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

(10) **DE 696 30 548 T2** 2004.09.23

(12) # Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 723 173 B1**
(21) Deutsches Aktenzeichen: **696 30 548.8**
(96) Europäisches Aktenzeichen: **96 100 719.2**
(96) Europäischer Anmeldetag: **18.01.1996**
(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **24.07.1996**
(97) Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA: **05.11.2003**
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **23.09.2004**

(51) Int Cl.[7]: **G02B 13/22**
G03F 7/20, G02B 13/14, G02B 13/24, G02B 13/26, G02B 17/08

(30) Unionspriorität:

583595	**18.01.1995**	**JP**
13677995	**02.06.1995**	**JP**

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

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

(74) Vertreter:
HOFFMANN · EITLE, 81925 München

(72) Erfinder:
Kumazawa, Masato, Kawasaki-shi, Kanagawa-ken, JP

(54) Bezeichnung: **Belichtungsvorrichtung**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

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

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Abtast-Belichtungsvorrichtung zum Durchführen einer Belichtungsoperation während eines Bewegens eines ersten Objekts (z. B. einer Maske oder eines Fadenkreuzes) und eines zweiten Objekts (z. B. eines Substrats).

Zugehöriger Stand der Technik

[0002] In den letzten Jahren sind Flüssigkristallanzeigefelder auf populäre Weise als Anzeigeelemente für Wortprozessoren, Personalcomputer, Fernsehgeräte und ähnliches verwendet worden. Zum Herstellen eines solchen Flüssigkristallanzeigefeldes wird eine transparente Dünnfilmelektrode in eine erwünschte Form auf einem Glassubstrat durch Fotolithografie gemustert.
[0003] Als Vorrichtung zum Durchführen einer Lithografie ist z. B. eine Ausrichteinheit vom Spiegelprojektionstyp bekannt.
[0004] In letzter Zeit sind Flüssigkristallanzeigefelder großen Ausmaßes erfordert worden, und eine Erhöhung bezüglich eines Belichtungsbereichs ist für eine solche Ausrichteinheit erforderlich.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0005] Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Belichtungsvorrichtung zu schaffen, die kompakt ist und eine hohe Leistungsfähigkeit hat und die eine Projektionsbelichtungsoperation mit zufrieden stellender optischer Leistungsfähigkeit durch Verwenden einer Vielzahl von kompakten optischen Projektionssystemen durchführen kann, die jeweils einen ausreichenden Arbeitsabstand sicherstellen können und die eine ausgezeichnete Bildgebungsleistung haben, während eine Erniedrigung bezüglich eines Durchsatzes selbst bei einem großen Belichtungsbereich verhindert wird.
[0006] Die Erfindung ist im Anspruch 1 definiert. Gemäß der vorliegenden Erfindung ist, wie es in **Fig.** 1 gezeigt ist, eine Belichtungsvorrichtung zum Projizieren und Belichten eines Bildes eines ersten Objekts auf ein zweites Objekt während eines Bewegens des ersten Objekts und des zweiten Objekts geschaffen, welche folgendes aufweist: ein erstes und ein zweites beidseitiges telezentrisches optisches Projektionssystem zum Ausbilden eines aufgerichteten Realgrößenbildes des ersten Objekts auf dem zweiten Objekt, wobei jedes des ersten und des zweiten optischen Projektionssystems ein erstes optisches Bildgebungssystem zum Sammeln eines Lichtstrahls vom ersten Objekt zum Ausbilden eines Primärbildes und ein zweites optisches Bildgebungssystem zum Sammeln des Lichtstrahls vom Primärbild zum Ausbilden eines Sekundärbildes hat, wobei das erste optische Bildgebungssystem eine erste positive Linsengruppe mit einem positiven Brechungsindex hat, eine erste negative Linsengruppe mit einem negativen Brechungsindex und einen ersten konkaven Reflexionsspiegel, so dass der Lichtstrahl vom ersten Objekt durch den ersten konkaven Reflexionsspiegel über die erste positive Linsengruppe und die erste negative Linsengruppe reflektiert und wieder durch die erste negative Linsengruppe und die erste positive Linsengruppe durchläuft, um dadurch das Primärbild zu bilden, und wobei das zweite optische Bildgebungssystem eine zweite positive Linsengruppe mit einem positiven Brechungsindex hat, eine zweite negative Linsengruppe mit einem negativen Brechungsindex und einen zweiten konkaven Reflexionsspiegel, so dass der Lichtstrahl vom ersten Objekt durch den zweiten konkaven Reflexionsspiegel über die zweite positive Linsengruppe und die zweite negative Linsengruppe reflektiert wird und wieder durch die zweite negative Linsengruppe und die zweite positive Linsengruppe durchläuft, um dadurch das Sekundärbild zu bilden.
[0007] Wenn die Brennweite der ersten positiven Linsengruppe (und/oder der zweiten positiven Linsengruppe) f_{GP} ist und die Brennweite der ersten negativen Linsengruppe (und/oder der zweiten negativen Linsengruppe) f_{GN} ist, erfüllt das erste und/oder das zweite optische Bildgebungssystem vorzugsweise die folgende Beziehung:

$$3 < |f_{GN}/f_{GP}|$$

[0008] Auf der Basis des obigen Aufbaus enthält die erste negative Linsengruppe vorzugsweise eine negative Meniskuslinse mit einer konvexen Oberfläche, die zur Seite der ersten positiven Linsengruppe schaut, und enthält die zweite negative Linsengruppe vorzugsweise eine negative Meniskuslinse mit einer konvexen Oberfläche, die zur Seite der zweiten positiven Linsengruppe schaut.
[0009] Das erste und/oder das zweite optische Bildgebungssystem, die das optische Projektionssystem bil-

den, enthält vorzugsweise eine negative Meniskuslinse mit einer konvexen Oberfläche, die zu einer Seite der ersten positiven Linsengruppe (und/oder zu einer Seite der zweiten positiven Linsengruppe) schaut. Wenn der Krümmungsradius der Linsenoberfläche der negativen Meniskuslinse auf der Seite der ersten positiven Linsengruppe (und/oder der Seite der zweiten positiven Linsengruppe) r_{1N} ist, ist der Krümmungsradius einer Linsenoberfläche der negativen Meniskuslinse auf der Seite des ersten konkaven Reflexionsspiegels und/oder einer Seite des zweiten konkaven Reflexionsspiegels) r_{2N} und der Abstand auf einer optischen Achse von einer Bildseiten-Hauptstelle zum ersten konkaven Reflexionsspiegel, welche Bildseite der Seite des ersten konkaven Reflexionsspiegels der negativen Meniskuslinse (und/oder der Abstand auf der optischen Achse von einer Bildseiten-Hauptstelle zu dem zweiten konkaven Reflexionsspiegel, welche Bildseite der Seite des ersten konkaven Reflexionsspiegels entspricht) L_{NM} ist, werden vorzugsweise die folgenden Beziehungen erfüllt:

$$-30 < q < -3$$

$$-4 < L_{MN}/TL < 0{,}2$$

wobei ein Formfaktor q als $q = (r_{2N} + r_{1N})/(r_{2N} - r_{1N})$ dargestellt ist.

[0010] Wenn der Abstand von einer Bildseiten-Hauptstelle, welche Bildseite der Seite des ersten konkaven Reflexionsspiegels der ersten positiven Linsengruppe entspricht, zu einer Bildseiten-Hauptstelle, welche Bildseite der Seite des ersten konkaven Reflexionsspiegels der ersten negativen Linsengruppe entspricht (und/oder der Abstand von einer Bildseiten-Hauptstelle, welche Bildseite der Seite des zweiten konkaven Reflexionsspiegels der zweiten positiven Linsengruppe entspricht, zu einer Bildseiten-Hauptstelle, welche Bildseite der Seite des zweiten konkaven Reflexionsspiegels der zweiten negativen Linsengruppe entspricht) $L_{GP\text{-}GN}$ ist und der Abstand (die gesamte Länge) auf der optischen Achse von einer Objektoberfläche O zu dem ersten konkaven Reflexionsspiegel (und/oder dem zweiten konkaven Reflexionsspiegel) TL ist, erfüllt das erste und/oder das zweite optische Bildgebungssystem, das bzw. die das optische Projektionssystem bildet (bilden) vorzugsweise die folgende Beziehung:

$$0{,}35 < L_{GP\text{-}GN}/TL.$$

[0011] Wenn die Brennweite der ersten positiven Linsengruppe (und/oder der zweiten positiven Linsengruppe) f_{GP} ist, der Abstand (die Gesamtlänge) auf der optischen Achse von der Objektoberfläche O zu dem ersten konkaven Reflexionsspiegel (und/oder dem zweiten konkaven Reflexionsspiegel) TL ist und der Krümmungsradius des ersten konkaven Reflexionsspiegels (und/oder des zweiten konkaven Reflexionsspiegels) r_M ist, erfüllt das erste und/oder das zweite optische Bildgebungssystem, das bzw. die das optische Projektionssystem bildet bzw. bilden, vorzugsweise die folgenden Beziehungen:

$$0{,}95 < |r_M/TL| < 1{,}08$$

$$0{,}3 < f_{GP}/TL < 1{,}0.$$

[0012] Die erste negative Linsengruppe kann eine positive Linse und eine negative Meniskuslinse mit einer konkaven Oberfläche, die zur Seit der ersten positiven Linsengruppe schaut, in einer Reihenfolge von der Seite der ersten positiven Linsengruppe aus haben, und die zweite negative Linsengruppe kann eine positive Linse und eine negative Meniskuslinse mit einer konkaven Oberfläche, die zur Seite der zweiten positiven Linsengruppe schaut, in einer Reihenfolge von der Seite der zweiten positiven Linsengruppe aus haben. In diesem Fall ist die negative Meniskuslinse in der ersten negativen Linsengruppe vorzugsweise an dem ersten konkaven Reflexionsspiegel bondiert und ist die negative Meniskuslinse in der zweiten negativen Linsengruppe vorzugsweise am zweiten konkaven Reflexionsspiegel bondiert.

[0013] Bei dem obigen Aufbau kann eine Abtastbelichtung des ersten Objekts (z. B. einer Maske oder eines Fadenkreuzes) und des zweiten Objekts (z. B. eines Substrats) in einem weiten Bereich mit einer zufrieden stellenden optischen Leistungsfähigkeit des optischen Projektionssystems durchgeführt werden, während ein hoher Durchsatz sichergestellt ist. Insbesondere kann bei der vorliegenden Erfindung deshalb, weil die negative Linsengruppe im ersten oder im zweiten optischen Bildgebungssystem im optischen Pfad zwischen der positiven Linsengruppe und dem konkaven Reflexionsspiegel angeordnet ist, ein ausreichender Arbeitsabstand sichergestellt werden.

[0014] Die vorliegende Erfindung wird aus der hierin nachfolgend angegebenen detaillierten Beschreibung und den beigefügten Zeichnungen, die nur anhand einer Illustration angegeben sind, und die somit nicht als die vorliegende Erfindung beschränkend anzusehen sind, vollständiger verstanden werden.

[0015] Ein weiterer Schutzumfang 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 anzeigen, nur anhand einer Illustration angegeben sind, da verschiedene Änderungen und Modifikationen innerhalb des Sinngehalts und Schutzumfangs der Erfindung Fachleuten auf dem Gebiet aus dieser detaillierten Beschreibung offensichtlich werden.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0016] **Fig.** 1 ist eine Ansicht, die die Anordnung eines optischen Projektionssystems gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt.
[0017] **Fig.** 2A, 2B und 2C zeigen die Beziehung zwischen dem Belichtungsbereich und einer Sehfeldblende des optischen Projektionssystems.
[0018] **Fig.** 3 ist eine Ansicht, die schematisch eine Belichtungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt.
[0019] **Fig.** 4 ist eine Ansicht, die die Linsenanordnung eines optischen Projektionssystems gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel zeigt.
[0020] **Fig.** 5A, 5B und 5C sind Ansichten, die verschiedene Aberrationen des in **Fig.** 4 gezeigten optischen Projektionssystems zeigen.
[0021] **Fig.** 6 ist eine Ansicht, die die Linsenanordnung eines optischen Projektionssystems zeigt, das als optisches Dyson-System gebildet ist.
[0022] **Fig.** 7 ist eine Ansicht, die die Linsenanordnung eines optischen Projektionssystems gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel zeigt.
[0023] **Fig.** 8A, 8B und 8C sind Ansichten, die verschiedene Aberrationen des in **Fig.** 7 gezeigten optischen Projektionssystems zeigen.
[0024] **Fig.** 9 ist eine Ansicht, die die Linsenanordnung eines optischen Projektionssystems gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel zeigt.
[0025] **Fig.** 10A, 10B und 10C sind Ansichten, die verschiedene Aberrationen des in **Fig.** 9 gezeigten optischen Projektionssystems zeigen.
[0026] **Fig.** 11 ist eine Ansicht, die die Linsenanordnung eines optischen Projektionssystems gemäß dem vierten Ausführungsbeispiel zeigt.
[0027] **Fig.** 12A, 12B und 12C sind Ansichten, die verschiedene Aberrationen des in **Fig.** 11 gezeigten optischen Projektionssystems zeigen.
[0028] **Fig.** 13 ist eine Ansicht, die die Linsenanordnung eines optischen Projektionssystems gemäß dem fünften Ausführungsbeispiel zeigt.
[0029] **Fig.** 14A, 14B und 14C sind Ansichten, die verschiedene Aberrationen des in **Fig.** 13 gezeigten optischen Projektionssystems zeigen.
[0030] **Fig.** 15 ist eine Ansicht, die die Linsenanordnung eines optischen Projektionssystems gemäß dem sechsten Ausführungsbeispiel zeigt.
[0031] **Fig.** 16A, 16B und 16C sind Ansichten, die verschiedene Aberrationen des in **Fig.** 15 gezeigten optischen Projektionssystems zeigen.
[0032] **Fig.** 17 ist eine Ansicht, die die Linsenanordnung eines optischen Projektionssystems gemäß dem siebten Ausführungsbeispiel zeigt.
[0033] **Fig.** 18A, 18B und 18C sind Ansichten, die verschiedene Aberrationen des in **Fig.** 17 gezeigten optischen Projektionssystems zeigen.
[0034] **Fig.** 19 ist eine Ansicht, die die Linsenanordnung eines optischen Projektionssystems gemäß dem achten Ausführungsbeispiel zeigt.
[0035] **Fig.** 20A, 20B und 20C sind Ansichten, die verschiedene Aberrationen des in **Fig.** 19 gezeigten optischen Projektionssystems zeigen.
[0036] **Fig.** 21 ist eine Ansicht, die die Linsenanordnung eines optischen Projektionssystems gemäß dem neunten Ausführungsbeispiel zeigt.
[0037] **Fig.** 22A, 22B und 22C sind Ansichten, die verschiedene Aberrationen des in **Fig.** 21 gezeigten optischen Projektionssystems zeigen.
[0038] **Fig.** 23 ist eine Ansicht, die eine Anordnung unter Verwendung eines optischen Projektionssystems des zehnten Ausführungsbeispiels zeigt.
[0039] **Fig.** 24 ist eine Ansicht, die die Linsenanordnung eines optischen Projektionssystems gemäß dem zehnten Ausführungsbeispiel zeigt.
[0040] **Fig.** 25A und 25B zeigen eine Modifikation eines Prismenelements beim zehnten Ausführungsbeispiel.
[0041] **Fig.** 26A, 26B und 26C sind Ansichten, die verschiedene Aberrationen des in **Fig.** 24 gezeigten optischen Projektionssystems zeigen.

BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSBEISPIELE

[0042] Bei der oben beschriebenen Projektions-Belichtungsvorrichtung vom Ausrichttyp wird der Belichtungsbereich durch Verbinden kleiner Belichtungsbereiche erhöht. In diesem Fall muss die Belichtungsoperation zum Erhalten eines großen Belichtungsbereichs eine Anzahl von Malen durchgeführt werden, was in einer Erniedrigung bezüglich eines Durchsatzes resultiert (der Anzahl von pro Einheitszeit belichteten Substraten). Da die Verbindungsgenauigkeit zwischen benachbarten Belichtungsbereichen erhöht werden muss, muss der Vergrößerungsfehler oder eine Verzerrung im optischen Projektionssystem nahezu Null sein. Zusätzlich muss die Ausrichtungsgenauigkeit stark erhöht werden, was in einer Erhöhung bezüglich der Kosten der Vorrichtung resultiert.

[0043] Zum Vergrößern des Belichtungsbereichs kann eine Technik verwendet werden, bei welcher ein großes optisches Projektionssystem gebildet wird, um eine Einzelbelichtung eines großen Belichtungsbereichs durchzuführen. In diesem Fall müssen jedoch große optische Elemente, die das optische Projektionssystem bilden, auf genaue Weise hergestellt werden. Dies kann in einer Erhöhung der Herstellungskosten und einer Erhöhung der Größe der Belichtungsvorrichtung resultieren. Wenn das optische Projektionssystem sehr groß wird, können sich optische Aberrationen entsprechend erhöhen.

[0044] Als optisches Projektionssystem einer Belichtungsvorrichtung zum Durchführen einer Abtastbelichtung eines auf einer Maske ausgebildeten Musters durch Fotolithografie auf ein Substrat über das optische Realgrößen-Projektionssystem (mit einer Vergrößerung von 1) ist ein optisches Projektionssystem, das ein optisches Dyson-System verwendet, in z. B. dem offengelegten internationalen Patent Nr. 57-502067 offenbart.

[0045] Bei dem im offengelegten internationalen Patent Nr. 57-502067 offenbarten optischen Dyson-System kann jedoch der Abstand von der Position eines Objekts (oder eines Bildes) zum optischen System, d. h. der so genannte Arbeitsabstand, kaum ausreichend sichergestellt werden. Aus diesem Grund wird ein spitzer Winkel durch die Maske und das Substrat gebildet, so dass die Maske und das Substrat nicht nahezu parallel zueinander eingestellt werden können, was in einer signifikanten Beschränkung bezüglich des Abtastbereichs resultiert. Zusätzlich ist die Anordnung von Stufen zum Halten der Maske und des Substrats stark beschränkt. Weiterhin kann ein Element zum Einstellen der optischen Leistung des optischen Projektionssystems kaum in einem Raum innerhalb des Arbeitsabstands eingefügt werden.

[0046] Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele gemäß der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben werden. **Fig.** 1 ist eine Ansicht, die schematisch das optische Projektionssystem einer Belichtungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt. In **Fig.** 1 ist eine Richtung (Abtastrichtung) zum Weiterleiten bzw. Befördern einer Maske **10** mit einem vorbestimmten Schaltkreismuster, das darauf ausgebildet ist, und einer Platte **30** als Glassubstrat, das mit einer Schutzschicht überzogen ist, entlang der X-Achse eingestellt, ist eine Richtung senkrecht zur X-Achse in der Ebene der Maske **10** entlang der Y-Achse eingestellt und ist die normale Richtung der Maske **10** entlang der Z-Achse eingestellt. **Fig.** 1 zeigt nur ein erstes optisches Projektionssystem **35a**.

[0047] Gemäß **Fig.** 1 hat das erste optische Projektionssystem **35a** ein erstes optisches Bildgebungssystem K_1 zum Ausbilden des Primärbildes des Schaltkreismusters auf der Maske **10** und ein zweites optisches Bildgebungssystem K_2 zum Ausbilden des aufgerichteten Bildes (des Sekundärbildes) des Schaltkreismusters auf der Platte **30** auf der Basis eines Lichtstrahls vom Primärbild. Das erste optische Bildgebungssystem K_1 hat ein rechteckförmiges Prisma Prioritätsräume (ein erstes Reflexionselement) mit reflektierenden Oberflächen P_{1a} und P_{1b}, die um 45° in Bezug auf die Ebene (X-Y-Ebene) der Maske **10** geneigt sind, ein erstes optisches Brechungssystem S_1, das aus einer ersten positiven Linsengruppe G_{1P} und einer ersten negativen Linsengruppe G_{1N} besteht, und einen ersten konkaven Reflexionsspiegel M_1.

[0048] Die erste positive Linsengruppe G_{1P} weist eine positive Meniskuslinse L_{1P1} mit ihrer konvexen Oberfläche zur Seite des ersten konkaven Reflexionsspiegels M_1 schauend auf, eine positive Linse L_{1P2} mit ihrer Oberfläche mit einer größeren Krümmung zur Seite des ersten konkaven Reflexionsspiegels M_1 schauend, eine negative Meniskuslinse L_{1P3} mit ihrer konvexen Oberfläche zur Seite des ersten konkaven Reflexionsspiegels M_1 schauend und eine bikonvexe positive Linse L_{1P4} auf. Die erste negative Linsengruppe G_{1N} weist nur eine negative Meniskuslinse L_{1N1} mit ihrer konvexen Oberfläche zur Seite der ersten positiven Linsengruppe G_{1P} schauend auf.

[0049] Die Anordnung des zweiten optischen Bildgebungssystems K_2 ist dieselbe wie diejenige des ersten optischen Bildgebungssystems K_1. Genauer gesagt hat das zweite optische Bildgebungssystems K_2 ein rechteckförmiges Prisma P_2 (ein zweites Reflexionselement) mit reflektierenden Oberflächen P_{2A} und P_{2B}, die um 45° in Bezug auf die Ebene (X-Y-Ebene) der Platte **30** geneigt sind, ein zweites optisches Brechungssystem S_2, das aus einer zweiten positiven Linsengruppe G_{2P} und einer zweiten negativen Linsengruppe G_{2N} besteht, und einen zweiten konkaven Reflexionsspiegel M_2.

[0050] Wie bei der ersten positiven Linsengruppe G_{1P} weist die zweite positive Linsengruppe G_{2P1} eine positive Meniskuslinse L_{2P} mit ihrer konvexen Oberfläche zur Seite des zweiten konkaven Reflexionsspiegels M_2 schauend, eine positive Linse L_{2P2} mit ihrer Oberfläche mit einer größeren Krümmung zur Seite des zweiten

konkaven Reflexionsspiegels M_2 schauend, eine negative Meniskuslinse L_{2P3} mit ihrer konvexen Oberfläche zur Seite des zweiten konkaven Reflexionsspiegels M_2 schauend und eine bikonvexe positive Linse L_{2P4} auf. Die zweite negative Linsengruppe G_{2N} weist nur eine negative Meniskuslinse L_{2N1} mit ihrer konvexen Oberfläche zur Seite der zweiten positiven Linsengruppe G_{2P} schauend auf.

[0051] Eine Sehfeldblende FS zum Definieren des Projektionsbereichs auf der Platte **30** ist bei der Position vorgesehen, wo das Primärbild des Schaltkreismusters durch das erste optische Bildgebungssystems K_1 ausgebildet ist.

[0052] Das Schaltkreismuster auf der Maske **10** wird mit einem Belichtungs-Lichtstrahl (Beleuchtungs-Lichtstrahl) von einem optischen Belichtungssystem **40** mit einer nahezu einheitlichen Belichtungsstärke belichtet. Der Lichtstrahl, der durch das Schaltkreismuster läuft, breitet sich entlang der -Z-Richtung in **Fig.** 1 aus, wird durch die reflektierende Oberfläche P_{1a} des rechteckförmigen Prismas P_1 um 90° abgelenkt, breitet sich entlang der +X-Richtung in **Fig.** 1 aus fällt auf die erste positive Linsengruppe G_{1P} (L_{1P1} bis L_{1P4}) ein. Der Lichtstrahl, der auf die erste positive Linsengruppe G_{1P} (L_{1P1} bis L_{1P4}) einfällt, erreicht den ersten konkaven Reflexionsspiegel M_1 durch die erste negative Linsengruppe G_{1N} (L_{1N1}). Der erste konkave Reflexionsspiegel M_1 ist nahezu bei der hinteren Brennpunktsposition des ersten optischen Brechungssystems S_1 (G_{1P} und G_{1N}) angeordnet. Das bedeutet, dass der erste konkave Reflexionsspiegel M_1 bei der Pupillenebene des ersten optischen Bildgebungssystems K_1 angeordnet ist. Die hintere Brennpunktsposition des ersten optischen Brechungssystems S_1 wird dann erhalten, wenn die Seite des rechteckförmigen Prismas P_1 als eine Vorderseite definiert ist, und die Seite des ersten konkaven Reflexionsspiegels M_1 als eine Rückseite definiert ist.

[0053] Der Lichtstrahl, der durch den ersten konkaven Reflexionsspiegel M_1 reflektiert wird, breitet sich entlang der –X-Richtung in **Fig.** 1 durch die erste negative Linsengruppe G_{1N} (L_{1N1}) und die erste positive Linsengruppe G_{1P} (L_{1P1} bis L_{1P4}) in Richtung zur reflektierenden Oberfläche P_{1b} des rechteckförmigen Prismas P_1 aus. Die Brechzahl, die durch den Lichtstrahl empfangen wird, der von der Seite der positiven Meniskuslinse L_{1P1} in Richtung zum ersten konkaven Reflexionsspiegel M_1 einfällt, ist nahezu gleich derjenigen, die durch den Lichtstrahl empfangen wird, der von der Seite des ersten konkaven Reflexionsspiegels M_1 einfällt und von der positiven Meniskuslinse L_{1P1} austritt.

[0054] Der Lichtstrahl, der die reflektierende Oberfläche P_{1b} des rechteckförmigen Prismas P_1 erreicht, wird durch die reflektierende Oberfläche P_{1b} um etwa 90° gebeugt, breitet sich entlang der -Z-Richtung in **Fig.** 1 aus und bildet das Primärbild des Schaltkreismusters bei der Position der Sehfeldblende FS. Bei diesem Primärbild ist die transversale Vergrößerung in der X-Richtung nahezu +1 mal und ist die transversale Vergrößerung in der Y-Richtung nahezu –1 mal.

[0055] Der Lichtstrahl vom Primärbild bildet das Sekundärbild des Schaltkreismusters auf der Platte **30** durch das zweite optische Bildgebungssystems K_2. Die transversalen Vergrößerungen in den X- und Y-Richtungen dieses Sekundärbildes sind nahezu +1 mal. Das bedeutet, dass das auf der Platte **30** gebildete Sekundärbild ein aufrechtstehendes Bild ist. Die Funktion des zweiten optischen Bildgebungssystems K_2 ist dieselbe wie diejenige des ersten optischen Bildgebungssystems K_1, und eine detaillierte Beschreibung davon wird weggelassen werden.

[0056] Da das Bild des Schaltkreismusters, welches auf der Platte **30** ausgebildet wird, ein aufrechtstehendes Bild ist, kann eine Abtastbelichtung durch integrales Bewegen der Maske **10**, die durch eine Maskenstufe MS gehalten wird, und der Platte **30**, die durch eine Plattenstufe PS gehalten wird, in derselben Richtung durchgeführt werden.

[0057] Das erste optische Bildgebungssystem K_1 ist telezentrisch auf der Seite der Maske **10** und auf der Seite der Sehfeldblende FS, weil der erste konkave Reflexionsspiegel M_1 bei der hinteren Brennpunktsposition des ersten optischen Brechungssystems S_1 angeordnet ist. Gleichermaßen ist das zweite optische Bildgebungssystem K_2 auf der Seite der Sehfeldblende FS und auf der Seite der Platte **30** telezentrisch, weil der zweite konkave Reflexionsspiegel M_2 bei der hinteren Brennpunktsposition des ersten optischen Brechungssystems S_2 angeordnet ist. Daher ist das erste optische Projektionssystem **35a** ein beidseitiges telezentrisches optisches System (auf der Seite der Maske **10** und auf der Seite der Platte **30**).

[0058] Der Belichtungsbereich des ersten optischen Projektionssystems **35a**, das in **Fig.** 1 gezeigt ist, wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die **Fig.** 2A, 2B und 2C beschrieben werden. **Fig.** 2A ist eine Draufsicht, die die Beziehung zwischen dem effektiven Feldbereich und dem Feld in der X-Y-Ebene auf der Maske **10** bei dem ersten optischen Projektionssystem **35a** zeigt. **Fig.** 2B ist eine Draufsicht der Sehfeldblende FS. **Fig.** 2C ist eine Draufsicht, die die Beziehung zwischen dem effektiven Belichtungsbereich und dem Belichtungsbereich bei dem ersten optischen Projektionssystem **35a** zeigt.

[0059] Nimmt man Bezug auf die **Fig.** 2A, ist der effektive Feldbereich, der als der maximale Feldbereich bei dem ersten optischen Projektionssystem **35a** erlangbar ist, ein halbkreisförmiger Bereich, der durch eine gestrichelte Linie auf der Maske **10** umgeben ist. Wenn ein Öffnungsteil FSa der Sehfeldblende FS eine trapezförmige Form hat, wie es in **Fig.** 2B gezeigt ist, hat ein Feldbereich **10a** auf der Maske **10** bei dem ersten optischen Projektionssystem **35a** eine trapezförmige Form gleich derjenigen des Öffnungsteils FSa. Der Feldbereich **10a** ist natürlich im effektiven Feldbereich enthalten.

[0060] Wie es in **Fig.** 2C gezeigt ist, ist der effektive Belichtungsbereich, der als der maximale Belichtungsbereich bei dem ersten optischen Projektionssystem **35a** erlangbar ist, ein halbkreisförmiger Bereich, der durch eine gestrichelte Linie umgeben ist. Ein Belichtungsbereich **30a** auf der Platte **30** ist als eine trapezförmige Form gleich dem Öffnungsteil FSa durch den Öffnungsteil FSa der Sehfeldblende FS definiert. Der Belichtungsbereich **30a** ist im effektiven Belichtungsbereich enthalten. Im trapezförmigen Belichtungsbereich **30a** entspricht die Höhe des Trapezes in der X-Richtung der Schlitzbreite, und ein schräger Seitenteil am Endteil in der Y-Richtung (ein Teil, wo sich die Höhe entlang der X-Richtung ändert) entspricht einem Überlagerungsbereich (einem Bereich, der einen benachbarten Belichtungsbereich in der Y-Richtung überlagert).

[0061] Der Gesamtaufbau der Belichtungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf **Fig.** 3 beschrieben. **Fig.** 3 ist eine Ansicht, die schematisch ein Beispiel der Belichtungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt. In **Fig.** 3 sind das in **Fig.** 1 gezeigte optische Belichtungssystem **40**, die Maskenstufe zum Stützen der Maske **10** und die Plattenstufe zum Stützen der Platte **30** nicht dargestellt.

[0062] Gemäß **Fig.** 3 sind vier optische Projektionssysteme **35a** bis **35d** und drei optische Projektionssysteme **35e** bis **35g** bei unterschiedlichen Positionen in der Y-Richtung zwischen der Maske **10** und der Platte **30** angeordnet. Die optischen Projektionssysteme **35a** bis **35d** und die optischen Projektionssysteme **35e** bis **35g** sind bei unterschiedlichen Positionen in der X-Richtung angeordnet. Jedes der optischen Projektionssysteme **35a** bis **35g** hat denselben Aufbau wie denjenigen des in **Fig.** 1 beschriebenen ersten optischen Projektionssystems **35a**, und eine detaillierte Beschreibung davon wird weggelassen werden.

[0063] Feldbereiche **10a** bis **10g**, die durch die optischen Projektionssysteme **35a** bis **35g** ausgebildet sind, sind trapezförmig. Die kurzen Seiten der Feldbereiche **10a** bis **10d**, die durch die optischen Projektionssysteme **35a** bis **35d** gebildet sind, liegen denjenigen der Feldbereiche **10e** bis **10g**, die durch die optischen Projektionssysteme **35e** bis **35g** gebildet sind, gegenüber. Daher sind Belichtungsbereiche **30a** bis **30g**, die auf der Platte **30** durch die optischen Projektionssysteme **35a** bis **35g** gebildet sind, trapezförmig. Die Summe der Längen der Abtastrichtung (X-Richtung) der Belichtungsbereiche **30a** bis **30g** ist bei jeder Position in der Richtung (Y-Richtung) senkrecht zur Abtastrichtung konstant. Genauer gesagt sind die optischen Projektionssysteme so angeordnet, dass die Bereiche der Belichtungsbereiche **30a** bis **30g** einander in der Y-Richtung überlagern.

[0064] Da die aufrechtstehenden Bilder der Feldbereiche **10a** bis **10g** in den jeweiligen Belichtungsbereichen **30a** bis **30g** ausgebildet werden, wird das Bild der Maske **10** im Wesentlichen auf der Platte **30** durch Abtasten der Maske **10** und der Platte **30** entlang der Abtastrichtung ausgebildet.

[0065] In **Fig.** 3 sind sieben optische Projektionssysteme **35a** bis **35g** verwendet. Jedoch ist bei der Belichtungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung die Anzahl von optischen Projektionssystemen nicht auf sieben beschränkt, und zwei (das erste optische Projektionssystem und das zweite optische Projektionssystem) oder mehrere optische Projektionssysteme können angeordnet werden.

[0066] Zum Reduzieren einer Beugung der Maske **10** und der Platte **30** aufgrund der Schwerkraft wird die Richtung (Y-Richtung) senkrecht zur Abtastrichtung vorzugsweise entlang der vertikalen Richtung eingestellt. Alternativ kann die Abtastrichtung (X-Richtung) entlang der vertikalen Richtung eingestellt werden. In diesem Fall wird jedoch ein Abtasten gegen die Schwerkraft durchgeführt, so dass die Belastung auf die Maskenstufe und die Plattenstufe unerwünscht größer wird.

[0067] Der Gesamtaufbau dieses Ausführungsbeispiels ist oben beschrieben worden. Nachfolgend wird ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel des optischen Projektionssystem dieses Beispiels, das in **Fig.** 1 gezeigt ist, beschrieben werden.

[0068] **Fig.** 4 ist eine Ansicht, die die Linsenanordnung des ersten optischen Bildgebungssystems K_1 (oder des zweiten optischen Bildgebungssystems K_2, das in **Fig.** 1 gezeigt ist, zeigt. Der angenehmen Beschreibung halber wird die in **Fig.** 4 gezeigte Linsenanordnung als diejenige des ersten optischen Bildgebungssystems K_1 beschrieben werden.

[0069] Bei dem in **Fig.** 4 gezeigten Ausführungsbeispiel werden dann, wenn der Arbeitsabstand des ersten optischen Bildgebungssystems K_1 WD ist, der Abstand von der Objektoberfläche O zum Scheitelpunkt des rechteckförmigen Prismas P_1 (einer Stelle auf der Kammlinie, die durch die zweite reflektierenden Oberflächen ausgebildet wird, die senkrecht zueinander sind) bei dem ersten optischen Bildgebungssystem K_1 (der Abstand von der Objektoberfläche O zu einer optischen Achse AX des ersten optischen Bildgebungssystems K_1) D_1 ist, der Abstand vom Scheitelpunkt des rechteckförmigen Prismas P_1 zum Scheitelpunkt der positiven Meniskuslinse L_{1P1} auf der Seite des Prismas P_1 D_2 ist und der Abstand von der Objektoberfläche O (Maske) zu einer Bildoberfläche I (Primärbildoberfläche) D_{0I} ist, die folgenden Beziehungen gebildet:

(I) $WD = D_1 + D_2$

(II) $D_{01} = 2D_1$

[0070] Aus diesem Grund wird zum Sicherstellen eines ausreichenden Arbeitsabstands bei dem ersten oder

dem zweiten optischen Bildgebungssystem (K_1 oder K_2), das das optische Projektionssystem bildet, vorzugsweise die folgende Beziehung (1) erfüllt, wenn der maximale Außendurchmesser des ersten oder des zweiten optischen Bildgebungssystems K_1 oder K_2 Φmax ist.

(1) $2 (WD - D_2)/\Phi max > 1$

[0071] Wenn die Beziehung (1) erfüllt ist, kann ein ausreichender Raum in der Z-Richtung der Maske **10**, der Platte **30** und des ersten und des zweiten optischen Bildgebungssystems (K_1 und K_2) erhalten werden. Daher kann ein optisches Korrekturelement zum Einstellen der optischen Leistungsfähigkeit einschließlich der Vergrößerung des gesamten optischen Projektionssystems zwischen der Maske **10** und dem ersten rechteckförmigen Prisma P_1, zwischen dem ersten rechteckförmigen Prisma P_1 und dem zweiten rechteckförmigen Prisma P_2 oder zwischen dem zweiten rechteckförmigen Prisma P_2 und der Platte **30** angeordnet werden. Zusätzlich kann die räumliche Beschränkung bei einer Anordnung der Stufen zum Halten der Maske **10** und der Platte **30** stark verringert werden.

[0072] Wenn die Brennweite der ersten positiven Linsengruppe G_{1P} (oder der zweiten positiven Linsengruppe G_{2P}) f_{GP} ist und die Brennweite der ersten negativen Linsengruppe G_{1N} (oder der zweiten negativen Linsengruppe G_{2N}) f_{GN} ist, erfüllt das erste oder das zweite optische Bildgebungssystem K_1 oder K_2), das das optische Projektionssystem bildet, vorzugsweise die folgende Beziehung:

(2) $3 < |f_{GN}/f_{GP}|$

[0073] Die Beziehung (2) ist eine Bedingung zum zufrieden stellenden Korrigieren einer sphärischen Abberation, wenn ein ausreichender Arbeitsabstand sichergestellt ist. Wenn $|f_{GN}/f_{GP}|$ unter der unteren Grenze der Beziehung (2) ist, wird die Brechzahl der ersten negativen Linsengruppe G_{1N} (oder der zweiten negativen Linsengruppe G_{2N}) zu stark, und wird die sphärische Abberation unerwünscht exzessiv korrigiert. Wie für die Abberation bei diesem Ausführungsbeispiel ist die Ausbreitungsrichtung des Lichtstrahls als die positive Richtung definiert.

[0074] Die erste oder die zweite negative Linsengruppe im ersten oder im zweiten optischen Bildgebungssystem (K_1 oder K_2), das das optische Projektionssystem bildet, ist vorzugsweise durch eine negative Meniskuslinse gebildet. Wenn der Krümmungsradius der Linsenoberfläche der negativen Meniskuslinse auf der Seite der ersten positiven Linsengruppe (oder auf der Seite der zweiten positiven Linsengruppe) r_{1N} ist, der Krümmungsradius der Linsenoberfläche der negativen Meniskuslinse auf der Seite des ersten konkaven Reflexionsspiegels (oder auf der Seite des zweiten konkaven Reflexionsspiegels) r_{2N} ist und der Abstand auf der optischen Achse von der Bildseiten-Hauptstelle zu dem ersten konkaven Reflexionsspiegel, welche Bildseite der Seite des ersten konkaven Reflexionsspiegels der negativen Meniskuslinse (oder der Abstand auf der optischen Achse von der Bildseiten-Hauptstelle zu dem zweiten konkaven Reflexionsspiegel, welche Bildseite der Seite des zweiten konkaven Reflexionsspiegels entspricht) L_{NM} ist, werden vorzugsweise die folgenden Beziehungen erfüllt:

(3) $-30 < q < -3$

(4) $-4 < L_{MN}/TL < 0{,}2$

[0075] Ein Formfaktor q wird dargestellt als $q = (r_{2N} + r_{1N})/(r_{2N} - r_{1N})$

[0076] Die Beziehungen (3) und (4) sind Bedingungen zum zufrieden stellenden Korrigieren der sphärischen Abberation, wenn ein ausreichender Arbeitsabstand sichergestellt ist. Wenn q unter der unteren Grenze der Beziehung (3) ist, wird die sphärische Abberation unerwünscht exzessiv korrigiert. Wenn q die obere Grenze der Beziehung (3) übersteigt, wird die sphärische Abberation unerwünscht unzureichend korrigiert.

[0077] Andererseits ist dann, wenn L_{NM}/TL unter der unteren Grenze der Beziehung (4) ist, die Bildoberfläche in der positiven Richtung gekrümmt und wird die sphärische Abberation unerwünscht exzessiv korrigiert. Wenn L_{NM}/TL die obere Grenze der Beziehung (4) übersteigt, wird die Bildoberfläche in der negativen Richtung gekrümmt und wird die sphärische Abberation unerwünscht unzureichend korrigiert.

[0078] Zum Flachhalten der Bildoberfläche während eines Unterdrückens der sphärischen Abberation, wenn ein ausreichender Arbeitsabstand sichergestellt ist, wenn der Abstand von der Bildseiten-Hauptstelle, welche Bildseite der Seite des ersten konkaven Reflexionsspiegels M_1 der ersten positiven Linsengruppe G_{1P} entspricht, zu der Bildseiten-Hauptstelle, welche Bildseite der Seite des ersten konkaven Reflexionsspiegels M_1 der ersten negativen Linsengruppe G_{1N} entspricht (oder der Abstand von der Bildseiten-Hauptstelle, welche Bildseite der Seite des zweiten konkaven Reflexionsspiegels M_2 der zweiten positiven Linsengruppe G_{2P} entspricht, zu der Bildseiten-Hauptstelle, welche Bildseite der Seite des zweiten konkaven Reflexionsspiegels M_2 der zweiten negativen Linsengruppe G_{2N} entspricht) $L_{GP\text{-}GN}$ ist und der Abstand (die Gesamtlänge) auf der op-

tischen Achse AX von der Objektoberfläche O zu dem ersten konkaven Reflexionsspiegel M_1 (oder dem zweiten konkaven Reflexionsspiegel M_2) TL ist, erfüllt das erste oder das zweite optische Bildgebungssystem (K_1 oder K_2), das das optische Projektionssystem bildet, vorzugsweise die folgende Beziehung:

(5) $0{,}35 < L_{GP\text{-}GN}/TL$

wenn $L_{GP\text{-}GN}/TL$ unter der unteren Grenze der Beziehung (5) ist, wird die sphärische Abberation unzureichend korrigiert und ist die Bildoberfläche unerwünscht in der negativen Richtung gekrümmt.

[0079] Wenn die Brennweite der ersten positiven Linsengruppe G_{1P} (oder der zweiten positiven Linsengruppe G_{2P}) f_{GP} ist, der Abstand (die Gesamtlänge) auf der optischen Achse AX von der Objektoberfläche O zum ersten konkaven Reflexionsspiegel M_1 (oder zum zweiten konkaven Reflexionsspiegel M_2) TL ist und der Krümmungsradius des ersten konkaven Reflexionsspiegels M_1 (oder des zweiten konkaven Reflexionsspiegels M_2) r_M ist, erfüllt das erste oder das zweite optische Bildgebungssystem K_1 oder K_2, das das optische Projektionssystem bildet, vorzugsweise die folgenden Beziehungen:

(6) $0{,}95 < |r_M/TL| < 1{,}08$

(7) $0{,}3 < f_{GP}/TL < 1{,}0$

[0080] Die Beziehung (6) und (7) sind Bedingungen zum Unterdrücken des Astigmatismus und der Krümmung eines Feldes, wenn ein ausreichender Arbeitsabstand sichergestellt ist. Wenn $|r_M/TL|$ unter der unteren Grenze der Beziehung (6) ist, wird der Astigmatismus erzeugt und ist die Bildoberfläche in der negativen Richtung unerwünscht gekrümmt. Wenn $|r_M/TL|$ die obere Grenze der Beziehung (6) übersteigt, wird der Astigmatismus erzeugt und ist die Bildoberfläche in der positiven Richtung unerwünscht gekrümmt. Zum Unterdrücken einer unzureichend korrigierten sphärischen Abberation wird zusätzlich zu dem Astigmatismus und der Krümmung eines Feldes die obere Grenze der Beziehung (6) vorzugsweise auf 1,05 eingestellt, d. h. $|r_M/TL| < 1{,}05$.

[0081] Wenn f_{GP}/TL unter der unteren Grenze der Beziehung (7) ist, wird der Astigmatismus selbst dann erzeugt, wenn die Beziehung (6) erfüllt ist, und ist die Bildoberfläche in der negativen Richtung unerwünscht gekrümmt. Zum Unterdrücken des Astigmatismus, der Krümmung eines Feldes und der unzureichend korrigierten sphärischen Abberation zum Erhalten einer zufrieden stellenden Bildgebungsleistung wird die untere Grenze der Beziehung (7) vorzugsweise auf 0,5 eingestellt, d. h. $0{,}5 < f_{GP}/TL$. Wenn f_{GP}/TL die obere Grenze der Beziehung (7) übersteigt, wird der Astigmatismus erzeugt, und wird die Bildoberfläche in der positiven Richtung unerwünscht gekrümmt. Zum Unterdrücken der exzessiv korrigierten sphärischen Abberation zusätzlich zum Astigmatismus und der Krümmung eines Feldes wird zum Erhalten einer zufrieden stellenden Bildgebungsleistung die obere Grenze der Beziehung (7) vorzugsweise auf 0,8 eingestellt, d. h. $f_{GP}/TL = 0{,}8$.

[0082] Eine Tabelle 1 zeigt die numerischen Daten und Bedingungskorrespondenzwerte des in **Fig.** 4 gezeigten optischen Systems. Die Zahlen ganz links stellen die Reihenfolge von der Seite des Objekts O (oder der Seite des Primärbildes) zum ersten konkaven Reflexionsspiegel M_1 (zum zweiten konkaven Reflexionsspiegel M_2) dar; r den Krümmungsradius einer Linsenoberfläche oder einer reflektierenden Oberfläche; d den Abstand zwischen Linsenoberflächen; n den Brechungsindex eines Mediums (eines optischen Materials) in Bezug auf einen Lichtstrahl mit einer Belichtungswellenlänge (g-Linie: 436 nm); und Φ den Außendurchmesser eines Mediums (eines optischen Materials). In der Tabelle 1 stellt WD den Arbeitsabstand des ersten optischen Bildgebungssystems K_1 dar; D_1 den Abstand von der Objektoberfläche O zum Scheitelpunkt des rechteckförmigen Prismas P_1 (einer Stelle auf der Kammlinie, die durch die zwei reflektierenden Oberflächen gebildet wird, die senkrecht zueinander sind) beim ersten optischen Bildgebungssystem K_1 (den Abstand von der Objektoberfläche O zur optischen Achse AX des ersten optischen Bildgebungssystems K_1); D_2 den Abstand vom Scheitelpunkt des rechteckförmigen Prismas P_1 zum Scheitelpunkt der positiven Meniskuslinse L_{1P1} auf der Seite des rechteckförmigen Prismas P_1; D_{01} den Abstand von der Objektoberfläche O (Maske) zur Bildoberfläche I (zur Primärbildoberfläche); Φmax den maximalen Außendurchmesser des ersten oder des zweiten optischen Bildgebungssystems (K_1 oder K_2); f_{GP} die Brennweite der ersten positiven Linsengruppe G_{1P} (oder der zweiten positiven Linsengruppe G_{2P}); f_{GN} die Brennweite der ersten negativen Linsengruppe G_{1N} (oder der zweiten negativen Linsengruppe G_{2N}); TL den Abstand (die Gesamtlänge) auf der optischen Achse AX von der Objektoberfläche O zum ersten konkaven Reflexionsspiegel M_1 (oder zum zweiten konkaven Reflexionsspiegel M_2); r_M den Krümmungsradius des ersten konkaven Reflexionsspiegels M_1 (oder des zweiten konkaven Reflexionsspiegels M_2); r_{1N} den Krümmungsradius der Linsenoberfläche der negativen Meniskuslinse der ersten negativen Linsengruppe G_{1N} auf der Seite der ersten positiven Linsengruppe G_{1P}; r_{2N} den Krümmungsradius der Linsenoberfläche der negativen Meniskuslinse auf der Seite des ersten konkaven Reflexionsspiegels M_1; L_{NM} den Abstand auf der optischen Achse von der Bildseiten-Hauptstelle zum ersten konkaven Reflexionsspiegel M_1, welche Bildseite der Seite des ersten konkaven Reflexionsspiegels M_1 der negativen Meniskuslinse entspricht; und $L_{GP\text{-}GN}$ den Abstand von der Bildseiten-Hauptstelle, welche Bildseite der Seite des ersten konkaven Refle-

xionsspiegels M_1 der ersten positiven Linsengruppe G_{1P} entspricht, zur Bildseiten-Hauptstelle, welche Bildseite der Seite des ersten konkaven Reflexionsspiegels M_1 der ersten negativen Linsengruppe G_{1N} entspricht.

Tabelle 1

Erstes Ausführungsbeispiel

WD = 2,3
D_1 = 2,06
D_2 = 0,27
D_{0I} = 4,12
TL = 9,66

	r	d	n	Φ	Optisches Element
0		2,33	1.00000		
1	-11,87	0,38	1,50384	2,7	L_{1P1} (L_{2P1})
2	-5,42	0,05	1.00000		
3	-85,84	0,55	1,50332	2,7	L_{1P2} (L_{2P2})
4	-3,00	0,08	1,00000		
5	-2,94	0,33	1,60384	2,7	L_{1P3} (L_{2P3})
6	-18,79	0,05	1,00000		
7	6,80	0,44	1,50332	2,7	L_{1P4} (L_{2P4})
8	-10,44	3,77	1,00000		
9	7,63	0,33	1,52670	1,7	L_{1N1} (L_{2N1})
10	5,47	1,35	1.00000		
11	-9,94		-1.00000	1,3	M_1 (M_2)

Bedingungskorrespondenzwerte

[0083]

(1) $2 (WD - D_2)/\Phi max = 1,53$

(2) $|f_{GN}/f_{GP}| = 6,55$

(3) $q = -6,06$

(4) $L_{NM}/TL = 0,0795$

(5) $L_{GP\text{-}GN}/TL = 0,529$

(6) $|r_M/TL| = 1,03$

(7) $f_{GP}/TL = 0,613$

[0084] In der Tabelle 1 ist eine Bildhöhe Y 1,0 und ist eine numerische Apertur N. A. auf der Bildseite 0,1. Die 0-te Oberfläche entspricht der Objektoberfläche oder der Bildoberfläche.
[0085] Das in der Tabelle 1 gezeigte optische System erfüllt die Beziehung (1), so dass ein ausreichender Arbeitsabstand sichergestellt ist.
[0086] Die **Fig.** 5A, 5B und 5C zeigen verschiedene Abberationen, die durch den Lichtstrahl mit einer Belichtungswellenlänge (g-Linie: 436 nm) verursacht werden, des in **Fig.** 4 gezeigten Ausführungsbeispiels. In **Fig.** 5C gezeigte Linsenfehler sind durch Abberationskurven bei Bildhöhen von 1; 0,75 und 0,5 dargestellt. Das Ausmaß eines Linsenfehlers bei jeder Bildhöhe ist ±0,014 μm. Wie es aus verschiedenen Abberationen offensichtlich ist, die in den **Fig.** 5A, 5B und 5C gezeigt sind, werden die verschiedenen Abberationen in einem gu-

ten Gleichgewicht korrigiert.

[0087] Das in **Fig.** 4 gezeigte Ausführungsbeispiel kann als ein fortentwickeltes optisches Dyson-System angesehen werden. Als ein Vergleichsbeispiel für das in **Fig.** 4 gezeigte Ausführungsbeispiel gilt ein optisches Dyson-System mit einer dickwandigen plankonvexen Linse L_P und einem konkaven Reflexionsspiegel M.

[0088] Wie es in **Fig.** 6 gezeigt ist, ist die plankonvexe Linse L_P so angeordnet, dass eine Ebene r_{P1} mit einer Objektoberfläche A (Objektebene) übereinstimmt und ein Krümmungszentrum C einer Linsenoberfläche r_{P2} der plankonvexen Linse L_P mit der Schnittstelle der Objektoberfläche A und der optischen Achse AX des optischen Dyson-Systems übereinstimmt. Der konkave Reflexionsspiegel M ist bei der hinteren Brennpunktsposition der plankonvexen Linse L_P so angeordnet, dass das Krümmungszentrum der reflektierenden Oberfläche des konkaven Reflexionsspiegels M mit dem Krümmungszentrum C der Linsenoberfläche r_{P2} der plankonvexen Linse L_P übereinstimmt.

[0089] Mit dieser Anordnung, wie sie in **Fig.** 6 gezeigt ist, wird ein Lichtstrahl, der nahezu parallel zur optischen Achse AX ist und von einer Objektstelle Y_0 auf der Objektoberfläche A auf der plankonvexen Linse L_P einfällt, durch die beugende Oberfläche r_{P2} der plankonvexen Linse L_P gebrochen und erreicht den konkaven Reflexionsspiegel M. Der durch den konkaven Reflexionsspiegel M reflektierte Lichtstrahl wird durch die brechende Oberfläche r_{P2} der plankonvexen Linse L_P wiederum gebrochen, um nahezu parallel zur optischen Achse AX zu werden, und erreicht eine Bildstelle Y_1 auf der Objektoberfläche A. Das Bild der Objektstelle Y_0 wird bei dieser Bildstelle Y_1 ausgebildet.

[0090] Eine Tabelle 2 zeigt die numerischen Daten des in **Fig.** 6 gezeigten optischen Dyson-Systems, welches nahezu dieselbe Leistungsfähigkeit wie dasjenige des optischen Systems dieses in Tabelle 1 gezeigten Ausführungsbeispiels hat. Die Ziffern ganz links stellen die Reihenfolge von der Seite des Objekts O zu dem konkaven Reflexionsspiegel M dar; r den Krümmungsradius einer Linsenoberfläche ohne einer reflektierenden Oberfläche; d den Abstand zwischen Linsenoberflächen; n den Brechungsindex eines Mediums (eines optischen Materials) in Bezug auf einen Lichtstrahl mit einer Belichtungswellenlänge (g-Linie: 436 nm); und Φ den Außendurchmesser eines Mediums (eines optischen Materials).

Tabelle 2

	r	d	n	Φ	Optisches Element
0		0	1,60384		
1	∞	21,92	1,60384	4,8	L_P
2	-21,92	36,30	1.00000		
3	58,22		-1.00000	7,4	M

[0091] Wenn der Abstand von der Objektoberfläche (Objektebene) oder der Bildoberfläche (Bildebene) zum konkaven Reflexionsspiegel die Gesamtlänge TL des optischen Systems ist, ist die Gesamtlänge TL des ersten und des zweiten optischen Bildgebungssystems (K_1 und K_2) dieses in **Fig.** 1 gezeigten Ausführungsbeispiels 9,66 und ist die Gesamtlänge TL des in der Tabelle 2 gezeigten optischen Dyson-Systems 58,22. Die Gesamtlänge des optischen Dyson-Systems in **Fig.** 6 ist so groß wie etwa das Sechsfache wie dasjenige des ersten und des zweiten optischen Bildgebungssystems (K_1 und K_2) dieses in **Fig.** 4 gezeigten Ausführungsbeispiels. Die Außendurchmesser der plankonvexen Linse L_P und des konkaven Reflexionsspiegels M im optischen Dyson-System erhöhen sich demgemäß stark.

[0092] Bei dem in **Fig.** 6 gezeigten optischen Dyson-System werden daher dann, wenn das optische Projektionssystem durch Kombinieren der zwei optischen Systeme gebildet wird, die Größe und die Herstellungskosten für die Vorrichtung unangenehm hoch.

[0093] Bei dem in **Fig.** 6 gezeigten optischen Dyson-System stimmen die Objektoberfläche (Objektebene) und die Bildoberfläche (Bildebene) mit der Ebene r_{P1} der plankonvexen Linse L_P überein. Aus diesem Grund kann selbst dann, wenn z. B. eine Maske auf der Objektoberfläche (Objektebene) eingestellt wird und z. B. eine Platte auf der Bildoberfläche (Bildebene) eingestellt wird, eine Abtastbelichtung kaum durchgeführt werden.

[0094] Die plankonvexe Linse L_P bei dem in **Fig.** 6 gezeigten optischen Dyson-System kann dünn gemacht werden, um den Arbeitsabstand WD entsprechend der Luftumwandlungslänge zu erhalten. Jedoch werden bei dieser Technik eine große sphärische Abberation und eine große chromatische Abberation erzeugt. Es ist aufgrund des Freiheitsgrads einer Abberationskorrektur schwierig, diese Abberationen ausreichend zu korrigieren. Daher kann bei dem in **Fig.** 6 gezeigten optischen Dyson-System kein ausreichender Arbeitsabstand sichergestellt werden.

[0095] Gegensätzlich dazu werden bei diesem in **Fig.** 4 gezeigten Ausführungsbeispiel zum ausreichenden Erniedrigen der Gesamtlänge TL des ersten und des zweiten optischen Bildgebungssystems (K_1 und K_2) (der Gesamtlänge des optischen Projektionssystems) die Krümmungsradien der konkaven Reflexionsspiegel (M_1

und M_2) erniedrigt. Ein Lichtstrahl, der von einer Position, die höher als die optische Achse ist, auf der ersten positiven Linsengruppe G_{1P} oder der zweiten positiven Linsengruppe G_{2P} einfällt, muss durch die erste positive Linsengruppe G_{1P} oder die zweite positive Linsengruppe G_{2P} stark gebrochen werden, so dass verschiedene große Abberationen erzeugt werden. Zum Sicherstellen des Freiheitsgrades einer Abberationskorrektur ist jede der ersten positiven Linsengruppe G_{1P} und der zweiten positiven Linsengruppe G_{2P} durch etwa vier linsen gebildet. Zum Erreichen einer Größenreduzierung des optischen Systems ist jede der ersten positiven Linsengruppe G_{1P} und der zweiten positiven Linsengruppe G_{2P} vorzugsweise durch etwa drei bis sieben Linsen gebildet.

[0096] Bei dem ersten oder dem zweiten optischen Bildgebungssystem (K_1 oder K_2) dieses in **Fig.** 4 gezeigten Ausführungsbeispiels neigt eine exzessiv korrigierte sphärische Abberation dazu, in der ersten positiven Linsengruppe G_{1P} oder der zweiten positiven Linsengruppe G_{2P} erzeugt zu werden. Bei diesem Ausführungsbeispiel ist zum zufrieden stellenden Korrigieren der exzessiv korrigierten sphärischen Abberation die erste negative Linsengruppe G_{1N} (oder die zweite negative Linsengruppe G_{2N}) mit einer negativen Brechzahl im optischen Pfad zwischen der ersten positiven Linsengruppe G_{1P} (oder der zweiten positiven Linsengruppe G_{2P}) und dem ersten konkaven Reflexionsspiegel M_1 (oder dem zweiten konkaven Reflexionsspiegel M_2) angeordnet. Insbesondere ist, um die effektive Funktion der ersten negativen Linsengruppe G_{1N} (oder der zweiten negativen Linsengruppe G_{2N}) zum Korrigieren der in der ersten positiven Linsengruppe G_{1P} (oder der zweiten positiven Linsengruppe G_{2P}) erzeugten exzessiv korrigierten sphärischen Abberation eine negative Meniskuslinse, die bei einer Position näher zum ersten konkaven Reflexionsspiegel M_1 (oder zum zweiten konkaven Reflexionsspiegel M_2) angeordnet ist, vorzugsweise enthalten. Bei dem ersten oder dem zweiten optischen Bildgebungssystem (K_1 oder K_2) dieses in **Fig.** 4 gezeigten Ausführungsbeispiels hat genauso gut die erste negative Linsengruppe G_{1N} (oder die zweite negative Linsengruppe G_{2N}) einen Aufbau, der eine negative Meniskuslinse enthält, die bei einer Position näher zum ersten konkaven Reflexionsspiegel M_1 (oder zum zweiten konkaven Reflexionsspiegel M_2) angeordnet ist.

[0097] Wie es oben beschrieben ist, kann gemäß dem ersten und dem zweiten optischen Bildgebungssystem (K_1 und K_2) dieses in **Fig.** 4 gezeigten Ausführungsbeispiels ein kompaktes optisches Projektionssystem mit exzellenter Bildgebungsleistung mit niedrigen Kosten realisiert werden, während der ausreichende Arbeitsabstand WD sichergestellt wird. Daher kann eine relativ kompakte Abtast-Belichtungsvorrichtung hoher Leistungsfähigkeit erhalten werden, die eine Belichtungsoperation in einem großen Belichtungsbereich durchführen kann.

[0098] Ein Beispiel für das erste und das zweite optische Bildgebungssystem (K_1 und K_2) ist oben unter Bezugnahme auf **Fig.** 4 beschrieben worden. Nachfolgend wir dein optisches Projektionssystem gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel unter Bezugnahme auf **Fig.** 7 beschrieben.

[0099] **Fig.** 7 ist eine Ansicht, die die Linsenanordnung eines ersten optischen Bildgebungssystems K_1 (oder eines zweiten optischen Bildgebungssystems K_2) zeigt, das in **Fig.** 1 gezeigt ist, und zwar gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel. Der angenehmen Beschreibung halber wird die in **Fig.** 7 gezeigte Linsenanordnung so wie diejenige des ersten optischen Bildgebungssystems K_1 beschrieben werden.

[0100] Wie es in **Fig.** 7 gezeigt ist, hat das erste optische Bildgebungssystem K_1 (oder das zweite optische Bildgebungssystems K_2) ein erstes optisches Brechungssystem S_1 (oder ein zweites optischen Brechungssystem S_2), das aus einer ersten positiven Linsengruppe G_{1P} (oder einer zweiten positiven Linsengruppe G_{2P}) und einer ersten negativen Linsengruppe G_{1N} (oder einer zweiten negativen Linsengruppe G_{2N}) besteht, und einem ersten konkaven Reflexionsspiegel M_1 (oder einem zweiten konkaven Reflexionsspiegel M_2). Der angenehmen Beschreibung halber ist in **Fig.** 7 ein erstes rechteckförmiges Prisma P_1 (oder ein zweites rechteckförmiges Prisma P_2), das auf der linken Seite des ersten optischen Brechungssystems S_1 (oder des zweiten optischen Brechungssystems S_2) angeordnet ist, nicht dargestellt.

[0101] Wie es in **Fig.** 7 gezeigt ist, weist die erste positive Linsengruppe G_{1P} (oder die zweite positive Linsengruppe G_{2P}) eine positive Linse L_{1P1} mit ihrer Oberfläche mit einer größeren Krümmung zur Seite des ersten konkaven Reflexionsspiegels M_1 (oder eine positive Linse L_{2P1} mit ihrer Oberfläche mit einer größeren Krümmung zur Seite des zweiten konkaven Reflexionsspiegels M_2 schauend) auf, eine negative Meniskuslinse L_{1P2} mit ihrer konvexen Oberfläche zur Seite des ersten konkaven Reflexionsspiegels M_1 schauend (oder eine negative Meniskuslinse L_{2P2} mit ihrer konvexen Oberfläche zur Seite des zweiten konkaven Reflexionsspiegels M_2 schauend), eine bikonvexe positive Linse L_{1P3} (oder eine bikonvexe positive Linse L_{2P3}), und eine negative Linse L_{1P4} (oder eine negative Linse L_{2P4}). Die erste negative Linsengruppe G_{1N} (oder die zweite negative Linsengruppe G_{2N}) weist nur eine negative Meniskuslinse L_{1N1} mit ihrer konvexen Oberfläche zur Seite der ersten positiven Linsengruppe G_{1P} schauend (oder eine negative Meniskuslinse L_{2N1} mit ihrer konvexen Oberfläche zur Seite der zweiten positiven Linsengruppe G_{2P} schauend) auf.

[0102] Eine Tabelle 3 zeigt die numerischen Daten des in **Fig.** 7 gezeigten optischen Systems. Die Ziffern ganz links stellen die Reihenfolge von einer Seite des Objekts O (oder der Seite des Primärbildes) zu dem ersten konkaven Reflexionsspiegel M_1 (oder dem zweiten konkaven Reflexionsspiegel M_2) dar; r den Krümmungsradius einer Linsenoberfläche oder einer reflektierenden Oberfläche; d den Abstand zwischen Linsenoberflä-

chen; n den Brechungsindex eines Mediums (eines optischen Materials) in Bezug zu einem Lichtstrahl mit einer Belichtungswellenlänge (g-Linie: 436 nm); und Φ den Außendurchmesser eines Mediums (eines optischen Materials).

[0103] In der Tabelle 3 stellt WD den Arbeitsabstand des ersten optischen Bildgebungssystems K_1 dar; D_1 den Abstand von der Objektoberfläche O zum Scheitelpunkt des rechteckförmigen Prismas P_1 (einer Stelle auf der Kammlinie, die durch die zwei reflektierenden Oberflächen gebildet wird, die senkrecht zueinander sind) im ersten optischen Bildgebungssystem K_1 (den Abstand von der Objektoberfläche O zu einer optischen Achse AX des ersten optischen Bildgebungssystems K_1); D_2 den Abstand vom Scheitelpunkt des rechteckförmigen Prismas P_1 zum Scheitelpunkt der positiven Meniskuslinse L_{1P1} auf der Seite des Prismas P_1; D_{0I} den Abstand von der Objektoberfläche O (Maske) zu einer Bildoberfläche I (einer Primärbildoberfläche); Φmax den maximalen Außendurchmesser des ersten oder des zweiten optischen Bildgebungssystems (K_1 oder K_2); f_{GP} die Brennweite der ersten positiven Linsengruppe G_{1P} (oder der zweiten positiven Linsengruppe G_{2P}) ; f_{GN} die Brennweite der ersten negativen Linsengruppe G_{1N} (oder der zweiten negativen Linsengruppe G_{2N}); TL den Abstand (die Gesamtlänge) auf der optischen Achse AX von der Objektoberfläche O zum ersten konkaven Reflexionsspiegel M_1 (oder zum zweiten konkaven Reflexionsspiegel M_2); r_M den Krümmungsradius des ersten konkaven Reflexionsspiegels M_1 (oder des zweiten konkaven Reflexionsspiegels M_2); r_{1N} den Krümmungsradius der Linsenoberfläche der negativen Meniskuslinse der ersten negativen Linsengruppe G_{1N} auf der Seite der ersten positiven Linsengruppe G_{1P}; r_{2N} den Krümmungsradius der Linsenoberfläche der negativen Meniskuslinse auf der Seite des ersten konkaven Reflexionsspiegels M_1; L_{NM} den Abstand auf der optischen Achse von der Bildseiten-Hauptstelle zum ersten konkaven Reflexionsspiegel M_1, welche Bildseite der Seite des ersten konkaven Reflexionsspiegels M_1 der negativen Meniskuslinse entspricht; und $L_{GP\text{-}GN}$ den Abstand von der Bildseiten-Hauptstelle, welche Bildseite der Seite des ersten konkaven Reflexionsspiegels M_1 der ersten positiven Linsengruppe G_{1P} entspricht, zur Bildseiten-Hauptstelle, welche Bildseite der Seite des ersten konkaven Reflexionsspiegels M_1 der ersten negativen Linsengruppe G_{1N} entspricht.

Tabelle 2

Zweites Ausführungsbeispiel

WD = 2,33
D_1 = 2,06
D_2 = 0,27
D_{0I} = 4,12
TL = 9,66

	r	d	n	Φ	Optisches Element
0		2,33	1.00000		
1	230,38	0,58	1,50332	2,7	L_{1P1} (L_{2P1})
2	-3,66	0,11	1.00000		
3	-2,93	0,38	1,60384	2,7	L_{1P2} (L_{2P2})
4	-4,40	0,05	1,00000		
5	12,74	0,55	1,50332	2,7	L_{1P3} (L_{2P3})
6	-5,27	0,05	1,00000		
7	-8,29	0,38	1,60384	2,7	L_{1P4} (L_{2P4})
8	-41,15	4,25	1,00000		
9	11,17	0,33	1,52670	1,8	L_{1N1} (L_{2N1})
10	8,23	1,53	1.00000		
11	-10,78		-1.00000	1,6	M_1 (M_2)

Bedingungskorrespondenzwerte des zweiten Ausführungsbeispiels

[0104]

(1) $2 (WD - D_2)/\Phi max = 1,53$

(2) $|f_{GN}/f_{GP}| = 9,19$

(3) $q = –6,06$

(4) $L_{NM}/TL = 0,0860$

(5) $L_{GP-GN}/TL = 0,551$

(6) $|r_M/TL| = 1,02$

(7) $f_{GP}/TL = 0,636$

[0105] In der Tabelle 3 ist eine Bildhöhe Y 1,0 und ist eine numerische Apertur N. A. auf der Bildseite 0,1. Die 0-te Oberfläche entspricht der Objektoberfläche oder der Bildoberfläche.
[0106] Das in der Tabelle 3 gezeigte optische System erfüllt die Beziehung (1), so dass ein ausreichender Arbeitsabstand sichergestellt ist.
[0107] Die Gesamtlänge TL des ersten und des zweiten optischen Bildgebungssystems (K_1 und K2) des in der Tabelle 3 gezeigten Ausführungsbeispiels ist 10,54 und die Gesamtlänge TL des in der Tabelle 2 gezeigten optischen Dyson-Systems ist 58,22. Daher ist die Gesamtlänge des in der Tabelle 3 gezeigten Ausführungsbeispiels so klein wie etwa 1/6 von derjenigen des optischen Dyson-Systems in **Fig.** 6.
[0108] Die **Fig.** 8A, 8B und 8C zeigen verschiedene Abberationen die durch den Lichtstrahl mit einer Belichtungswellenlänge (g-Linie: 436 nm) verursacht werden, des in **Fig.** 7 gezeigten Ausführungsbeispiels. In **Fig.** 8C gezeigte Linsenfehler sind durch Abberationskurven bei Bildhöhen von 1; 0,75 und 0,5 dargestellt. Das Ausmaß eines Linsenfehlers bei einer jeweiligen Bildhöhe ist ±0,014 μm. Wie es aus verschiedenen Abberationen, die in den **Fig.** 8A, 8B und 8C gezeigt sind, offensichtlich ist, werden die verschiedenen Abberationen in einem guten Gleichgewicht korrigiert.
[0109] Ein erstes optisches Bildgebungssystems K_1 (oder ein zweites optisches Pildgebungssystem K_2), das ein optisches Projektionssystem gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel bildet, wird nachfolgend unter Bezugnahme auf **Fig.** 9 beschrieben.
[0110] **Fig.** 9 ist eine Ansicht, die die Linsenanordnung des ersten optischen Bildgebungssystems K_1 (oder des zweiten optischen Bildgebungssystem K_2), das in **Fig.** 1 gezeigt ist, gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel zeigt. Der angenehmen Beschreibung halber wird die in **Fig.** 9 gezeigte Linsenanordnung wie diejenige des ersten optischen Bildgebungssystems K_1 beschrieben werden.
[0111] Wie es in **Fig.** 9 gezeigt ist, hat das erste optische Bildgebungssystems K_1 (oder das zweite optische Bildgebungssystem K_2), ein erstes optischen Brechungssystem S_1 (oder ein zweites optisches Brechungssystem S_2), das aus einer ersten positiven Linsengruppe G_{1P} (oder einer zweiten positiven Linsengruppe G_{2P}) und einer ersten negativen Linsengruppe G_{1N} (oder einer zweiten negativen Linsengruppe G_{2N}) besteht und einen ersten konkaven Reflexionsspiegel M_1 (oder einen zweiten konkaven Reflexionsspiegel M_2). Der angenehmen Beschreibung halber ist in **Fig.** 9 ein erstes rechteckförmiges Prisma P_1 (oder ein zweites rechteckförmiges Prisma P_2), das auf der linken Seite des ersten optischen Brechungssystems S_1 (oder des zweiten optischen Brechungssystems S_2) angeordnet ist, nicht dargestellt.
[0112] Wie es in **Fig.** 9 gezeigt ist, weist die erste positive Linsengruppe G_{1P} (oder die zweite positive Linsengruppe G_{2P}) folgendes auf: eine positive Meniskuslinse L_{1P1} mit ihrer konvexen Oberfläche zur Seite des ersten konkaven Reflexionsspiegels M_1 schauend (oder eine positive Meniskuslinse L_{2P1} mit ihrer konvexen Oberfläche zur Seite des zweiten konkaven Reflexionsspiegels M_2 schauend), eine positive Meniskuslinse L_{1P2} mit ihrer konvexen Oberfläche zur Seite des ersten konkaven Reflexionsspiegels M_1 schauend (oder eine positive Meniskuslinse L_{2P2} mit ihrer konvexen Oberfläche zur Seite des zweiten konkaven Reflexionsspiegels M_2 schauend), und eine negative Meniskuslinse L_{1P3} mit ihrer konvexen Oberfläche zur Seite des ersten konkaven Reflexionsspiegels M_1 schauend (oder eine negative Meniskuslinse L_{2P3} mit ihrer konvexen Oberfläche zur Seite des zweiten konkaven Reflexionsspiegels M_2 schauend). Die erste negative Linsengruppe G_{1N} (oder die zweite negative Linsengruppe G_{2N}) weist folgendes auf: eine bikonvexe positive Linse L_{1N1} (oder eine bikonvexe positive Linse L_{2N1}) und eine negative Meniskuslinse L_{1N2}, die an den ersten konkaven Reflexionsspiegel M_1 bondiert ist und die ihre konkave Oberfläche zur Seite der ersten positiven Linsengruppe G_{1P} schauend hat (oder eine negative Meniskuslinse L_{2N2}, die an den zweiten konkaven Reflexionsspiegel M_2 bondiert ist und die ihre konkave Oberfläche zur Seite der zweiten positiven Linsengruppe G_{2P} schauend hat).
[0113] Eine Tabelle 4 zeigt die numerischen Daten des in **Fig.** 9 gezeigten optischen Systems. Ziffern ganz links stellen die Reihenfolge von einer Seite eines Objekts O (oder der Seite des Primärbildes) zum ersten konkaven Reflexionsspiegel M_1 (oder zum zweiten konkaven Reflexionsspiegel M_2) dar; r den Krümmungsradius einer Linsenoberfläche oder einer reflektierenden Oberfläche; d den Abstand zwischen Linsenoberflächen; n den Brechungsindex eines Mediums (eines optischen Materials) in Bezug auf einen Lichtstrahl mit einer Be-

lichtungswellenlänge (g-Linie: 436 nm); und Φ den Außendurchmesser eines Mediums (eines optischen Materials). In der Tabelle 4 stellt WD den Arbeitsabstand des ersten optischen Bildgebungssystems K_1 dar; D_1 den Abstand von der Objektoberfläche O zum Scheitelpunkt des rechteckförmigen Prismas P_1 (eine Stelle auf der Kammlinie, die durch die zwei reflektierenden Oberflächen gebildet wird, die senkrecht zueinander sind) im ersten optischen Bildgebungssystem K_1 (den Abstand von der Objektoberfläche O zu einer optischen Achse AX des ersten optischen Bildgebungssystems K_1); D_2 den Abstand vom Scheitelpunkt des rechteckförmigen Prismas P_1 zum Scheitelpunkt der positiven Meniskuslinse L_{1P1} auf der Seite des Prismas P_1; D_{0I} den Abstand von der Objektoberfläche O (Maske) zu einer Bildoberfläche I (einer Primärbildoberfläche); Φmax den maximalen Außendurchmesser des ersten oder des zweiten optischen Bildgebungssystems (K_1 oder K_3); f_{GP} die Brennweite der ersten positiven Linsengruppe G_{1P} (oder der zweiten positiven Linsengruppe G_{2P}); f_{GN} die Brennweite der ersten negativen Linsengruppe G_{1N} (oder der zweiten negativen Linsengruppe G_{2N}); TL den Abstand (die Gesamtlänge) auf der optischen Achse AX von der Objektoberfläche O zum ersten konkaven Reflexionsspiegel M_1 (oder zum zweiten konkaven Reflexionsspiegel M_2); r_M den Krümmungsradius des ersten konkaven Reflexionsspiegels M_1 (oder des zweiten konkaven Reflexionsspiegels M_2) und L_{GP-GN} den Abstand von der Bildseiten-Hauptstelle, welche Bildseite der Seite des ersten konkaven Reflexionsspiegels M_1 der ersten positiven Linsengruppe G_{1P} entspricht, zur Bildseiten-Hauptstelle, welche Bildseite der Seite des ersten konkaven Reflexionsspiegels M_1 der ersten negativen Linsengruppe G_{1N} entspricht.

Tabelle 4

Drittes Ausführungsbeispiel

WD = 2,11
D_1 = 1,84
D_2 = 0,27
D_{0I} = 3,68
TL = 12,26

	r	d	n	Φ	Optisches Element
0		2,11	1.00000		
1	-14,36	0,49	1,60384	2,7	L_{1P1} (L_{2P1})
2	-6,93	0,05	1.00000		
3	-23,94	0,49	1,50332	2,7	L_{1P2} (L_{2P2})
4	-4,34	0,11	1,00000		
5	-3,72	0,41	1,59593	2,7	L_{1P3} (L_{2P3})
6	-4,84	5,39	1,00000		
7	244,04	0,41	1,50332	2,3	L_{1N1} (L_{2N1})
8	-6,26	2,47	1,00000		
9	-4,83	0,33	1,52670	1,6	L_{in2} (L_{2N2})
10	-12,71		1,00000	1,6	M_1 (M_2)

Bedingungskorrespondenzwerte des dritten Ausführungsbeispiels

[0114]

(1) $2 (WD - D_2)/\Phi max = 1,36$

(2) $|f_{GN}/f_{GP}| = 24,2$

(5) $L_{GP-GN}/TL = 6,51$

(6) $|r_M/TL| = 1,04$

(7) $f_{GP}/TL = 0,777$

[0115] In der Tabelle 4 ist eine Bildhöhe Y 1,0 und ist eine numerische Apertur N. A. auf der Bildseite 0,1. Die 0-te Oberfläche entspricht der Objektoberfläche oder der Bildoberfläche.

[0116] Das in der Tabelle 4 gezeigte optische System erfüllt die Beziehung (1), so dass ein ausreichender Arbeitsabstand sichergestellt ist.

[0117] Die Gesamtlänge TL des ersten und des zweiten optischen Bildgebungssystems (K_1 und K_2) des in der Tabelle 4 gezeigten Ausführungsbeispiels ist 12,26 und die Gesamtlänge TL des in der Tabelle 2 gezeigten optischen Dyson-Systems ist 58,22. Daher ist die Gesamtlänge des in der Tabelle 4 gezeigten Ausführungsbeispiels so klein wie etwa 1/5 von derjenigen des optischen Dyson-Systems in **Fig.** 6.

[0118] Die **Fig.** 10A, 10B und **Fig.** 10C zeigen verschiedene Abberationen die durch den Lichtstrahl mit einer Belichtungswellenlänge (g-Linie: 436 nm) verursacht werden, des in **Fig.** 9 gezeigten Ausführungsbeispiels. In 10C gezeigte Linsenfehler sind durch Abberationskurven bei Bildhöhen von 1; 0,75 und 0,5 dargestellt. Das Ausmaß eines Linsenfehlers bei einer jeweiligen Bildhöhe ist ±0,014 μm. Wie es aus verschiedenen Abberationen offensichtlich wird, die in den **Fig.** 10A, 10B und 10C gezeigt sind, werden die verschiedenen Abberationen in einem guten Gleichgewicht korrigiert.

[0119] Ein erstes optisches Bildgebungssystems K_1 (oder ein zweites optisches Bildgebungssystem K_2), das ein optisches Projektionssystem gemäß dem vierten Ausführungsbeispiel bildet, wird nachfolgend unter Bezugnahme auf **Fig.** 11 beschrieben.

[0120] **Fig.** 11 ist eine Ansicht, die die Linsenanordnung des ersten optischen Bildgebungssystems K_1 (oder des zweiten optischen Bildgebungssystem K_2), das in **Fig.** 1 gezeigt ist, gemäß dem vierten Ausführungsbeispiel zeigt. Der angenehmen Beschreibung halber wird die in **Fig.** 11 gezeigte Linsenanordnung wie diejenige des ersten optischen Bildgebungssystems K_1 beschrieben.

[0121] Wie es in **Fig.** 11 gezeigt ist, hat das erste optische Bildgebungssystems K_1 (oder das zweite optische Bildgebungssystem K_2), ein erstes optischen Brechungssystem S_1 (oder ein zweites optisches Brechungssystem S_2), das aus einer ersten positiven Linsengruppe G_{1P} (oder einer zweiten positiven Linsengruppe G_{2P}) und einer ersten negativen Linsengruppe G_{1N} (oder einer zweiten negativen Linsengruppe G_{2N}) besteht, und einen ersten konkaven Reflexionsspiegel M_1 (oder einen zweiten konkaven Reflexionsspiegel M_2). Der angenehmen Beschreibung halber ist in **Fig.** 11 ein erstes rechteckförmiges Prisma P_1 (oder ein zweites rechteckförmiges Prisma P_2), das auf der linken Seite des ersten optischen Brechungssystems S_1 (oder des zweiten optischen Brechungssystems S_2) angeordnet ist, nicht dargestellt.

[0122] Wie es in **Fig.** 11 gezeigt ist, weist die erste positive Linsengruppe G_{1P} (oder die zweite positive Linsengruppe G_{2P}) folgendes auf: eine positive Linse L_{1P1} mit ihrer Oberfläche mit einer größeren Krümmung zur Seite des ersten konkaven Reflexionsspiegels M_1 schauend (oder eine positive Linse L_{2P1} mit ihrer Oberfläche mit einer größeren Krümmung zur Seite des zweiten konkaven Reflexionsspiegels M_2 schauend), eine bikonkave negative Linse L_{1P2} (oder eine bikonkave negative Linse L_{2P2}) eine bikonvexe positive Linse L_{1P3} (oder eine bikonvexe positive Linse L_{2P3}), und eine bikonkave positive Linse L_{1P4} (oder eine bikonkave positive Linse L_{2P4}). Die erste negative Linsengruppe G_{1N} (oder die zweite negative Linsengruppe G_{2N}) weist folgendes auf: eine negative Meniskuslinse L_{1N1} mit ihrer konvexen Oberfläche zur Seite der ersten positiven Linsengruppe G_{1P} schauend (oder eine negative Meniskuslinse L_{2N1} mit ihrer konvexen Oberfläche zur Seite der zweiten positiven Linsengruppe G_{2P} schauend).

[0123] Eine Tabelle 5 zeigt die numerischen Daten des in **Fig.** 11 gezeigten optischen Systems. Die Ziffern ganz links stellen die Reihenfolge von einer Seite eines Objekts O (oder der Seite des Primärbildes) zum ersten konkaven Reflexionsspiegel M_1 (oder zum zweiten konkaven Reflexionsspiegel M_2) dar; r den Krümmungsradius einer Linsenoberfläche oder einer reflektierenden Oberfläche; d den Abstand zwischen Linsenoberflächen; n den Brechungsindex eines Mediums (eines optischen Materials) in Bezug zu einem Lichtstrahl mit einer Belichtungswellenlänge (g-Linie: 436 nm); und Φ den Außendurchmesser eines Mediums (eines optischen Materials). In der Tabelle 5 stellt WD den Arbeitsabstand des ersten optischen Bildgebungssystems K_1 dar; D_1 den Abstand von der Objektoberfläche O zum Scheitelpunkt des rechteckförmigen Prismas P_1 (einer Stelle auf der Kammlinie, die durch die zwei reflektierenden Oberflächen gebildet wird, die senkrecht zueinander sind) im ersten optischen Bildgebungssystem K_1 (den Abstand von der Objektoberfläche O zu einer optischen Achse AX des ersten optischen Bildgebungssystems K_1); D_2 den Abstand vom Scheitelpunkt des rechteckförmigen Prismas P_1 zum Scheitelpunkt der positiven Meniskuslinse L_{1P1} auf der Seite des Prismas P_1; D_{0I} den Abstand von der Objektoberfläche O (Maske) zu einer Bildoberfläche I (einer Primärbildoberfläche); Φmax den maximalen Außendurchmesser des ersten oder des zweiten optischen Bildgebungssystems (K_1 oder K_2); f_{GP} die Brennweite der ersten positiven Linsengruppe G_{1P} (oder der zweiten positiven Linsengruppe G_{2P}); f_{GN} die Brennweite der ersten negativen Linsengruppe G_{1N} (oder der zweiten negativen Linsengruppe G_{2N}); TL den Abstand (die Gesamtlänge) auf der optischen Achse AX von der Objektoberfläche O zum ersten konkaven Reflexionsspiegel M_1 (oder zum zweiten konkaven Reflexionsspiegel M_2); r_M den Krümmungsradius des ersten konkaven Reflexionsspiegels M_1 (oder des zweiten konkaven Reflexionsspiegels M_2); r_{1N} den Krümmungsradius der Linsenoberfläche der negativen Meniskuslinse der ersten negativen Linsengruppe G_{1N} auf der Seite der ersten positiven Linsengruppe G_{1P}; r_{2N} den Krümmungsradius der Linsenoberfläche der negativen Menis-

kuslinse auf der Seite des ersten konkaven Reflexionsspiegels M_1; L_{NM} den Abstand auf der optischen Achse von der Bildseiten-Hauptstelle zu dem ersten konkaven Reflexionsspiegel M_1, welche Bildseite der Seite des ersten konkaven Reflexionsspiegels M_1 der negativen Meniskuslinse entspricht; und $L_{GP\text{-}GN}$ den Abstand von der Bildseiten-Hauptstelle, welche Bildseite der Seite des ersten konkaven Reflexionsspiegels M_1 der ersten positiven Linsengruppe G_{1P} entspricht, zur Bildseiten-Hauptstelle, welche Bildseite der Seite des ersten konkaven Reflexionsspiegels M_1 der ersten negativen Linsengruppe G_{1N} entspricht.

Tabelle 5

Viertes Ausführungsbeispiel

WD = 2,14
D_1 = 1,87
D_2 = 0,27
D_{0I} = 3,74
TL = 11,06

	r	d	n	Φ	Optisches Element
0		2,14	1.00000		
1	27,29	0,52	1,50332	2,7	L_{1P1} (L_{2P1})
2	-2,91	0,05	1.00000		
3	-2,82	0,33	1,60384	2,7	L_{1P2} (L_{2P2})
4	7,51	0,08	1,00000		
5	7,26	0,55	1,50332	2,8	L_{1P3} (L_{2P3})
6	-7,27	0,05	1,00000		
7	24,14	0,47	1,60384	2,7	L_{1P4} (L_{2P4})
8	-7,46	5,40	1,00000		
9	15,84	0,33	1,52670	1,8	L_{1N1} (L_{2N1})
10	10,07	1,14	1.00000		
11	-11,18		-1.00000	1,5	M_1 (M_2)

Bedingungskorrespondenzwerte des vierten Ausführungsbeispiels

[0124]

(1) $2 (WD - D_2)/\Phi max = 1,34$

(2) $|f_{GN}/f_{GP}| = 7,68$

(3) $q = -4,49$

(4) $L_{NM}/TL = 0,0688$

(5) $L_{GP\text{-}GN}/TL = 0,561$

(6) $|r_M/TL| = 1,01$

(7) $f_{GP}/TL = 0,629$

[0125] In der Tabelle 5 ist eine Bildhöhe Y 1,0 und ist eine numerische Apertur N. A. auf der Bildseite 0,1. Die 0-te Oberfläche entspricht der Objektoberfläche oder der Bildoberfläche.
[0126] Das in der Tabelle 5 gezeigte optische System erfüllt die Beziehung (1), so dass ein ausreichender Arbeitsabstand sichergestellt ist.
[0127] Die Gesamtlänge TL des ersten und des zweiten optischen Bildgebungssystems (K_1 und K_2) des in der

Tabelle 5 gezeigten Ausführungsbeispiels ist 11,06 und die Gesamtlänge TL des in der Tabelle 2 gezeigten optischen Dyson-Systems ist 58,22. Daher ist die Gesamtlänge des in der Tabelle 5 gezeigten Ausführungsbeispiels so klein wie etwa 1/5 von derjenigen des optischen Dyson-Systems in **Fig.** 6.

[0128] Die **Fig.** 12A, 12B und 12C zeigen verschiedene Abberationen die durch den Lichtstrahl mit einer Belichtungswellenlänge (g-Linie: 436 nm) verursacht werden, des in **Fig.** 11 gezeigten Ausführungsbeispiels. In **Fig.** 12C gezeigte Linsenfehler sind durch Abberationskurven bei Bildhöhen von 1; 0,75 und 0,5 dargestellt. Das Ausmaß eines Linsenfehlers bei einer jeweiligen Bildhöhe ist ±0,014 μm. Wie es aus verschiedenen Abberationen, die in den **Fig.** 12A, 12B und 12C gezeigt sind, offensichtlich ist, werden die verschiedenen Abberationen in einem guten Gleichgewicht korrigiert.

[0129] Ein erstes optisches Bildgebungssystems K_1 (oder ein zweites optisches Bildgebungssystem K_2), gemäß dem fünften Ausführungsbeispiel bildet, werden nachfolgend unter Bezugnahme auf **Fig.** 13 beschrieben.

[0130] **Fig.** 13 ist eine Ansicht, die die Linsenanordnung des ersten optischen Bildgebungssystems K_1 (des zweiten optischen Bildgebungssystem K_2), das in **Fig.** 1 gezeigt ist, gemäß dem fünften Ausführungsbeispiel zeigt. Der angenehmen Beschreibung halber wird die in **Fig.** 13 gezeigte Linsenanordnung wie diejenige des ersten optischen Bildgebungssystems K_1 beschrieben.

[0131] Wie es in **Fig.** 13 gezeigt ist, hat das erste optische Bildgebungssystems K_1 (oder das zweite optische Bildgebungssystem K_2), ein erstes optischen Brechungssystem S_1 (oder ein zweites optisches Brechungssystem S_2), das aus einer ersten positiven Linsengruppe G_{1P} (oder einer zweiten positiven Linsengruppe G_{2P}) und einer ersten negativen Linsengruppe G_{1N} (oder einer zweiten negativen Linsengruppe G_{2N}) besteht und einen ersten konkaven Reflexionsspiegel M_1 (oder einen zweiten konkaven Reflexionsspiegel M_2). Der angenehmen Beschreibung halber ist in **Fig.** 13 ein erstes rechteckförmiges Prisma P_1 (oder ein zweites rechteckförmiges Prisma P_2), das auf der linken Seite des ersten optischen Brechungssystems S_1 (oder des zweiten optischen Brechungssystems S_2) angeordnet ist, nicht dargestellt.

[0132] Wie es in **Fig.** 13 gezeigt ist, weist die erste positive Linsengruppe G_{1P} (oder die zweite positive Linsengruppe G_{2P}) folgendes auf: eine bikonkave negative Linse L_{1P1} mit einer schwachen Brechzahl (oder eine bikonkave negative Linse L_{2P1} mit einer schwachen Brechzahl), eine bikonvexe positive Linse L_{1P2} (oder eine bikonvexe positive Linse L_{2P2}), eine negative Meniskuslinse L_{1P3} mit ihrer konvexen Oberfläche zur Seite des ersten konkaven Reflexionsspiegels M_1 schauend (oder eine negative Meniskuslinse L_{2P3} mit ihrer konvexen Oberfläche zur Seite des zweiten konkaven Reflexionsspiegels M_2 schauend, eine bikonvexe positive Linse L_{1P4} (oder eine bikonvexe positive Linse L_{2P4}), und eine negative Linse L_{1P5} mit ihrer Oberfläche mit einer größeren Krümmung zur Seite der bikonvexen positiven Linse L_{1P4} schauend (oder eine negative Linse L_{2P5} mit ihrer Oberfläche mit einer größeren Krümmung zur Seite der bikonvexen positiven Linse L_{2P4} schauend). Die erste negative Linsengruppe G_{1N} (oder die zweite negative Linsengruppe G_{2N}) weist folgendes auf: eine negative Meniskuslinse L_{1N1} mit ihrer konvexen Oberfläche zur Seite der ersten positiven Linsengruppe G_{1P} schauend (oder eine negative Meniskuslinse L_{2N1} mit ihrer konvexen Oberfläche zur Seite der zweiten positiven Linsengruppe G_{2P} schauend).

[0133] Eine Tabelle 6 zeigt die numerischen Daten des in **Fig.** 13 gezeigten optischen Systems. Ziffern ganz links stellen die Reihenfolge von einer Seite des Objekts O (oder der Seite des Primärbildes) zum ersten konkaven Reflexionsspiegel M_1 (oder zum zweiten konkaven Reflexionsspiegel M_2) dar; r den Krümmungsradius einer Linsenoberfläche oder einer reflektierenden Oberfläche; d den Abstand zwischen Linsenoberflächen; n den Brechungsindex eines Mediums (eines optischen Materials) in Bezug zu einem Lichtstrahl mit einer Belichtungswellenlänge (g-Linie: 436 nm); und Φ den Außendurchmesser eines Mediums (eines optischen Materials). In der Tabelle 6 stellt WD den Arbeitsabstand des ersten optischen Bildgebungssystems K_1 dar; D_1 den Abstand von der Objektoberfläche O zum Scheitelpunkt des rechteckförmigen Prismas P_1 (eine Stelle auf der Kammlinie, die durch die zwei reflektierenden Oberflächen gebildet wird, die senkrecht zueinander sind) im ersten optischen Bildgebungssystem K_1 (den Abstand von der Objektoberfläche O zu einer optischen Achse AX des ersten optischen Bildgebungssystems K_1); D_2 den Abstand vom Scheitelpunkt des rechteckförmigen Prismas P_1 zum Scheitelpunkt der positiven Meniskuslinse L_{1P1} auf der Seite des Prismas P_1; D_{0I} den Abstand von der Objektoberfläche O (Maske) zu einer Bildoberfläche I (einer Primärbildoberfläche); Φmax den maximalen Außendurchmesser des ersten oder des zweiten optischen Bildgebungssystems (K_1 oder K_2); f_{GP} die Brennweite der ersten positiven Linsengruppe G_{1P} (oder der zweiten positiven Linsengruppe G_{2P}); f_{GN} die Brennweite der ersten negativen Linsengruppe G_{1N} (oder der zweiten negativen Linsengruppe G_{2N}); TL den Abstand (die Gesamtlänge) auf der optischen Achse AX von der Objektoberfläche O zum ersten konkaven Reflexionsspiegel M_1 (oder zum zweiten konkaven Reflexionsspiegel M_2); r_M den Krümmungsradius des ersten konkaven Reflexionsspiegels M_1 (oder des zweiten konkaven Reflexionsspiegels M_2); r_{1N} den Krümmungsradius der Linsenoberfläche der negativen Meniskuslinse der ersten negativen Linsengruppe G_{1N} auf der Seite der ersten positiven Linsengruppe G_{1P}; r_{2N} den Krümmungsradius der Linsenoberfläche der negativen Meniskuslinse auf der Seite des ersten konkaven Reflexionsspiegels M_1; L_{NM} den Abstand auf der optischen Achse von der Bildseiten-Hauptstelle zum ersten konkaven Reflexionsspiegel M_1, welche Bildseite der Seite des ersten konkaven Reflexionsspiegels M_1 der negativen Meniskuslinse entspricht; und $L_{GP\text{-}GN}$ den Abstand von der

Bildseiten-Hauptstelle, welche Bildseite der Seite des ersten konkaven Reflexionsspiegels M_1 der ersten positiven Linsengruppe G_{1P} entspricht, zur Bildseiten-Hauptstelle, welche Bildseite der Seite des ersten konkaven Reflexionsspiegels M_1 der ersten negativen Linsengruppe G_{1N} entspricht.

Tabelle 6

Fünftes Ausführungsbeispiel

WD = 2,05
D_1 = 1,78
D_2 = 0,27
D_{0I} = 3,56
TL = 10,59

	r	d	n	Φ	Optisches Element
0		2,05	1.00000		
1	-65,99	0,41	1,60384	3,1	L_{1P1} (L_{2P1})
2	25,92	0,05	1.00000		
3	12,47	0,55	1,50332	3,1	L_{1P2} (L_{2P2})
4	-4,06	0,11	1,00000		
5	-3,24	0,41	1,52670	3,1	L_{1P3} (L_{2P3})
6	-5,31	0,05	1,00000		
7	27,75	0,55	1,50332	3,1	L_{1P4} (L_{2P4})
8	-4,33	0,08	1,00000		
9	-4,41	0,41	1,52670	3,1	L_{1P5} (L_{2P5})
10	-7,07	3,91	1,00000		
11	15,06	0,41	1,52670	2,4	L_{1N1} (L_{2N1})
12	9,05	1,60	1,00000		
13	-10,79		-1,00000	2,1	M_1 (M_2)

Bedingungskorrespondenzwerte des fünften Ausführungsbeispiels

[0134]

(1) $2 (WD - D_2)/\Phi max = 1,15$

(2) $|f_{GN}/f_{GP}| = 6,88$

(3) $q = -4,00$

(4) $L_{NM}/TL = 0,112$

(5) $L_{GP-GN}/TL = 0,497$

(6) $|r_M/TL| = 1,02$

(7) $fc_P/TL = 0,605$

[0135] In der Tabelle 6 ist eine Bildhöhe Y 1,0 und ist eine numerische Apertur N. A. auf der Bildseite 0,15. Die 0-te Oberfläche entspricht der Objektoberfläche oder der Bildoberfläche.
[0136] Das in der Tabelle 6 gezeigte optische System erfüllt die Beziehung (1), so dass ein ausreichender Arbeitsabstand sichergestellt ist.
[0137] Die Gesamtlänge TL des ersten und des zweiten optischen Bildgebungssystems (K_1 und K_2) des in der

Tabelle 6 gezeigten Ausführungsbeispiels ist 10,59 und die Gesamtlänge TL des in der Tabelle 2 gezeigten optischen Dyson-Systems ist 58,22. Daher ist die Gesamtlänge des in der Tabelle 6 gezeigten Ausführungsbeispiels so klein wie etwa 1/5 von derjenigen des optischen Dyson-Systems in **Fig.** 6.

[0138] Die **Fig.** 14A, 14B und 14C zeigen verschiedene Abberationen die durch den Lichtstrahl mit einer Belichtungswellenlänge (g-Linie: 436 nm) verursacht werden, des in **Fig.** 13 gezeigten Ausführungsbeispiels. In **Fig.** 14C gezeigte Linsenfehler sind durch Abberationskurven bei Bildhöhen von 1; 0,75 und 0,5 dargestellt. Das Ausmaß eines Linsenfehlers bei einer jeweiligen Bildhöhe ist ±0,014 μm. Wie es aus verschiedenen Abberationen, die in den **Fig.** 14A, 14B und 14C gezeigt sind, offensichtlich wird, werden die verschiedenen Abberationen in einem guten Gleichgewicht korrigiert.

[0139] Ein erstes optisches Bildgebungssystems K_1 (oder ein zweites optisches Bildgebungssystem K_2), das ein optisches Projektionssystem gemäß dem sechsten Ausführungsbeispiel bildet, wird nachfolgend unter Bezugnahme auf **Fig.** 15 beschrieben.

[0140] **Fig.** 15 ist eine Ansicht, die die Linsenanordnung des ersten optischen Bildgebungssystems K_1 (des zweiten optischen Bildgebungssystem K_2), das in **Fig.** 1 gezeigt ist, gemäß dem sechsten Ausführungsbeispiel zeigt. Der angenehmen Beschreibung halber wird die in **Fig.** 15 gezeigte Linsenanordnung wie diejenige des ersten optischen Bildgebungssystems K_1 beschrieben.

[0141] Wie es in **Fig.** 15 gezeigt ist, hat das erste optische Bildgebungssystems K_1 (oder das zweite optische Bildgebungssystem K_2), ein erstes optischen Brechungssystem S_1 (oder ein zweites optisches Brechungssystem S_2), das aus einer ersten positiven Linsengruppe G_{1P} (oder einer zweiten positiven Linsengruppe G_{2P}) und einer ersten negativen Linsengruppe G_{1N} (oder einer zweiten negativen Linsengruppe G_{2N}) und einem ersten konkaven Reflexionsspiegel M_1 (oder einem zweiten konkaven Reflexionsspiegel M_2) besteht. Der angenehmen Beschreibung halber ist in **Fig.** 15 ein erstes rechteckförmiges Prisma P_1 (oder ein zweites rechteckförmiges Prisma P_2), das auf der linken Seite des ersten optischen Brechungssystems S_1 (oder des zweiten optischen Brechungssystems S_2) angeordnet ist, nicht dargestellt.

[0142] Wie es in **Fig.** 15 gezeigt ist, weist die erste positive Linsengruppe G_{1P} folgendes auf: eine positive Meniskuslinse L_{1P1} mit ihrer konvexen Oberfläche zur Seite des ersten konkaven Reflexionsspiegels M_1 schauend, eine negative Meniskuslinse L_{1P2}, die an die positive Meniskuslinse L_{1P1} bondiert ist und die ihre konvexe Oberfläche zur Seite des ersten konkaven Reflexionsspiegels M_1 schauend hat, eine bikonvexe positive Linse L_{1P3} und eine negative Meniskuslinse L_{1P4}, die an die bikonvexe positive Linse L_{1P3} bondiert ist und ihre konvexe Oberfläche zur Seite des ersten konkaven Reflexionsspiegels M_1 schauend hat, und zwar in dieser Reihenfolge von der Objektseite zu der Seite des ersten konkaven Reflexionsspiegels M_1. Die erste negative Linsengruppe G_{1N} weist eine negative Meniskuslinse L_{1N1} mit ihrer konvexen Oberfläche zur Seite der ersten positiven Linsengruppe G_{1P} schauend auf.

[0143] Bei diesem Ausführungsbeispiel ist deshalb, weil die erste positive Linsengruppe G_{1P} durch eine bondierte Linsenkomponente (eine bondierte Linsenkomponente, die aus der positiven Meniskuslinse L_{1P1} und der negativen Meniskuslinse L_{1P2} besteht, oder eine bondierte Linsenkomponente, die aus der positiven Linse L_{1P3}) und der negativen Meniskuslinse L_{1P4} besteht) gebildet ist, die Anzahl von Komponenten der ersten positiven Linsengruppe G_{1P} selbst erniedrigt. Mit dieser Anordnung kann eine größere Dezentralisierungstoleranz zu der ersten positiven Linsengruppe G_{1P} eingestellt werden und kann das optische Projektionssystem auf einfache Weise hergestellt werden.

[0144] Eine Tabelle 7 zeigt die numerischen Daten des in **Fig.** 15 gezeigten optischen Systems. Zahlen ganz links stellen die Reihenfolge von einer Seite des Objekts O (oder der Seite des Primärbildes) zum ersten konkaven Reflexionsspiegel M_1 (oder zum zweiten konkaven Reflexionsspiegel M_2) dar; r den Krümmungsradius einer Linsenoberfläche oder einer reflektierenden Oberfläche; d den Abstand zwischen Linsenoberflächen; n den Brechungsindex eines Mediums (eines optischen Materials) in Bezug auf einen Lichtstrahl mit einer Belichtungswellenlänge (g-Linie: 436 nm); und Φ den Außendurchmesser eines Mediums (eines optischen Materials). In der Tabelle 7 stellt WD den Arbeitsabstand des ersten optischen Bildgebungssystems K_1 dar; D_1 den Abstand von der Objektoberfläche O zum Scheitelpunkt des rechteckförmigen Prismas P_1 (eine Stelle auf der Kammlinie, die durch die zwei reflektierenden Oberflächen gebildet wird, die senkrecht zueinander sind) im ersten optischen Bildgebungssystem K_1 (den Abstand von der Objektoberfläche O zu einer optischen Achse AX des ersten optischen Bildgebungssystems K_1); D_2 den Abstand vom Scheitelpunkt des rechteckförmigen Prismas P_1 zum Scheitelpunkt der positiven Meniskuslinse L_{1P1} auf der Seite des Prismas P_1; D_{0I} den Abstand von der Objektoberfläche O (Maske) zu einer Bildoberfläche I (einer Primärbildoberfläche); Φmax den maximalen Außendurchmesser des ersten oder des zweiten optischen Bildgebungssystems (K_1 oder K_2); f_{GP} die Brennweite der ersten positiven Linsengruppe G_{1P} (oder der zweiten positiven Linsengruppe G_{2P}) ; f_{GN} die Brennweite der ersten negativen Linsengruppe G_{1N} (oder der zweiten negativen Linsengruppe G_{2N}); TL den Abstand (die Gesamtlänge) auf der optischen Achse AX von der Objektoberfläche O zum ersten konkaven Reflexionsspiegel M_1 (oder zum zweiten konkaven Reflexionsspiegel M_2); r_M den Krümmungsradius des ersten konkaven Reflexionsspiegels M_1 (oder des zweiten konkaven Reflexionsspiegels M_2); r_{1N} den Krümmungsradius der Linsenoberfläche der negativen Meniskuslinse der ersten negativen Linsengruppe G_{1N} auf der Seite

der ersten positiven Linsengruppe G_{1P}; r_{2N} den Krümmungsradius der Linsenoberfläche der negativen Meniskuslinse auf der Seite des ersten konkaven Reflexionsspiegels M_1; L_{NM} den Abstand auf der optischen Achse von der Bildseiten-Hauptstelle zum ersten konkaven Reflexionsspiegel M_1, welche Bildseite der Seite des ersten konkaven Reflexionsspiegels M_1 der negativen Meniskuslinse entspricht; und $L_{GP\text{-}GN}$ den Abstand von der Bildseiten-Hauptstelle, welche Bildseite der Seite des ersten konkaven Reflexionsspiegels M_1 der ersten positiven Linsengruppe G_{1P} entspricht, zur Bildseiten-Hauptstelle, welche Bildseite der Seite des ersten konkaven Reflexionsspiegels M_1 der ersten negativen Linsengruppe G_{1N} entspricht.

Tabelle 7

Sechstes Ausführungsbeispiel

WD = 2,29
D_1 = 2,02
D_2 = 0,27
D_{0I} = 4,04
TL = 11,99

	r	d	n	Φ	Optisches Element
0		2,29	1.00000		
1	-12,83	0,55	1,50332	2,9	L_{1P1} (L_{2P1})
2	-2,24	0,38	1,60384	2,9	L_{1P2} (L_{2P2})
3	-5,05	0,05	1,00000		
4	10,57	0,55	1,50332	2,9	(L_{IP3}, L_{2P3})
5	-8,20	0,38	1,52670	2,9	L_{1P4} (L_{2P4})
6	-12,32	4,81	1,00000		
7	8,99	0,38	1,52670	2,2	L_{1N1} (L_{2N1})
8	7,56	2,60	1.00000		
9	-12,33		-1.00000	1,9	M_1 (M_2)

Bedingungskorrespondenzwerte des sechsten Ausführungsbeispiels

[0145]

(1) $2 (WD - D_2)/\Phi max = 1,39$

(2) $|f_{GN}/f_{GP}| = 12,6$

(3) $q = -11,6$

(4) $L_{NM}/TL = 0,952$

(5) $L_{GP\text{-}GN}/TL = 0,568$

(6) $|r_M/TL| = 1,03$

(7) $f_{GP}/TL = 0,656$

[0146] In der Tabelle 7 ist eine Bildhöhe Y 1,0 und ist eine numerische Apertur N. A. auf der Bildseite 0,1. Die 0-te Oberfläche entspricht der Objektoberfläche oder der Bildoberfläche.
[0147] Das in der Tabelle 7 gezeigte optische System erfüllt die Beziehung (1), so dass ein ausreichender Arbeitsabstand sichergestellt ist.
[0148] Die Gesamtlänge TL des ersten und des zweiten optischen Bildgebungssystems (K_1 und K_2) des in der Tabelle 7 gezeigten Ausführungsbeispiels ist 11,99 und die Gesamtlänge TL des in der Tabelle 2 gezeigten optischen Dyson-Systems ist 58,22.

[0149] Daher ist die Gesamtlänge des in der Tabelle 7 gezeigten Ausführungsbeispiels so klein wie etwa 1/5 von derjenigen des optischen Dyson-Systems in **Fig.** 6.

[0150] Die **Fig.** 16A, 16B und 16C zeigen verschiedene Abberationen die durch den Lichtstrahl mit einer Belichtungswellenlänge (g-Linie: 436 nm) verursacht werden, des in **Fig.** 15 gezeigten Ausführungsbeispiels. In **Fig.** 16C gezeigte Linsenfehler werden durch Abberationskurven bei Bildhöhen von 1; 0,75 und 0,5 dargestellt. Das Ausmaß eines Linsenfehlers bei einer jeweiligen Bildhöhe ist ±0,014 μm. Wie es aus verschiedenen Abberationen, die in den **Fig.** 16A, 16B und 16C gezeigt sind, offensichtlich ist, werden die verschiedenen Abberationen in einem guten Gleichgewicht korrigiert.

[0151] Ein erstes optisches Bildgebungssystems K_1 (oder ein zweites optisches Bildgebungssystem K_2), das ein optisches Projektionssystem bildet gemäß dem siebten Ausführungsbeispiel, wird nachfolgend unter Bezugnahme auf **Fig.** 17 beschrieben.

[0152] **Fig.** 17 ist eine Ansicht, die die Linsenanordnung des ersten optischen Bildgebungssystems K_1 (des zweiten optischen Bildgebungssystem K_2), das in **Fig.** 1 gezeigt ist, gemäß dem siebten Ausführungsbeispiel zeigt. Der angenehmen Beschreibung halber wird die in **Fig.** 17 gezeigte Linsenanordnung wie diejenige des ersten optischen Bildgebungssystems K_1 beschrieben.

[0153] Wie es in **Fig.** 17 gezeigt ist, hat das erste optische Bildgebungssystems K_1 (oder das zweite optische Bildgebungssystem K_2), ein erstes optischen Brechungssystem S_1 (oder ein zweites optisches Brechungssystem S_2), das aus einer ersten positiven Linsengruppe G_{1P} (oder einer zweiten positiven Linsengruppe G_{2P}) und einer ersten negativen Linsengruppe G_{1N} (oder einer zweiten negativen Linsengruppe G_{2N}) besteht, und einen ersten konkaven Reflexionsspiegel M_1 (oder einen zweiten konkaven Reflexionsspiegel M_2). Der angenehmen Beschreibung halber ist in **Fig.** 17 ein erstes rechteckförmiges Prisma P_1 (oder ein zweites rechteckförmiges Prisma P_2), das auf der linken Seite des ersten optischen Brechungssystems S_1 (oder des zweiten optischen Brechungssystems S_2) angeordnet ist, nicht dargestellt.

[0154] Wie es in **Fig.** 17 gezeigt ist, weist die erste positive Linsengruppe G_{1P} folgendes auf: eine positive Meniskuslinse L_{1P1} mit ihrer konvexen Oberfläche zur Seite des ersten konkaven Reflexionsspiegels M_1 schauend, eine positive Meniskuslinse L_{1P2} mit ihrer konvexen Oberfläche zur Seite des ersten konkaven Reflexionsspiegels M_1 schauend, eine negative Meniskuslinse L_{1P3}, die an die positive Meniskuslinse L_{1P2} bondiert ist und ihre konvexe Oberfläche zur Seite des ersten konkaven Reflexionsspiegels M_2 schauend hat, und eine bikonvexe positive Linse L_{1P4} mit ihrer Oberfläche mit einer größeren Krümmung zur Seite der negativen Meniskuslinse L_{1P3} schauend, und zwar in dieser Reihenfolge von der Objektseite zur Seite des ersten konkaven Reflexionsspiegels M_1. Die erste negative Linsengruppe G_{1N} weist eine negative Meniskuslinse L_{1N1} mit ihrer konvexen Oberfläche zur Seite der ersten positiven Linsengruppe G_{1P} schauend auf.

[0155] Bei diesem Ausführungsbeispiel kann deshalb, weil die positive Meniskuslinse L_{1P2} und die negative Meniskuslinse L_{1P3} in der ersten positiven Linsengruppe G_{1P} als eine bondierte Linsenkomponente gebildet sind, eine größere Dezentralisierungstoleranz zu den zwei Linsen eingestellt werden und wird die Anzahl von Komponenten der ersten positiven Linsengruppe G_{1P} selbst erniedrigt. Mit dieser Anordnung kann das optische Projektionssystem auf einfache Weise hergestellt werden.

[0156] Eine Tabelle 8 zeigt die numerischen Daten des in **Fig.** 17 gezeigten optischen Systems. Zahlen ganz links stellen die Reihenfolge von einer Seite eines Objekts O (oder der Primärbildseite) zum ersten konkaven Reflexionsspiegel M_1 (oder zum zweiten konkaven Reflexionsspiegel M_2) dar; r den Krümmungsradius einer Linsenoberfläche oder einer reflektierenden Oberfläche; d den Abstand zwischen Linsenoberflächen; n den Brechungsindex eines Mediums (eines optischen Materials) in Bezug auf einen Lichtstrahl mit einer Belichtungswellenlänge (g-Linie: 436 nm); und Φ den Außendurchmesser eines Mediums (eines optischen Materials). In der Tabelle 8 stellt WD den Arbeitsabstand des ersten optischen Bildgebungssystems K_1 dar; D_1 den Abstand von der Objektoberfläche O zum Scheitelpunkt des rechteckförmigen Prismas P_1 (eine Stelle auf der Kammlinie, die durch die zwei reflektierenden Oberflächen gebildet wird, die senkrecht zueinander sind) im ersten optischen Bildgebungssystem K_1 (den Abstand von der Objektoberfläche O zu einer optischen Achse AX des ersten optischen Bildgebungssystems K_1); D_2 den Abstand von dem Scheitelpunkt des rechteckförmigen Prismas P_1 zum Scheitelpunkt der positiven Meniskuslinse L_{1P1} auf der Seite des Prismas P_1; D_{0I} den Abstand von der Objektoberfläche O (Maske) zu einer Bildoberfläche I (einer Primärbildoberfläche); Φmax den maximalen Außendurchmesser des ersten oder des zweiten optischen Bildgebungssystems (K_1 oder K_2); f_{GP} die Brennweite der ersten positiven Linsengruppe G_{1P} (oder der zweiten positiven Linsengruppe G_{2P}) ; f_{GN} die Brennweite der ersten negativen Linsengruppe G_{1N} (oder der zweiten negativen Linsengruppe G_{2N}); TL den Abstand (die Gesamtlänge) auf der optischen Achse AX von der Objektoberfläche O zum ersten konkaven Reflexionsspiegel M_1 (oder zum zweiten konkaven Reflexionsspiegel M_2); r_M den Krümmungsradius des ersten konkaven Reflexionsspiegels M_1 (oder des zweiten konkaven Reflexionsspiegels M_2); r_{1N} den Krümmungsradius der Linsenoberfläche der negativen Meniskuslinse der ersten negativen Linsengruppe G_{1N} auf der Seite der ersten positiven Linsengruppe G_{1P}; r_{2N} den Krümmungsradius der Linsenoberfläche der negativen Meniskuslinse auf der Seite des ersten konkaven Reflexionsspiegels M_1; L_{NM} den Abstand auf der optischen Achse von der Bildseiten-Hauptstelle zum ersten konkaven Reflexionsspiegel M_1, welche Bildseite der Seite des ers-

ten konkaven Reflexionsspiegels M_1 der negativen Meniskuslinse entspricht; und L_{GP-GN} den Abstand von der Bildseiten-Hauptstelle, welche Bildseite der Seite des ersten konkaven Reflexionsspiegels M_1 der ersten positiven Linsengruppe G_{1P} entspricht, zur Bildseiten-Hauptstelle, welche Bildseite der Seite des ersten konkaven Reflexionsspiegels M_1 der ersten negativen Linsengruppe G_{1N} entspricht.

Tabelle 8

Siebtes Ausführungsbeispiel

WD = 2,29
D_1 = 2,02
D_2 = 0,27
D_{0I} = 4,04
TL = 9,92

	r	d	n	Φ	Optisches Element
0		2,29	1.00000		
1	-7,12	0,39	1,48088	2,8	L_{1P1} (L_{2P1})
2	-4,33	0,04	1.00000		
3	-34,60	0,54	1,48088	2,8	L_{1P2} (L_{2P2})
4	-2,62	0,35	1,60384	2,8	L_{1P3} (L_{2P3})
5	-7,75	0,04	1,00000		
6	5,78	0,43	1,48088	2,8	L_{1P4} (L_{2P4})
7	-24,55	4,43	1,00000		
8	9,60	0,33	1,48088	2,8	L_{1N1} (L_{2N1})
9	6,24	1,10	1.00000		
10	-10,01		-1.00000	1,5	M_1 (M_2)

Bedingungskorrespondenzwerte des siebten Ausführungsbeispiels

[0157]

(1) $2 (WD - D_2)/\Phi max = 1,39$

(2) $|f_{GN}/f_{GP}| = 6,33$

(3) $q = -4,71$

(4) $L_{NM}/TL = 0,0687$

(5) $L_{GP-GN}/TL = 0,546$

(6) $|r_M/TL| = 1,01$

(7) $f_{GP}/TL = 0,610$

[0158] In der Tabelle 8 ist eine Bildhöhe Y 1,0 und ist eine numerische Apertur N. A. auf der Bildseite 0,1. Die 0-te Oberfläche entspricht der Objektoberfläche oder der Bildoberfläche.
[0159] Das in der Tabelle 8 gezeigte optische System erfüllt die Beziehung (1), so dass ein ausreichender Arbeitsabstand sichergestellt ist.
[0160] Die Gesamtlänge TL des ersten und des zweiten optischen Bildgebungssystems (K_1 und K_2) des in der Tabelle 8 gezeigten Ausführungsbeispiels ist 9,92 und die Gesamtlänge TL des in der Tabelle 2 gezeigten optischen Dyson-Systems ist 58,22. Daher ist die Gesamtlänge des in der Tabelle 8 gezeigten Ausführungsbeispiels so klein wie etwa 1/6 von derjenigen des optischen Dyson-Systems in **Fig.** 6.
[0161] Die **Fig.** 18A, 18B und 18C zeigen verschiedene Abberationen die durch den Lichtstrahl mit einer Be-

lichtungswellenlänge (g-Linie: 436 nm) verursacht werden, des in **Fig.** 17 gezeigten Ausführungsbeispiels. In **Fig.** 18C gezeigte Linsenfehler sind durch Abberationskurven bei Bildhöhen von 1; 0,75 und 0,5 dargestellt. Das Ausmaß eines Linsenfehlers bei einer jeweiligen Bildhöhe ist ±0,014 μm. Wie es aus verschiedenen Abberationen, die in den **Fig.** 18A, 18B und 18C gezeigt sind, offensichtlich ist, werden die verschiedenen Abberationen in einem guten Gleichgewicht korrigiert.

[0162] Ein erstes optisches Bildgebungssystems K_1 (oder ein zweites optisches Bildgebungssystem K_2), das ein optisches Projektionssystem bildet gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel, wird nachfolgend unter Bezugnahme auf **Fig.** 19 beschrieben.

[0163] **Fig.** 19 ist eine Ansicht, die die Linsenanordnung des ersten optischen Bildgebungssystems K_1 (des zweiten optischen Bildgebungssystem K_2), das in **Fig.** 1 gezeigt ist, gemäß dem achten Ausführungsbeispiel zeigt. Der angenehmen Beschreibung halber wird die in **Fig.** 19 gezeigte Linsenanordnung wie diejenige des ersten optischen Bildgebungssystems K_1 beschrieben.

[0164] Wie es in **Fig.** 19 gezeigt ist, hat das erste optische Bildgebungssystems K_1 (oder das zweite optische Bildgebungssystem K_2), ein erstes optischen Brechungssystem S_1 (oder ein zweites optisches Brechungssystem S_2), das aus einer ersten positiven Linsengruppe G_{1P} (oder einer zweiten positiven Linsengruppe G_{2P}) und einer ersten negativen Linsengruppe G_{1N} (oder einer zweiten negativen Linsengruppe G_{2N}) besteht, und einen ersten konkaven Reflexionsspiegel M_1 (oder einen zweiten konkaven Reflexionsspiegel M_2). Der angenehmen Beschreibung halber ist in **Fig.** 19 ein erstes rechteckförmiges Prisma P_1 (oder ein zweites rechteckförmiges Prisma P_2), das auf der linken Seite des ersten optischen Brechungssystems S_1 (oder des zweiten optischen Brechungssystems S_2) angeordnet ist, nicht dargestellt.

[0165] Wie es in **Fig.** 19 gezeigt ist, weist die erste positive Linsengruppe G_{1P} folgendes auf: eine positive Meniskuslinse L_{1P1} mit ihrer konvexen Oberfläche zur Seite des ersten konkaven Reflexionsspiegels M_1 schauend, eine positive Meniskuslinse L_{1P2} mit ihrer konvexen Oberfläche zur Seite des ersten konkaven Reflexionsspiegels M_1 schauend, eine negative Meniskuslinse Lies, die an die positive Meniskuslinse L_{1P2} bondiert ist und ihre konvexe Oberfläche zur Seite des ersten konkaven Reflexionsspiegels M_1 schauend hat und eine bikonvexe positive Linse L_{1P4} mit ihrer Oberfläche mit einer größeren Krümmung zur Seite der negativen Meniskuslinse L_{1P3} schauend, und zwar in dieser Reihenfolge von der Objektseite zur Seite des ersten konkaven Reflexionsspiegels M_1. Die erste negative Linsengruppe G_{1N} weist eine negative Meniskuslinse L_{1N1} mit ihrer konvexen Oberfläche zur Seite der ersten positiven Linsengruppe G_{1P} schauend auf.

[0166] Bei diesem Ausführungsbeispiel kann deshalb, weil die positive Meniskuslinse L_{1P2} und die negative Meniskuslinse L_{1P3} in der ersten positiven Linsengruppe G_{1P} als eine bondierte Linsenkomponente gebildet sind, eine größere Dezentrierungstoleranz zu den zwei Linsen eingestellt werden, und wird die Anzahl von Komponenten der ersten positiven Linsengruppe G_{1P} selbst erniedrigt. Mit dieser Anordnung kann das optische Projektionssystem auf einfache Weise hergestellt werden.

[0167] Eine Tabelle 9 zeigt die numerischen Daten des in **Fig.** 19 gezeigten optischen Systems. Zahlen ganz links stellen die Reihenfolge von einer Seite des Objekts O (oder der Primärbildseite) zum ersten konkaven Reflexionsspiegel M_1 (oder zum zweiten konkaven Reflexionsspiegel M_2) dar; r den Krümmungsradius einer Linsenoberfläche oder einer reflektierenden Oberfläche; d den Abstand zwischen Linsenoberflächen; n den Brechungsindex eines Mediums (eines optischen Materials) in Bezug zu einem Lichtstrahl mit einer Belichtungswellenlänge (g-Linie: 436 nm); und Φ den Außendurchmesser eines Mediums (eines optischen Materials). In der Tabelle 9 stellt WD den Arbeitsabstand des ersten optischen Bildgebungssystems K_1 dar; D_1 den Abstand von der Objektoberfläche O zum Scheitelpunkt des rechteckförmigen Prismas P_1 (einer Stelle auf der Kammlinie, die durch die zwei reflektierenden Oberflächen gebildet wird, die senkrecht zueinander sind) im ersten optischen Bildgebungssystem K_1 (den Abstand von der Objektoberfläche O zu einer optischen Achse AX des ersten optischen Bildgebungssystems K_1); D_2 den Abstand vom Scheitelpunkt des rechteckförmigen Prismas P_1 zum Scheitelpunkt der positiven Meniskuslinse L_{1P1} auf der Seite des Prismas P_1; D_{0I} den Abstand von der Objektoberfläche O (Maske) zu einer Bildoberfläche I (einer Primärbildoberfläche); Φmax den maximalen Außendurchmesser des ersten oder des zweiten optischen Bildgebungssystems (K_1 oder K_2); f_{GP} die Brennweite der ersten positiven Linsengruppe G_{1P} (oder der zweiten positiven Linsengruppe G_{2P}); f_{GN} die Brennweite der ersten negativen Linsengruppe G_{1N} (oder der zweiten negativen Linsengruppe G_{2N}); TL den Abstand (die Gesamtlänge) auf der optischen Achse AX von der Objektoberfläche O zum ersten konkaven Reflexionsspiegel M_1 (oder zum zweiten konkaven Reflexionsspiegel M_2); r_M den Krümmungsradius des ersten konkaven Reflexionsspiegels M_1 (oder des zweiten konkaven Reflexionsspiegels M_2); r_{1N} den Krümmungsradius der Linsenoberfläche der negativen Meniskuslinse der ersten negativen Linsengruppe G_{1N} auf der Seite der ersten positiven Linsengruppe G_{1P}; r_{2N} den Krümmungsradius der Linsenoberfläche der negativen Meniskuslinse auf der Seite des ersten konkaven Reflexionsspiegels M_1; L_{NM} den Abstand auf der optischen Achse von der Bildseiten-Hauptstelle zum ersten konkaven Reflexionsspiegel M_1, welche Bildseite der Seite des ersten konkaven Reflexionsspiegels M_1 der negativen Meniskuslinse entspricht; und $L_{GP\text{-}GN}$ den Abstand von der Bildseiten-Hauptstelle, welche Bildseite der Seite des ersten konkaven Reflexionsspiegels M_1 der ersten positiven Linsengruppe G_{1P} entspricht, zur Bildseiten-Hauptstelle, welche Bildseite der Seite des ersten konkaven

Reflexionsspiegels M_1 der ersten negativen Linsengruppe G_{1N} entspricht.

Tabelle 9

Achtes Ausführungsbeispiel

WD = 2,43
D_1 = 2,16
D_2 = 0,27
D_{0I} = 4,32
TL = 9,83

	r	d	n	Φ	Optisches Element
0		2,43	1.00000		
1	-8,43	0,39	1,48088	2,8	L_{1P1} (L_{2P1})
2	-4,68	0,04	1.00000		
3	-27,09	0,54	1,48088	2,8	L_{1P2} (L_{2P2})
4	-2,63	0,35	1,50384	2,8	L_{1P3} (L_{2P3})
5	-7,41	0,04	1,00000		
6	5,15	0,43	1,48088	2,8	L_{1P4} (L_{2P4})
7	-33,16	4,63	1,00000		
8	9,38	0,33	1,48088	2,8	L_{1N1} (L_{2N1})
9	5,77	0,65	1.00000		
10	-9,88		-1.00000	1,5	M_1 (M_2)

Bedingungskorrespondenzwerte des achten Ausführungsbeispiels

[0168]

(1) $2 (WD - D_2)/\Phi max = 1,54$

(2) $|f_{GN}/f_{GP}| = 5,53$

(3) $q = -4,20$

(4) $L_{NM}/TL = 0,0294$

(5) $L_{GP\text{-}GN}/TL = 0,567$

(6) $|r_M/TL| = 1,01$

(7) $f_{GP}/TL = 0,591$

[0169] In der Tabelle 9 ist eine Bildhöhe Y 1,0 und ist eine numerische Apertur N. A. auf der Bildseite 0,1. Die 0-te Oberfläche entspricht der Objektoberfläche oder der Bildoberfläche.
[0170] Das in der Tabelle 9 gezeigte optische System erfüllt die Beziehung (1), so dass ein ausreichender Arbeitsabstand sichergestellt ist.
[0171] Die Gesamtlänge TL des ersten und des zweiten optischen Bildgebungssystems (K_1 und K_2) des in der Tabelle 9 gezeigten Ausführungsbeispiels ist 9,83 und die Gesamtlänge TL des in der Tabelle 2 gezeigten optischen Dyson-Systems ist 58,22. Daher ist die Gesamtlänge des in der Tabelle 9 gezeigten Ausführungsbeispiels so klein wie etwa 1/6 von derjenigen des optischen Dyson-Systems in **Fig.** 6.
[0172] Die **Fig.** 20A, 20B und 20C zeigen verschiedene Abberationen die durch den Lichtstrahl mit einer Belichtungswellenlänge (g-Linie: 436 nm) verursacht werden, des in **Fig.** 19 gezeigten Ausführungsbeispiels. In **Fig.** 20C gezeigte Linsenfehler sind durch Abberationskurven bei Bildhöhen von 1; 0,75 und 0,5 dargestellt. Das Ausmaß eines Linsenfehlers bei einer jeweiligen Bildhöhe ist ±0,014 μm. Wie es aus verschiedenen Ab-

berationen, die in den **Fig.** 20A, 20B und 20C gezeigt sind, offensichtlich ist, werden die verschiedenen Abberationen in einem guten Gleichgewicht korrigiert.

[0173] Ein erstes optisches Bildgebungssystems K_1 (oder ein zweites optisches Bildgebungssystem K_2), das ein optisches Projektionssystem bildet, gemäß dem neunten Ausführungsbeispiel, wird nachfolgend unter Bezugnahme auf **Fig.** 21 beschrieben.

[0174] **Fig.** 21 ist eine Ansicht, die die Linsenanordnung des ersten optischen Bildgebungssystems K_1 (des zweiten optischen Bildgebungssystem K_2), das in **Fig.** 1 gezeigt ist, gemäß dem neunten Ausführungsbeispiel zeigt. Der angenehmen Beschreibung halber wird die in **Fig.** 21 gezeigte Linsenanordnung wie diejenige des ersten optischen Bildgebungssystems K_1 beschrieben.

[0175] Wie es in **Fig.** 21 gezeigt ist, hat das erste optische Bildgebungssystems K_1 (oder das zweite optische Bildgebungssystem K_2), ein erstes optischen Brechungssystem S_1 (oder ein zweites optisches Brechungssystem S_2), das aus einer ersten positiven Linsengruppe G_{1P} (oder einer zweiten positiven Linsengruppe G_{2P}) und einer ersten negativen Linsengruppe G_{1N} (oder einer zweiten negativen Linsengruppe G_{2N}) besteht und einen ersten konkaven Reflexionsspiegel M_1 (oder einen zweiten konkaven Reflexionsspiegel M_2). Der angenehmen Beschreibung halber ist in **Fig.** 21 ein erstes rechteckförmiges Prisma P_1 (oder ein zweites rechteckförmiges Prisma P_2), das auf der linken Seite des ersten optischen Brechungssystems S_1 (oder des zweiten optischen Brechungssystems S_2) angeordnet ist, nicht dargestellt.

[0176] Wie es in **Fig.** 21 gezeigt ist, weist die erste positive Linsengruppe G_{1P} folgendes auf: eine positive Meniskuslinse L_{1P1} mit ihrer konvexen Oberfläche zur Seite des ersten konkaven Reflexionsspiegels M_1 schauend, eine positive Meniskuslinse L_{1P2}, die an die positive Meniskuslinse L_{1P1} bondiert ist und ihre konvexe Oberfläche zur Seite des ersten konkaven Reflexionsspiegels M_1 schauend hat, eine bikonvexe positive Linse Lies, und eine positive Meniskuslinse L_{1P4} mit ihrer konvexen Oberfläche zur Seite des ersten konkaven Reflexionsspiegels M_1 schauend, und zwar in dieser Reihenfolge der von Objektseite zur Seite des ersten konkaven Reflexionsspiegels M_1. Die erste negative Linsengruppe G_{1N} weist eine negative Meniskuslinse L_{1N1} mit ihrer konvexen Oberfläche zur Seite der ersten positiven Linsengruppe G_{1P} schauend auf.

[0177] Bei diesem Ausführungsbeispiel kann deshalb, weil die positive Meniskuslinse L_{1P1} und die negative Meniskuslinse L_{1P2} in der ersten positiven Linsengruppe G_{1P} als eine bondierte Linsenkomponente gebildet sind, eine größere Dezentrierungstoleranz zu den zwei Linsen eingestellt werden, und wird die Anzahl von Komponenten der ersten positiven Linsengruppe G_{1P} selbst erniedrigt. Mit dieser Anordnung kann das optische Projektionssystem auf einfache Weise hergestellt werden.

[0178] Eine Tabelle 10 zeigt die numerischen Daten des in **Fig.** 21 gezeigten optischen Systems. Zahlen ganz links stellen die Reihenfolge von einer Seite des Objekts O (oder der Primärbildseite) zum ersten konkaven Reflexionsspiegel M_1 (oder zum zweiten konkaven Reflexionsspiegel M_2) dar; r den Krümmungsradius einer Linsenoberfläche oder einer reflektierenden Oberfläche; d den Abstand zwischen Linsenoberflächen; n den Brechungsindex eines Mediums (eines optischen Materials) in Bezug zu einem Lichtstrahl mit einer Belichtungswellenlänge (g-Linie: 436 nm); und Φ den Außendurchmesser eines Mediums (eines optischen Materials). In der Tabelle 10 stellt WD den Arbeitsabstand des ersten optischen Bildgebungssystems K_1 dar; D_1 den Abstand von der Objektoberfläche O zum Scheitelpunkt des rechteckförmigen Prismas P_1 (einer Stelle auf der Kammlinie, die durch die zwei reflektierenden Oberflächen gebildet wird, die senkrecht zueinander sind) im ersten optischen Bildgebungssystem K_1 (den Abstand von der Objektoberfläche O zu einer optischen Achse AX des ersten optischen Bildgebungssystems K_1); D_2 den Abstand vom Scheitelpunkt des rechteckförmigen Prismas P_1 zum Scheitelpunkt der positiven Meniskuslinse L_{1P1} auf der Seite des Prismas P_1; D_{0I} den Abstand von der Objektoberfläche O (Maske) zu einer Bildoberfläche I (einer Primärbildoberfläche); Φmax den maximalen Außendurchmesser des ersten oder des zweiten optischen Bildgebungssystems (K_1 oder K_2); f_{GP} die Brennweite der ersten positiven Linsengruppe G_{1P} (oder der zweiten positiven Linsengruppe G_{2P}); f_{GN} die Brennweite der ersten negativen Linsengruppe G_{1N} (oder der zweiten negativen Linsengruppe G_{2N}); TL den Abstand (die Gesamtlänge) auf der optischen Achse AX von der Objektoberfläche O zum ersten konkaven Reflexionsspiegel M_1 (oder zum zweiten konkaven Reflexionsspiegel M_2); r_M den Krümmungsradius des ersten konkaven Reflexionsspiegels M_1 (oder des zweiten konkaven Reflexionsspiegels M_2); r_{1N} den Krümmungsradius der Linsenoberfläche der negativen Meniskuslinse der ersten negativen Linsengruppe G_{1N} auf der Seite der ersten positiven Linsengruppe G_{1P}; r_{2N} den Krümmungsradius der Linsenoberfläche der negativen Meniskuslinse auf der Seite des ersten konkaven Reflexionsspiegels M_1; L_{NM} den Abstand auf der optischen Achse von der Bildseiten-Hauptstelle zum ersten konkaven Reflexionsspiegel M_1, welche Bildseite der Seite des ersten konkaven Reflexionsspiegels M_1 der negativen Meniskuslinse entspricht; Und $L_{GP\text{-}GN}$ den Abstand von der Bildseiten-Hauptstelle, welche Bildseite der Seite des ersten konkaven Reflexionsspiegels M_1 der ersten positiven Linsengruppe G_{1P} entspricht, zu der Bildseiten-Hauptstelle, welche Bildseite der Seite des ersten konkaven Reflexionsspiegels M_1 der ersten negativen Linsengruppe G_{1N} entspricht.

Tabelle 10

Neuntes Ausführungsbeispiel

WD = 2,23
D_1 = 1,96
D_2 = 0,27
D_{0l} = 3,92
TL = 9,16

	r	d	n	Φ	Optisches Element
0		2,23	1.00000		
1	-359,70	0,54	1,48088	2,7	L_{1P1} (L_{2P1})
2	-2,41	0,33	1,60384	2,7	L_{1P2} (L_{2P2})
3	-4,79	0,04	1,00000		
4	7,53	0,61	1,48088	2,7	L_{1P3} (L_{2P3})
5	-18,03	1,38	1,00000		
6	5,71	0,85	1,48088	2,3	L_{1P4} (L_{2P4})
7	18,35	0,11	1,00000		
8	7,39	0,84	1,60384	2,1	L_{1N1} (L_{2N1})
9	3,90	2,23	1.00000		
10	-9,01		-1.00000	1,3	M_1 (M_2)

Bedingungskorrespondenzwerte des neunten Ausführungsbeispiels

[0179]

(1) $2 (WD - D_2)/\Phi max = 1,45$

(2) $|f_{GN}/f_{GP}| = 3,17$

(3) $q = -3,23$

(4) $L_{NM}/TL = 0,0173$

(5) $L_{GP-GN}/TL = 0,385$

(6) $|r_M/TL| = 0,983$

(7) $f_{GP}/TL = 0,519$

[0180] In der Tabelle 10 ist eine Bildhöhe Y 1,0 und ist eine numerische Apertur N. A. auf der Bildseite 0,1. Die 0-te Oberfläche entspricht der Objektoberfläche oder der Bildoberfläche.
[0181] Das in der Tabelle 10 gezeigte optische System erfüllt die Beziehung (1), so dass ein ausreichender Arbeitsabstand sichergestellt ist.
[0182] Die Gesamtlänge TL des ersten und des zweiten optischen Bildgebungssystems (K_1 und K_2) des in der Tabelle 10 gezeigten Ausführungsbeispiels ist 9,16 und die Gesamtlänge TL des in der Tabelle 2 gezeigten optischen Dyson-Systems ist 58,22. Daher ist die Gesamtlänge des in der Tabelle 10 gezeigten Ausführungsbeispiels so klein wie etwa 1/6 von derjenigen des optischen Dyson-Systems in **Fig.** 6.
[0183] Die **Fig.** 22A, 22B und 22C zeigen verschiedene Abberationen die durch den Lichtstrahl mit einer Belichtungswellenlänge (g-Linie: 436 nm) verursacht werden, des in **Fig.** 21 gezeigten Ausführungsbeispiels. In **Fig.** 22C gezeigte Linsenfehler sind durch Abberationskurven bei Bildhöhen von 1; 0,75 und 0,5 dargestellt. Das Ausmaß eines Linsenfehlers bei einer jeweiligen Bildhöhe ist ±0,014 μm. Wie es aus verschiedenen Abberationen, die in den **Fig.** 22A, 22B und 22C gezeigt sind, offensichtlich ist, werden die verschiedenen Abberationen in einem guten Gleichgewicht korrigiert.

[0184] Bei dem ersten oder dem zweiten optischen Bildgebungssystems (K_1 oder K_2) von jedem der obigen ersten bis neunten Ausführungsbeispiele wird das rechteckförmige Prisma P_1 oder P_2, das als Reflexionsspiegel mit reflektierenden Oberflächen, die einander bei 90° kreuzen, als das erste oder das zweite reflektierende Element verwendet. Statt dessen kann ebenso ein Prismaelement mit gesamten reflektierenden Oberflächen, die einander bei 90° kreuzen, verwendet werden.

[0185] Das zehnte Ausführungsbeispiel, bei welchen Prismenelemente als ein erstes oder zweites reflektierendes Element verwendet werden, wird nachfolgend unter Bezugnahme auf **Fig.** 23 beschrieben.

[0186] **Fig.** 23 ist eine Ansicht, die schematisch ein optisches Projektionssystem einer Belichtungsvorrichtung gemäß dem zehnten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt. In **Fig.** 23 wird das X-Y-Z-Koordinatensystem wie in **Fig.** 1 verwendet, und dieselben Bezugszeichen bezeichnen dieselben Elemente.

[0187] Gemäß **Fig.** 23 hat ein erstes optisches Projektionssystem **35a** ein erstes optisches Bildgebungssystem K_1 zum Ausbilden des Primärbildes eines Schaltkreismusters auf einer Maske **10** und ein zweites optisches Bildgebungssystem K_2 zum Ausbilden des aufgerichteten Bildes (des sekundären Bildes) des Schaltkreismusters auf einer Platte **30** auf der Basis eines Lichtstrahls vom Primärbild. Das erste optische Bildgebungssystem K_1 hat ein Prismenelement P_1 (ein erstes reflektierendes Element) mit gesamten reflektierenden Oberflächen P_{1a} und P_{1b}, in Bezug auf die Ebene (X-Y-Ebene) der Maske **10** um 45° geneigt, ein erstes optisches Brechungssystem S_1, das aus einer ersten positiven Linsengruppe G_{1P} und einer ersten negativen Linsengruppe G_{1N} besteht, und einen ersten konkaven Reflexionsspiegel M_1.

[0188] Die erste positive Linsengruppe G_{1P} weist eine bondierte Linse auf, die aus einer positiven Meniskuslinse L_{1P1} mit ihrer konvexen Oberfläche zur Seite des ersten konkaven Reflexionsspiegels M_1 schauend und einer negativen Meniskuslinse L_{1P2} mit ihrer konvexen Oberfläche zur Seite des ersten konkaven Reflexionsspiegels M_1 schauend besteht, und eine bikonvexe positive Linse L_{1P3}. Die erste negative Linsengruppe G_{1N} weist nur eine negative Meniskuslinse L_{1N1} mit ihrer konvexen Oberfläche zur Seite der ersten positiven Linsengruppe G_{1P} schauend auf.

[0189] Die Anordnung des zweiten optischen Bildgebungssystem K_2 ist dieselbe wie diejenige des ersten optischen Bildgebungssystems K_1. Genauer gesagt hat das zweite optische Bildgebungssystem K_2 ein Prismenelement P_2 (ein zweites reflektierendes Element) mit total reflektierenden Oberflächen P_{2a} und P_{2b}, die in Bezug auf die Ebene (X-Y-Ebene) der Platte **30** um 45° geneigt sind, ein zweites optisches Brechungssystem S_2, das aus einer zweiten positiven Linsengruppe G_{2P} und einer zweiten negativen Linsengruppe G_{2N} besteht, und einen zweiten konkaven Reflexionsspiegel M_2.

[0190] Wie bei der ersten positiven Linsengruppe G_{1P} weist die zweite positive Linsengruppe G_{2P} eine bondierte Linse auf, die aus einer positiven Meniskuslinse L_{2P1} mit ihrer konvexen Oberfläche zur Seite des zweiten konkaven Reflexionsspiegels M_2 schauend und einer negativen Meniskuslinse L_{2P2} mit ihrer konvexen Oberfläche zur Seite des zweiten konkaven Reflexionsspiegels M_2 schauend besteht, und eine bikonvexe positive Linse L_{2P3}. Die zweite negative Linsengruppe G_{2N} weist nur eine negative Meniskuslinse L_{2N1} mit ihrer konvexen Oberfläche zur Seite der zweiten positiven Linsengruppe G_{2P} schauend auf.

[0191] Eine Sehfeldblende FS zum Regeln des Projektionsbereichs auf der Platte **30** ist bei der Position vorgesehen, wo das Primärbild des Schaltkreismusters durch das erste optische Bildgebungssystem K_1 ausgebildet wird. Die Anordnung dieser Sehfeldblende FS ist dieselbe wie bei dem in den **Fig.** 1, 2A, 2B und 2C gezeigten Ausführungsbeispiel und eine detaillierte Beschreibung davon wird weggelassen werden.

[0192] Das Schaltkreismuster auf der Maske **10** wird mit einem Beleuchtungs-Lichtstrahl (Belichtungs-Lichtstrahl) von einem optischen Belichtungssystem **40** bei einer nahezu einheitlichen Belichtung belichtet. Der Lichtstrahl von dem Schaltkreismuster breitet sich entlang der -Z-Richtung in **Fig.** 23 aus, fällt auf das Prismenelement P_1 ein, wird durch die total reflektierende Oberfläche P_{1a} des Prismenelements P_1 um 90° abgelenkt bzw. gebeugt, breitet sich entlang der +X-Richtung in **Fig.** 23 aus und tritt aus dem Prismenelement P_1 aus. Der Lichtstrahl vom Prismenelement P_1 fällt auf die erste positive Linsengruppe G_{1P} (L_{1P} bis L_{1P4}) ein und erreicht den ersten konkaven Reflexionsspiegel M_1 durch die erste negative Linsengruppe G_{1N} (L_{1N1}). Der erste konkave Reflexionsspiegel M_1 ist nahezu bei der hinteren Brennpunktposition des ersten optischen Brechungssystems S_1 (G_{1P} und G_{1N}) angeordnet. Das bedeutet, dass der erste konkave Reflexionsspiegel M_1 bei der Pupillenebene des ersten optischen Bildgebungssystems K_1 angeordnet ist. Die hintere Brennpunktsposition des ersten optischen Brechungssystems S_1 wird dann erhalten, wenn die Seite des Prismenelements P_1 als eine Vorderseite definiert ist, und die Seite des ersten konkaven Reflexionsspiegels M_1 als eine Rückseite definiert ist.

[0193] Der durch den ersten konkaven Reflexionsspiegel M_1 reflektierte Lichtstrahl breitet sich entlang der –X-Richtung in **Fig.** 1 durch die erste negative Linsengruppe G_{1N} (L_{1N1}) und die erste positive Linsengruppe G_{1P} (L_{1P1} bis L_{1P4}) aus und fällt auf das rechteckförmige Prisma P_1 ein. Der auf das rechteckförmige Prisma P_1 einfallende Lichtstrahl wird durch die total reflektierende Oberfläche P_{1b}, die im rechteckförmigen Prisma P_1 vorgesehen ist, um 90° gebeugt bzw. abgelenkt, breitet sich entlang der -Z-Richtung in **Fig.** 23 aus und bildet das Primärbild des Schaltkreismusters bei der Position der Sehfeldblende FS. In diesem Primärbild ist die transversale Vergrößerung der X-Richtung nahezu +1-fach und ist die transversale Vergrößerung in der Y-Richtung

nahezu –1-fach.

[0194] Der Lichtstrahl von dem Primärbild bildet das Sekundärbild des Schaltkreismusters auf die Platte **30** durch das zweite optische Bildgebungssystem K_2. Die transversalen Vergrößerungen in den X- und Y-Richtungen dieses Sekundärbildes sind nahe +1-fach. Das bedeutet, dass das auf der Platte **30** gebildete Sekundärbild ein aufrecht stehendes Bild ist. Die Funktion des zweiten optischen Bildgebungssystems K_2 ist dieselbe wie diejenige des ersten optischen Bildgebungssystems K_1, und eine detaillierte Beschreibung davon wird weggelassen werden.

[0195] Bei diesem Ausführungsbeispiel kann deshalb, weil das Bild des Schaltkreismusters, das auf der Platte **30** gebildet wird, ein aufrecht stehendes Bild ist, auch eine Abtastbelichtung durch Durchführen einer Belichtungsoperation während eines integralen Bewegens der durch eine Maskenstufe MS gehaltenen Maske **10** und der durch eine Plattenstufe PS gehaltenen Platte **30** in derselben Richtung durchgeführt werden.

[0196] Eine Telezentrizität wird bei dem ersten optischen Bildgebungssystem K_1 auf der Seite der Maske **10** und auf der Seite der Sehfeldblende FS erreicht, weil der erste konkave Reflexionsspiegel bei der hinteren Brennpunktsposition des ersten optischen Brechungssystems S_1 angeordnet ist. Gleichermaßen wird eine Telezentrizität bei dem zweiten optischen Bildgebungssystem K_2 auf der Seite der Sehfeldblende FS und auf der Seite der Platte **30** erreicht, weil der zweite konkave Reflexionsspiegel M_2 bei der hinteren Brennpunktsposition des ersten optischen Brechungssystems S_2 angeordnet ist. Das bedeutet, dass das erste optische Projektionssystem **35a** ein beidseitiges telezentrisches optisches System (auf der Seite der Maske **10** und auf der Seite der Platte **30**) ist.

[0197] Bei diesem Ausführungsbeispiel ist eine Vielzahl von optischen Projektionssystemen, die jeweils denselben Aufbau wie denjenigen des ersten optischen Projektionssystems **35a** haben, angeordnet, wie es in **Fig.** 3 gezeigt ist. Die Anordnung von diesen optischen Projektionssystemen ist dieselbe wie in **Fig.** 3, und eine detaillierte Beschreibung davon wird weggelassen werden.

[0198] **Fig.** 24 ist eine Ansicht, die die Linsenanordnung des ersten optischen Bildgebungssystems K_1 (oder des zweiten optischen Bildgebungssystems K_2), das in **Fig.** 23 gezeigt ist, zeigt, wobei das Prismenelement P_1 (oder das Prismenelement P_2) als eine planparallele Platte dargestellt ist.

[0199] Wie es in **Fig.** 24 gezeigt ist, sind bei diesem Ausführungsbeispiel die bondierten Linsen L_{1P1} und L_{1P2} (oder L_{2P1} oder L_{2P2}) in der ersten positiven Linsengruppe G_{1P} (oder der zweiten positiven Linsengruppe G_{2P}) angeordnet. Mit dieser Anordnung kann die Anzahl von Komponenten der ersten positiven Linsengruppe G_{1P} (oder der zweiten positiven Linsengruppe G_{2P}) selbst erniedrigt werden, und eine größere Dezentrierungstoleranz kann zu der ersten positiven Linsengruppe G_{1P} (oder zu der zweiten positiven Linsengruppe G_{2P}) eingestellt werden. Daher kann das optische Projektionssystem auf einfache Weise hergestellt werden.

[0200] Bei dem in **Fig.** 24 gezeigten Ausführungsbeispiel kann die planparallele Platte entsprechend dem Prismenelement P_1 (oder dem Prismenelement P_2) auch aufgeteilt sein. Genauer gesagt kann die Prismenplatte P_1, die aus einer planparallelen Platte besteht, wie es in **Fig.** 25A gezeigt ist, in rechteckförmige Prismen P_{11} und P_{13} mit den total reflektierenden Oberflächen P_{1a} und P_{1b} und planparallelen Platten P_{10}, P_{12} und P_{14} aufgeteilt sein, wie es in **Fig.** 25B gezeigt ist. Bei dem in **Fig.** 25B gezeigten Beispiel hat die an die rechteckförmigen Prismen P_{11} und P_{13} bondierte planparallele Platte P_{12} eine Funktion zum Stützen der zwei rechteckförmigen Prismen P_{11} und P_{13}. Die planparallelen Platten P_{10} und P_{14} sind angeordnet, um um eine Achse entsprechend einer Richtung senkrecht zur optischen Achse gedreht zu werden, um dadurch eine Funktion zum Bewegen des Feldes oder des Bildes in einer Ebene senkrecht zur optischen Achse zu erhalten, d. h. die Funktion eines so genannten halbierenden Glases.

[0201] Eine Tabelle 11 zeigt die numerischen Daten des in **Fig.** 24 gezeigten optischen Systems. Zahlen ganz links stellen die Reihenfolge von einer Seite des Objekts O (oder der Primärbildseite) zum ersten konkaven Reflexionsspiegel M_1 (oder zum zweiten konkaven Reflexionsspiegel M_2) dar; r den Krümmungsradius einer Linsenoberfläche oder einer reflektierenden Oberfläche; d den Abstand zwischen Linsenoberflächen; n den Brechungsindex eines Mediums (eines optischen Materials) in Bezug zu einem Lichtstrahl mit einer Belichtungswellenlänge (g-Linie: 436 nm); und Φ den Außendurchmesser eines Mediums (eines optischen Materials). In der Tabelle 11 stellt WD den Arbeitsabstand des ersten optischen Bildgebungssystems K_1 dar; D_1 den Abstand von der Objektoberfläche O zum Scheitelpunkt des rechteckförmigen Prismas P_1 (eine Stelle auf der Kammlinie, die durch die zwei reflektierenden Oberflächen gebildet wird, die senkrecht zueinander sind) im ersten optischen Bildgebungssystem K_1 (den Abstand von der Objektoberfläche O zu einer optischen Achse AX des ersten optischen Bildgebungssystems K_1); D_2 den Abstand vom Scheitelpunkt des rechteckförmigen Prismas P_1 zum Scheitelpunkt der positiven Meniskuslinse L_{1P1} auf der Seite des Prismas P_1; D_{0I} den Abstand von der Objektoberfläche O (Maske) zu einer Bildoberfläche I (einer Primärbildoberfläche); Φmax den maximalen Außendurchmesser des ersten oder des zweiten optischen Bildgebungssystems (K_1 oder K_2); f_{GP} die Brennweite der ersten positiven Linsengruppe G_{1P} (oder der zweiten positiven Linsengruppe G_{2P}); f_{GN} die Brennweite der ersten negativen Linsengruppe G_{1N} (oder der zweiten negativen Linsengruppe G_{2N}); TL den Abstand (die Gesamtlänge) auf der optischen Achse AX von der Objektoberfläche O zum ersten konkaven Reflexionsspiegel M_1 (oder zum zweiten konkaven Reflexionsspiegel M_2); r_M den Krümmungsradius des ersten

konkaven Reflexionsspiegels M_1 (oder des zweiten konkaven Reflexionsspiegels M_2); r_{1N} den Krümmungsradius der Linsenoberfläche der negativen Meniskuslinse der ersten negativen Linsengruppe G_{1N} auf der Seite der ersten positiven Linsengruppe G_{1P}; r_{2N} den Krümmungsradius der Linsenoberfläche der negativen Meniskuslinse auf der Seite des ersten konkaven Reflexionsspiegels M_1; L_{NM} den Abstand auf der optischen Achse von der Bildseiten-Hauptstelle zu dem ersten konkaven Reflexionsspiegel M_1, welche Bildseite der Seite des ersten konkaven Reflexionsspiegels M_1 der negativen Meniskuslinse entspricht; und $L_{GP\text{-}GN}$ den Abstand von der Bildseiten-Hauptstelle, welche Bildseite der Seite des ersten konkaven Reflexionsspiegels M_1 der ersten positiven Linsengruppe G_{1P} entspricht, zur Bildseiten-Hauptstelle, welche Bildseite der Seite des ersten konkaven Reflexionsspiegels M_1 der ersten negativen Linsengruppe G_{1N} entspricht.

Tabelle 11

Zehntes Ausführungsbeispiel

WD = 2,49
D_1 = 2,38
D_2 = 0,11
D_{0I} = 4,72
TL = 9,70

	r	d	n	Φ	Optisches Element
0		1,40	1.00000		
1	0,00	0,98	1,59422		$P_1(P_2)$
2	0,00	0,11	1.00000		
3	-17,17	0,56	1,48088	2,7	L_{1P1} (L_{2P1})
4	-2,30	0,27	1,60384	2,7	L_{1P2} (L_{2P2})
5	-4,25	0,04	1,00000		
6	7,35	0,70	1,48088	2,7	L_{1P3} (L_{2P3})
7	18,96	3,25	1,00000		
8	3,47	0,62	1,60384	2,0	L_{1N1} (L_{2N1})
9	3,20	2,13	1.00000		
10	-10,05		-1.00000	1,8	M_1 (M_2)

[0202] Bedingungskorrespondenzwerte des zehnten Ausführungsbeispiels
[0203]

(1) $2 (WD - D_2)/\Phi max = 1,76$

(2) $|f_{GN}/f_{GP}| = 84,6$

(3) $q = -24,8$

(4) $L_{NM}/TL = -3,57$

(5) $L_{GP\text{-}GN}/TL = 4,22$

(6) $|r_M/TL| = 1,04$

(7) $f_{GP}/TL = 0,665$

[0204] In der Tabelle 11 ist eine Bildhöhe Y 1,0 und ist eine numerische Apertur N. A. auf der Bildseite 0,1. Die 0-te Oberfläche entspricht der Objektoberfläche oder der Bildoberfläche. In der Tabelle 11 stellt der Abstand TL auf der optischen Achse AX von der Objektoberfläche O zum ersten konkaven Reflexionsspiegel M_1 (oder zum zweiten konkaven Reflexionsspiegel M_2) die Luftumwandlungslänge des Prismenelements P_1 (oder des Prismenelements P_2) dar.

[0205] Das in der Tabelle 11 gezeigte optische System erfüllt die Beziehung (1), so dass ein ausreichender Arbeitsabstand sichergestellt ist.

[0206] Die Gesamtlänge TL des ersten und des zweiten optischen Bildgebungssystems (K_1 und K_2) des in der Tabelle 11 gezeigten Ausführungsbeispiels ist 9,70 und die Gesamtlänge TL des in der Tabelle 2 gezeigten optischen Dyson-Systems ist 58,22. Daher ist die Gesamtlänge des in der Tabelle 11 gezeigten Ausführungsbeispiels so klein wie etwa 1/6 von derjenigen des optischen Dyson-Systems in **Fig.** 6.

[0207] Die **Fig.** 26A, 26B und 26C zeigen verschiedene Abberationen die durch den Lichtstrahl mit einer Belichtungswellenlänge (g-Linie: 436 nm) verursacht werden, des in **Fig.** 24 gezeigten Ausführungsbeispiels. In **Fig.** 26C gezeigte Linsenfehler sind durch Abberationskurven bei Bildhöhen von 1; 0,75 und 0,5 dargestellt. Das Ausmaß eines Linsenfehlers bei einer jeweiligen Bildhöhe ist ±0,014 μm. Wie es aus verschiedenen Abberationen, die in den **Fig.** 26A, 26B und 26C gezeigt sind, offensichtlich ist, werden die verschiedenen Abberationen in einem guten Gleichgewicht korrigiert.

[0208] Zehn Beispiele eines optimalen optischen Systems, das das erste oder das zweite optische Bildgebungssystem (K_1 oder K_2) bildet, sind oben unter Bezugnahme auf die **Fig.** 4, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21 und 24 beschrieben worden. Jedoch muss nicht sowohl das erste als auch das zweite optische Bildgebungssystem (K_1 und K_2) durch identische optische Systeme gebildet sein. Beispielsweise kann das erste optische Bildgebungssystem K_1 durch eines der zehn optischen Systeme gebildet sein, die in den **Fig.** 4, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21 und 24 gezeigt sind, während das zweite optische Bildgebungssystem K_2 durch irgendein anderes der zehn optischen Systeme gebildet sein kann, was natürlich ist.

[0209] Gemäß jedem der obigen Ausführungsbeispiele kann ein breiter Belichtungsbereich in einer Richtung senkrecht zur Abtastrichtung durch eine Vielzahl von optischen Projektionssystemen gebildet werden. Aus diesem Grund kann der Belichtungsbereich ohne Erhöhen der Größe der einzelnen optischen Projektionssysteme ausgedehnt werden. Zusätzlich kann bei jedem der obigen Ausführungsbeispiele deshalb, weil eine Größenreduzierung des optischen Projektionssystems erreicht werden kann, eine Erhöhung bezüglich einer Abberation gemäß einer Erhöhung bezüglich einer Größe des optischen Systems unterdrückt werden. Weiterhin kann bei jedem der obigen Ausführungsbeispiele eine Belichtungsoperation eines großen Bildschirms durch eine einzige Abtastbelichtung durchgeführt werden. Daher kann eine Erhöhung bezüglich eines Durchsatzes erreicht werden und kann ein randloser Bildschirm gebildet werden.

[0210] Wie es oben beschrieben worden ist, kann gemäß der vorliegenden Erfindung eine kompakte Belichtungsvorrichtung mit hoher Leistungsfähigkeit, die eine Projektionsbelichtungsoperation mit zufrieden stellender optischer Leistungsfähigkeit durch Verwenden einer Vielzahl von kompakten optischen Projektionssystemen, die jeweils einen ausreichenden Arbeitsabstand sicherstellen können und eine exzellente Bildgebungsleistung haben, durchführen kann, während eine Erniedrigung bezüglich eines Durchsatzes selbst in einem großen Belichtungsbereich verhindert wird, erreicht werden.

[0211] Aus der so beschriebenen Erfindung wird es offensichtlich werden, dass die Erfindung auf viele Arten variiert werden kann. Solche Variationen sind nicht als Abweichung vom Sinngehalt und Schutzumfang der Erfindung anzusehen, und alle solche Modifikationen, wie sie einem Fachmann auf dem Gebiet offensichtlich sein würden, sollen innerhalb des Schutzumfangs der folgenden Ansprüche enthalten sein.

[0212] Die zugrunde liegenden japanischen Anmeldungen Nr. 5835/1995, eingereicht am 18. Januar 1995, und Nr. 136779/1995, eingereicht am 2. Juni 1995, sind hierdurch durch Bezugnahme enthalten.

Patentansprüche

1. Eine Belichtungsvorrichtung zum Projizieren und Übertragen eines Bildes eines ersten Objekts (**10**) auf ein zweites Objekt (**30**), wobei das erste und zweite Objekt in einer vorgegebenen Bewegungsrichtung bewegt werden, umfassend:

eine erste Vielzahl von beidseitig telezentrischen optischen Projektionssystemen (**35a**, **35b**, **35c**, **35d**) und eine zweite Vielzahl von beidseitig telezentrischen optischen Projektionssystemen (**35e**, **35f**, **35g**), bereitgestellt zum Bilden eines aufgerichteten Realgrößenbildes mit positiver horizontaler und vertikaler Vergrößerung des ersten Objekts (**10**) auf das zweite Objekt (**30**), und so angeordnet, dass ein weiter Belichtungsbereich in einer zur Bewegungsrichtung des ersten und zweiten Objekts rechtwinkligen Richtung bereitgestellt wird,

wobei die erste und die zweite Vielzahl von optischen Projektionssystemen in einer ersten Richtung parallel zur Bewegungsrichtung beabstandet sind, und

wobei, innerhalb jeder Vielzahl, die optischen Projektionssysteme in einer zweiten Richtung beabstandet sind, die rechtwinklig zur Bewegungsrichtung ist, und

wobei die durch die optischen Projektionssysteme der ersten und zweiten Vielzahl erzeugten Bildbereiche einander durch ein Bewegen des ersten und zweiten Objekts in der Bewegungsrichtung überlappen;

wobei die optischen Projektionssysteme jeweils umfassen:

ein beidseitig telezentrisches optisches Projektionssystem (**35a**), zum Bilden eines aufgerichteten Realgrößenbildes mit positiver horizontaler und vertikaler Vergrößerung des ersten Objekts (**10**) auf das zweite Objekt (**30**);

und
ein zweites beidseitig telezentrisches optisches Projektionssystem (**35b**) zum Bilden eines aufgerichteten Realgrößenbildes mit positiver horizontaler und vertikaler Vergrößerung des ersten Objekts (**10**) auf das zweite Objekt (**30**);
wobei das erste und das zweite optische Projektionssystem (**35a**, **35b**) jeweils umfasst:
ein erstes optisches Bildgebungssystem (K1) zum Sammeln eines Lichtstrahls von dem ersten Objekt (**10**) zur Bildung eines Primärbildes;
ein zweites optisches Bildgebungssystem (K2) zum Sammeln eines Lichtstrahls von dem Primärbild, um ein Sekundärbild zu erzeugen;
wobei das erste optische Bildgebungssystem (K1) umfasst:
eine erste positive Linsengruppe (G1P) mit einer positiven Brechkraft;
eine erste negative Linsengruppe (G1N) mit einer negativen Brechkraft;
einen ersten konkaven Reflektionsspiegel (M1),
wobei der Lichtstrahl von dem ersten Objekt (**10**) durch die erste positive Linsengruppe (G1P) und die zweite negative Linsengruppe (G1N) zu dem ersten konkaven Spiegel (M1) hindurchtritt, und nach einer Reflektion von diesem wiederum durch die erste negative Linsengruppe (G1N) und die erste positive Linsengruppe (G1P) hindurchtritt, wodurch das Primärbild gebildet wird;
wobei das zweite optische Bildgebesystem (K2) umfasst:
eine zweite positive Linsengruppe (G2P) mit einer positiven Brechkraft;
eine zweite negative Linsengruppe (G2N) mit einer negativen Brechkraft;
einen zweiten konkaven Reflektionsspiegel (M2),
wobei der Lichtstrahl von dem Primärbild durch die zweite positive Linsengruppe (G2P) und die zweite negative Linsengruppe (G2N) hindurchtritt, zum zweiten konkaven Spiegel (N2) reflektiert wird, und nach einer Reflektion von diesem wiederum durch die zweite negative Linsengruppe (G2N) und die zweite positive Linsengruppe (G2P) hindurchtritt, wobei das Sekundärbild erzeugt wird.

2. Eine Belichtungsvorrichtung nach Anspruch 1, wobei dann, wenn eine Fokuslänge der ersten positiven Linsengruppe in dem ersten optischen Bildgebesystem f_{GP} und eine Fokuslänge der ersten negativen Linsengruppe in dem ersten optischen Bildgebesystem f_{GN} ist, die folgende Beziehung erfüllt ist:

$3 < |f_{GN}/f_{GP}|$.

3. Eine Belichtungsvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei dann, wenn eine Fokuslänge der zweiten positiven Linsengruppe in dem zweiten optischen Bildgebesystem f_{GP} ist, und eine Fokuslänge der zweiten negativen Linsengruppe in dem zweiten optischen Bildgebesystem f_{GN} ist, die folgende Beziehung erfüllt ist:

$3 < |f_{GN}/f_{GP}|$.

4. Eine Belichtungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die erste negative Linsengruppe eine negative Meniskuslinse mit einer konvexen Oberfläche enthält, die einer ersten positiven Linsengruppenseite gegenüberliegt,
und wobei dann, wenn ein Krümmungsradius einer Linsenoberfläche der negativen Meniskuslinse auf der Seite der ersten positiven Linsengruppe r_{1N} ist, ein Krümmungsradius einer Linsenoberfläche der negativen Meniskuslinse auf einer Seite des ersten konkaven Reflektionsspiegels r_{2N} ist, ein Abstand entlang einer optischen Achse von einem bildseitigen Prinzipalpunkt zu dem ersten konkaven Reflektionsspiegel, wobei die Bildseite der ersten konkaven Reflektionsspiegelseite der negativen Meniskuslinse entspricht, L_{NM} ist, und ein Abstand entlang einer optischen Achse von dem ersten Objekt zu dem ersten konkaven Reflektionsspiegel TL ist, die folgenden Beziehungen erfüllt sind:

$-30 < q < -3$

$-4 < L_{NM}/TL < 0{,}2$

wobei $q = (r_{2N} + r_{1N})/(r_{2N})$

5. Eine Belichtungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die zweite negative Linsengruppe eine negative Meniskuslinse mit einer konvexen Oberfläche aufweist, die einer Seite der zweiten positiven Linsengruppe gegenüberliegt,
und wobei dann, wenn ein Krümmungsradius einer Linsenoberfläche der negativen Meniskuslinse auf der Seite der zweiten positiven Linsengruppe r_{1N} ist, ein Krümmungsradius einer Linsenoberfläche der negativen Me-

niskuslinse auf einer Seite des zweiten konkaven Reflektionsspiegels r_{2N} ist, ein Abstand entlang einer optischen Achse von einem bildseitigen Prinzipalpunkt zu dem zweiten konkaven Reflektionsspiegel, wobei die Bildseite der Seite des zweiten konkaven Reflektionsspiegels der negativen Meniskuslinse entspricht, L_{NM} ist, und ein Abstand entlang einer optischen Achse von dem ersten Objekt zu dem ersten konkaven Reflektionsspiegel TL ist, die folgenden Bezüge erfüllt sind:

$$-30 < q < -3$$

$$-4 < L_{NM}/TL < 0{,}2$$

wobei $q = (r_{2N} + r_{1N})/r_{2N} - r_{1N})$

6. Eine Belichtungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei dann, wenn ein Abstand von einem bildseitigen Prinzipalpunkt, wobei die Bildseite einer Seite des ersten konkaven Reflektionsspiegels der ersten positiven Linsengruppe entspricht, zu einem bildseitigen Prinzipalpunkt, wobei die Bildseite einer Seite des ersten konkaven Reflektionsspiegels der ersten negativen Linsengruppe entspricht, $L_{GP\text{-}GN}$ ist, und ein Abstand entlang einer optischen Achse von dem ersten Objekt zu dem ersten konkaven Reflektionsspiegel TL ist, die folgende Beziehung erfüllt ist:

$$0{,}3 < |L_{GP\text{-}GN}/TL.$$

7. Eine Belichtungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei dann, wenn ein Abstand von einem bildseitigen Prinzipalpunkt, wobei die Bildseite einer Seite eines zweiten konkaven Reflektionsspiegels der zweiten positiven Linsengruppe entspricht, zu einem bildseitigen Prinzipalpunkt, wobei die Bildseite einer Seite des zweiten konkaven Reflektionsspiegels der zweiten negativen Linsengruppe entspricht, $L_{GP\text{-}GN}$ ist, und ein Abstand entlang einer optischen Achse von dem ersten Objekt zu dem zweiten konkaven Reflektionsspiegel TL ist, die folgende Beziehung erfüllt ist:

$$0{,}35 < L_{GP\text{-}GN}/TL.$$

8. Eine Belichtungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei dann, wenn ein Kurvenradius des ersten konkaven Reflektionsspiegels in dem ersten optischen Bildgebesystem r_M ist, eine Fokuslänge der ersten positiven Linsengruppe f_{GP} ist, und ein Abstand entlang einer optischen Achse von dem ersten Objekt zu dem ersten konkaven Reflektionsspiegel TL ist, die folgenden Bezüge erfüllt sind:

$$0{,}95 < |r_M/TL| < 1{,}08$$

$$0{,}3 < f_{GP}/TL < 1{,}0.$$

9. Eine Belichtungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei dann, wenn ein Krümmungsradius des zweiten konkaven Reflektionsspiegels in dem zweiten optischen Bildgebesystem r_M ist, eine Fokuslänge der zweiten positiven Linsengruppe f_{GP} ist, und ein Abstand entlang einer optischen Achse von dem Primärbild zu dem zweiten konkaven Reflektionsspiegel TL ist, die folgenden Bezüge erfüllt sind:

$$0{,}95 < |r_M/TL| < 1{,}08$$

$$0{,}3 < f_{GP}/TL < 1{,}0.$$

10. Eine Belichtungsvorrichtung nach Anspruch 1, wobei die erste negative Linsengruppe eine positive Linse aufweist und eine negative Meniskuslinse, mit einer konkaven Oberfläche, die der Seite der ersten positiven Linsengruppe gegenüberliegt, in einer Folge von der Seite der ersten positiven Linsengruppe, und wobei die zweite negative Linsengruppe eine positive Linse aufweist und eine negative Meniskuslinse, mit einer konkaven Oberfläche, die der Seite der zweiten positiven Linsengruppe gegenüberliegt, in einer Folge von einer Seite der zweiten positiven Linsengruppe.

11. Eine Belichtungsvorrichtung nach Anspruch 1, wobei die erste negative Linsengruppe eine negative Meniskuslinse aufweist, die an den ersten konkaven Reflektionsspiegel angebracht ist, und
wobei die zweite negative Linsengruppe eine negative Meniskuslinse aufweist, die an dem zweiten konkaven Reflektionsspiegel befestigt ist.

12. Eine Belichtungsvorrichtung nach Anspruch 1, wobei das erste optische Bildgebesystem ein erstes Reflektionsbauteil aufweist, zum Ablenken eines Lichtstrahls von dem ersten Objekt in Richtung der ersten positiven Linsengruppe, und zum Ablenken des Lichtstrahls von der ersten positiven Linsengruppe in Richtung des zweiten optischen Bildgebesystems,
und wobei das zweite optische Bildgebesystem ein zweites Reflektionsbauteil aufweist, zum Ablenken des Lichtstrahls von dem ersten optischen Bildgebesystem in Richtung der zweiten positiven Linsengruppe, und zum Ablenken des Lichtstrahls von der zweiten positiven Linsengruppe in Richtung des zweiten Objekts.

13. Ein Verfahren zum Herstellen einer Anzeigefläche, die Schritte umfassend:
Bereitstellen einer Maske;
Bereitstellen eines photosensitiven Substrats; und
projektives Transferieren eines aufgerichteten Realbildes eines Musters auf der Maske, auf das photosensitive Substrat unter Verwendung einer Belichtungsvorrichtung in Übereinstimmung mit einem der Ansprüche 1 bis 12.

Es folgen 26 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

F i g. 1

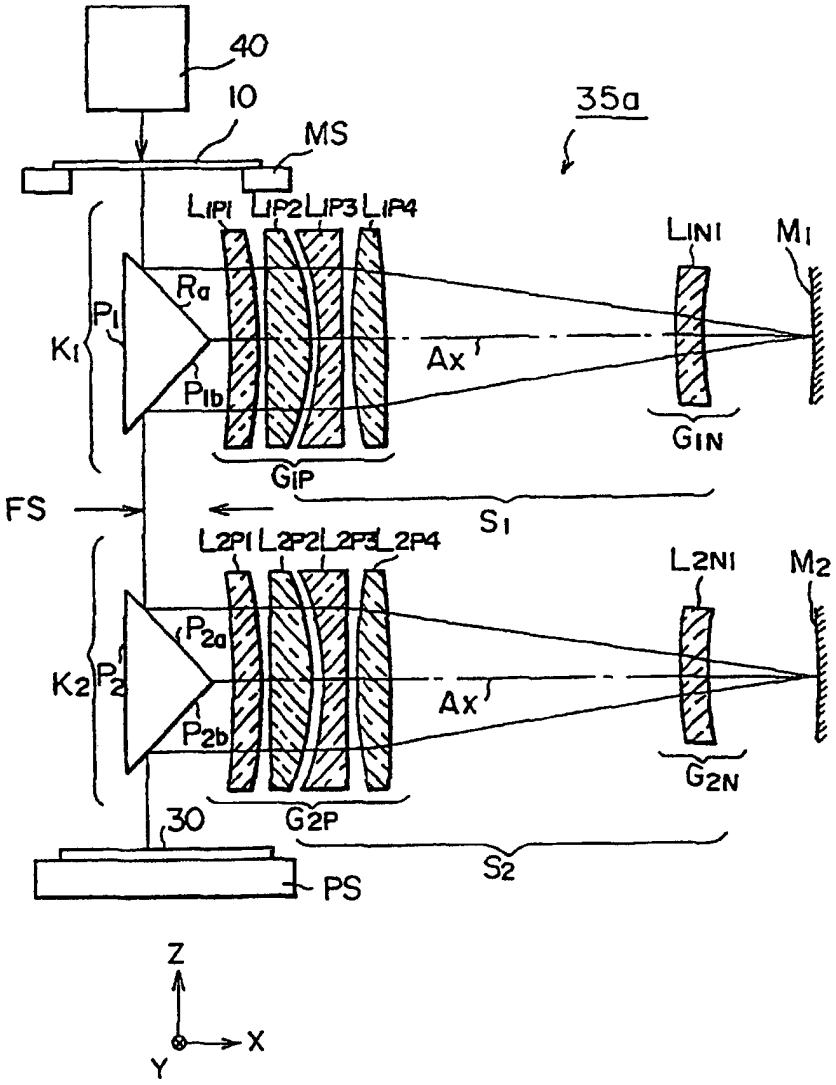


Fig. 2A

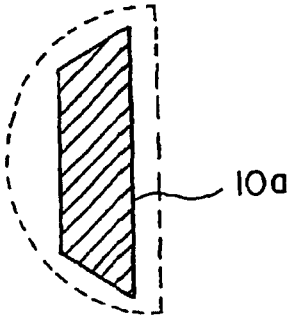


Fig. 2B

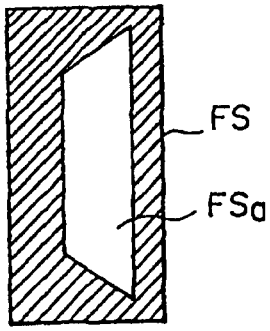


Fig. 2C

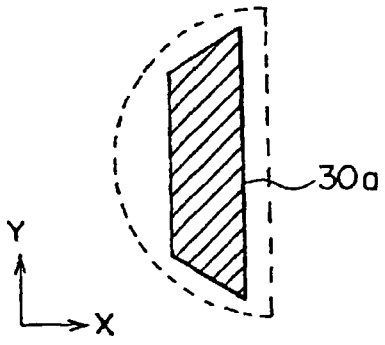


Fig.3

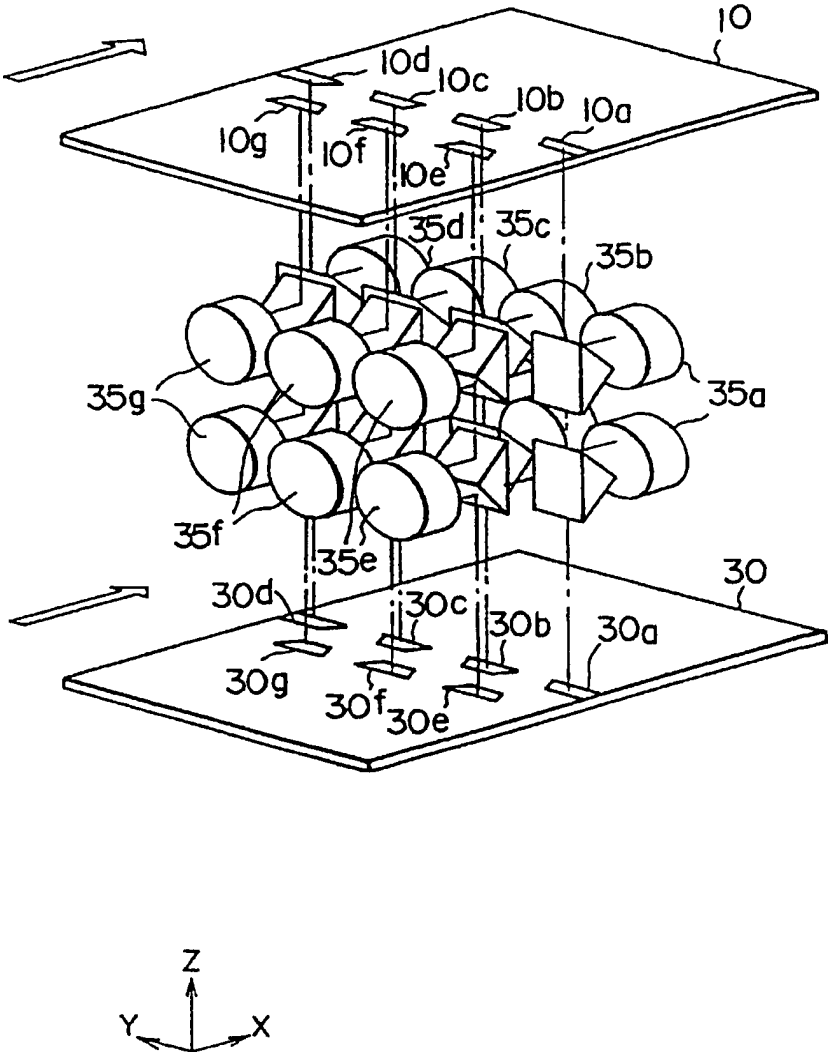
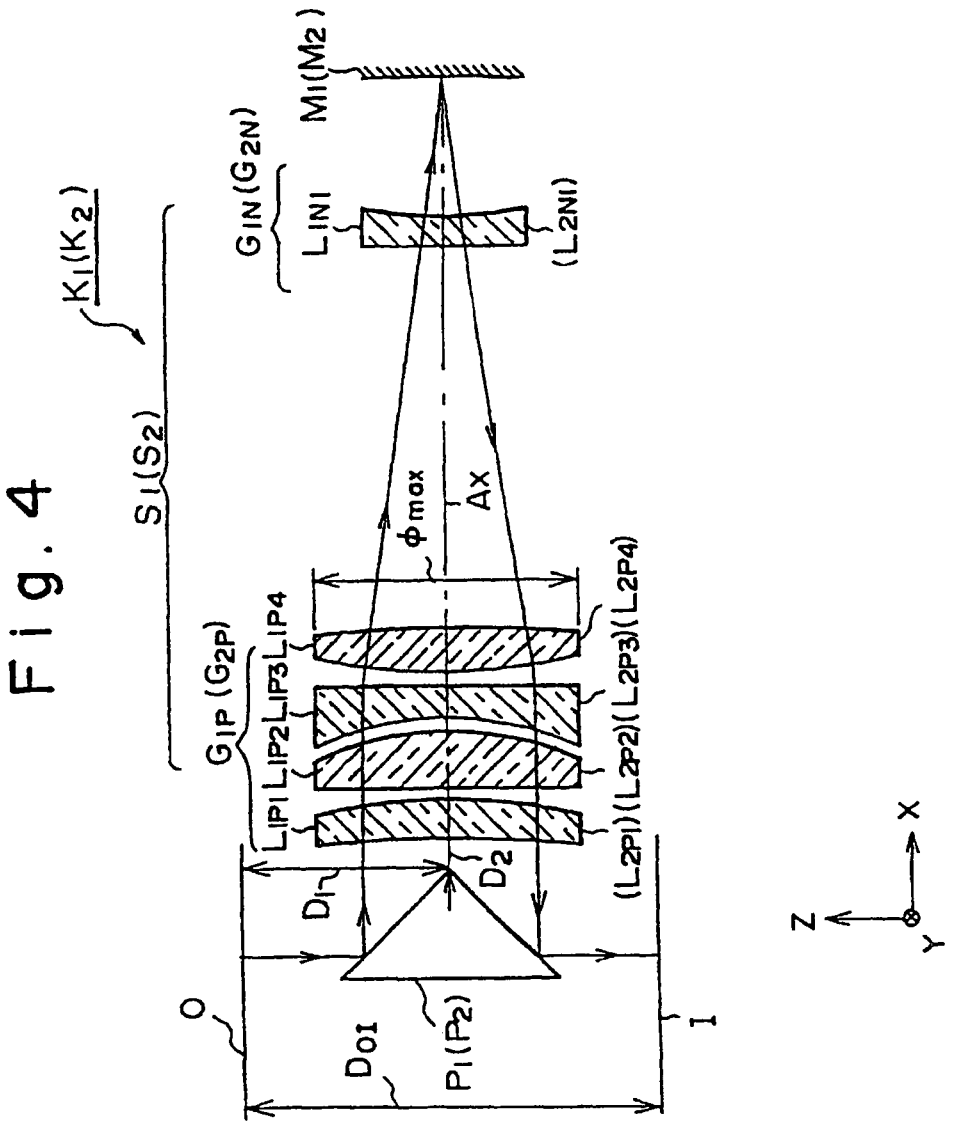

10
10d
10c
10b
10a
10g
10f
10e
35d
35c
35b
35g
35a
35f
35e
30
30d
30c
30b
30a
30g
30f
30e
Z
Y
X

Fig. 4


K1(K2)
S1(S2)
GIN(G2N)
LIN1
(L2N1)
M1(M2)
GIP(G2P)
LIP1
LIP2
LIP3
LIP4
(L2P1)(L2P2)(L2P3)(L2P4)
φmax
Ax
D1
D2
D01
P1(P2)
O
I
X
Z
Y

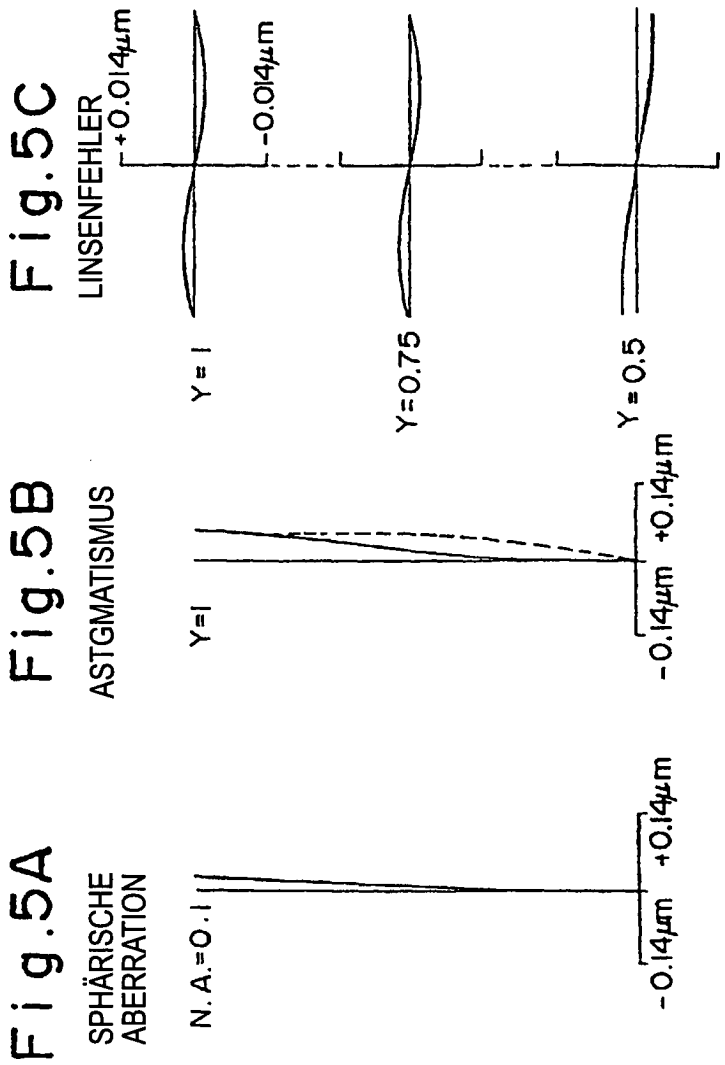


Fig.5A
SPHÄRISCHE ABERRATION
N.A.=0.1
+0.14µm
-0.14µm
Fig.5B
ASTGMATISMUS
Y=1
+0.14µm
-0.14µm
Fig.5C
LINSENFEHLER
+0.014µm
-0.014µm
Y=1
Y=0.75
Y=0.5

Fig. 6

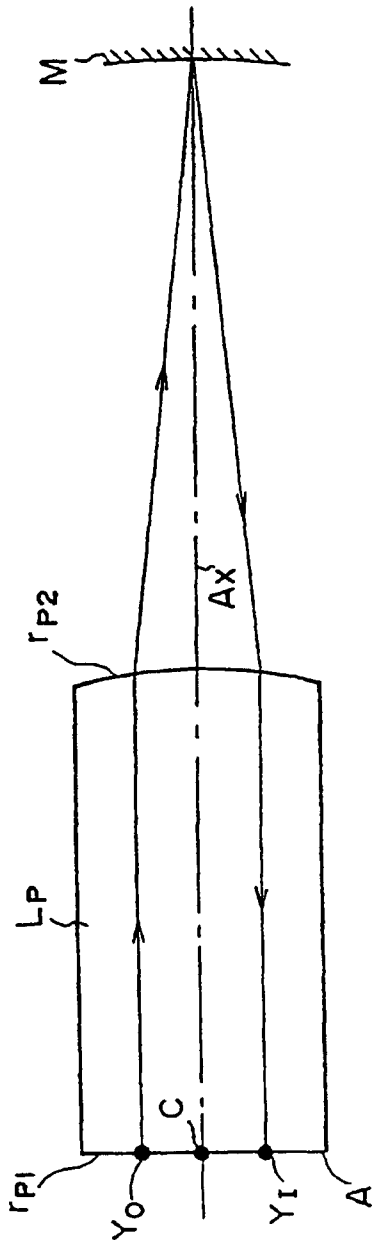
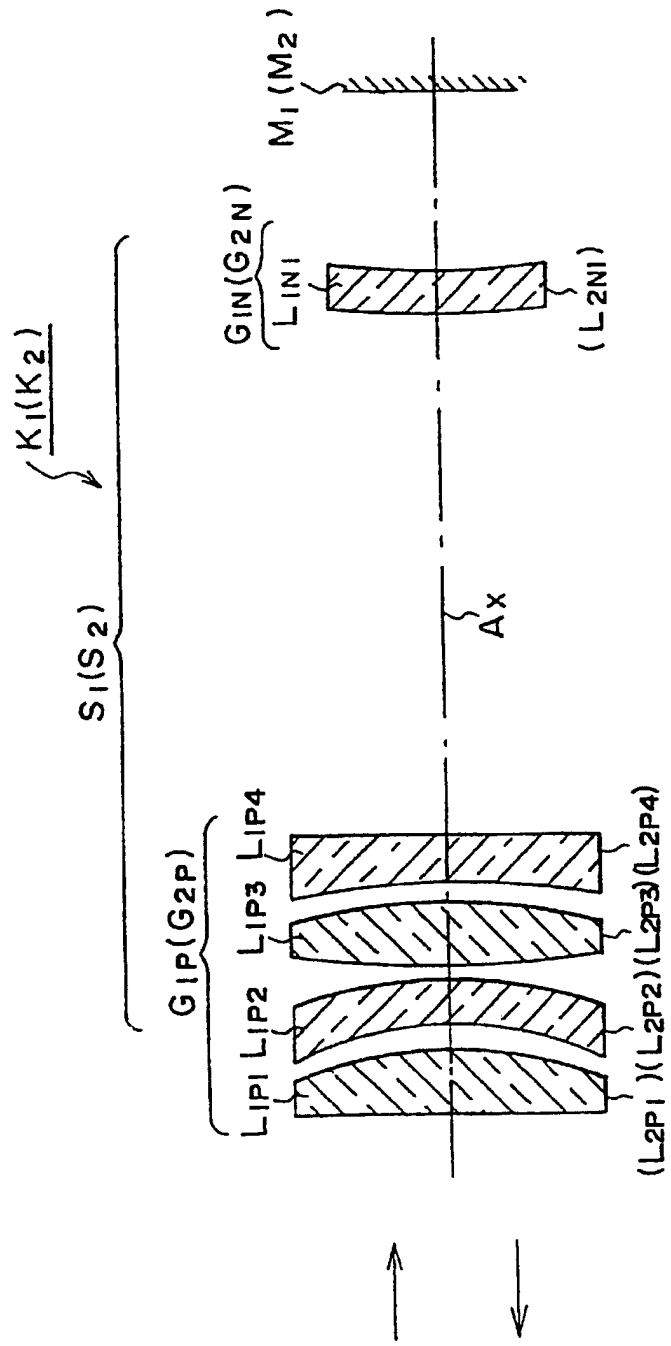


Fig. 7


K1(K2)
S1(S2)
G1P(G2P)
L1P1 L1P2 L1P3 L1P4
(L2P1)(L2P2)(L2P3)(L2P4)
Ax
G1N(G2N)
L1N1
(L2N1)
M1 (M2)

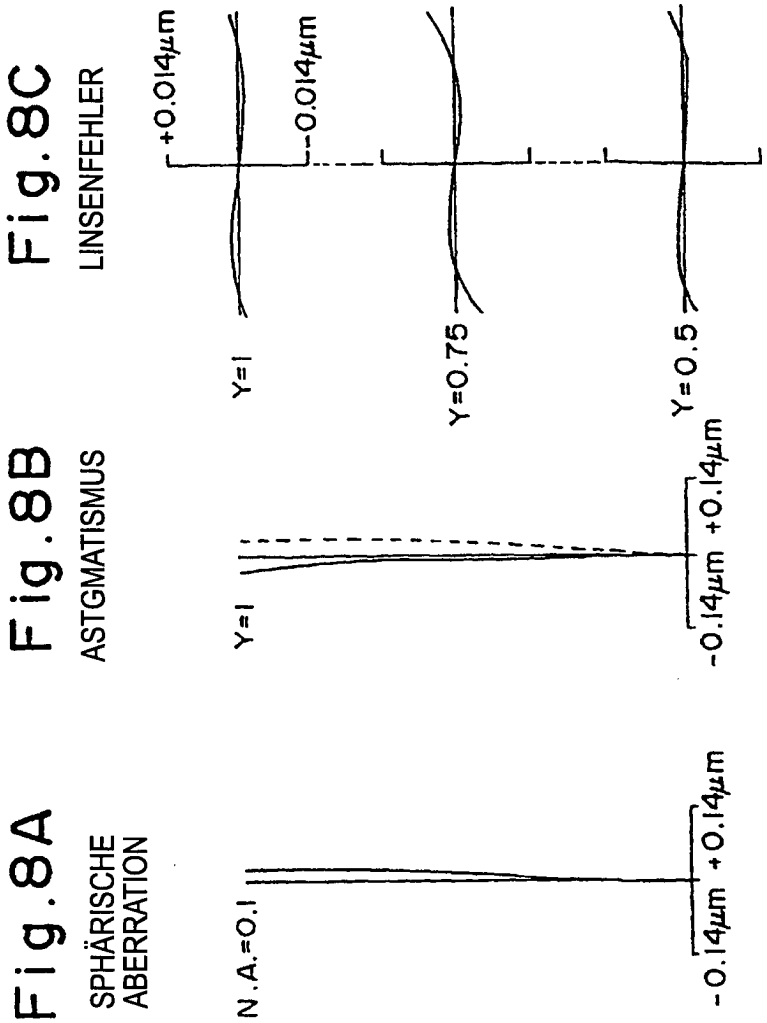
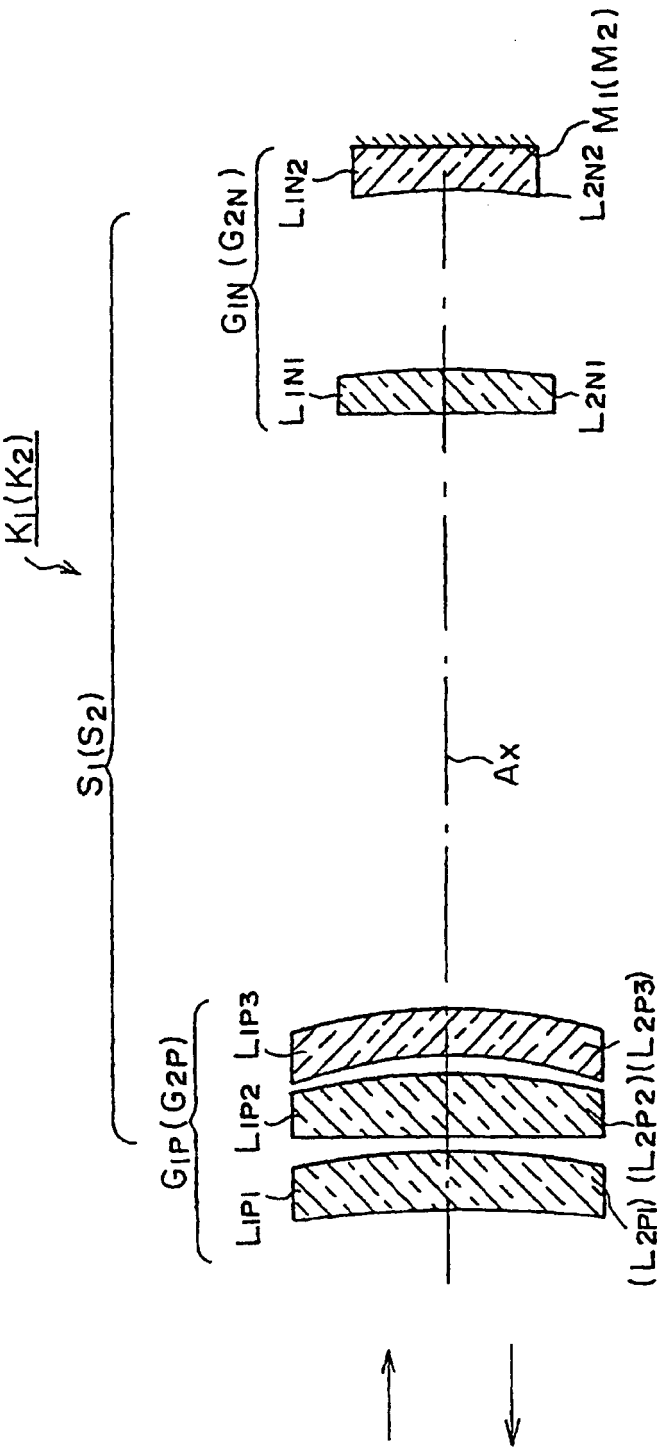


Fig.8A
SPHÄRISCHE ABERRATION
N.A.=0.1
-0.14μm +0.14μm
Fig.8B
ASTGMATISMUS
Y=1
-0.14μm +0.14μm
Fig.8C
LINSENFEHLER
+0.014μm
-0.014μm
Y=1
Y=0.75
Y=0.5

Fig.9


K1(K2)
S1(S2)
GIP(G2P)
LIP1
LIP2
LIP3
(L2P1)
(L2P2)
(L2P3)
Ax
GIN(G2N)
LIN1
LIN2
L2N1
L2N2
M1(M2)

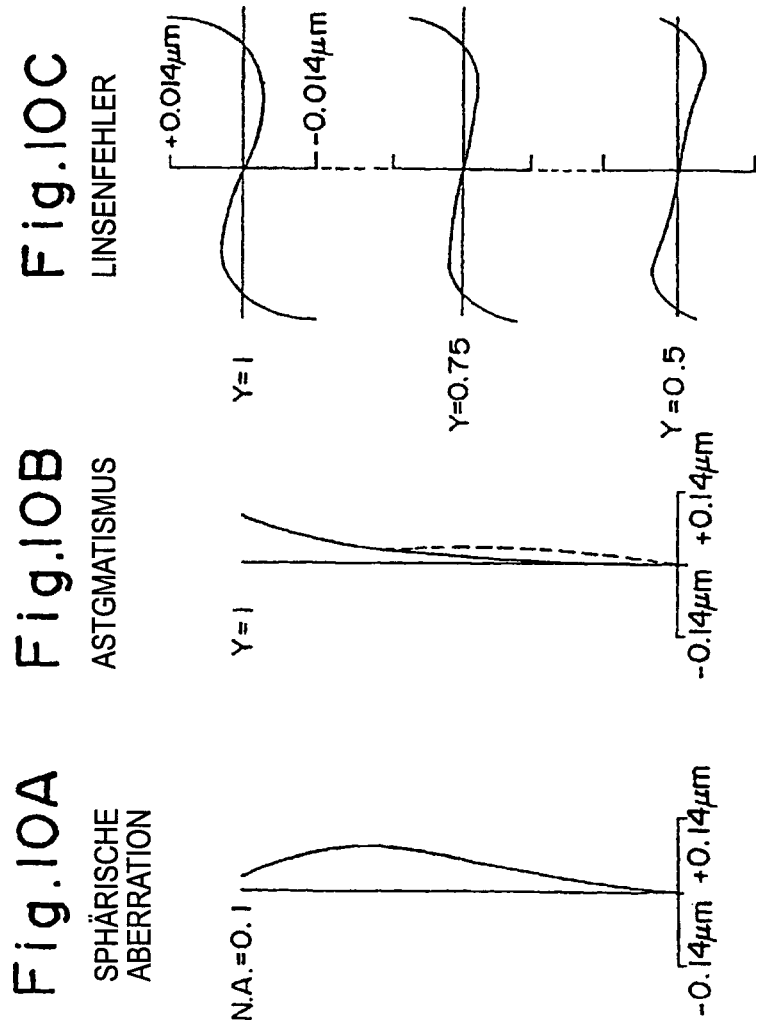


Fig.10A
SPHÄRISCHE ABERRATION
N.A.=0.1
-0.14µm +0.14µm
Fig.10B
ASTGMATISMUS
Y=1
-0.14µm +0.14µm
Fig.10C
LINSENFEHLER
+0.014µm
-0.014µm
Y=1
Y=0.75
Y=0.5

Fig. 11

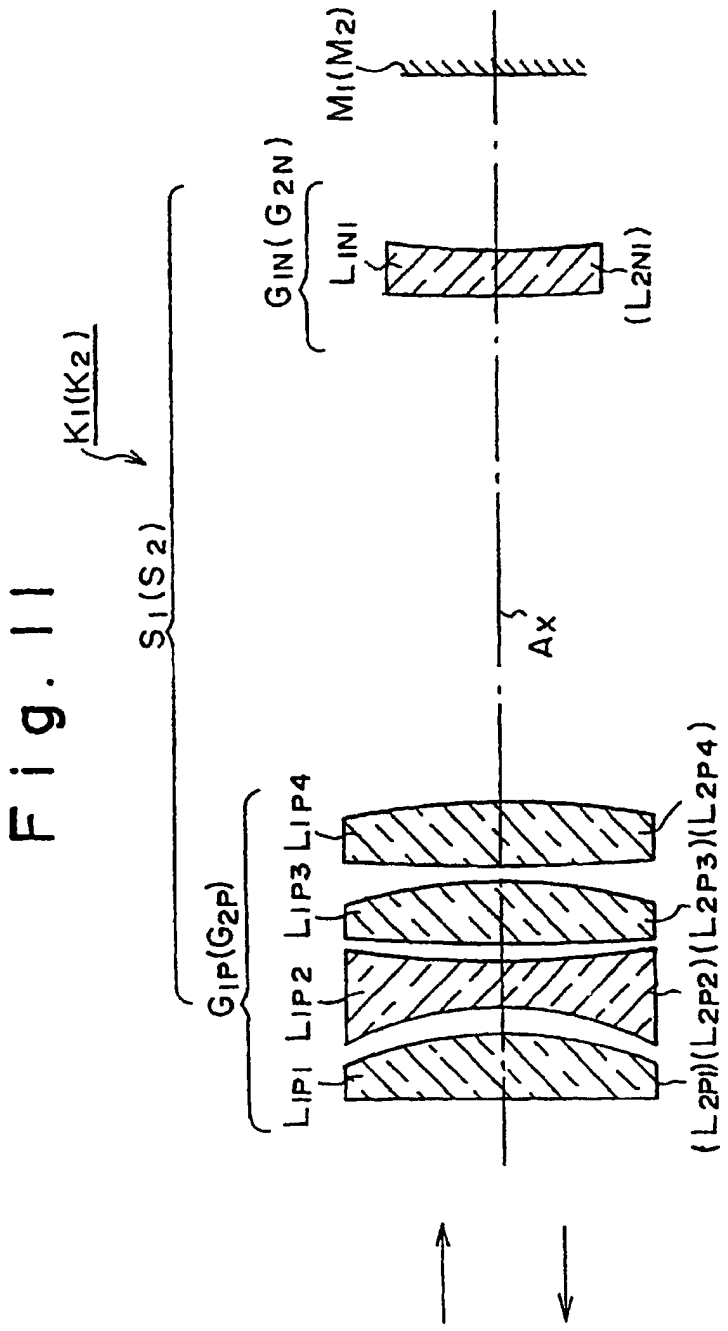

K1(K2)
S1(S2)
M1(M2)
GIN(G2N)
LIN1
(L2N1)
Ax
GIP(G2P)
LIP1 LIP2 LIP3 LIP4
(L2P1)(L2P2)(L2P3)(L2P4)

Fig.12A
SPHÄRISCHE ABERRATION



Fig.12B
ASTGMATISMUS

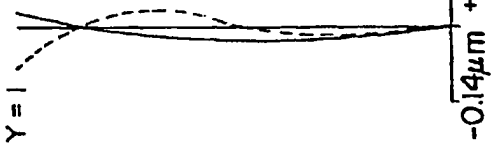


Fig.12C
LINSENFEHLER

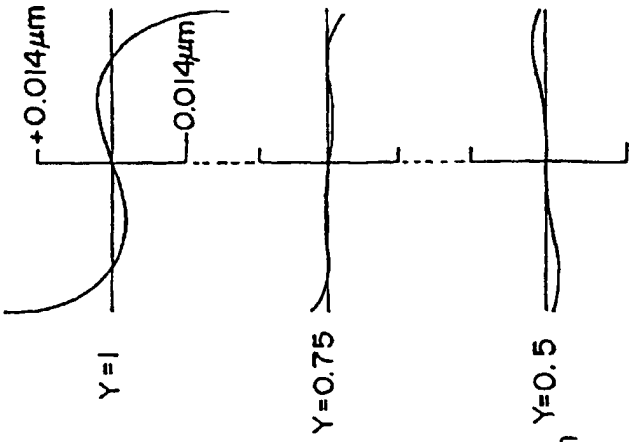
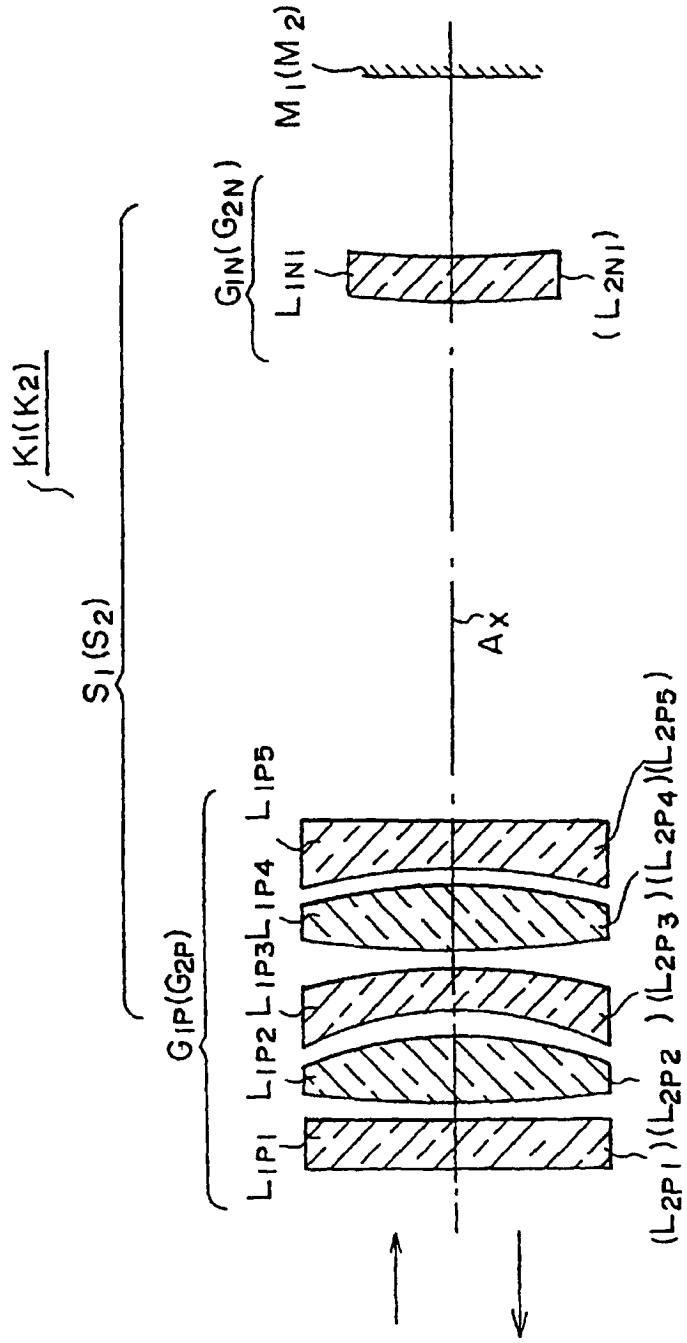


Fig. 13


K1(K2)
S1(S2)
G1P(G2P)
G1N(G2N)
M1(M2)
L1P1
L1P2
L1P3
L1P4
L1P5
L1N1
(L2P1)
(L2P2)
(L2P3)
(L2P4)
(L2P5)
(L2N1)
Ax

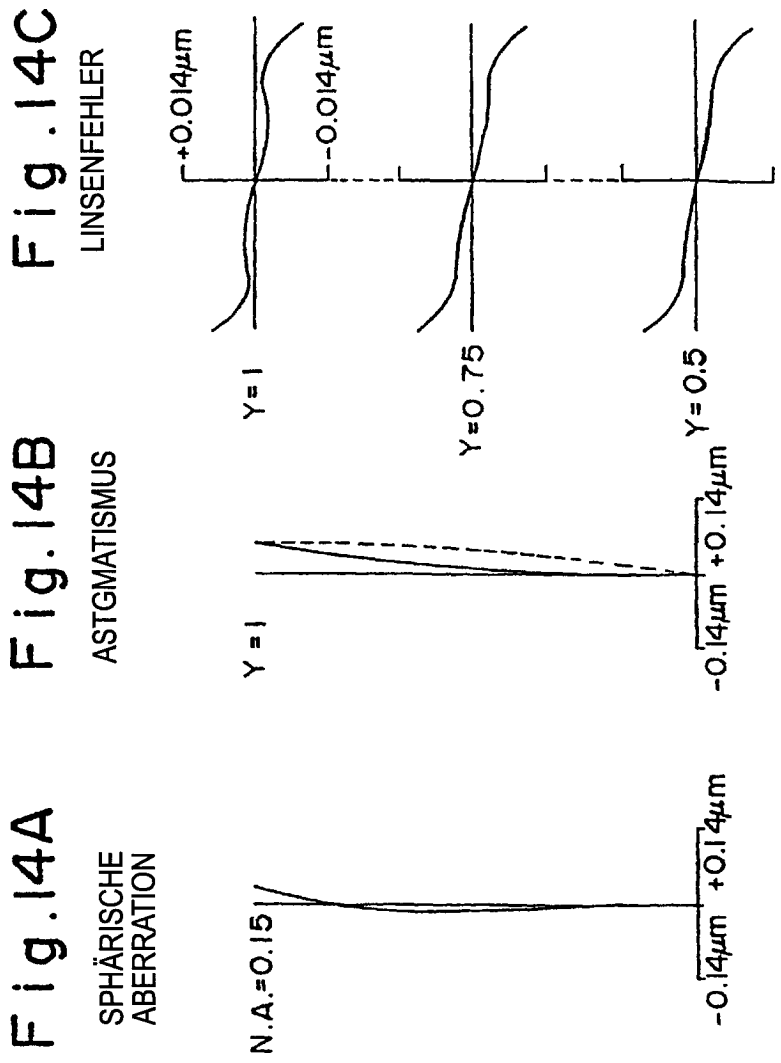
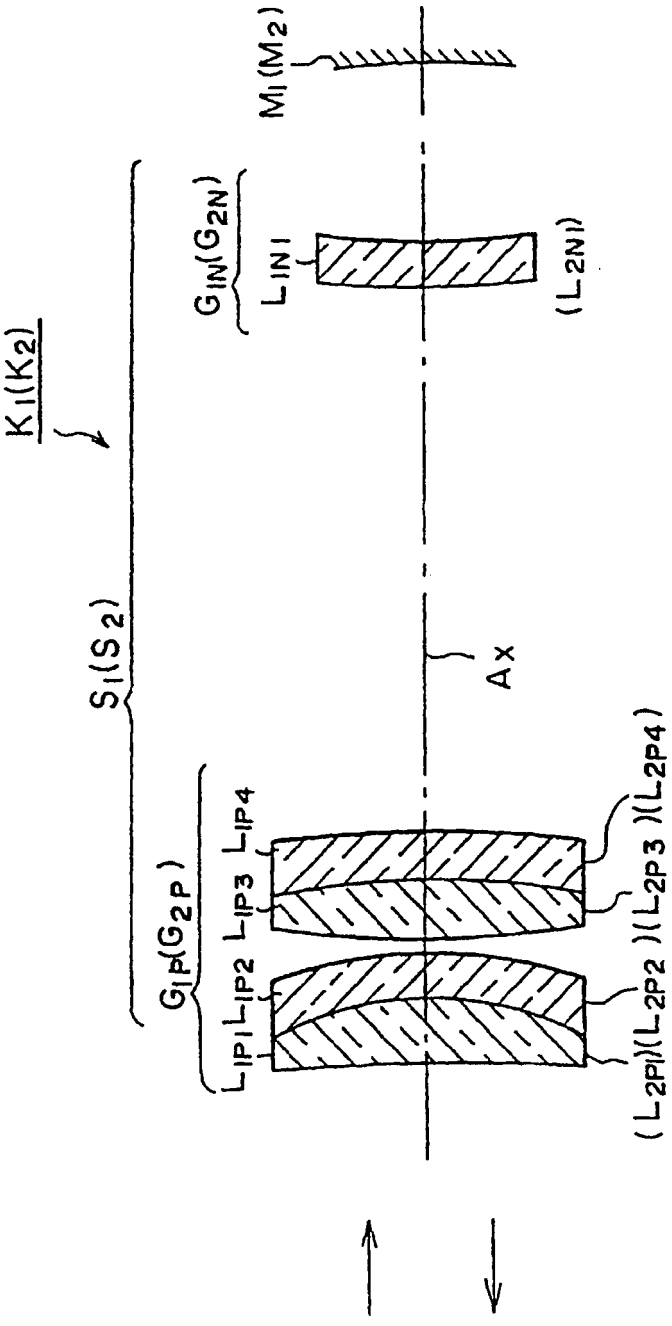


Fig.14A
SPHÄRISCHE ABERRATION
N.A.=0.15
-0.14μm
+0.14μm
Fig.14B
ASTGMATISMUS
Y=1
-0.14μm
+0.14μm
Fig.14C
LINSENFEHLER
+0.014μm
-0.014μm
Y=1
Y=0.75
Y=0.5

Fig. 15


K1(K2)
S1(S2)
G1P(G2P)
G1N(G2N)
M1(M2)
Ax
L1P1 L1P2 L1P3 L1P4
L1N1
(L2P1)(L2P2)(L2P3)(L2P4)
(L2N1)

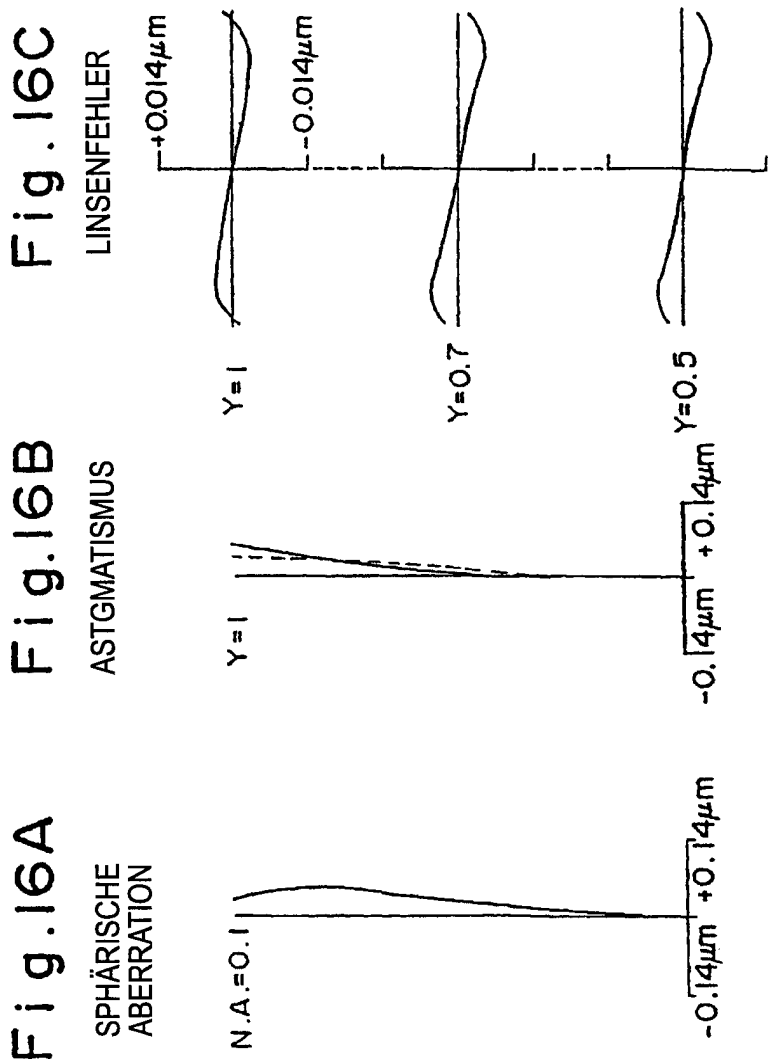
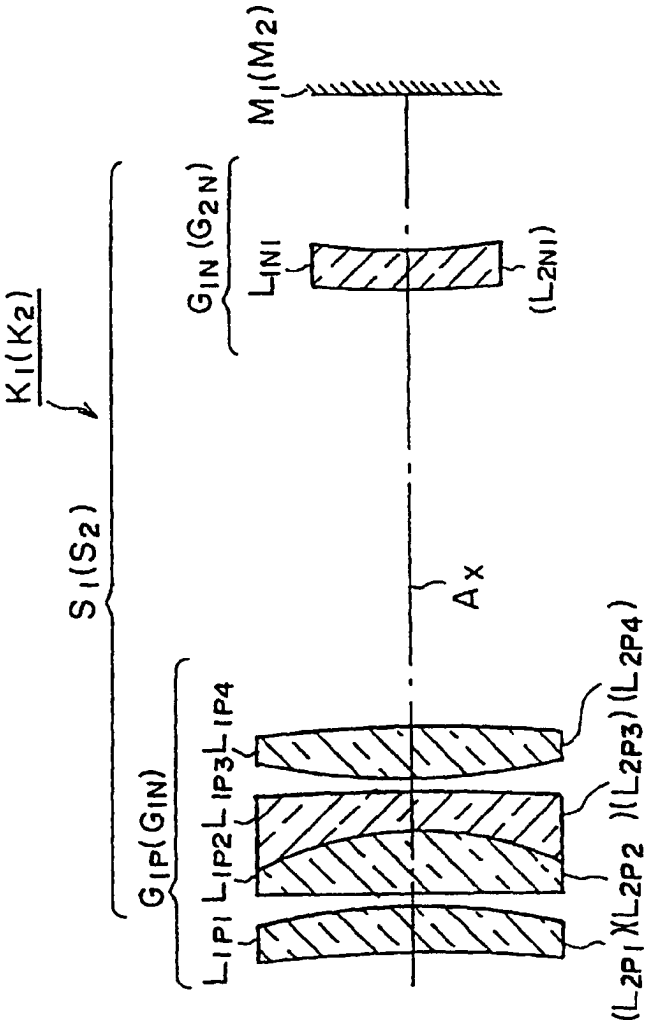


Fig.16A
SPHÄRISCHE ABERRATION
N.A.=0.1
-0.14µm
+0.14µm
Fig.16B
ASTGMATISMUS
Y=1
-0.14µm
+0.14µm
Fig.16C
LINSENFEHLER
+0.014µm
-0.014µm
Y=1
Y=0.7
Y=0.5

Fig. 17


K1(K2)
S1(S2)
GIP(GIN)
LIP1 LIP2 LIP3 LIP4
GIN(G2N)
LIN1
(L2N1)
M1(M2)
Ax
(L2P1)(L2P2)(L2P3)(L2P4)

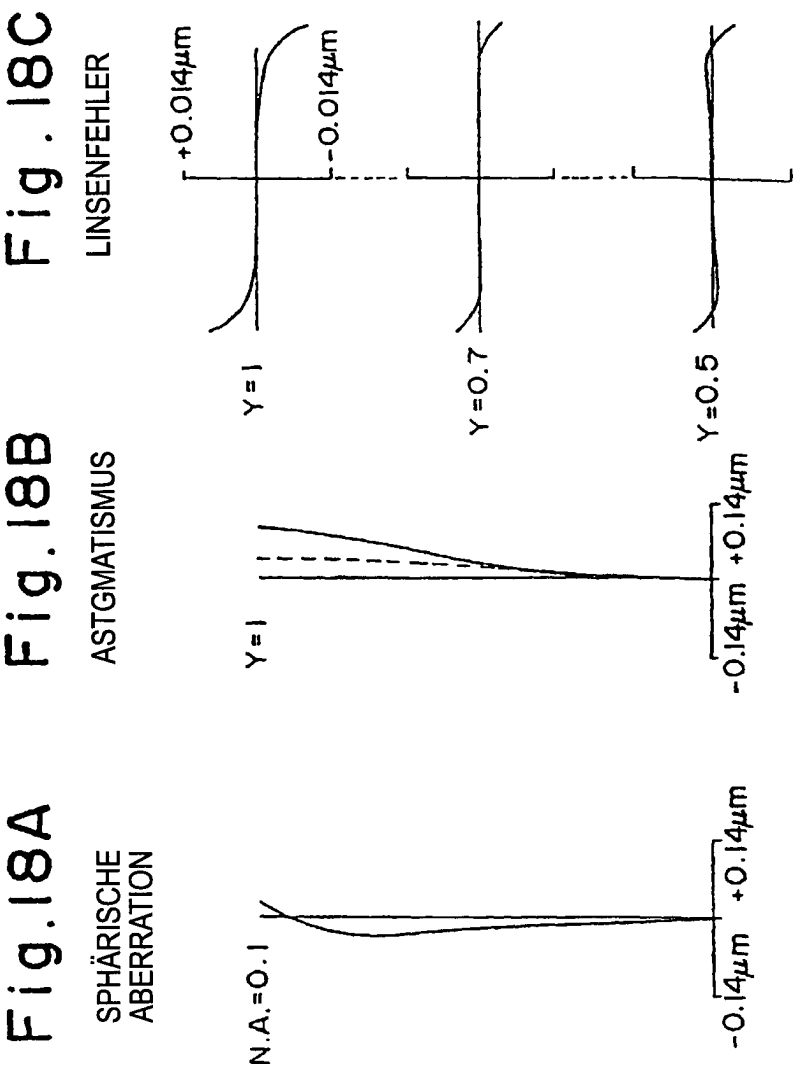


Fig.18A
SPHÄRISCHE ABERRATION
N.A.=0.1
-0.14µm
+0.14µm
Fig.18B
ASTGMATISMUS
Y=1
-0.14µm
+0.14µm
Fig.18C
LINSENFEHLER
+0.014µm
-0.014µm
Y=1
Y=0.7
Y=0.5

Fig. 19

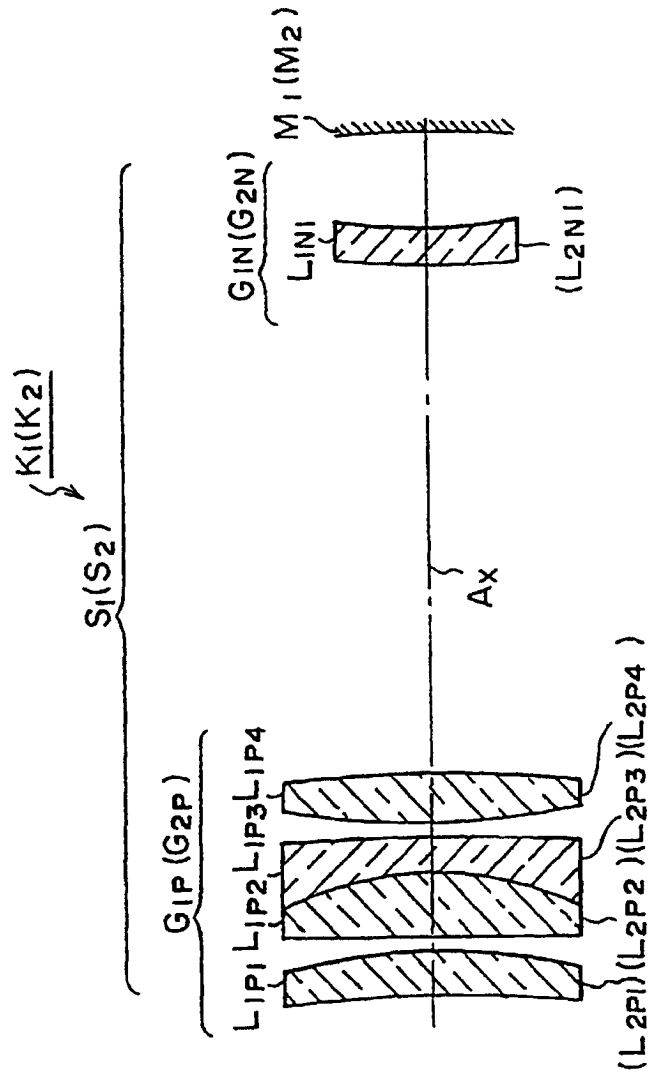

K1(K2)
S1(S2)
G1P (G2P)
L1P1 L1P2 L1P3 L1P4
(L2P1) (L2P2) (L2P3) (L2P4)
Ax
G1N(G2N)
L1N1
(L2N1)
M1(M2)

Fig.20A

SPHÄRISCHE ABERRATION

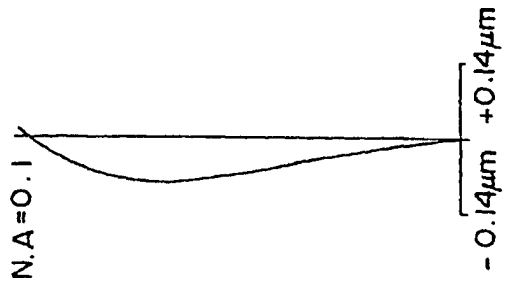


Fig.20B

ASTGMATISMUS

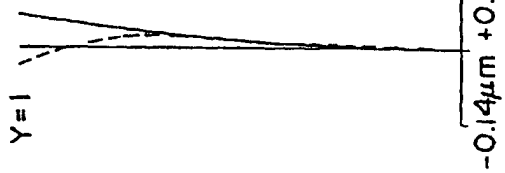


Fig.20C

LINSENFEHLER

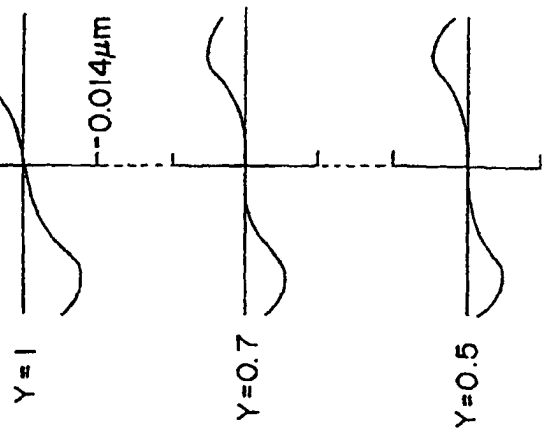


Fig. 21

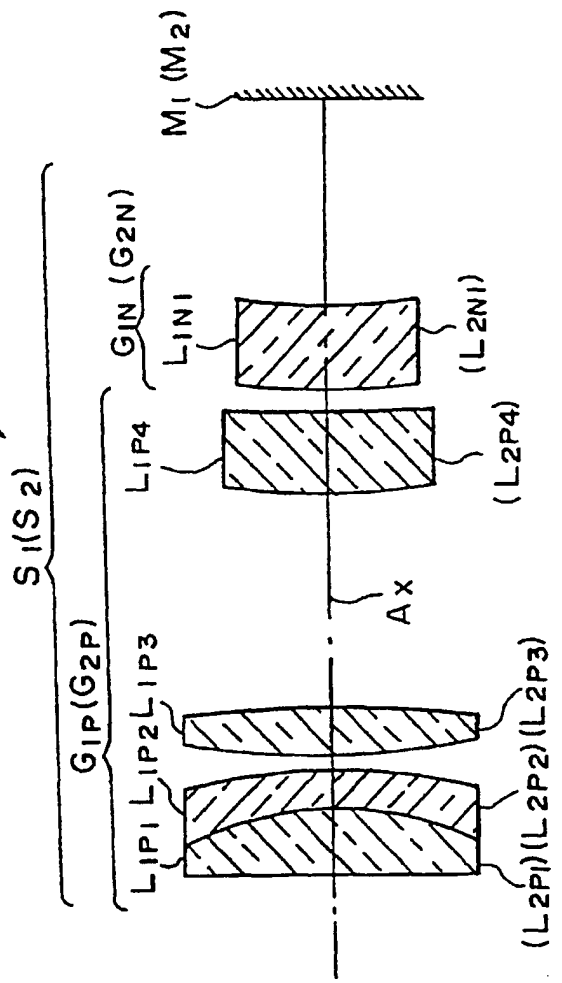

K1(K2)
S1(S2)
G1P(G2P)
G1N (G2N)
M1 (M2)
L1N1
(L2N1)
L1P4
(L2P4)
Ax
L1P1 L1P2 L1P3
(L2P1)(L2P2)(L2P3)

Fig.22A

SPHÄRISCHE ABERRATION



Fig.22B

ASTGMATISMUS

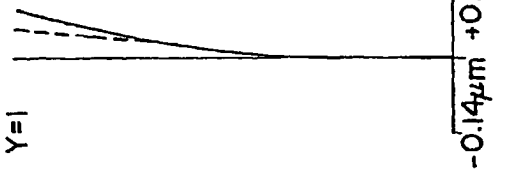


Fig.22C

LINSENFEHLER

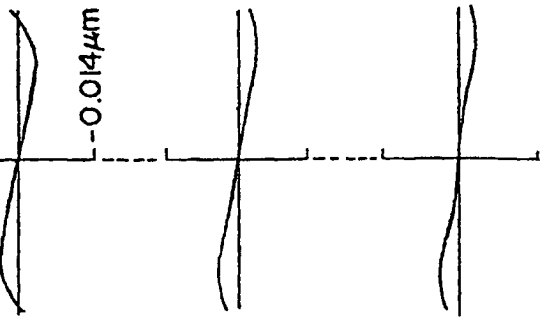


Fig. 23

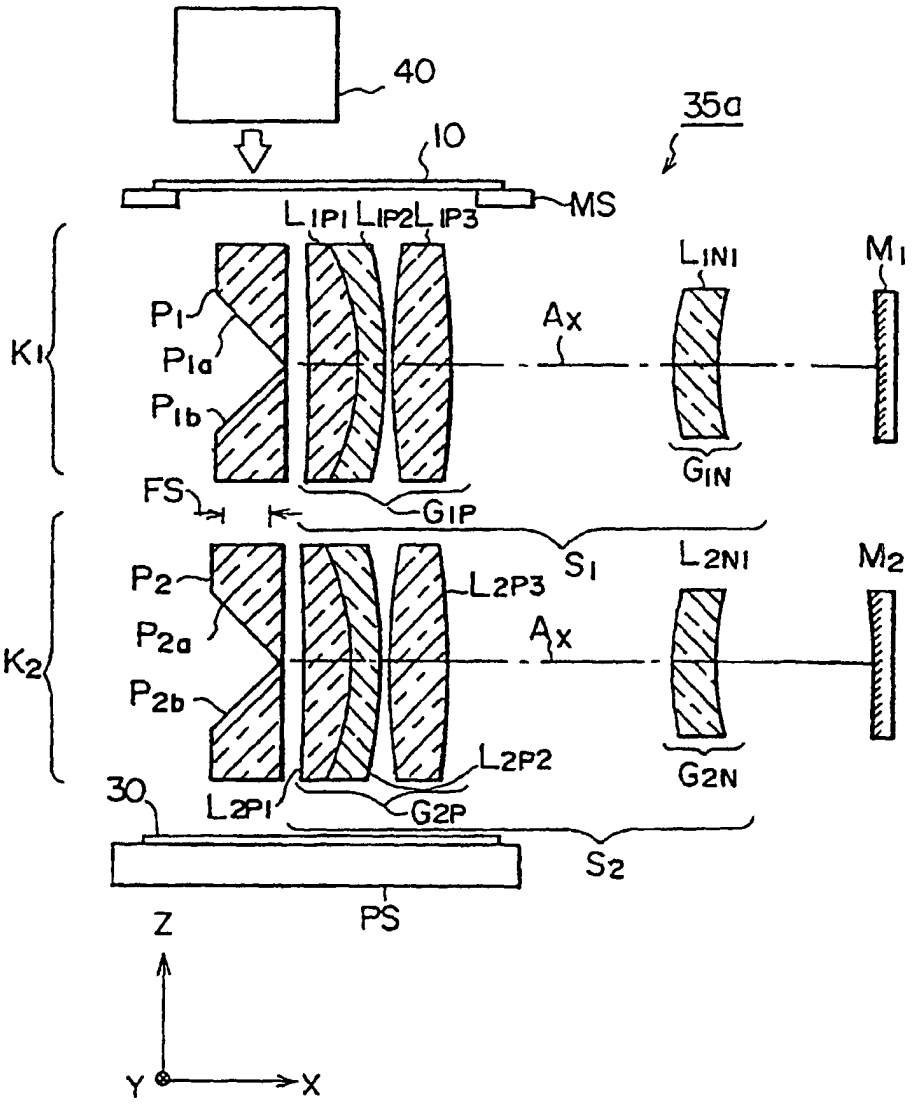

40
10
35a
MS
L1P1 L1P2 L1P3
L1N1
M1
P1
P1a
P1b
K1
Ax
G1N
FS
G1P
S1
L2N1
M2
P2
P2a
P2b
K2
L2P3
Ax
L2P2
G2N
30
L2P1
G2P
S2
PS
Z
Y
X

Fig. 24

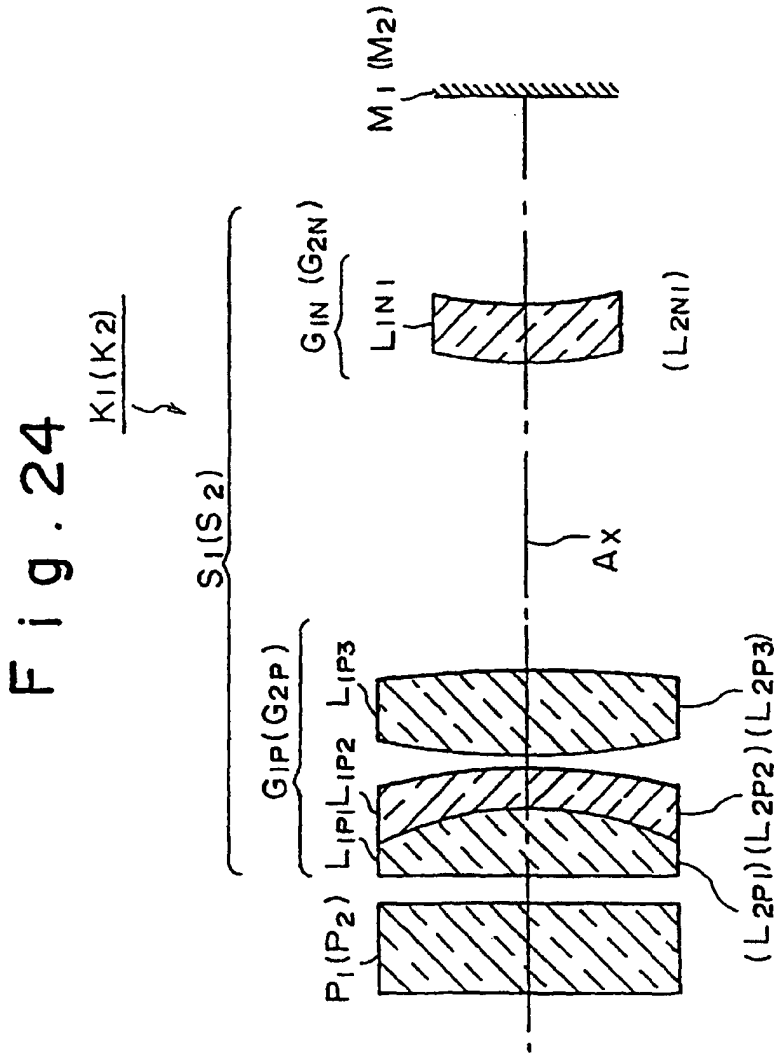

K1(K2)
S1(S2)
G1P(G2P)
L1P3
L1P1L1P2
P1(P2)
G1N (G2N)
L1N1
M1 (M2)
Ax
(L2N1)
(L2P1)(L2P2)(L2P3)

Fig.25A

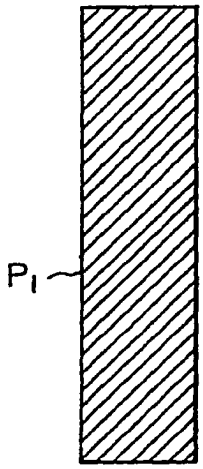


Fig.25B

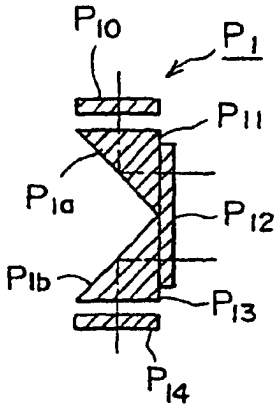


Fig.26A

SPHÄRISCHE ABERRATION

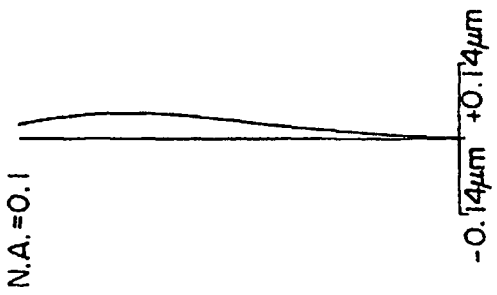


Fig.26B

ASTGMATISMUS

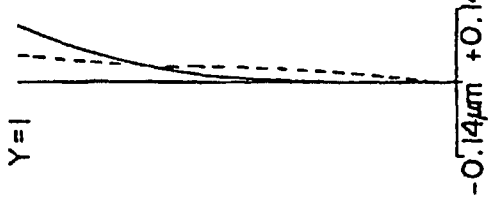


Fig.26C

LINSENFEHLER

