(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 11 2022 001 840 T5** 2024.01.11

(12) # Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2022/209483**
in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2 IntPatÜbkG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2022 001 840.2**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2022/007908**
(86) PCT-Anmeldetag: **25.02.2022**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **06.10.2022**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung in deutscher Übersetzung: **11.01.2024**

(51) Int Cl.: ***G02B 21/02*** (2006.01)
G02B 13/00 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
2021-057545 **30.03.2021** **JP**

(71) Anmelder:
NIKON CORPORATION, Tokyo, JP

(74) Vertreter:
Viering, Jentschura & Partner mbB Patent- und Rechtsanwälte, 81675 München, DE

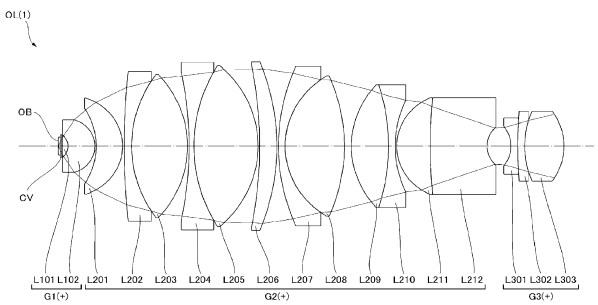
(72) Erfinder:
Takagi, Hidetsugu, Tokyo, JP

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **MIKROSKOP-OBJEKTIVLINSE, OPTISCHES MIKROSKOPSYSTEM UND MIKROSKOP-VORRICHTUNG**

(57) Zusammenfassung: Eine Mikroskop-Objektivlinse (OL) weist eine erste Linsengruppe (G1) mit positiver Brechkraft, eine zweite Linsengruppe (G2) mit einer konkaven Fläche, die der Bildseite zugewandt ist, und eine dritte Linsengruppe (G3) mit einer konkaven Fläche, die der Objektseite zugewandt ist, auf, die in der Reihenfolge von der Objektseite entlang einer optischen Achse angeordnet sind. Die erste Linsengruppe (G1) weist eine Linsenkomponente auf, die eine positive Brechkraft aufweist, die dritte Linsengruppe (G3) weist drei oder mehr Linsen auf, darunter zwei Zerstreuungslinsen und eine Sammellinse, und mindestens eine vorbestimmte Zerstreuungslinse von den beiden Zerstreuungslinsen erfüllt den Bedingungsausdruck „vdA < 40“.



Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Mikroskop-Objektivlinse, ein optisches Mikroskopsystem und eine Mikroskopvorrichtung.

TECHNISCHER HINTERGRUND

[0002] In den letzten Jahren sind Objektivlinsen für Mikroskope, die eine hohe Vergrößerung und eine hohe numerische Apertur aufweisen, verschiedentlich vorgeschlagen worden (siehe z.B. Patentdokument 1). Verschiedene Aberrationen einschließlich der chromatischen Aberration der Vergrößerung solcher Objektivlinsen sind erforderlich, um vorteilhaft korrigiert zu werden.

LISTE DES STANDES DER TECHNIK

PATENTDOKUMENT

[0003] Patentdokument 1: US-Patent Nr. 8988780

ÜBERBLICK ÜBER DIE ERFINDUNG

[0004] Eine Mikroskop-Objektivlinse gemäß einer ersten vorliegenden Erfindung besteht in der Reihenfolge von einem Objekt auf einer optischen Achse aus: einer ersten Linsengruppe, die eine positive Brechkraft aufweist, einer zweiten Linsengruppe, die eine konkave Fläche aufweist, die einem Bild zugewandt ist, und einer dritten Linsengruppe, die eine konkave Fläche aufweist, die dem Objekt zugewandt ist, wobei die erste Linsengruppe aus einer Linsenkomponente besteht, die eine positive Brechkraft aufweist, die dritte Linsengruppe aus drei oder mehr Linsen besteht, die zwei Zerstreuungslinsen und eine Sammellinse aufweisen, und mindestens eine vorbestimmte Zerstreuungslinse von den beiden Zerstreuungslinsen den folgenden Bedingungsausdruck erfüllt:

$$\nu DA < 40,$$

wobei vdA eine Abbe-Zahl der vorbestimmten Zerstreuungslinse der dritten Linsengruppe ist.

[0005] Eine Mikroskop-Objektivlinse gemäß einer zweiten vorliegenden Erfindung besteht in der Reihenfolge von einem Objekt auf einer optischen Achse aus: einer ersten Linsengruppe, die eine positive Brechkraft aufweist, einer zweiten Linsengruppe, die eine konkave Fläche aufweist, die einem Bild zugewandt ist, und einer dritten Linsengruppe, die eine konkave Fläche aufweist, die dem Objekt zugewandt ist, wobei die erste Linsengruppe aus einer Linsenkomponente besteht, die eine positive Brechkraft aufweist, und die zweite Linsengruppe eine vorbestimmte Sammellinse aufweist, die die folgenden Bedingungsausdrücke erfüllt:

$$\nu d2P < 35$$

$$0 < \theta 2P - (0,6438 - 0,001682 \times \nu d2P + 0,008),$$

wobei vd2P eine Abbe-Zahl der vorbestimmten Sammellinse der zweiten Linsengruppe ist und

[0006] θ2P ein partielles Dispersionsverhältnis der vorbestimmten Sammellinse der zweiten Linsengruppe ist, das definiert ist durch den folgenden Ausdruck unter der Annahme, dass ein Brechungsindex der vorbestimmten Sammellinse für die g-Linie ng2P ist, ein Brechungsindex der vorbestimmten Sammellinse für die F-Linie nF2P ist und ein Brechungsindex der vorbestimmten Sammellinse für die C-Linie nC2P ist:

$$\theta 2P = (ng2P - nF2P) / (nF2P - nC2P).$$

[0007] Ein optisches Mikroskopsystem gemäß der vorliegenden Erfindung weist auf: die oben beschriebene Mikroskop-Objektivlinse, und eine zweite Objektivlinse, die Licht von der Mikroskop-Objektivlinse sammelt.

[0008] Eine Mikroskopvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung weist die oben beschriebene Mikroskop-Objektivlinse auf.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

Fig. 1 ist eine Schnittansicht, die eine Konfiguration einer Mikroskop-Objektivlinse gemäß einem ersten Beispiel zeigt,

Fig. 2 zeigt grafische Darstellungen, die verschiedene Aberrationen der Mikroskop-Objektivlinse gemäß dem ersten Beispiel zeigen,

Fig. 3 zeigt eine grafische Darstellung der chromatischen Aberration der Mikroskop-Objektivlinse gemäß dem ersten Beispiel,

Fig. 4 zeigt eine grafische Darstellung der Koma-Aberration der Mikroskop-Objektivlinse gemäß dem ersten Beispiel,

Fig. 5 ist eine Schnittansicht, die eine Konfiguration einer Mikroskop-Objektivlinse gemäß einem zweiten Beispiel zeigt,

Fig. 6 zeigt grafische Darstellungen verschiedener Aberrationen der Mikroskop-Objektivlinse gemäß dem zweiten Beispiel,

Fig. 7 zeigt eine grafische Darstellung der chromatischen Aberration der Mikroskop-Objektivlinse gemäß dem zweiten Beispiel,

Fig. 8 zeigt eine grafische Darstellung der Koma-Aberration der Mikroskop-Objektivlinse gemäß dem zweiten Beispiel,

Fig. 9 ist eine Schnittansicht, die eine Konfiguration einer Mikroskop-Objektivlinse gemäß einem dritten Beispiel zeigt,

Fig. 10 zeigt grafische Darstellungen verschiedener Aberrationen der Mikroskop-Objektivlinse gemäß dem dritten Beispiel,

Fig. 11 zeigt eine grafische Darstellung der chromatischen Aberration der Mikroskop-Objektivlinse gemäß dem dritten Beispiel,

Fig. 12 zeigt eine grafische Darstellung der Koma-Aberration der Mikroskop-Objektivlinse gemäß dem dritten Beispiel,

Fig. 13 ist eine Schnittansicht, die eine Konfiguration einer zweiten Objektivlinse zeigt, und

Fig. 14 ist eine schematische Darstellung der Konfiguration eines konfokalen Fluoreszenzmikroskops, das ein Beispiel für eine Mikroskopvorrichtung ist.

BESCHREIBUNG DER AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0009] Nachfolgend werden bevorzugte Ausführungsformen gemäß der vorliegenden Erfindung beschrieben. Zunächst werden ein optisches Mikroskopsystem und ein konfokales Fluoreszenzmikroskop (Mikroskopvorrichtung), die eine Mikroskop-Objektivlinse gemäß einer jeweiligen Ausführungsform aufweisen, unter Bezugnahme auf **Fig.** 14 beschrieben. Wie in **Fig.** 14 dargestellt, weist das konfokale Fluoreszenzmikroskop 1 ein Gestell 10, eine Lichtquelle 20, ein optisches Beleuchtungssystem 30, ein optisches Mikroskopsystem 40 und einen Detektionsteil 50 auf. In der folgenden Beschreibung wird die Koordinatenachse, die sich in Richtung der optischen Achse der Mikroskop-Objektivlinse des konfokalen Fluoreszenzmikroskops 1 erstreckt, als die z-Achse angenommen. Ferner werden Koordinatenachsen, die sich in zueinander orthogonalen Richtungen in einer Ebene orthogonal zur z-Achse erstrecken, als x-Achse und y-Achse angenommen.

[0010] An dem Gestell 10 wird z. B. eine Probe SA befestigt, die zwischen einem Glasträger (nicht gezeigt) und einer Abdeckung (nicht gezeigt) gehalten wird. Alternativ kann eine Probe SA, die mit einer Tauchflüssigkeit in einem Probengefäß (nicht gezeigt) enthalten ist, auf dem Gestell 10 befestigt werden. Die Probe SA enthält ein fluoreszierendes Material, wie z. B. einen Fluoreszenzfarbstoff. Bei der Probe SA handelt es sich z.B. um fluoreszierend vorgefärbte Zellen oder dergleichen. In der Nähe des Gestells 10 ist ein Gestellantriebsteil 11 bereitgestellt. Der Gestellantriebsteil 11 bewegt das Gestell 10 entlang der z-Achse.

[0011] Die Lichtquelle 20 erzeugt Anregungslicht in einem vorbestimmten Wellenlängenband. Als Lichtquelle 20 wird z.B. eine Laserlichtquelle oder ähnliches verwendet, die Laserlicht (Anregungslicht) in einem vorbestimmten Wellenlängenband emittieren kann. Das vorbestimmte Wellenlängenband ist auf ein Wellenlängenband eingestellt, das die Probe SA, die das fluoreszierende Material enthält, anregen kann. Das von der Lichtquelle 20 emittierte Anregungslicht tritt in das optische Beleuchtungssystem 30 ein.

[0012] Das optische Beleuchtungssystem 30 beleuchtet die Probe SA auf dem Gestell 10 mit dem von der Lichtquelle 20 emittierten Anregungslicht. Das optische Beleuchtungssystem 30 weist in der Reihenfolge von der Lichtquelle 20 zur Probe SA auf: eine Kollimationslinse 31, einen Strahlteiler 33 und einen Scanner 34. Das optische Beleuchtungssystem 30 weist ferner eine Mikroskop-Objektivlinse OL des optischen Mikroskopsystems 40 auf. Die Kollimationslinse 31 wandelt das von der Lichtquelle 20 emittierte Anregungslicht in paralleles Licht um.

[0013] Der Strahlteiler 33 weist Eigenschaften auf, die das Anregungslicht der Lichtquelle 20 reflektieren und die Fluoreszenz der Probe SA durchlassen. Der Strahlteiler 33 reflektiert das Anregungslicht der Lichtquelle 20 in Richtung der Probe SA auf dem Gestell 10. Der Strahlteiler 33 lässt die von der Probe SA erzeugte Fluoreszenz in Richtung des Detektionsteils 50 passieren. Ein Anregungsfilter 32, der das Anregungslicht der Lichtquelle 20 durchlässt, ist zwischen dem Strahlteiler 33 und der Kollimationslinse 31 angeordnet. Ein Fluoreszenzfilter 35, der die Fluoreszenz der Probe SA durchlässt, ist zwischen dem Strahlteiler 33 und einer zweiten Objektivlinse IL des optischen Mikroskopsystems 40 angeordnet.

[0014] Der Scanner 34 tastet die Probe SA mit dem Anregungslicht der Lichtquelle 20 in zwei Richtungen ab, nämlich in x-Richtung und in y-Richtung. Als Scanner 34 wird z.B. ein Galvano-Scanner, ein Resonanzscanner oder ähnliches verwendet.

[0015] Das optische Mikroskopsystem 40 sammelt die von der Probe SA erzeugte Fluoreszenz. Das optische Mikroskopsystem 40 weist in der Reihenfolge von der Probe SA bis zum Detektionsteil 50 auf: die Mikroskop-Objektivlinse OL und die zweite Objektivlinse IL. Das optische Mikroskopsystem 40 weist ferner den Scanner 34 und den Strahlteiler 33 auf, die zwischen der Mikroskop-Objektivlinse OL und der zweiten Objektivlinse IL angeordnet sind. Die Mikroskop-Objektivlinse OL ist oberhalb des Gestells 10, an dem die Probe SA befestigt ist, so angeordnet, dass sie diesem Gestell 10 zugewandt ist. Die Mikroskop-Objektivlinse OL sammelt das Anregungslicht von der Lichtquelle 20 und bestrahlt die Probe SA auf dem Gestell 10 mit diesem Licht. Die Mikroskop-Objektivlinse OL empfängt die von der Probe SA verursachte Fluoreszenz und wandelt das Licht in paralleles Licht um. Die zweite Objektivlinse IL sammelt die Fluoreszenz (paralleles Licht) von der Mikroskop-Objektivlinse OL.

[0016] Der Detektionsteil 50 detektiert die von der Probe SA verursachte Fluoreszenz über das optische Mikroskopsystem 40. Als Detektionsteil 50 wird ein Fotoelektronenvervielfacher verwendet. Zwischen dem optischen Mikroskopsystem 40 und dem Detektionsteil 50 ist eine Lochblende 45 bereitgestellt. Die Lochblende 45 ist an einer Position angeordnet, die mit der Brennpunktposition der Mikroskop-Objektivlinse OL übereinstimmt und sich näher an der Probe SA befindet. Die Lochblende 45 lässt nur Licht aus der Brennebene der Mikroskop-Objektivlinse OL (eine Ebene, die durch den Brennpunkt der Mikroskop-Objektivlinse OL verläuft und orthogonal zur optischen Achse der Mikroskop-Objektivlinse OL ist) oder aus einer Ebene, die in Richtung der optischen Achse von dieser Brennebene innerhalb eines vorbestimmten akzeptablen Bereichs abweicht, passieren und blockiert das andere Licht.

[0017] In dem konfokalen Fluoreszenzmikroskop 1, das die oben beschriebene Konfiguration aufweist, tritt das von der Lichtquelle 20 emittierte Anregungslicht durch die Kollimationslinse 31 und wird in paralleles Licht umgewandelt. Das Anregungslicht, das die Kollimationslinse 31 durchlaufen hat, durchläuft den Anregungsfilter 32 und tritt in den Strahlteiler 33 ein. Das auf den Strahlteiler 33 auftreffende Anregungslicht wird vom Strahlteiler 33 reflektiert und gelangt in den Scanner 34. Der Scanner 34 tastet die Probe SA mit dem Anregungslicht, das in den Scanner 34 eingedrungen ist, in zwei Richtungen ab, nämlich in x-Richtung und in y-Richtung. Das Anregungslicht, das in den Scanner 34 gelangt ist, durchläuft diesen Scanner 34, passiert die Mikroskop-Objektivlinse OL und wird an der Brennebene der Mikroskop-Objektivlinse OL gesammelt. Ein Abschnitt der Probe SA, in dem das Anregungslicht gesammelt wird (d. h. ein Abschnitt, der von der Brennebene der Mikroskop-Objektivlinse OL überlagert wird), wird von dem Scanner 34 zweidimensional in den beiden Richtungen, der x-Richtung und der y-Richtung, abgetastet. Das optische Beleuchtungssystem 30 beleuchtet somit die Probe SA auf dem Gestell 10 mit dem von der Lichtquelle 20 emittierten Anregungslicht.

[0018] Durch die Bestrahlung mit dem Anregungslicht wird das in der Probe SA enthaltene fluoreszierende Material angeregt, und es wird Fluoreszenz emittiert. Die Fluoreszenz der Probe SA tritt durch die Mikroskop-Objektivlinse OL und wird so in paralleles Licht umgewandelt. Die Fluoreszenz, die die Mikroskop-Objektivlinse OL durchlaufen hat, durchläuft den Scanner 34 und tritt in den Strahlteiler 33 ein. Die auf den Strahlteiler 33 auftreffende Fluoreszenz passiert diesen Strahlteiler 33 und erreicht den Fluoreszenzfilter 35. Die Fluoreszenz, welche den Fluoreszenzfilter 35 erreicht hat, durchläuft den Fluoreszenzfilter 35 und anschließend die zweite Objektivlinse IL und wird an der Position gesammelt, die mit der Brennpunktposition

der Mikroskop-Objektivlinse OL übereinstimmt. Die an der Position, die der Brennpunktposition der Mikroskop-Objektivlinse OL entspricht, gesammelte Fluoreszenz tritt durch die Lochblende 45 und in den Detektionsteil 50 ein.

[0019] Der Detektionsteil 50 wandelt das Licht (Fluoreszenz), das in diesen Detektionsteil 50 gelangt ist, photoelektrisch um und erzeugt Daten, die mit der Beleuchtungsstärke des Lichts (Leuchtdichte) korrespondieren, als ein detektiertes Signal des Lichts. Der Detektionsteil 50 gibt die erzeugten Daten an einen nicht dargestellten Steuerteil aus. Es ist anzumerken, dass der Steuerteil einen Prozess der Übernahme der vom Detektionsteil 50 eingegebenen Daten als ein Datenelement für ein Pixel durchführt und jedes Element synchron mit der zweidimensionalen Abtastung durch den Scanner 34 anordnet, wodurch ein Bilddatenelement erzeugt wird, bei dem Datenelemente für mehrere Pixel zweidimensional (in zwei Richtungen) angeordnet sind. Wie oben beschrieben, kann der Steuerteil das Bild der Probe SA erhalten.

[0020] Obwohl das konfokale Fluoreszenzmikroskop 1 als Beispiel für die Mikroskopvorrichtung gemäß der vorliegenden Ausführungsform beschrieben wurde, ist sie nicht darauf beschränkt. Beispielsweise kann die Mikroskopvorrichtung gemäß der vorliegenden Ausführungsform ein konfokales Mikroskop, ein Multiphotonen-Anregungsmikroskop, ein Superauflösungsmikroskop oder dergleichen sein. Das konfokale Fluoreszenzmikroskop 1 kann ein aufrechtes Mikroskop oder ein inverses Mikroskop sein.

[0021] Als nächstes wird eine Mikroskop-Objektivlinse gemäß einer ersten Ausführungsform beschrieben. Als Beispiel für die Mikroskop-Objektivlinse OL gemäß der ersten Ausführungsform besteht eine in **Fig.** 1 gezeigte Mikroskop-Objektivlinse OL(1) in der Reihenfolge von einem Objekt auf einer optischen Achse aus: einer ersten Linsengruppe G1, die eine positive Brechkraft aufweist, einer zweiten Linsengruppe G2, die eine konkave Fläche aufweist, die einem Bild zugewandt ist, und einer dritten Linsengruppe G3, die eine konkave Fläche aufweist, die dem Objekt zugewandt ist. Die erste Linsengruppe G1 besteht aus einer Linsenkomponente, die eine positive Brechkraft aufweist. Die dritte Linsengruppe G3 besteht aus drei oder mehr Linsen, die zwei Zerstreuungslinsen und eine Sammellinse aufweisen. Es ist anzumerken, dass in jeder Ausführungsform jede Linsenkomponente eine einzelne Linse oder eine verkittete Linse darstellt. In **Fig.** 1 und dergleichen bezeichnet ein Objekt OB eine Objektfläche.

[0022] In der oben beschriebenen Konfiguration erfüllt mindestens eine vorbestimmte Zerstreuungslinse (L302) von den beiden Zerstreuungslinsen der dritten Linsengruppe G3 den folgenden Bedingungsausdruck (1):

$$\nu dA < 40 \qquad (1)$$

wobei vdA eine Abbe-Zahl der vorbestimmten Zerstreuungslinse der dritten Linsengruppe G3 ist.

[0023] Gemäß der ersten Ausführungsform kann die Mikroskop-Objektivlinse, bei der verschiedene Aberrationen, einschließlich der chromatischen Aberration der Vergrößerung, vorteilhaft korrigiert worden sind, und das optische Mikroskopsystem und die Mikroskopvorrichtung, die die Mikroskop-Objektivlinse aufweist, erreicht werden. Die Mikroskop-Objektivlinse OL gemäß der ersten Ausführungsform kann ein optisches System OL(2) sein, das in **Fig.** 5 gezeigt ist, oder ein optisches System OL(3), das in **Fig.** 9 gezeigt ist.

[0024] Der Bedingungsausdruck (1) definiert einen geeigneten Bereich der Abbe-Zahl der vorbestimmten Zerstreuungslinse der dritten Linsengruppe G3. Durch Erfüllung des Bedingungsausdrucks (1) bei der Korrektur der chromatischen Aberration der Vergrößerung kann die primäre Achromatisierung vorteilhaft durchgeführt werden.

[0025] Wenn der korrespondierende Wert des Bedingungsausdrucks (1) den oberen Grenzwert überschreitet, ist es schwierig, die chromatische Aberration der Vergrößerung zu korrigieren. Es ist möglich, den vorteilhaften Effekt der vorliegenden Ausführungsform weiter zu sichern, indem der obere Grenzwert des Bedingungsausdrucks (1) auf 35, 33, 32 oder 30 gesetzt wird.

[0026] Vorzugsweise ist in der Mikroskop-Objektivlinse OL gemäß der ersten Ausführungsform die vorbestimmte Zerstreuungslinse der dritten Linsengruppe G3 eine Zerstreuungslinse von den beiden Zerstreuungslinsen der dritten Linsengruppe G3, und die folgenden Bedingungsausdrücke (2) und (3) sind erfüllt:

$$0 < \nu dX - \nu dA \qquad (2)$$

$$0 < (\theta A - \theta X) / (\nu dA - \nu dX) \times (\nu dP - \nu dX) + \theta X - \theta P \qquad (3)$$

wobei vdX eine Abbe-Zahl einer anderen Zerstreuungslinse von den beiden Zerstreuungslinsen der dritten Linsengruppe G3 ist,
vdP eine Abbe-Zahl der Sammellinse der dritten Linsengruppe G3 ist und
θA ein partielles Dispersionsverhältnis der vorbestimmten Zerstreuungslinse der dritten Linsengruppe G3 ist, das definiert ist durch den folgenden Ausdruck unter der Annahme, dass ein Brechungsindex der vorbestimmten Zerstreuungslinse für die g-Linie ngA ist, ein Brechungsindex der vorbestimmten Zerstreuungslinse für die F-Linie nFA ist und ein Brechungsindex der vorbestimmten Zerstreuungslinse für die C-Linie nCA ist:

$$\theta A = (ngA - nFA) / (nFA - nCA),$$

wobei θX ein partielles Dispersionsverhältnis der anderen Zerstreuungslinse der dritten Linsengruppe G3 ist, das definiert ist durch den folgenden Ausdruck unter der Annahme, dass ein Brechungsindex der anderen Zerstreuungslinse für die g-Linie ngX ist, ein Brechungsindex der anderen Zerstreuungslinse für die F-Linie nFX ist und ein Brechungsindex der anderen Zerstreuungslinse für die C-Linie nCX ist:

$$\theta X = (ngX - nFX) / (nFX - nCX),$$

wobei θP ein partielles Dispersionsverhältnis der Sammellinse der dritten Linsengruppe G3 ist, das durch den folgenden Ausdruck definiert ist, wobei angenommen wird, dass ein Brechungsindex der Sammellinse für die g-Linie ngP ist, ein Brechungsindex der Sammellinse für die F-Linie nFP ist und ein Brechungsindex der Sammellinse für die C-Linie nCP ist:

$$\theta P = (ngP - nFP) / (nFP - nCP).$$

[0027] Der Bedingungsausdruck (2) definiert eine geeignete Beziehung zwischen der Abbe-Zahl der vorbestimmten Zerstreuungslinse und der Abbe-Zahl der anderen Zerstreuungslinse in der dritten Linsengruppe G3. Der Bedingungsausdruck (3) definiert geeignete Beziehungen zwischen dem partiellen Dispersionsverhältnis und der Abbe-Zahl der vorbestimmten Zerstreuungslinse, zwischen dem partiellen Dispersionsverhältnis und der Abbe-Zahl der anderen Zerstreuungslinse und zwischen dem partiellen Dispersionsverhältnis und der Abbe-Zahl der Sammellinse in der dritten Linsengruppe G3. Durch die Erfüllung der Bedingungsausdrücke (2) und (3) bei der Korrektur der chromatischen Aberration der Vergrößerung, zusätzlich zur primären Achromatisierung, kann das sekundäre Spektrum vorteilhaft korrigiert werden.

[0028] Wenn der korrespondierende Wert des Bedingungsausdrucks (2) unter den unteren Grenzwert fällt, ist es schwierig, die chromatische Aberration der Vergrößerung zu korrigieren. Es ist möglich, den vorteilhaften Effekt der vorliegenden Ausführungsform weiter sicherzustellen, indem der untere Grenzwert des Bedingungsausdrucks (2) auf 3, 5, 8 oder 10 gesetzt wird.

[0029] Wenn der korrespondierende Wert des Bedingungsausdrucks (3) unter den unteren Grenzwert fällt, ist es schwierig, die chromatische Aberration der Vergrößerung zu korrigieren. Es ist möglich, den vorteilhaften Effekt der vorliegenden Ausführungsform weiter zu sichern, indem der untere Grenzwert des Bedingungsausdrucks (3) auf 0,01 gesetzt wird.

[0030] In der Mikroskop-Objektivlinse OL gemäß der ersten Ausführungsform kann die vorbestimmte Zerstreuungslinse der dritten Linsengruppe G3 eine Zerstreuungslinse von den beiden Zerstreuungslinsen der dritten Linsengruppe G3 sein, und die folgenden Bedingungsausdrücke (2) und (3) können erfüllt sein:

$$0 < \nu dX - \nu dA, \text{ und} \qquad (2)$$

$$0 < (\theta A - \theta X) / (\nu dA - \nu dX) \times (\nu dP - \nu dX) + \theta X - \theta P - 0{,}015 \qquad (4)$$

wobei vdX eine Abbe-Zahl einer anderen Zerstreuungslinse von den beiden Zerstreuungslinsen der dritten Linsengruppe G3 ist,
vdP eine Abbe-Zahl der Sammellinse der dritten Linsengruppe G3 ist, und
θA ein partielles Dispersionsverhältnis der vorbestimmten Zerstreuungslinse der dritten Linsengruppe G3 ist, das definiert ist durch den folgenden Ausdruck unter der Annahme, dass ein Brechungsindex der vorbe-

stimmten Zerstreuungslinse für die g-Linie ngA ist, ein Brechungsindex der vorbestimmten Zerstreuungslinse für die F-Linie nFA ist und ein Brechungsindex der vorbestimmten Zerstreuungslinse für die C-Linie nCA ist:

$$\theta A = (ngA - nFA) / (nFA - nCA),$$

wobei θX ein partielles Dispersionsverhältnis der anderen Zerstreuungslinse der dritten Linsengruppe G3 ist, das definiert ist durch den folgenden Ausdruck unter der Annahme, dass ein Brechungsindex der anderen Zerstreuungslinse für die g-Linie ngX ist, ein Brechungsindex der anderen Zerstreuungslinse für die F-Linie nFX ist und ein Brechungsindex der anderen Zerstreuungslinse für die C-Linie nCX ist:

$$\theta X = (ngX - nFX) / (nFX - nCX),$$

wobei θP: ein partielles Dispersionsverhältnis der Sammellinse der dritten Linsengruppe G3 ist, das durch den folgenden Ausdruck definiert ist, wobei angenommen wird, dass ein Brechungsindex der Sammellinse für die g-Linie ngP ist, ein Brechungsindex der Sammellinse für die F-Linie nFP ist und ein Brechungsindex der Sammellinse für die C-Linie nCP ist:

$$\theta P = (ngP - nFP) / (nFP - nCP).$$

[0031] Wie oben beschrieben, definiert der Bedingungsausdruck (2) eine geeignete Beziehung zwischen der Abbe-Zahl der vorbestimmten Zerstreuungslinse und der Abbe-Zahl der anderen Zerstreuungslinse in der dritten Linsengruppe G3. Der Bedingungsausdruck (4) definiert geeignete Beziehungen zwischen dem partiellen Dispersionsverhältnis und der Abbe-Zahl der vorbestimmten Zerstreuungslinse, zwischen dem partiellen Dispersionsverhältnis und der Abbe-Zahl der anderen Zerstreuungslinse und zwischen dem partiellen Dispersionsverhältnis und der Abbe-Zahl der Sammellinse in der dritten Linsengruppe G3. Durch die Erfüllung der Bedingungsausdrücke (2) und (4) bei der Korrektur der chromatischen Aberration der Vergrößerung, zusätzlich zur primären Achromatisierung, kann das sekundäre Spektrum vorteilhaft korrigiert werden.

[0032] Wenn der korrespondierende Wert des Bedingungsausdrucks (2) unter den unteren Grenzwert fällt, ist es schwierig, die chromatische Aberration der Vergrößerung zu korrigieren. Es ist möglich, den vorteilhaften Effekt der vorliegenden Ausführungsform weiter zu sichern, indem der untere Grenzwert des Bedingungsausdrucks (2) auf 3, 5, 8 oder 10 gesetzt wird.

[0033] Wenn der korrespondierende Wert des Bedingungsausdrucks (4) unter den unteren Grenzwert fällt, ist es schwierig, die chromatische Aberration der Vergrößerung zu korrigieren. Es ist möglich, den vorteilhaften Effekt der vorliegenden Ausführungsform weiter zu sichern, indem der untere Grenzwert des Bedingungsausdrucks (4) auf 0,001 gesetzt wird.

[0034] Vorzugsweise ist bei der Mikroskop-Objektivlinse OL gemäß der ersten Ausführungsform der folgende Bedingungsausdruck (5) erfüllt:

$$0 < \theta A - (0{,}6438 - 0{,}001682 \times \nu dA + 0{,}007) \qquad (5)$$

wobei θA: ein partielles Dispersionsverhältnis der vorbestimmten Zerstreuungslinse der dritten Linsengruppe G3 ist, das definiert ist durch den folgenden Ausdruck unter der Annahme, dass ein Brechungsindex der vorbestimmten Zerstreuungslinse für die g-Linie ngA ist, ein Brechungsindex der vorbestimmten Zerstreuungslinse für die F-Linie nFA ist und ein Brechungsindex der vorbestimmten Zerstreuungslinse für die C-Linie nCA ist:

$$\theta P = (ngA - nFA) / (nFA - nCA).$$

[0035] Der Bedingungsausdruck (5) definiert eine geeignete Beziehung zwischen der Abbe-Zahl und dem partiellen Dispersionsverhältnis der vorbestimmten Zerstreuungslinse in der dritten Linsengruppe G3. Durch die Erfüllung des Bedingungsausdrucks (5) bei der Korrektur der chromatischen Aberration der Vergrößerung kann zusätzlich zur primären Achromatisierung auch das sekundäre Spektrum vorteilhaft korrigiert werden.

[0036] Wenn der korrespondierende Wert des Bedingungsausdrucks (5) unter den unteren Grenzwert fällt, ist es schwierig, die chromatische Aberration der Vergrößerung zu korrigieren. Es ist möglich, den vorteilhaften Effekt der vorliegenden Ausführungsform weiter zu sichern, indem der untere Grenzwert des Bedingungsausdrucks (5) auf 0,01 gesetzt wird.

[0037] Bei der Mikroskop-Objektivlinse OL gemäß der ersten Ausführungsform kann der folgende Bedingungsausdruck (6) erfüllt sein:

$$0 < \theta A - (0{,}6438 - 0{,}001682 \times \nu dA + 0{,}017) \qquad (6)$$

wobei θA ein partielles Dispersionsverhältnis der vorbestimmten Zerstreuungslinse der dritten Linsengruppe G3 ist, das definiert ist durch den folgenden Ausdruck unter der Annahme, dass ein Brechungsindex der vorbestimmten Zerstreuungslinse für die g-Linie ngA ist, ein Brechungsindex der vorbestimmten Zerstreuungslinse für die F-Linie nFA ist und ein Brechungsindex der vorbestimmten Zerstreuungslinse für die C-Linie nCA ist:

$$\theta A = (ngA - nFA) / (nFA - nCA).$$

[0038] Der Bedingungsausdruck (6) definiert eine geeignete Beziehung zwischen der Abbe-Zahl und dem partiellen Dispersionsverhältnis der vorbestimmten Zerstreuungslinse in der dritten Linsengruppe G3. Durch die Erfüllung des Bedingungsausdrucks (6) bei der Korrektur der chromatischen Aberration der Vergrößerung kann zusätzlich zur primären Achromatisierung auch das sekundäre Spektrum günstig korrigiert werden.

[0039] Wenn der korrespondierende Wert des Bedingungsausdrucks (6) unter den unteren Grenzwert fällt, ist es schwierig, die chromatische Aberration der Vergrößerung zu korrigieren. Es ist möglich, den vorteilhaften Effekt der vorliegenden Ausführungsform weiter zu sichern, indem der untere Grenzwert des Bedingungsausdrucks (6) auf 0,005 gesetzt wird.

[0040] Vorzugsweise ist in der Mikroskop-Objektivlinse OL gemäß der ersten Ausführungsform die vorbestimmte Zerstreuungslinse der dritten Linsengruppe G3 eine Zerstreuungslinse von den beiden Zerstreuungslinsen der dritten Linsengruppe G3, und die andere Zerstreuungslinse von den beiden Zerstreuungslinsen ist näher an dem Objekt angeordnet als die vorbestimmte Zerstreuungslinse und am nächsten an dem Objekt in der dritten Linsengruppe G3. Dementsprechend kann die außeraxiale Koma-Aberration vorteilhaft korrigiert werden.

[0041] Vorzugsweise ist bei der Mikroskop-Objektivlinse OL gemäß der ersten Ausführungsform der folgende Bedingungsausdruck (7) erfüllt:

$$1{,}68 < ndX \qquad (7)$$

wobei ndX ein Brechungsindex der anderen Zerstreuungslinse der dritten Linsengruppe G3 für die d-Linie ist.

[0042] Der Bedingungsausdruck (7) definiert einen angemessenen Bereich des Brechungsindexes der anderen Zerstreuungslinse der dritten Linsengruppe G3 für die d-Linie. Wenn der Bedingungsausdruck (7) erfüllt ist, kann die außeraxiale Koma-Aberration vorteilhaft korrigiert werden.

[0043] Wenn der korrespondierende Wert des Bedingungsausdrucks (7) unter den unteren Grenzwert fällt, ist es schwierig, die außeraxiale Koma-Aberration zu korrigieren. Es ist möglich, den vorteilhaften Effekt der vorliegenden Ausführungsform weiter zu sichern, indem der untere Grenzwert des Bedingungsausdrucks (7) auf 1,69 gesetzt wird.

[0044] Vorzugsweise weist bei der Mikroskop-Objektivlinse OL gemäß der ersten Ausführungsform die zweite Linsengruppe G2 eine positive Brechkraft auf. Dementsprechend können die sphärische Aberration und die longitudinale chromatische Aberration vorteilhaft korrigiert werden.

[0045] Vorzugsweise weist bei der Mikroskop-Objektivlinse OL gemäß der ersten Ausführungsform die zweite Linsengruppe G2 eine vorbestimmte Sammellinse auf, die den folgenden Bedingungsausdruck (8) erfüllt:

$$\nu d2P < 35 \qquad (8)$$

wobei vd2P eine Abbe-Zahl der vorbestimmten Sammellinse der zweiten Linsengruppe G2 ist.

[0046] Der Bedingungsausdruck (8) definiert einen angemessenen Bereich der Abbe-Zahl der vorbestimmten Sammellinse der zweiten Linsengruppe G2. Es ist anzumerken, dass in jeder Ausführungsform die vorbe-

stimmte Sammellinse vorzugsweise eine Glaslinse ist. Durch Erfüllung des Bedingungsausdrucks (8) kann die longitudinale chromatische Aberration vorteilhaft korrigiert werden.

[0047] Wenn der korrespondierende Wert des Bedingungsausdrucks (8) den oberen Grenzwert überschreitet, ist es schwierig, die longitudinale chromatische Aberration zu korrigieren. Es ist möglich, den vorteilhaften Effekt der vorliegenden Ausführungsform weiter zu sichern, indem der obere Grenzwert des Bedingungsausdrucks (8) auf 33 oder 30 gesetzt wird.

[0048] Vorzugsweise weist in der Mikroskop-Objektivlinse OL gemäß der ersten Ausführungsform die zweite Linsengruppe G2 eine vorbestimmte Sammellinse auf, durch die ein von der optischen Achse in der zweiten Linsengruppe G2 am weitesten entfernter Strahl hindurchgeht und die die folgenden Bedingungsausdrücke (8) und (9) erfüllt:

$$\nu d2P < 35 \qquad (8)$$

$$0 < \theta 2P - (0{,}6438 - 0{,}001682 \times \nu d2P + 0{,}008) \qquad (9)$$

wobei vd2P eine Abbe-Zahl der vorbestimmten Sammellinse der zweiten Linsengruppe G2 ist und
θ2P ein partielles Dispersionsverhältnis der vorbestimmten Sammellinse der zweiten Linsengruppe G2 ist, das definiert ist durch den folgenden Ausdruck unter der Annahme, dass ein Brechungsindex der vorbestimmten Sammellinse für die g-Linie ng2P ist, ein Brechungsindex der vorbestimmten Sammellinse für die F-Linie nF2P ist und ein Brechungsindex der vorbestimmten Sammellinse für die C-Linie nC2P ist:

$$\theta 2P = (ng2P - nF2P) / (nF2P - nC2P).$$

[0049] Wie oben beschrieben, definiert der Bedingungsausdruck (8) einen geeigneten Bereich der Abbe-Zahl der vorbestimmten Sammellinse der zweiten Linsengruppe G2. Der Bedingungsausdruck (9) definiert eine geeignete Beziehung zwischen der Abbe-Zahl und dem partiellen Dispersionsverhältnis der vorbestimmten Sammellinse in der zweiten Linsengruppe G2. Durch die Erfüllung der Bedingungsausdrücke (8) und (9) bei der Korrektur der longitudinalen chromatischen Aberration kann zusätzlich zur primären Achromatisierung auch das sekundäre Spektrum vorteilhaft korrigiert werden.

[0050] Wenn der korrespondierende Wert des Bedingungsausdrucks (8) den oberen Grenzwert überschreitet, ist es schwierig, die longitudinale chromatische Aberration zu korrigieren. Es ist möglich, den vorteilhaften Effekt der vorliegenden Ausführungsform weiter zu sichern, indem der obere Grenzwert des Bedingungsausdrucks (8) auf 33 oder 30 gesetzt wird.

[0051] Wenn der korrespondierende Wert des Bedingungsausdrucks (9) unter den unteren Grenzwert fällt, ist es schwierig, die longitudinale chromatische Aberration zu korrigieren. Es ist möglich, den vorteilhaften Effekt der vorliegenden Ausführungsform weiter zu sichern, indem der untere Grenzwert des Bedingungsausdrucks (9) auf 0,001 gesetzt wird.

[0052] In der Mikroskop-Objektivlinse OL gemäß der ersten Ausführungsform kann die zweite Linsengruppe G2 aufweisen: eine Sammellinse, durch die ein von der optischen Achse in der zweiten Linsengruppe G2 am weitesten entfernter Strahl hindurchgeht, und eine vorbestimmte Sammellinse, die näher am Objekt angeordnet ist als die Sammellinse, durch die der von der optischen Achse am weitesten entfernte Strahl hindurchgeht, wobei die vorbestimmte Sammellinse die folgenden Bedingungsausdrücke (8) und (9) erfüllt:

$$\nu d2P < 35 \qquad (8)$$

$$0 < \theta 2P - (0{,}6438 - 0{,}001682 \times \nu d2P + 0{,}008) \qquad (9)$$

wobei vd2P eine Abbe-Zahl der vorbestimmten Sammellinse der zweiten Linsengruppe G2 ist und
θ2P ein partielles Dispersionsverhältnis der vorbestimmten Sammellinse der zweiten Linsengruppe G2 ist, das definiert ist durch den folgenden Ausdruck unter der Annahme, dass ein Brechungsindex der vorbestimmten Sammellinse für die g-Linie ng2P ist, ein Brechungsindex der vorbestimmten Sammellinse für die F-Linie nF2P ist und ein Brechungsindex der vorbestimmten Sammellinse für die C-Linie nC2P ist:

$$\theta 2P = (ng2P - nF2P) / (nF2P - nC2P).$$

[0053] Wie oben beschrieben, definiert der Bedingungsausdruck (8) einen geeigneten Bereich der Abbe-Zahl der vorbestimmten Sammellinse der zweiten Linsengruppe G2. Wie oben beschrieben, definiert der Bedingungsausdruck (9) eine geeignete Beziehung zwischen der Abbe-Zahl und dem partiellen Dispersionsverhältnis der vorbestimmten Sammellinse in der zweiten Linsengruppe G2. Durch die Erfüllung der Bedingungsausdrücke (8) und (9) bei der Korrektur der longitudinalen chromatischen Aberration kann zusätzlich zur primären Achromatisierung auch das sekundäre Spektrum vorteilhaft korrigiert werden.

[0054] Wenn der korrespondierende Wert des Bedingungsausdrucks (8) den oberen Grenzwert überschreitet, ist es schwierig, die longitudinale chromatische Aberration zu korrigieren. Es ist möglich, die vorteilhafte Wirkung der vorliegenden Ausführungsform weiter zu sichern, indem der obere Grenzwert des Bedingungsausdrucks (8) auf 33 oder 30 gesetzt wird.

[0055] Wenn der korrespondierende Wert des Bedingungsausdrucks (9) unter den unteren Grenzwert fällt, ist es schwierig, die longitudinale chromatische Aberration zu korrigieren. Es ist möglich, den vorteilhaften Effekt der vorliegenden Ausführungsform weiter zu sichern, indem der untere Grenzwert des Bedingungsausdrucks (9) auf 0,001 gesetzt wird.

[0056] In der Mikroskop-Objektivlinse OL gemäß der ersten Ausführungsform kann die zweite Linsengruppe G2 aufweisen: eine Sammellinse, durch die ein von der optischen Achse in der zweiten Linsengruppe G2 am weitesten entfernter Strahl hindurchgeht, und eine vorbestimmte Sammellinse, die näher an einem Bild angeordnet ist als die Sammellinse, durch die der von der optischen Achse am weitesten entfernte Strahl hindurchgeht, wobei die vorbestimmte Sammellinse die folgenden Bedingungsausdrücke (8) und (9) erfüllt:

$$\nu d2P < 35 \qquad (8)$$

$$0 < \theta 2P - \left(0{,}6438 - 0{,}001682 \times \nu d2P + 0{,}008\right) \qquad (9)$$

wobei vd2P eine Abbe-Zahl der vorbestimmten Sammellinse der zweiten Linsengruppe G2 ist und
θ2P ein partielles Dispersionsverhältnis der vorbestimmten Sammellinse der zweiten Linsengruppe G2 ist, das definiert ist durch den folgenden Ausdruck unter der Annahme, dass ein Brechungsindex der vorbestimmten Sammellinse für die g-Linie ng2P ist, ein Brechungsindex der vorbestimmten Sammellinse für die F-Linie nF2P ist und ein Brechungsindex der vorbestimmten Sammellinse für die C-Linie nC2P ist:

$$\theta 2P = \left(ng2P - nF2P\right) / \left(nF2P - nC2P\right).$$

[0057] Wie oben beschrieben, definiert der Bedingungsausdruck (8) einen geeigneten Bereich der Abbe-Zahl der vorbestimmten Sammellinse der zweiten Linsengruppe G2. Wie oben beschrieben, definiert der Bedingungsausdruck (9) eine geeignete Beziehung zwischen der Abbe-Zahl und dem partiellen Dispersionsverhältnis der vorbestimmten Sammellinse in der zweiten Linsengruppe G2. Durch Erfüllung der Bedingungsausdrücke (8) und (9) bei der Korrektur der longitudinalen chromatischen Aberration kann zusätzlich zur primären Achromatisierung auch das sekundäre Spektrum vorteilhaft korrigiert werden.

[0058] Wenn der korrespondierende Wert des Bedingungsausdrucks (8) den oberen Grenzwert überschreitet, ist es schwierig, die longitudinale chromatische Aberration zu korrigieren. Es ist möglich, den vorteilhaften Effekt der vorliegenden Ausführungsform weiter zu sichern, indem der obere Grenzwert des Bedingungsausdrucks (8) auf 33 oder 30 gesetzt wird.

[0059] Wenn der korrespondierende Wert des Bedingungsausdrucks (9) unter den unteren Grenzwert fällt, ist es schwierig, die longitudinale chromatische Aberration zu korrigieren. Es ist möglich, den vorteilhaften Effekt der vorliegenden Ausführungsform weiter zu sichern, indem der untere Grenzwert des Bedingungsausdrucks (9) auf 0,001 gesetzt wird.

[0060] Vorzugsweise ist bei der Mikroskop-Objektivlinse OL gemäß der ersten Ausführungsform die Linsenkomponente der ersten Linsengruppe G1 eine verkittete Linse, die eine plankonvexe Sammellinse aufweist, die eine dem Objekt zugewandte ebene Fläche hat. Dementsprechend kann die Bildfeldwölbung vorteilhaft korrigiert werden. Es ist anzumerken, dass die Linsenkomponente der ersten Linsengruppe G1 nicht notwendigerweise eine verkittete Linse ist und stattdessen eine Einzellinse sein kann.

[0061] Als nächstes wird eine Mikroskop-Objektivlinse gemäß einer zweiten Ausführungsform beschrieben. Da die Mikroskop-Objektivlinse gemäß der zweiten Ausführungsform eine ähnliche Konfiguration aufweist

wie die Mikroskop-Objektivlinse OL gemäß der ersten Ausführungsform, werden die gleichen Symbole wie in der ersten Ausführungsform verwendet und beschrieben. Als Beispiel für die Mikroskop-Objektivlinse OL gemäß der zweiten Ausführungsform besteht eine in **Fig.** 1 gezeigte Mikroskop-Objektivlinse OL(1) in der Reihenfolge von einem Objekt auf einer optischen Achse aus: einer ersten Linsengruppe G1, die eine positive Brechkraft aufweist, einer zweiten Linsengruppe G2, die eine konkave Fläche aufweist, die einem Bild zugewandt ist, und einer dritten Linsengruppe G3, die eine konkave Fläche aufweist, die dem Objekt zugewandt ist. Die erste Linsengruppe G1 besteht aus einer Linsenkomponente, die eine positive Brechkraft aufweist.

[0062] In der oben beschriebenen Konfiguration weist die zweite Linsengruppe G2 eine vorbestimmte Sammellinse auf, die die folgenden Bedingungsausdrücke (8) und (9) erfüllt:

$$\nu d2P < 35 \qquad (8)$$

$$0 < \theta 2P - \left(0{,}6438 - 0{,}001682 \times \nu d2P + 0{,}008\right) \qquad (9)$$

wobei vd2P eine Abbe-Zahl der vorbestimmten Sammellinse der zweiten Linsengruppe G2 ist und
θ2P ein partielles Dispersionsverhältnis der vorbestimmten Sammellinse der zweiten Linsengruppe G2 ist, das definiert ist durch den folgenden Ausdruck unter der Annahme, dass ein Brechungsindex der vorbestimmten Sammellinse für die g-Linie ng2P ist, ein Brechungsindex der vorbestimmten Sammellinse für die F-Linie nF2P ist und ein Brechungsindex der vorbestimmten Sammellinse für die C-Linie nC2P ist:

$$\theta 2P = \left(ng2P - nF2P\right) / \left(nF2P - nC2P\right).$$

[0063] Gemäß der zweiten Ausführungsform kann die Mikroskop-Objektivlinse, bei der verschiedene Aberrationen, einschließlich der chromatischen Aberration der Vergrößerung, vorteilhaft korrigiert worden sind, und das optische Mikroskopsystem und die Mikroskopvorrichtung, die die Mikroskop-Objektivlinse aufweisen, erreicht werden. Die Mikroskop-Objektivlinse OL gemäß der zweiten Ausführungsform kann ein optisches System OL(2) sein, das in **Fig.** 5 gezeigt ist, oder ein optisches System OL(3), das in **Fig.** 9 gezeigt ist.

[0064] Wie oben beschrieben, definiert der Bedingungsausdruck (8) einen geeigneten Bereich der Abbe-Zahl der vorbestimmten Sammellinse der zweiten Linsengruppe G2. Wie oben beschrieben, definiert der Bedingungsausdruck (9) eine geeignete Beziehung zwischen der Abbe-Zahl und dem partiellen Dispersionsverhältnis der vorbestimmten Sammellinse in der zweiten Linsengruppe G2. Durch Erfüllung der Bedingungsausdrücke (8) und (9) bei der Korrektur der longitudinalen chromatischen Aberration kann zusätzlich zur primären Achromatisierung auch das sekundäre Spektrum vorteilhaft korrigiert werden.

[0065] Wenn der korrespondierende Wert des Bedingungsausdrucks (8) den oberen Grenzwert überschreitet, ist es schwierig, die longitudinale chromatische Aberration zu korrigieren. Es ist möglich, den vorteilhaften Effekt der vorliegenden Ausführungsform weiter zu sichern, indem der obere Grenzwert des Bedingungsausdrucks (8) auf 33 oder 30 gesetzt wird.

[0066] Wenn der korrespondierende Wert des Bedingungsausdrucks (9) unter den unteren Grenzwert fällt, ist es schwierig, die longitudinale chromatische Aberration zu korrigieren. Es ist möglich, den vorteilhaften Effekt der vorliegenden Ausführungsform weiter zu sichern, indem der untere Grenzwert des Bedingungsausdrucks (9) auf 0,001 gesetzt wird.

[0067] Vorzugsweise weist in der Mikroskop-Objektivlinse OL gemäß der zweiten Ausführungsform die dritte Linsengruppe G3 zwei Zerstreuungslinsen auf, und mindestens eine vorbestimmte Zerstreuungslinse von den beiden Zerstreuungslinsen erfüllt den folgenden Bedingungsausdruck (1). Ähnlich wie bei der ersten Ausführungsform kann durch die Erfüllung des Bedingungsausdrucks (1) bei der Korrektur der chromatischen Aberration der Vergrößerung die primäre Achromatisierung vorteilhaft durchgeführt werden. Darüber hinaus ist es möglich, die vorteilhafte Wirkung der vorliegenden Ausführungsform weiter zu sichern, indem der obere Grenzwert des Bedingungsausdrucks (1) auf 35, 33, 32 oder 30 gesetzt wird.

[0068] Vorzugsweise besteht bei der Mikroskop-Objektivlinse OL gemäß der zweiten Ausführungsform die dritte Linsengruppe G3 aus drei oder mehr Linsen, die zwei Zerstreuungslinsen und eine Sammellinse aufweisen, wobei eine vorbestimmte Zerstreuungslinse, die den oben beschriebenen Bedingungsausdruck (1) und dergleichen erfüllt, eine der beiden Zerstreuungslinsen der dritten Linsengruppe G3 ist und die oben beschriebenen Bedingungsausdrücke (2) und (3) erfüllt. Ähnlich wie bei der ersten Ausführungsform kann

durch die Erfüllung der Bedingungsausdrücke (2) und (3) bei der Korrektur der chromatischen Aberration der Vergrößerung zusätzlich zur primären Achromatisierung auch das sekundäre Spektrum vorteilhaft korrigiert werden. Darüber hinaus ist es möglich, den vorteilhaften Effekt der vorliegenden Ausführungsform weiter zu sichern, indem der untere Grenzwert des Bedingungsausdrucks (2) auf 3, 5, 8 oder 10 gesetzt wird. Es ist möglich, die vorteilhafte Wirkung der vorliegenden Ausführungsform weiter zu sichern, indem der untere Grenzwert des Bedingungsausdrucks (3) auf 0,01 gesetzt wird.

[0069] In der Mikroskop-Objektivlinse OL gemäß der zweiten Ausführungsform kann die dritte Linsengruppe G3 aus drei oder mehr Linsen bestehen, die zwei Zerstreuungslinsen und eine Sammellinse aufweisen, wobei eine vorbestimmte Zerstreuungslinse, die den oben beschriebenen Bedingungsausdruck (1) und dergleichen erfüllt, eine der beiden Zerstreuungslinsen der dritten Linsengruppe G3 sein kann und die oben beschriebenen Bedingungsausdrücke (2) und (4) erfüllt. Ähnlich wie bei der ersten Ausführungsform kann durch die Erfüllung der Bedingungsausdrücke (2) und (4) bei der Korrektur der chromatischen Aberration der Vergrößerung zusätzlich zur primären Achromatisierung auch das sekundäre Spektrum vorteilhaft korrigiert werden. Darüber hinaus ist es möglich, die vorteilhafte Wirkung der vorliegenden Ausführungsform weiter zu sichern, indem der untere Grenzwert des Bedingungsausdrucks (2) auf 3, 5, 8 oder 10 gesetzt wird. Es ist möglich, die vorteilhafte Wirkung der vorliegenden Ausführungsform weiter zu sichern, indem der untere Grenzwert des Bedingungsausdrucks (4) auf 0,01 gesetzt wird.

[0070] Vorzugsweise weist in der Mikroskop-Objektivlinse OL gemäß der zweiten Ausführungsform die dritte Linsengruppe G3 zwei Zerstreuungslinsen auf, und mindestens eine vorbestimmte Zerstreuungslinse von den beiden Zerstreuungslinsen erfüllt den folgenden Bedingungsausdruck (5). Ähnlich wie bei der ersten Ausführungsform kann durch die Erfüllung des Bedingungsausdrucks (5) bei der Korrektur der chromatischen Aberration der Vergrößerung zusätzlich zur primären Achromatisierung auch das sekundäre Spektrum vorteilhaft korrigiert werden. Es ist möglich, den vorteilhaften Effekt der vorliegenden Ausführungsform weiter zu sichern, indem der untere Grenzwert des Bedingungsausdrucks (5) auf 0,01 gesetzt wird.

[0071] In der Mikroskop-Objektivlinse OL gemäß der zweiten Ausführungsform kann die dritte Linsengruppe G3 zwei Zerstreuungslinsen aufweisen, und mindestens eine vorbestimmte Zerstreuungslinse von den beiden Zerstreuungslinsen erfüllt den folgenden Bedingungsausdruck (6). Ähnlich wie bei der ersten Ausführungsform kann durch die Erfüllung des Bedingungsausdrucks (6) bei der Korrektur der chromatischen Aberration der Vergrößerung zusätzlich zur primären Achromatisierung auch das sekundäre Spektrum vorteilhaft korrigiert werden. Es ist möglich, den vorteilhaften Effekt der vorliegenden Ausführungsform weiter zu sichern, indem der untere Grenzwert des Bedingungsausdrucks (6) auf 0,005 gesetzt wird.

[0072] Vorzugsweise weist in der Mikroskop-Objektivlinse OL gemäß der zweiten Ausführungsform die dritte Linsengruppe G3 zwei Zerstreuungslinsen auf, ist die vorbestimmte Zerstreuungslinse, die den oben beschriebenen Bedingungsausdruck (1) erfüllt, eine Zerstreuungslinse von den beiden Zerstreuungslinsen der dritten Linsengruppe G3, und ist die andere Zerstreuungslinse von den beiden Zerstreuungslinsen näher am Objekt angeordnet als die vorbestimmte Zerstreuungslinse und am nächsten zum Objekt in der dritten Linsengruppe G3. Dementsprechend kann die außeraxiale Koma-Aberration vorteilhaft korrigiert werden.

[0073] Vorzugsweise ist bei der Mikroskop-Objektivlinse OL gemäß der zweiten Ausführungsform der oben beschriebene Bedingungsausdruck (7) erfüllt. Ähnlich wie bei der ersten Ausführungsform kann durch die Erfüllung des Bedingungsausdrucks (7) die außeraxiale Koma-Aberration vorteilhaft korrigiert werden. Es ist möglich, den vorteilhaften Effekt der vorliegenden Ausführungsform weiter zu sichern, indem der untere Grenzwert des Bedingungsausdrucks (7) auf 1,69 gesetzt wird.

[0074] Vorzugsweise weist bei der Mikroskop-Objektivlinse OL gemäß der zweiten Ausführungsform die zweite Linsengruppe G2 eine positive Brechkraft auf. Dementsprechend können die sphärische Aberration und die longitudinale chromatische Aberration vorteilhaft korrigiert werden.

[0075] Vorzugsweise ist bei der Mikroskop-Objektivlinse OL gemäß der zweiten Ausführungsform die Linsenkomponente der ersten Linsengruppe G1 eine verkittete Linse, die eine plankonvexe Sammellinse aufweist, die eine dem Objekt zugewandte ebene Fläche hat. Dementsprechend kann die Bildfeldwölbung vorteilhaft korrigiert werden. Es ist anzumerken, dass die Linsenkomponente der ersten Linsengruppe G1 nicht notwendigerweise eine verkittete Linse ist und stattdessen eine einzelne Linse sein kann.

BEISPIELE

[0076] Im Folgenden werden Beispiele für Mikroskop-Objektivlinsen OL gemäß den einzelnen Ausführungsformen unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beschrieben. **Fig.** 1, **Fig.** 5 und **Fig.** 9 sind optische Pfaddiagramme, die die Konfigurationen der Mikroskop-Objektivlinsen OL {OL(1) bis OL(3)} gemäß dem ersten bis dritten Beispiel zeigen. In diesen **Fig.** 1, **Fig.** 5 und **Fig.** 9 wird jede Linsengruppe durch eine Kombination aus einem Symbol G und einer Zahl (oder einem Buchstaben) dargestellt, und jede Linse wird durch eine Kombination aus einem Symbol L und einer Zahl (oder einem Buchstaben) dargestellt. In diesem Fall werden die Linsen und dergleichen durch die Kombinationen von Symbolen und Ziffern unabhängig von den einzelnen Beispielen dargestellt, um Komplikationen durch die Zunahme der Arten und Anzahl von Symbolen und Ziffern zu vermeiden. Dementsprechend bedeutet die Verwendung der gleichen Symbol- und Zahlenkombination in den Beispielen nicht unbedingt die gleiche Konfiguration.

[0077] Nachfolgend werden die Tabellen 1 bis 3 gezeigt, und unter diesen Tabellen ist Tabelle 1 eine Tabelle, die jedes Datenelement im ersten Beispiel zeigt, Tabelle 2 ist die im zweiten Beispiel und Tabelle 3 ist die im dritten Beispiel. In jedem Beispiel werden zur Berechnung der Aberrationsmerkmale die d-Linie (Wellenlänge λ = 587,6 nm), die C-Linie (Wellenlänge λ = 656,3 nm) und die F-Linie (Wellenlänge λ = 486,1 nm) ausgewählt.

[0078] In der Tabelle [Allgemeine Daten] gibt β die Vergrößerung der Mikroskop-Objektivlinse an. f gibt die Brennweite der Mikroskop-Objektivlinse an. NA steht für die objektseitige numerische Apertur der Mikroskop-Objektivlinse. WD steht für den Arbeitsabstand und bezeichnet den Abstand auf der optischen Achse vom Objekt (ohne die Dicke des Deckglases) bis zu der Linsenfläche (eine später beschriebene erste Fläche), die sich in der Mikroskop-Objektivlinse befindet und dem Objekt am nächsten ist. vdA gibt die Abbe-Zahl der vorbestimmten Zerstreuungslinse der dritten Linsengruppe an. θA gibt das partielle Dispersionsverhältnis der vorbestimmten Zerstreuungslinse der dritten Linsengruppe an. vdX gibt die Abbe-Zahl der anderen Zerstreuungslinse der dritten Linsengruppe an. θX gibt das partielle Dispersionsverhältnis der anderen Zerstreuungslinse der dritten Linsengruppe an. vdP gibt die Abbe-Zahl der Sammellinse der dritten Linsengruppe an. θP gibt das partielle Dispersionsverhältnis der Sammellinse der dritten Linsengruppe an. vd2P gibt die Abbe-Zahl der vorbestimmten Sammellinse der zweiten Linsengruppe an. θ2P gibt das partielle Dispersionsverhältnis der vorbestimmten Sammellinse der zweiten Linsengruppe an.

[0079] In der Tabelle [Linsendaten] gibt die Flächennummer die Anordnung der Linsenfläche zum Objekt an, gibt R den Krümmungsradius an, der mit einer jeweiligen Flächennummer korrespondiert (im Falle einer Linsenfläche, die eine konvexe Oberfläche aufweist, die dem Objekt zugewandt ist, wird angenommen, dass der Wert positiv ist), ist D die Linsendicke oder der Luftabstand auf der optischen Achse, die mit einer jeweiligen Flächennummer korrespondiert, gibt nd den Brechungsindex des optischen Materials für die d-Linie (Wellenlänge λ = 587,6 nm) an, die mit einer jeweiligen Flächennummer korrespondiert, ist vd die Abbe-Zahl, die mit einer jeweiligen Flächennummer in Bezug auf die d-Linie des optischen Materials korrespondiert, und ist H der Abstand zwischen einem von der optischen Achse am weitesten entfernten Strahl auf der Linsenoberfläche, die einer jeweiligen Flächennummer korrespondiert, und der optischen Achse, und ist θgF das partielle Dispersionsverhältnis des Materials des optischen Elements, das mit einer jeweiligen Flächennummer korrespondiert, „∞“ des Krümmungsradius bezeichnet eine Ebene oder eine Blende. Die Beschreibung des Brechungsindexes der Luft nd = 1,00000 wird weggelassen.

[0080] Der Brechungsindex des Materials des optischen Elements für die g-Linie (Wellenlänge λ = 435,8 nm) wird als ng angenommen, der Brechungsindex des Materials des optischen Elements für die F-Linie (Wellenlänge λ = 486,1 nm) wird als nF angenommen, und der Brechungsindex des Materials des optischen Elements für die C-Linie (Wellenlänge λ = 656,3 nm) wird als nC angenommen. In diesem Fall ist das partielle Dispersionsverhältnis θgF des Materials des optischen Elements durch den folgenden Ausdruck (A) definiert.

$$\theta gP = (ng - nF) / (nF - nC) \qquad (A)$$

[0081] Die Tabelle [Linsengruppendaten] gibt die Ausgangsfläche (die dem Objekt am nächsten liegende Fläche) und die Brennweite jeder Linsengruppe an.

[0082] Im Folgenden werden für alle Datenwerte die aufgelistete Brennweite f, der Krümmungsradius R, der Flächenabstand D, andere Längen und dergleichen im Allgemeinen in „mm“ dargestellt, wenn nicht anders angegeben, aber auch nach Anwendung einer proportionalen Skalierung nach innen oder außen kann das

optische System gleichwertige optische Leistungen erzielen, dementsprechend ist die Darstellung nicht darauf beschränkt.

[0083] Da die bisherigen Beschreibungen der Tabellen für alle Beispiele gleich sind, werden redundante Beschreibungen im Folgenden weggelassen.

(Erstes Beispiel)

[0084] Das erste Beispiel wird unter Bezugnahme auf die **Fig.** 1 bis **Fig.** 4 und die Tabelle 1 beschrieben. **Fig.** 1 ist eine Darstellung des optischen Weges, die die Konfiguration einer Mikroskop-Objektivlinse gemäß dem ersten Beispiel zeigt. Die Mikroskop-Objektivlinse OL(1) gemäß dem ersten Beispiel weist in der Reihenfolge von einem Objekt auf der optischen Achse auf: eine erste Linsengruppe G1, die eine positive Brechkraft aufweist, eine zweite Linsengruppe G2, die eine konkave Fläche hat, die einem Bild zugewandt ist und eine positive Brechkraft aufweist, und eine dritte Linsengruppe G3, die eine konkave Fläche hat, die dem Objekt zugewandt ist und eine positive Brechkraft aufweist. Der Zwischenraum zwischen dem distalen Ende der Mikroskop-Objektivlinse OL(1) gemäß dem ersten Beispiel und einer Abdeckung CV, die das Objekt OB bedeckt, ist mit Immersionsflüssigkeit (Öl) gefüllt. Der Zwischenraum zwischen der Abdeckung CV und dem Objekt OB wird mit der Immersionsflüssigkeit (Öl) gefüllt. Es ist anzumerken, dass der Brechungsindex der Immersionsflüssigkeit für die d-Linie (Wellenlänge λ = 587,6 nm) mit 1,39847 angenommen wird. Der Brechungsindex des Deckglases CV für die d-Linie wird mit 1,52439 angenommen.

[0085] Die erste Linsengruppe G1 weist in der Reihenfolge von dem Objekt auf der optischen Achse eine verkittete Linse auf, die eine positive Brechkraft aufweist, und weist eine plankonvexe Sammellinse L101 mit einer dem Objekt zugewandten ebenen Fläche und eine negative Meniskuslinse L102 mit einer dem Objekt zugewandten konkaven Fläche auf, die miteinander verkittet sind.

[0086] Die zweite Linsengruppe G2 weist, in der Reihenfolge vom Objekt auf der optischen Achse auf: eine positive Meniskuslinse L201 mit einer konkaven Fläche, die dem Objekt zugewandt ist, eine verkittete Linse, die eine negative Meniskuslinse L202 mit einer konvexen Fläche, die dem Objekt zugewandt ist, und eine bikonvexe Sammellinse L203, die miteinander verkittet sind, aufweist, eine verkittete Linse, die eine bikonkave Zerstreuungslinse L204 und eine bikonvexe Sammellinse L205 aufweist, die miteinander verkittet sind, eine positive Meniskuslinse L206 mit einer konkaven Fläche, die dem Objekt zugewandt ist, eine verkittete Linse, die eine negative Meniskuslinse L207 mit einer dem Objekt zugewandten konvexen Fläche und eine bikonvexe Sammellinse L208 aufweist, die miteinander verkittet sind, eine verkittete Linse, die eine bikonvexe Sammellinse L209 und eine bikonkave Zerstreuungslinse L210 aufweist, die miteinander verkittet sind, und eine verkittete Linse, die eine positive Meniskuslinse L211 mit einer dem Objekt zugewandten konvexen Fläche und eine negative Meniskuslinse L212 mit einer dem Objekt zugewandten konvexen Fläche aufweist, die miteinander verkittet sind. Die positive Meniskuslinse L206 der zweiten Linsengruppe G2 korrespondiert mit der vorgenannten vorbestimmten Sammellinse, die zur zweiten Linsengruppe G2 gehört und durch die der von der optischen Achse am weitesten entfernte Strahl verläuft.

[0087] Die dritte Linsengruppe G3 weist in der Reihenfolge von dem Objekt auf der optischen Achse auf: eine verkittete Linse, die eine bikonkave Zerstreuungslinse L301, eine negative Meniskuslinse L302, die eine konvexe, dem Objekt zugewandte Fläche aufweist, und eine bikonvexe Sammellinse L303 aufweist, die aneinander verkittet sind. Die negative Meniskuslinse L302 der dritten Linsengruppe G3 korrespondiert mit der oben beschriebenen vorbestimmten Zerstreuungslinse. Die Zerstreuungslinse L301 der dritten Linsengruppe G3 korrespondiert mit der anderen oben beschriebenen Zerstreuungslinse. Die Sammellinse L303 der dritten Linsengruppe G3 korrespondiert mit der oben beschriebenen Sammellinse.

[0088] Es ist anzumerken, dass sie so konfiguriert ist, dass durch Verschieben von mindestens drei Linsenkomponenten (Einzellinsen oder verkittete Linsen) der zweiten Linsengruppe G2 auf der optischen Achse die Luftabstände zwischen den Linsenkomponenten der zweiten Linsengruppe G2 gemäß der Dicke des Deckglases CV verändert werden können. Die auf der optischen Achse bewegliche Linsenkomponente der zweiten Linsengruppe G2 fungiert als so genannter Korrekturkragen und kann eine Aberration korrigieren, die sich in Abhängigkeit von der Dicke des Deckglases CV ändert.

[0089] In der folgenden Tabelle 1 sind Werte von Daten zu der Mikroskop-Objektivlinse gemäß dem ersten Beispiel aufgeführt. Es ist anzumerken, dass es sich bei der ersten Fläche um eine Objektfläche (OB) handelt.

(Tabelle 1)

[Allgemeine Daten]

β=60-fach

f=3,34

NA=1,30 WD=0,33

vdA=27,35 θA=0,6319

vdX=48,10 θX=0,5603

vdP=29,84 θP=0,6017

vd2P=28,69 θ2P=0,6065

[Linsendaten]

Flächennummer	R	D	nd	vd	H	θgF
1	∞	0,23	1,39847	51,24		
2	∞	0,17	1,52439	54,28		
3	∞	0,10	1,39847	51,24		
4	∞	0,70	1,45850	67,85		
5	-2,033	3,44	1,95375	32,33		
6	-3,746	0,15				
7	-9,727	3,36	1,49782	82,57	4,92	
8	-6,923	0,20			5,96	
9	103,938	0,95	1,55298	55,07	7,98	
10	16,911	7,11	1,49782	82,57	8,85	
11	-14,628	0,20			9,26	
12	-50,850	0,60	1,67300	38,26	9,54	
13	21,429	8,17	1,43385	95,25	10,09	
14	-14,740	0,20			10,45	
15	-58,693	2,18	1 ,79504	28,69	10,41	0,6065
16	-31,348	0,20			10,51	
17	27,743	0,85	1,74320	49,26	9,92	
18	11,280	7,53	1,43385	95,25	9,03	
19	-24,461	0,90			8,96	
20	12,668	4,70	1,43425	94,77	7,59	
21	-29, 055	0,85	1,73211	46,18	7,07	
22	15,117	0,20			6,25	
23	7,224	4,26	1,43425	94,77	5,98	
24	68,128	7,24	1,85026	32,35	5,38	
25	3,610	3,01			2,47	
26	-4,497	0,90	1,70000	48,10		0,5603
27	74,320	0,85	1,66382	27,35		0,6319
28	12,514	5,00	1,80000	29,84		0,6017
29	-8,336	-				

[Linsengruppendaten]

Gruppe	Erste Fläche	Brennweite
G1	4	8,32
G2	7	4,34
G3	26	159,75

[0090] **Fig.** 2 zeigt verschiedene Aberrationen (die sphärische Aberration, die Bildfeldwölbung und die Verzerrung) der Mikroskop-Objektivlinse gemäß dem ersten Beispiel. **Fig.** 3 ist eine Darstellung der chromatischen Aberrationen der Vergrößerung (transversale chromatische Aberrationen) der Mikroskop-Objektivlinse gemäß dem ersten Beispiel. **Fig.** 4 zeigt die Koma-Aberrationen (meridionale und sagittale Koma-Aberrationen) der Mikroskop-Objektivlinse gemäß dem ersten Beispiel. Es ist anzumerken, dass jede grafische Darstellung verschiedene Aberrationen in einem Zustand zeigt, in dem die Mikroskop-Objektivlinse mit einer zweiten Objektivlinse kombiniert ist. In den grafischen Darstellungen der Aberrationen in den **Fig.** 2 bis **Fig.** 4 zeigt d die verschiedenen Aberrationen für die d-Linie (Wellenlänge λ = 587,6 nm), C die für die C-Linie (Wellenlänge λ = 656,3 nm) und F die für die F-Linie (Wellenlänge λ = 486,1 nm). In der grafischen Darstellung der sphärischen Aberration gibt die Ordinatenachse den Wert an, der auf den maximalen Wert des Eintrittspupillenradius von 1 normiert ist, und die Abszissenachse gibt den Wert [mm] der Aberration für jeden Strahl an. In der grafischen Darstellung der Bildfeldwölbung zeigen die durchgezogenen Linien die meridionalen Bildflächen für die jeweiligen Wellenlängen und die gestrichelten Linien die sagittalen Bildflächen für die jeweiligen Wellenlängen an. In der grafischen Darstellung der Bildfeldwölbung gibt die Ordinatenachse die Bildhöhe [mm] und die Abszissenachse den Wert der Aberration [mm] an. In der grafischen Darstellung der Verzerrung (Verzerrung) gibt die Ordinatenachse die Bildhöhe [mm] und die Abszissenachse den Prozentsatz der Aberration (%-Wert) an. In der grafischen Darstellung der chromatischen Aberration der Vergrößerung gibt die Ordinatenachse die Bildhöhe [mm] und die Abszissenachse den Wert der Aberration [mm] an. Jede grafische Darstellung der Koma-Aberration gibt den Wert der Aberration mit der relativen Feldhöhe (RFH) im Bereich von 0,00 bis 1,00 an. Auch in den grafischen Darstellungen der Aberration in den folgenden Beispielen werden ähnliche Symbole wie in diesem Beispiel verwendet, und eine redundante Beschreibung ist weggelassen.

[0091] Jede grafische Darstellung der Aberration zeigt, dass die Mikroskop-Objektivlinse gemäß dem ersten Beispiel zahlreiche vorteilhaft korrigierte Aberrationen, einschließlich der chromatischen Aberration der Vergrößerung, sowie eine ausgezeichnete Abbildungsleistungsfähigkeit hat.

(Zweites Beispiel)

[0092] Das zweite Beispiel wird unter Bezugnahme auf die **Fig.** 5 bis **Fig.** 8 und Tabelle 2 beschrieben. **Fig.** 5 ist eine Darstellung des optischen Weges, die die Konfiguration einer Mikroskop-Objektivlinse gemäß dem zweiten Beispiel zeigt. Die Mikroskop-Objektivlinse OL(2) gemäß dem zweiten Beispiel weist in der Reihenfolge von einem Objekt auf der optischen Achse auf: eine erste Linsengruppe G1, die eine positive Brechkraft aufweist, eine zweite Linsengruppe G2, die eine konkave Fläche hat, die einem Bild zugewandt ist und eine positive Brechkraft aufweist, und eine dritte Linsengruppe G3, die eine konkave Fläche hat, die dem Objekt zugewandt ist und eine positive Brechkraft aufweist. Der Zwischenraum zwischen dem distalen Ende der Mikroskop-Objektivlinse OL(2) gemäß dem zweiten Beispiel und der Abdeckung CV, die das Objekt OB bedeckt, ist mit der Immersionsflüssigkeit (Öl) gefüllt. Der Zwischenraum zwischen der Abdeckung CV und dem Objekt OB ist mit der Immersionsflüssigkeit (Öl) gefüllt. Es ist anzumerken, dass der Brechungsindex der Immersionsflüssigkeit für die d-Linie (Wellenlänge λ = 587,6 nm) mit 1,3985 angenommen wird. Der Brechungsindex der Abdeckung CV für die d-Linie wird mit 1,5244 angenommen.

[0093] Die erste Linsengruppe G1 weist in der Reihenfolge von dem Objekt auf der optischen Achse auf: eine verkittete Linse, die eine positive Brechkraft aufweist und eine plankonvexe Sammellinse L101, die eine dem Objekt zugewandte ebene Fläche aufweist, und eine negative Meniskuslinse L102, die eine dem Objekt zugewandte konkave Fläche aufweist, aufweist, die miteinander zementiert sind.

[0094] Die zweite Linsengruppe G2 weist, in der Reihenfolge vom Objekt aus auf der optischen Achse auf: eine positive Meniskuslinse L201 mit einer konkaven Fläche, die dem Objekt zugewandt ist, eine verkittete Linse, die eine positive Meniskuslinse L202 mit einer konkaven Fläche, die dem Objekt zugewandt ist, eine bikonkave Zerstreuungslinse L203 und eine bikonvexe Sammellinse L204 aufweist, die miteinander verkittet

sind, eine verkittete Linse, die eine negative Meniskuslinse L205 mit einer konvexen Fläche, die dem Objekt zugewandt ist, und eine bikonvexe Sammellinse L206 aufweist, die miteinander verkittet sind, eine verkittete Linse, die eine negative Meniskuslinse L207 mit einer dem Objekt zugewandten konvexen Fläche und eine bikonvexe Sammellinse L208 aufweist, die miteinander verkittet sind, eine verkittete Linse, die eine bikonvexe Sammellinse L209 und eine bikonkave Zerstreuungslinse L210 aufweist, die miteinander verkittet sind, und eine verkittete Linse, die eine positive Meniskuslinse L211 mit einer dem Objekt zugewandten konvexen Fläche und eine negative Meniskuslinse L212 mit einer dem Objekt zugewandten konvexen Fläche aufweist, die miteinander verkittet sind. Die positive Meniskuslinse L202 der zweiten Linsengruppe G2 korrespondiert mit der vorgenannten vorbestimmten Sammellinse, die zur zweiten Linsengruppe G2 gehört und näher am Objekt angeordnet ist als die Sammellinse L206, durch die der von der optischen Achse am weitesten entfernte Strahl verläuft.

[0095] Die dritte Linsengruppe G3 weist eine verkittete Linse auf, die in der Reihenfolge von dem Objekt auf der optischen Achse aufweist: eine negative Meniskuslinse L301, die eine konkave Fläche aufweist, die dem Objekt zugewandt ist, eine positive Meniskuslinse L302, die eine konkave Fläche aufweist, die dem Objekt zugewandt ist, und eine negative Meniskuslinse L303, die eine konkave Fläche aufweist, die dem Objekt zugewandt ist, die miteinander verkittet sind. Die negative Meniskuslinse L303 der dritten Linsengruppe G3 korrespondiert mit der oben beschriebenen vorbestimmten Zerstreuungslinse. Die negative Meniskuslinse L301 der dritten Linsengruppe G3 korrespondiert mit der oben beschriebenen anderen Zerstreuungslinse. Die positive Meniskuslinse L302 der dritten Linsengruppe G3 entspricht der oben beschriebenen Sammellinse.

[0096] Es ist anzumerken, dass es so konfiguriert ist, dass durch Verschieben von mindestens drei Linsenkomponenten (Einzellinsen oder verkittete Linsen) der zweiten Linsengruppe G2 auf der optischen Achse die Luftabstände zwischen den Linsenkomponenten der zweiten Linsengruppe G2 gemäß der Dicke des Deckglases CV verändert werden können. Die auf der optischen Achse bewegliche Linsenkomponente der zweiten Linsengruppe G2 fungiert als so genannter Korrekturkragen und kann eine Aberration korrigieren, die sich in Abhängigkeit von der Dicke des Deckglases CV ändert.

[0097] In der folgenden Tabelle 2 sind Werte von Daten zu der Mikroskop-Objektivlinse gemäß dem zweiten Beispiel aufgeführt. Es ist anzumerken, dass es sich bei der ersten Fläche um eine Objektfläche (OB) handelt.

(Tabelle 2)

[Allgemeine Daten]

β=60-fach	
f=3,35	
NA=1,30	WD=0,33
vdA=27,35	θA=0,6319
vdX=40,69	θX=0,5672
vdP=24,80	θP=0,6122
vd2P=27,35	θ2P=0,6319

[Linsendaten]

Flächennummer	R	D	nd	vd	H	θgF
1	∞	0,23	1,3985	51,24		
2	∞	0,17	1,5244	54,28		
3	∞	0,10	1,3985	51,24		
4	∞	0,71	1,4585	67,85		
5	-1,950	4,09	1,9538	32,33		
6	-4,018	0,20				
7	-17,836	3,19	1,4978	82,57	5,78	

[Linsendaten]

Flächennummer	R	D	nd	vd	H	θgF
8	-9,123	0,20			6,61	
9	-74,406	1,60	1,6638	27,35	7,80	0,6319
10	-47,667	1,00	1,6127	44,46	8,19	
11	20,763	7,53	1,4978	82,57	9,42	
12	-14,741	0,20			9,97	
13	94,360	0,60	1,6730	38,26	10,81	
14	25,009	8,17	1,4339	95,25	10,96	
15	-16,828	0,20			11,18	
16	25,329	1,00	1,7432	49,26	10,11	
17	10,896	8,10	1,4339	95,25	9,08	
18	-22,754	0,65			8,99	
19	13,846	6,26	1,4339	95,25	7,55	
20	-19,624	1,00	1,7321	46,18	6,36	
21	14,492	0,20			5,57	
22	6,131	4,44	1,4978	82,57	5,30	
23	155,535	3,11	1,8061	33,34	4,53	
24	3,579	4,38			2,71	
25	-5,941	1,00	1,8830	40,69		0,5672
26	-20,799	4,45	1,8548	24,80		0,6122
27	-4,874	1,00	1,6638	27,35		0,6319
28	-10,618	-				

[Linsengruppendaten]

Gruppe	Erste Fläche	Brennweite
G1	4	9,12
G2	7	5,33
G3	25	541,14

[0098] **Fig.** 6 zeigt verschiedene Aberrationen (die sphärische Aberration, die Bildfeldwölbung und die Verzerrung) der Mikroskop-Objektivlinse gemäß dem zweiten Beispiel. **Fig.** 7 ist eine Darstellung der chromatischen Aberrationen der Vergrößerung (transversale chromatische Aberrationen) der Mikroskop-Objektivlinse gemäß dem zweiten Beispiel. **Fig.** 8 zeigt die Koma-Aberrationen (meridionale und sagittale Koma-Aberrationen) der Mikroskop-Objektivlinse gemäß dem zweiten Beispiel. Jede grafische Darstellung der Aberrationen zeigt, dass die Mikroskop-Objektivlinse gemäß dem zweiten Beispiel verschiedene Aberrationen, einschließlich der chromatischen Aberration der Vergrößerung, vorteilhaft korrigiert hat und eine ausgezeichnete Abbildungsleistungsfähigkeit aufweist.

(Drittes Beispiel)

[0099] Das dritte Beispiel wird unter Bezugnahme auf die **Fig.** 9 bis **Fig.** 12 und Tabelle 3 beschrieben. **Fig.** 9 ist eine Darstellung des optischen Weges, die die Konfiguration einer Mikroskop-Objektivlinse gemäß dem dritten Beispiel zeigt. Die Mikroskop-Objektivlinse OL(3) gemäß dem dritten Beispiel weist in der Reihenfolge von einem Objekt auf der optischen Achse auf: eine erste Linsengruppe G1, die eine positive Brechkraft aufweist, eine zweite Linsengruppe G2, die eine konkave Fläche hat, die einem Bild zugewandt ist und eine positive Brechkraft aufweist, und eine dritte Linsengruppe G3, die eine konkave Fläche hat, die dem Objekt zugewandt ist und eine negative Brechkraft aufweist. Der Zwischenraum zwischen dem distalen Ende der

Mikroskop-Objektivlinse OL(3) gemäß dem dritten Beispiel und der Abdeckung CV, die das Objekt OB bedeckt, ist mit Immersionsflüssigkeit (Öl) gefüllt. Der Zwischenraum zwischen der Abdeckung CV und dem Objekt OB ist mit der Immersionsflüssigkeit (Öl) gefüllt. Es ist anzumerken, dass der Brechungsindex der Immersionsflüssigkeit für die d-Linie (Wellenlänge λ = 587,6 nm) mit 1,3985 angenommen wird. Der Brechungsindex der Abdeckung CV für die d-Linie wird mit 1,5244 angenommen.

[0100] Die erste Linsengruppe G1 weist in der Reihenfolge vom Objekt auf der optischen Achse auf: eine verkittete Linse, die eine positive Brechkraft hat und aufweist: eine plankonvexe Sammellinse L101, die eine dem Objekt zugewandte ebene Fläche aufweist, und eine negative Meniskuslinse L102, die eine dem Objekt zugewandte konkave Fläche aufweist, die miteinander verkittet sind.

[0101] Die zweite Linsengruppe G2 weist, in der Reihenfolge vom Objekt aus auf der optischen Achse auf: eine positive Meniskuslinse L201, die eine konkave Fläche aufweist, die dem Objekt zugewandt ist, eine verkittete Linse, die eine negative Meniskuslinse L202, die eine konvexe Fläche aufweist, die dem Objekt zugewandt ist, und eine bikonvexe Sammellinse L203 aufweist, die miteinander verkittet sind, eine verkittete Linse, die eine bikonkave Zerstreuungslinse L204 und eine bikonvexe Sammellinse L205 aufweist, die miteinander verkittet sind, eine bikonvexe Sammellinse L206, eine verkittete Linse, die eine negative Meniskuslinse L207 mit einer konvexen Fläche, die dem Objekt zugewandt ist, und eine bikonvexe Sammellinse L208 aufweist, die miteinander verkittet sind, eine verkittete Linse, die eine bikonvexe Sammellinse L209 und eine bikonkave Zerstreuungslinse L210 aufweist, die miteinander verkittet sind, und eine verkittete Linse, die eine positive Meniskuslinse L211 mit einer konvexen Fläche, die dem Objekt zugewandt ist, und eine negative Meniskuslinse L212 mit einer konvexen Fläche, die dem Objekt zugewandt ist, aufweist, die miteinander verkittet sind. Die Sammellinse L206 der zweiten Linsengruppe G2 korrespondiert mit der vorgenannten vorbestimmten Sammellinse, die zur zweiten Linsengruppe G2 gehört und näher am Bild angeordnet ist als die Sammellinse L205, durch die der von der optischen Achse am weitesten entfernte Strahl verläuft.

[0102] Die dritte Linsengruppe G3 weist in der Reihenfolge vom Objekt auf der optischen Achse auf: eine negative Meniskuslinse L301, die eine konkave Fläche aufweist, die dem Objekt zugewandt ist, und eine verkittete Linse, die eine bikonkave Zerstreuungslinse L302 und eine bikonvexe Sammellinse L303 aufweist, die miteinander verkittet sind. Die Zerstreuungslinse L302 der dritten Linsengruppe G3 korrespondiert mit der oben beschriebenen vorbestimmten Zerstreuungslinse. Die negative Meniskuslinse L301 der dritten Linsengruppe G3 korrespondiert mit der oben beschriebenen anderen Zerstreuungslinse. Die Sammellinse L303 der dritten Linsengruppe G3 korrespondiert mit der oben beschriebenen Sammellinse.

[0103] Es ist anzumerken, dass sie so konfiguriert ist, dass durch Verschieben von mindestens drei Linsenkomponenten (Einzellinsen oder verkittete Linsen) der zweiten Linsengruppe G2 auf der optischen Achse die Luftabstände zwischen den Linsenkomponenten der zweiten Linsengruppe G2 entsprechend der Dicke des Deckglases CV verändert werden können. Die auf der optischen Achse bewegliche Linsenkomponente der zweiten Linsengruppe G2 fungiert als so genannter Korrekturkragen und kann eine Aberration korrigieren, die sich in Abhängigkeit von der Dicke des Deckglases CV ändert.

[0104] In der folgenden Tabelle 3 sind Werte von Daten zu der Mikroskop-Objektivlinse gemäß dem dritten Beispiel aufgeführt. Es ist anzumerken, dass es sich bei der ersten Fläche um eine Objektfläche (OB) handelt.

(Tabelle 3)

[Allgemeine Daten]	
β=60-fach	
f=3,33	
NA=1,30	WD=0,33
vdA=24,71	θA=0,6291
vdX=48,10	θX=0,5603
vdP=24,80	θP=0,6122
vd2P=28,69	θ2P=0,6065

[Linsendaten]

Flächennummer	R	D	nd	vd	H	θgF
1	∞	0,23	1,3985	51,24		
2	∞	0,17	1,5244	54,28		
3	∞	0,10	1,3985	51,24		
4	∞	0,70	1,4585	67,85		
5	-1,981	3,57	1,9538	32,33		
6	-3,764	0,15				
7	-9,331	3,35	1,4978	82,57	4,93	
8	-6,865	0,20			5,96	
9	52,128	0,95	1,5530	55,07	8,08	
10	14,586	7,56	1,4978	82,57	8,83	
11	-14,801	0,20			9,21	
12	-42,665	0,60	1,6730	38,26	9,32	
13	20,427	7,79	1,4339	95,25	9,80	
14	-14,842	0,20			10,12	
15	150,000	2,24	1,7950	28,69	10,01	0,6065
16	-82,523	0,20			9,96	
17	32,209	1,00	1,7432	49,26	9,55	
18	10,837	7,56	1,4339	95,25	8,65	
19	-19,992	0,90			8,61	
20	19,684	4,11	1,4343	94,77	7,40	
21	-18,502	1,00	1,7321	46,18	6,98	
22	31,936	0,20			6,45	
23	7,227	4,32	1,4343	94,77	6,03	
24	50,673	6,84	1,8503	32,35	5,39	
25	3,661	2,82			2,50	
26	-5,314	0,90	1,7000	48,10		0,5603
27	-20,000	0,40				
28	-9,741	1,00	1,7558	24,71		0,6291
29	11,123	5,00	1,8548	24,80		0,6122
30	-8,575	-				

[Linsengruppendaten]

Gruppe	Erste Fläche	Brennweite
G1	4	8,32
G2	7	4,73
G3	26	-305,23

[0105] **Fig.** 10 zeigt verschiedene Aberrationen (sphärische Aberration, Bildfeldwölbung und Verzerrung) der Mikroskop-Objektivlinse gemäß dem dritten Beispiel. **Fig.** 11 ist eine Darstellung der chromatischen Aberrationen der Vergrößerung (transversale chromatische Aberration) der Mikroskop-Objektivlinse gemäß dem dritten Beispiel. **Fig.** 12 zeigt die Koma-Aberrationen (meridionale und sagittale Koma-Aberration) der Mikroskop-Objektivlinse gemäß dem dritten Beispiel. Jede grafische Darstellung der Aberration zeigt, dass die Mik-

roskop-Objektivlinse gemäß dem dritten Beispiel verschiedene Aberrationen, einschließlich der chromatischen Aberration der Vergrößerung, vorteilhaft korrigiert hat und eine ausgezeichnete Abbildungsleistungsfähigkeit aufweist.

[0106] Da die Mikroskop-Objektivlinse gemäß jedem Beispiel eine Linse mit unendlicher Entfernungskorrektur ist, wird diese Linse in Kombination mit der zweiten Objektivlinse verwendet, die das Licht von der Mikroskop-Objektivlinse sammelt. Ein Beispiel für die zweite Objektivlinse, die in Kombination mit der Mikroskop-Objektivlinse verwendet wird, wird unter Bezugnahme auf **Fig.** 13 und Tabelle 4 beschrieben. **Fig.** 13 ist eine Darstellung des optischen Weges, die die Konfiguration einer zweiten Objektivlinse zeigt, die in Kombination mit der Mikroskop-Objektivlinse gemäß den einzelnen Beispielen verwendet wird. Die grafischen Darstellungen, die verschiedene Aberrationen der Mikroskop-Objektivlinse gemäß den einzelnen Beispielen zeigen, beziehen sich auf die Fälle, in denen sie in Kombination mit der zweiten Objektivlinse verwendet wird. Die in **Fig.** 13 gezeigte zweite Objektivlinse IL weist in der Reihenfolge vom Objekt auf: eine verkittete Linse, die eine bikonvexe Sammellinse L51 und eine bikonkave Zerstreuungslinse L52 aufweist, die miteinander verkittet sind, und eine verkittete Linse, die eine bikonvexe Sammellinse L53 und eine bikonkave Zerstreuungslinse L54 aufweist, die miteinander verkittet sind. Die zweite Objektivlinse IL ist näher am Bild angeordnet als die Mikroskop-Objektivlinse gemäß dem jeweiligen Beispiel. In **Fig.** 13 ist eine Eintrittspupillenebene Pu der zweiten Objektivlinse IL dargestellt.

[0107] In der folgenden Tabelle 4 sind die Werte der Daten einer zweiten Objektivlinse aufgeführt. Es ist anzumerken, dass in der Tabelle [Allgemeine Daten] f die Brennweite der zweiten Objektivlinse angibt. In der Tabelle [Linsendaten] sind die Flächennummer, R, D, nd und vd die gleichen wie in der Beschreibung der vorgenannten Tabellen 1 bis 3.

(Tabelle 4)

[Allgemeine Daten]

f'=200

[Linsendaten]

Flächennummer	R	D	nd	vd
1	75,043	5,100	1,62280	57,03
2	-75,043	2,000	1,74950	35,19
3	1600,580	7,500		
4	50,256	5,100	1,66755	41,96
5	-84, 541	1,800	1,61266	44,40
6	36,911	-		

[0108] Nachfolgend wird eine Tabelle [Korrespondierende Werte des Bedingungsausdrucks] gezeigt. In dieser Tabelle sind die den Bedingungsausdrücken (1) bis (9) korrespondierenden Werte in Bezug auf alle Beispiele (erstes bis drittes Beispiel) zusammengefasst.

Bedingungsausdruck (1)	vdA<40
Bedingungsausdruck (2)	0<vdX-vdA
Bedingungsausdruck (3)	0<(θA-θX)/(vdA-vdX)×(vdP-vdX)+θX-θP
Bedingungsausdruck (4)	0<(θA-θX)/(vdA-vdX)×(vdP-vdX)+θX-θP-0,015
Bedingungsausdruck (5)	0<θA-(0,6438-0,001682×vdA+0,007)
Bedingungsausdruck (6)	0<θA-(0,6438-0,001682×vdA+0,017)
Bedingungsausdruck (7)	1,68<ndX
Bedingungsausdruck (8)	vd2P<35
Bedingungsausdruck (9)	0<θ2P-(0,6438-0,001682×vd2P+0,008)

[Bedingungsausdruck Korrespondierender Wert]

Bedingungsausdruck	Erstes Beispiel	Zweites Beispiel	Drittes Beispiel
(1)	27,35	27,35	24,71
(2)	20,75	13,34	23,39
(3)	0,0216	0,0321	0,0166
(4)	0,0066	0,0171	0,0016
(5)	0,0271	0,0271	0,0199
(6)	0,0171	0,0171	0,0099
(7)	1,7000	1,8830	1,7000
(8)	28,69	27,35	28,69
(9)	0,0030	0,0261	0,0030

[0109] Gemäß jedem der oben beschriebenen Beispiele kann eine Mikroskop-Objektivlinse hergestellt werden, bei der verschiedene Aberrationen, einschließlich der chromatischen Aberration der Vergrößerung, vorteilhaft korrigiert wurden.

[0110] Die vorgenannten Beispiele beschreiben jeweils ein spezifisches Beispiel der vorliegenden Ausführungsform, und die vorliegende Ausführungsform ist nicht auf sie beschränkt.

BESCHREIBUNG VON ZAHLEN UND ZEICHEN

G1 Erste Linsengruppe

G2 Zweite Linsengruppe

G3 Dritte Linsengruppe

Patentansprüche

1. Mikroskop-Objektivlinse, die in der Reihenfolge von einem Objekt auf einer optischen Achse aus einer ersten Linsengruppe, die eine positive Brechkraft aufweist, einer zweiten Linsengruppe, die eine konkave Fläche aufweist, die einem Bild zugewandt ist, und einer dritten Linsengruppe, die eine konkave Fläche aufweist, die dem Objekt zugewandt ist, besteht,
wobei die erste Linsengruppe aus einer Linsenkomponente besteht, die eine positive Brechkraft aufweist,
die dritte Linsengruppe aus drei oder mehr Linsen besteht, die zwei Zerstreuungslinsen und eine Sammellinse aufweisen, und
mindestens eine vorbestimmte Zerstreuungslinse von den beiden Zerstreuungslinsen den folgenden Bedingungsausdruck erfüllt:

$$\nu dA < 40,$$

wobei vdA eine Abbe-Zahl der vorbestimmten Zerstreuungslinse der dritten Linsengruppe ist.

2. Mikroskop-Objektivlinse nach Anspruch 1,
wobei die vorbestimmte Zerstreuungslinse der dritten Linsengruppe eine Zerstreuungslinse von den beiden Zerstreuungslinsen der dritten Linsengruppe ist, und
die folgenden Bedingungsausdrücke erfüllt sind:

$$0 < \nu dX - \nu dA$$

$$0 < (\theta A - \theta X) / (\nu dA - \nu dX) \times (\nu dP - \nu dX) + \theta X - \theta P,$$

wobei vdX eine Abbe-Zahl einer anderen Zerstreuungslinse von den beiden Zerstreuungslinsen der dritten Linsengruppe ist,
vdP eine Abbe-Zahl der Sammellinse der dritten Linsengruppe ist und
θA ein partielles Dispersionsverhältnis der vorbestimmten Zerstreuungslinse der dritten Linsengruppe ist,

das definiert ist durch den folgenden Ausdruck unter der Annahme, dass ein Brechungsindex der vorbestimmten Zerstreuungslinse für die g-Linie ngA ist, ein Brechungsindex der vorbestimmten Zerstreuungslinse für die F-Linie nFA ist und ein Brechungsindex der vorbestimmten Zerstreuungslinse für die C-Linie nCA ist:

$$\theta A = (ngA - nFA) / (nFA - nCA),$$

wobei θX ein partielles Dispersionsverhältnis der anderen Zerstreuungslinse der dritten Linsengruppe ist, das definiert ist durch den folgenden Ausdruck unter der Annahme, dass ein Brechungsindex der anderen Zerstreuungslinse für die g-Linie ngX ist, ein Brechungsindex der anderen Zerstreuungslinse für die F-Linie nFX ist und ein Brechungsindex der anderen Zerstreuungslinse für die C-Linie nCX ist:

$$\theta X = (ngX - nFX) / (nFX - nCX),$$

wobei θP ein partielles Dispersionsverhältnis der Sammellinse der dritten Linsengruppe ist, das durch den folgenden Ausdruck unter der Annahme definiert ist, dass ein Brechungsindex der Sammellinse für die g-Linie ngP ist, ein Brechungsindex der Sammellinse für die F-Linie nFP ist und ein Brechungsindex der Sammellinse für die C-Linie nCP ist:

$$\theta P = (ngP - nFP) / (nFP - nCP).$$

3. Mikroskop-Objektivlinse nach Anspruch 1,
wobei die vorbestimmte Zerstreuungslinse der dritten Linsengruppe eine Zerstreuungslinse von den beiden Zerstreuungslinsen der dritten Linsengruppe ist und
die folgenden Bedingungsausdrücke erfüllt sind:

$$0 < \nu dX - \nu dA$$

$$0 < (\theta A - \theta X) / (\nu dA - \nu dX) \times (\nu dP - \nu dX) + \theta X - \theta P - 0{,}015$$

wobei vdX eine Abbe-Zahl einer anderen Zerstreuungslinse von den beiden Zerstreuungslinsen der dritten Linsengruppe ist,
vdP eine Abbe-Zahl der Sammellinse der dritten Linsengruppe ist und
θA ein partielles Dispersionsverhältnis der vorbestimmten Zerstreuungslinse der dritten Linsengruppe ist, das definiert ist durch den folgenden Ausdruck unter der Annahme, dass ein Brechungsindex der vorbestimmten Zerstreuungslinse für die g-Linie ngA ist, ein Brechungsindex der vorbestimmten Zerstreuungslinse für die F-Linie nFA ist und ein Brechungsindex der vorbestimmten Zerstreuungslinse für die C-Linie nCA ist:

$$\theta A = (ngA - nFA) / (nFA - nCA),$$

wobei θX ein partielles Dispersionsverhältnis der anderen Zerstreuungslinse der dritten Linsengruppe ist, das definiert ist durch den folgenden Ausdruck unter der Annahme, dass ein Brechungsindex der anderen Zerstreuungslinse für die g-Linie ngX ist, ein Brechungsindex der anderen Zerstreuungslinse für die F-Linie nFX ist und ein Brechungsindex der anderen Zerstreuungslinse für die C-Linie nCX ist:

$$\theta X = (ngX - nFX) / (nFX - nCX),$$

wobei θP ein partielles Dispersionsverhältnis der Sammellinse der dritten Linsengruppe ist, das durch den folgenden Ausdruck unter der Annahme definiert ist, dass ein Brechungsindex der Sammellinse für die g-Linie ngP ist, ein Brechungsindex der Sammellinse für die F-Linie nFP ist und ein Brechungsindex der Sammellinse für die C-Linie nCP ist:

$$\theta P = (ngP - nFP) / (nFP - nCP).$$

4. Mikroskop-Objektivlinse nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei der folgende Bedingungsausdruck erfüllt ist:

$$0 < \theta A - (0{,}6438 - 0{,}001682 \times \nu dA + 0{,}007),$$

wobei θA ein partielles Dispersionsverhältnis der vorbestimmten Zerstreuungslinse der dritten Linsengruppe ist, das definiert ist durch den folgenden Ausdruck unter der Annahme, dass ein Brechungsindex der vorbestimmten Zerstreuungslinse für die g-Linie ngA ist, ein Brechungsindex der vorbestimmten Zerstreuungslinse für die F-Linie nFA ist und ein Brechungsindex der vorbestimmten Zerstreuungslinse für die C-Linie nCA ist:

$$\theta A = (ngA - nFA) / (nFA - nCA).$$

5. Mikroskop-Objektivlinse nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei der folgende Bedingungsausdruck erfüllt ist:

$$0 < \theta A - (0{,}6438 - 0{,}001682 \times \nu dA + 0{,}017),$$

wobei θA ein partielles Dispersionsverhältnis der vorbestimmten Zerstreuungslinse der dritten Linsengruppe ist, das definiert ist durch den folgenden Ausdruck unter der Annahme, dass ein Brechungsindex der vorbestimmten Zerstreuungslinse für die g-Linie ngA ist, ein Brechungsindex der vorbestimmten Zerstreuungslinse für die F-Linie nFA ist und ein Brechungsindex der vorbestimmten Zerstreuungslinse für die C-Linie nCA ist:

$$\theta A = (ngA - nFA) / (nFA - nCA).$$

6. Mikroskop-Objektivlinse nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
wobei die vorbestimmte Zerstreuungslinse der dritten Linsengruppe eine Zerstreuungslinse von den beiden Zerstreuungslinsen der dritten Linsengruppe ist und
eine andere Zerstreuungslinse von den beiden Zerstreuungslinsen näher an dem Objekt angeordnet ist als die vorbestimmte Zerstreuungslinse und dem Objekt in der dritten Linsengruppe am nächsten ist.

7. Mikroskop-Objektivlinse nach Anspruch 6,
wobei der folgende Bedingungsausdruck erfüllt ist:

$$1{,}68 < ndX,$$

wobei ndX ein Brechungsindex der anderen Zerstreuungslinse der dritten Linsengruppe für die d-Linie ist.

8. Mikroskop-Objektivlinse nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die zweite Linsengruppe eine positive Brechkraft aufweist.

9. Mikroskop-Objektivlinse nach einem der Ansprüche 1 bis 8,
wobei die zweite Linsengruppe eine vorbestimmte Sammellinse aufweist, die den folgenden Bedingungsausdruck erfüllt:

$$\nu d2P < 35,$$

wobei vd2P eine Abbe-Zahl der vorbestimmten Sammellinse der zweiten Linsengruppe ist.

10. Mikroskop-Objektivlinse nach einem der Ansprüche 1 bis 8,
wobei die zweite Linsengruppe eine vorbestimmte Sammellinse aufweist, durch die ein von der optischen Achse in der zweiten Linsengruppe am weitesten entfernter Strahl verläuft,
und
die vorbestimmte Sammellinse die folgenden Bedingungsausdrücke erfüllt:

$$\nu d2P < 35$$

$$0 < \theta 2P - (0{,}6438 - 0{,}001682 \times \nu dP + 0{,}008),$$

wobei vd2P eine Abbe-Zahl der vorbestimmten Sammellinse der zweiten Linsengruppe ist und
θ2P ein partielles Dispersionsverhältnis der vorbestimmten Sammellinse der zweiten Linsengruppe ist, das definiert ist durch den folgenden Ausdruck unter der Annahme, dass ein Brechungsindex der vorbestimmten Sammellinse für die g-Linie ng2P ist, ein Brechungsindex der vorbestimmten Sammellinse für die F-Linie nF2P ist und ein Brechungsindex der vorbestimmten Sammellinse für die C-Linie nC2P ist:

$$\theta 2A = (ng2P - nF2P) / (nF2P - nC2P).$$

11. Mikroskop-Objektivlinse nach einem der Ansprüche 1 bis 8,
wobei die zweite Linsengruppe aufweist:
eine Sammellinse, durch die ein von der optischen Achse in der zweiten Linsengruppe am weitesten entfernter Strahl verläuft, und
eine vorbestimmte Sammellinse, die näher an dem Objekt angeordnet ist als die Sammellinse, durch die der von der optischen Achse am weitesten entfernte Strahl verläuft,
und
die vorbestimmte Sammellinse die folgenden Bedingungsausdrücke erfüllt:

$$\nu d2P < 35$$

$$0 < \theta 2P - (0{,}6438 - 0{,}001682 \times \nu d2P + 0{,}008),$$

wobei vd2P eine Abbe-Zahl der vorbestimmten Sammellinse der zweiten Linsengruppe ist und
θ2P ein partielles Dispersionsverhältnis der vorbestimmten Sammellinse der zweiten Linsengruppe ist, das definiert ist durch den folgenden Ausdruck unter der Annahme, dass ein Brechungsindex der vorbestimmten Sammellinse für die g-Linie ng2P ist, ein Brechungsindex der vorbestimmten Sammellinse für die F-Linie nF2P ist und ein Brechungsindex der vorbestimmten Sammellinse für die C-Linie nC2P ist:

$$\theta 2P = (ng2P - nF2P) / (nF2P - nC2P).$$

12. Mikroskop-Objektivlinse nach einem der Ansprüche 1 bis 8,
wobei die zweite Linsengruppe aufweist:
eine Sammellinse, durch die ein von der optischen Achse in der zweiten Linsengruppe am weitesten entfernter Strahl verläuft, und
eine vorbestimmte Sammellinse, die näher an dem Bild angeordnet ist als die Sammellinse, durch die der von der optischen Achse am weitesten entfernte Strahl verläuft,
und
die vorbestimmte Sammellinse die folgenden Bedingungsausdrücke erfüllt:

$$\nu d2P < 35$$

$$0 < \theta 2P - (0{,}6438 - 0{,}001682 \times \nu d2P + 0{,}008),$$

wobei vd2P eine Abbe-Zahl der vorbestimmten Sammellinse der zweiten Linsengruppe ist und
θ2P ein partielles Dispersionsverhältnis der vorbestimmten Sammellinse der zweiten Linsengruppe ist, das definiert ist durch den folgenden Ausdruck unter der Annahme, dass ein Brechungsindex der vorbestimmten Sammellinse für die g-Linie ng2P ist, ein Brechungsindex der vorbestimmten Sammellinse für die F-Linie nF2P ist und ein Brechungsindex der vorbestimmten Sammellinse für die C-Linie nC2P ist:

$$\theta 2P = (ng2P - nF2P) / (nF2P - nC2P).$$

13. Mikroskop-Objektivlinse nach einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei die Linsenkomponente der ersten Linsengruppe eine verkittete Linse ist, die eine plankonvex geformte Sammellinse aufweist, die eine dem Objekt zugewandte ebene Fläche hat.

14. Mikroskop-Objektivlinse, die in der Reihenfolge von einem Objekt auf einer optischen Achse aus einer ersten Linsengruppe, die eine positive Brechkraft aufweist, einer zweiten Linsengruppe, die eine konkave Fläche aufweist, die einem Bild zugewandt ist, und einer dritten Linsengruppe, die eine konkave Fläche aufweist, die dem Objekt zugewandt ist, besteht,
wobei die erste Linsengruppe aus einer Linsenkomponente besteht, die eine positive Brechkraft aufweist, und
die zweite Linsengruppe eine vorbestimmte Sammellinse aufweist, die die folgenden Bedingungsausdrücke erfüllt,

$$\nu d2P < 35$$

$$0 < \theta 2P - (0{,}6438 - 0{,}001682 \times \nu d2P + 0{,}008),$$

wobei vd2P eine Abbe-Zahl der vorbestimmten Sammellinse der zweiten Linsengruppe ist und
θ2P ein partielles Dispersionsverhältnis der vorbestimmten Sammellinse der zweiten Linsengruppe ist, das definiert ist durch den folgenden Ausdruck unter der Annahme, dass ein Brechungsindex der vorbestimmten Sammellinse für die g-Linie ng2P ist, ein Brechungsindex der vorbestimmten Sammellinse für die F-Linie nF2P ist und ein Brechungsindex der vorbestimmten Sammellinse für die C-Linie nC2P ist:

$$\theta 2P = (ng2P - nF2P) / (nF2P - nC2P).$$

15. Mikroskop-Objektivlinse nach Anspruch 14,
wobei die dritte Linsengruppe zwei Zerstreuungslinsen aufweist und
mindestens eine vorbestimmte Zerstreuungslinse von den beiden Zerstreuungslinsen den folgenden Bedingungsausdruck erfüllt:

$$\nu dA < 40,$$

wobei vdA eine Abbe-Zahl der vorbestimmten Zerstreuungslinse der dritten Linsengruppe ist.

16. Optisches Mikroskopsystem, aufweisend die Mikroskop-Objektivlinse nach einem der Ansprüche 1 bis 15 und eine zweite Objektivlinse, die Licht von der Mikroskop-Objektivlinse sammelt.

17. Mikroskopvorrichtung, die die Mikroskop-Objektivlinse nach einem der Ansprüche 1 bis 15 aufweist.

Es folgen 14 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

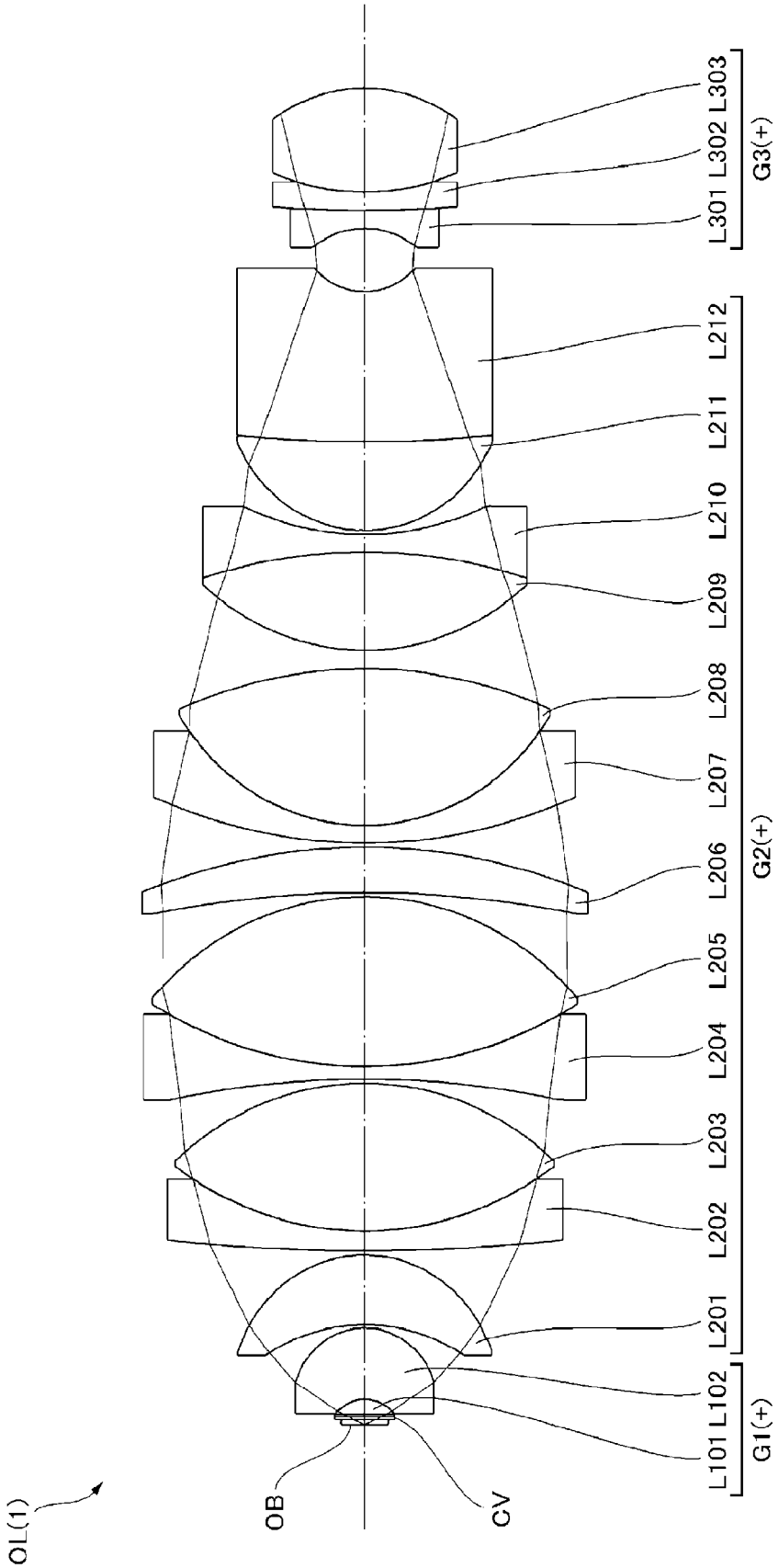


FIG. 1

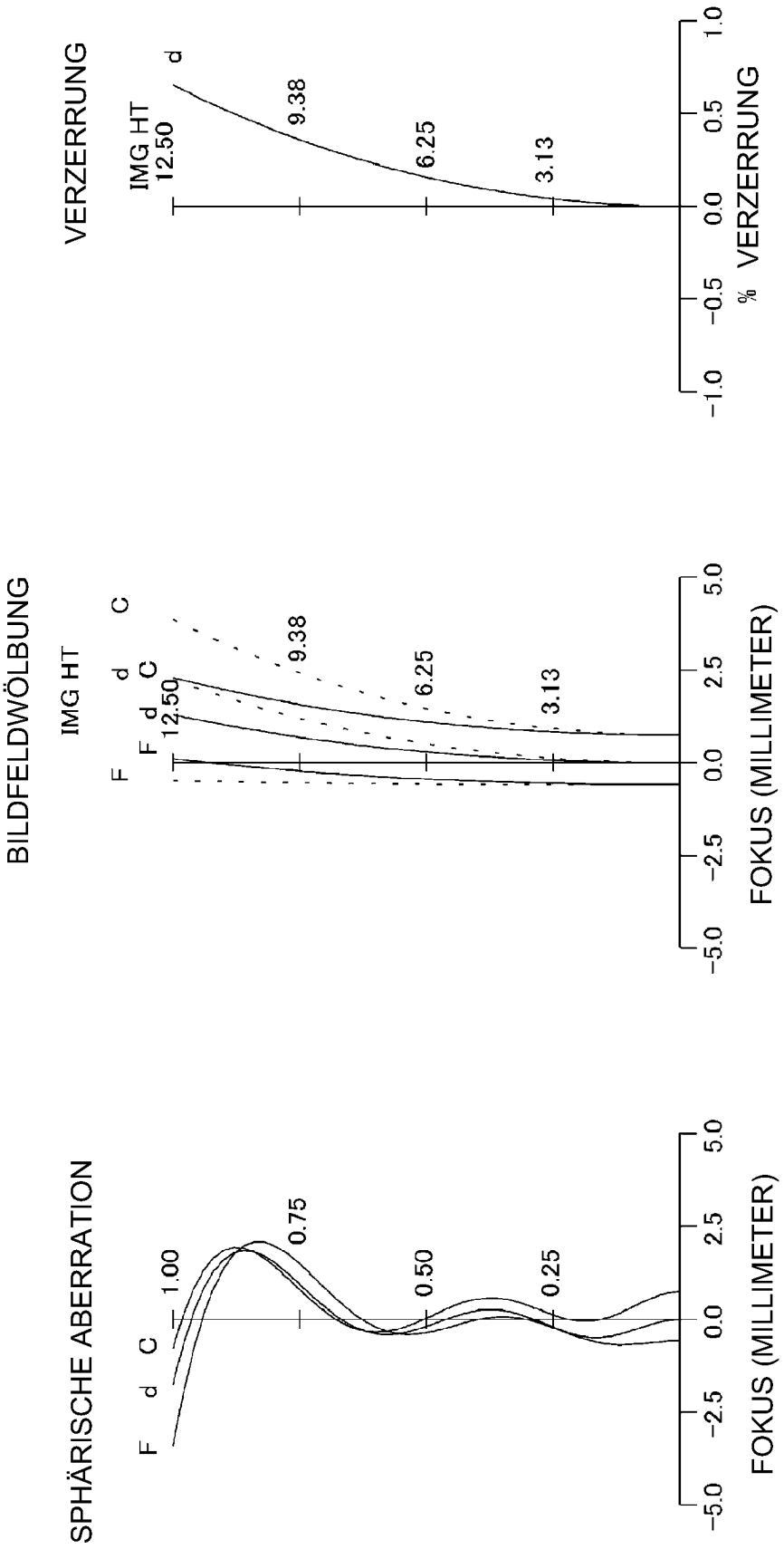

SPHÄRISCHE ABERRATION
F d C
1.00
0.75
0.50
0.25
−5.0 −2.5 0.0 2.5 5.0
FOKUS (MILLIMETER)
BILDFELDWÖLBUNG
IMG HT
F d C
12.50
9.38
6.25
3.13
−5.0 −2.5 0.0 2.5 5.0
FOKUS (MILLIMETER)
VERZERRUNG
IMG HT
12.50
9.38
6.25
3.13
d
−1.0 −0.5 0.0 0.5 1.0
% VERZERRUNG

FIG. 2

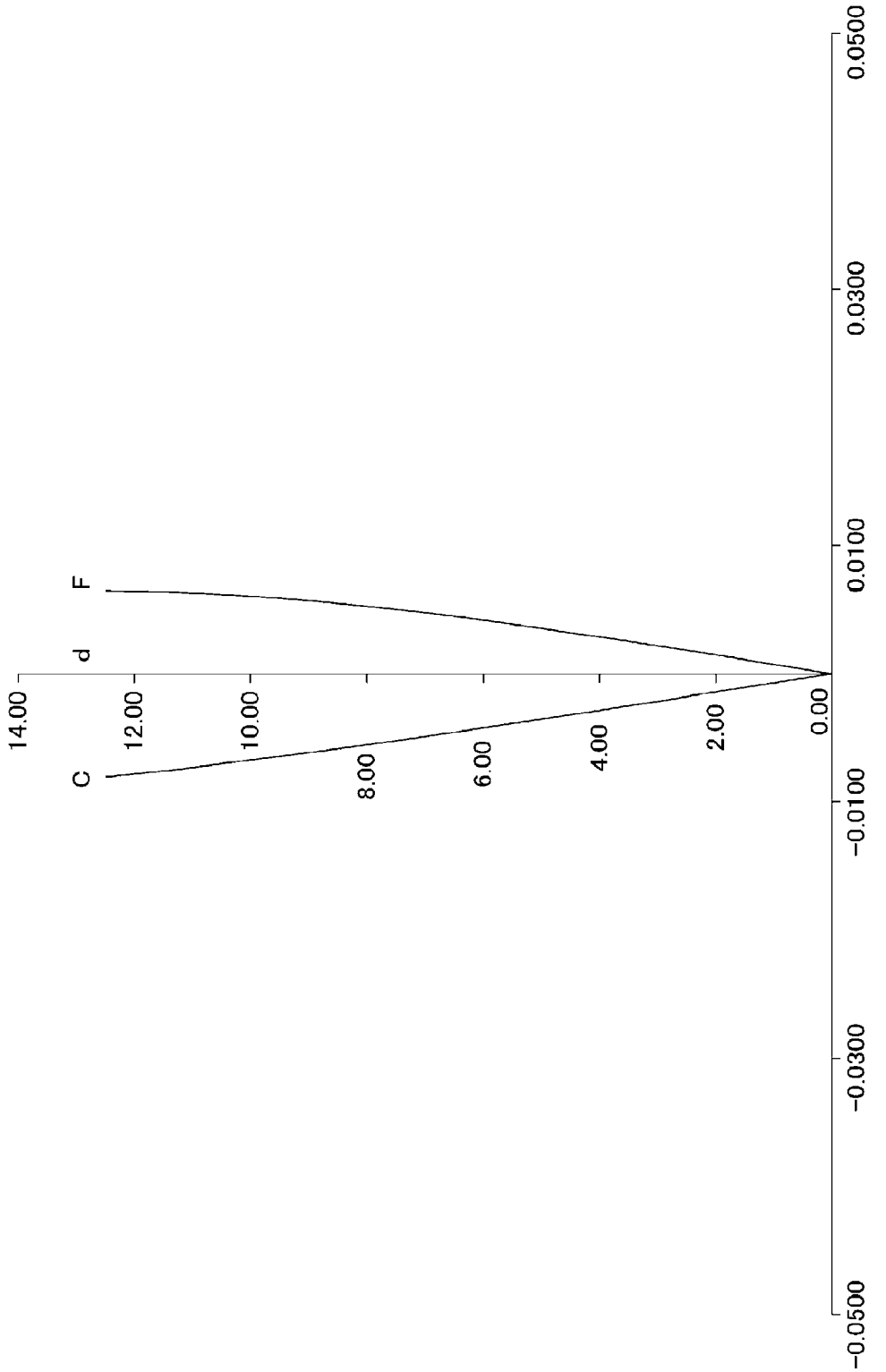

14.00
12.00
10.00
8.00
6.00
4.00
2.00
0.00
C
d
F
−0.0500
−0.0300
−0.0100
0.0100
0.0300
0.0500
LATERALE CHROMATISCHE ABERRATION (mm)

FIG. 3

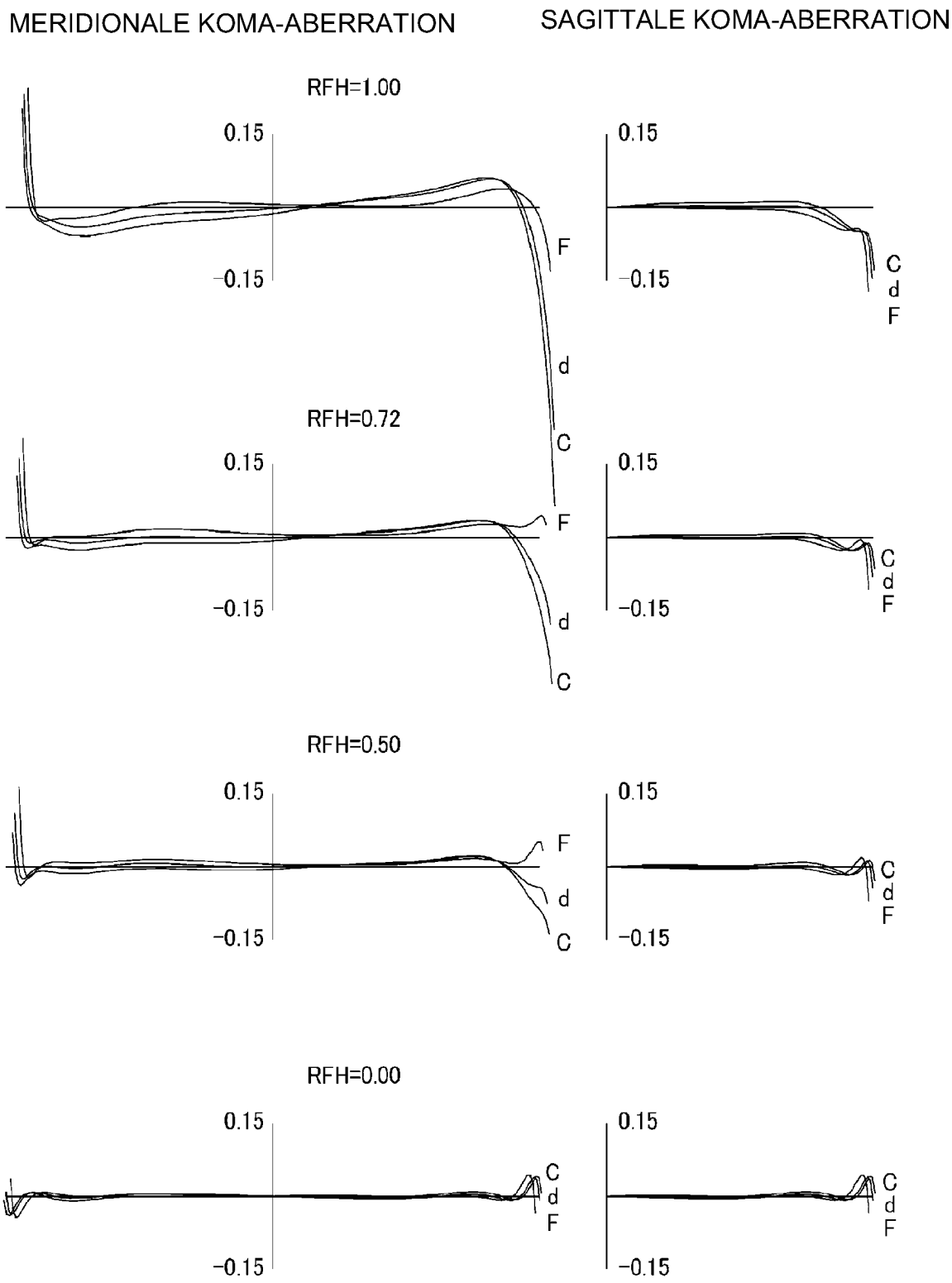

MERIDIONALE KOMA-ABERRATION
SAGITTALE KOMA-ABERRATION
RFH=1.00
RFH=0.72
RFH=0.50
RFH=0.00
0.15
-0.15
F
d
C

FIG. 4

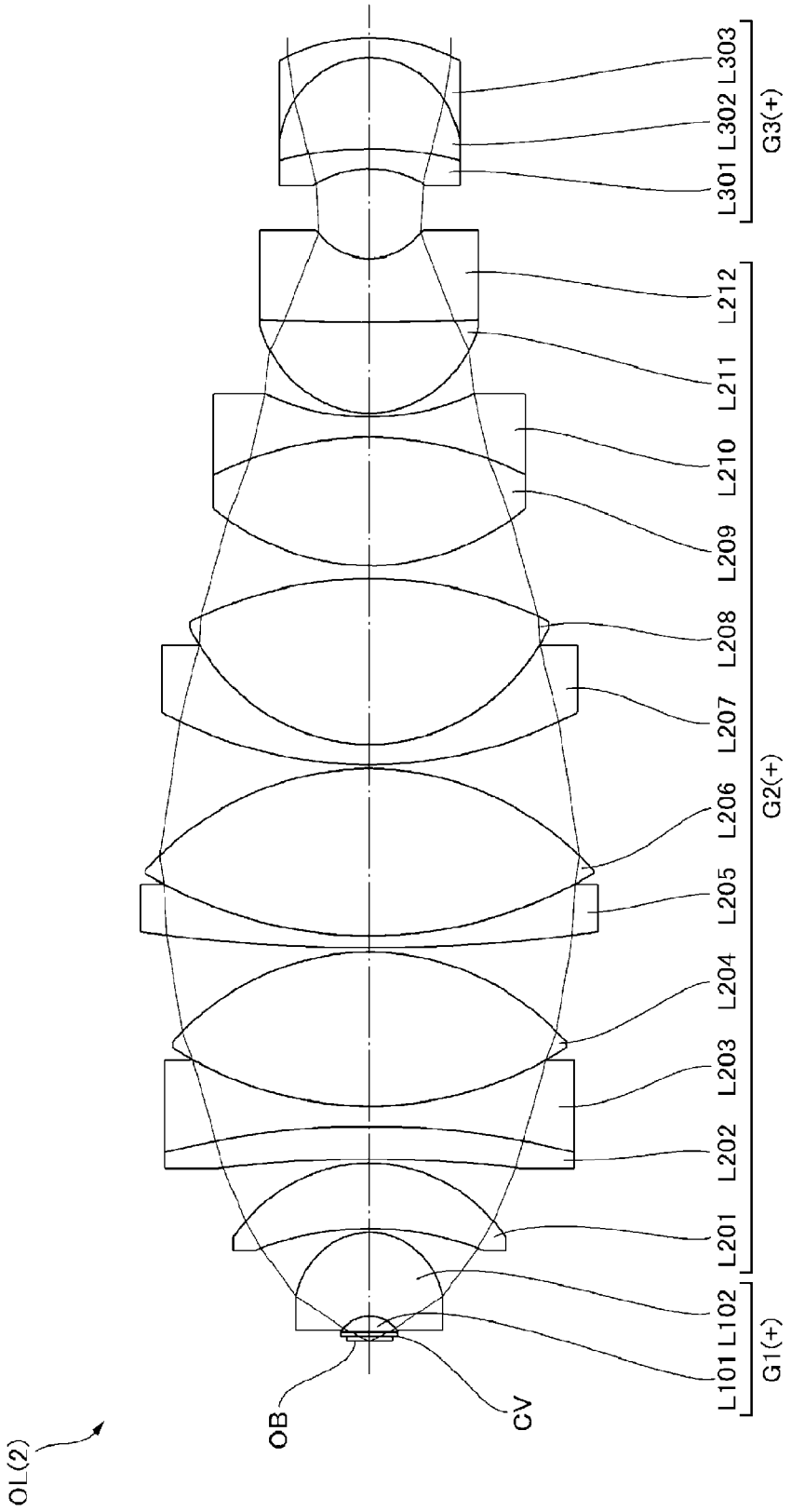

OL(2)
OB
CV
L101
L102
L201
L202
L203
L204
L205
L206
L207
L208
L209
L210
L211
L212
L301
L302
L303
G1(+)
G2(+)
G3(+)

FIG. 5

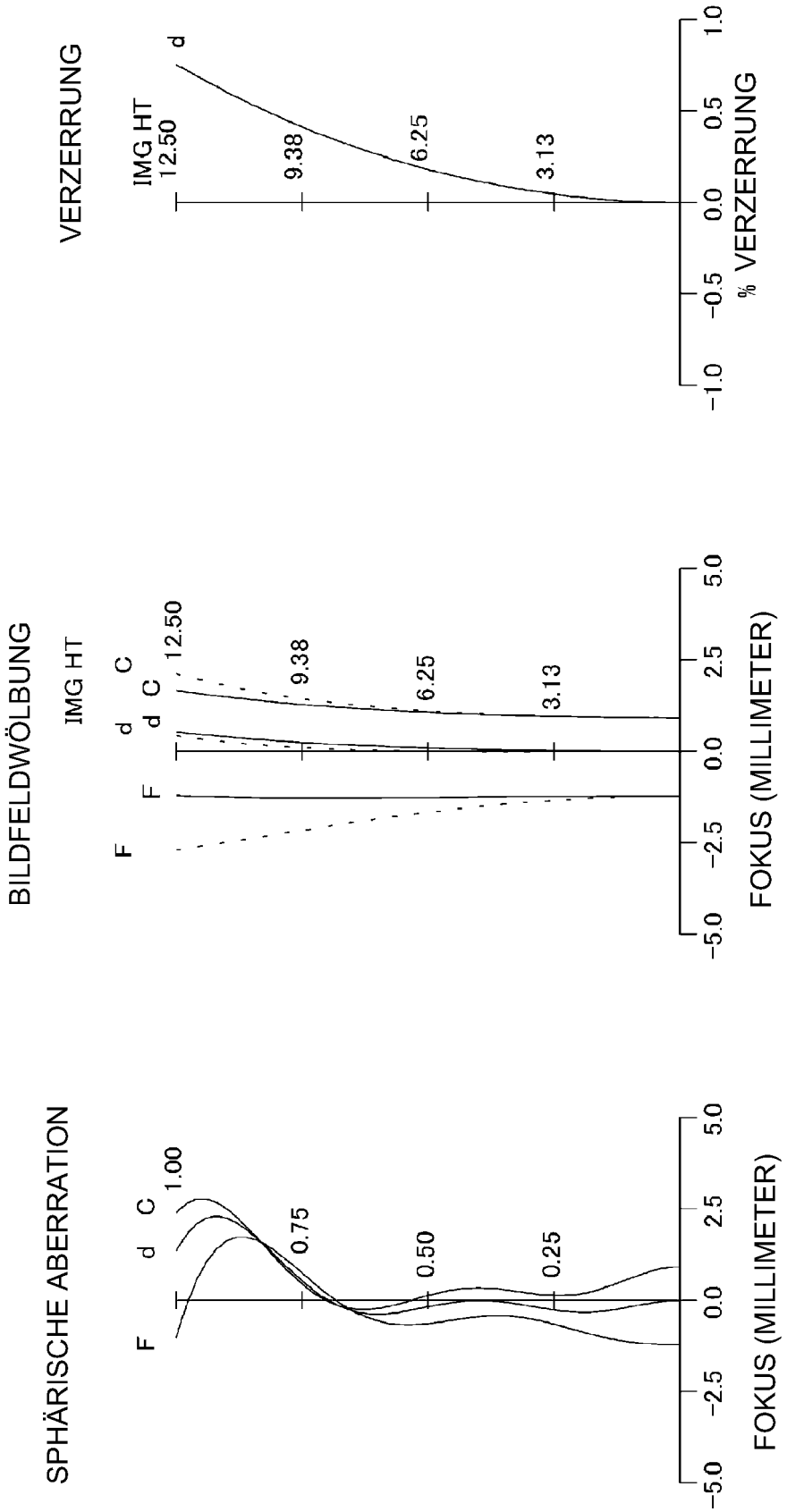

SPHÄRISCHE ABERRATION
F
d
C
1.00
0.75
0.50
0.25
-5.0
-2.5
0.0
2.5
5.0
FOKUS (MILLIMETER)
BILDFELDWÖLBUNG
IMG HT
F
d
C
12.50
9.38
6.25
3.13
-5.0
-2.5
0.0
2.5
5.0
FOKUS (MILLIMETER)
VERZERRUNG
IMG HT
12.50
9.38
6.25
3.13
d
-1.0
-0.5
0.0
0.5
1.0
% VERZERRUNG

FIG. 6

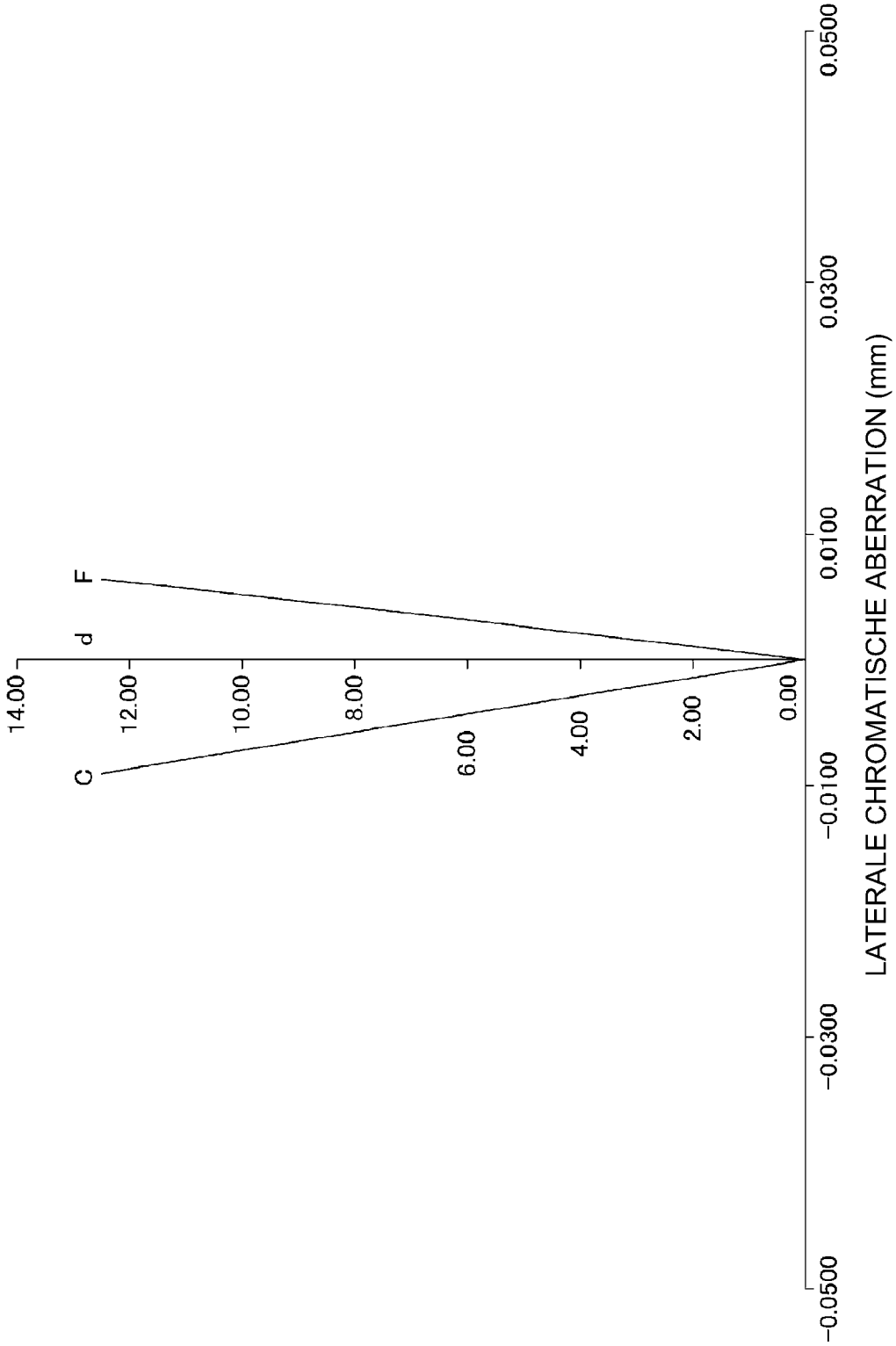

14.00
12.00
10.00
8.00
6.00
4.00
2.00
0.00
C
d
F
−0.0500
−0.0300
−0.0100
0.0100
0.0300
0.0500
LATERALE CHROMATISCHE ABERRATION (mm)

FIG. 7

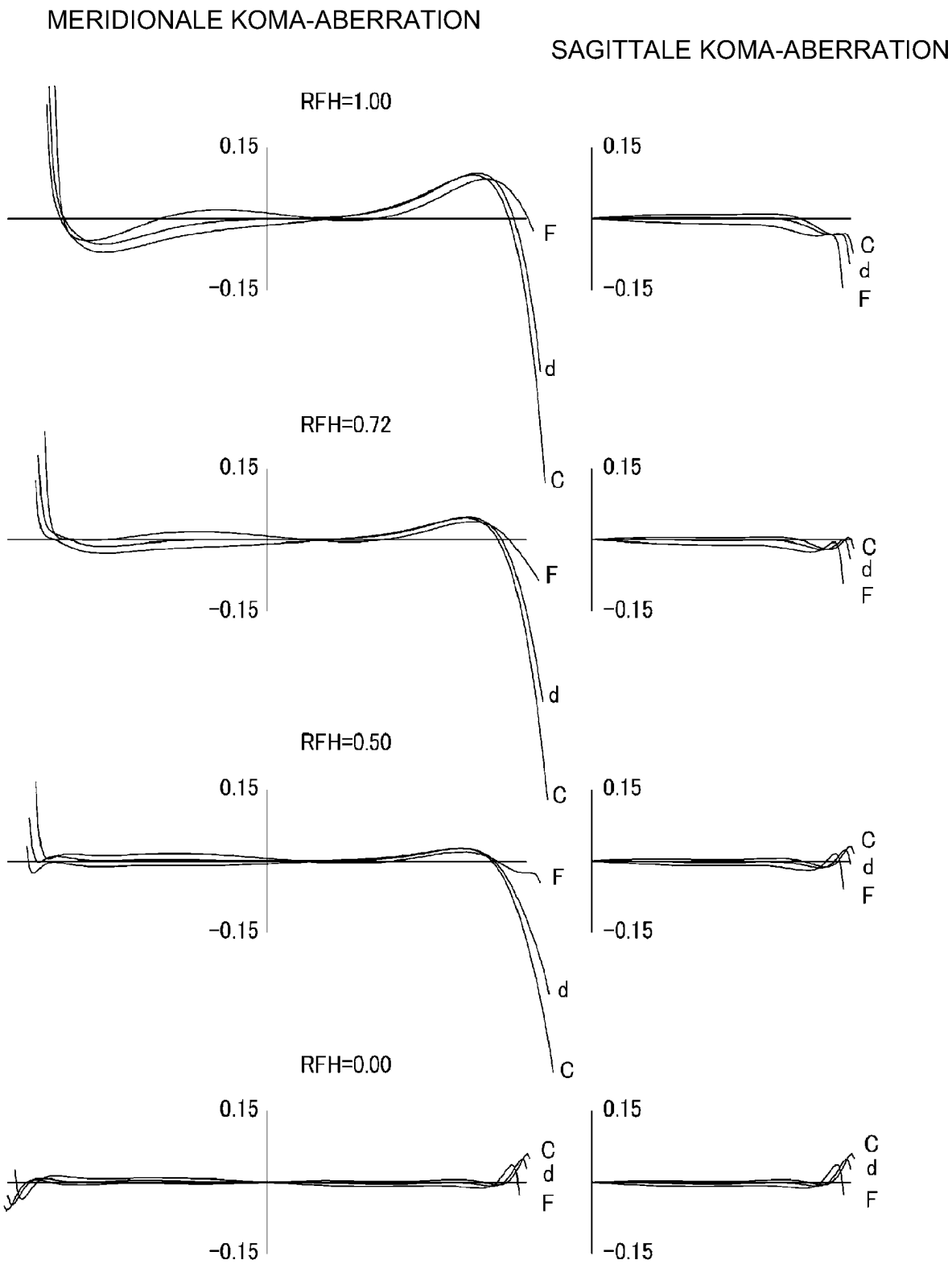

MERIDIONALE KOMA-ABERRATION
SAGITTALE KOMA-ABERRATION
RFH=1.00
RFH=0.72
RFH=0.50
RFH=0.00
0.15
-0.15
F
C
d

FIG. 8

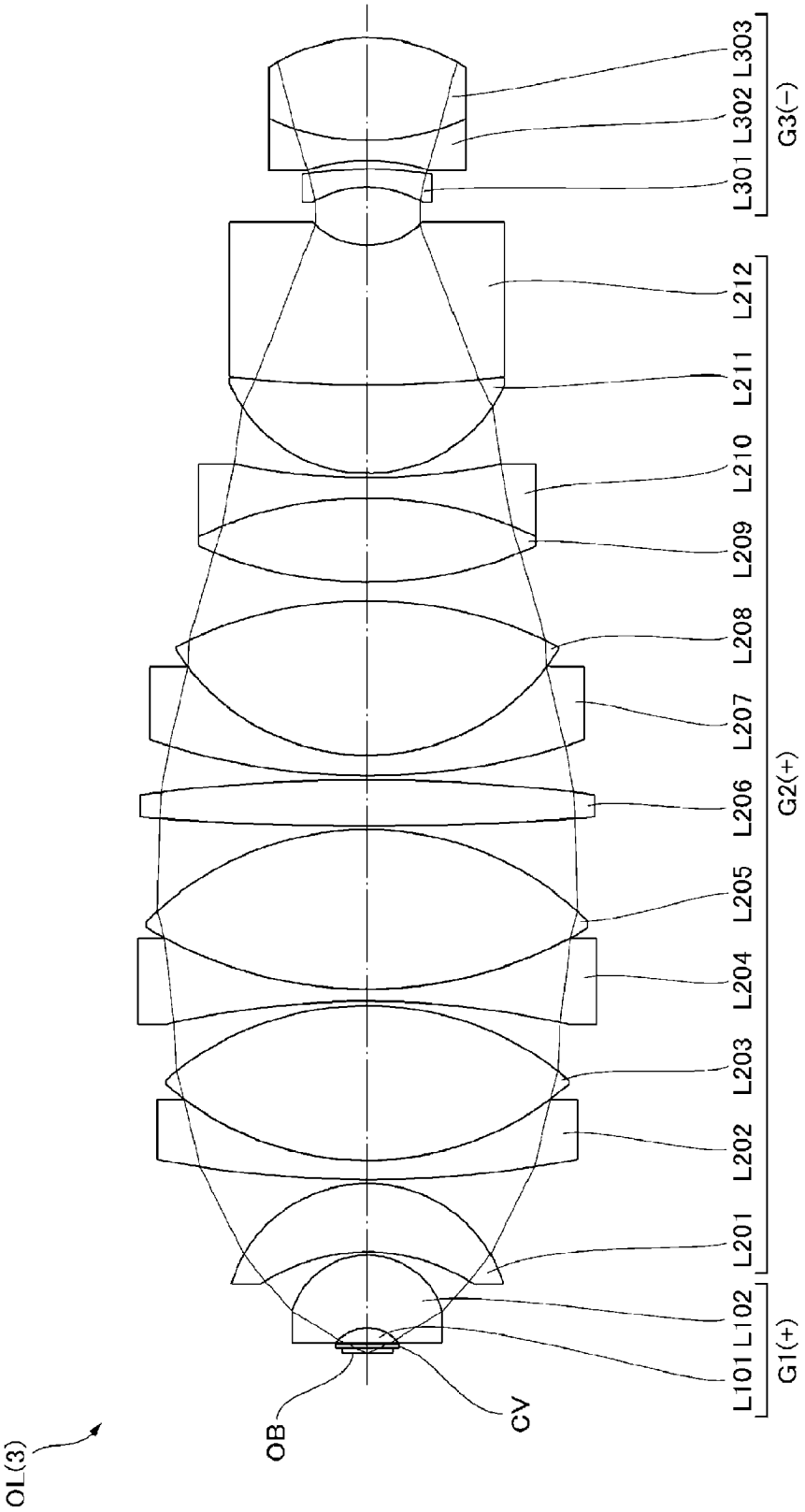

OL(3)
OB
CV
L101
L102
L201
L202
L203
L204
L205
L206
L207
L208
L209
L210
L211
L212
L301
L302
L303
G1(+)
G2(+)
G3(−)

FIG. 9

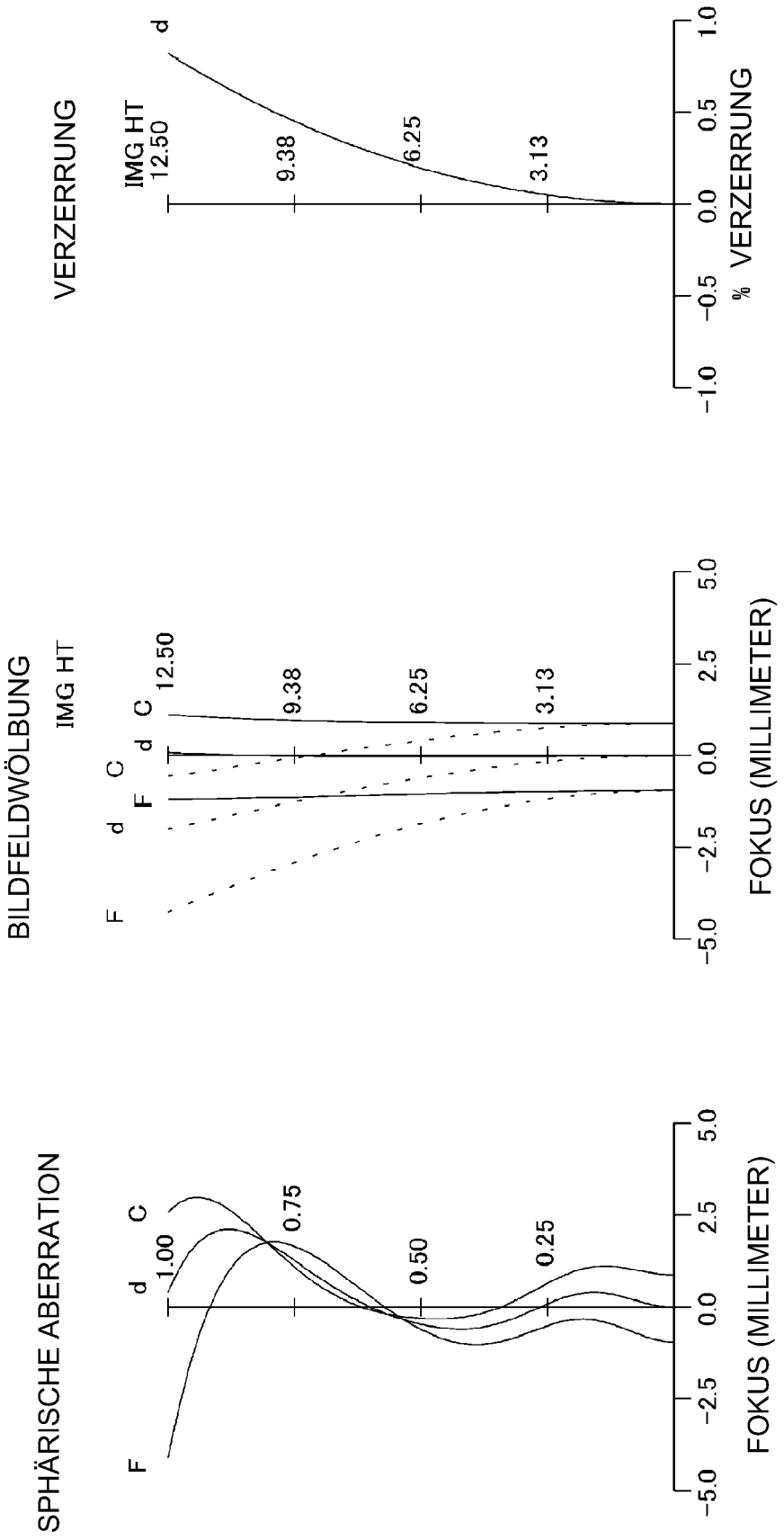

VERZERRUNG
IMG HT
12.50
9.38
6.25
3.13
d
1.0
0.5
0.0
−0.5
−1.0
% VERZERRUNG
BILDFELDWÖLBUNG
IMG HT
F
d
C
d
F
d
C
12.50
9.38
6.25
3.13
5.0
2.5
0.0
−2.5
−5.0
FOKUS (MILLIMETER)
SPHÄRISCHE ABERRATION
F
d
C
1.00
0.75
0.50
0.25
5.0
2.5
0.0
−2.5
−5.0
FOKUS (MILLIMETER)

FIG. 10

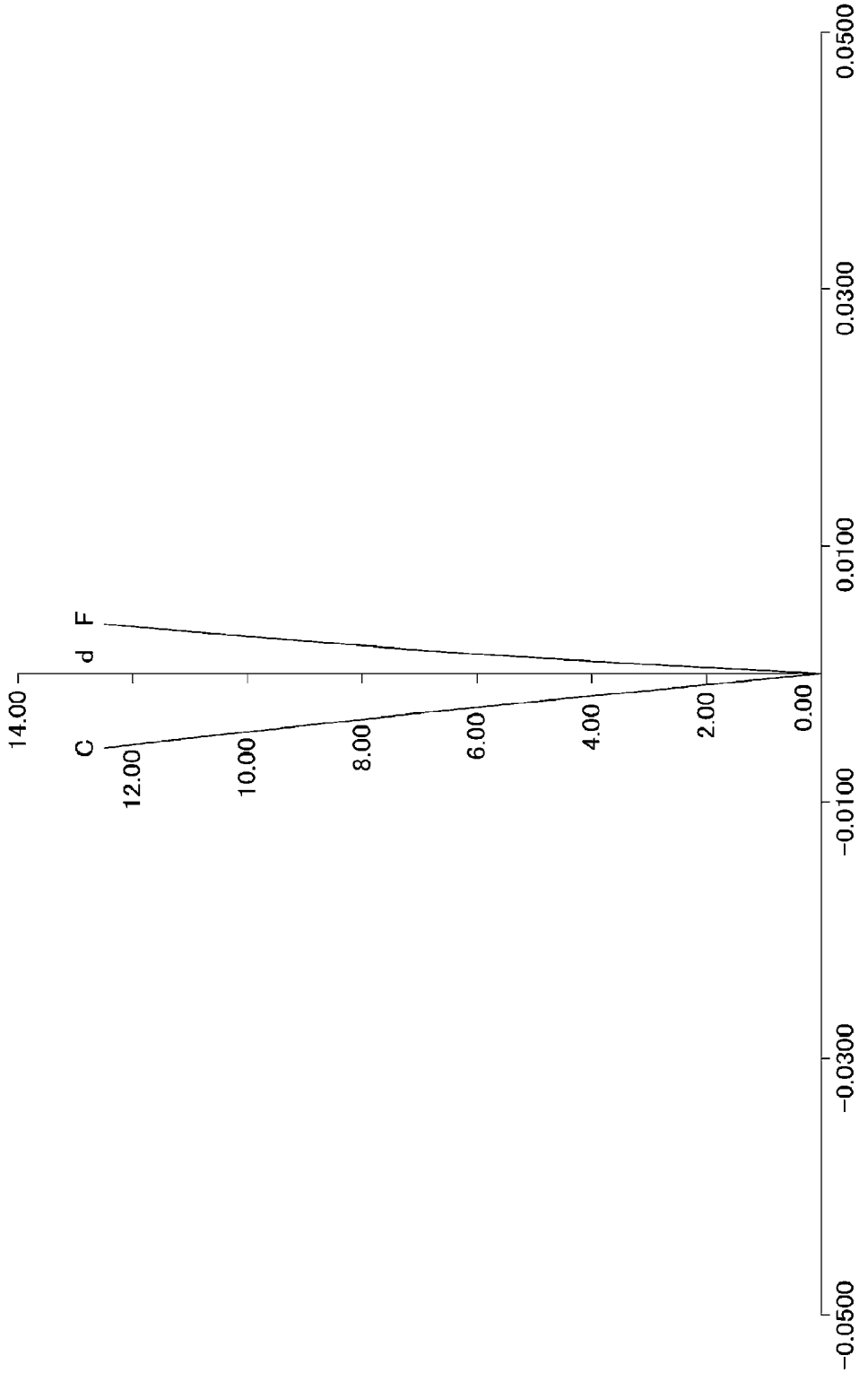

14.00
12.00
10.00
8.00
6.00
4.00
2.00
0.00
C
d
F
−0.0500
−0.0300
−0.0100
0.0100
0.0300
0.0500
LATERALE CHROMATISCHE ABERRATION (mm)

FIG. 11

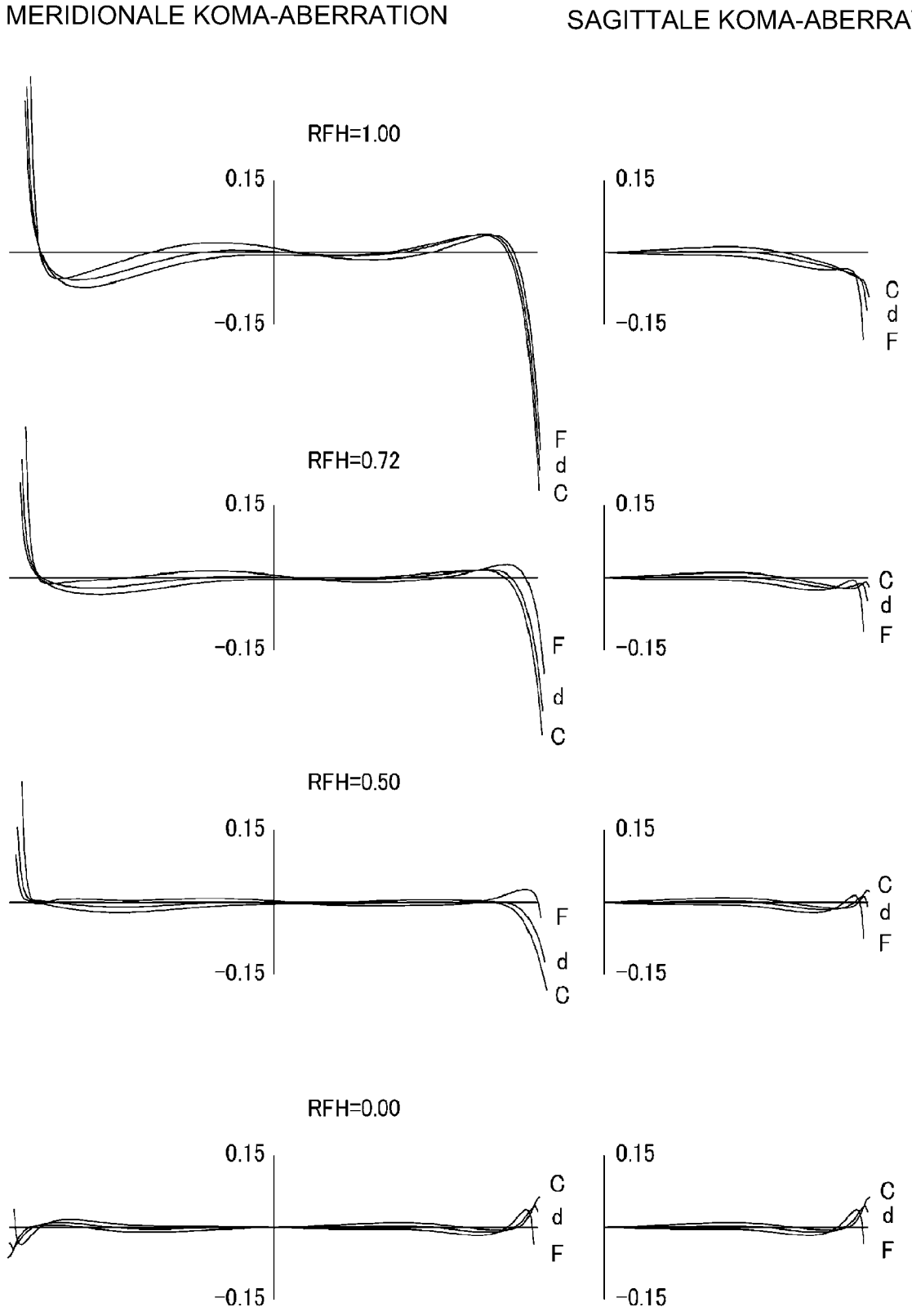

MERIDIONALE KOMA-ABERRATION
SAGITTALE KOMA-ABERRATION
RFH=1.00
RFH=0.72
RFH=0.50
RFH=0.00
0.15
-0.15
C
d
F

FIG. 12

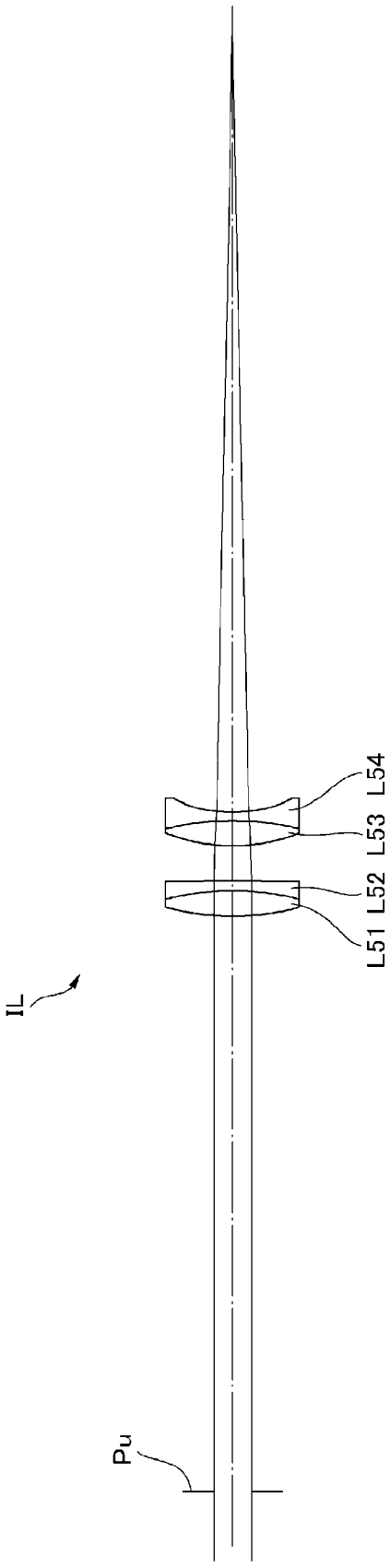


FIG. 13

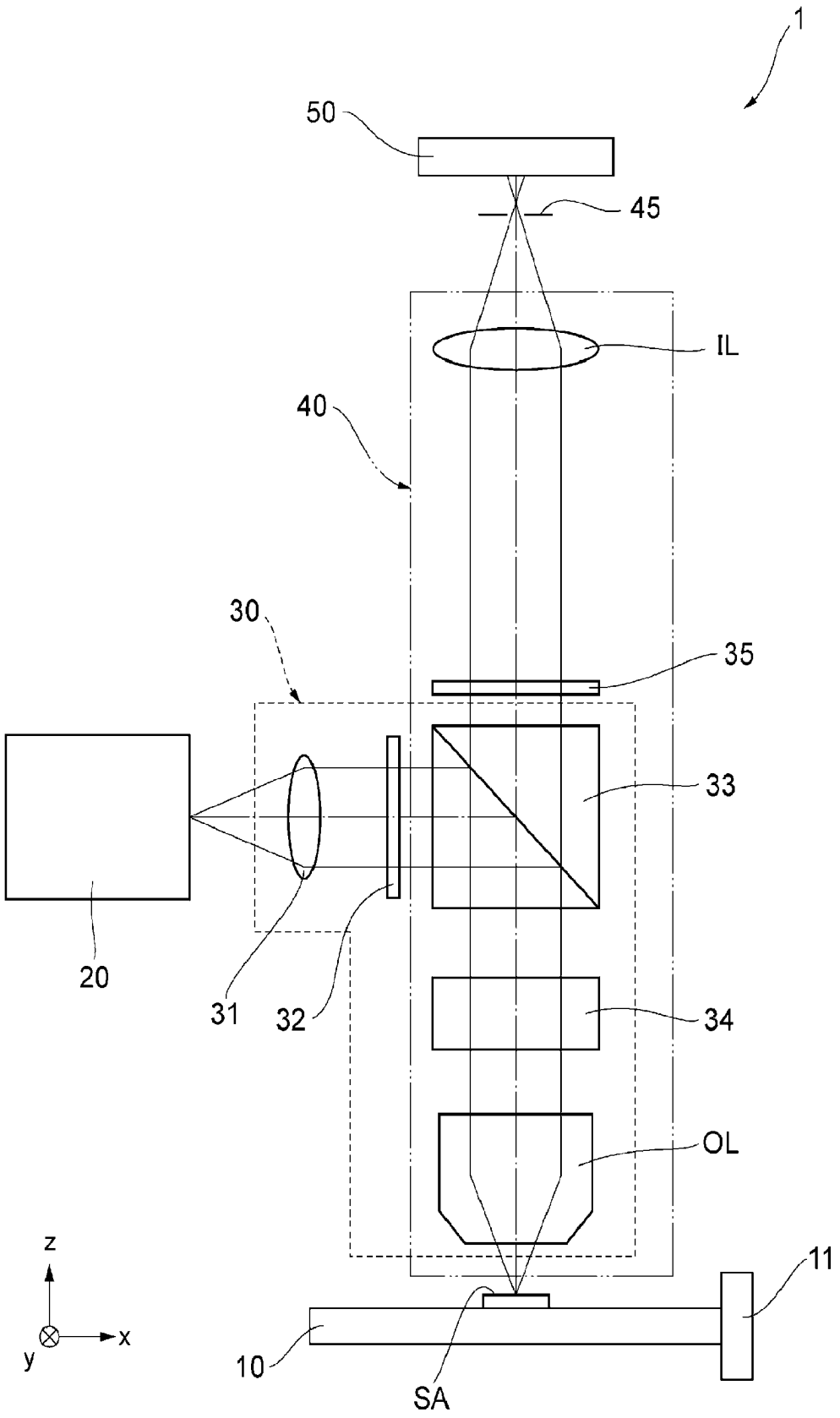


FIG. 14

 Das Dokument wurde durch die Firma Luminess hergestellt.