(19) **Bundesrepublik Deutschland**
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 695 22 422 T3** 2007.03.01

(12) Übersetzung der geänderten europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 717 299 B2**
(21) Deutsches Aktenzeichen: **695 22 422.0**
(96) Europäisches Aktenzeichen: **95 101 619.5**
(96) Europäischer Anmeldetag: **07.02.1995**
(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **19.06.1996**
(97) Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA: **29.08.2001**
(97) Veröffentlichungstag des geänderten Patents beim EPA: **09.08.2006**
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **01.03.2007**

(51) Int Cl.[8]: ***G02B 13/24*** (2006.01)
G02B 9/62 (2006.01)
G02B 13/14 (2006.01)
G03F 7/20 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
31105094 14.12.1994 JP

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, FR, GB, IT, NL

(73) Patentinhaber:
Nikon Corp., Tokio/Tokyo, JP

(74) Vertreter:
HOFFMANN & EITLE, 81925 München

(72) Erfinder:
Matsuzawa, Hitoshi, Tokyo, JP; Ishii, Mikihiko, Kitaadachi-gun, Saitama-ken, JP; Tanaka, Issey, Yokohama-shi, Kanagawa-ken, JP

(54) Bezeichnung: **Belichtungsvorrichtung**

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Belichtungsvorrichtung mit einem optischen Projektionssystem zum Projizieren eines Musters eines ersten Objekts auf ein photoempfindliches Substrat etc. als ein zweites Objekt und ist auf ein optisches Projektionssystem anwendbar, das auf geeignete Weise auf eine Projektionsbelichtung eines Musters für einen Halbleiter oder ein Flüssigkristall anwendbar ist, das an einem Fadenkreuz (einer Maske) als das erste Objekt auf dem Substrat (einem Halbleiterwafer, einer (Leiter-)Platte, etc.) als das zweite Objekt ausgebildet wird.

[0002] US-A-3,955,883 beschreibt ein optisches Projektionssystem, das zwischen ersten und zweiten Objekten angeordnet ist, zum Projizieren eines Bildes des ersten Objekts auf das zweite Objekt, wobei das optische Projektionssystem eine erste Linsengruppe mit positiver Brechzahl hat, wobei die erste Linsengruppe zwischen dem ersten und dem zweiten Objekt angeordnet ist; eine zweite Linsengruppe mit negativer Brechzahl, wobei die zweite Linsengruppe zwischen der ersten Linsengruppe und dem zweiten Objekt angeordnet ist; eine dritte Linsengruppe mit positiver Brechzahl, wobei die dritte Linsengruppe zwischen der zweiten Linsengruppe und dem zweiten Objekt angeordnet ist; eine vierte Linsengruppe mit negativer Brechzahl, wobei die vierte Linsengruppe zwischen der dritten Linsengruppe und dem zweiten Objekt angeordnet ist; eine fünfte Linsengruppe mit positiver Brechzahl, wobei die fünfte Linsengruppe zwischen der vierten Linsengruppe und dem zweiten Objekt angeordnet ist; und eine sechste Linsengruppe mit positiver Brechzahl, wobei die sechste Linsengruppe zwischen der fünften Linsengruppe und dem zweiten Objekt angeordnet angeordnet ist. Wenn die Muster integrierter Schaltungen feiner und feiner werden, wird auch die Auflösungsleistung, die für die Belichtungsvorrichtung erforderlich ist, die beim Drucken eines Wafers verwendet wird, höher und höher. Zusätzlich zur Verbesserung in bezug auf eine Auflösungsleistung ist es für die optischen Projektionssysteme der Belichtungsvorrichtung erforderlich, eine Bildspannung zu verringern.

[0003] Hier enthält die Bildspannung diejenigen aufgrund eines Biegens etc. des gedruckten Wafers auf der Bildseite eines optischen Projektionssystems und diejenigen aufgrund eines Biegens etc. des Fadenkreuzes mit einem Schaltungsmuster etc., das darin geschrieben ist, auf der Objektseite eines optischen Projektionssystems, sowie eine Verzerrung, die durch das optische Projektionssystem verursacht wird.

[0004] Mit einem weiteren Fortschreiten einer Tendenz zu einer Feinheit von Übertragungsmustern in letzter Zeit werden auch Anforderungen zum Erniedrigen der Bildspannung härter.

[0005] Dann hat die herkömmliche Technologie zum Verringern von Effekten des Biegens eines Wafers aufgrund der Bildspannung das sogenannte telezentrische optische System auf der Bildseite verwendet, das die Austrittspupillenposition bei einer entfernteren Stelle auf der Bildseite eines optischen Projektionssystems angeordnet hat.

[0006] Andererseits kann die Bildspannung aufgrund des Biegens eines Fadenkreuzes auch durch Verwenden eines sogenannten telezentrischen optischen Systems auf der Objektseite reduziert werden, das die Eintrittspupillenposition eines optischen Projektionssystems bei einer entfernteren Stelle gegenüber der Objektebene anordnet, und es gibt Vorschläge zum Anordnen der Eintrittspupillenposition eines optischen Projektionssystems bei einer relativ weit entfernten Position gegenüber der Objektebene, wie es beschrieben ist. Beispiele dieser Vorschläge sind beispielsweise in den japanischen offengelegten Patentanmeldungen NR. 63-118115 und Nr. 5-173065 und im US-Patent Nr. 5,260,832 beschrieben.

[0007] Es ist eine Aufgabe der Erfindung, eine Belichtungsvorrichtung mit einem optischen Projektionssystem hoher Leistungsfähigkeit zu schaffen, das die Aberrationen, insbesondere die Verzerrung, selbst bei der bitelezentrischen Anordnung sehr gut korrigieren kann, während ein relativ weites Belichtungsgebiet und eine große numerische Apertur beibehalten werden.

[0008] Gemäß der Erfindung ist ein optisches Projektionssystem gemäß Anspruch 1 oder 8 geschaffen. Bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0009] Die vorliegende Erfindung wird aus der hierin nachfolgend angegebenen detaillierten Beschreibung und den beigefügten Zeichnungen vollständiger verstanden werden, welche nur anhand einer Darstellung angegeben sind und somit nicht als die vorliegende Erfindung beschränkend anzusehen sind.

[0010] In den Zeichnungen gilt:

[0011] Fig. 1 ist eine Zeichnung zum Zeigen von Parametern, die bei Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung definiert sind;

[0012] Fig. 2 ist eine Zeichnung zum Zeigen einer schematischen Struktur einer Belichtungsvorrichtung gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

[0013] Fig. 3 ist ein Linsen-Aufmachungsdiagramm beim ersten Ausführungsbeispiel gemäß der vorliegenden Erfindung;

[0014] Fig. 4 ist ein Linsen-Aufmachungsdiagramm beim zweiten Ausführungsbeispiel gemäß der vorliegenden Erfindung;

[0015] Fig. 5 ist ein Linsen-Aufmachungsdiagramm beim dritten Ausführungsbeispiel gemäß der vorliegenden Erfindung;

[0016] Fig. 6 ist ein Linsen-Aufmachungsdiagramm beim vierten Ausführungsbeispiel gemäß der vorliegenden Erfindung;

[0017] Fig. 7 ist ein Linsen-Aufmachungsdiagramm beim fünften Ausführungsbeispiel gemäß der vorliegenden Erfindung;

[0018] Fig. 8 ist ein Linsen-Aufmachungsdiagramm beim sechsten Ausführungsbeispiel gemäß der vorliegenden Erfindung;

[0019] Fig. 9 zeigt verschiedene Aberrationsdiagramme beim ersten Ausführungsbeispiel gemäß der vorliegenden Erfindung;

[0020] Fig. 10 zeigt verschiedene Aberrationsdiagramme beim zweiten Ausführungsbeispiel gemäß der vorliegenden Erfindung;

[0021] Fig. 11 zeigt verschiedene Aberrationsdiagramme beim dritten Ausführungsbeispiel gemäß der vorliegenden Erfindung;

[0022] Fig. 12 zeigt verschiedene Aberrationsdiagramme beim vierten Ausführungsbeispiel gemäß der vorliegenden Erfindung;

[0023] Fig. 13 zeigt verschiedene Aberrationsdiagramme beim fünften Ausführungsbeispiel gemäß der vorliegenden Erfindung; und

[0024] Fig. 14 zeigt verschiedene Aberrationsdiagramme beim sechsten Ausführungsbeispiel gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0025] Ein weiterer Umfang einer Anwendbarkeit der vorliegenden Erfindung wird aus der hierin nachfolgend angegebenen detaillierten Beschreibung offensichtlich werden. Jedoch sollte verstanden werden, daß die detaillierte Beschreibung und spezifische Beispiele, während sie bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung zeigen, nur anhand einer Darstellung angegeben sind, da verschiedene Änderungen und Modifikationen innerhalb des Sinngehalts und Schutzumfangs der Erfindung Fachleuten auf dem Gebiet aus dieser detaillierten Beschreibung klar werden.

[0026] Das folgende beschreibt eine Belichtungsvorrichtung mit einem optischen Projektionssystem hoher Leistungsfähigkeit, das eine Bühne aufweist, die zuläßt, daß ein photoempfindliches Substrat (beispielsweise ein Halbleiterwafer, der mit einem photoempfindlichen Material überzogen ist, wie beispielsweise Photoresist) auf einer Hauptfläche von ihr gehalten wird, wobei ein optisches Beleuchtungssystem eine Lichtquelle zum Emittieren von Belichtungslicht einer vorbestimmten Wellenlänge und zum Übertragen eines vorbestimmten Musters auf eine Maske auf das Substrat hat, und einem optischen Projektionssystem zum Projizieren eines Bildes der Maske auf die Substratoberfläche. Das obige optische Projektionssystem dient zum Projizieren eines Bildes eines ersten Objekts (beispielsweise einer Maske mit einem Muster, wie beispielsweise eine integrierte Schaltung) auf ein zweites Objekt (beispielsweise ein photoempfindliches Substrat).

[0027] Wie es in Fig. 1 gezeigt ist, hat das optische Projektionssystem eine erste Linsengruppe G_1 mit posi-

tiver Brechzahl, eine zweite Linsengruppe G_2 mit negativer Brechzahl, eine dritte Linsengruppe G_3 mit positiver Brechzahl, eine vierte Linsengruppe G_4 mit negativer Brechzahl, eine fünfte Linsengruppe G_5 mit positiver Brechzahl und eine sechste Linsengruppe G_6 mit positiver Brechzahl in der angegebenen Reihenfolge von der Seite des ersten Objekts R aus, und die zweite Linsengruppe G_2 weist weiterhin eine vordere Linse L_{2F} auf, die möglichst nahe zum ersten Objekt R angeordnet ist und eine negative Brechzahl hat, mit einer konkaven Oberfläche zum zweiten Objekt W, eine hintere Linse L_{2R}, die so nahe wie möglich zum zweiten Objekt angeordnet ist und eine negative Brechzahl hat, mit einer konkaven Oberfläche zum ersten Objekt R, und eine mittlere Linsengruppe G_{2M}, die zwischen der vorderen Linse L_{2F} in der zweiten Linsengruppe G_2 und der hinteren Linse L_{2R} in der zweiten Linsengruppe G_2 angeordnet ist. Die mittlere Linsengruppe G_{2M} hat eine erste Linse L_{M1} mit positiver Brechzahl, eine zweite Linse L_{M2} mit negativer Brechzahl, eine dritte Linse L_{M3} mit negativer Brechzahl und eine vierte Linse L_{M4} mit negativer Brechzahl in der angegebenen Reihenfolge von der Seite des ersten Objekts R aus.

[0028] Zuerst trägt die erste Linsengruppe G_1 mit positiver Brechzahl hauptsächlich zu einer Korrektur einer Verzerrung bei, während sie eine Telezentrizität beibehält, und, genauer gesagt, ist die erste Linsengruppe G_1 angeordnet, um eine positive Verzerrung zu erzeugen, um in einem guten Ausgleich negative Verzerrungen zu korrigieren, die durch die Vielzahl von Linsengruppen verursacht werden, die auf der zweiten Objektseite hinter der ersten Linsengruppe G_1 angeordnet sind. Die zweite Linsengruppe G_2 mit negativer Brechzahl und die vierte Linsengruppe G_4 mit negativer Brechzahl tragen hauptsächlich zu einer Korrektur einer Petzval-Summe bei, um die Bildebene flach zu machen. Die zwei Linsengruppen der zweiten Linsengruppe G_2 mit negativer Brechzahl und die dritte Linsengruppe G_3 mit positiver Brechzahl bilden ein inverses Teleskopsystem, um dazu beizutragen, eine Rückfokussierung (einen Abstand von einer optischen Oberfläche, wie beispielsweise einer Linsenoberfläche, die dem zweiten Objekt W im optischen Projektionssystem am nächsten ist, zum zweiten Objekt W) im optischen Projektionssystem zu garantieren. Die fünfte Linsengruppe G_5 mit positiver Brechzahl und die sechste Linsengruppe G_6, gleichermaßen mit positiver Brechzahl, tragen hauptsächlich zum Unterdrücken einer Erzeugung einer Verzerrung und zum Unterdrücken einer Erzeugung von insbesondere einer sphärischen Aberration so stark wie möglich bei, um eine Struktur hoher NA auf der zweiten Objektseite vollständig zu unterstützen.

[0029] Basierend auf der obigen Struktur trägt die vordere Linse L_{2F}, die als nächste zum ersten Objekt R in der zweiten Linsengruppe G_2 angeordnet ist und eine negative Brechzahl hat, mit einer konkaven Oberfläche zum zweiten Objekt W zu Korrekturen einer Feldkrümmung und eines Asymmetriefehlers bzw. einer Leuchtfleckverzerrung bzw. eines Comas bei, und die hintere Linse L_{2R}, die als nächste zum zweiten Objekt W in der zweiten Linsengruppe G_2 angeordnet ist und eine negative Brechzahl hat, mit einer konkaven Oberfläche zum ersten Objekt R zu Korrekturen einer Feldkrümmung, eines Comas und eines Astigmatismus. In der mittleren Linsengruppe G_{2M}, die zwischen der vorderen Linse L_{2F} und der hinteren Linse L_{2R} angeordnet ist, trägt die erste Linse L_{M1} mit positiver Brechzahl zu einer Korrektur negativer Verzerrungen bei, die durch die zweiten bis vierten Linsen L_{M2} – L_{M4} mit negativer Brechzahl verursacht werden, die einen starken Beitrag zur Korrektur einer Feldkrümmung liefern.

[0030] Insbesondere werden bei dem obigen optischen Projektionssystem die folgenden Bedingungen (1) bis (5) erfüllt, wenn eine Brennweite der ersten Linsengruppe G_1 f_1 ist, eine Brennweite der zweiten Linsengruppe G_2 f_2 ist, eine Brennweite der dritten Linsengruppe G_3 f_3 ist, eine Brennweite der vierten Linsengruppe G_4 f_4 ist, eine Brennweite der fünften Linsengruppe G_5 f_5 ist, eine Brennweite der sechsten Linsengruppe G_6 f_6 ist, eine gesamte Brennweite der zweiten bis vierten Linsen L_{M2} – L_{M4} in der mittleren Linsengruppe G_{2M} in der zweiten Linsengruppe G_2 f_n ist und ein Abstand vom ersten Objekt R zum zweiten Objekt W L ist:

$$0{,}1 < f_1/f_3 < 17 \quad (1)$$

$$0{,}1 < f_2/f_4 < 14 \quad (2)$$

$$0{,}01 < f_5/L < 0{,}9 \quad (3)$$

$$0{,}02 < f_6/L < 1{,}6 \quad (4)$$

$$0{,}01 < f_n/f_2 < 2{,}0 \quad (5).$$

[0031] Die Bedingung (1) definiert ein optimales Verhältnis zwischen der Brennweite f_1 der ersten Linsengruppe G_1 mit positiver Brechzahl und der Brennweite f_3 der dritten Linsengruppe G_3 mit positiver Brechzahl, was ein optimales Brechzahlen(Zahlen-)Gleichgewicht zwischen der ersten Linsengruppe G_1 und der dritten Lin-

sengruppe G_3 ist. Diese Bedingung (1) dient hauptsächlich zum Korrigieren der Verzerrung in einem guten Gleichgewicht. Unter der unteren Grenze dieser Bedingung (1) wird eine große negative Verzerrung erzeugt, weil die Brechzahl der dritten Linsengruppe G3 relativ schwach gegenüber der Brechzahl der ersten Linsengruppe G_1 wird. Oberhalb der oberen Grenze der Bedingung (1) wird eine große negative Verzerrung erzeugt, weil die Brechzahl der ersten Linsengruppe G_1 relativ schwach gegenüber der Brechzahl der dritten Linsengruppe G_3 wird.

[0032] Die Bedingung (2) definiert ein optimales Verhältnis zwischen der Brennweite f_2 der zweiten Linsengruppe G_2 mit negativer Brechzahl und der Brennweite f_4 der vierten Linsengruppe G_4 mit negativer Brechzahl, was ein optimales Brechzahlen(Zahlen- bzw. Leistungs-)Gleichgewicht zwischen der zweiten Linsengruppe G_2 und der vierten Linsengruppe G_4 ist. Diese Bedingung (2) dient hauptsächlich zum Kleinhalten der Petzval-Summe, um die Feldkrümmung gut zu korrigieren, während ein weites Belichtungsfeld sichergestellt wird. Unterhalb der unteren Grenze der Bedingung (2) erscheint eine große positive Petzval-Summe, weil die Brechzahl der vierten Linsengruppe G_4 relativ schwach gegenüber der Brechzahl der zweiten Linsengruppe G_2 wird. Oberhalb der oberen Grenze der Bedingung (2) erscheint eine große positive Petzval-Summe, weil die Brechzahl der zweiten Linsengruppe G_2 relativ schwach gegenüber der Brechzahl der vierten Linsengruppe G_4 wird. Zum Korrigieren der Petzval-Summe in einem besseren Gleichgewicht unter einem breiten Belichtungsfeld durch Starkmachen der Brechzahl der vierten Linsengruppe G_4 relativ zur Brechzahl der zweiten Linsengruppe G_2, wird die untere Grenze der obigen Bedingung (2) vorzugsweise auf 0,8 eingestellt, d.h. $0{,}8 < f_2/f_4$.

[0033] Die Bedingung (3) definiert ein optimales Verhältnis zwischen der Brennweite f_5 der fünften Linsengruppe G_5 mit positiver Brechzahl und dem Abstand (einem Objekt-Bild-Abstand) L vom ersten Objekt R (Fadenkreuz etc.) und dem zweiten Objekt W (Wafer etc.). Diese Bedingung (3) dient zum Korrigieren der sphärischen Aberration, der Verzerrung und der Petzval-Summe in einem guten Gleichgewicht, während eine große numerische Apertur beibehalten wird. Unterhalb der unteren Grenze dieser Bedingung (3) ist die Brechzahl der fünften Linsengruppe G_5 zu stark, so daß diese fünfte Linsengruppe G_5 nicht nur eine negative Verzerrung erzeugt, sondern auch eine große negative sphärische Aberration. Oberhalb der oberen Grenze dieser Bedingung (3) ist die Brechzahl der fünften Linsengruppe G_5 zu schwach, so daß die Brechzahl der vierten Linsengruppe G_4 mit negativer Brechzahl damit unvermeidbar auch schwach wird, um dadurch in einem Ausfallen eines guten Korrigierens der Petzval-Summe zu resultieren.

[0034] Die Bedingung (4) definiert ein optimales Verhältnis zwischen der Brennweite f_6 der sechsten Linsengruppe G_6 mit positiver Brechzahl und dem Abstand (Objekt-Bild-Abstand) L vom ersten Objekt R (Fadenkreuz etc.) zum zweiten Objekt W (Wafer etc.). Diese Bedingung (4) dient zum Unterdrücken einer Erzeugung sphärischer Aberrationen höherer Ordnung und einer negativen Verzerrung, während eine große numerische Apertur beibehalten wird. Unterhalb der unteren Grenze dieser Bedingung (4) erzeugt die sechste Linsengruppe G_6 selbst eine große negative Verzerrung; oberhalb der oberen Grenze dieser Bedingung (4) erscheinen sphärische Aberrationen höherer Ordnung.

[0035] Die Bedingung (5) definiert ein optimales Verhältnis zwischen der gesamten Brennweite f_n der zweiten Linse L_{M2} mit negativer Brechzahl zur vierten Linsen L_{M4} mit negativer Brechzahl in der mittleren Linsengruppe G_{2M} in der zweiten Linsengruppe G_2 und der Brennweite f_2 der zweiten Linsengruppe G_2. Es sollte beachtet werden, daß die gesamte Brennweite f_n, die hierin angegeben ist, von der zweiten Linse L_{M2} mit negativer Brechzahl bis zur vierten Linse L_{M4} mit negativer Brechzahl in der mittleren Linsengruppe G_{2M} in der zweiten Linsengruppe G_2 nicht nur eine gesamte Brennweite von drei Linsen bedeutet, d.h. von der zweiten Linse L_{M2} bis zur vierten Linse L_{M4}, sondern auch eine gesamte Brennweite von drei oder mehreren Linsen zwischen der zweiten Linse L_{M2} und der vierten Linse L_{M4}, wo es eine Vielzahl von Linsen zwischen der zweiten Linse und der vierten Linse gibt.

[0036] Diese Bedingung (5) dient zum Kleinhalten der Petzval-Summe, während eine Erzeugung einer Verzerrung unterdrückt wird. Unterhalb der unteren Grenze dieser Bedingung (5) erscheint eine große negative Verzerrung, weil die gesamte Brechzahl zu stark wird, und zwar von der negativen Unterlinsengruppe, die wenigstens drei negative Linsen von der zweiten negative Linse L_{M2} bis zur vierten negativen Linse L_{M4} in der mittleren Linsengruppe G_{2M} in der zweiten Linsengruppe G_2 enthält. Zum ausreichenden Korrigieren der Verzerrung und des Comas wird die untere Grenze der obigen Bedingung (5) vorzugsweise auf 0,1 eingestellt, d.h. $0{,}1 < f_n/f_2$.

[0037] Oberhalb der oberen Grenze dieser Bedingung (5) resultiert eine große positive Petzval-Summe, weil die Brechzahl der negativen Unterlinsengruppe, die wenigstens drei negative Linsen von der zweiten negativen Linse L_{M2} bis zur vierten negativen Linse L_{M4} in der mittleren Linsengruppe G_{2M} in der zweiten Linsengruppe

G_2 enthält, zu schwach wird. Zusätzlich wird auch die Brechzahl der dritten Linsengruppe G_3 schwach. Somit wird es schwierig, das optische Projektionssystem in einer kompakten Anordnung aufzubauen. Zum Erreichen eines ausreichend kompakten Entwurfs, während die Petzval-Summe gut korrigiert wird, wird die obere Grenze der obigen Bedingung (5) vorzugsweise auf 1,3 eingestellt, d.h. $f_n/f_2 < 1{,}3$.

[0038] Weiterhin wird die folgende Bedingung (6) vorzugsweise dann erfüllt, wenn der axiale Abstand vom ersten Objekt R zur Brennweitenstelle der ersten Objektseite F des gesamten optischen Projektionssystems I ist und der Abstand vom ersten Objekt R zum zweiten Objekt W L ist.

$$1{,}0 < I/L \qquad (6)$$

[0039] Die Bedingung (6) definiert ein optimales Verhältnis zwischen dem axialen Abstand I vom ersten Objekt R zur Brennweitenstelle bzw. zum Brennpunkt der ersten Objektseite F des gesamten optischen Projektionssystems und dem Abstand (Objekt-Bild-Abstand) L vom ersten Objekt R (Fadenkreuz etc.) zum zweiten Objekt W (Wafer etc.). Hier bedeutet die Brennweitenstelle der ersten Objektseite F des gesamten optischen Projektionssystems eine Schnittstelle von nach außen gehendem Licht vom optischen Projektionssystem mit der optischen Achse, nachdem parallel gerichtete Lichtstrahlen in das optische Projektionssystem auf der zweiten Objektseite im paraxialen bzw. achsennahen Bereich in bezug auf die optische Achse des optischen Projektionssystems eintreten gelassen sind, und wenn die Lichtstrahlen im paraxialen Bereich vom optischen Projektionssystem nach außen gehen.

[0040] Unterhalb der unteren Grenze dieser Bedingung (6) wird die Telezentrizität der ersten Objektseite des optischen Projektionssystems merklich zerstört werden, so daß Änderungen einer Vergrößerung und einer Verzerrung aufgrund einer axialen Abweichung des ersten Objekts R groß werden. Als Ergebnis wird es schwierig, ein Bild des ersten Objekts R mit einer erwünschten Vergrößerung auf das zweite Objekt W genau zu projizieren. Zum vollständigen Unterdrücken der Änderung einer Vergrößerung und einer Verzerrung aufgrund der axialen Abweichung des ersten Objekts R wird die untere Grenze der obigen Bedingung (6) vorzugsweise auf 1,7 eingestellt, d.h. $1{,}7 < I/L$. Weiterhin wird zum Korrigieren einer sphärischen Aberration und einer Verzerrung der Pupille, und zwar beide in einem guten Gleichgewichtszustand, während der kompakte Aufbau des optischen Projektionssystems beibehalten wird, die obere Grenze der obigen Bedingung (6) vorzugsweise auf 6,8 eingestellt, d.h. $I/L < 6{,}8$.

[0041] Ebenso ist es bevorzugter, daß die folgende Bedingung (7) erfüllt wird, wenn die Brennweite der dritten Linse L_{M3} mit negativer Brechzahl in der mittleren Linsengruppe G_{2M} in der zweiten Linsengruppe G_2 f_{23} ist und die Brennweite der vierten Linse L_{M4} mit negativer Brechzahl in der mittleren Linsengruppe G_{2M} in der zweiten Linsengruppe G_2 f_{24} ist.

$$0{,}07 < f_{24}/f_{23} < 7 \qquad (7).$$

[0042] Unterhalb der unteren Grenze der Bedingung (7) wird die Brechzahl der vierten negativen Linse L_{M4} relativ zur Brechzahl der dritten negativen Linse L_{M3} stark, so daß die vierte negative Linse L_{M4} ein großes Coma bzw. eine große Leuchtfleckverzerrung und eine große negative Verzerrung erzeugt. Zum besseren Korrigieren der Leuchtfleckverzerrung, während die negative Verzerrung korrigiert wird, wird die untere Grenze der obigen Bedingung (7) vorzugsweise auf 0,14 eingestellt, d.h. $0{,}14 < f_{24}/f_{23}$. Oberhalb der oberen Grenze dieser Bedingung (7) wird die Brechzahl der dritten negativen Linse L_{M3} relativ zur Brechzahl der vierten negativen Linse L_{M4} relativ stark, so daß die dritte negative Linse L_{M3} eine große Leuchtfleckverzerrung bzw. ein großes Coma und eine große negative Verzerrung erzeugt. Zum besseren Korrigieren der negativen Verzerrung, während die Leuchtfleckverzerrung bzw. das Coma korrigiert wird, wird die obere Grenze der obigen Bedingung (7) vorzugsweise auf 3,5 eingestellt, d.h. $f_{24}/f_{23} < 3{,}5$.

[0043] Weiterhin ist es bevorzugter, daß die folgende Bedingung (8) erfüllt wird, wenn die Brennweite der zweiten Linse L_{M2} mit negativer Brechzahl in der mittleren Linsengruppe G_{2M} in der zweiten Linsengruppe G_2 f_{22} ist und die Brennweite der dritten Linsengruppe L_{M3} mit negativer Brechzahl in der mittleren Linsengruppe G_{2M} in der zweiten Linsengruppe G_2 f_{23} ist.

$$0{,}1 < f_{22}/f_{23} < 10 \qquad (8)$$

[0044] Unterhalb der unteren Grenze der Bedingung (8) wird die Brechzahl der zweiten negativen Linse L_{M2} relativ zur Brechzahl der dritten negativen Linse L_{M3} stark, so daß die zweite negative Linse L_{M2} eine große Leuchtfleckverzerrung und eine große negative Verzerrung erzeugt. Zum Korrigieren der negativen Verzerrung

in einem besseren Gleichgewicht wird die untere Grenze der obigen Bedingung (8) vorzugsweise auf 0,2 eingestellt, d.h. $0,2 < f_{22}/f_{23}$. Oberhalb der oberen Grenze dieser Bedingung (8) wird die Brechzahl der dritten negativen Linse L_{M3} relativ zur Brechzahl der zweiten negativen Linse L_{M2} stark, so daß die dritte negative Linse L_{M3} eine große Leuchtfleckverzerrung und eine große negative Verzerrung erzeugt. Zum Korrigieren der negativen Verzerrung in einem besseren Gleichgewicht, während die Leuchtfleckverzerrung gut korrigiert wird, wird die obere Grenze der obigen Bedingung (8) vorzugsweise auf 5 eingestellt, d.h. $f_{22}/f_{23} < 5$.

[0045] Ebenso ist es wünschenswerter, daß die folgende Bedingung (9) erfüllt wird, wenn der axiale Abstand von der Linsenoberfläche der zweiten Objektseite der vierten Linse L_{M4} mit negativer Brechzahl in der mittleren Linsengruppe G_{2M} in der zweiten Linsengruppe G_2 zur Linsenoberfläche der ersten Objektseite der hinteren Linse L_{2R} in der zweiten Linsengruppe G_2 D ist und der Abstand vom ersten Objekt R zum zweiten Objekt W L ist:

$$0,05 < D/L < 0,4 \quad (9).$$

[0046] Unterhalb der unteren Grenze der Bedingung (9) wird es schwierig, nicht nur eine ausreichende Rückfokussierung auf der zweiten Objektseite sicherzustellen, sondern auch die Petzval-Summe gut zu korrigieren. Oberhalb der oberen Grenze der Bedingung (9) erscheinen eine große Leuchtfleckverzerrung und eine große negative Verzerrung. Weiterhin gibt es beispielsweise zum Vermeiden einer mechanischen Interferenz zwischen einer Fadenkreuzbühne zum Halten des Fadenkreuzes als das erste Objekt R und der ersten Linsengruppe G_1 Fälle, daß es vorzuziehen ist, einen ausreichenden Raum zwischen dem ersten Objekt R und der ersten Linsengruppe G_1 sicherzustellen, aber es gibt ein Problem, daß ein Sicherstellen des ausreichenden Raums oberhalb der oberen Grenze der Bedingung (9) schwierig wird.

[0047] Ebenso erfüllt die vierte Linsengruppe G_4 vorzugsweise die folgende Bedingung, wenn die Brennweite der vierten Linsengruppe G_4 f_4 ist und der Abstand vom ersten Objekt R zum zweiten Objekt W L ist.

$$-0,098 < f_4/L < -0,005 \quad (10)$$

[0048] Unterhalb der unteren Grenze der Bedingung (10) wird die Korrektur einer sphärischen Aberration schwierig, was nicht vorzuziehen ist. Ebenso erscheint oberhalb der oberen Grenze der Bedingung (10) die Leuchtfleckverzerrung, was nicht vorzuziehen ist. Zum guten Korrigieren der sphärischen Aberration und der Petzval-Summe wird die untere Grenze der Bedingung (10) vorzugsweise auf –0,078 eingestellt, d.h. $-0,078 < f_4/L$, und weiterhin wird zum Unterdrücken einer Erzeugung einer Leuchtfleckverzerrung die obere Grenze der Bedingung (10) vorzugsweise auf –0,047 eingestellt, d.h. $f_4/L < -0,047$.

[0049] Weiterhin erfüllt die zweite Linsengruppe G_2 vorzugsweise die folgende Bedingung, wenn die Brennweite der zweiten Linsengruppe G_2 f_2 ist und der Abstand vom ersten Objekt R zum zweiten Objekt W L ist.

$$-0,8 < f_2/L < -0,50 \quad (11).$$

[0050] Hier ergibt sich unterhalb der unteren Grenze der Bedingung (11) eine positive Petzval-Summe, was nicht bevorzugt ist. Ebenso erscheint oberhalb der oberen Grenze der Bedingung (11) eine negative Verzerrung, was nicht bevorzugt ist. Zum besseren Korrigieren der Petzval-Summe wird die untere Grenze der Bedingung (11) vorzugsweise auf –0,16 eingestellt, d.h. $-0,16 < f_2/L$, und zum besseren Korrigieren der negativen Verzerrung und Lichtfleckverzerrung wir die obere Grenze der Bedingung (11) vorzugsweise auf –0,0710 eingestellt, d.h. $f_2/L < 0,0710$.

[0051] Um hauptsächlich die sphärische Aberration dritter Ordnung gut zu korrigieren, ist es wünschenswerter, daß die fünfte Linsengruppe G_5 mit positiver Brechzahl die negative Meniskuslinse L_{54} hat, und die positive Linse L_{53}, die benachbart zu konkaven Oberfläche der negativen Meniskuslinse L_{54} angeordnet ist und eine konvexe Oberfläche gegenüberliegend zur konkaven Oberfläche der negativen Meniskuslinse L_{54} hat, und daß die folgende Bedingung (12) erfüllt wird, wenn der Krümmungsradius der konkaven Oberfläche in der negativen Meniskuslinse L_{54} in der fünften Linsengruppe G_5 r_{5n} ist und der Krümmungsradius der konvexen Oberfläche gegenüberliegend zur konkaven Oberfläche der negativen Meniskuslinse L_{54} in der positiven Linse L_{53}, die benachbart zur konkaven Oberfläche der negativen Meniskuslinse L_{54} in der fünften Linsengruppe G_5 eingestellt ist, r_{5p} ist.

$$0 < (r_{5p} - r_{5n})/(r_{5p} + r_{5n}) < 1 \quad (12)$$

[0052] Unterhalb der unteren Grenze der Bedingung (12) wird eine Korrektur der sphärischen Aberration dritter Ordnung unzureichend; gegensätzlich dazu wird oberhalb der oberen Grenze der Bedingung (12) die Korrektur der sphärischen Aberration dritter Ordnung zu groß, was nicht bevorzugt ist. Hier wird zum besseren Korrigieren der sphärischen Aberration dritter Ordnung die untere Grenze der Bedingung (12) bevorzugter auf 0, 01 eingestellt, d.h. 0, 01 < $(r_{5p} – r_{5n})/(r_{5p} + r_{5n})$, und wird die obere Grenze der Bedingung (12) bevorzugter auf 0, 7 eingestellt, d.h. $(r_{5p} – r_{5n})/(r_{5p} + r_{5n}) < 0{,}7$.

[0053] Hier ist bevorzugt, daß die negative Meniskuslinse und die positive Linse benachbart zur konkaven Oberfläche der negativen Meniskuslinse zwischen der wenigstens einen positiven Linse in der fünften Linsengruppe G_5 und der wenigstens einen positiven Linse in der fünften Linsengruppe G_5 eingestellt wird. Beispielsweise wird eine Gruppe der negativen Meniskuslinse L_{54} und der positiven Linse L_{53} zwischen den positiven Linsen L_{52} und L_{55} angeordnet. Diese Anordnung kann eine Erzeugung der sphärischen Aberration höherer Ordnung unterdrücken, die dazu neigen, mit einem Erhöhen von NA zu erscheinen.

[0054] Ebenso ist es wünschenswerter, daß die vierte Linsengruppe G_4 mit negativer Brechzahl die vordere Linse L_{41}, die am nächsten zum ersten Objekt R angeordnet ist und die negative Brechzahl hat, mit einer konkaven Oberfläche zum zweiten Objekt W hat, die hintere Linse L_{44}, die am nächsten zum zweiten Objekt W angeordnet ist und die negative Brechzahl hat, mit einer konkaven Oberfläche zum ersten Objekt R und wenigstens eine negative Linse, die zwischen der vorderen Linse L_{41} in der vierten Linsengruppe G_4 und der hinteren Linse L_{41} in der vierten Linsengruppe G_4 angeordnet ist, und daß die folgende Bedingung (13) erfüllt wird, wenn ein Krümmungsradius der ersten Objektseite in der hinteren Linse L_{44}, die am nächsten zum zweiten Objekt W angeordnet ist, in der vierten Linsengruppe G_4 r_{4F} ist und ein Krümmungsradius auf der zweiten Objektseite in der hinteren Linse L_{44}, die am nächsten zum zweiten Objekt W angeordnet ist, in der vierten Linsengruppe G_4 r_{4R} ist.

$$–1{,}00 \leq (r_{4F} – r_{4R})/(r_{4F} + r_{4R}) < 0 \qquad (13)$$

[0055] Unterhalb der unteren Grenze der Bedingung (13) wird die hintere negative Linse L_{44}, die am nächsten zum zweiten Objekt W angeordnet ist, in der vierten Linsengruppe G_4 von einer doppelt konkaven Form, was sphärische Aberrationen höherer Ordnung erzeugt; gegensätzlich dazu wird oberhalb der oberen Grenze der Bedingung (13) die hintere negative Linse L_{44}, die am nächsten zum zweiten Objekt W angeordnet ist, in der vierten Linsengruppe G_4 eine positive Brechzahl haben, was die Korrektur einer Petzval-Summe schwieriger machen wird.

[0056] Weiterhin ist es wünschenswert, daß die fünfte Linsengruppe G_5 die negative Linse L_{58} mit einer konkaven Oberfläche zum zweiten Objekt W an ihrer der dem zweiten Objekt nächstliegenden Seite hat. Dies ermöglicht, daß die dem zweiten Objekt W am nächsten angeordnete negative Linse L_{58} in der fünften Linsengruppe G_5 eine positive Verzerrung und eine negative Petzval-Summe erzeugt, was eine negative Verzerrung und eine positive Petzval-Summe auslöschen kann, die durch die positiven Linsen in der fünften Linsengruppe G_5 erzeugt werden.

[0057] In diesem Fall ist es zum Unterdrücken der negativen Verzerrung ohne Erzeugen der sphärischen Aberrationen höherer Ordnung in der dem ersten Objekt R am nächsten angeordneten Linse L_{61} in der sechsten Linsengruppe G_6 wünschenswert, daß die dem ersten Objekt R nächstliegende Linsenoberfläche eine Form mit einer konvexen Oberfläche zum ersten Objekt R hat, und daß die folgende Bedingung erfüllt wird, wenn ein Krümmungsradius auf der zweiten Objektseite der als nächste zum zweiten Objekt W angeordneten negativen Linse L_{58} in der fünften Linsengruppe G_5 r_{5R} ist und ein Krümmungsradius auf der ersten Objektseite der als nächste zum ersten Objekt R angeordneten Linse L_{61} in der sechsten Linsengruppe G_6 r_{6F} ist.

$$–0{,}90 < (r_{5R} – r_{6F})/(r_{5R} + r_{6F}) < –0{,}001 \qquad (14)$$

[0058] Diese Bedingung (14) definiert eine optimale Form einer Gaslinse, die zwischen der fünften Linsengruppe G_5 und der sechsten Linsengruppe G_6 ausgebildet ist. Unterhalb der unteren Grenze dieser Bedingung (14) wird eine Krümmung der konkaven Oberfläche der zweiten Objektseite der zum zweiten Objekt W am nächsten angeordneten negativen Linse L_{58} in der fünften Linsengruppe G_5 zu stark, wodurch Leuchtfleckverzerrungen höherer Ordnung erzeugt werden.

[0059] Oberhalb der oberen Grenze dieser Bedingung (14) wird eine Brechzahl der Gaslinse selbst, die zwischen der fünften Linsengruppe G_5 und der sechsten Linsengruppe G_6 ausgebildet ist, schwach, so daß eine Größe der durch diese Gaslinse erzeugten positiven Verzerrung klein wird, was es schwierig macht, eine durch

die positiven Linsen in der fünften Linsengruppe G_5 erzeugten negativen Verzerrung gut zu korrigieren. Zum vollständigen Unterdrücken der Erzeugung von Leuchtfleckverzerrungen höherer Ordnung wird die untere Grenze der obigen Bedingung (14) vorzugsweise auf –0,30 eingestellt, d.h. $-0{,}30 < (r_{5R} - r_{6F})/(r_{5R} + r_{6F})$.

[0060] Ebenso wird weiterhin bevorzugt, daß die folgende Bedingung erfüllt wird, wenn eine Linsengruppentrennung zwischen der fünften Linsengruppe G_5 und der sechsten Linsengruppe G_6 d_{56} ist und der Abstand vom ersten Objekt R zum zweiten Objekt W L ist.

$$d_{56}/L < 0{,}017 \qquad (15)$$

[0061] berhalb der oberen Grenze dieser Bedingung (15) wird die Linsengruppen-Trennung bzw. Linsengruppen-Separation zwischen der fünften Linsengruppe G_5 und der sechsten Linsengruppe G_6 zu groß, so daß eine Menge an erzeugter positiver Verzerrung klein wird. Als Ergebnis wird es schwierig, die durch die positive Linse in der fünften Linsengruppe G_5 erzeugte negative Verzerrung in einem guten Gleichgewicht zu korrigieren.

[0062] Ebenso ist es bevorzugter, daß die folgende Bedingung erfüllt wird, wenn ein Krümmungsradius der dem ersten Objekt R nächstliegenden Linsenoberfläche in der sechsten Linsengruppe G_6 r_{6F} ist und ein axialer Abstand von der dem ersten Objekt R nächstliegenden Linsenoberfläche in der sechsten Linsengruppe G_6 zum zweiten Objekt W d_6 ist.

$$0{,}50 < d_6/r_{6F} < 1{,}50 \qquad (16)$$

[0063] Unterhalb der unteren Grenze dieser Bedingung (16) wird die positive Brechzahl der dem ersten Objekt R nächstliegenden Linsenoberfläche in der sechsten Linsengruppe G_6 zu stark, so daß eine große negative Verzerrung und eine große Leuchtfleckverzerrung erzeugt werden. Oberhalb der oberen Grenze dieser Bedingung (16) wird die positive Brechzahl der dem ersten Objekt R nächstliegenden Linsenoberfläche in der sechsten Linsengruppe G_6 zu schwach, wodurch eine große Leuchtfleckverzerrung erzeugt wird. Zum weiteren Unterdrücken der Erzeugung einer Leuchtfleckverzerrung wird die untere Grenze der Bedingung (16) vorzugsweise auf 0,84 eingestellt, d.h. $0{,}84 < d_6/r_{6F}$.

[0064] Es ist wünschenswert, daß die folgende Bedingung (17) erfüllt wird, wenn der Krümmungsradius auf der ersten Objektseite in der dem zweiten Objekt W am nächsten angeordneten negativen Linse L_{58} in der fünften Linsengruppe G_5 r_{5F} ist und der Krümmungsradius auf der zweiten Objektseite in der dem zweiten Objekt W am nächsten angeordneten negativen Linse L_{58} in der fünften Linsengruppe G_5 r_{5R} ist.

$$0{,}30 < (r_{5F} - r_{5R})/(r_{5F} + r_{5R}) < 1{,}28 \qquad (17)$$

[0065] Unterhalb der unteren Grenze dieser Bedingung (17) wird es schwierig, sowohl die Petzval-Summe als auch die Leuchtfleckverzerrung zu korrigieren; oberhalb der oberen Grenze dieser Bedingung (17) erscheinen große Leuchtfleckverzerrungen höherer Ordnung, was nicht bevorzugt ist. Zum weiteren Verhindern der Erzeugung von Leuchtfleckverzerrungen höherer Ordnung wird die obere Grenze der Bedingung (17) vorzugsweise auf 0,93 eingestellt, d.h. $(r_{5F} - r_{5R})/(r_{5F} + r_{5R}) < 0{,}93$.

[0066] Weiterhin ist es wünschenswert, daß die Linsenoberfläche der zweiten Objektseite der ersten Linse L_{M1} mit positiver Brechzahl in der mittleren Linsengruppe G_{2M} in der zweiten Linsengruppe G_2 eine Linsenform mit einer konvexen Oberfläche zum zweiten Objekt W hat, und in diesem Fall ist es bevorzugter, daß die folgende Bedingung (18) erfüllt wird, wenn die Brechzahl an der Linsenoberfläche der zweiten Objektseite der ersten positiven Linse L_{M1} in der mittleren Linsengruppe G_{2M} in der zweiten Linsengruppe G_2 Φ_{21} ist und der Abstand vom ersten Objekt R zum zweiten Objekt W L ist.

$$0{,}54 < 1/(\Phi_{21} \cdot L) < 10 \qquad (18)$$

[0067] Die Brechzahl der Linsenoberfläche der zweiten Objektseite, die hierin angegeben ist, der ersten Linse L_{M1} mit positiver Brechzahl in der mittleren Linsengruppe G_{2M} ist durch die folgende Formel gegeben, wenn ein Brechungsindex eines Mediums für die erste Linse L_{M1} n_1 ist, ein Brechungsindex eines Mediums in Kontakt mit der Linsenoberfläche der zweiten Objektseite der ersten Linse L_{M1} n_2 ist und ein Krümmungsradius der Linsenoberfläche der zweiten Objektseite der ersten Linse r_{21} ist.

$$\Phi_{21} = (n_2 - n_1)/r_{21}$$

[0068] Unterhalb der unteren Grenze der Bedingung (18) erscheinen Verzerrungen höherer Ordnung; gegensätzlich dazu wird es oberhalb der oberen Grenze der Bedingung (18) nötig, die Verzerrung durch die erste Linsengruppe G_1 exzessiver zu korrigieren, was die sphärische Aberration der Pupille erzeugt, was nicht bevorzugt ist.

[0069] Weiterhin ist es bevorzugter, daß die folgende Bedingung (19) erfüllt wird, wenn die Brennweite der ersten Linse L_{M1} mit positiver Brechzahl in der mittleren Linsengruppe G_{2M} in der zweiten Linsengruppe G_2 f_{21} ist und der Abstand vom ersten Objekt R zum zweiten Objekt W L ist.

$$0{,}230 < f_{21}/L < 0{,}40 \qquad (19)$$

[0070] Unterhalb der unteren Grenze der Bedingung (19) erscheint eine positive Verzerrung; oberhalb der oberen Grenze der Bedingung (19) erscheint eine negative Verzerrung; was somit nicht bevorzugt ist.

[0071] Ebenso erfüllen die vordere Linse L_{2F} und die hintere Linse L_{2R} in der zweiten Linsengruppe G_2 vorzugsweise die folgende Bedingung, wenn die Brennweite der vorderen Linse L_{2F}, die als nächste zum ersten Objekt R angeordnet ist, in der zweiten Linsengruppe G_2, und die die negative Brechzahl hat, mit einer konkaven Oberfläche zum zweiten Objekt W f_{2F} ist und die Brennweite der hinteren Linse L_{2R}, die als nächste zum zweiten Objekt W angeordnet ist, in der zweiten Linsengruppe G_2, und die die negative Brechzahl hat, mit einer konkaven Oberfläche zum ersten Objekt R f_{2R} ist.

$$0 \le f_{2F}/f_{2R} < 18 \qquad (20)$$

[0072] Die Bedingung (20) definiert ein optimales Verhältnis zwischen der Brennweite f_{2R} der hinteren Linse L_{2R} in der zweiten Linsengruppe G_2 und der Brennweite f_{2F} der vorderen Linse L_{2F} in der zweiten Linsengruppe G_2. Unterhalb der unteren Grenze und oberhalb der oberen Grenze dieser Bedingung (20) wird ein Gleichgewicht für eine Brechzahl der ersten Linsengruppe G_1 oder der dritten Linsengruppe G_3 gestört, was es schwierig macht, die Verzerrung gut zu korrigieren oder die Petzval-Summe und den Astigmatismus gleichzeitig gut zu korrigieren.

[0073] Die folgenden spezifischen Anordnungen sind wünschenswert, um die obigen jeweiligen Linsengruppen mit ausreichenden Aberrations-Steuerfunktionen zu versehen.

[0074] Zuerst hat, um die erste Linsengruppe G_1 mit einer Funktion zum Unterdrücken einer Erzeugung von Verzerrungen höherer Ordnung und einer sphärischen Aberration der Pupille zu versehen, die erste Linsengruppe G_1 vorzugsweise wenigstens zwei positive Linsen; zum Versehen der dritten Linsengruppe G_3 mit einer Funktion zum Unterdrücken einer Verschlechterung der sphärischen Aberration und der Petzval-Summe hat die dritte Linsengruppe G_3 vorzugsweise wenigstens drei positive Linsen; weiterhin hat die vierte Linsengruppe G_4 zum Versehen der vierten Linsengruppe G_4 mit einer Funktion zum Unterdrücken der Erzeugung einer Leuchtfleckverzerrung, während die Petzval-Summe korrigiert wird, vorzugsweise wenigstens drei negative Linsen. Weiterhin hat die fünfte Linsengruppe G_5 zum Versehen der fünften Linsengruppe G_5 mit einer Funktion zum Unterdrücken einer Erzeugung der negativen Verzerrung und der sphärischen Aberration vorzugsweise wenigstens fünf positive Linsen; weiterhin hat die fünfte Linsengruppe G_5 zum Versehen der fünften Linsengruppe G_5 mit einer Funktion zum Korrigieren der negativen Verzerrung und der Petzval-Summe vorzugsweise wenigstens eine negative Linse. Ebenso hat die sechste Linsengruppe G_6 zum Versehen der sechsten Linsengruppe G_6 mit einer Funktion zum Konvergieren von Licht am zweiten Objekt W ohne Erzeugung einer großen sphärischen Aberration vorzugsweise wenigstens eine positive Linse.

[0075] Zusätzlich hat die mittlere Linsengruppe G_{2M} in der zweiten Linsengruppe G_2 zum besseren Korrigieren der Petzval-Summe vorzugsweise eine negative Brechzahl.

[0076] Zum Versehen der sechsten Linsengruppe G_6 mit einer Funktion zum weiteren Unterdrücken der Erzeugung der negativen Verzerrung ist die sechste Linsengruppe G_6 vorzugsweise aus drei oder weniger Linsen mit wenigstens einer Oberfläche aufgebaut, die die folgende Bedingung (21) erfüllt.

$$1/|\Phi L| < 20 \qquad (21)$$

wobei

Φ: Brechzahl der Linsenoberfläche;
L: Objekt-Bild-Abstand vom ersten Objekt R zum zweiten Objekt W.

[0077] Die Brechzahl der hierin angegebenen Linsenoberfläche ist durch die folgende Formel gegeben, wenn der Krümmungsradius der Linsenoberfläche r ist, ein Brechungsindex eines Mediums auf der ersten Objektseite der Linsenoberfläche n_1 ist und eines Mediums auf der zweiten Objektseite der Linsenoberfläche n_2 ist.

$$\Phi = (n_2 - n_1)/r$$

[0078] Hier wird dann, wenn es vier oder mehrere Linsen mit der Linsenoberfläche gibt, die diese Bedingung (21) erfüllt, die Anzahl von Linsenoberflächen mit einer gewissen Krümmung, die nahe dem zweiten Objekt W angeordnet sind, erhöht, was die Verzerrung erzeugt, was nicht bevorzugt ist.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSBEISPIELE

[0079] Im folgenden werden die Ausführungsbeispiele gemäß der vorliegenden Erfindung detailliert beschrieben. Eine Belichtungsvorrichtung der Erfindung weist ein optisches Projektionssystem auf, wie es in Fig. 2 gezeigt ist.

[0080] Zuerst wird gemäß einer kurzen Beschreibung von Fig. 2 ein Fadenkreuz R (erstes Objekt) als eine Maske, auf welcher ein vorbestimmtes Schaltungsmuster **101** ausgebildet ist, auf der Objektebene eines optischen Proejektionssystems PL angeordnet, und ein Wafer W (zweites Objekt) als photoempfindliches Substrat auf der Bildebene des optischen Projektionssystems PL, wie es gezeigt ist. Das Fadenkreuz R wird auf einer Fadenkreuzbühne RS gehalten, während der Wafer W auf einer Waferbühne WS gehalten wird. Das photoempfindliche Substrat weist den Wafer W und eine aus einem Material, wie einem Photowiderstand bzw. -resist, hergestellte photoempfindliche Schicht **100** auf. Weiterhin ist ein optisches Belichtungssystem IS, das eine Lichtquelle **102** zum Emittieren von Belichtungslicht einer vorbestimmten Wellenlänge hat, zum einheitlichen Belichten des Fadenkreuzes R oberhalb des Fadenkreuzes R eingestellt.

[0081] Bei der obigen Anordnung belichtet vom optischen Belichtungssystem IS zugeführtes Licht das Fadenkreuz R, um ein Bild einer Lichtquelle in der optischen Belichtungsvorrichtung IS bei der Pupillenposition (oder einer Position eines Aperturstopps AS) des optischen Projektionssystems PL auszubilden, um dadurch die sogenannte Köhler-Belichtung zu erreichen. Dann wird durch das optische Projektionssystem PL ein Musterbild des so einer Köhler-Belichtung unterzogenen Fadenkreuzes R durch die photoempfindliche Schicht durch das optische Projektionssystem PL auf den Wafer W projiziert (oder transferiert). Die Techniken in bezug auf eine Belichtungsvorrichtung der vorliegenden Erfindung sind beispielsweise in den US-Patenten Nr. 5,194,893, Nr. 5,097,291 und Nr. 5,245,384 und den US-Patentanmeldungen Nr. 299,305, Nr. 255,927 und Nr. 226,327 beschrieben.

[0082] Das vorliegende Ausführungsbeispiel zeigt ein Beispiel eines optischen Projektionssystems, wobei die Lichtquelle **102** innerhalb des optischen Belichtungssystems IS ein Excimer-Laser ist, der Licht mit einer Belichtungswellenlänge λ von 248,4 nm zuführt, und die Fig. 3 bis Fig. 8 sind Linsen-Aufbaudiagramme bzw. -Aufmachungsdiagramme von optischen Projektionssystemen bei den ersten bis sechsten Ausführungsbeispielen gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0083] Wie es in den Fig. 3 bis Fig. 8 gezeigt ist, hat ein optisches Projektionssystem bei jedem Ausführungsbeispiel eine erste Linsengruppe G_1 mit positiver Brechzahl, eine zweite Linsengruppe G_2 mit negativer Brechzahl, eine dritte Linsengruppe G_3 mit positiver Brechzahl, eine vierte Linsengruppe G_4 mit negativer Brechzahl, eine fünfte Linsengruppe G_5 mit positiver Brechzahl und eine sechste Linsengruppe G_6 mit positiver Brechzahl in der angegebenen Reihenfolge von der Seite des Fadenkreuzes R als das erste Objekt, das nahezu telezentrisch auf der Objektseite (oder auf der Seite des Fadenkreuzes R) und auf der Bildseite (oder auf der Seite des Wafers W) ist und das eine Verkleinerung/Vergrößerung aufweist.

[0084] Die optischen Projektionssysteme der jeweiligen Ausführungsbeispiele, die in den Fig. 3 bis Fig. 8 gezeigt sind, sind so angeordnet, daß der Objekt-Bild-Abstand (ein Abstand von der Objektebene zur Bildebene oder ein Abstand vom Fadenkreuz R zum Wafer W) L 1200 ist, die numerische Apertur der Bildseite NA 0,55 ist, die Projektionsvergrößerung B 5:1 ist und ein Durchmesser des Belichtungsbereichs auf dem Wafer W 31,2 ist. Bei der Erklärung von Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung bedeutet die Bildebene eine Hauptoberfläche des Wafers W und bedeutet die Objektebene eine Oberfläche des Fadenkreuzes R.

[0085] Beschreibt man zuerst spezifisch den Linsenaufbau des ersten Ausführungsbeispiels, wie es in Fig. 3 gezeigt ist, hat die erste Linsengruppe G_1 eine positive Linse L_{11} mit einer konvexen Oberfläche zum Bild (eine positive Meniskuslinse), eine negative Linse L_{12} einer Meniskusform mit einer konvexen Oberfläche zum Objekt und zwei positive Linsen (L_{13}, L_{14}) einer doppelt konvexen Form in der angegebenen Reihenfolge von der Objektseite aus.

[0086] Als nächstes ist die zweite Linsengruppe G_2 zusammengesetzt aus einer negativen Meniskuslinse (einer vorderen Linse) L_{2F}, die am nächsten zum Objekt angeordnet ist, mit einer konkaven Oberfläche zum Bild, einer negativen Meniskuslinse (einer hinteren Linse) L_{2R}, die am nächsten zum Bild angeordnet ist, mit einer konkaven Oberfläche zum Objekt und einer mittleren Linsengruppe G_{2M}, die zwischen der negativen Meniskuslinse L_{2F}, die in der zweiten Linsengruppe G_2 am nächsten zum Objekt angeordnet ist, und der negativen Meniskuslinse L_{2R}, die in der zweiten Linsengruppe G_2 am nächsten zum Bild angeordnet ist, und die eine negative Brechzahl hat.

[0087] Die mittlere Linsengruppe G_{2M} ist zusammengesetzt aus einer positiven Linse (einer ersten Linse) L_{M1} einer doppelt konvexen Form, einer negativen Linse (einer zweiten Linse) L_{M2} mit einer Oberfläche einer größeren Krümmung zum Bild, einer negativen Linse (einer dritten Linse) L_{M3} einer doppelt konkaven Form, einer negativen Linse (einer vierten Linse) L_{M4} mit einer Oberfläche einer größeren Krümmung zum Objekt und einer positiven Linse (einer fünften Linse) L_{M5} mit einer Oberfläche einer größeren Krümmung zum Bild in der angegeben Reihenfolge von der Objektseite aus.

[0088] Weiterhin ist die dritte Linsengruppe G_3 zusammengesetzt aus einer positiven Linse (einer positiven Meniskuslinse) L_{31} mit einer Oberfläche einer größeren Krümmung zum Bild, einer positiven Linse L_{32} einer doppelt konvexen Form, einer positiven Linse (einer positiven Linse einer doppelt konvexen Form) L_{33} mit einer konvexen Oberfläche zum Objekt und einer positiven Linse L_{34} mit einer Oberfläche einer größeren Krümmung zum Objekt, und ist die vierte Linsengruppe G_4 zusammengesetzt aus einer negativen Linse (einer negativen Meniskuslinse) L_{41} mit einer konkaven Oberfläche zum Bild, einer negativen Meniskuslinse L_{42} mit einer konkaven Oberfläche zum Bild, einer negativen Linse L_{43} einer doppelt konkaven Oberfläche und einer negativen Meniskuslinse L_{44} mit einer konkaven Oberfläche zum Objekt.

[0089] Hier ist ein Aperturstopp AS in einem optischen Pfad zwischen der konkaven Oberfläche der Bildseite der negativen Linse L_{41} in der vierten Linsengruppe G_4 und der konkaven Oberfläche der Objektseite der negativen Meniskuslinse L_{44} eingestellt. Die fünfte Linsengruppe G_5 ist zusammengesetzt aus einer positiven Meniskuslinse L_{51} mit einer konvexen Oberfläche zum Bild, einer positiven Linse mit einer Oberfläche einer größeren Krümmung zum Bild (einer positiven Linse einer doppelt konvexen Form) L_{52}, einer positiven Linse L_{53} einer doppelt konvexen Form, einer negativen Meniskuslinse L_{54} mit einer konkaven Oberfläche zum Objekt, einer positiven Linse L_{55} mit einer Oberfläche einer größeren Krümmung zum Objekt, einer positiven Meniskuslinse L_{56} mit einer konvexen Oberfläche zum Objekt, einer positiven Linse mit einer Oberfläche einer größeren Krümmung zum Objekt (einer positiven Meniskuslinse) L_{57} und einer negativen Linse mit einer konkaven Oberfläche zum Bild (einer negativen Meniskuslinse) L_{58}, und die sechste Linsengruppe G_6 ist nur aus einer positiven Linse mit einer dicken Wand L_{61} mit einer konvexen Oberfläche zum Objekt zusammengesetzt.

[0090] Hier korrigieren deshalb, weil die erste Linsengruppe G_1 beim ersten Ausführungsbeispiel so angeordnet ist, daß die Linsenoberfläche der Bildseite der negativen Linse L_{12} der Meniskusform mit ihrer konvexen Oberfläche zum Objekt und die Linsenoberfläche der Objektseite der positiven Linse L_13 der doppelt konvexen Form nahezu gleiche Krümmungen haben und relativ nahe zueinander angeordnet sind, diese zwei Linsenoberflächen die Verzerrungen höherer Ordnung.

[0091] Beim vorliegenden Ausführungsbeispiel kann deshalb, weil die vordere Linse L_{2F} mit negativer Brechzahl, die in der zweiten Linsengruppe G_2 am nächsten zum Objekt angeordnet ist, die Meniskusform mit einer konkaven Oberfläche zum Bild hat, die Erzeugung einer Leuchtfleckverzerrung reduziert werden; weil die erste Linse L_{M1} mit positiver Brechzahl in der zweiten Linsengruppe G_{2M} die doppelt konvexe Form mit einer konvexen Oberfläche zum Bild und einer weiteren konvexen Oberfläche zum Objekt hat, kann die Erzeugung einer sphärischen Aberration der Pupille unterdrückt werden. Weiterhin kann deshalb, weil die fünfte Linse L_{M5} mit positiver Brechzahl in der mittleren Linsengruppe G_{2M} die konvexe Oberfläche gegenüberliegend zur konkaven Oberfläche der hinteren Linse L_{2R} mit negativer Brechzahl, die auf der Bildseite davon angeordnet ist, hat, der Astigmatismus korrigiert werden.

[0092] Da die vierte Linsengruppe G_4 so angeordnet ist, daß die negative Linse L_{41} mit ihrer konkaven Oberfläche zum Bild auf der Objektseite der negativen Linse (der negativen Linse mit doppelt konkaver Form) L_{43}

angeordnet ist und daß die negative Meniskuslinse L_{44} mit ihrer konkaven Oberfläche zum Objekt auf der Bildseite der negativen Linse (der negativen Linse mit doppelt konkaver Form) L_{43} angeordnet ist, kann die Petzval-Summe korrigiert werden, während die Erzeugung einer Leuchtfleckverzerrung korrigiert wird.

[0093] Das vorliegende Ausführungsbeispiel ist so angeordnet, daß der Aperturstopp AS zwischen der konkaven Oberfläche der Bildseite der negativen Linse L_{41} und der konkaven Oberfläche der Objektseite der negativen Meniskuslinse L_{44} in der vierten Linsengruppe G_4 angeordnet ist, wodurch die Linsengruppen von der dritten Linsengruppe G_3 bis zur sechsten Linsengruppe G_6 auf jeder Seite des Aperturstopps AS mit einer gewissen Verkleinerung/Vergrößerung und ohne die Symmetrie zu sehr zu zerstören angeordnet werden können, was eine Erzeugung asymmetrischer Aberrationen unterdrücken kann, und zwar insbesondere einer Erzeugung einer Leuchtfleckverzerrung oder einer Verzerrung.

[0094] Da die positive Linse L_{53} in der fünften Linsengruppe G_5 die doppelt konvexe Form hat, wo ihre konvexe Oberfläche der negativen Meniskuslinse L_{54} gegenüberliegend ist, und die andere Linsenoberfläche, die der negativen Meniskuslinse L_{54} gegenüberliegt, auch eine konvexe Oberfläche ist, kann die Erzeugung sphärischer Aberrationen höherer Ordnung mit einem Erhöhen von NA unterdrückt werden.

[0095] Der spezifische Linsenaufbau des optischen Projektionssystems beim zweiten Ausführungsbeispiel, wie es in Fig. 4 gezeigt ist, ist gleich demjenigen des ersten Ausführungsbeispiels, das in Fig. 3 gezeigt ist und oben beschrieben ist, ist aber diesbezüglich unterschiedlich, daß die vierte Linsengruppe G_4 zusammengesetzt ist aus einer negativen Linse mit einer konkaven Oberfläche zum Bild (einer negativen Linse einer plano-konkaven Form) L_{41}, einer negativen Meniskuslinse L_{42} mit einer konkaven Oberfläche zum Bild, einer negativen Linse L_{43} einer doppelt konkaven Form und einer negativen Meniskuslinse L_{44} mit einer konkaven Oberfläche zum Objekt, und diesbezüglich, daß die sechste Linsengruppe G_6 zusammengesetzt ist aus einer positiven Linse mit einer konvexen Oberfläche zum Objekt (einer positiven Meniskuslinse) L_{61} und einer positiven Linse mit einer konkexen Oberfläche zum Objekt (einer positiven Meniskuslinse) L_{62}.

[0096] Auch beim zweiten Ausführungsbeispiel korrigieren die Linsenoberfläche der Bildseite der negativen Meniskuslinse L_{12} mit ihrer konvexen Oberfläche zum Objekt und die Linsenoberfläche der Objektseite der positiven Linse L_{13} der doppelt konvexen Form die Verzerrungen höherer Ordnung, was gleich wie beim obigen ersten Ausführungsbeispiel ist. Weiterhin ist die sechste Linsengruppe G_6 vorzugsweise zusammengesetzt aus einer kleineren Anzahl von Einzellinsen, um eine Verzerrung zu unterdrücken, die durch die sechste Linsengruppe G_6 erzeugt wird, kann aber dann, wenn es schwierig wird, eine dicke Linse in der sechsten Linsengruppe G_6 zu erzeugen, aus zwei Linsen zusammengesetzt sein, wie beim vorliegenden Ausführungsbeispiel. Bezüglich der anderen Linsengruppen (der zweiten Linsengruppe G_1 bis zur fünften Linsengruppe G_5) beim zweiten Ausführungsbeispiel werden dieselben Funktionen wie beim ersten Ausführungsbeispiel durch sie erreicht.

[0097] Der spezifische Linsenaufbau des optischen Projektionssystems des dritten Ausführungsbeispiels, wie es in Fig. 5 gezeigt ist, ist gleich demjenigen des ersten Ausführungsbeispiels, das in Fig. 3 gezeigt und zuvor beschrieben ist, ist aber diesbezüglich unterschiedlich, daß die erste Linsengruppe G_1 zusammengesetzt ist aus einer positiven Linse mit einer konvexen Oberfläche zum Bild (einer positiven Linse einer doppelt konvexen Form) L_{11}, einer positiven Linse mit einer konvexen Oberfläche zum Bild (einer positiven Linse einer doppelt konvexen Form) L_{12}, einer negativen Meniskuslinse L_{13} mit einer konkaven Oberfläche zum Objekt und einer positiven Linse L_{14} einer doppelt konvexen Form in der angegebenen Reihenfolge von der Objektseite aus, und diesbezüglich, daß die dritte Linsengruppe G_3 zusammengesetzt ist aus einer positiven Linse mit einer Oberfläche einer größeren Krümmung zum Bild (einer positiven Meniskuslinse) L_{31} einer positiven Linse L_{32} einer doppelt konvexen Form, einer positiven Linse mit einer Oberfläche einer größeren Krümmung zum Objekt (einer positiven Linse einer doppelt konvexen Form) L_{33} und einer positiven Linse mit einer konvexen Oberfläche zum Objekt (einer positiven Meniskuslinse) L_{34}.

[0098] Beim dritten Ausführungsbeispiel korrigieren die Linsenoberfläche der Bildseite der positiven Linse L_{12} mit ihrer konvexen Oberfläche zum Bild und die Linsenoberfläche der Objektseite der negativen Meniskuslinse L_{13} mit ihrer konkaven Oberfläche zum Objekt die Verzerrungen höherer Ordnung. Bezüglich der anderen Linsengruppen (der zweiten Linsengruppe G_2 und der vierten Linsengruppe G_4 bis zur sechsten Linsengruppe G_6) werden beim dritten Ausführungsbeispiel dieselben Funktionen wie beim ersten Ausführungsbeispiel durch sie erreicht.

[0099] Der spezifische Linsenaufbau des optischen Projektionssystems des vierten Ausführungsbeispiels, wie es in Fig. 6 gezeigt ist, ist gleich demjenigen des dritten Ausführungsbeispiels, das in Fig. 5 gezeigt und

oben beschrieben ist, ist aber diesbezüglich unterschiedlich, daß die dritte Linsengruppe G_3 zusammengesetzt ist aus einer positiven Linse mit einer Oberfläche einer größeren Krümmung zur Bildseite (einer positiven Meniskuslinse) L_{31}, einer positiven Linse L_{32} einer doppelt konvexen Form, einer positiven Linse mit einer konvexen Oberfläche zum Objekt (einer positiven Linse einer doppelt konvexen Form) L_{33} und einer positiven Linse mit einer Oberfläche einer größeren Krümmung zum Objekt (einer positiven Linse einer doppelt konvexen Form) L_{34}, und diesbezüglich, daß die vierte Linsengruppe G_4 zusammengesetzt ist aus einer negativen Linse mit einer konkaven Oberfläche zum Bild (einer negativen Linse einer doppelt konkaven Form) L_{41}, einer negativen Meniskuslinse L_{42} mit einer konkaven Oberfläche zum Bild, einer negativen Linse L_{43} einer doppelt konkaven Form und einer negativen Meniskuslinse L_{44} mit einer konkaven Oberfläche zum Objekt. Das vorliegende Ausführungsbeispiel ist auch diesbezüglich unterschiedlich, daß die sechste Linsengruppe G_6 zusammengesetzt ist aus einer positiven Linse mit einer konvexen Oberfläche zum Objekt (einer positiven Meniskuslinse) L_{61} und einer positiven Linse mit einer konvexen Oberfläche zum Objekt (einer positiven Meniskuslinse) L_{62}.

[0100] Die erste Linsengruppe G_1 beim vierten Ausführungsbeispiel erreicht dieselben Funktionen wie beim zuvor beschriebenen dritten Ausführungsbeispiel, die zweite Linsengruppe G_2 bis zur fünften Linsengruppe G_5 führen dieselben Funktionen wie beim ersten Ausführungsbeispiel durch, und die sechste Linsengruppe G_6 führt dieselben Funktionen wie beim zweiten Ausführungsbeispiel durch.

[0101] Der spezifische Linsenaufbau des optischen Projektionssystems des in Fig. 7 gezeigten fünften Ausführungsbeispiel ist gleich demjenigen des ersten Ausführungsbeispiels, das in Fig. 3 gezeigt und zuvor beschrieben ist, ist aber diesbezüglich unterschiedlich, daß die erste Linsengruppe G_1 zusammengesetzt ist aus einer positiven Linse mit einer konvexen Oberfläche zum Bild (einer positiven Linse einer doppelt konvexen Form) L_{11}, einer negativen Linse mit einer konkaven Oberfläche zum Bild (einer negativen Linse einer doppelt konkaven Form) L_{12} und zwei positiven Linsen (L_{13}, L_{14}) einer doppelt konvexen Form in der angegebenen Reihenfolge von der Objektseite aus. Er ist auch diesbezüglich unterschiedlich, daß die dritte Linsengruppe G_3 zusammengesetzt ist aus einer positiven Linse mit einer Oberfläche einer größeren Krümmung zum Bild (einer positiven Meniskuslinse) L_{31}, einer positiven Linse L_{32} einer doppelt konvexen Form, einer positiven Linse mit einer konvexen Oberfläche zum Objekt (einer positiven Meniskuslinse) L_{33} und einer positiven Linse mit einer Oberfläche einer größeren Krümmung zum Objekt (einer positiven Linse einer doppelt konvexen Form) L_{34}. Er ist auch vom Linsenaufbau des ersten Ausführungsbeispiels diesbezüglich unterschiedlich, daß die vierte Linsengruppe G_4 zusammengesetzt ist aus einer negativen Linse mit einer konkaven Oberfläche zum Bild (einer negativen Linse einer doppelt konkaven Form) L_{41}, einer negativen Meniskuslinse L_{42} mit einer konkaven Oberfläche zum Bild, einer negativen Linse L_{43} einer doppelt konkaven Form und einer negativen Meniskuslinse L_{44} mit einer konkaven Oberfläche zum Objekt. Er ist weiterhin diesbezüglich unterschiedlich, daß die fünfte Linsengruppe G_5 zusammengesetzt ist aus einer positiven Meniskuslinse L_{51} mit einer konvexen Oberfläche zum Bild, einer positiven Linse mit einer Oberfläche einer größeren Krümmung zum Bild (einer positiven Meniskuslinse) L_{52}, einer positiven Linse L_{53} einer doppelt konvexen Form, einer negativen Meniskuslinse L_{54} mit einer konkaven Oberfläche zum Objekt, einer positiven Linse mit einer Oberfläche einer größeren Krümmung zum Objekt (einer positiven Meniskuslinse) L_{55}, einer positiven Meniskuslinse L_{56} mit einer konvexen Oberfläche zum Objekt, einer positiven Linse mit einer Oberfläche einer größeren Krümmung zum Objekt (einer positiven Meniskuslinse) L_{57} und einer negativen Linse mit einer konkaven Oberfläche zum Bild (einer negativen Meniskuslinse) L_{58}.

[0102] Beim fünften Ausführungsbeispiel werden die Verzerrungen höherer Ordnung durch ein Paar der konvexen Oberfläche der Bildseite der positiven Linse L_{11} und der konkaven Oberfläche der Objektseite der negativen Linse L_{12} und ein Paar der konkaven Oberfläche der Bildseite der negativen Linse L_{12} und der konvexen Oberfläche der Objektseite der positiven Linse L_{13} korrigiert. Bezüglich der anderen Linsengruppen (der zweiten bis fünften Linsengruppe G_2 bis G_5) werden beim fünften Ausführungsbeispiel dieselben Funktionen wie beim ersten Ausführungsbeispiel durch sie erreicht.

[0103] Das in Fig. 8 gezeigte sechste Ausführungsbeispiel hat denselben Linsenaufbau wie denjenigen des fünften Ausführungsbeispiels, wie es oben beschrieben ist, und erreicht die im wesentlichen selben Funktionen wie beim fünften Ausführungsbeispiel.

[0104] Nun zeigen die nachfolgend aufgelisteten Tabellen 1 bis 12 Werte von Spezifikationen und numerische Werte entsprechend den Bedingungen bei den jeweiligen Ausführungsbeispielen gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0105] In den Tabellen stellen Zahlen auf der linken Seite Linsenoberflächen dar, die in der angegeben Reihenfolge von der Objektseite (der Fadenkreuzseite) aus angeordnet sind, r Krümmungsradien der Linsenober-

flächen, d Linsenoberflächen-Separationen, n Brechungsindizes von synthetischem Quarz SiO_2 für die Belichtungswellenlänge λ von 248,4 nm, d0 einen Abstand vom ersten Objekt (Fadenkreuz) zur Linsenoberfläche (zur ersten Linsenoberfläche), die dem Objekt (dem Fadenkreuz) in der ersten Linsengruppe G_1 am nächsten ist, Bf einen Abstand von der Linsenoberfläche, die dem Bild (dem Wafer) in der sechsten Linsengruppe G_6 zur Bildebene (Waferoberfläche) am nächsten ist, B eine Projektionsvergrößerung des optischen Projektionssystems, NA die numerische Apertur der Bildseite des optischen Projektionssystems, L den Objekt-Bild-Abstand von der Objektebene (der Fadenkreuzoberfläche) zur Bildebene (Waferoberfläche), I den axialen Abstand vom ersten Objekt (Fadenkreuz) zum Brennpunkt der ersten Objektseite des gesamten optischen Projektionssystems (wobei der Brennpunkt der ersten Objektseite des gesamten optischen Projektionssystems eine Schnittstelle eines Austrittslichts mit der optischen Achse bedeutet, nachdem parallel gerichtete Lichtstrahlen im paraxialen Bereich in bezug auf die optische Achse des optischen Projektionssystems in das optische Projektionssystem auf der zweiten Objektseite eintreten gelassen werden, und wenn die Lichtstrahlen im paraxialen Bereich vom optischen Projektionssystem nach außen gehen), f_1 die Brennweite der ersten Linsengruppe G_1, f_2 die Brennweite der zweiten Linsengruppe G_2, f_3 die Brennweite der dritten Linsengruppe G_3, f_4 die Brennweite der vierten Linsengruppe G_4, f_5 die Brennweite der fünften Linsengruppe G_5, f_6 die Brennweite der sechsten Linsengruppe G_6, f_n die gesamte Brennweite von der zweiten Linse bis zur vierten Linse, f_{2F} die Brennweite der vorderen Linse, die dem ersten Objekt in der zweiten Linsengruppe am nächsten angeordnet ist und eine negative Brechzahl hat, mit ihrer konkaven Oberfläche zum zweiten Objekt, f_{2R} die Brennweite der hinteren Linse, die dem zweiten Objekt in der zweiten Linsengruppe am nächsten angeordnet ist und die eine negative Brechzahl hat, mit ihrer konkaven Oberfläche zum ersten Objekt, f_{21} die Brennweite der ersten Linse mit positiver Brechzahl in der mittleren Linsengruppe in der zweiten Linsengruppe, f_{22} die Brennweite der zweiten Linse mit negativer Brechzahl in der zweiten Linsengruppe, f_{23} die Brennweite der dritten Linse mit negativer Brechzahl in der zweiten Linsengruppe, f_{24} die Brenweite der vierten Linse mit negativer Brechzahl in der zweiten Linsengruppe, Φ_{21} die Brechzahl der Linsenoberfläche der zweiten Objektseite der ersten Linse mit positiver Brechzahl in der mittleren Linsengruppe G_{21} in der zweiten Linsengruppe, D der axiale Abstand von der Linsenoberfläche der zweiten Objektseite der vierten Linse in der mittleren Linsengruppe in der zweiten Linsengruppe zur Linsenoberfläche der ersten Objektseite der hinteren Linse in der zweiten Linsengruppe, r_{5n} der Krümmungsradius der konkaven Oberfläche in der negativen Meniskuslinse in der fünften Linsengruppe, r_{5p} der Krümmungsradius der konvexen Oberfläche, die gegenüberliegend zur konkaven Oberfläche der negativen Meniskuslinse ist, in der positiven Linse, die benachbart zur konkaven Oberfläche der negativen Meniskuslinse in der fünften Linsengruppe angeordnet ist, r_{4F} den Krümmungsradius der ersten Objektseite in der hinteren Linse, die dem zweiten Objekt in der vierten Linsengruppe am nächsten angeordnet ist, r_{4R} den Krümmungsradius der zweiten Objektseite in der hinteren Linse, die dem zweiten Objekt in der vierten Linsengruppe am nächsten angeordnet ist, r_{5F} den Krümmungsradius der ersten Objektseite in der zweiten Linse, die dem zweiten Objekt in der fünften Linsengruppe am nächsten angeordnet ist, r_{5R} den Krümmungsradius der zweiten Objektseite der negativen Linse, die dem zweiten Objekt in der fünften Linsengruppe am nächsten angeordnet ist, r_{6F} den Krümmungsradius der ersten Objektseite der Linse, die dem ersten Objekt in der sechsten Linsengruppe am nächsten angeordnet ist, d_{56} die Linsengruppen-Separation zwischen der fünften Linsengruppe und der sechsten Linsengruppe, d_6 den axialen Abstand von der Linsenoberfläche, die dem ersten Objekt in der sechsten Linsengruppe am nächsten ist, zum zweiten Objekt, und Φ die Brechzahl der Linsengruppe der Linse oder der Linsen, die die sechste Linsengruppe bilden.

(Tabelle 1) Erstes Ausführungsbeispiel

d0 = 105.33208
B = 1/5
NA = 0,55
Bf = 28.62263
L = 1200

	r	d	n
1	-821,91920	23.00000	1.50839
2	-391.93385	20.81278	
3	334.30413	20.00000	1.50839
4	239.01947	7.92536	
5	267.66514	28.00000	1.50839
6	-618.41676	1.04750	
7	337.90351	23.00000	1.50839
8	-1279.67000	0.97572	
9	200.03116	24.00000	1.50839
10	105.22457	22.04713	
11	219.65515	26.00000	1.50839
12	-546.12474	1.10686	
13	4788.40002	17.00000	1.50839
14	125.70412	20.76700	
15	-381.52610	12.90000	1.50839
16	134.36400	26.88549	
17	-127.38724	15.00000	1.50839
18	433.13808	52.33906	
19	1260.83000	35.00000	1.50839
20	-178.61526	14.91509	
21	-129.71674	22.80000	1.50839
22	-202.88016	2.79782	
23	-4128.12000	27.00000	1.50839
24	-299.28737	2.87255	

25	556.52963	28.00000	1.50839
26	-928.16848	2.49780	
27	367.82207	30.00000	1.50839
28	-4438.51001	1.64701	
29	220.29374	31.00000	1.50839
30	-1698.69000	3.60527	
31	4987.07001	21.00000	1.50839
32	146.02635	11.76890	
33	216.75649	17.00000	1.50839
34	161.01290	31.54706	
35	-206.90673	15.90000	1.50839
36	309.12541	56.09046	
37	-183.11187	18.00000	1.50839
38	-894.17440	6.28784	
39	-409.02115	23.00000	1.50839
40	-215.49999	1.14438	
41	3139.57999	23.00000	1.50839
42	-320.84882	2.92283	
43	445.47649	38.00000	1.50839
44	-348.37380	11.43498	
45	-229.01731	27.00000	1.50839
46	-352.88961	1.10071	
47	370.91242	25.00000	1.50839
48	-3446.41000	4.83032	
49	178.35450	32.00000	1.50839
50	471.60399	3.29194	
51	137.85195	39.90000	1.50839
52	331.09797	9.82671	
53	520.77561	23.00000	1.50839
54	80.26937	7.04896	
55	90.74309	71.00000	1.50839
56	1836.49001		

(Tabelle 2) Werte, die den Bedingungen beim ersten Ausführungsbeispiel entsprechen

(1) f1/f3 = 1,47
(2) f2/f4 = 1,31
(3) f5/L = 0,0988
(4) f6/L = 0,154
(5) fn/f2 = 0,589
(6) l/L = 2,33
(7) f24/f23 = 0,990
(8) f22/f23 = 1,31
(9) D/L = 0,0852
(10) f4/L = –0,0638

(11) f2/L = –0,0834
(12) (r5p – r5n)/(r5p + r5n) = 0,207
(13) (r4F – r4R)/(r4F + r4R) = –0,660
(14) (r5R – r6F)/(r5R + r6F) = –0,0613
(15) d56/L = 0,00587
(16) d6/r6F = 1, 10
(17) (r5F – r5R)/(r5F + r5R) = 0,733
(18) 1/(ϕ21·L) = 0,895
(19) f21/L = 0,260
(20) f2F f2R = 0,604

(Tabelle 3) Zweites Ausführungsbeispiel

d0 = 103.54346
B = 1/5
NA = 0,55
Bf = 29.06029
L = 1200

	r	d	n
1	-2191.45999	23.00000	1.50839
2	-443.19378	18.81278	
3	372.47246	20.00000	1.50839
4	259.89086	7.92536	
5	296.05557	26.00000	1.50839
6	-527.24081	1.04750	
7	478.04893	27.00000	1.50839
8	-948.34609	0.97572	
9	210.20717	24.00000	1.50839
10	107.85292	24.04713	
11	214.18600	26.00000	1.50839
12	-438.52759	1.10686	
13	-1434.49001	17.00000	1.50839
14	132.17373	18.76700	
15	-370.22109	12.90000	1.50839
16	137.36441	26.88549	
17	-131.18161	15.00000	1.50839
18	450.35044	53.03407	
19	1459.21001	35.00000	1.50839
20	-182.99101	14.91509	
21	-132.88561	22.80000	1.50839
22	-199.28914	2.79782	
23	-5536.72998	27.00000	1.50839
24	-310.74563	2.87255	

25	528.12523	28.00000	1.50839
26	-1200.55000	2.49780	
27	320.15215	30.00000	1.50839
28	-2820.19000	1.64701	
29	239.46093	31.00000	1.50839
30	-2425.69000	5.60527	
31	∞	21.00000	1.50839
32	148.13116	9.76890	
33	207.41773	17.00000	1.50839
34	155.42831	31.54706	
35	-218.29971	15.90000	1.50839
36	304.21175	56.74759	
37	-175.66635	18.00000	1.50839
38	-1130.86000	6.28784	
39	-485.73656	23.00000	1.50839
40	-216.43349	1.14438	
41	2806.14999	23.00000	1.50839
42	-316.00620	2.92283	
43	437.43410	38.00000	1.50839
44	-355.32964	11.43498	
45	-235.73758	27.00000	1.50839
46	-360.50104	1.10071	
47	410.57953	25.00000	1.50839
48	-3698.22000	4.83032	
49	178.15299	32.00000	1.50839
50	506.53177	3.29194	
51	137.46544	39.90000	1.50839
52	328.51597	9.82671	
53	544.32105	23.00000	1.50839
54	81.70638	7.04896	
55	92.81520	34.00000	1.50839
56	511.57718		
57	482.15006	35.00000	1.50839
58	-1631.30000		

(Tabelle 4) Werte, die den Bedingungen beim zweiten Ausführungsbeispiel entsprechen

(1) f1/f3 = 1,50
(2) f2/f4 = 1,39
(3) f5/L = 0,0971
(4) f6/L = 0,158
(5) fn/f2 = 0,568
(6) l/L = 2,21
(7) f24/f23 = 1,01

(8) f22/f23 = 1,21
(9) D/L = 0,0858
(10) f4/L = –0,0621
(11) f2/L = –0,0861
(12) (r5p – r5n)/(r5p + r5n) = 0,202
(13) (r4F – r4R)/(r4F + r4R) = –0,731
(14) (r5R – r6F)/(r5R + r6F) = –0,0637
(15) d56/L = 0,00587
(16) d6/r6F = 1,08
(17) (r5F – r5R)/(r5F + r5R) = 0,739
(18) 1/(ϕ21·L) = 0,719
(19) f21/L = 0,239
(20) f2F f2R = 0,533

(Tabelle 5) Drittes Ausführungsbeispiel

d0 = 104.69561
B = 1/5
NA = 0,55
Bf = 29.13809
L = 1200

	r	d	n
1	1364.36000	23.00000	1.50839
2	-612.17411	20.81278	
3	699.63988	24.00000	1.50839
4	-301.81026	7.92536	
5	-248.00150	20.00000	1.50839
6	-614.52792	1.04750	
7	332.05244	27.00000	1.50839
8	-582.52759	0.97572	
9	232.12759	24.00000	1.50839
10	110.33434	24.04713	
11	230.79590	23.00000	1.50839
12	-359.85171	1.10686	
13	-1275.75999	17.00000	1.50839
14	127.98361	18.76700	
15	-569.83204	12.90000	1.50839
16	140.20359	26.88549	
17	-108.76770	15.00000	1.50839
18	593.61218	51.86789	
19	2324.85999	35.00000	1.50839
20	-163.53564	14.91509	
21	-121.26603	22.80000	1.50839
22	-192.12364	2.79782	
23	-4480.40997	27.00000	1.50839
24	-297.83388	2.87255	

25	445.50685	28.00000	1.50839
26	-877.28296	2.49780	
27	422.96766	27.00000	1.50839
28	-1570.03000	1.64701	
29	230.95785	31.00000	1.50839
30	3000.00000	8.60527	
31	1800.00000	21.00000	1.50839
32	138.38357	9.76890	
33	191.56081	17.00000	1.50839
34	157.70119	31.54706	
35	-217.22866	15.90000	1.50839
36	294.71194	56.69427	
37	-173.19975	18.00000	1.50839
38	-973.64548	6.28784	
39	-467.87775	23.00000	1.50839
40	-215.12034	1.14438	
41	2688.16000	23.00000	1.50839
42	-320.45010	2.92283	
43	441.22198	40.00000	1.50839
44	-347.09282	9.43498	
45	-239.46132	27.00000	1.50839
46	-386.98159	1.10071	
47	381.41679	28.00000	1.50839
48	-2576.25000	4.83032	
49	186.44642	29.00000	1.50839
50	570.80649	3.29194	
51	138.75412	39.90000	1.50839
52	316.26440	9.82671	
53	504.37073	23.00000	1.50839
54	80.26770	7.04896	
55	91.17058	71.00000	1.50839
56	1553.61000		

(Tabelle 6) Werte, die den Bedingungen beim dritten Ausführungsbeispiel entsprechen

(1) f1/f3 = 1,46
(2) f2/f4 = 1,27
(3) f5/L = 0,0977
(4) f6/L = 0,156
(5) fn/f2 = 0,591
(6) l/L = 2,93
(7) f24/f23 = 0,816
(8) f22/f23 = 1,04
(9) D/L = 0,0848
(10) f4/L = –0,0645

(11) f2/L = –0,0816
(12) (r5p – r5n)/(r5p + r5n) = 0,184
(13) (r4F – r4R)/(r4F + r4R) = –0,698
(14) (r5R – r6F)/(r5R + r6F) = –0,0636
(15) d56/L = 0,00587
(16) d6/r6F = 1,10
(17) (r5F – r5R)/(r5F + r5R) = 0,725
(18) 1/(ϕ21·L) = 0,590
(19) f21/L = 0,234
(20) f2F f2R = 0,611

(Tabelle 7) Viertes Ausführungsbeispiel

d0 = 104.71662
B = 1/5
NA = 0,55
Bf = 29.76320
L = 1200

	r	d	n
1	955.26796	23.00000	1.50839
2	-675.53148	20.81278	
3	788.04209	24.00000	1.50839
4	-320.77870	7.92536	
5	-261.99847	20.00000	1.50839
6	-613.40707	1.04750	
7	343.77433	27.00000	1.50839
8	-614.74297	0.97572	
9	220.40014	24.00000	1.50839
10	111.87626	24.04713	
11	230.00000	23.00000	1.50839
12	-410.00000	1.10686	
13	-2449.05000	17.00000	1.50839
14	118.87129	18.76700	
15	-632.77988	12.90000	1.50839
16	143.15226	26.88549	
17	-108.88557	15.00000	1.50839
18	395.22400	52.22565	
19	1526.21000	35.00000	1.50839
20	-168.52598	14.91509	
21	-120.87196	22.80000	1.50839
22	-188.10351	2.79782	
23	-3191.22000	27.00000	1.50839
24	-296.62706	2.87255	

25	697.45117	28.00000	1.50839
26	-669.27158	2.49780	
27	358.82454	27.00000	1.50839
28	-2986.21000	1.64701	
29	223.50971	31.00000	1.50839
30	-1510.16000	8.60527	
31	-3596.81000	21.00000	1.50839
32	141.11696	9.76890	
33	194.35300	17.00000	1.50839
34	157.66411	31.54706	
35	-209.96142	15.90000	1.50839
36	307.10883	56.68624	
37	-175.13115	18.00000	1.50839
38	-1162.95000	6.28784	
39	-505.38166	23.00000	1.50839
40	-213.39177	1.14438	
41	3114.45000	23.00000	1.50839
42	-339.03822	2.92283	
43	460.54759	40.00000	1.50839
44	-326.27369	9.43498	
45	-231.89968	27.00000	1.50839
46	-372.57441	1.10071	
47	390.03678	28.00000	1.50839
48	-1994.66000	4.83032	
49	182.18377	29.00000	1.50839
50	525.45378	3.29194	
51	138.67730	39.90000	1.50839
52	312.43609	9.82671	
53	511.48346	23.00000	1.50839
54	81.45867	7.04896	
55	93.64185	34.00000	1.50839
56	934.34560	2.00000	
57	826.70065	35.00000	1.50839
58	1680.21000	(Bf)	

(Tabelle 8) Werte, die den Bedingungen beim vierten Ausführungsbeispiel entsprechen

(1) f1/f3 = 1,55
(2) f2/f4 = 1,39
(3) f5/L = 0,0975
(4) f6/L = 0,158
(5) fn/f2 = 0,576
(6) l/L = 3,05
(7) f24/f23 = 0,787

(8) f22/f23 = 0,974
(9) D/L = 0,0851
(10) f4/L = –0,0606
(11) f2/L = –0,0843
(12) (r5p – r5n)/(r5p + r5n) = 0,169
(13) (r4F – r4R)/(r4F + r4R) = –0,738
(14) (r5R – r6F)/(r5R + r6F) = –0,0695
(15) d56/L = 0,00587
(16) d6/r6F = 1,07
(17) (r5F – r5R)/(r5F + r5R) = 0,725
(18) 1/(ϕ21·L) = 0,672
(19) f21/L = 0,244
(20) f2F f2R = 0,642

(Tabelle 9) Fünftes Ausführungsbeispiel

d0 = 105.99385
B = 1/5
NA = 0,55
Bf = 28.96856
L = 1200

	r	d	n
1	723.32335	28.00000	1.50839
2	-571.27029	2.00000	
3	-8470.94995	20.00000	1.50839
4	324.13159	7.92536	
5	360.44110	28.00000	1.50839
6	-432.97069	1.04750	
7	397.04484	27.00000	1.50839
8	-825.96923	0.97572	
9	214.74004	31.00000	1.50839
10	110.51892	24.04713	
11	229.41181	26.00000	1.50839
12	-396.52854	1.10686	
13	-1014.34000	17.00000	1.50839
14	137.90605	18.76700	
15	-418.55207	12.90000	1.50839
16	138.89479	26.88549	
17	-133.71351	15.00000	1.50839
18	561.35918	52.53782	
19	1381.31000	35.00000	1.50839
20	-188.69074	14.91509	
21	-134.03345	22.80000	1.50839
22	-198.69180	2.79782	
23	-3029.37000	27.00000	1.50839
24	-333.96362	2.87255	

25	905.53484	28.00000	1.50839
26	-611.80005	2.49780	
27	254.70879	30.00000	1.50839
28	-3936.53000	1.64701	
29	239.51669	31.00000	1.50839
30	-1238.94000	5.60527	
31	-2379.42001	21.00000	1.50839
32	150.43068	9.76890	
33	209.21387	17.00000	1.50839
34	149.68875	31.54706	
35	-199.55198	15.90000	1.50839
36	314.76300	57.70880	
37	-170.75300	18.00000	1.50839
38	-3700.60999	6.28784	
39	-1025.75000	23.00000	1.50839
40	-212.37919	1.14438	
41	-3009.97000	23.00000	1.50839
42	-312.33647	2.92283	
43	401.05778	37.00000	1.50839
44	-361.42967	12.43498	
45	-231.63315	27.00000	1.50839
46	-319.48896	1.10071	
47	355.64919	25.00000	1.50839
48	3678.53000	4.83032	
49	187.43364	32.00000	1.50839
50	553.83964	3.29194	
51	137.68248	39.90000	1.50839
52	330.86342	9.82671	
53	587.42747	23.00000	1.50839
54	81.23164	7.04896	
55	93.74477	71.00000	1.50839
56	1555.42999		

(Tabelle 10) Werte, die den Bedingungen beim fünften Ausführungsbeispiel entsprechen

(1) f1/f3 = 1,58
(2) f2/f4 = 1,63
(3) f5/L = 0,0923
(4) f6/L = 0,161
(5) fn/f2 = 0,554
(6) l/L = 2,27
(7) f24/f23 = 1,04
(8) f22/f23 = 1,17
(9) D/L = 0,0853
(10) f4/L = –0,0564

(11) f2/L = –0,0919
(12) (r5p – r5n)/(r5p + r5n) = 0,219
(13) (r4F – r4R)/(r4F + r4R) = –0,912
(14) (r5R – r6F)/(r5R + r6F) = –0,0715
(15) d56/L = 0,00587
(16) d6/r6F = 1,07
(17) (r5F – r5R)/(r5F + r5R) = 0,757
(18) 1/(ϕ21·L) = 0,650
(19) f21/L = 0,242
(20) f2F f2R = 0,541

(Tabelle 11) Sechstes Ausführungsbeispiel

d0 = 105.91377
B = 1/5
NA = 0,55
Bf = 28.96856
L = 1200

	r	d	n
1	723.70616	28.00000	1.50839
2	-571.49375	1.98414	
3	-8472.42000	20.00000	1.50839
4	324.06902	8.06076	
5	360.49965	28.00000	1.50839
6	-432.97519	1.01484	
7	397.09644	27.00000	1.50839
8	-826.03537	0.88781	
9	214.74356	31.00000	1.50839
10	110.51666	24.03750	
11	229.41181	26.00000	1.50839
12	-396.60684	1.12963	
13	-1014.38000	17.00000	1.50839
14	137.92108	18.76756	
15	-418.59453	12.90000	1.50839
16	138.90550	26.88587	
17	-133.71351	15.00000	1.50839
18	561.20342	52.51989	
19	1381.31000	35.00000	1.50839
20	-188.68876	14.85490	
21	-134.03581	22.80000	1.50839
22	-198.68592	2.89585	
23	-3029.37000	27.00000	1.50839
24	-333.96362	2.88769	

25	905.64444	28.00000	1.50839
26	-611.80428	2.47699	
27	254.70879	30.00000	1.50839
28	3936.53000	1.61920	
29	239.51669	31.00000	1.50839
30	-1238.94000	5.60156	
31	-2379.42000	21.00000	1.50839
32	150.42879	9.73510	
33	209.20275	16.99160	1.50839
34	149.68297	31.54706	
35	-199.55198	15.90229	1.50839
36	314.76300	57.70389	
37	-170.75300	18.00000	1.50839
38	-3700.61000	6.28293	
39	-1025.75000	23.00000	1.50839
40	-212.37919	1.14438	
41	-3009.97000	23.00000	1.50839
42	-312.33647	2.89661	
43	401.05778	37.00000	1.50839
44	-361.42967	12.47918	
45	-231.65257	27.00000	1.50839
46	-319.51171	1.23912	
47	355.64919	25.00000	1.50839
48	3678.53000	4.82925	
49	177.43453	32.00000	1.50839
50	553.98339	3.26768	
51	137.68248	39.90000	1.50839
52	330.86342	9.82671	
53	587.42747	23.00000	1.50839
54	81.23164	7.04896	
55	93.74477	71.00000	1.50839
56	1555.423000	(Bf)	

(Tabelle 12) Werte, die den Bedingungen beim sechsten Ausführungsbeispiel entsprechen

(1) f1/f3 = 1,58
(2) f2/f4 = 1,63
(3) f5/L = 0, 0924
(4) f6/L = 0,161
(5) fn/f2 = 0,554
(6) l/L = 2,25
(7) f24/f23 = 1,04
(8) f22/f23 = 1,17
(9) D/L = 0,0853
(10) f4/L = –0,0564

(11) f2/L = –0,0919
(12) (r5p – r5n)/(r5p + r5n) = 0,218
(13) (r4F – r4R)/(r4F + r4R) = –0,911
(14) (r5R – r6F)/(r5R + r6F) = –0,0715
(15) d56/L = 0,00587
(16) d6/r6F = 1,07
(17) (r5F – r5R)/(r5F + r5R) = 0,757
(18) 1/(ϕ21·L) = 0,650
(19) f21/L = 0,242
(20) f2F f2R = 0, 541

[0106] Beim oben beschriebenen ersten Ausführungsbeispiel gilt 1/|ΦL| = 0,149 für die Linsenoberfläche der Objektseite der positiven Linse L_{61}, wodurch die Bedingung (21) erfüllt wird. Beim zweiten Ausführungsbeispiel gilt 1/|ΦL| = 0,152 für die Linsenoberfläche der Objektseite der positiven Linse L_{61} und 1/|ΦL| = 0,709 für die Linsenoberfläche der Objektseite der positiven Linse L_{62}, wodurch die Bedingung (21) erfüllt wird. Beim dritten Ausführungsbeispiel gilt 1/|ΦL| = 0,149 für die Linsenoberfläche der Objektseite der positiven Linse L_{61}, wodurch die Bedingung (21) erfüllt wird. Beim vierten Ausführungsbeispiel gilt 1/|ΦL| = 0,153 für die Linsenoberfläche der Objektseite der positiven Linse L_{61} und 1/|ΦL| = 1,36 für die Linsenoberfläche der Objektseite der positiven Linse L_{62}, wodurch die Bedingung (21) erfüllt wird. Beim fünften Ausführungsbeispiel gilt 1/|ΦL| = 0,153 für die Linsenoberfläche der Objektseite der positiven Linse L_{61}, wodurch die Bedingung (21) erfüllt wird. Beim sechsten Ausführungsbeispiel gilt 1/|ΦL| = 0,154 für die Linsenoberfläche der Objektseite der positiven Linse L_{61}, wodurch die Bedingung (21) erfüllt wird. Daher ist die sechste Linsengruppe G_6 bei jedem Ausführungsbeispiel aus drei oder weniger Linsen mit der Linsenoberfläche (den Linsenoberflächen), die die Bedingung (21) erfüllt (erfüllen), zusammengesetzt.

[0107] Aus den obigen Werten von Spezifikationen für die jeweiligen Ausführungsbeispiele wird verstanden, daß die Telezentrizität auf der Objektseite (auf der Fadenkreuzseite) und auf der Bildseite (auf der Waferseite) erreicht wird, während ein relativ breiter Belichtungsbereich und eine große numerische Apertur bei jedem Ausführungsbeispiel beibehalten wird.

[0108] Fig. 9, Fig. 10, Fig. 11, Fig. 12, Fig. 13 und Fig. 14 zeigen Aberrationsdiagramme verschiedener Aberrationen bei den ersten bis sechsten Ausführungsbeispielen gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0109] Hier stellt bei jedem Aberrationsdiagramm NA die numerische Apertur des optischen Projektsionssystem dar, und Y die Bildhöhe. Bei jedem Aberrationsdiagramm eines Astigmatismus stellt die gestrichelte Linie eine mittlere Bildoberfläche (eine mittlere Bildoberfläche) und stellt die durchgezogene Linie eine sagitale Bildoberfläche (eine sagitale Bildoberfläche) dar.

[0110] Aus einem Vergleich der Aberrationsdiagramme wird gesehen, daß die verschiedenen Aberrationen bei jedem Ausführungsbeispiel in einem guten Gleichgewicht korrigiert werden, und insbesondere wird die Verzerrung über das gesamte Bild bis zu nahezu einem Nullzustand korrigiert, und das optische Projektionssystem hoher Auflösungsleistung wird mit einer großen numerischen Apertur erreicht.

[0111] Obwohl die obigen Ausführungsbeispiele die Beispiele zeigten, bei welchen der Excimer-Laser zum Zuführen des Lichts von 248,4 nm als Lichtquelle verwendet wurde, muß nicht erwähnt werden, daß, ohne eine Notwendigkeit, daß die Beispiele beschränkt werden, die vorliegende Erfindung auf Systeme angewendet werden kann, die Quellen extremen ultravioletten Lichts verwenden, wie beispielsweise einen Excimer-Laser zum Zuführen des Lichts von 193 nm, Mercurybogenlampen zum Zuführen des Lichts der g-Linie (436 nm) oder der i-Linie (365 nm) oder Lichtquellen zum Zuführen des Lichts im ultravioletten Bereich, der ein anderer als diese ist.

[0112] Bei den Ausführungsbeispielen ist keine der Linsen, die das optische Projektionssystem bilden, eine zusammengesetzte Linse, und jede von ihnen ist aus einem einzelnen optischen Material hergestellt, d.h. aus Quarz (SiO_2). Hier kann eine Kostenreduzierung erreicht werden, weil bei den obigen Ausführungsbeispielen ein einziges optisches Material eine jeweilige Linse bildet. Jedoch kann dann, wenn das Belichtungslicht eine bestimmte halbe Breite hat, eine chromatische Aberration durch eine Kombination aus Quarz (SiO_2) und Fluorid (CaF_2) oder durch eine Kombination anderer optischer Materialien korrigiert werden. Weiterhin kann dann, wenn die Belichtungs-Lichtquelle das Belichtungslicht in einem breiten Band zuführt, die chromatische Aberration durch eine Kombination mehrerer Typen von optischen Materialien korrigiert werden.

[0113] Wie es oben beschrieben ist, hat die Belichtungsvorrichtung, die zur vorliegenden Erfindung gehört, die optischen Projektionssysteme erreicht, die bi-telezentrische optische Systeme sind, wobei ein relativ breiter Belichtungsbereich beibehalten wird, und die optische Projektionssysteme mit hoher Auflösungsleistung sind, bei welchen die verschiedenen Aberrationen in einem guten Gleichgewicht korrigiert werden, und die eine große numerische Apertur haben. Insbesondere wird die Verzerrung in den optischen Projektionssystemen der vorliegenden Erfindung sehr gut korrigiert. Demgemäß kann die vorliegende Erfindung eine extreme Reduzierung einer Bildspannung genießen, weil zusätzlich zu dem Erreichen der Bi-Telezentrizität auch die Verzerrung sehr gut korrigiert wird.

[0114] Aus der so beschriebenen Erfindung wird es offensichtlich, daß die Erfindung auf viele Arten variiert werden kann. Solche Variationen sind nicht als Abweichung vom Sinngehalt und Schutzumfang der Erfindung anzusehen, und alle derartigen Modifikationen, wie sie einem Fachmann auf dem Gebiet offensichtlich sein würden, sollen innerhalb des Schutzumfangs der folgenden Ansprüche enthalten sein.

[0115] Die japanische Basisanmeldung Nr. 6-311050 (311050/1994), eingereicht am 14. Dezember 1994, ist hierdurch durch Bezugnahme enthalten.

Patentansprüche

1. Optisches Projektionssystem, das zwischen ersten und zweiten Objekten (R, W) angeordnet ist, zum Projizieren eines Bildes des ersten Objekts (R) auf das zweite Objekt (W), wobei das optische Projektionssystem folgendes aufweist:
eine erste Linsengruppe (G_1) mit positiver Brechkraft, wobei die erste Linsengruppe zwischen den ersten und zweiten Objekten angeordnet ist;
eine zweite Linsengruppe (G_2) mit negativer Brechkraft, wobei die zweite Linsengruppe zwischen der ersten Linsengruppe (G_1) und dem zweiten Objekt (W) angeordnet ist;
eine dritte Linsengruppe (G_3) mit positiver Brechkraft, wobei die dritte Linsengruppe zwischen der zweiten Linsengruppe (G_2) und dem zweiten Objekt (W) angeordnet ist;
eine vierte Linsengruppe (G_4) mit negativer Brechkraft, wobei die vierte Linsengruppe zwischen der dritten Linsengruppe (G_3) und dem zweiten Objekt (W) angeordnet ist;
eine fünfte Linsengruppe (G_5) mit positiver Brechkraft, wobei die fünfte Linsengruppe zwischen der vierten Linsengruppe (G_4) und dem zweiten Objekt (W) angeordnet ist; und
eine sechste Linsengruppe (G_6) mit positiver Brechkraft, wobei die sechste Linsengruppe zwischen der fünften Linsengruppe (G_5) und dem zweiten Objekt (W) angeordnet ist;
dadurch gekennzeichnet, daß
die erste Linsengruppe (G_1) wenigstens zwei positive Linsen (L_{11}, L_{13}, L_{14}) enthält, die dritte Linsengruppe (G_3) wenigstens drei positive Linsen (L_{31}, L_{32}, L_{33}, L_{34}) enthält, die vierte Linsengruppe (G_4) wenigstens drei negative Linsen (L_{41}, L_{43}, L_{44}) enthält, die fünfte Linsengruppe (G_5) wenigstens fünf positive Linsen (L_{51}, L_{52}, L_{55}, L_{56}, L_{57}) und wenigstens eine negative Linse (L_{58}) enthält und die sechste Linsengruppe (G_6) wenigstens eine positive Linse (L_{61}) enthält; und die fünfte Linsengruppe (G_5) weiterhin eine negative Linse (L_{54}) und eine positive Linse (L_{53}), die benachbart zu der negativen Linse angeordnet ist, enthält, und wobei die negative Linse (L_{54}), die als nächstes zur positiven Linse (L_{53}) in der fünften Linsengruppe (G_5) angeordnet ist, eine negative Meniskuslinse mit einer konkaven Oberfläche ist; und wobei die positive Linse (L_{53}), die benachbart zur negativen Linse (L_{54}) in der fünften Linsengruppe (G_5) angeordnet ist, eine konvexe Oberfläche entgegengesetzt zur konkaven Oberfläche der negativen Meniskuslinse (L_{54}) hat.

2. Optisches Projektionssystem nach Anspruch 1, wobei die zweite Linsengruppe eine vordere Linse (L_{2F}) aufweist, die als nächste der Linsen der zweiten Gruppe zum ersten Objekt angeordnet ist und eine negative Brechkraft mit einer konkaven Oberfläche zum zweiten Objekt (W) hat, eine hintere Linse (L_{2R}), die als nächste der Linsen der zweiten Gruppe zum zweiten Objekt angeordnet ist und eine negative Brechkraft mit einer konkaven Oberfläche zum ersten Objekt (R) hat, und eine mittlere Linsengruppe (G_{2M}), die zwischen der vorderen und der hinteren Linse in der zweiten Linsengruppe angeordnet ist, und wobei die mittlere Linsengruppe (G_{2M}) eine erste Linse (L_{M1}) mit positiver Brechkraft hat, eine zweite Linse (L_{M2}) mit negativer Brechkraft, eine dritte Linse (L_{M3}) mit negativer Brechkraft und eine vierte Linse (L_{M4}) mit negativer Brechkraft in der genannten Reihenfolge von der Seite des ersten Objekts (R).

3. Optisches Projektionssystem nach Anspruch 2, wobei die erste Linse (L_{M1}) mit positiver Brechkraft in der mittleren Linsengruppe (G_{2M}) in der zweiten Linsengruppe (G_2) eine Linsenform mit einer konvexen Oberfläche zum zweiten Objekt (W) hat.

4. Optisches Projektionssystem nach Anspruch 1, wobei die vierte Linsengruppe (G_4) eine vordere Linse (L_{41}) aufweist, die als nächstes der Linsen der vierten Gruppe (G_4) zum ersten Objekt (R) angeordnet ist und eine negative Brechkraft mit einer konkaven Oberfläche gegenüberliegend zum zweiten Objekt (W) hat, eine hintere Linse (L_{44}), die als nächstes der Linsen der vierten Gruppe (G_4) zum zweiten Objekt (W) angeordnet ist und eine negative Brechkraft mit einer konkaven Oberfläche gegenüberliegend zum ersten Objekt (R) hat, und wenigstens eine negative Linse (L_{42}, L_{43}), die zwischen der vorderen Linse (L_{41}) in der vierten Linsengruppe (G_4) und der hinteren Linse (L_{44}) in der vierten Linsengruppe (G_4) angeordnet ist.

5. Optisches Projektionssystem nach Anspruch 1, wobei die fünfte Linsengruppe (G_5) eine negative Linse (L_{58}) aufweist, die als nächste der Linsen der fünften Gruppe (G_5) zum zweiten Objekt (W) angeordnet ist und eine konkave Oberfläche gegenüberliegend zum zweiten Objekt (W) hat.

6. Optisches Projektionssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei das optische Projektionssystem ein Bild eines Musters, das auf einer Maske ausgebildet ist, als das erste Objekt auf ein fotoempfindliches Substrat als das zweite Objekt projiziert.

7. Optisches Projektionssystem nach Anspruch 6, wobei die sechste Linsengruppe (G_6) eine Linse (L_{61}) aufweist, die als nächstes der Linsen der sechsten Gruppe (G_6) zum ersten Objekt (R) angeordnet ist und eine konvexe Oberfläche gegenüberliegend zum ersten Objekt (R) hat.

8. Optisches Projektionssystem, das zwischen ersten und zweiten Objekten (R, W) angeordnet ist, zum Projizieren eines Bilds des ersten Objekts (R) auf das zweite Objekt (W), wobei das optische Projektionssystem eine erste Linsengruppe (G_1) mit positiver Brechkraft hat, eine zweite Linsengruppe (G_2), eine dritte Linsengruppe (G_3) mit positiver Brechkraft, eine vierte Linsengruppe (G_4) mit negativer Brechkraft, eine fünfte Linsengruppe (G_5) mit positiver Brechkraft und eine sechste Linsengruppe (G_6) mit positiver Brechkraft in der genannten Reihenfolge von der Seite des ersten Objekts aus;
dadurch gekennzeichnet, daß
die zweite Linsengruppe (G_2) eine vordere Linse (L_{2F}) aufweist, die als nächste der Linsen der zweiten Gruppe zum ersten Objekt angeordnet ist und eine negative Brechkraft mit einer konkaven Oberfläche zum zweiten Objekt (W) hat, eine hintere Linse (L_{2R}), die als nächste der Linsen der zweiten Gruppe zum zweiten Objekt (W) angeordnet ist und eine negative Brechkraft mit einer konkaven Oberfläche zum ersten Objekt (R) hat, und eine mittlere Linsengruppe (G_{2M}), die zwischen der vorderen und der hinteren Linse in der zweiten Linsengruppe angeordnet ist;
die mittlere Linsengruppe (G_{2M}) eine erste Linse (L_{M1}) mit positiver Brechkraft hat, eine zweite Linse (L_{M2}) mit negativer Brechkraft, eine dritte Linse (L_{M3}) mit negativer Brechkraft und eine vierte Linse (L_{M4}) mit negativer Brechkraft in der genannten Reihenfolge von der Seite des ersten Objekts (R) aus; und
die folgenden Bedingungen erfüllt sind, wenn eine Brennweite der ersten Linsengruppe (G_1) f_1 ist, eine Brennweite der zweiten Linsengruppe (G_2) f_2 ist, eine Brennweite der dritten Linsengruppe (G_3) f_3 ist, eine Brennweite der vierten Linsengruppe (G_4) f_4 ist, eine Brennweite der fünften Linsengruppe (G_5) f_5 ist, eine Brennweite der sechsten Linsengruppe (G_6) f_6 ist, eine gesamte Brennweite der zweiten Linse bis zur vierten Linse in der mittleren Linsengruppe (G_{2M}) in der zweiten Linsengruppe (G_2) f_n ist und ein Abstand vom ersten Objekt (R) zum zweiten Objekt (W) L ist:

$0.1 < f_1/f_3 < 17$

$0.2 < f_2/f_4 < 14$

$0.01 < f_5/L < 0.9$

$0.02 < f_6/L < 1.6$

$0.01 < f_n/f_2 < 2.0$.

9. Optisches Projektionssystem nach Anspruch 8, wobei die folgende Bedingung erfüllt ist, wenn ein axialer Abstand vom ersten Objekt (R) zum Brennpunkt der ersten Objektseite des gesamten des optischen Projektionssystems I ist und der Abstand vom ersten Objekt (R) zum zweiten Objekt (W) L ist:

$1,0 < I/L$.

10. Optisches Projektionssystem nach Anspruch 8, wobei die erste Linsengruppe (G_1) wenigstens zwei po-

sitive Linsen (L_{11}, L_{13}, L_{14}) enthält, die dritte Linsengruppe (G_3) wenigstens drei positive Linsen (L_{31}, L_{32}, L_{33}, L_{34}) enthält, die vierte Linsengruppe (G_4) wenigstens drei negative Linsen (L_{41}, L_{42}, L_{43}, L_{44}) enthält, die fünfte Linsengruppe (G_5) wenigstens fünf positive Linsen (L_{51}, L_{52}, L_{53}, L_{55}, L_{56}, L_{57}) und wenigstens eine negative Linse (L_{54}, L_{58}) enthält und die sechste Linsengruppe (G_6) wenigstens eine positive Linse (L_{61}) enthält.

11. Optisches Projektionssystem nach Anspruch 8, wobei die mittlere Linsengruppe (G_{2M}) in der zweiten Linsengruppe (G_2) eine negative Brechkraft hat.

12. Optisches Projektionssystem nach Anspruch 8, wobei die folgende Bedingung erfüllt ist, wenn die Brennweite der zweiten Linsengruppe (G_2) f_2 ist und der Abstand vom ersten Objekt (R) zum zweiten Objekt (W) L ist:

$$-0.8 < f_2/L < -0.050.$$

13. Optisches Projektionssystem nach Anspruch 8, wobei die folgende Bedingung erfüllt ist, wenn eine Brennweite der vorderen Linse (L_{2F}), die als nächste der Linsen der zweiten Gruppe (G_2) zum ersten Objekt (R) angeordnet ist und eine negative Brechkraft mit einer konkaven Oberfläche zum zweiten Objekt (W) hat, f_{2F} ist, und eine Brennweite der hinteren Linse (L_{2R}), die als nächste der Linsen in der zweiten Gruppe (G_2) zum zweiten Objekt (W) angeordnet ist und eine negative Brechkraft mit einer konkaven Oberfläche zum ersten Objekt (R) hat, f_{2R} ist:

$$0 \le f_{2F}/f_{2R} < 18.$$

14. Optisches Projektionssystem nach Anspruch 8, wobei die folgende Bedingung erfüllt ist, wenn eine Brennweite der dritten Linse (L_{M3}) mit negativer Brechkraft in der zweiten mittleren Linsengruppe (G_{2M}) in der zweiten Linsengruppe (G_2) f_{23} ist und eine Brennweite der vierten Linse (L_{M4}) mit negativer Brechkraft in der mittleren Linsengruppe (G_{2M}) in der zweiten Linsengruppe (G_2) f_{24} ist:

$$0.07 < f_{24}/f_{23} < 7.$$

15. Optisches Projektionssystem nach Anspruch 8, wobei die folgende Bedingung erfüllt ist, wenn eine Brennweite der zweiten Linse (L_{M2}) mit negativer Brechkraft in der mittleren Linsengruppe (G_{2M}) in der zweiten Linsengruppe (G_2) f_{22} ist und eine Brennweite der dritten Linse (L_{M3}) mit negativer Brechkraft in der mittleren Linsengruppe (G_{2M}) in der zweiten Linsengruppe (G_2) f_{23} ist:

$$0.1 < f_{22}/f_{23} < 10.$$

16. Optisches Projektionssystem nach Anspruch 8, wobei die folgende Bedingung erfüllt ist, wenn ein axialer Abstand von einer Linsenoberfläche der zweiten Objektseite der vierten Linse (L_{M4}) mit einer negativen Brechkraft in der mittleren Linsengruppe (G_2) in der zweiten Linsengruppe (G_2) zu einer Linsenoberfläche der ersten Objektseite der hinteren Linse (L_{2R}) in der zweiten Linsengruppe (G_2) D ist und der Abstand vom ersten Objekt (R) zum zweiten Objekt (W) L ist:

$$0.05 < D/L < 0.4.$$

17. Optisches Projektionssystem nach Anspruch 8, wobei die erste Linse (L_{M1}) mit positiver Brechkraft in der mittleren Linsengruppe (G_{2M}) in der zweiten Linsengruppe (G_2) eine Linsenform mit einer konvexen Oberfläche zum zweiten Objekt (W) hat, und wobei die folgende Bedingung erfüllt ist, wenn die Brechkraft einer Linsenoberfläche der zweiten Objektseite der ersten Linse (L_{M1}) mit positiver Brechkraft in der mittleren Linsengruppe (G_{2M}) in der zweiten Linsengruppe (G_2) ϕ_{21} ist und der Abstand vom ersten Objekt (R) zum zweiten Objekt (W) L ist:

$$54 < 1/(\phi_{21} \cdot L) < 10.$$

18. Optisches Projektionssystem nach Anspruch 8, wobei die folgende Bedingung erfüllt ist, wenn eine Brennweite der ersten Linse (L_{M1}) mit positiver Brechkraft in der mittleren Linsengruppe (G_{2M}) in der zweiten Linsengruppe (G_2) f_{21} ist und der Abstand vom ersten Objekt (R) zum zweiten Objekt (W) L ist:

$$230 < f_{21}/L < 0.40.$$

19. Optisches Projektionssystem nach Anspruch 8, wobei die folgende Bedingung erfüllt ist, wenn die Brennweite der vierten Linsengruppe (G_4) f_4 ist und der Abstand vom ersten Objekt (R) zum zweiten Objekt (W) L ist:

$$-0.098 < f_4/L < -0.005.$$

20. Optisches Projektionssystem nach Anspruch 8, wobei die vierte Linsengruppe (G_4) eine vordere Linse (L_{41}) aufweist, die als nächste der Linsen der vierten Gruppe (G_4) zum ersten Objekt (R) angeordnet ist und eine negative Brechkraft mit einer konkaven Oberfläche zum zweiten Objekt (W) hat, eine hintere Linse (L_{44}), die als nächste der Linsen der vierten Gruppe (G_4) zum zweiten Objekt (W) angeordnet ist und eine negative Brechkraft mit einer konkaven Oberfläche zum ersten Objekt (R) hat, und wenigstens eine negative Linse (L_{43}, L_{44}), die zwischen der vorderen Linse (L_{41}) in der vierten Linsengruppe (G_4) in der vierten Linsengruppe (G_4) und der hinteren Linse (L_{44}) in der vierten Linsengruppe (G_4) angeordnet ist, und wobei die folgende Bedingung erfüllt ist, wenn ein Krümmungsradius auf der ersten Objektseite in der hinteren Linse (L_{44}), die als nächste der Linsen der vierten Gruppe (G_4) zum zweiten Objekt (W) angeordnet ist, r_{4f} ist und ein Krümmungsradius auf der zweiten Objektseite in der hinteren Linse (L_{44}), die als nächste der Linsen der vierten Gruppe (G_4) zum zweiten Objekt (W) angeordnet ist, r_{4R} ist:

$$-1.00 \leq (r_{4F} - r_{4R})/(r_{4F} + r_{4R}) < 0.$$

21. Optisches Projektionssystem nach Anspruch 8, wobei die fünfte Linsengruppe (G_5) eine negative Meniskuslinse (L_{54}) aufweist, und eine positive Linse (L_{53}), die benachbart zu einer konkaven Oberfläche der negativen Meniskuslinse angeordnet ist und eine konvexe Oberfläche hat, die gegenüberliegend zur konkaven Oberfläche der negativen Meniskuslinse (L_{54}) ist, und wobei die folgende Bedingung erfüllt ist, wenn ein Krümmungsradius der konkaven Oberfläche der negativen Meniskuslinse (L_{54}) in der fünften Linsengruppe (G_5) r_{5n} ist und ein Krümmungsradius der konvexen Oberfläche gegenüberliegend zur konkaven Oberfläche der negativen Meniskuslinse in der positiven Linse (L_{53}), die benachbart zur konkaven Oberfläche der negativen Meniskuslinse (L_{54}) in der fünften Linsengruppe (G_5) ist, r_{5p} ist:

$$0 < (r_{5p} - r_{5n})/(r_{5p} + r_{5n}) < 1.$$

22. Optisches Projektionssystem nach Anspruch 21, wobei die negative Meniskuslinse (L_{54}) und die positive Linse (L_{53}), die benachbart zur konkaven Oberfläche der negativen Meniskuslinse (L_{54}) ist, zwischen wenigstens einer positiven Linse (L_{52}) in der fünften Linsengruppe (G_5) und wenigstens einer weiteren positiven Linse (L_{55}) in der fünften Linsengruppe (G_5) angeordnet sind.

23. Optisches Projektionssystem nach Anspruch 8, wobei die fünfte Linsengruppe (G_5) eine negative Linse (L_{58}) aufweist, die als nächste der Linsen der fünften Gruppe (G_5) zum zweiten Objekt (W) angeordnet ist und eine konkave Oberfläche gegenüberliegend zum zweiten Objekt (W) hat, und wobei die folgende Bedingung erfüllt ist, wenn ein Krümmungsradius auf der ersten Objektseite in der negativen Linse (L_{58}), die die nächste der Linsen der fünften Gruppe (G_5) zum zweiten Objekt (W) ist, r_{5f} ist und ein Krümmungsradius auf der zweiten Objektseite in der negativen Linse (L_{58}), die die nächste der Linsen der fünften Gruppe (G_5) zum zweiten Objekt (W) ist, r_{5R} ist:

$$0.30 < (r_{5F} - r_{5R})/(r_{5F} + r_{5R}) < 1.28.$$

24. Optisches Projektionssystem nach Anspruch 8, wobei die fünfte Linsengruppe (G_5) eine negative Linse (L_{58}) aufweist, die als nächste der Linsen der fünften Gruppe (G_5) zum zweiten Objekt (W) angeordnet ist und eine konkave Oberfläche gegenüberliegend zum zweiten Objekt (W) hat, und die sechste Linsengruppe (G_6) eine Linse (L_{61}) aufweist, die als nächste der Linsen der sechsten Gruppe (G_6) zum ersten Objekt (R) angeordnet ist und eine konvexe Oberfläche gegenüberliegend zum ersten Objekt (R) hat, und wobei die folgende Bedingung erfüllt ist, wenn ein Krümmungsradius der zweiten Objektseite der negativen Linse (L_{58}), die als nächste der Linsen der fünften Gruppe (G_5) zum zweiten Objekt (W) angeordnet ist, r_{5R} ist und ein Krümmungsradius auf der ersten Objektseite der Linse (L_{61}), die als nächste der Linsen der sechsten Gruppe (G_6) zum ersten Objekt angeordnet ist, r_{6F} ist:

$$-0.90 < (r_{5R} - r_{6F})/(r_{5R} + r_{6F}) < -0.001.$$

25. Optisches Projektionssystem nach Anspruch 8, wobei die folgende Bedingung erfüllt ist, wenn eine Linsengruppentrennung zwischen der fünften Linsengruppe (G_5) und der sechsten Linsengruppe (G_6) d_{56} ist und

der Abstand vom ersten Objekt (R) zum zweiten Objekt (W) L ist:

$d_{56}/L < 0.017$.

26. Optisches Projektionssystem nach Anspruch 8, wobei die folgende Bedingung erfüllt ist, wenn ein Krümmungsradius einer Linsenoberfläche, die dem ersten Objekt (R) in der sechsten Linsengruppe (G_6) am nächsten ist, r_{6F} ist und ein axialer Abstand von der Linsenoberfläche, die dem ersten Objekt (R) in der sechsten Linsengruppe (G_6) am nächsten ist, zum zweiten Objekt (W) d_6 ist:

$0.50 < d_6/r_{6F} < 1.50$.

27. Optisches Projektionssystem nach Anspruch 8, wobei die sechste Linsengruppe (G_6) drei oder weniger Linsen mit wenigstens einer Oberfläche aufweist, die die folgende Bedingung erfüllt:

$1/|\phi|L < 20$

wobei
ϕ: Brechkraft der Linsenoberfläche;
L: Objekt-Bild-Abstand vom ersten Objekt (R) zum zweiten Objekt (W).

28. Optisches Projektionssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 27, wobei das optische Projektionssystem eine vorbestimmte Reduktionsvergrößerung hat.

29. Belichtungsvorrichtung, die folgendes aufweist:
ein optisches Projektionssystem nach Anspruch 1;
eine Bühne (WS), die zuläßt, daß ein fotoempfindliches Substrat (W) auf ihrer Hauptoberfläche gehalten wird; und
ein optisches Beleuchtungssystem (IS) zum Aussenden von Belichtungslicht einer vorbestimmten Wellenlänge und zum Übertragen eines vorbestimmten Musters (**101**), das auf einer Maske (R) ausgebildet ist, auf das Substrat;
wobei das optische Projektionssystem zum Projizieren eines Bilds des auf der Maske (R) ausgebildeten vorbestimmten Musters auf die Substratoberfläche eingerichtet ist.

30. Belichtungsvorrichtung nach Anspruch 29, wobei die zweite Linsengruppe (G_2) eine vordere Linse (L_{2F}) aufweist, die als nächste der Linsen der zweiten Gruppe (G_2) zum ersten Objekt (R) angeordnet ist und eine negative Brechkraft mit einer konkaven Oberfläche zum zweiten Objekt (W) hat, eine hintere Linse (L_{2R}), die als nächste der Linsen der zweiten Gruppe (G_2) zum zweiten Objekt (W) angeordnet ist und eine negative Brechkraft mit einer konkaven Oberfläche zum ersten Objekt (R) hat, und eine mittlere Linsengruppe (G_{2M}), die zwischen der vorderen Linse (L_{2F}) und der hinteren Linse (L_{2R}) in der zweiten Linsengruppe (G_2) angeordnet ist, wobei die mittlere Linsengruppe (G_{2M}) eine erste Linse (L_{M1}) mit positiver Brechkraft hat, eine zweite Linse (L_{M2}) mit negativer Brechkraft, eine dritte Linse (L_{M3}) mit negativer Brechkraft und eine vierte Linse (L_{M4}) mit negativer Brechkraft in der angegebenen Reihenfolge von der Seite des ersten Objekts (R) aus, und wobei die folgenden Bedingungen erfüllt sind, wenn eine Brennweite der ersten Linsengruppe (G_1) f_1 ist, eine Brennweite der zweiten Linsengruppe (G_2) f_2 ist, eine Brennweite der dritten Linsengruppe (G_3) f_3 ist, eine Brennweite der vierten Linsengruppe (G_4) f_4 ist, eine Brennweite der fünften Linsengruppe (G_5) f_5 ist, eine Brennweite der sechsten Linsengruppe (G_6) f_6 ist, eine gesamte Brennweite der zweiten Linse (L_{M2}) bis zur vierten Linse (LM4) in der mittleren Linsengruppe (G_{2M}) in der zweiten Linsengruppe (G_2) f_n ist, und ein Abstand vom ersten Objekt (R) zum zweiten Objekt (W) L ist:

$0.1 < f_1/f_3 < 17$

$0.1 < f_2/f_4 < 14$

$0.01 < f_5/L < 0.9$

$0.02 < f_6/L < 1.6$

$0.01 < f_n/f_2 < 2.0$.

31. Belichtungsvorrichtung nach Anspruch 29, wobei die negative Linse (L_{54}), die benachbart zur positiven

Linse (L_{53}) in der fünften Linsengruppe (G_5) angeordnet ist, eine konkave Oberfläche hat, und wobei die positive Linse (L_{53}), die benachbart zur negativen Linse (L_{54}) in der fünften Linsengruppe (G_5) angeordnet ist, eine konvexe Oberfläche hat, die der konkaven Oberfläche der negativen Linse (L_{54}) gegenübersteht.

32. Belichtungsvorrichtung nach Anspruch 29, wobei die negative Linse (L_{54}) benachbart zur positiven Linse (L_{53}) in der fünften Linsengruppe (G_5) angeordnet ist, eine negative Meniskuslinse (L_{54}) ist.

33. Optisches Projektionssystem nach einem der Ansprüche 8 bis 28, wobei das optische Projektionssystem ein Bild eines auf einer Maske ausgebildeten Musters als das erste Objekt auf ein fotoempfindliches Substrat als das zweite Objekt projiziert.

34. Optisches Projektionssystem nach einem der Ansprüche 8 bis 28, wobei eine numerische Apertur NA auf der Bildseite des optischen Projektionssystems 0.55 enthält.

35. Optisches Projektionssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 28, wobei das optische Projektionssystem nahezu telezentrisch auf der Objektseite und auf der Bildseite ist.

36. Optisches Projektionssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 28, wobei jede der Linsen, die das optische Projektionssystem bilden, eine nicht verklebte bzw. zusammengeklebte einzelne Linse ist.

Es folgen 14 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

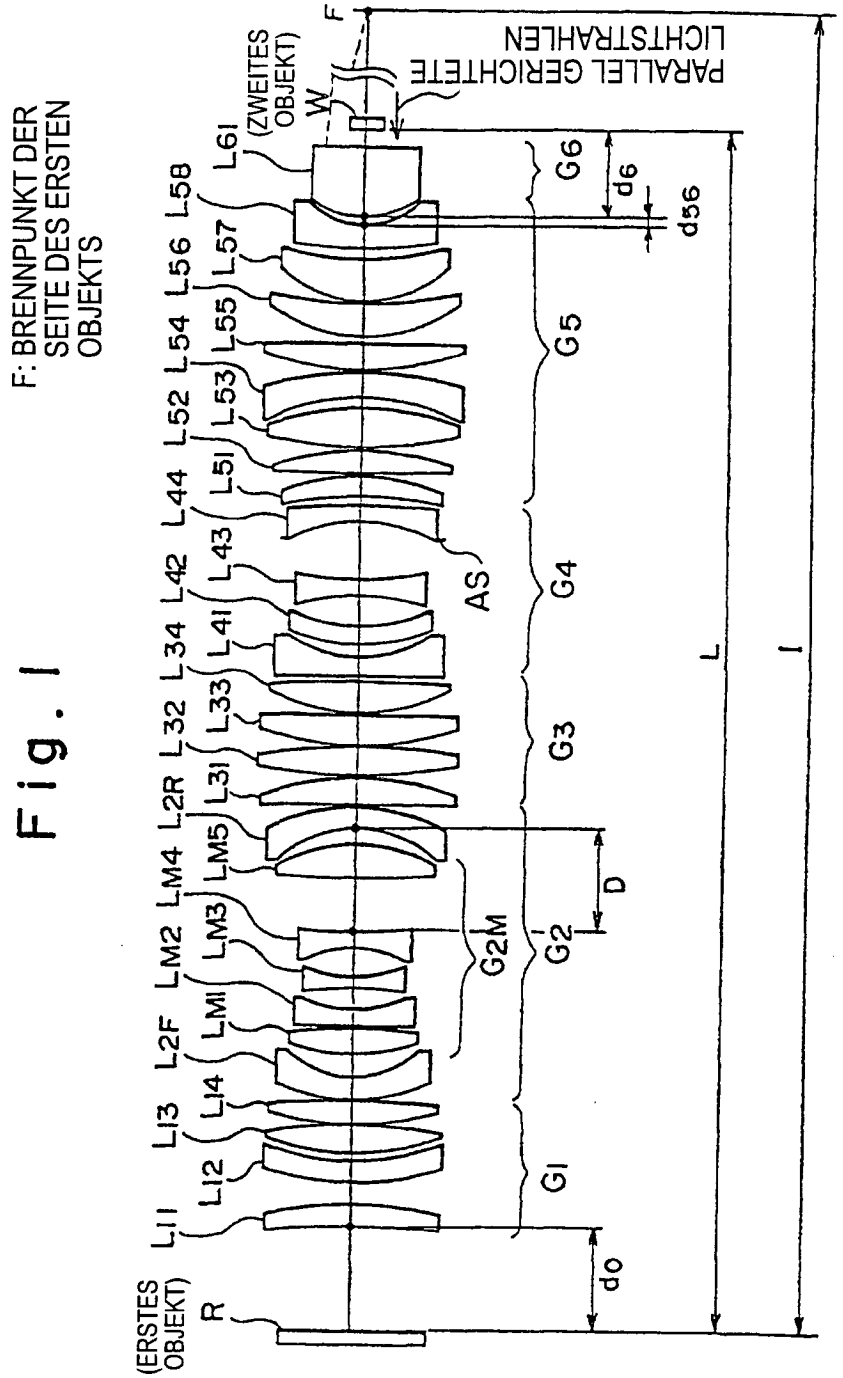


Fig. 2

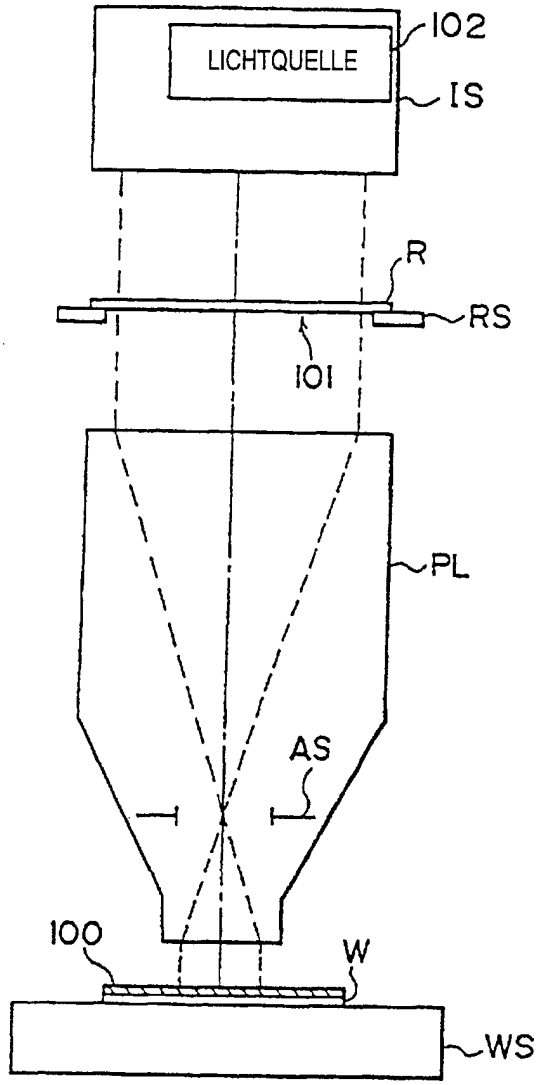


Fig. 3

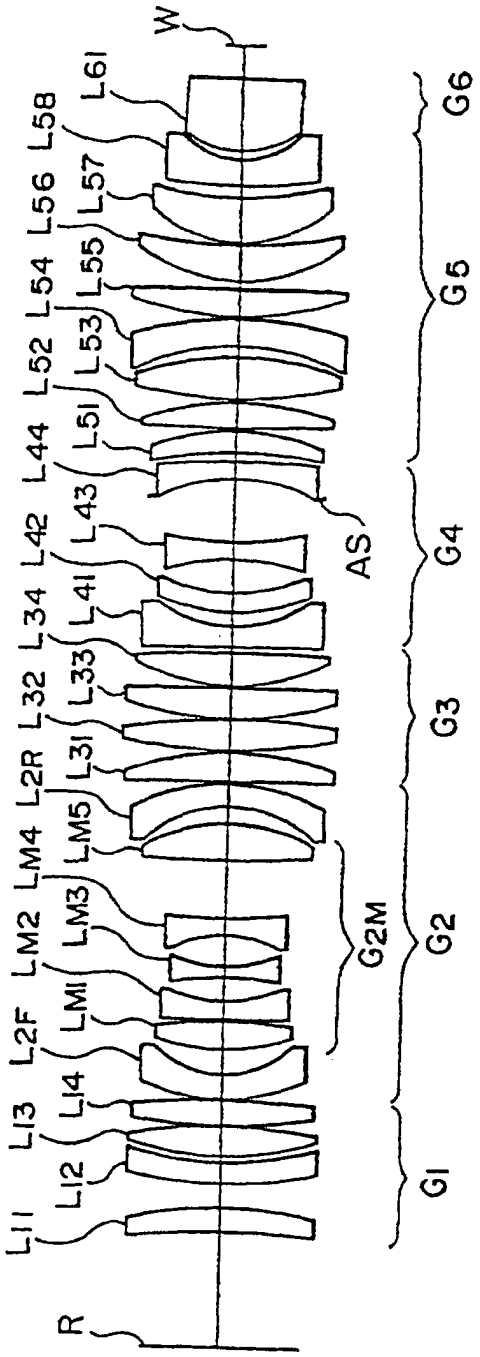

R
L11
L12
L13
L14
L2F
LM1
LM2
LM3
LM4
LM5
L2R
L31
L32
L33
L34
L41
L42
L43
L44
L51
L52
L53
L54
L55
L56
L57
L58
L61
W
AS
G1
G2
G2M
G3
G4
G5
G6

Fig. 4

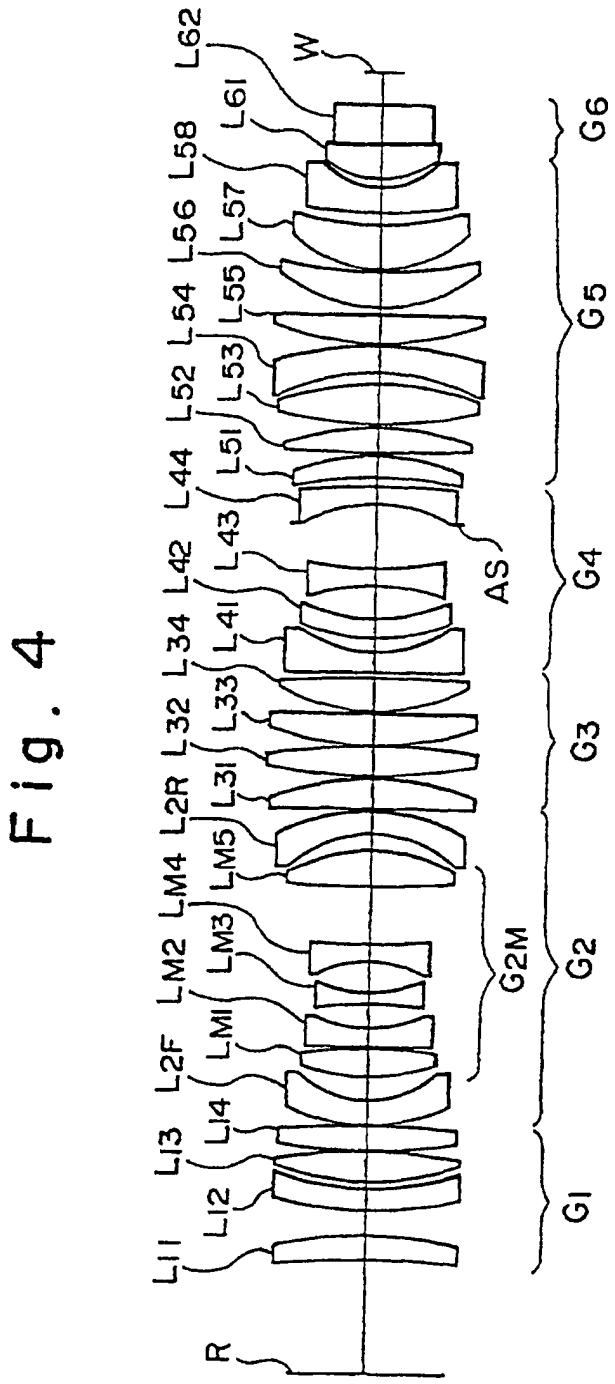

L62
W
L61
L58
L56
L57
L54
L55
L52
L53
L44
L51
L42
L43
L34
L41
L32
L33
L2R
L31
LM4
LM5
LM2
LM3
L2F
LMI
LI3
LI4
LI2
LII
R
AS
G6
G5
G4
G3
G2
G2M
GI

Fig. 5

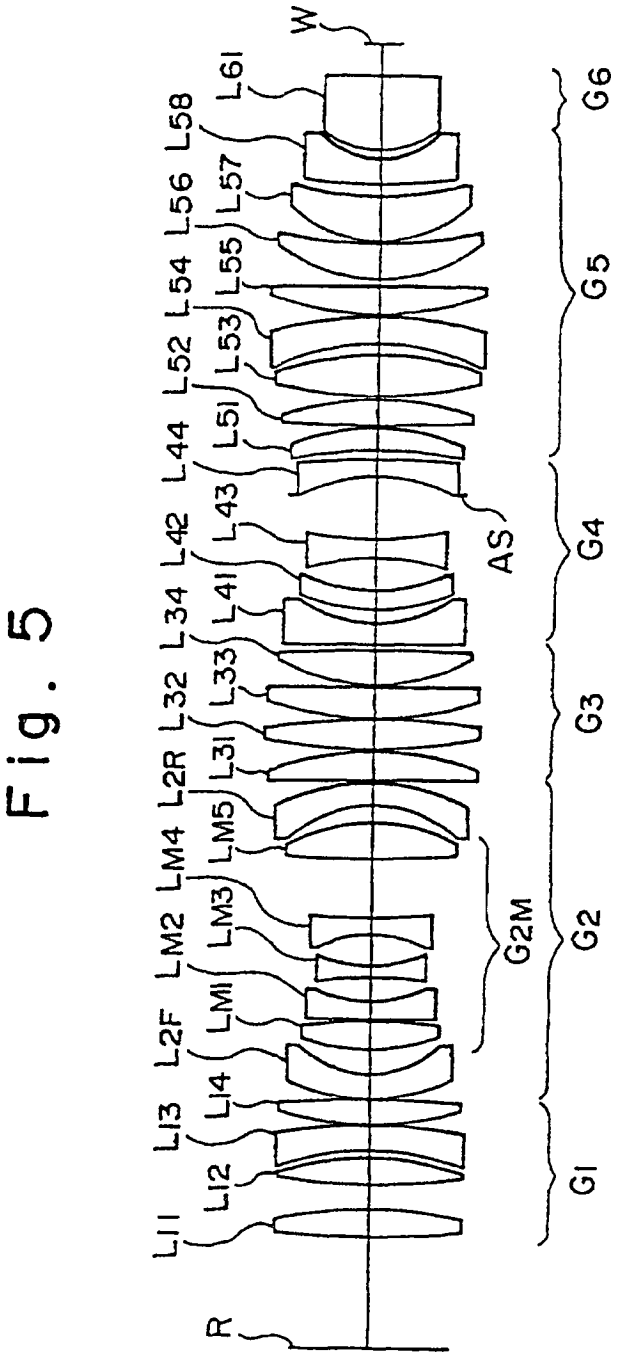

R
L11
L12
L13
L14
L2F
LM1
LM2
LM3
LM4
LM5
L2R
L31
L32
L33
L34
L41
L42
L43
L44
AS
L51
L52
L53
L54
L55
L56
L57
L58
L61
W
G1
G2
G2M
G3
G4
G5
G6

Fig. 6

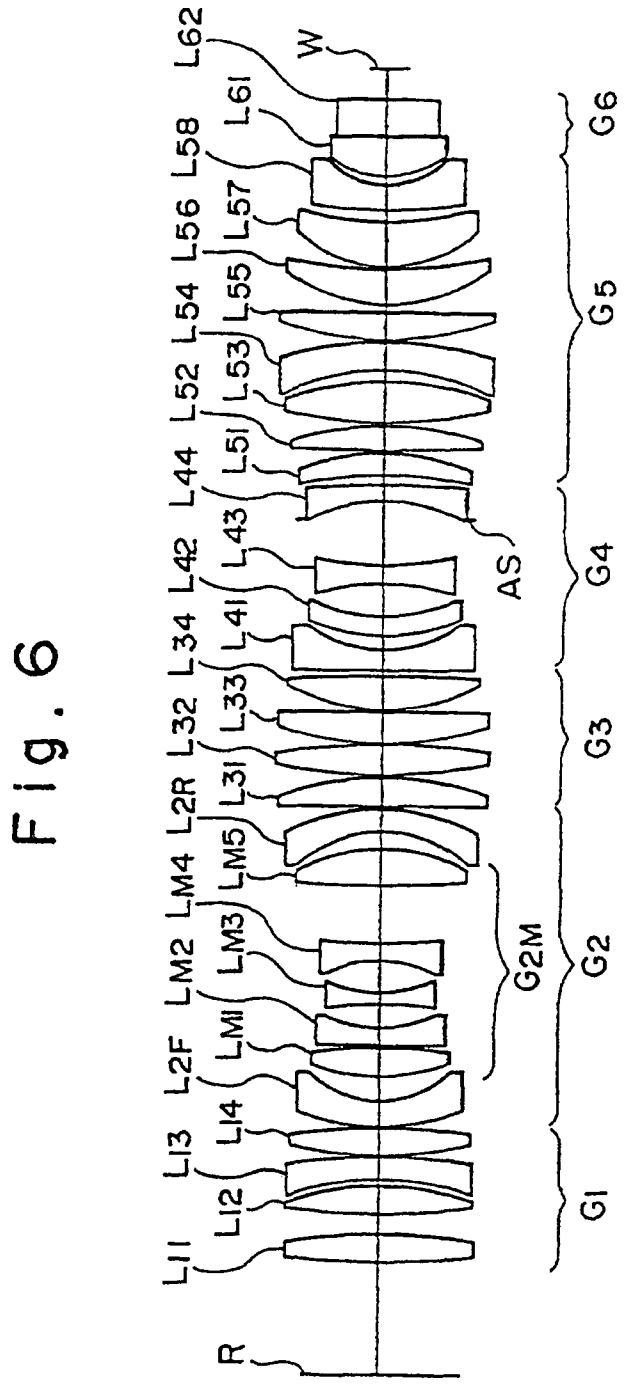

L62
W
L61
L58
L57
L56
L55
L54
L53
L52
L51
L44
L43
L42
L41
L34
L33
L32
L31
L2R
LM5
LM4
LM3
LM2
LMI
L2F
LI4
LI3
LI2
LII
R
AS
G6
G5
G4
G3
G2M
G2
GI

Fig. 7

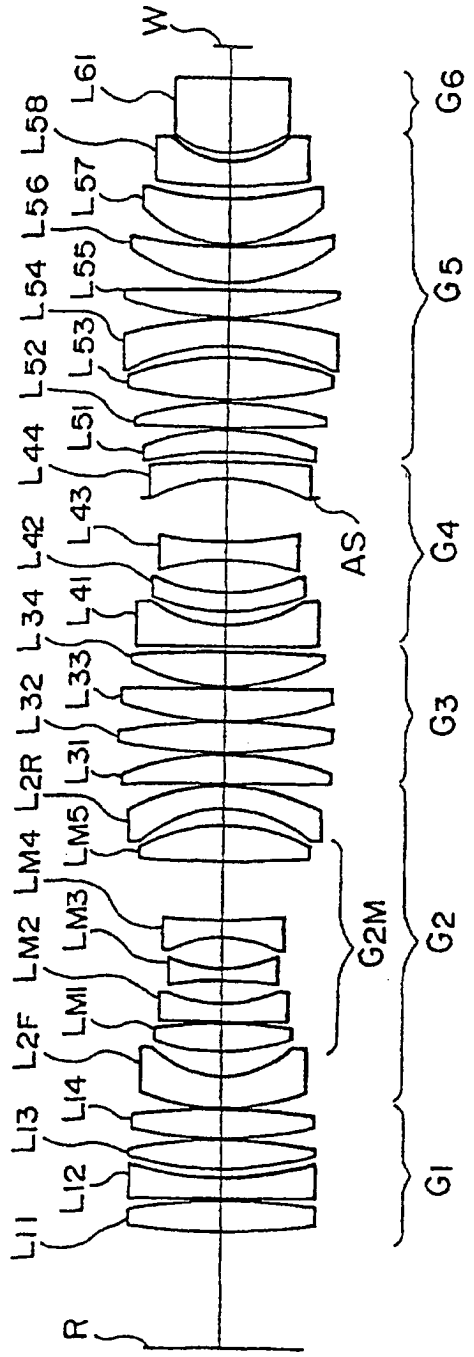

W
L61
L58
L57
L56
L55
L54
L53
L52
L51
L44
L43
L42
L41
L34
L33
L32
L31
L2R
LM5
LM4
LM3
LM2
LM1
L2F
L14
L13
L12
L11
R
AS
G6
G5
G4
G3
G2
G2M
G1

Fig. 8

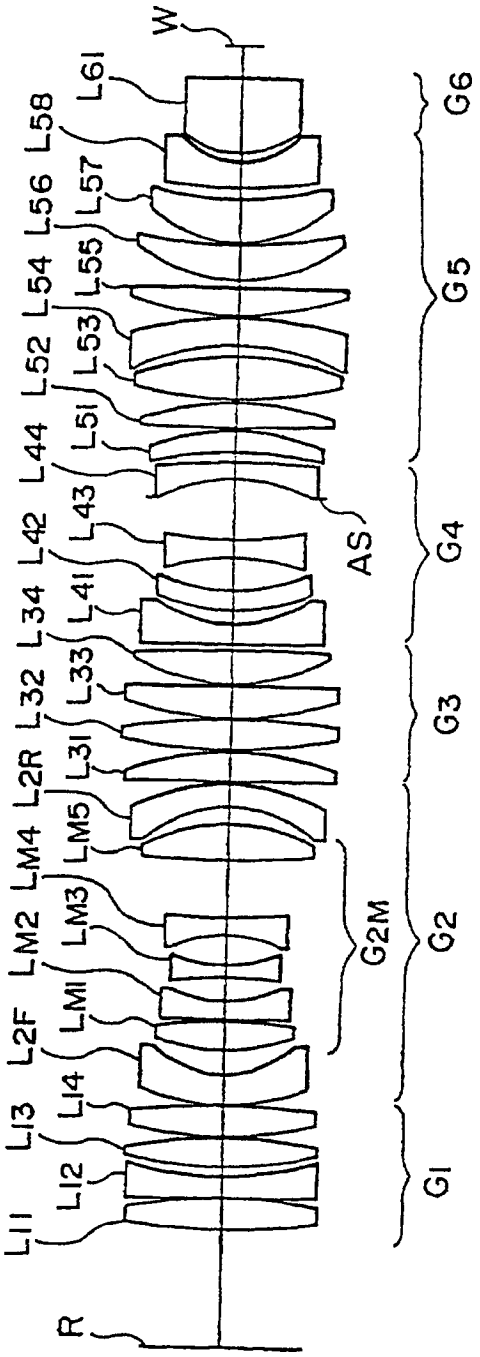

R
L11
L12
L13
L14
L2F
LM1
LM2
LM3
LM4
LM5
L2R
L31
L32
L33
L34
L41
L42
L43
L44
L51
L52
L53
L54
L55
L56
L57
L58
L61
W
AS
G1
G2
G2M
G3
G4
G5
G6

Fig. 9

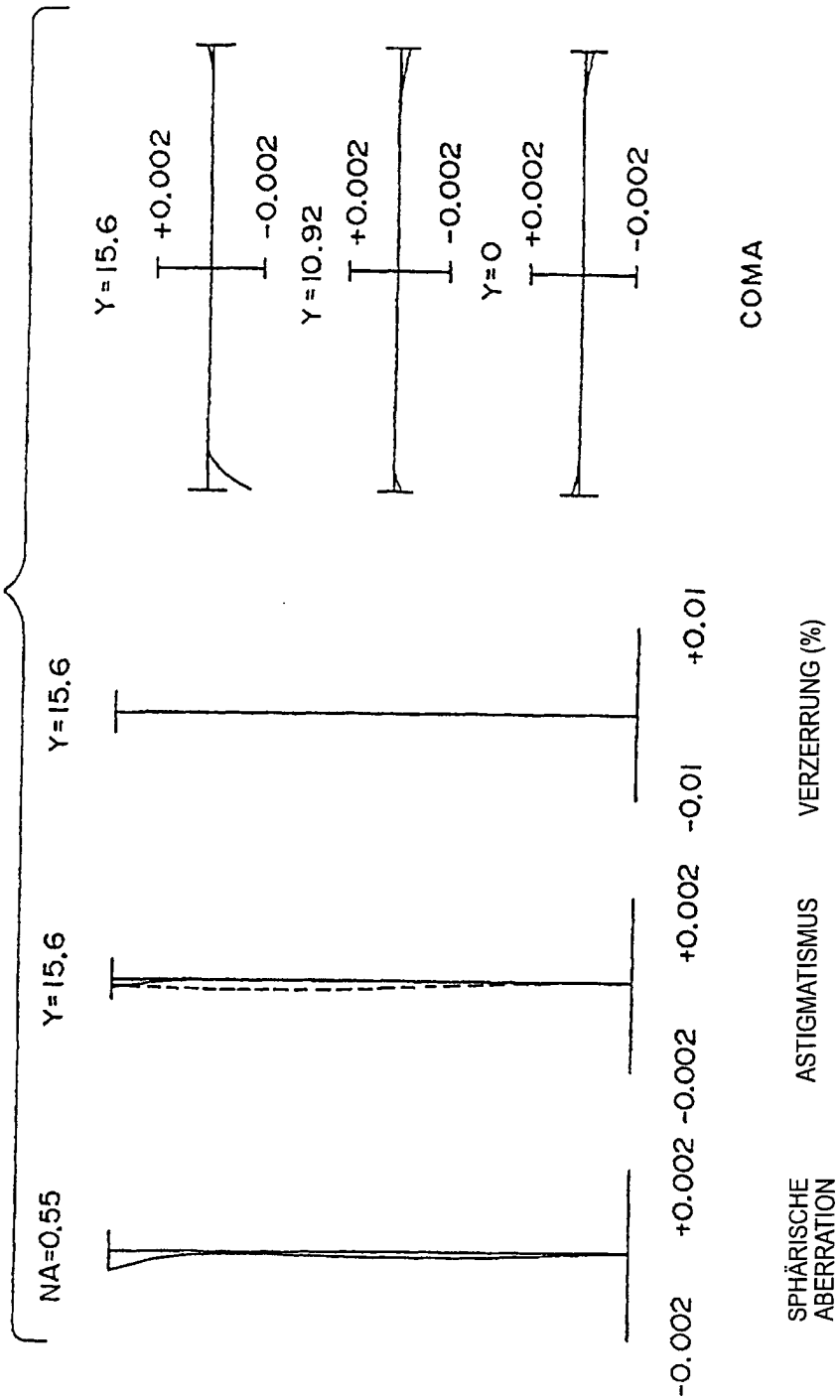

NA=0.55
Y=15.6
Y=15.6
Y=15.6
Y=10.92
Y=0
+0.002
-0.002
+0.002
-0.002
+0.002
-0.002
-0.002
+0.002
-0.002
+0.002
-0.01
+0.01
SPHÄRISCHE ABERRATION
ASTIGMATISMUS
VERZERRUNG (%)
COMA

Fig. 10

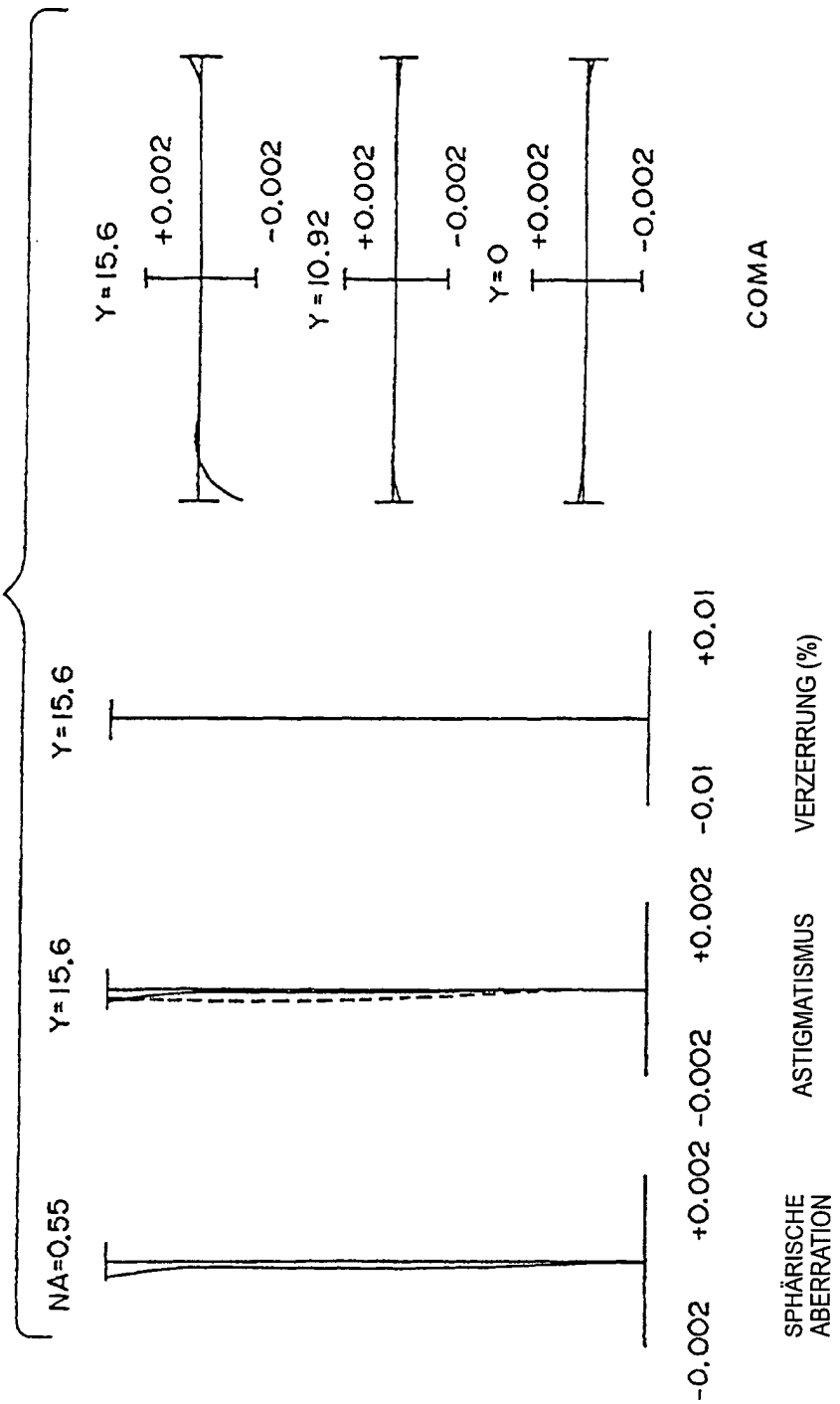

NA=0.55
Y=15.6
Y=15.6
Y=15.6
Y=10.92
Y=0
+0.002
-0.002
+0.002
-0.002
+0.002
-0.002
-0.002
+0.002
-0.002
+0.002
-0.01
+0.01
SPHÄRISCHE ABERRATION
ASTIGMATISMUS
COMA
VERZERRUNG (%)

Fig. 11

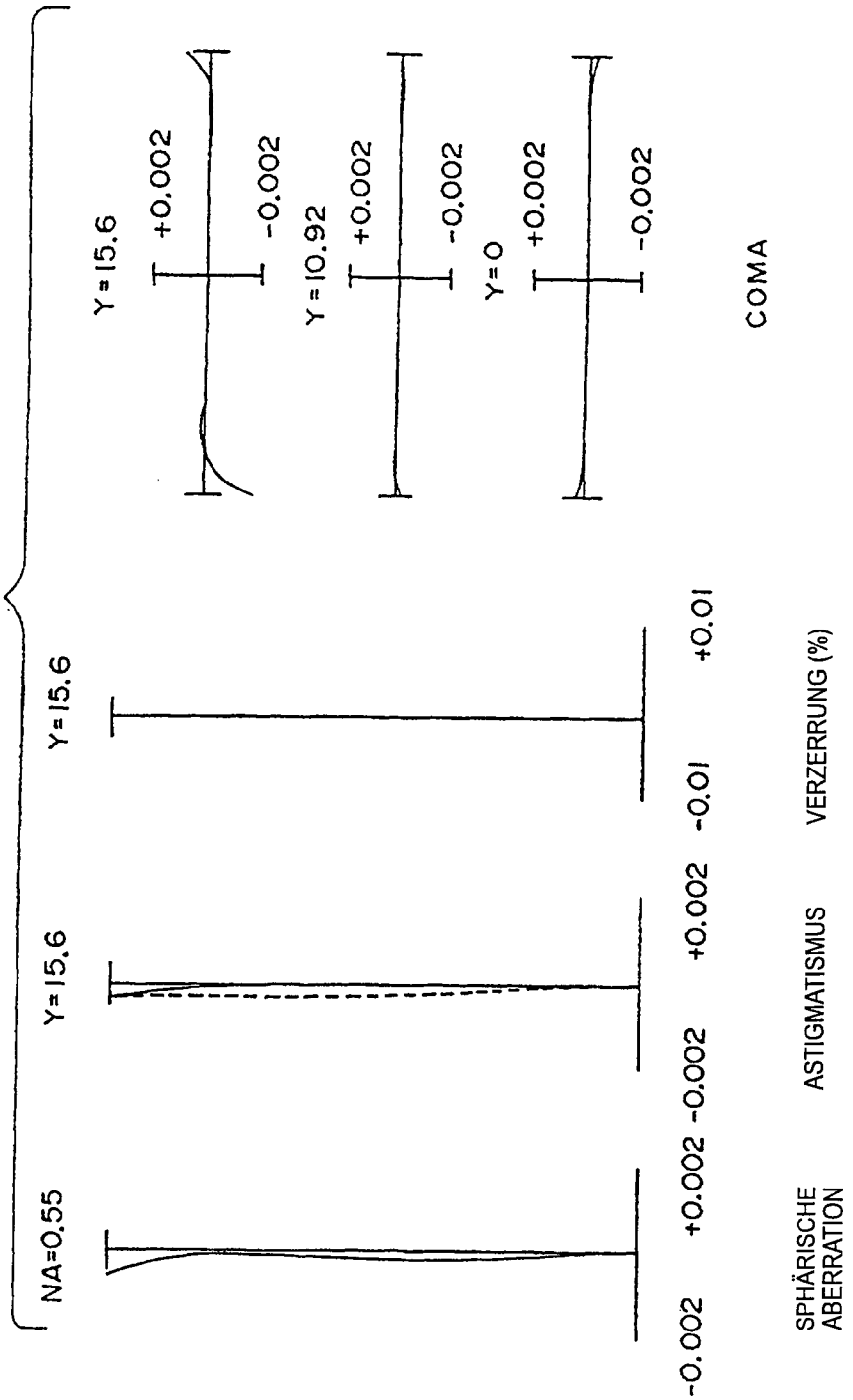

NA=0.55
Y=15.6
Y=15.6
Y=15.6
Y=10.92
Y=0
+0.002
-0.002
+0.002
-0.002
+0.002
-0.002
-0.002
+0.002
-0.002
+0.002
-0.01
+0.01
SPHÄRISCHE ABERRATION
ASTIGMATISMUS
VERZERRUNG (%)
COMA

Fig. 12

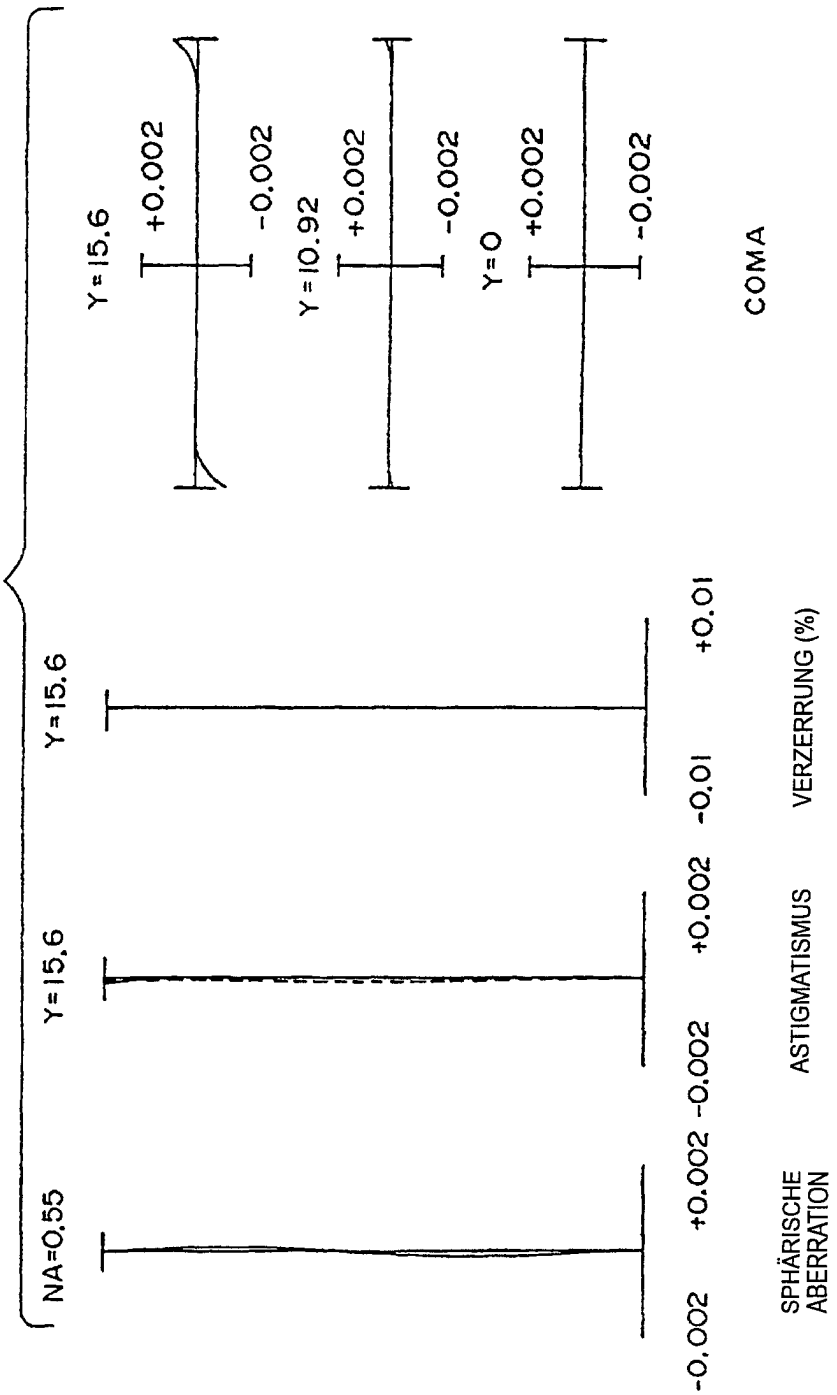

NA=0.55
Y=15.6
Y=15.6
Y=15.6
Y=10.92
Y=0
+0.002
-0.002
+0.002
-0.002
+0.002
-0.002
+0.002
-0.002
-0.002
-0.01
+0.01
-0.002
+0.002
SPHÄRISCHE ABERRATION
ASTIGMATISMUS
VERZERRUNG (%)
COMA

Fig. 13

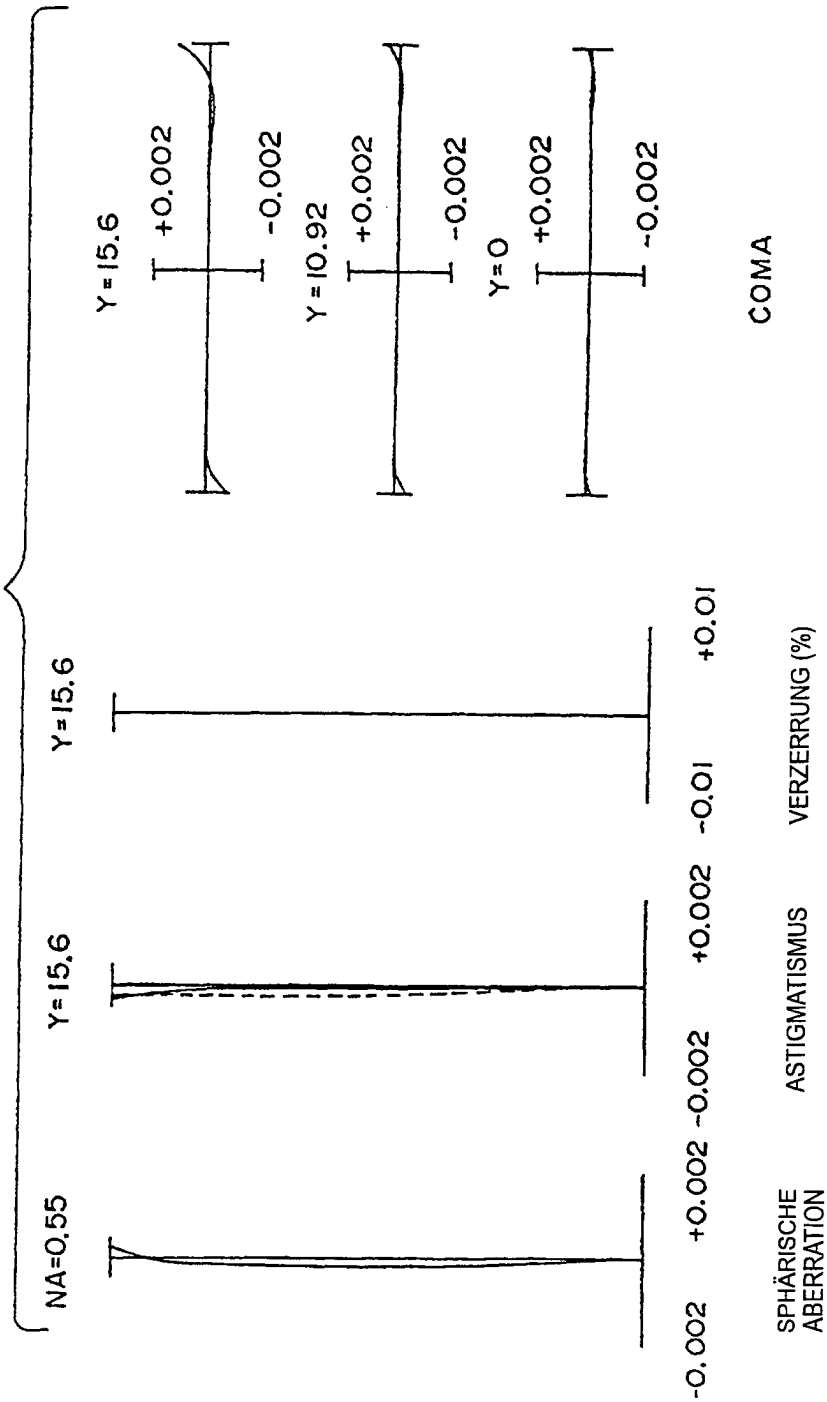
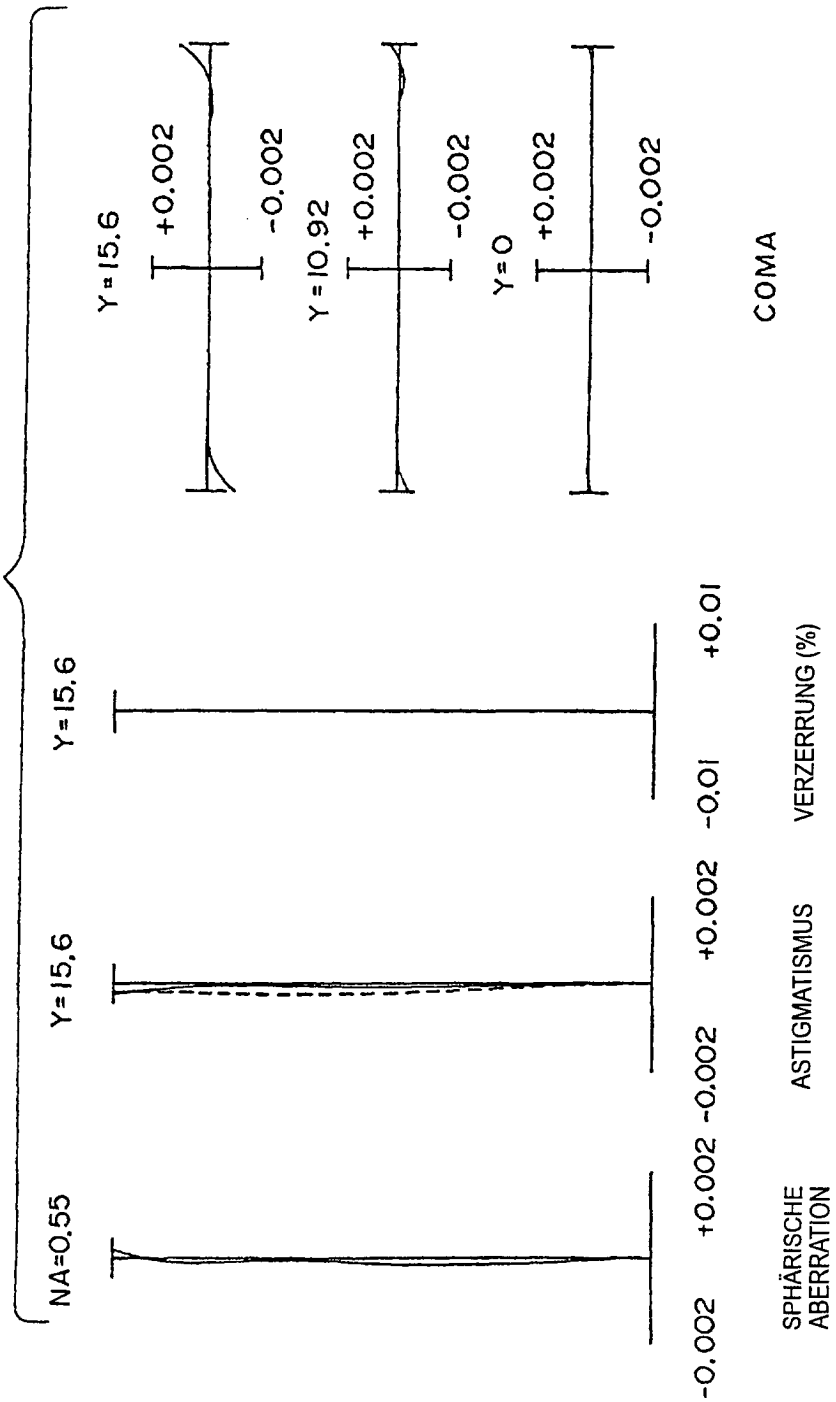

NA=0.55
Y=15.6
Y=15.6
Y=15.6
+0.002
-0.002
Y=10.92
+0.002
-0.002
Y=0
+0.002
-0.002
COMA
-0.002
+0.002
-0.002
+0.002
-0.01
+0.01
SPHÄRISCHE ABERRATION
ASTIGMATISMUS
VERZERRUNG (%)

Fig. 14


NA=0.55
Y=15.6
Y=15.6
Y=15.6
Y=10.92
Y=0
+0.002
-0.002
+0.002
-0.002
+0.002
-0.002
+0.002
-0.002
-0.002
+0.002
-0.002
+0.002
-0.01
+0.01
SPHÄRISCHE ABERRATION
ASTIGMATISMUS
VERZERRUNG (%)
COMA