements. Die Abbe-Zahl v_d wird folgendermaßen ausgedrückt:

$$v_d = (N_d - 1) / (N_f - N_c)$$

wobei N_d , N_f und N_c jeweils Brechungsindices des optischen Elements auf der Grundlage der d -Linie (587,6 nm), der F -Linie (486,1 nm) und der C -Linie (656,3 nm) in der Fraunhofer-Linie sind.

[0070] In jedem numerischen Beispiel weist jeder von d , einer Brennweite (mm), einer Blendenzahl und eines Halbblickwinkels (Grad) einen Wert in einem Fall auf, in dem das optische System L0 gemäß jedem Beispiel im Fokus auf ein Objekt im Unendlichen (unendliches Objekt) ist. Ein „Backfokus (BF)“ ist ein Abstand auf der optischen Achse von der finalen Linsenoberfläche (Linsenoberfläche am nächsten an der Bildebene) zu einer paraxialen Bildebene im Hinblick, bzw. in Bezug auf eine Luftäquivalenzlänge. Eine „Gesamtobjektivlänge“ ist eine Länge, die durch Addieren des Backfokus zu einem Abstand auf der optischen Achse von der vordersten Oberfläche (Linsenoberfläche am nächsten an dem Objekt) zu der finalen Oberfläche des optischen Systems L0 erhalten wird.

[0071] In einem Fall, in dem die optische Oberfläche asphärisch ist, ist ein Sternchen * an der rechten Seite der Oberflächenzahl hinzugefügt. Die asphärische Form wird wie folgt ausgedrückt:

$$x = \frac{(1/R)H^2}{1 + \sqrt{1 - (1+K)(H/R)^2}} + A3 \times |H|^3 + A4 \times |H|^4 + A5 \times |H|^5 + A6 \times |H|^6 \\ + A7 \times |H|^7 + A8 \times |H|^8 + A9 \times |H|^9 + A10 \times |H|^{10} + A11 \times |H|^{11} + \\ + A12 \times |H|^{12} + A13 \times |H|^{13} + A14 \times |H|^{14}$$

wobei X eine Versetzungsausmaßen (engl. displacement amount) von einem Oberflächenscheitel, bzw. Oberflächenscheitelpunkt in der optischen Achsenrichtung ist, H eine Höhe von der optischen Achse in eine Richtung orthogonal zu der optischen Achse ist, R ein paraxialer Krümmungsradius ist, K eine konische Konstante ist, A3 bis A15 asphärische Koeffizienten von jeweiligen Ordnungen sind. „e±XX“ bedeutet „×10±XX“.

Numerisches Beispiel 1

[0072] Einheit: mm

Oberflächendaten

Oberfläche Nummer	r	d	nd	vd	Effektiver Durchmesser
1	6,260	0,86	1,72916	54,7	4,80
2	10,445	0,67			4,58
3 (stop)	∞	0,90			4,47
4	6,769	1,21	1,90043	37,4	4,14
5	-17,277	0,50	1,74077	27,8	3,80
6	5,222	1,38			3,35
7*	-17,501	0,71	1,63560	23,9	4,36
8*	-102,984	1,65			5,27
9*	-6,645	1,30	1,63560	23,9	7,43
10*	-6,698	0,36			8,53
11*	5,559	1,95	1,53500	56,0	12,13
12*	7,159	(variabel)			12,62
Bildebene	∞				

[0073] Asphärische Daten

7. Oberfläche

K = 0,00000e+00 A4=-1,07563e-02 A6=-1,05029e-02 A8=-6,35129e-04 A3= 4,83637e-03 A5= 1,12736e-02 A7= 4,29894e-03

[0074] 8. Oberfläche

K = 0,00000e+00 A4= 7,30840e-03 A6=-4,56636e-04 A8=-9,60399e-05 A3=-2,56213e-03 A5=-4,86845e-03 A7= 7,05515e-04

[0075] 9. Oberfläche

K = 1,46022e+00 A4= 3,50415e-02 A6= 2,52119e-04 A8=-1,67257e-04 A10= 2,35759e-06 A3=-1,55185e-02 A5=-1,27191e-02 A7= 8,24290e-04

[0076] 10. Oberfläche

K =-1,25577e+00 A4= 1,62098e-02 A6= 1,87296e-03 A8= 5,42303e-06 A10=-2,12988e-08 A3=-3,98973e-03 A5=-8,68766e-03 A7=-1,76229e-04

[0077] 11. Oberfläche

K =-1,44696e+01 A4= 7,50341e-03 A6= 1,22100e-03 A8=-8,39694e-05 A10=-4,58570e-07 A3= 3,44333e-03 A5=-6,75667e-03 A7= 1,70998e-04 A9= 1,04779e-05

[0078] 12. Oberfläche

K = -1,20114e+01 A4 = -8,25372e-03 A6 = -4,77190e-03 A8 = -2,89053e-04 A10 = -1,08364e-06 A3 = 2,30350e-03
 A5 = 7,76429e-03 A7 = 1,58451e-03 A9 = 2,76387e-05

Verschiedene Daten

Brennweite:	13,82
Blendenzahl:	2,88
Halbblickwinkel (°):	29,72
Bildhöhe:	7,89
Gesamtobjektivlänge:	16,32
Backfokus:	4,83
d12:	4,83

Einzellinsendaten

Linse	Startoberfläche	Brennweite
1	1	19,72
2	4	5,53
3	5	-5,36
4	7	-33,28
5	9	154,89
6	11	32,60

Numerisches Beispiel 2

[0079] Einheit: mm

Oberflächendaten

Oberfläche Nummer	r	d	nd	vd	Effektiver Durchmesser
1	8,535	1,78	1,72916	54,7	8,35
2	54,576	1,59			7,97
3	1116,973	0,50	1,76182	26,5	6,96
4	15,804	1,18			6,63
5 (Stop)	∞	1,00			6,34
6	-16,891	0,50	1,63980	34,5	6,09
7	5,764	2,04	1,90043	37,4	5,98
8	-19,006	0,33			6,27
9*	9,018	0,55	1,61550	25,8	6,74
10*	6,674	2,94			7,04
11*	-4,712	1,80	1,67070	19,3	7,95
12*	-6,144	0,16			9,79
13*	8,031	1,93	1,53110	56,0	12,23
14*	10,796	(variabel)			13,08
Bildebene	∞				

[0080] Asphärische Daten

9. Oberfläche

K = 0,00000e+00 A4=-1,84389e-03 A6=-1,16302e-04 A8= 4,41572e-06 A10= 1,25231e-07
A12=-7,95831e-09

[0081] 10. Oberfläche

K = 0,00000e+00 A4=-1,02522e-03 A6=-1,31968e-04 A8= 8,52375e-06 A10=-9,50218e-08
A12=-2,02084e-09

[0082] 11. Oberfläche

K = 0,00000e+00 A4= 5,16315e-03 A6=-3,54315e-04 A8= 2,68121e-05 A10=-1,19044e-06 A12=
2,36728e-08

[0083] 12. Oberfläche

K = 0,00000e+00 A4= 1,70854e-03 A6=-8,20838e-05 A8= 4,87853e-06 A10=-1,77527e-07 A12=
2,49283e-09

[0084] 13. Oberfläche

K = -9,97557e+00 A4=-1,35719e-03 A6= 1,42774e-05 A8= 8,19110e-07 A10=-4,84714e-08 A12=
9,59127e-10 A14=-6,48919e-12

[0085] 14. Oberfläche

K = -2,08501e+01 A4=-9,41503e-04 A6=-1,72682e-05 A8= 1,41035e-06 A10=-4,48295e-08 A12=
6,50318e-10 A14=-3,78611e-12

Verschiedene Daten

Brennweite:	17,20
Blendenzahl:	2,06
Halbblickwinkel (°):	24,65
Bildhöhe:	7,89
Gesamtobjektivlänge:	21,52
Backfokus:	5,22
d14:	5,22

Einzellinsendaten

Linse	Startoberfläche	Brennweite
1	1	13,65
2	3	-21,05
3	6	-6,66
4	7	5,11
5	9	-45,81
6	11	-60,86
7	13	47,55

Numerisches Beispiel 3

[0086] Einheit: mm

Oberflächendaten

Oberfläche Nummer	r	d	nd	vd	Effektiver Durchmes- ser
1	4,707	1,13	1,61800	63,4	5,68
2	9,145	1,07			4,97

Oberflächendaten

Oberfläche Nummer	r	d	nd	vd	Effektiver Durchmes- ser
3 (Stop)	∞	0,88			3,73
4	-13,939	0,40	1,60342	38,0	3,47
5	4,094	1,49	1,85150	40,8	3,37
6	-10,702	0,16			3,89
7*	-20,317	0,92	1,63560	23,9	4,05
8*	16,176	2,24			4,80
9*	-2,684	1,11	1,67070	19,3	5,38
10*	-4,213	0,07			7,49
11	144,002	2,21	1,90366	31,3	11,56
12	-15,708	(variabel)			12,19
Bildebene	∞				

[0087] Asphärische Daten

7. Oberfläche

K = 0,00000e+00 A4=-4,18307e-03 A6= 1,49689e-03 A8=-8,47348e-04 A10= 2,67501e-04
A12=-3,97751e-05 A14= 2,16051e-06

[0088] 8. Oberfläche

K = 0,00000e+00 A4=-2,16772e-03 A6= 5,73321e-04 A8=-1,35772e-04 A10= 2,41817e-05
A12=-1,37987e-06 A14=-9,50059e-09

[0089] 9. Oberfläche

K =-4,70448e+00 A4=-2,76003e-02 A6= 5,61591e-03 A8=-1,38408e-03 A10= 2,30576e-04
A12=-2,32076e-05 A14= 9,79590e-07

[0090] 10. Oberfläche

K = 0,00000e+00 A4= 1,27980e-03 A6= 5,55638e-05 A8=-5,37022e-06 A10= 9,26509e-07
A12=-6,95746e-08 A14= 2,53834e-09

Verschiedene Daten

Brennweite:	12,64
Blendenzahl:	2,91
Halbblickwinkel (°):	31,97
Bildhöhe:	7,89
Gesamtobjektivlänge:	15,87
Backfokus:	4,19
d12:	4,19

Einzellinsendaten

Linse	Startoberfläche	Brennweite
1	1	14,30
2	4	- 5,20
3	5	3,65
4	7	-14,03
5	9	-15,58

Linse	Startoberfläche	Brennweite
6	11	15,78

Numerisches Beispiel 4

[0091] Einheit: mm

Oberflächendaten

Oberfläche Nummer	r	d	nd	vd	Effektiver Durchmesser
1	4,508	1,10	1,69680	55,5	5,41
2	10,717	1,00			4,80
3 (stop)	∞	1,02			3,90
4	-13,463	0,40	1,69895	30,1	3,43
5	4,776	1,39	1,83481	42,7	3,91
6	-9,237	0,16			4,36
7*	-16,299	0,43	1,53110	55,9	4,46
8*	-187,887	1,34			4,77
9	-2,854	0,86	1,92286	20,9	4,91
10	-4,834	0,42			6,52
11*	-4,029	0,55	1,53110	55,9	6,64
12*	-5,433	0,15			8,35
13	132,002	2,50	2,00100	29,1	12,25
14	-13,257	(variabel)			12,81
Bildebene	∞				

[0092] Asphärische Daten

7. Oberfläche

K = 0,00000e+00 A4=-8,03294e-03 A6= 6,42603e-04 A8=-1,71864e-05 A10=-2,18210e-05 A12= 5,95829e-06 A14=-3,26994e-07

[0093] 8. Oberfläche

K = 0,00000e+00 A4=-9,37478e-03 A6= 5,54245e-04 A8=-6,69460e-05 A10=-6,99311e-06 A12= 1,91513e-06 A14=-4,31530e-08

[0094] 11. Oberfläche

K = 0,00000e+00 A4= 2,04929e-03 A6= 2,43258e-04 A8=-7,52984e-05 A10= 7,10962e-06 A12=-4,53349e-07 A14= 1,70146e-08

[0095] 12. Oberfläche

K = 0,00000e+00 A4= 2,56257e-03 A6= 2,07946e-04 A8=-4,35551e-05 A10= 3,28693e-06 A12=-1,10371e-07 A14= 1,45867e-09

Verschiedene Daten

Brennweite:	12,94
Blendenzahl:	2,80
Halbblickwinkel (°):	31,36
Bildhöhe:	7,89
Gesamtobjektivlänge:	15,50
Backfokus:	4,19

d14:

4,19

Einzellinsendaten

Linse	Startoberfläche	Brennweite
1	1	10,41
2	4	-5,00
3	5	3,95
4	7	-33,63
5	9 -	9,55
6	11 -	33,93
7	13	12,14

Numerisches Beispiel 5

[0096] Einheit: mm

Oberflächendaten

Oberfläche Nummer	r	d	nd	vd	Effektiver Durchmesser
1	-11,704	0,29	1,59270	35,3	5,34
2	4,905	0,08			4,65
3	5,130	1,22	1,91082	35,2	4,63
4	-29,778	0,32			4,26
5 (stop)	∞	0,92			4,17
6	5,703	1,26	1,87070	40,7	3,92
7	-8,099	0,18	1,76182	26,5	3,61
8	5,381	0,68			3,38
9*	-21,874	0,63	1,53500	56,0	3,81
10*	-135,199	1,97			4,63
11*	-5,817	1,59	1,53500	56,0	8,06
12*	-5,050	0,18			8,94
13*	6,415	1,77	1,53500	56,0	11,65
14*	8,812	(variabel)			12,22
Bildebene	∞				

[0097] Asphärische Daten

9. Oberfläche

K = 0,00000e+00 A4=-2,23331e-02 A6=-1,37107e-02 A8=-4,99539e-04 A3= 1,02926e-02 A5= 2,10970e-02
A7= 4,33469e-03

[0098] 10. Oberfläche

K = 0,00000e+00 A4=-1,34981e-02 A6=-8,17785e-03 A8=-2,49052e-04 A3= 1,01369e-02 A5= 1,34718e-02
A7= 2,44157e-03

[0099] 11. Oberfläche

K =-3,44235e+01 A4=-1,31612e-02 A6=-6,61143e-03 A8=-1,37858e-04 A10= 6,72689e-07 A3= 3,65090e-04
A5= 1,47395e-02 A7= 1,44729e-03

[0100] 12. Oberfläche

K = -3,08794e+00 A4 = -4,69366e-02 A6 = -9,52789e-03 A8 = -1,71551e-04 A10 = 7,65261e-07 A3 = 4,54234e-02
A5 = 2,71741e-02 A7 = 1,88545e-03

[0101] 13. Oberfläche

K = -4,72297e+01 A4 = -3,62984e-02 A6 = -3,40402e-03 A8 = -8,43606e-05 A10 = -2,63594e-07 A3 =
5,57242e-02 A5 = 1,28857e-02 A7 = 6,48527e-04 A9 = 6,89276e-06

[0102] 14. Oberfläche

K = -1,98741e+01 A4 = -2,10859e-02 A6 = -5,43361e-03 A8 = -2,11629e-04 A10 = -6,17168e-07 A3 = 1,69037e-02
A5 = 1,31038e-02 A7 = 1,38770e-03 A9 = 1,76760e-05

Verschiedene Daten

Brennweite:	10,39
Blendenzahl:	2,55
Halbblickwinkel (°):	37,20
Bildhöhe:	7,89
Gesamtobjektivlänge:	15,65
Backfokus:	4,54
d14:	4,54

Einzellinsendaten

Linse	Startoberfläche	Brennweite
1	1	-5,79
2	3	4,89
3	6	4,01
4	7	-4,22
5	9	-48,87
6	11	41,54
7	13	35,08

Numerisches Beispiel 6

[0103] Einheit: mm

Oberflächendaten

Oberfläche Nummer	r	d	nd	vd	Effektiver Durchmesser
1	-9,182	0,26	1,59270	35,3	5,05
2	7,573	1,16	1,91082	35,2	4,55
3	-15,973	0,36			4,19
4 (Stop)	∞	0,95			3,70
5	5,201	1,28	1,87070	40,7	3,52
6	-11,975	0,18	1,76182	26,5	3,23
7	4,561	0,76			3,42
8*	-85,757	0,61	1,53500	56,0	3,99
9*	-3646,869	1,98			4,79
10*	-4,133	1,32	1,53500	56,0	8,03

Oberflächendaten

Oberfläche Nummer	r	d	nd	vd	Effektiver Durchmesser
11*	-3,726	0,08			8,68
12*	6,434	1,79	1,53500	56,0	11,47
13*	8,046	(variabel)			11,95
Bildebene	∞				

[0104] Asphärische Daten

8. Oberfläche

K = 0,00000e+00 A4=-2,15591e-02 A6=-1,45344e-02 A8=-6,45412e-04 A3= 7,31285e-03 A5= 2,05408e-02 A7= 4,98873e-03

[0105] 9. Oberfläche

K = 0,00000e+00 A4=-1,38627e-02 A6=-7,94143e-03 A8=-2,15749e-04 A3= 6,84598e-03 A5= 1,26489e-02 A7= 2,30518e-03

[0106] 10. Oberfläche

K =-1,83110e+01 A4=-1,28739e-02 A6=-6,60464e-03 A8=-1,38472e-04 A10= 5,89377e-07 A3=-4,50600e-03 A5= 1,51074e-02 A7= 1,45049e-03

[0107] 11. Oberfläche

K =-4,49148e+00 A4=-4,78510e-02 A6=-9,42635e-03 A8=-1,74438e-04 A10= 6,95369e-07 A3= 3,87383e-02 A5= 2,75181e-02 A7= 1,89210e-03

[0108] 12. Oberfläche

K =-5,38183e+01 A4=-3,59530e-02 A6=-3,36121e-03 A8=-8,55245e-05 A10=-2,45687e-07 A3= 5,16366e-02 A5= 1,29027e-02 A7= 6,49569e-04 A9= 6,80215e-06

[0109] 13. Oberfläche

K =-2,25124e+01 A4=-2,20658e-02 A6=-5,43967e-03 A8=-2,11458e-04 A10=-6,20841e-07 A3= 1,55469e-02 A5= 1,34176e-02 A7= 1,38383e-03 A9= 1,77223e-05

Verschiedene Daten

Brennweite:	10,39
Blendenzahl:	2,86
Halbblickwinkel (°):	37,20
Bildhöhe:	7,89
Gesamtobjektivlänge:	15,55
Backfokus:	4,83
d13:	4,83

Einzellinsendaten

Linse	Startoberfläche	Brennweite
1	1	-6,96
2	2	5,78
3	5	4,31
4	6	-4,31
5	8	-164,16
6	10	33,15
7	12	43,30

Numerisches Beispiel 7

[0110] Einheit: mm

Oberflächendaten

Oberfläche Nummer	r	d	nd	vd	Effektiver Durchmesser
1*	-3586,364	0,50	1,58313	59,4	4,98
2*	3,305	0,40			4,07
3	6,805	1,15	1,72916	54,7	3,97
4	-20,438	0,41			3,51
5 (stop)	∞	0,92			3,45
6	6,513	1,36	1,75500	52,3	4,01
7	-6,331	0,11			4,25
8	-8,195	1,51	1,65844	50,9	4,27
9	-3,404	0,50	1,73800	32,3	4,52
10	13,112	1,15			5,05
11*	-10,477	0,56	1,53500	56,0	5,24
12*	-12,314	0,82			6,05
13*	-4,165	1,53	1,53500	56,0	7,58
14*	-4,049	0,18			8,44
15*	4,151	1,87	1,53500	56,0	12,30
16*	4,590	(variabel)			12,86
Bildebene	∞				

[0111] Asphärische Daten

1. Oberfläche

K = 0,00000e+00 A4=-1,58804e-02 A6= 2,24199e-03 A8= 1,83096e-04 A3=-3,16093e-03 A5= 4,71244e-03
A7=-1,32163e-03

[0112] 2. Oberfläche

K = 4,72161e-01 A4=-1,76482e-02 A6= 1,39866e-03 A8=-9,37739e-05 A3=-5,29217e-03 A5= 3,59190e-03
A7=-4,59994e-04

[0113] 11. Oberfläche

K = 0,00000e+00 A4=-1,05979e-02 A6=-2,78920e-04 A8= 1,32419e-04 A10=-5,02271e-06

[0114] 12. Oberfläche

K = 0,00000e+00 A4=-5,08433e-03 A6=-3,11798e-04 A8= 1,12668e-04 A10=-4,13907e-06

[0115] 13. Oberfläche

K =-1,22936e+01 A4= 9,88450e-03 A6= 2,44515e-03 A8= 8,11852e-05 A10=-7,20367e-07 A3=-8,89814e-03
A5=-5,23719e-03 A7=-6,59829e-04

[0116] 14. Oberfläche

K =-1,34110e+00 A4=-1,16917e-04 A6=-1,54999e-03 A8=-3,18547e-05 A10=-6,97583e-08
A3=-3,16936e-03 A5= 3,22415e-03 A7= 3,73888e-04

[0117] 15. Oberfläche

K =-1,12242e+00 A4=-2,35753e-02 A6=-4,14295e-03 A8=-1,53627e-04 A10=-4,33086e-07 A3=
4,45348e-03 A5= 1,17935e-02 A7= 1,01655e-03 A9= 1,26550e-05

[0118] 16. Oberfläche

K = -6,08828e-01 A4 = -1,82200e-02 A6 = -1,43596e-03 A8 = -3,10115e-05 A10 = -5,37345e-08 A3 = 5,03772e-03
 A5 = 6,01578e-03 A7 = 2,59656e-04 A9 = 2,01631e-06

Verschiedene Daten

Brennweite:	8,79
Blendenzahl:	2,88
Halbblickwinkel (°):	41,92
Bildhöhe:	7,89
Gesamtobjektivlänge:	17,05
Backfokus:	4,07
d16:	4,07

Einzellinsendaten

Linse	Startoberfläche	Brennweite
1	1	-5,66
2	3	7,13
3	6	4,46
4	8	7,86
5	9	-3,62
6	11	-147,00
7	13	48,53
8	15	32,60

[0119] Die unten aufgezeigte Tabelle 1 fasst verschiedene Werte in jedem numerischen Ausführungsbeispiel zusammen. „Bsp.“ Repräsentiert ein Beispiel und jede Klammer repräsentiert eine zugehörige Ungleichung.

Tabelle 1

	Bsp.1	Bsp.2	Bsp.3	Bsp.4	Bsp.5	Bsp.6	Bsp.7
(1)	1,034	1,364	1,006	0,982	0,991	0,985	1,081
(2)	1,700	1,748	1,791	1,844	1,713	1,677	1,643
(3)	2,615	2,503	2,909	3,054	2,690	2,475	3,160
(4)	0,701	0,626	0,884	1,243	0,418	0,377	0,194
(5)	2,359	2,765	1,248	0,938	3,375	4,166	3,711
(6)	0,349	0,304	0,332	0,324	0,437	0,465	0,463
(7)	0,906	0,766	0,861	0,864	0,878	0,886	0,856
(8)	1,409	7,583	4,512	6,738	1,386	1,048	12,408
(9)	1,636	1,671	1,671	1,531	1,535	1,535	1,535
(10)	1,894	0,953	1,955	7,465	0,607	0,525	0,192
(11)	1,729	1,729	1,618	1,697	1,911	1,911	1,729
(12)	1,900	1,900	1,852	1,835	1,871	1,871	1,755
(13)	0,160	0,261	0,248	0,136	0,109	0,109	0,017
(14)	2,630	1,567	2,146	2,366	1,901	1,919	2,583

Bildaufnahmegerät

[0120] Bezugnehmend auf **Fig. 15** ist im Folgenden ein Beispiel einer digitalen Fotokamera 10 (Bildaufnahmegerät) unter Verwendung des optischen Systems L0 gemäß der Offenbarung als ein bildgebendes optisches System bzw. ein optisches Abbildungssystem beschrieben. In **Fig. 15** bezeichnet Bezugszeichen 13 einen Kamerakörper und bezeichnet Bezugszeichen 11 ein bildgebendes optisches System, das eines der in Beispielen 1 bis 7 beschriebenen optischen Systeme L0 enthält. Bezugszeichen 12 bezeichnet einen Festkörper-Bildsensor (fotoelektrisches Umwandlungselement), wie beispielsweise einen CCD-Sensor oder einen CMOS-Sensor, der in dem Kamerakörper 13 eingebaut ist und ein optisches Bild, das durch das bildgebende optische System 11 ausgebildet wird, empfängt und fotoelektrisch umwandelt. Der Kamerakörper 13 kann eine sogenannte Spiegelreflexkamera (engl. single-lens reflex camera) sein, die einen Schnelldrehspiegel (engl. quick turn mirror) oder eine sogenannte spiegellose Kamera ohne einen Schnelldrehspiegel aufweist.

[0121] Ein Anwenden des optischen Systems L0 der Offenbarung auf ein Bildaufnahmegerät, wie beispielsweise eine digitale Fotokamera, kann ein Bildaufnahmegerät mit einem kompakten Objektiv bereitstellen.

[0122] Während die Offenbarung mit Bezug zu den Ausführungsbeispielen beschrieben wurde, gilt es zu verstehen, dass die Offenbarung nicht auf die offenbarten Ausführungsbeispiele beschränkt ist. Der Umfang der folgenden Ansprüche ist weitest möglich zu interpretieren, um all solche Modifikationen und äquivalenten Strukturen und Funktionen einzuschließen.

[0123] Ein optisches System, mit, in einer Reihenfolge von einer Objektseite zu einer Bildseite, einer vorderen Einheit, einer Aperturblende und einer hinteren Einheit mit einer positiven Brechkraft als ein Ganzes. Die hintere Einheit enthält eine finale Linse, die am nächsten an der Bildseite angeordnet ist, und eine positive Brechkraft aufweist. Eine Anzahl von Ungleichungen in Bezug auf das räumliche Verhältnis zwischen den Linsen und deren Brechkraften sind erfüllt.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- JP 2020115174 [0003, 0004]

Patentansprüche

1. Optisches System, mit, in einer Reihenfolge von einer Objektseite zu einer Bildseite, einer vorderen Einheit, einer Aperturblende und einer hinteren Einheit, die als Ganzes eine positive Brechkraft aufweist, wobei die hintere Einheit eine finale Linse enthält, die am nächsten an einer Bildebene angeordnet ist und eine positive Brechkraft aufweist, und wobei die folgenden Ungleichungen erfüllt sind:

$$0,5 < TTL / \phi_i < 1,4$$

$$1,64 < PN_{dave} < 2,00$$

$$2,0 < \phi_p / sk < 4,0$$

wobei TTL ein Abstand auf einer optischen Achse von einer Linsenoberfläche auf einer Objektseite einer Linse, die am nächsten an einem Objekt in dem optischen System angeordnet ist, zu der Bildebene ist, ϕ_i ein Durchmesser eines Bildkreises ist, PN_{dave} ein Durchschnittswert von Brechungsindices für eine d-Linie aller positiven Linsen, die in dem optischen System enthalten sind, ist, ϕ_p ein effektiver Durchmesser einer Linsenoberfläche auf der Bildseite der finalen Linse ist, und sk eine Luftumwandlungslänge eines Abstands auf der optischen Achse von der Linsenoberfläche auf der Bildseite der finalen Linse zu der Bildebene ist.

2. Optisches System nach Anspruch 1, wobei die folgende Ungleichung erfüllt ist:

$$0,1 < f / |fa| < 1,5$$

wobei fa eine Brennweite der vorderen Einheit ist, und f eine Brennweite des optischen Systems ist.

3. Optisches System nach Anspruch ab 1 oder 2, wobei folgende Ungleichung erfüllt ist:

$$0,6 < fp / f < 6,0$$

wobei fp eine Brennweite der finalen Linse ist, und f eine Brennweite des optischen Systems ist.

4. Optisches System nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die folgende Ungleichung erfüllt ist:

$$0,1 < sk / f < 0,7$$

wobei f eine Brennweite des optischen Systems ist.

5. Optisches System nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die folgende Ungleichung erfüllt ist:

$$0,6 < SPIP / TTL < 1,0$$

wobei SPIP ein Abstand auf der optischen Achse von der Aperturblende zu der Bildebene ist.

6. Optisches System nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die hintere Einheit mindestens vier Linsen enthält.

7. Optisches System nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die hintere Einheit eine negative Linse enthält, die auf der Objektseite der finalen Linse angeordnet ist.

8. Optisches System nach Anspruch 7, wobei die folgende Ungleichung erfüllt ist:

$$0,0 < (R1 + R2) / (R2 - R1) < 50,0$$

wobei $R1$ ein paraxialer Krümmungsradius einer Linsenoberfläche auf der Objektseite der negativen Linse ist, und $R2$ ein paraxialer Krümmungsradius einer Linsenoberfläche auf der Bildseite der negativen Linse ist.

9. Optisches System nach Anspruch 7 oder 8, wobei die folgende Ungleichung erfüllt ist:

$$1,500 < N_{dn} < 4,1945 / v_{dn} + 1,520$$

wobei N_{dn} ein Brechungsindex der negativen Linse für die d-Linie ist, und v_{dn} eine Abbe-Zahl der negativen Linse auf der Grundlage der d-Linie ist.

10. Optisches System nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei die folgende Ungleichung erfüllt ist:

$$0,10 < f_b / |f_a| < 10,00$$

wobei f_a eine Brennweite der vorderen Einheit ist, und f_b eine Brennweite der hinteren Einheit ist.

11. Optisches System nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei die vordere Einheit eine positive Linse enthält und die folgende Ungleichung erfüllt ist:

$$1,60 < N_{dap} < 2,00$$

wobei N_{dap} ein Brechungsindex der positiven Linse für die d-Linie ist.

12. Optisches System nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei die hintere Einheit eine positive Linse enthält und die folgende Ungleichung erfüllt ist:

$$1,60 < N_{dbp} < 2,00$$

wobei N_{dbp} ein Brechungsindex der positiven Linse für die d-Linie ist.

13. Optisches System nach Anspruch 12, wobei die hintere Einheit eine negative Linse enthält und die folgende Ungleichung erfüllt ist:

$$0,0 < N_{dbp} - N_{dbn} < 0,4$$

wobei N_{dbn} ein Brechungsindex der negativen Linse für die d-Linie ist.

14. Optisches System nach einem der Ansprüche 1 bis 13, wobei die folgende Ungleichung erfüllt ist:

$$1,0 < \phi_p / \phi_a < 4,0$$

wobei ϕ_a ein effektiver Durchmesser der Linse ist, die einen größten effektiven Durchmesser in der vorderen Einheit aufweist.

15. Optisches System nach einem der Ansprüche 1 bis 14, wobei das optische System aus 5 oder mehr und 8 oder weniger Linsen besteht.

16. Optisches System nach einem der Ansprüche 1 bis 15, wobei die vordere Einheit aus einer einzelnen positiven Linse besteht.

17. Bildaufnahmegerät, mit:
dem optischen System nach einem der Ansprüche 1 bis 16; und
einem Bildsensor, der dazu eingerichtet ist, ein durch das optische System ausgebildetes Bild zu empfangen.

Es folgen 9 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

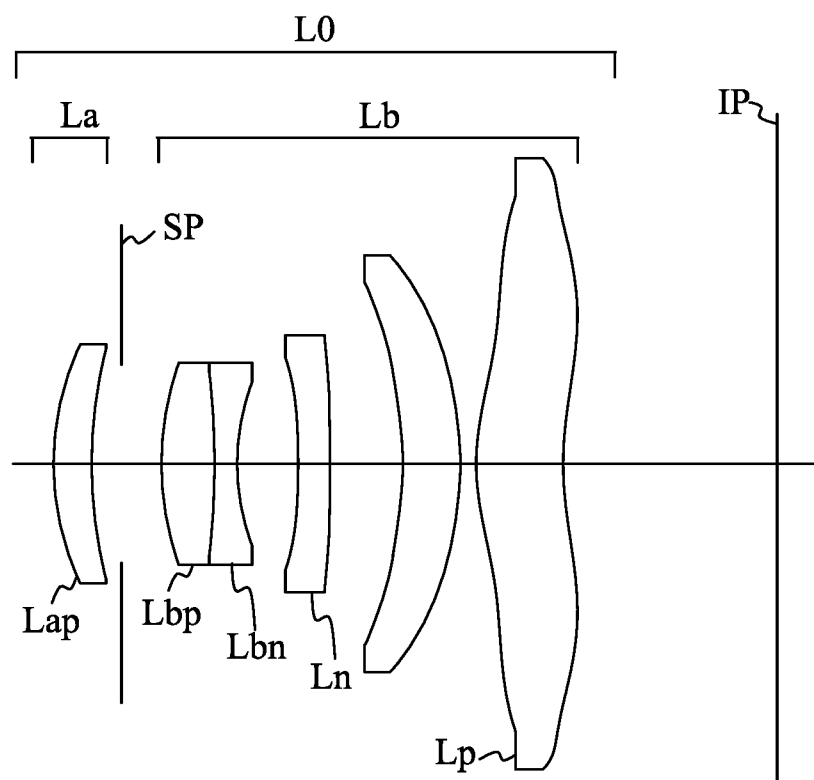


FIG. 1

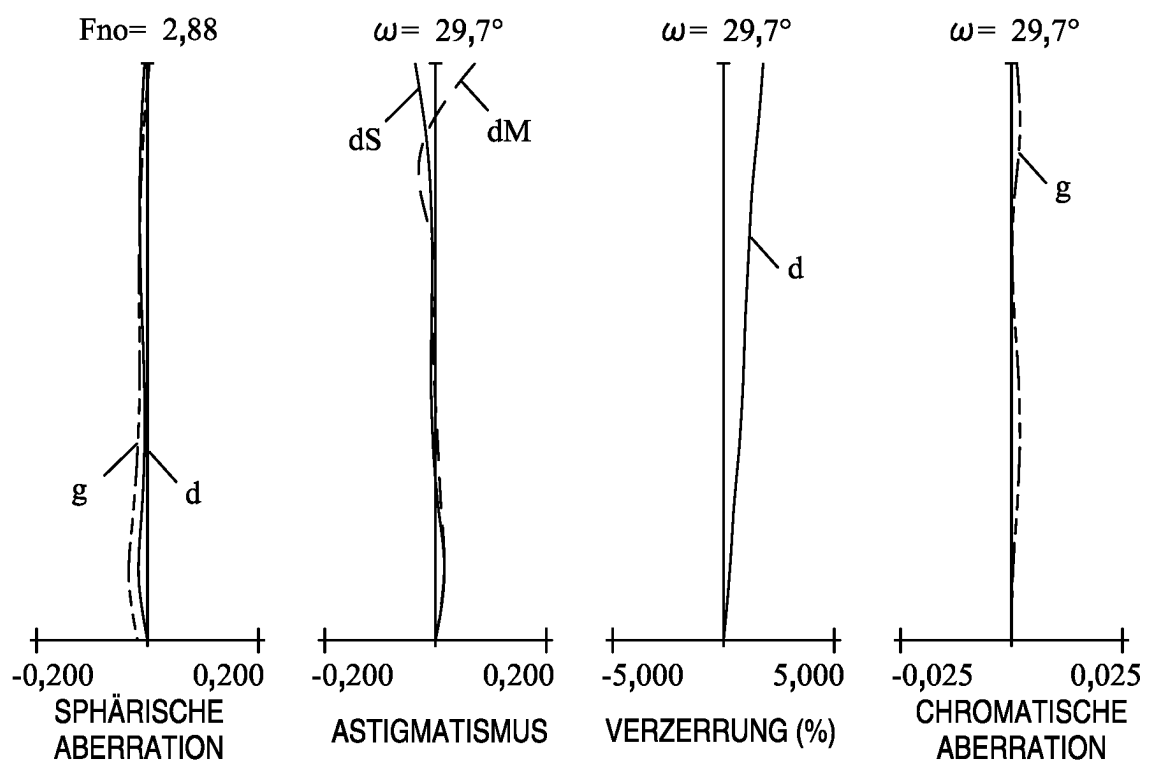


FIG. 2

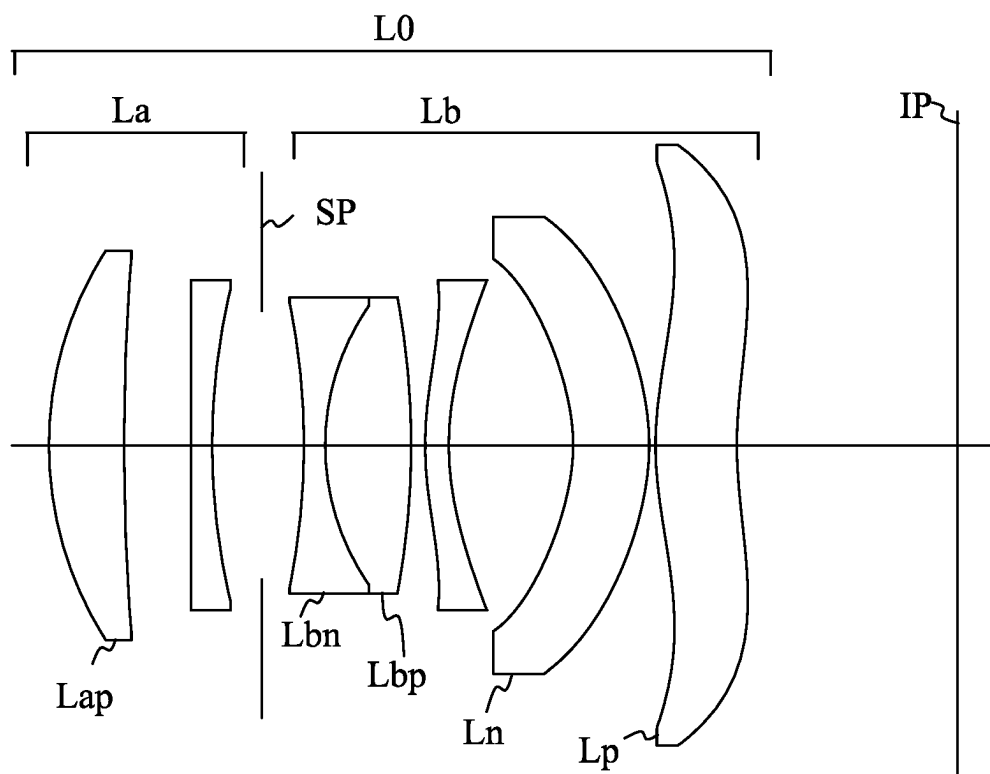


FIG. 3

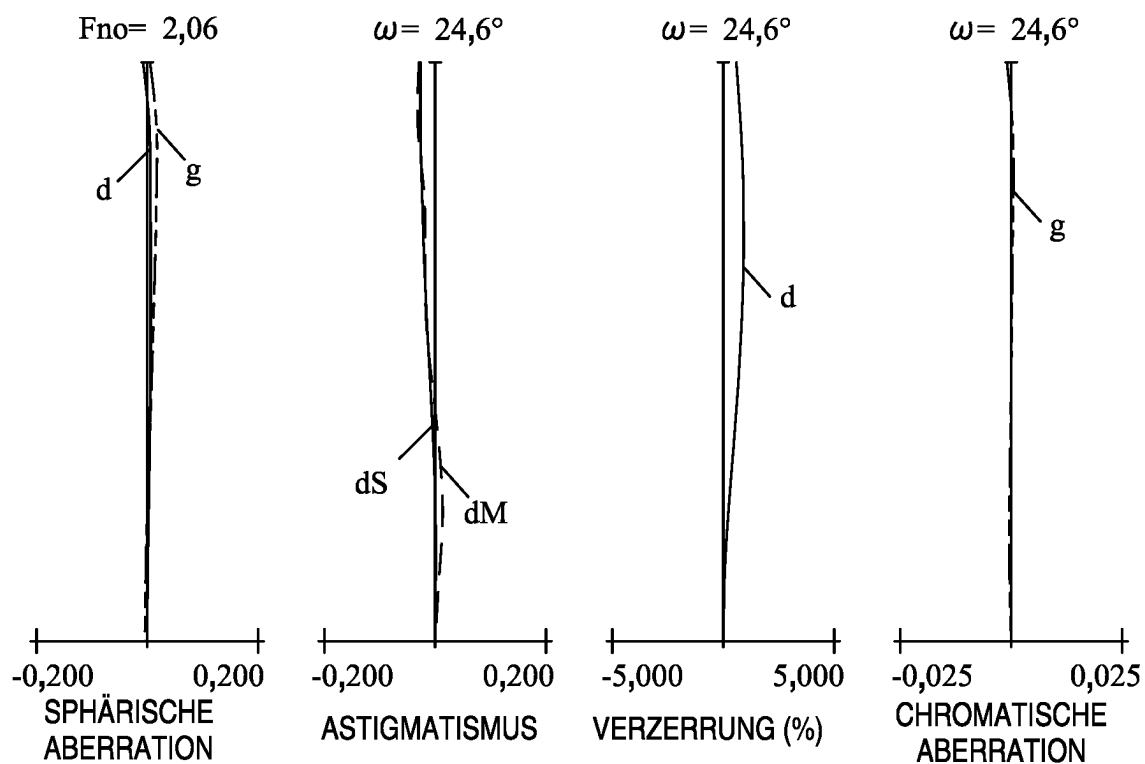


FIG. 4

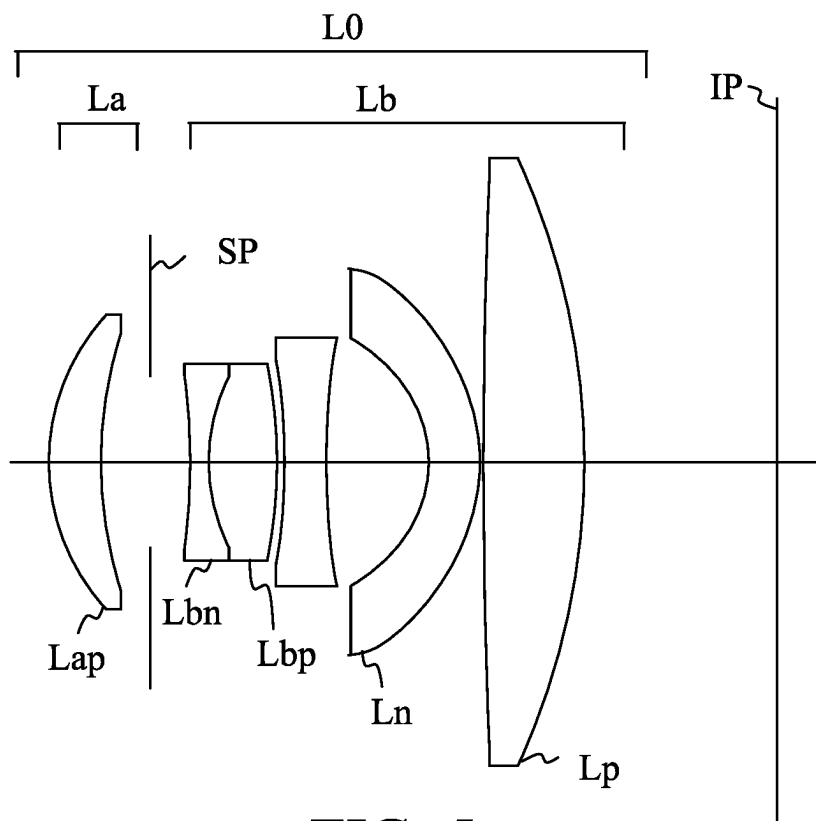


FIG. 5

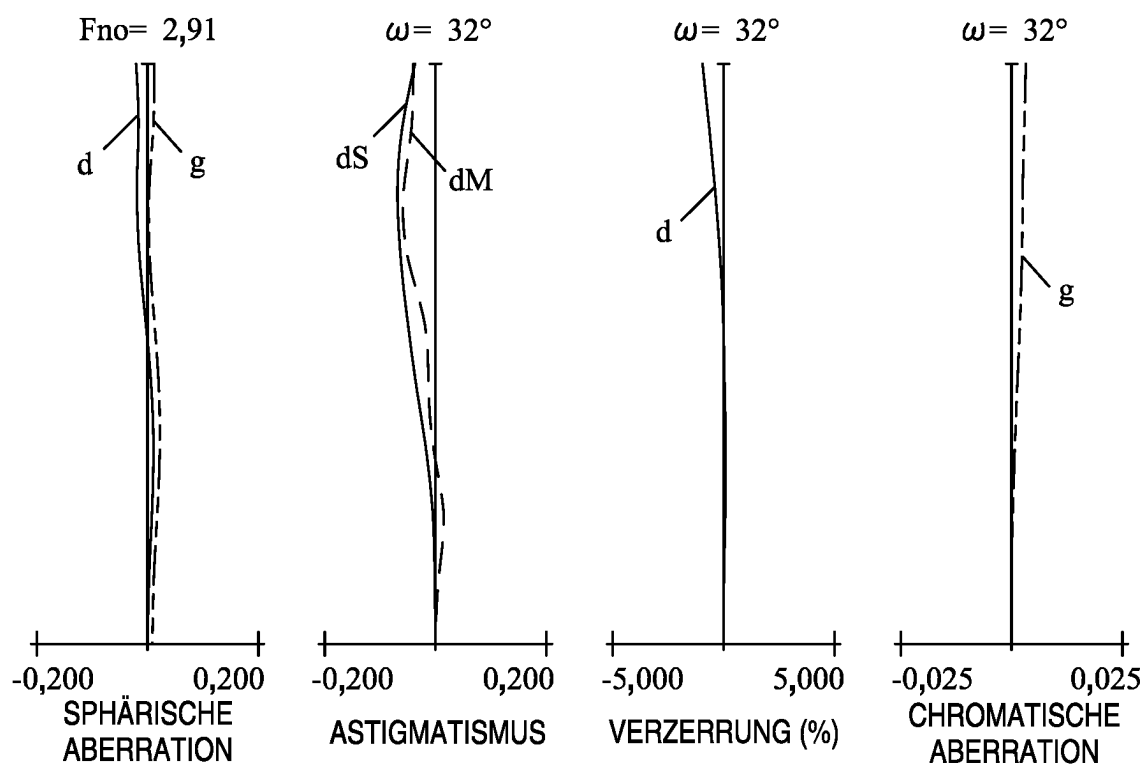


FIG. 6

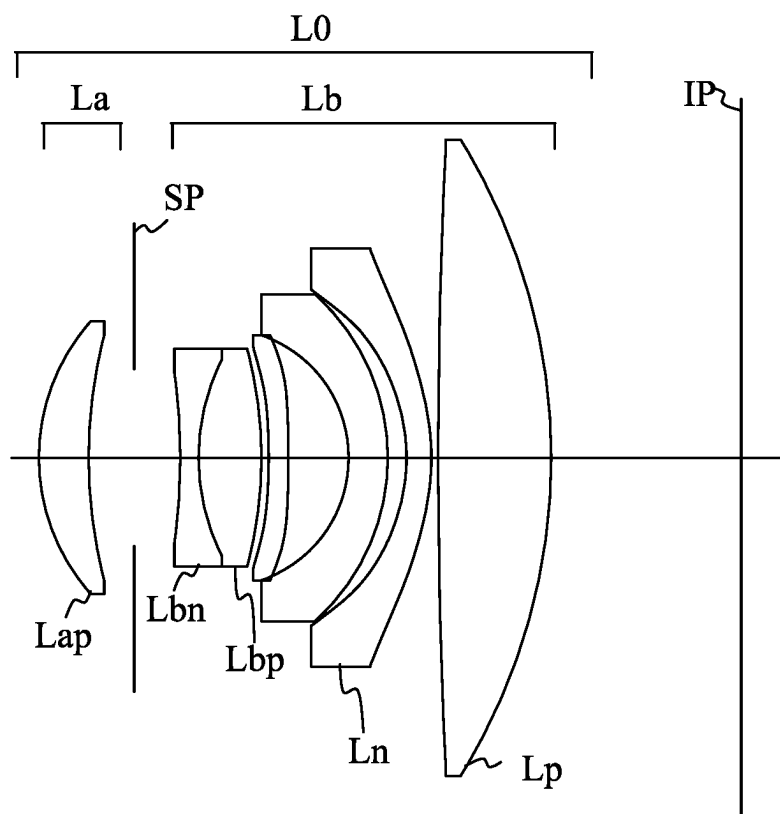


FIG. 7

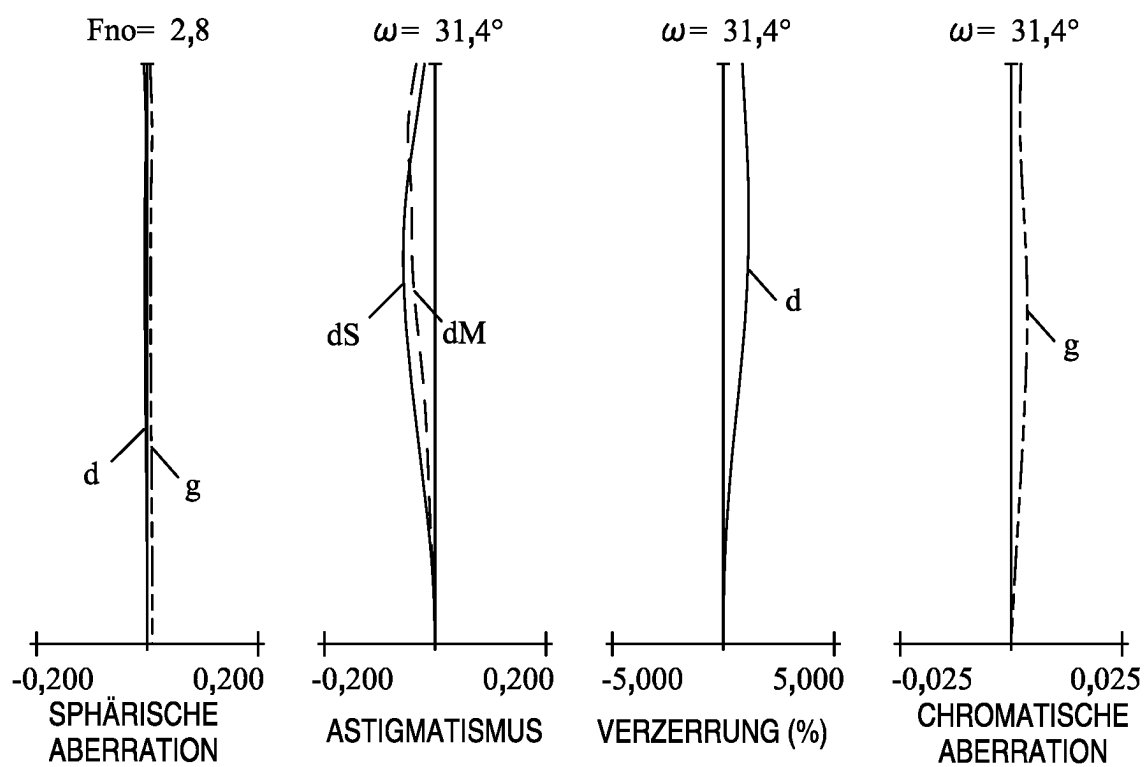


FIG. 8

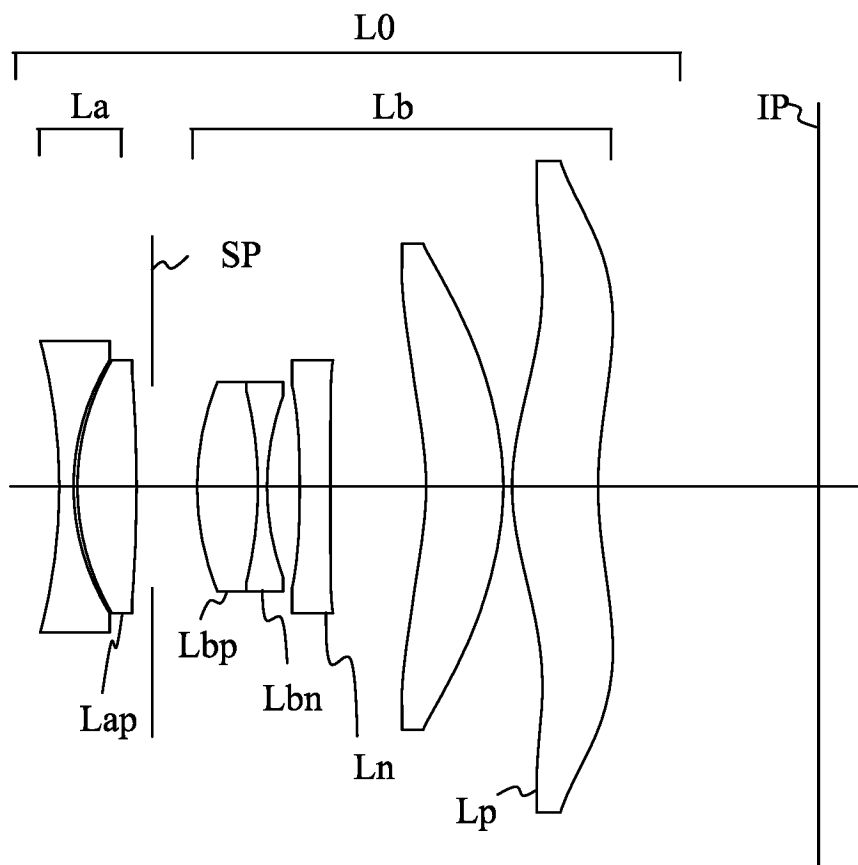


FIG. 9

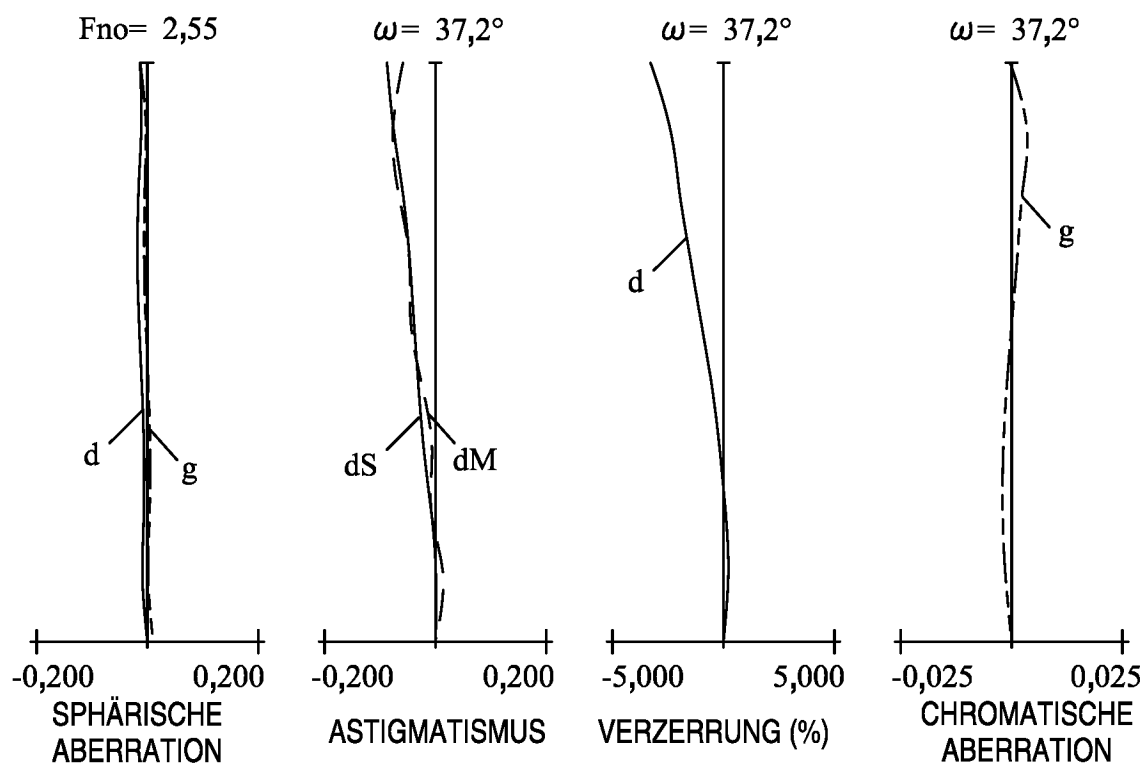


FIG. 10

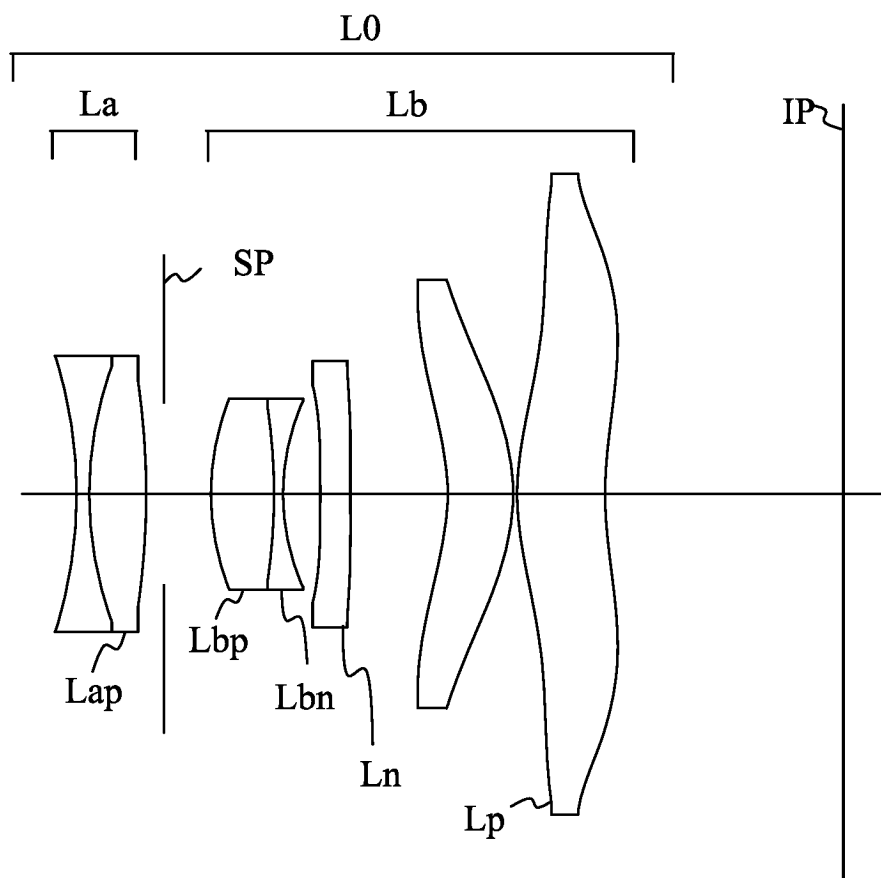


FIG. 11

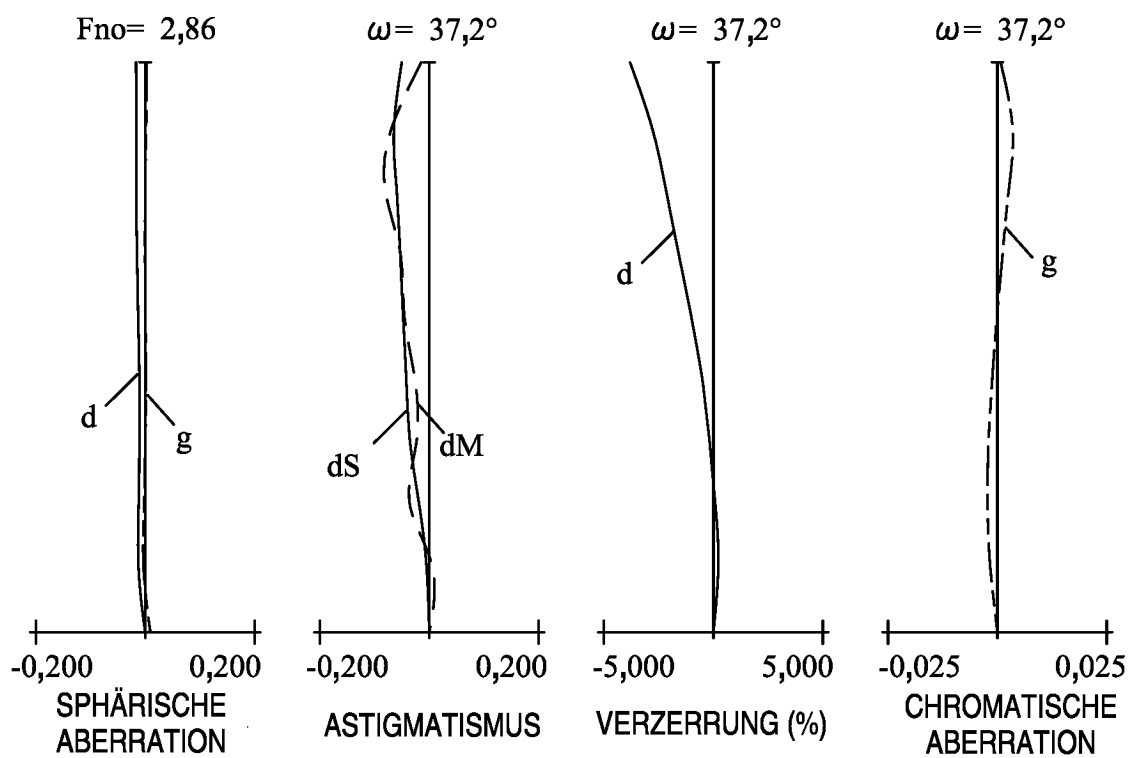


FIG. 12

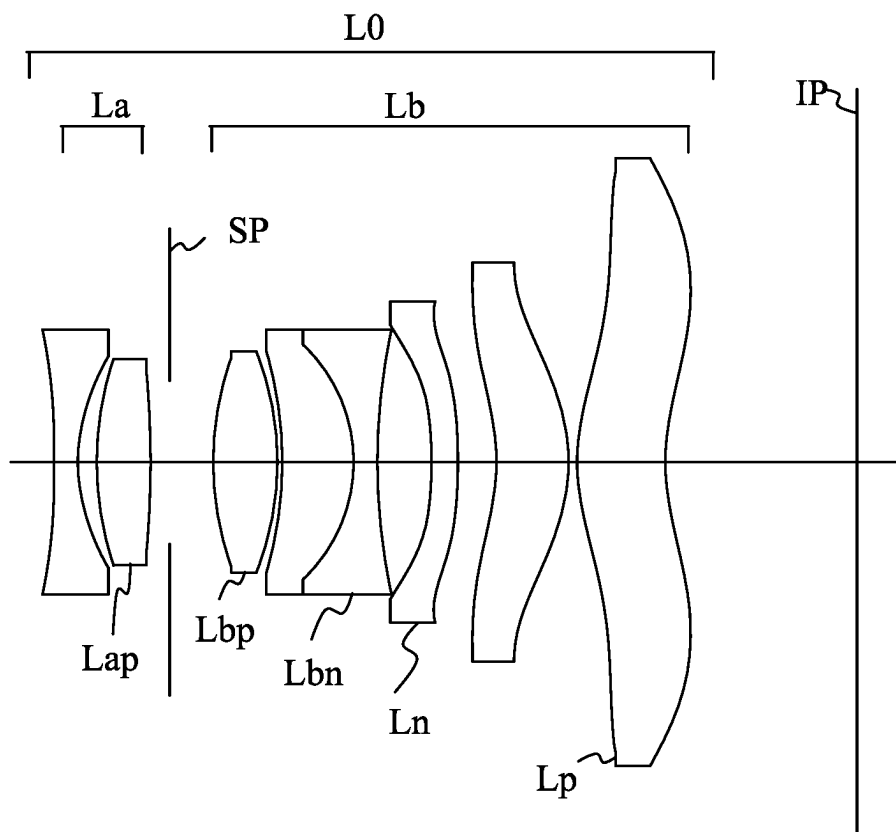


FIG. 13

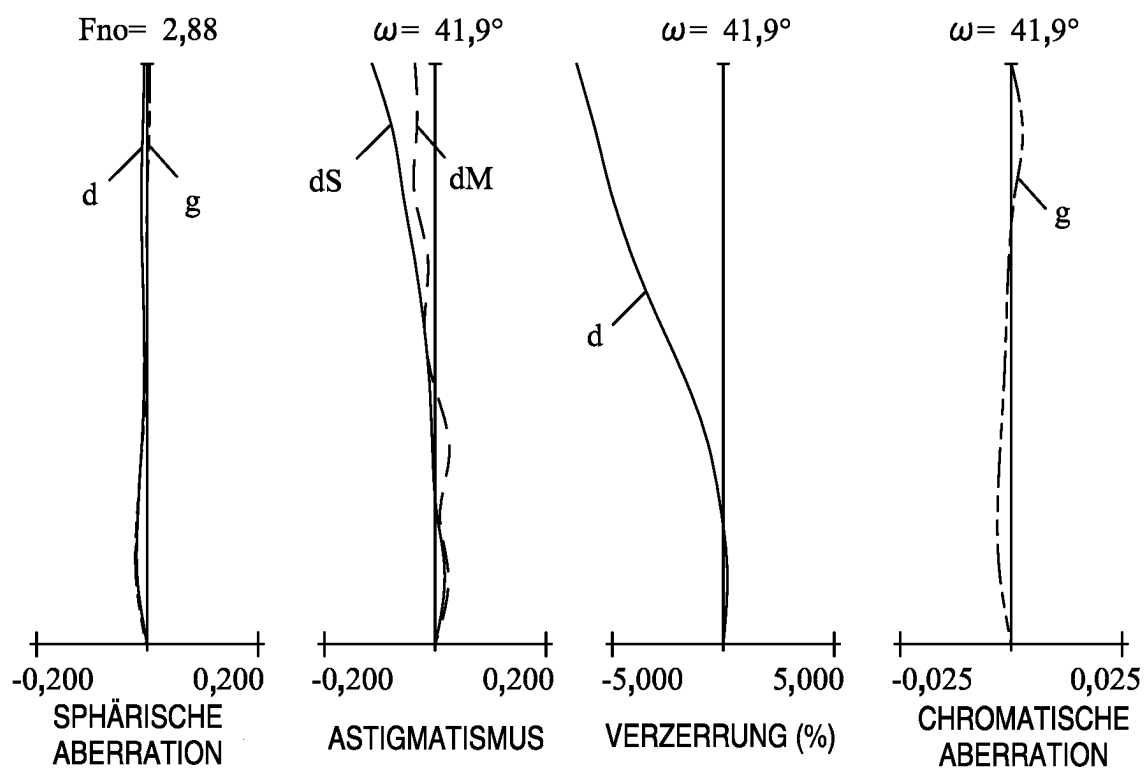


FIG. 14

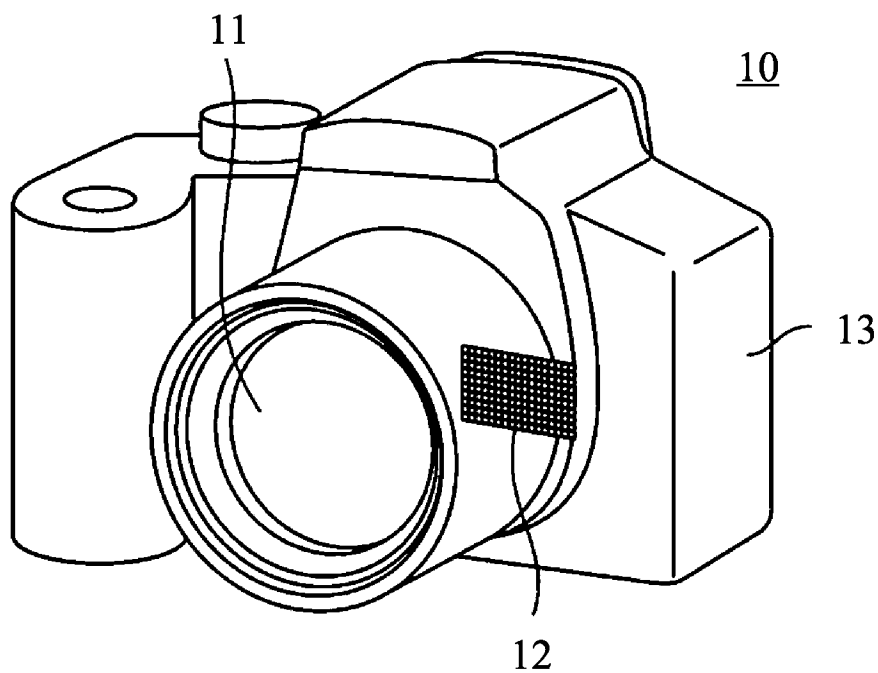


FIG. 15