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

(10) **DE 695 28 208 T3** 2005.12.15

(12) Übersetzung der geänderten europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 672 891 B2**
(21) Deutsches Aktenzeichen: **695 28 208.5**
(96) Europäisches Aktenzeichen: **95 103 588.0**
(96) Europäischer Anmeldetag: **13.03.1995**
(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **20.09.1995**
(97) Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA: **18.09.2002**
(97) Veröffentlichungstag des geänderten Patents beim EPA: **18.05.2005**
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **15.12.2005**

(51) Int Cl.[7]: **G01D 5/26**
G01D 5/38

(30) Unionspriorität:

7000494	**14.03.1994**	**JP**
7462095	**07.03.1995**	**JP**

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

(73) Patentinhaber:
Canon K.K., Tokio/Tokyo, JP

(74) Vertreter:
derzeit kein Vertreter bestellt

(72) Erfinder:
Kaneda, Yasushi, Tokyo 146, JP; Ishizuka, Koh, Tokyo 146, JP

(54) Bezeichnung: **Optischer Verschiebungssensor**

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

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Messen der relativen Verschiebung eines Objektbeugungsgitters gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Eine solche Vorrichtung kann als optischer Verschiebungssensor verwendet werden, mit welchem es durch Nutzung der Tatsache, daß Interferenzlichtstrahlen durch die beim Beleuchten eines Objektes auftretende Beugung und Interferenz moduliert werden, möglich ist, die physikalische Größe der Bewegung wie z. B. Bewegungsweg, Verschiebung usw. eines Objektes genau zu erfassen.

[0002] Ein herkömmlicher optischer Verschiebungssensor dieser Art ist z. B. ein optisches Kodiergerät, ein Doppler-Lasergeschwindigkeitsmesser, ein Laserinterferenzmeßgerät oder ein ähnliches Gerät. Obwohl diese Sensoren eine hohe Meßgenauigkeit und ein hohes Auflösungsvermögen bringen, sind für deren Anwendung auf anderen Gebieten ein kompakter Aufbau (in mm-Größenordnung), noch höhere Präzision, noch höheres Auflösungsvermögen (in der Größenordnung von 0,1 µm) und größere Stabilität erforderlich. Wenn die Größe eines solchen Sensor im Millimeterbereich liegt, kann dieser direkt an einem zu messenden Objekt angebracht und für kleinere Vorrichtungen verwendet werden. In diesem Fall ist aber mit Montagefehlern zu rechnen, welche auf irgendeine Weise korrigiert werden müssen.

[0003] Herkömmliche Geräte zum Erfassen einer Bewegung durch Licht sind kompakt ausgeführt.

[0004] Die Fig. 1A und Fig. 1B zeigen als Beispiel eines solchen Gerätes das im Dokument JP-U-1-180615 offenbarte optische Kodiergerät. Diesem optischen Kodiergerät liegt folgendes Meßprinzip zugrunde. Ein von einer Lichtquelle **42** emittierter Lichtstrahl gelangt durch die Bohrung **46A** einer Platte **46** und wird von zahlreichen Schlitzen **14** in zahlreiche lineare Lichtstrahlen umgewandelt. Diese linearen Lichtstrahlen treffen auf eine Skala **40**. Das Gitter **16** dieser Skala **40** wird durch den von der Bodenfläche **12** reflektierten Lichtstrahl auf ein Indexgitter projiziert und die durch das Indexgitter dringende und auf das an der Platte **46** angeordnete Lichtempfangselement **48** treffende Lichtmenge wird durch geometrische Überlagerung beider Gitter moduliert. Dieses Prinzip ermöglicht eine kompakte Ausführung des Kodiergerätes, doch dessen Auflösungsvermögen ist beschränkt.

[0005] Die Fig. 2A und Fig. 2B zeigen als Beispiel das im Dokument JP-A-62-121314 offenbarte optische Kodiergerät und eine verbesserte Anordnung der verwendeten Elemente, um das optische Grundsystem eines mit drei Beugungsgittern versehenen Kodiergerätes (Dokument GB-A-1474049, Leitz) kompakt zu gestalten. Wie aus den Fig. 2A und Fig. 2B ersichtlich ist, wird ein von einem Lichtemissionselement **51** emittierter Lichtstrahl von einer Linse **52** in einen Parallelstrahl umgewandelt und auf das Gitter GK(A) einer Indexskala A gerichtet. Dieser Parallelstrahl wird vom Gitter GK(A) gebeugt und in Lichtstrahlen umgewandelt, welche in drei Richtungen aus diesem austreten.

[0006] Diese Lichtstrahlen werden von dem auf einer Skala B vorhandenen Gitter GK(B) gebeugt, durch Relativbewegung phasenmoduliert und kehren als modulierte Lichtstrahlen zu dem auf der Indexskala A vorhandenen Gitter GK(A) zurück. Bei der Beugung durch das auf der Indexskala vorhandenen Gitter treffen diese drei Interferenzlichtstrahlen-Paare auf die in unterschiedlichen Richtungen angeordneten Lichtempfangselemente. Mit dieser Anordnung wird sowohl ein kompakter Aufbau als auch eine hohe Auflösung gewährleistet.

[0007] Fig. 3 zeigt als Beispiel das im Dokument JP-A-3-279812 offenbarte optische Kodiergerät, welches eine hohe Auflösung gewährleistet und einfach und kompakt ausgeführt ist. Zu dem in Fig. 3 dargestellten Kodiergerät gehören ein Lichtemissionselement **61**, eine Linse **62**, Beugungsgitter **63** und **64** und Lichtempfangselemente **65a** und **65b**.

[0008] Bei den beschriebenen herkömmlichen Kodiergeräten wird der optische Weg des von der Lichtquelle emittierten Lichts in zwei oder mehrere Wegen aufgespaltet und das Interferenzlicht dieser aufgespalteten Strahlen wird empfangen. Da der im rechten Winkel auf das verwendete Aufspaltgitter treffenden Lichtstrahl und die von einem Mischgitter fast im rechten Winkel abgehenden Lichtstrahlen werden als Interferenzlicht verwendet werden, neigen die aus der rechten und der linken Seite des Sensors austretenden gebeugten Lichtstrahlen dazu, Streustrahlen zu werden. Da die beschriebene Anordnung einen bestimmten Abstand zwischen der Lichtquelle und dem Sensor erforderlich macht, kann eine Kompaktausführung des Gerätes nur unter Schwierigkeiten erreicht werden. Das heißt, ein Verschiebungssensor in Kompaktausführung, welcher eine höhere Auflösung bringt, ist kaum herstellbar.

[0009] Das Dokument US-A-4,436,424 offenbart ein Interferenzmeßgerät, welches einen Polarisationsstrahlenteiler zum Aufspalten/Vereinigen von Lichtstrahlen aufweist.

[0010] Das Dokument DE-A-39 05 838 offenbart ein optisches Linearkodiergerät, bei welchem das von einem ersten Gitter übertragene Licht von einem zweiten Gitter selektiert und übertragen wird. Das vom zweiten Gitter übertragenen Licht wird auf einen Fotodetektor fokussiert. Zwei in diesem Gerät angeordnete Lichtempfangselemente empfangen die Lichtstrahlen geneigt zur Anordnungsrichtung des zweiten

Beugungsgitters (d. h. gebeugte Lichtstrahlen der ±2. Ordnung). Das zweite Beugungsgitter wird zur Erzeugung eines Moiré-Bildes verwendet. Außerdem werden die von den entsprechenden Lichtempfangselementen empfangenen und in elektrische Signale umgewandelten Lichtstrahlen beigefügt, so daß ein korrektes Verschiebungssignal erhalten wird.

[0011] Im Dokument DE-A-25 11 350 ist ein Gerät zum Messen der relativen Verschiebung eines Gegenstandes durch Verwendung von Gittern beschrieben. Diese Gitter sind entsprechend angeordnet, um entweder einen Blendeneffekt zur Erzeugung einer zylindrischen Veränderung der Lichtintensität oder eine diffuse Beleuchtung zu erzielen. Die Gitter wirken auch als Beugungsgitter.

[0012] Eine weitere Vorrichtung zum Messen einer relativen Verschiebung eines Objektbeugungsgitters ist aus dem Dokument EP-A-0 548 848 bekannt. Der zum Messen verwendete Lichtstrahl wird im rechten Winkel zur Anordnungsrichtung eines Aufspaltbeugungsgitters auf dieses gerichtet. Das vorhandene Lichtempfangselement empfängt den Lichtstrahl vom Mischbeugungsgitter im rechten Winkel zu dessen Anordnungsrichtung. Da der ausgewählte Spiegelwinkel größer als 45° ist, trifft der Lichtstrahl unter einer bestimmten Neigung zur Lotrechten auf das Aufspaltbeugungsgitter.

[0013] Eine Gattung Vorrichtungen zum Messen einer relativen Verschiebung eines Objektbeugungsgitters ist aus dem Dokument DE-B-38 10 165 bekannt. Eine solche Vorrichtung weist ein Beleuchtungssystem zum Erzeugen eines Beleuchtungslichtstrahls auf. Der vom Beleuchtungssystem erzeugte Lichtstrahl wird von einem Aufspaltbeugungsgitter in mindestens zwei gebeugte Strahlen aufgestalten. Das Aufspaltbeugungsgitter ist zwischen dem Beleuchtungssystem und dem Objektbeugungsgitter angeordnet. Die beiden vom Objektbeugungsgitter reflektierten und gebeugten Strahlen werden von einem Mischbeugungsgitter gemischt. Das Mischbeugungsgitter ist zwischen einem Lichtempfangselement und dem Objektbeugungsgitter in der Nähe des Aufspaltbeugungsgitters und in bezug auf das Objektbeugungsgitter auf der gleichen Seite wie das Aufspaltbeugungsgitter angeordnet. Das Lichtempfangselement empfängt den vom Mischbeugungsgitter gemischten Lichtstrahl. Eine relative Verschiebung des Objektbeugungsgitters wird aus dem vom Lichtempfangselement empfangenen Lichts erfaßt. Das Beleuchtungssystem richtet den Lichtstrahl nicht lotrecht auf die Gitteranordnung des Aufspaltbeugungsgitters. Das Mischbeugungsgitter bringt durch Beugen von mindestens einem der vom Objektbeugungsgitter reflektierten und gebeugten Lichtstrahlen mindestens zwei ausgehende Lichtstrahlen im wesentlichen in Übereinstimmung, wodurch auch das Mischen der ausgehenden Lichtstrahlen erfolgt.

[0014] Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist die Weiterentwicklung einer Vorrichtung zum Messen der relativen Verschiebung eines Objektbeugungsgitters gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1, wobei die Vorrichtung kompakter ausgeführt ist und eine bessere Auflösung bringt.

[0015] Diese Aufgabe erfüllt die in Anspruch 1 definierte Vorrichtung.

[0016] Vorteilhafte Weiterentwicklungen dieser Vorrichtung sind in den abhängigen Ansprüchen definiert.

[0017] Die Fig. 1A und Fig. 1B zeigen schematisch den Hauptteil eines herkömmlichen optischen Kodiergerätes.

[0018] Die Fig. 2A und Fig. 2B zeigen schematisch den Hauptteil eines weiteren herkömmlichen optischen Kodiergerätes.

[0019] Fig. 3 zeigt schematisch den Hauptteil noch eines weiteren herkömmlichen optischen Kodiergerätes.

[0020] Fig. 4 zeigt in perspektivischer Darstellung den Hauptteil eines ersten Vergleichsbeispiels.

[0021] Die Fig. 5A und Fig. 5B zeigen schematisch den Hauptteil des ersten Vergleichsbeispiels.

[0022] Fig. 6 zeigt an einem Beispiel den Azimutwinkel in einem optischen Kodiergerät.

[0023] Fig. 7 zeigt an einem Beispiel die Erzeugung von Interferenzstreifen im Falle eines Ausrichtfehlers zwischen dem Azimutwinkel der Kopfeinheit und dem der Skaleneinheit eines optischen Kodiergerätes.

[0024] Fig. 8 zeigt an einem Beispiel die Drehwinkelrichtung bei einem optischen Kodiergerät.

[0025] Fig. 9 zeigt an einem Beispiel die Erzeugung von Interferenzstreifen im Falle eines Ausrichtfehlers zwischen dem Drehwinkel der Kopfeinheit und dem der Skaleneinheit eines optischen Kodiergerätes.

[0026] Die Fig. 10A und Fig. 10B zeigen an einem Beispiel die Beziehung zwischen der Winkeldifferenz bei zwei Interferenzlichtstrahlen, dem Azimutwinkel und dem Verhältnis Wellenlänge/Gitterteilung im Falle eines Ausrichtfehlers zwischen dem Azimutwinkel der Kopfeinheit und dem der Skaleneinheit eines optischen Kodiergerätes.

[0027] Die Fig. 11A und Fig. 11B zeigen an einem Beispiel die Beziehung zwischen der Winkeldifferenz von zwei Interferenzlichtstrahlen, dem Azimutwinkel und dem Verhältnis Wellenlänge/Gitterteilung im Fal-

le eines Ausrichtfehlers zwischen dem Drehwinkel der Kopfeinheit und dem der Skaleneinheit.

[0028] Die Fig. 12A und Fig. 12B zeigen an einem Beispiel die Beziehung zwischen dem Kreuzungspunkt von zwei Interferenzlichtstrahlen, dem Azimutwinkel und dem Verhältnis Wellenlänge/Gitterteilung im Falle eines Ausrichtfehlers zwischen dem Azimutwinkel der Kopfeinheit und dem der Skaleneinheit.

[0029] Die Fig. 13A und Fig. 13B zeigen an einem Beispiel die Beziehung zwischen dem Kreuzungspunkt von zwei Interferenzlichtstrahlen, dem Azimutwinkel und dem Verhältnis Wellenlänge/Gitterteilung im Falle eines Ausrichtfehlers zwischen dem Drehwinkel der Kopfeinheit und dem der Skaleneinheit.

[0030] Fig. 14 zeigt in perspektivischer Darstellung den Hauptteil eines zweiten Vergleichsbeispiels.

[0031] Die Fig. 15A und Fig. 15B zeigen schematisch den Hauptteil des zweiten Vergleichsbeispiels.

[0032] Die Fig. 16A und Fig. 16B zeigen schematisch den Hauptteil eines dritten Vergleichsbeispiels.

[0033] Die Fig. 17A und Fig. 17B zeigen schematisch den Hauptteil eines vierten Vergleichsbeispiel, welches nicht in den Geltungsbereich der Patentansprüche fällt.

[0034] Die Fig. 18A und Fig. 18B zeigen schematisch den Hauptteil der einzigen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0035] Nachfolgend wird in Verbindung mit den beiliegenden Zeichnungen eine bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben.

[0036] Fig. 4 zeigt in perspektivischer Darstellung den optischen Weg im optischen Verschiebungssensor des ersten Vergleichsbeispiels, Fig. 5A die Draufsicht und Fig. 5B die Seitenansicht des optischen Weges im ersten Vergleichsbeispiel. In diesen Figuren kennzeichnet das Bezugszeichen H eine Kopfeinheit, das Bezugszeichen **1** ein Lichtemissionselement, das Bezugszeichen **3** ein Lichtempfangselement und das Bezugszeichen G1 ein erstes Beugungsgitter. Das erste Beugungsgitter G1 spaltet einen vom Lichtemissionselement **1** emittierten Lichtstrahl. Ein zweites Beugungsgitter G2 dient als Skala für das Phasenmodulieren der vom ersten Beugungsgitter **1** gespalteten zahlreichen Lichtstrahlen. Ein drittes Beugungsgitter G3 mischt die vom zweiten Beugungsgitter gebeugten Lichtstrahlen einer bestimmten Ordnung. Eine zylindrische Linse **4** als optisches Element kondensiert den vom Lichtemissionselement **1** emittierten Lichtstrahl nur in Gitterlinienrichtung des ersten Beugungsgitters G1.

[0037] Das Lichtemissionselement **1**, das optische Element **4** und das erste Beugungsgitter **1** bilden die Lichtprojektionsvorrichtung und das dritte Beugungsgitter G3 und das Lichtempfangselement **3** die Lichtempfangsvorrichtung, während das zweite Beugungsgitter G2 als Modulationsvorrichtung dient. Die Lichtprojektionsvorrichtung und die Lichtempfangsvorrichtung wiederum bilden die Kopfeinheit H.

[0038] Nachfolgen wird das Prinzip des Messens einer relativen Verschiebung zwischen den Beugungsgittern G2 und G3 beschrieben. Ein vom Lichtemissionselement **1** emittierter divergenter Lichtstrahl wird von der zylindrischen Linse **4** in eine Wellenfront so umgewandelt, daß diese in Gitterlinienrichtung (Y-Richtung) des ersten Beugungsgitters G1 sich konvergent und von der Lichtquelle in Lichtstrahlenspaltungsrichtung, das heißt in Anordnungsrichtung (X-Richtung) des ersten Beugungsgitters G1 sich divergent fortpflanzt. Der konvergente Lichtstrahl wird am Punkt 01 auf dem ersten Beugungsgitter G1 übertragungsgebeugt in drei Lichtstrahlen, d. h. in einen gebeugten Lichtstrahl 0. Ordnung R_0, einen gebeugten Lichtstrahl +1. Ordnung R_{+1} und einen gebeugten Lichtstrahl –1. Ordnung R_{-1} aufgespaltet, welche aus dem ersten Beugungsgitter G1 austreten.

[0039] Bei diesem Vergleichsbeispiel werden von den drei Lichtstrahlen nur der gebeugte Lichtstrahl R_0 0. Ordnung und der gebeugte Lichtstrahl R_{-1} 1. Ordnung genutzt.

[0040] Bei diesem Vergleichsbeispiel trifft der vom Lichtemissionselement **1** emittierte Lichtstrahl unter dem gleichen Winkel wie der Beugungswinkel (d. h. einem Winkel, definiert bei einem gebeugten Lichtstrahl 0. Ordnung) eines vom ersten Beugungsgitter gebeugten Lichtstrahls n. Ordnung (–1. Ordnung) als Einfallswinkel auf das erste Beugungsgitter G1.

[0041] Der direkt durch das erste Beugungsgitter G1 gesendete Lichtstrahl R_0 wird an der Stelle C nahe dem zweiten Beugungsgitter G2 in Gitterlinienrichtung des ersten Beugungsgitters G1 kondensiert und an der Stelle P2 auf dem zweiten Beugungsgitter G2 reflektiert und gebeugt. Der gebeugte Lichtstrahl wird in einen gebeugten Lichtstrahl +1. Ordnung R_{0+1} und einen gebeugten Lichtstrahl –1. Ordnung R_{0-1} aufgespaltet und beide Lichtstrahlen sind phasenmoduliert.

[0042] Bei diesem Vergleichsbeispiel wird von diesen beiden Lichtstrahlen nur der gebeugte Lichtstrahl –1. Ordnung R_{0-1} genutzt. Die Phase des gebeugten Lichtstrahls –1. Ordnung R_{0-1} ist um den Betrag $-2\pi\Delta x/P$ verschoben. In diesem Ausdruck bedeutet Δx die Bewegungsgröße des zweiten Beugungsgitters in X-Richtung und P die Teilung des zweiten Beugungsgitters G2.

[0043] Der gebeugte Lichtstrahl –1. Ordnung R_{0-1} wird vom dritten Beugungsgitter G3 übertragungsgebeugt und in einen gebeugten Lichtstrahl 0. Ordnung R_{0-10}, einen gebeugten Lichtstrahl +1. Ordnung R_{0-1+1} und in andere Lichtstrahlen aufgespaltet. Von diesen Lichtstrahlen gelangt nur der gebeugte Lichtstrahl +1. Ordnung R_{0-1+1} in Beugungsrichtung 1. Ordnung aus der Oberfläche des Beugungsgitters, wobei dessen Wellenfrontphase $-2\pi\Delta x/P$ beträgt.

[0044] Der vom ersten Beugungsgitter G1 im rechten Winkel zu diesem und in –1. Ordnung gebeugte Lichtstrahl R_{-1} wird am Punkt P1 auf dem zweiten Beugungsgitter G2 reflexionsgebeugt und in einen gebeugten Lichtstrahl +1. Ordnung R_{-1+1}, einen gebeugten Lichtstrahl –1. Ordnung R_{-1-1} und in andere Lichtstrahlen aufgespaltet. Diese Lichtstrahlen werden phasenmoduliert. Von diesen Lichtstrahlen wird nur der gebeugte Lichtstrahl +1. Ordnung R_{-1+1} genutzt. Die Phase dieses gebeugten Lichtstrahls +1. Ordnung R_{-1+1} wird um den Betrag $+2\pi\Delta x/P$ verschoben. Der gebeugte Lichtstrahl +1. Ordnung R_{-1+1} wird in Gitterlinienrichtung des ersten Beugungsgitters G1 an der Stelle C nahe des zweiten Beugungsgitters G2 kondensiert und trifft dann auf das dritte Beugungsgitter G3. Von den vom dritten Beugungsgitter G3 gebeugten Lichtstrahlen wird nur der direkt durch dieses geschickte gebeugte Lichtstrahl 0. Ordnung R_{-1+10} genutzt. Dessen Wellenfrontphase beträgt $+2\pi\Delta x/P$.

[0045] Bei diesem Vergleichsbeispiel sind die entsprechenden Elemente so eingestellt, daß der Lichtstrahl R_{0-1+1} unter einem Winkel aus dem dritten Beugungsgitter G3 austritt, welcher dem Beugungswinkel des vom ersten Beugungsgitter G1 gebeugten Lichtstrahls n. Ordnung aus dem vom Lichtemissionselement **1** emittierten Lichtstrahl entspricht.

[0046] Die Lichtstrahlen R_{-1+10} und R_{0-1+1}, deren optische Wege durch die Wirkung des dritten Beugungsgitters G3 einander überlagert werden, treffen als Interferenzlicht auf das Lichtempfangselement **3**. Dadurch beträgt die Interferenzphase

$$\{+2\pi\Delta x/P\} - \{-2\pi\Delta x/P\} = 4\pi\Delta x/P.$$

[0047] Wenn das als Skala wirkende zweite Beugungsgitter G2 in Gitteranordnungsrichtung um eine Teilung von P/2 abweicht, wird bei einer Periode ein Hell/Dunkel-Signal Signal erzeugt.

[0048] Nachfolgend wird auf Montagefehler bezüglich der Winkel ϕ und η, auf die Winkeldifferenz θ zwischen zwei Interferenzlichtstrahlen und auf das Verhältnis (Wellenlänge des Lichts λ)/(Teilung des Beugungsgitters P) und auf deren Beziehung zueinander näher eingegangen. Wenn der Vektor eines vom Lichtemissionselement emittierten, die zylindrische Linse **4** durchdringenden und im rechten Winkel auf das erste Beugungsgitter G1 fallenden Strahlenbündels die Kennzeichnung u_o (u_{ox}, u_{oy}, u_{oz}) und die Beugungsordnung die Kennzeichnung m erhält, genügt der Richtungsvektor u_1 (u_{1x}, u_{1y}, u_{1z}) des Lichts m. Ordnung den bekannten Beziehungen

$$\begin{aligned} u_{1x} &= u_{ox} + m\lambda/Px \\ u_{1y} &= u_{oy} + m\lambda/Py \\ u^2_{ox} + u^2_{oy} &+ u^2_{oz} = 1 \\ u^2_{1x} + u^2_{1y} &+ u^2_{1z} = 1, \end{aligned} \qquad (1)$$

wobei das Beugungsgitter in der x-y-Ebene angeordnet ist und Px und Py die entsprechenden Teilungen des Beugungsgitters in x- bzw. y-Richtung darstellen.

[0049] Auf der Grundlage dieser Beziehung beträgt bei

$$\lambda/P = s$$

die Winkeldifferenz θ zwischen den beiden Lichtstrahlen R_{-1+10} und R_{0-1+1}, welche vom dritten Beugungsgitter G3 übertragungsgebeugt werden und miteinander interferieren,

$$\theta = \mathrm{Cos}^{-1}[(2s)^2(\mathrm{Cos}\eta - 1) + 1]$$

$$\theta = -\phi - \mathrm{Sin}^{-1}\{s + \mathrm{Sin}[\phi - \mathrm{Sin}^{-1}(s)]\} + \mathrm{Sin}^{-1}\{s + \mathrm{Sin}[\phi - \mathrm{Sin}^{-1}(s - \mathrm{Sin}\phi)]\}$$

[0050] Wenn angenommen wird, daß θ und ϕ sehr kleine Winkel sind, ergeben sich für die Näherungen bis zur zweite Ordnung

$$\theta = 2s\eta \ (\eta\text{: Azimutwinkel}) \qquad (2)$$

$$\theta = s\phi^2/[(1 - s^2)^{1/2}] \ (\phi\text{: Drehwinkel}) \qquad (3)$$

[0051] Wenn der in Fig. 6 dargestellte Montagefehler (Azimutwinkel η) vorliegt, entsteht die Winkeldifferenz θ zwischen den beiden Interferenzlichtstrahlen R_{-1+10} und R_{0-1+1} in der y-z-Ebene der Fig. 4 (siehe Fig. 7). Wenn aber der in Fig. 8 dargestellte Montagefehler (Drehwinkel ϕ) vorliegt, entsteht die Winkeldifferenz θ in der x-z-Ebene der Fig. 4 (siehe Fig. 9).

[0052] Die Fig. 10A und Fig. 11A zeigen diese Beziehung. Wenn λ = 0,78 µm und P = 1,6 µm, werden die in den Fig. 10B und Fig. 11B dargestellten Beziehungen erhalten.

[0053] Wenn beim zweiten Beugungsgitter G2 ein Montagefehler vorliegt, wird vom Sensor aus gesehen die Lage C des Kreuzungspunktes zwischen den beiden Indifferenzlichtstrahlen R_{-1+10} und R_{0-1+1} berechnet. Wenn das zweite Beugungsgitter G2 unter den in Fig. 6 dargestellten Azimutwinkelfehlers η angeordnet ist, nimmt bei Verwendung der oben angeführten Beziehungen (1) bis (3) und bei einer optischen Weglänge L3 als Längeneinheit vom zweiten

Beugungsgitter G2 zum dritten Beugungsgitter G3 (siehe Fig. 5A und Fig. 5B) der Kreuzungspunktpunkt C die in Fig. 12A dargestellte Lage ein; wenn das zweite Beugungsgitter G2 unter dem in den Fig. 11A und Fig. 11B dargestellten Drehwinkelfehler ϕ angeordnet ist, nimmt der Kreuzungspunkt C die in Fig. 13A dargestellte Lage ein.

[0054] Der Kreuzungspunkt C ist in Sensorrichtung mit dem Vorzeichen Minus und in Richtung des zweiten Beugungsgitters G2 mit dem Vorzeichen Plus gekennzeichnet, bei G3 als Nullpunkt.

[0055] Wenn das zweite Beugungsgitter G2 unter dem Azimutwinkel n angeordnet ist, werden die beiden Interferenzlichtstrahlen in Gitterlinienrichtung des dritten Beugungsgitters getrennt und kreuzen sich in der Nähe des zweiten Beugungsgitters von der Sensorfläche aus in Richtung des dritten Beugungsgitters gesehen. Der Kreuzungspunkt C liegt an der Stelle, welche (L1 + L2)/2 entspricht, mit L1 und L2 als optische Weglängen für die beiden Aufspaltlichtstrahlen R_{-1+10} und R_{0-1+1} vom zweiten zum dritten Beugungsgitter.

[0056] In den Fig. 5A und Fig. 5B verläuft der optische Weg des Lichtstrahls R_{-1+1} vom Punkt P1 zum Punkt P3 und entspricht der Länge L1, der optische Weg des Lichtstrahls R_{0-1} vom Punkt P2 zum Punkt P3 und entspricht der Weglänge L2.

[0057] Wenn das dritte Beugungsgitter G3 unter dem Drehwinkel ϕ angeordnet ist, werden die beiden Interferenzlichtstrahlen in Anordnungsrichtung des dritten Beugungsgitters G3 getrennt und scheinen sich an einem sehr weit entfernten Punkt von der Sensorfläche **3** aus in entgegengesetzte Richtung zum dritten Beugungsgitter G3 gesehen zu kreuzen. Bei P = 1,6 μm und λ = 0,78 μm liegt der Kreuzungspunkt C der beiden Interferenzlichtstrahlen an der in den Fig. 12B und Fig. 13B gezeigten Stelle.

[0058] Um den Interferenzzustand zwischen den beiden Lichtstrahlen zu stabilisieren, werden diese in der Nähe des zweiten Beugungsgitters G2 in Gitterlinienrichtung des ersten Beugungsgitters G1 kondensiert (dieser Kondensationspunkt sollte dem in Fig. 4 dargestellten Kreuzungspunkt C, d. h. der Position L3 = (L1 + L2)/2 entsprechen) und werden in Anordnungsrichtung des ersten Beugungsgitters G1 zu Parallelstrahlen (ebene Wellen) oder Elementarwellen mit sehr großem Krümmungsradius (in diesem Fall divergentes Licht vom Lichtemissionselement).

[0059] Wie die Fig. 11A und Fig. 11B zeigen, wird auch in dem Fall, daß das zweite Beugungsgitter G2 unter dem Drehwinkel ϕ angeordnet ist, die Winkeldifferenz θ zwischen den beiden Interferenzlichtstrahlen nicht sehr groß, aber beide werden voneinander getrennt. Wenn die beiden Lichtstrahlen Elementarwellen sind, welche in Anordnungsrichtung des Beugungsgittersichtung einen kleinen Krümmungsradius haben, entstehen aus diesem Grund Interferenzstreifen und es ist kein stabiler Interferenzzustand zu verzeichnen. Wenn die beiden Lichtstrahlen aber in Form von ebenen Wellen oder Elementarwellen mit sehr großem Krümmungsradius in Erscheinung treten (Elementarwellen mit sehr großem Krümmungsradius können als ebene Wellen angesehen werden), wird die Winkeldifferenz θ zwischen diesen nicht groß, entstehen kaum Interferenzstreifen und der Interferenzzustand wird stabil.

[0060] Wenn die beiden Lichtstrahlen in Form einer Wellenfront mit großem Krümmungsradius in Erscheinung treten und dadurch die Wellenfront im wesentlichen als Ebene angesehen werden kann oder wenn der Krümmungsradius in Anordnungsrichtung des ersten Beugungsgitters G1 sich der Form einer Ebene nähert, entstehen kaum Interferenzstreifen und der Interferenzzustand wird stabil.

[0061] Was die Gitterlinienrichtung des ersten Beugungsgitters G1 betrifft, ist in einem Bereich λ/P < 0,8 und unabhängig vom Azimutwinkel η die Lage des Kreuzungspunktes C von zwei Lichtstrahlen nahezu konstant, wie die Fig. 12A und Fig. 12B zeigen. Wie aber aus den Fig. 10A und Fig. 10B ersichtlich ist, steigt die Winkeldifferenz θ zwischen den beiden Interferenzlichtstrahlen proportional dem Azimutwinkel η.

[0062] Wie der Beschreibung entnommen werden kann, tritt in dem Fall, daß der vom Lichtemissionselement **1** emittierte Lichtstrahl in Gitterlinienrichtung des ersten Beugungsgitters G1 kondensiert und der Konzentrationspunkt in den gleichen Bereich wie der Schnittpunkt C der Interferenzlichtstrahlen gelegt wird, eine Überlagerung der Wellenfront beider Lichtstrahlen ein, auch wenn die Winkeldifferenz θ zwischen diesen groß ist, während die optischen Weglängen L1 und L2 immer konstant bleiben, unabhängig vom Azimutwinkel η. Dadurch entstehen kaum Interferenzstreifen und der Interferenzzustand wird stabil.

[0063] Da bei diesem Vergleichsbeispiel auf der Seite, auf welcher das Lichtemissionselement **1** des Sensors **3** angeordnet ist, unnötig gebeugtes Licht erzeugt wird, kann auf einfache Weise eine Schutzvorrichtung gegen Streulicht angeordnet werden.

[0064] Da bei diesem Vergleichsbeispiel aus den genannten Gründen das Lichtemissionselement **1** so ausgelegt ist, daß dieses die beiden Lichtstrahlen als divergentes Lichtbündel in Anordnungsrichtung des ersten Beugungsgitters G1 emittiert, der Krümmungsradius jedes Lichtstrahls so groß wie möglich gewählt wird und die Lichtstrahlen in Gitterlinienrichtung konvergieren, kann ein Kodiergerät bereitge-

stellt werden, dessen Ausgangsgröße in bezug auf den Drehwinkel und den Azimutwinkel unempfindlich ist und welches leicht bedient werden kann.

[0065] Beim ersten Vergleichbeispiel ist das gesamte optische Interferenzsystem sehr einfach gestaltet, und da die Kopfeinheit nur aus dem Lichtemissionselement **1**, dem Lichtempfangselement **3**, der zylindrischen Linse **4** und dem dritten Beugungsgitter G3 gebildet wird, ermöglichen diese wenigen Komponenten eine leichte Montage. Da das erste Beugungsgitter G1, das dritte Beugungsgitter G3 und die zylindrische Linse **4** auf einer einzigen Platte angeordnet sind, wie aus den Fig. 4, Fig. 5A und Fig. 5B ersichtlich ist, kann die Anzahl an Komponenten weiter verringert und dadurch die Vorrichtung kostengünstig und in Kompaktbauweise gefertigt werden.

[0066] Da der Lichtstrahl als divergentes Licht (Elementarlicht mit sehr großem Krümmungsradius) in Gitteranordnungsrichtung vom Lichtemissionselement **1** emittiert und in Gitterlinienrichtung des ersten Beugungsgitters G1 kondensiert wird, kann ein optisches System, dessen Interferenzzustand vom Winkelfehler zwischen der Skala G2 und der Kopfeinheit abhängig ist, aufgebaut und ein leicht bedienbares kompaktes Kodiergerät bereitgestellt werden.

[0067] Da von den im rechten Winkel auf das zur Synthetisierung vorgesehene dritte Beugungsgitter G3 treffenden Lichtstrahlen in Beugungsrichtung 1.Ordnung nur zwei Interferenzlichtstrahlen genutzt werden, kann Signallicht (Zweistrahlen-Interferenzlicht) leicht von den anderen vom dritten Beugungsgitter G3 als Synthetisierelement für zwei Interferenzlichtstrahlen unnötig übertragungsgebeugten Lichtkomponenten isoliert werden.

[0068] Da das Lichtemissionselement **1** und der Sensor **3** räumlich voneinander getrennt werden können und es möglich ist, eine Vorrichtung zum Abschirmen des vom Lichtemissionselement **1** emittierten und den Sensor **3** erreichenden unnötigen Lichts auf einfache Weise anzuordnen, kann ein Kodiergerät zum Empfangen eines rauscharmen Signals mit großem S/N-Verhältnis (Signal-Rausch-Verhältnis) bereitgestellt werden.

[0069] Fig. 14 zeigt in perspektivischer Darstellung das zweite Vergleichsbeispiel eines optischen Verschiebungssensors, Fig. 15A die Draufsicht und Fig. 15B die Seitenansicht des optischen Weges dieses Sensors. In diesen Figuren sind gleiche Teile mit den gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet.

[0070] Eine torische Linse **4** kondensiert den vom Lichtemissionselement **1** emittierten divergenten Lichtstrahl.

[0071] Prinzip und Grundaufbau des optischen Systems entsprechen denen des ersten Vergleichsbeispiels. Die Wellenfront des vom Lichtemissionselement emittierten Lichts wird von einem einzigen optischen Element **4** in eine zylindrische Form gebracht. Dadurch kann der Lichtstrahl in Gitterlinienrichtung als konvergentes Licht und in Gitteranordnungsrichtung als kollimiertes Licht in Erscheinung treten.

[0072] Mit dem zweiten Vergleichsbeispiel kann außer dem mit dem ersten Vergleichsbeispiel erzielten Effekt ein weiterer Effekt erzielt werden, auf welchen nachfolgend näher eingegangen wird. Da die Wellenfront des vom Lichtemissionselement **1** emittierten Lichtstrahls von einer einzigen Linse in eine zylindrische Form gebracht wird, kann ein konstruktiv einfaches, kompaktes, kostengünstiges und leicht montierbares Kodiergerät bereitgestellt werden.

[0073] Da das Lichtemissionselement **1** und das Lichtempfangselement **3** räumlich getrennt voneinander angeordnet werden können, ist es möglich, das vom Lichtemissionselement **1** erzeugte Streulicht auf einfache Weise abzuschirmen und ein rauscharmes Signal mit großem S/N-Verhältnis zu erhalten.

[0074] Bei beiden Vergleichsbeispielen kann eine Fresnel-Linse als optisches Element verwendet werden.

[0075] Fig. 16A zeigt die Draufsicht und Fig. 16B die Seitenansicht des dritten Vergleichsbeispiels des optischen Verschiebungssensors. In den Fig. 16A, Fig. 16B, Fig. 5A und Fig. 5B sind gleiche Teile mit den gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet. Wie die Fig. 16A und Fig. 16B zeigen, wandelt eine Kollimatorlinse **5** den vom Lichtemissionselement emittierten Lichtstrahl im wesentlichen in kollimiertes Licht um, welches dann von einer zylindrischen Linse **4** in Gitterlinienrichtung kondensiert wird.

[0076] Prinzip und Grundaufbau des optischen Systems entsprechen denen des zweiten Vergleichsbeispiels. Der vom Lichtemissionselement **1** emittierte Lichtstrahl trifft unter einem willkürlichen Winkel θ_i auf das Beugungsgitter G1, welcher weder ein rechter Winkel ist noch dem Beugungswinkel von gebeugtem Licht n. Ordnung entspricht.

[0077] Mit dem dritten Vergleichsbeispiel wird außer den mit dem ersten und dem zweiten Vergleichsbeispiel erzielten Effekten der nachfolgend beschriebene Effekt erhalten. Da der vom Lichtemissionselement **1** emittierte Lichtstrahl nicht im rechten Winkel, sondern unter einem willkürlichen Winkel θ_i auf das Beugungsgitter trifft, können die Lichtquelle **1** und das Lichtempfangselement **3** getrennt voneinander angeordnet werden, um den Einfluß nicht des Interferenzlichts, sondern des anderen von der Lichtquelle emittierten Lichts zu eliminieren, und außerdem ist

eine Verringerung des Abstandes zwischen der Skala und dem Kopf möglich, wodurch die Vorrichtung kompakt und flach ausgeführt werden kann. Da auch das Beugungsgitter G3 zum Mischen von Lichtstrahlen und das Lichtempfangselement **3** getrennt voneinander angeordnet sind, kann der Einfluß nicht des gebeugten, sondern des anderen vom Beugungsgitter **3** ausgehenden Lichts eliminiert und dadurch ein Signal mit großem S/N-Verhältnis erhalten werden.

[0078] Die Fig. 17A und Fig. 17B zeigen die Draufsicht bzw. die Seitenansicht eines vierten Vergleichsbeispiels, welches nicht Bestandteil der Ansprüche ist. Die in diesen Figuren dargestellten Teile gleichen denen der beschriebenen Vergleichsbeispiele und sind deshalb mit den gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet.

[0079] Bei diesem Vergleichsensor kondensiert eine torische Linse **4** den vom Lichtemissionselement emittierten Lichtstrahl in Gitterlinienrichtung des Beugungsgitters G1 und kollimiert diesen im wesentlichen in Gitteranordnungsrichtung. Eine Lichtschutzwand **5** schirmt die Beugungsgitter gegen anderes von der Lichtquelle emittierte Licht ab. Das Bezugszeichen **6** kennzeichnet die Skalenbewegungsrichtung.

[0080] Prinzip und Grundaufbau des optischen Systems entsprechen denen des ersten Vergleichsbeispiels. Bei diesem Vergleichsbeispiel trifft der von der Lichtquelle emittierte Lichtstrahl im rechten Winkel auf das Beugungsgitter G1.

[0081] Mit diesem Vergleichsbeispiel können außer den mit dem ersten bis dritten Vergleichsbeispiel erzielten Effekten die nachfolgend beschriebenen Effekte erreicht werden.

1) Als Lichtstrahl, welcher auf das Lichtemissionselement gerichtet werden soll, wird nicht der vom Beugungsgitter G3 gemischte und im rechten Winkel von diesem ausgehenden Lichtstrahl, sondern nur der in entgegengesetzte Richtung zur Lichtquelle gebeugte Lichtstrahl verwendet. Dadurch wird verhindert, daß andere vom Beugungsgitter G3 erzeugte Beugungslichtkomponenten auf das Lichtempfangselement treffen, wodurch ein rauscharmes Signal mit großem S/N-Verhältnis ausgegeben werden kann.

2) Da die Lichtquelle im rechten Winkel zum Beugungsgitter G1 angeordnet ist, kann ein kostengünstiges, kompaktes und auf einfache Weise zu montierendes Kodiergerät bereitgestellt werden.

[0082] Die Fig. 18A und Fig. 18B zeigen die Draufsicht bzw. die Seitenansicht der einzigen Ausführungsform einer optischen Verschiebungsmeßvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung. Die in diesen Figuren dargestellten Teile entsprechen denen der bisher beschriebenen und sind deshalb mit den gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet.

[0083] Nachfolgend wird das Prinzip dieses optischen Systems beschrieben.

[0084] Der vom Lichtenmissionselement **1** emittierte Lichtstrahl trifft auf eine torische Linse **4** und wird von dieser in Gitteranordnungsrichtung zu einem kollimierten und in Gitterlinienrichtung zu einem konvergenten Lichtstrahl umgewandelt. Der konvergente Lichtstrahl trifft auf das Beugungsgitter G1, wird von diesen in zwei Lichtstrahlen aufgespaltet, in einen im rechten Winkel aus der Gitteroberfläche austretenden gebeugten Lichtstrahl n. Ordnung und einen gebeugten Lichtstrahl m. Ordnung (n < m), dessen Austrittswinkel dem Winkel entspricht, unter welchem das im rechten Winkel auf die Gitterlinien der Beugungsgitter G2 und G3 treffende Licht von diesen gebeugt wird (Form, Teilung, Wirkleistung und andere Parameter der Linien des Beugungsgitters G1 werden so ausgelegt, daß der unter einem solchen Winkel gebeugte Lichtstrahl eine größere Intensität hat), und diese Lichtstrahlen treffen auf das Beugungsgitter G2.

[0085] Prinzip und der Grundaufbau entsprechen denen des ersten Vergleichsbeispiels.

[0086] Wie bereits beschrieben, sind bei dieser Ausführungsform die Elemente so angeordnet, daß der optische Weg des auf das Beugungsgitter G1 treffenden Lichtstrahls den optischen Weg des vom Beugungsgitter G3 ausgehenden und auf das Lichtempfangselement **3** treffenden Lichtstrahls kreuzt und die Lichtschutzwand **5** diese optischen Wege nicht abschirmt.

[0087] Mit der einzigen Ausführungsform kann außer den beim ersten bis dritten Vergleichsbeispiel erzielten Effekten der nachfolgend beschriebene Effekt erreicht werden.

[0088] Das Lichtempfangselement und das Lichtemissionselement können in einem geringeren Abstand zueinander als bei den anderen Ausführungsformen angeordnet werden, so daß ein auf einfache Weise montierbares kompaktes Kodiergerät bereitgestellt werden kann, welches ein geräuscharmes Signal mit großem S/N-Verhältnis ausgibt.

[0089] Bei allen bisher beschriebenen Systemen kann eine Fresnel-Linse, ein Hologrammelement oder ein ähnliches Element als optisches Element verwendet werden.

[0090] Wenn bei dieser Ausführungsform die entsprechenden Elemente wie beschrieben angeordnet werden, kann ein kompakter optischer Verschiebungssensor bereitgestellt werden, welcher das ebenfalls vom Lichtemissionselement emittierte un-

nötige Licht zum Sensor hin abschirmt, ein geräuscharmes Signal mit großem S/N-Verhältnis sendet und dadurch eine Verschiebung sehr genau mißt.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Messen einer relativen Verschiebung eines Objektbeugungsgitters (G2), welche folgendes aufweist:
ein Beleuchtungssystem (**1**) zur Erzeugung eines Lichtstrahls, ein Aufspaltbeugungsgitter (G1) zum Aufspalten des vom Beleuchtungssystem erzeugten Lichtstrahls in mindestens zwei gebeugte Lichtstrahlen, wobei das Aufspaltbeugungsgitter (G1) zwischen dem Beleuchtungssystem (**1**) und dem Objektbeugungsgitter (G2) angeordnet ist,
ein Mischbeugungsgitter (G3) zum Mischen von mindestens zwei vom Objektbeugungsgitter (G2) reflektierten und gebeugten Lichtstrahlen, wobei das Mischbeugungsgitter (G3) zwischen einem Lichtempfangselement (**3**) und dem Objektbeugungsgitter (G2) in der Nähe Aufspaltbeugungsgitters (G1) angeordnet ist und das Mischbeugungsgitter (G3) in bezug auf das Objektbeugungsgitter auf der gleichen Seite wie das Aufspaltbeugungsgitter (G1) angeordnet ist,
wobei vom Lichtempfangselement (**3**) zum Empfangen eines vom Mischbeugungsgitter (G3) gemischten Strahls eine relative Verschiebung des Objektbeugungsgitters (G2) auf der Grundlage des empfangenen Lichts erfaßt wird, wobei das Beleuchtungssystem (**1**) den Lichtstrahl nicht lotrecht zur Gitteranordnungsrichtung des Aufspaltbeugungsgitters (G1) auf dieses emittiert, wobei das Mischbeugungsgitter (G3) durch Beugen von mindestens einem der vom Objektbeugungsgitter (G2) reflektierten und gebeugten Lichtstrahlen mindestens zwei ausgehende Lichtstrahlen im wesentlichen in Übereinstimmung bringt und dadurch das Mischen der ausgehenden Lichtstrahlen erfolgt,
dadurch gekennzeichnet, daß
das Aufspaltbeugungsgitter (G1) und das Mischbeugungsgitter (G3) als separate Gitter angeordnet sind,
die Vorrichtung so angeordnet ist, daß in bezug auf das Objektbeugungsgitter (G2) der gemischte Strahl das Mischbeugungsgitter (G3) auf der gleichen Seite verläßt, auf welcher der Beleuchtungslichtstrahl auf das Aufspaltbeugungsgitter (G1) trifft, aber entgegengesetzt zur Flächennormalen des Mischbeugungsgitters (G3) geneigt, und
der optische Weg vom Beleuchtungssystem (**1**) zum Aufspaltbeugungsgitter (G1) den optischen Weg vom Mischbeugungsgitter (G3) zum Lichtempfangselement (**3**) kreuzt.

2. Vorrichtung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Lichtempfangselement (**3**) den Lichtstrahl unter einer bestimmten Neigung zur Anordnungsrichtung des Mischbeugungsgitters (G3) empfängt.

3. Vorrichtung gemäß Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Aufspaltbeugungsgitter (G1) und das Mischbeugungsgitter (G3) auf einer einzigen Platte angeordnet sind.

4. Vorrichtung gemäß Anspruch 1 oder 2, gekennzeichnet durch ein optisches Element (**4**), welches die vom Aufspaltbeugungsgitter (G1) aufzuspaltenden Lichtstrahlen so formt, daß diese in Gitteranordnungsrichtung des Aufspaltbeugungsgitters (G1) divergieren und im rechten Winkel zur Gitteranordnungsrichtung des Aufspaltbeugungsgitters (G1) konvergieren.

5. Vorrichtung gemäß Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß das optische Element (**4**) eine auf der Lichtstrahlauftreffseite des Aufspaltbeugungsgitters (G1) angeordnete zylindrische Linse aufweist.

6. Vorrichtung gemäß Anspruch 1 oder 2, gekennzeichnet durch ein optisches Element (**4**), welches die vom Aufspaltbeugungsgitter (G1) aufzuspaltenden Lichtstrahlen so formt, daß diese in Gitteranordnungsrichtung des Aufspaltbeugungsgitters (G1) kollimiert und im rechten Winkel zur Gitteranordnungsrichtung des Aufspaltbeugungsgitters (G1) kondensiert werden.

7. Vorrichtung gemäß Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß das optische Element (**4**) eine auf der Lichtstrahlauftreffseite des Aufspaltbeugungsgitters (G1) angeordnete torische Linse aufweist.

8. Vorrichtung gemäß Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß das optische Element (**4**) eine auf der Lichtstrahlauftreffseite des Aufspaltbeugungsgitters (G1) angeordnete optische Einheit aus einer zylindrischen Linse und einer Kollimatorlinse bildet.

Es folgen 18 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1B
STAND DER TECHNIK

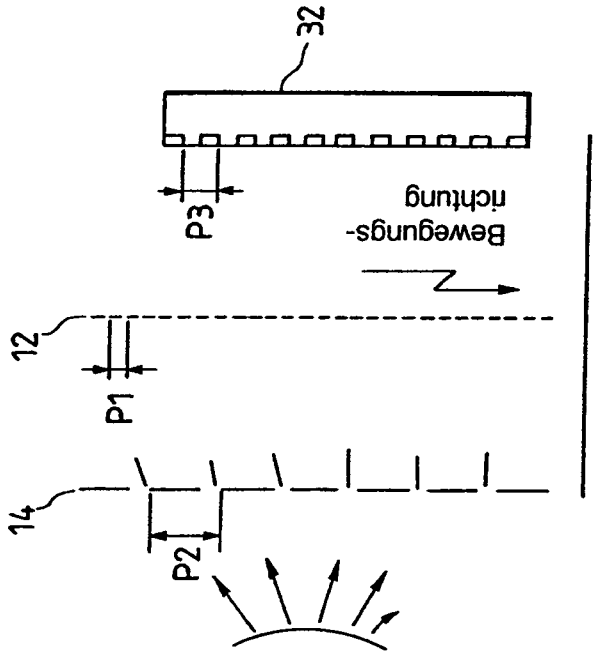
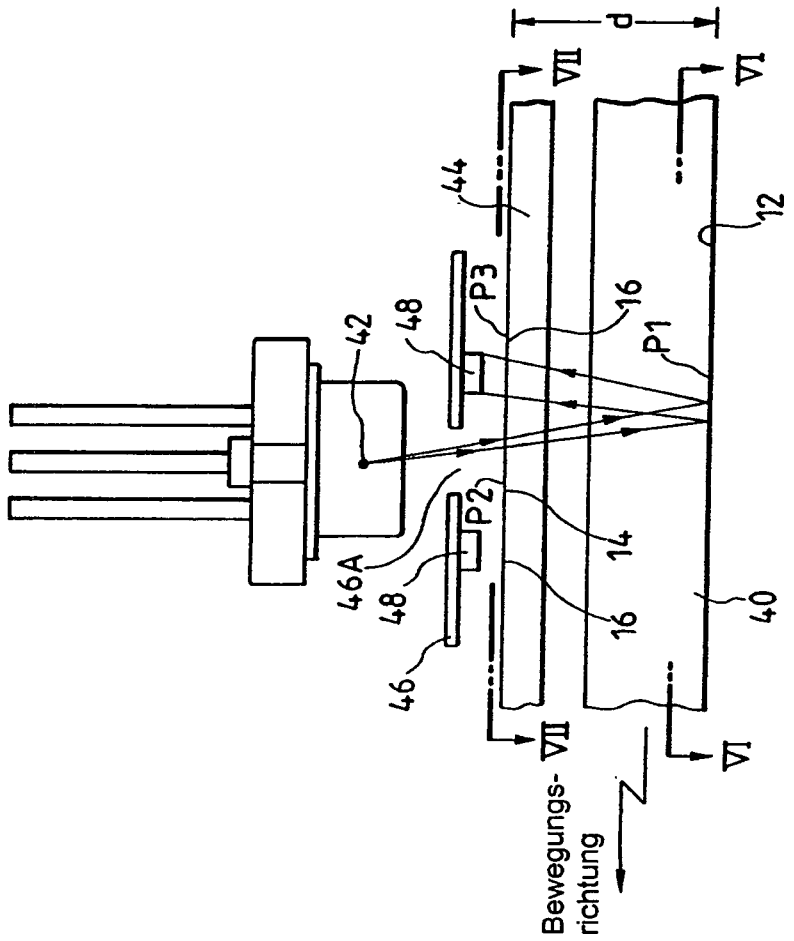


FIG. 1A
STAND DER TECHNIK



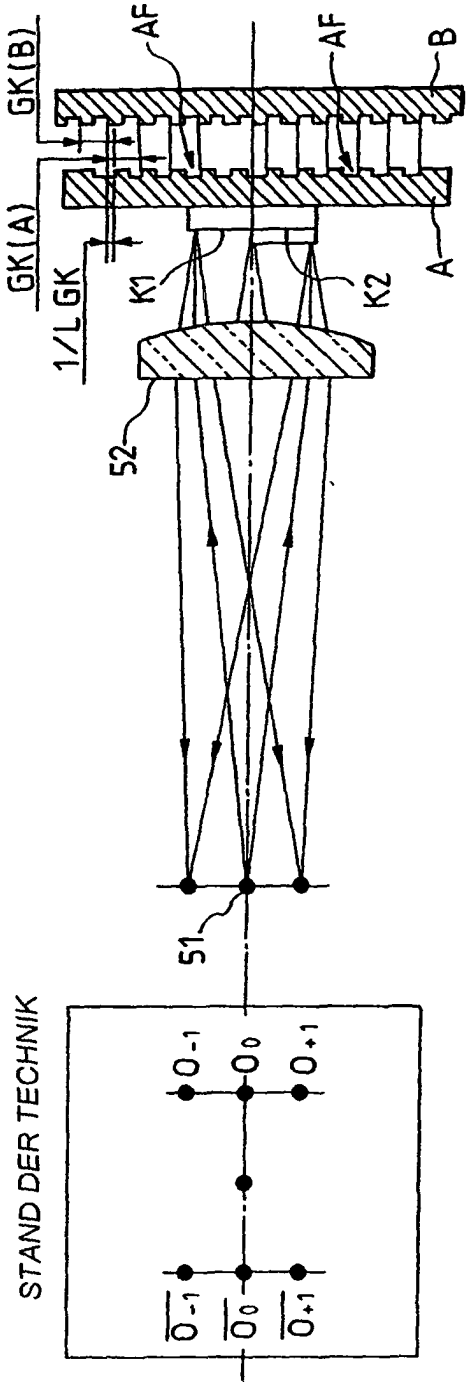


FIG. 2A
STAND DER TECHNIK

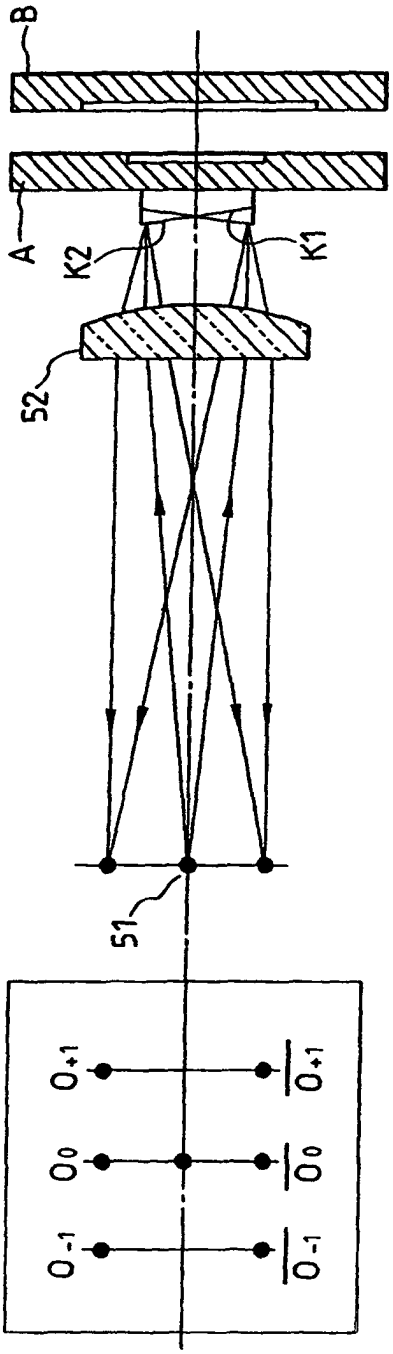


FIG. 2B
STAND DER TECHNIK

FIG. 3
STAND DER TECHNIK

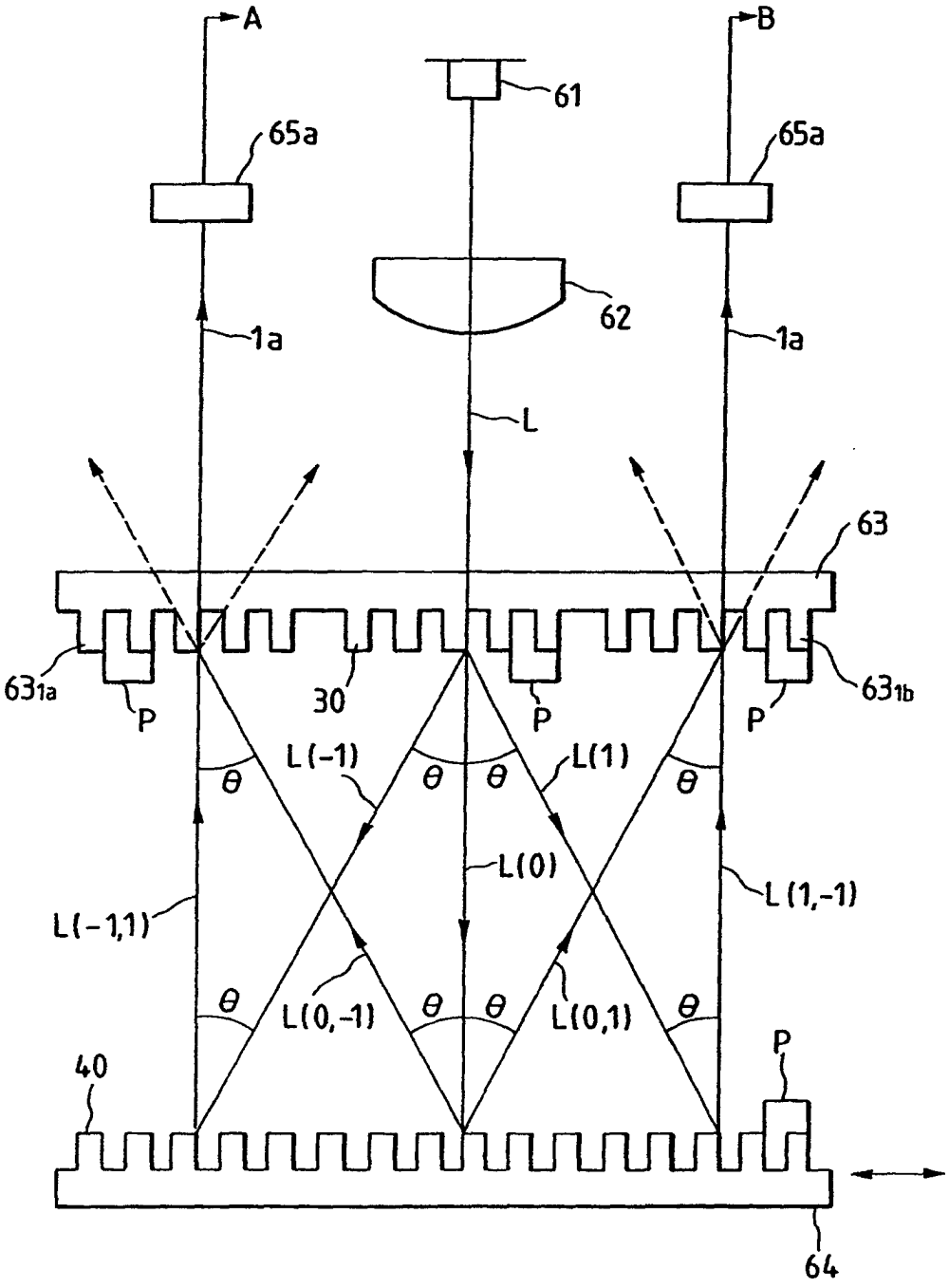


FIG. 4

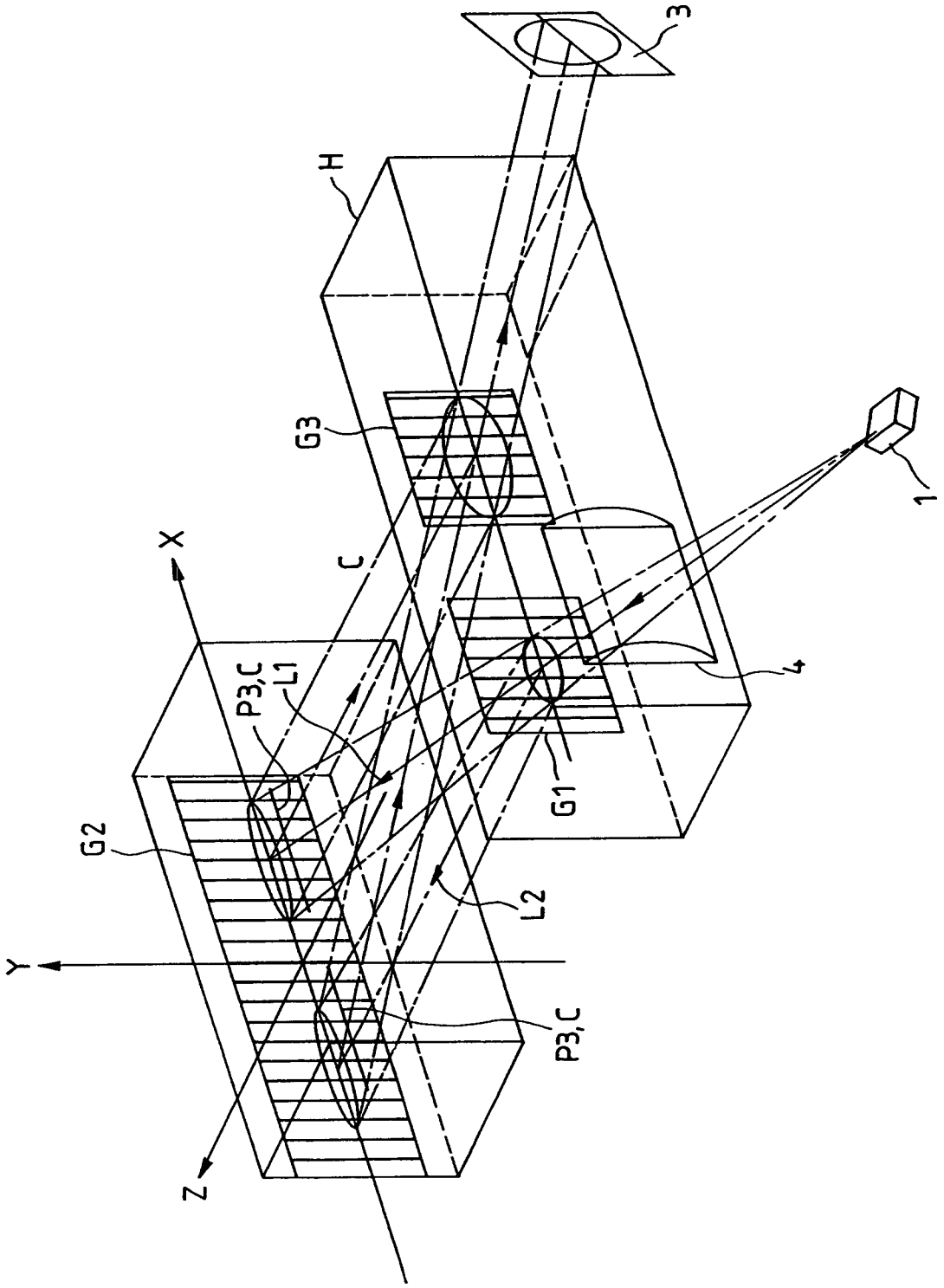


FIG. 5B

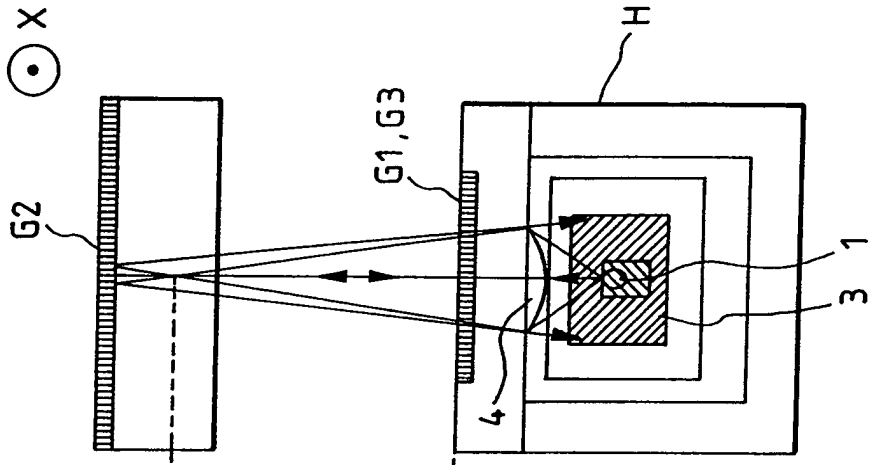

X
H
G1,G3
G2
1
3
4

FIG. 5A

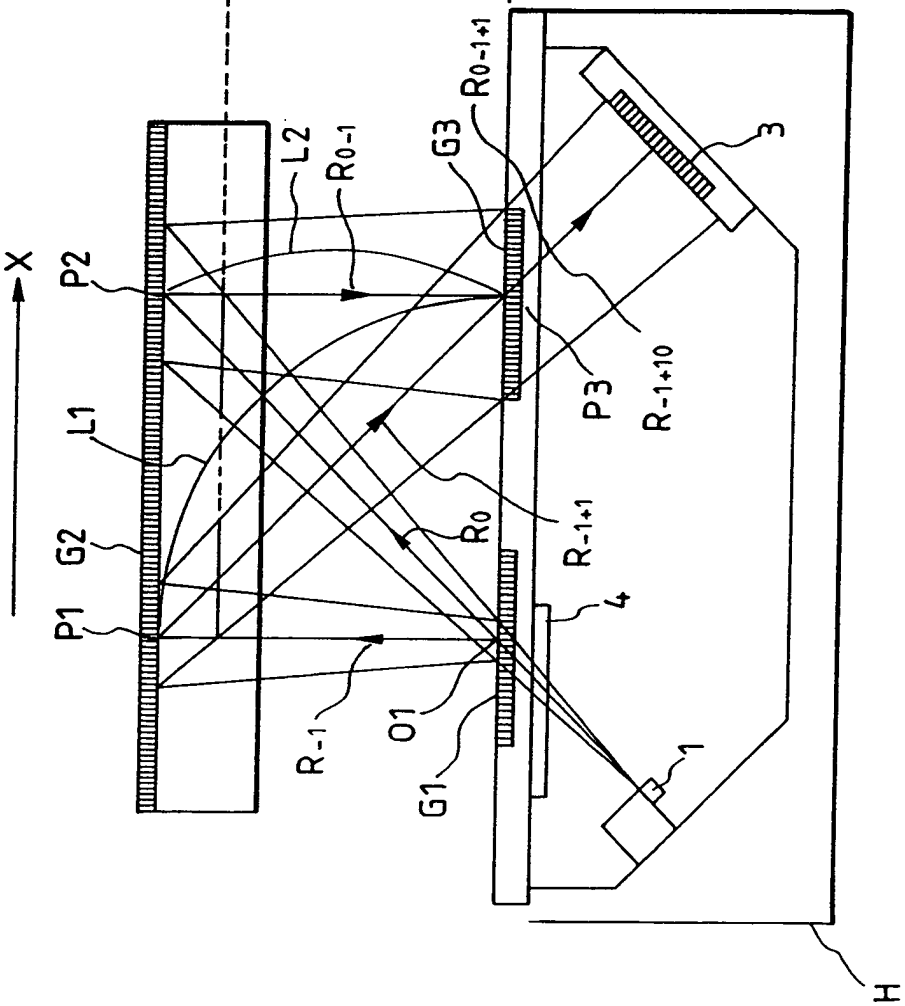

L3
C
X
P2
L2
R0-1
G3
R0-1+1
3
L1
P3
R-1+10
R0
R-1+1
G2
4
P1
R-1
O1
G1
1
H

FIG. 6

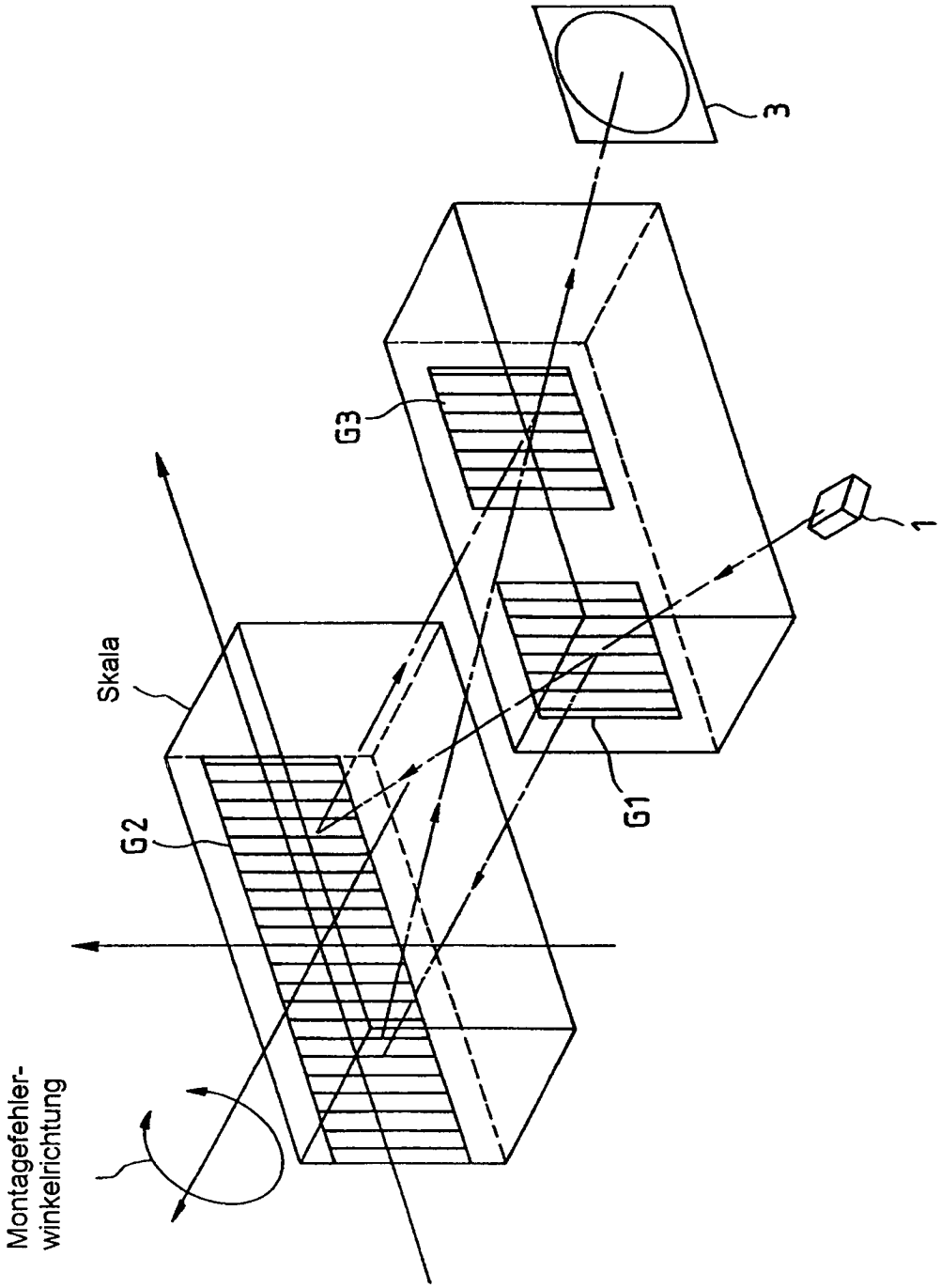


FIG. 7

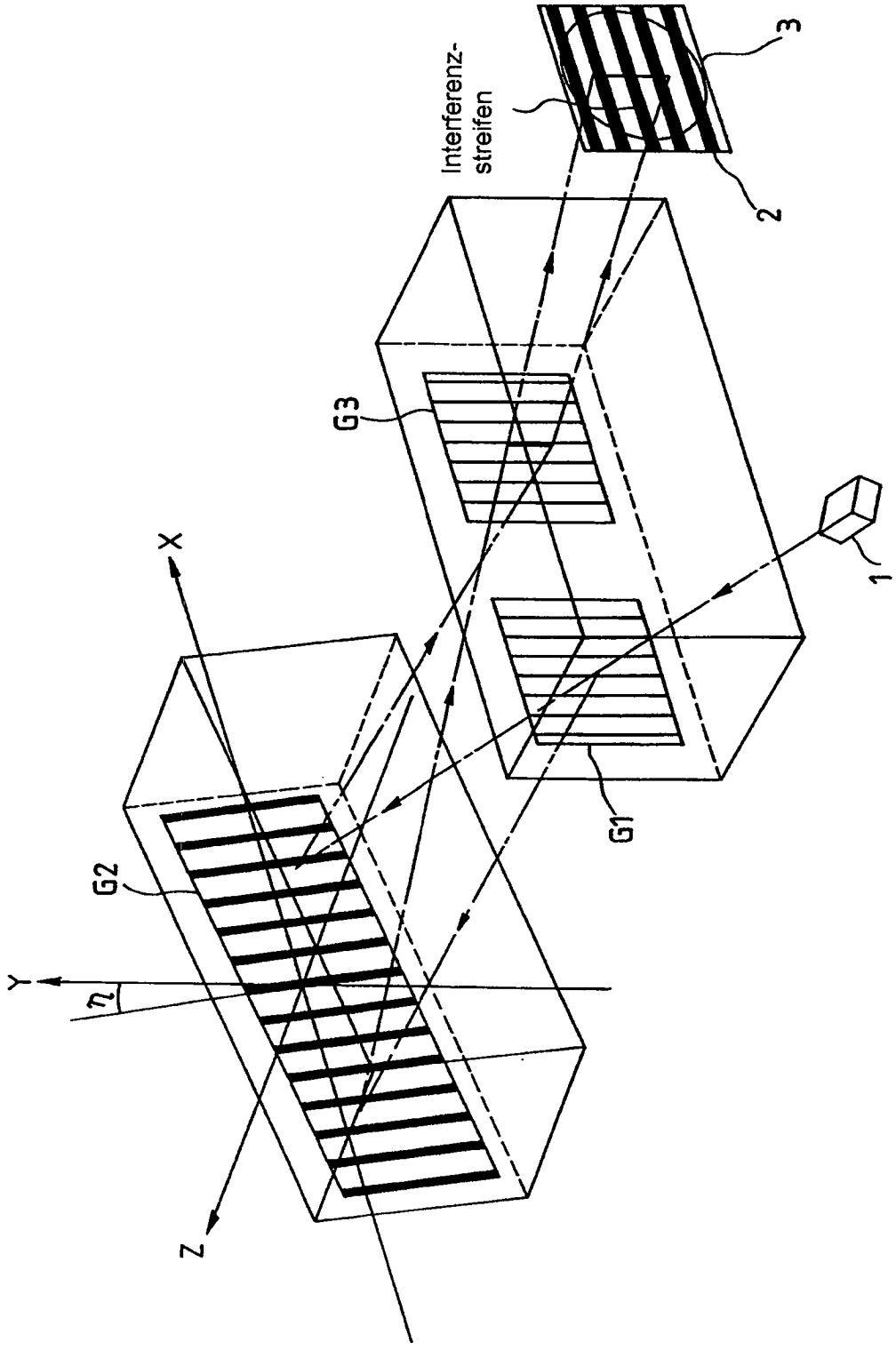


FIG. 8

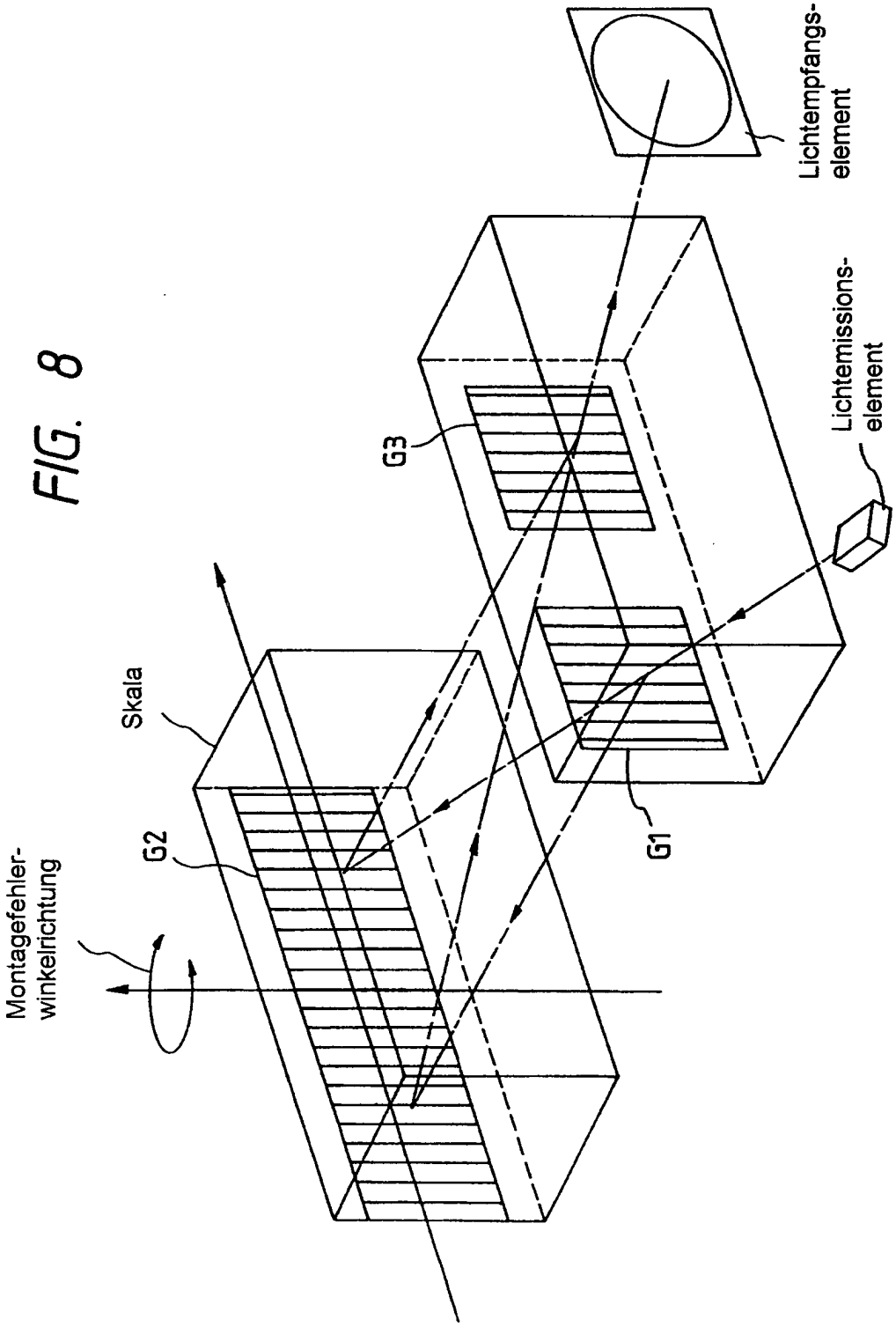

Lichtempfangs-
element
Lichtemissions-
element
G3
G1
G2
Skala
Montagefehler-
winkelrichtung

FIG. 9

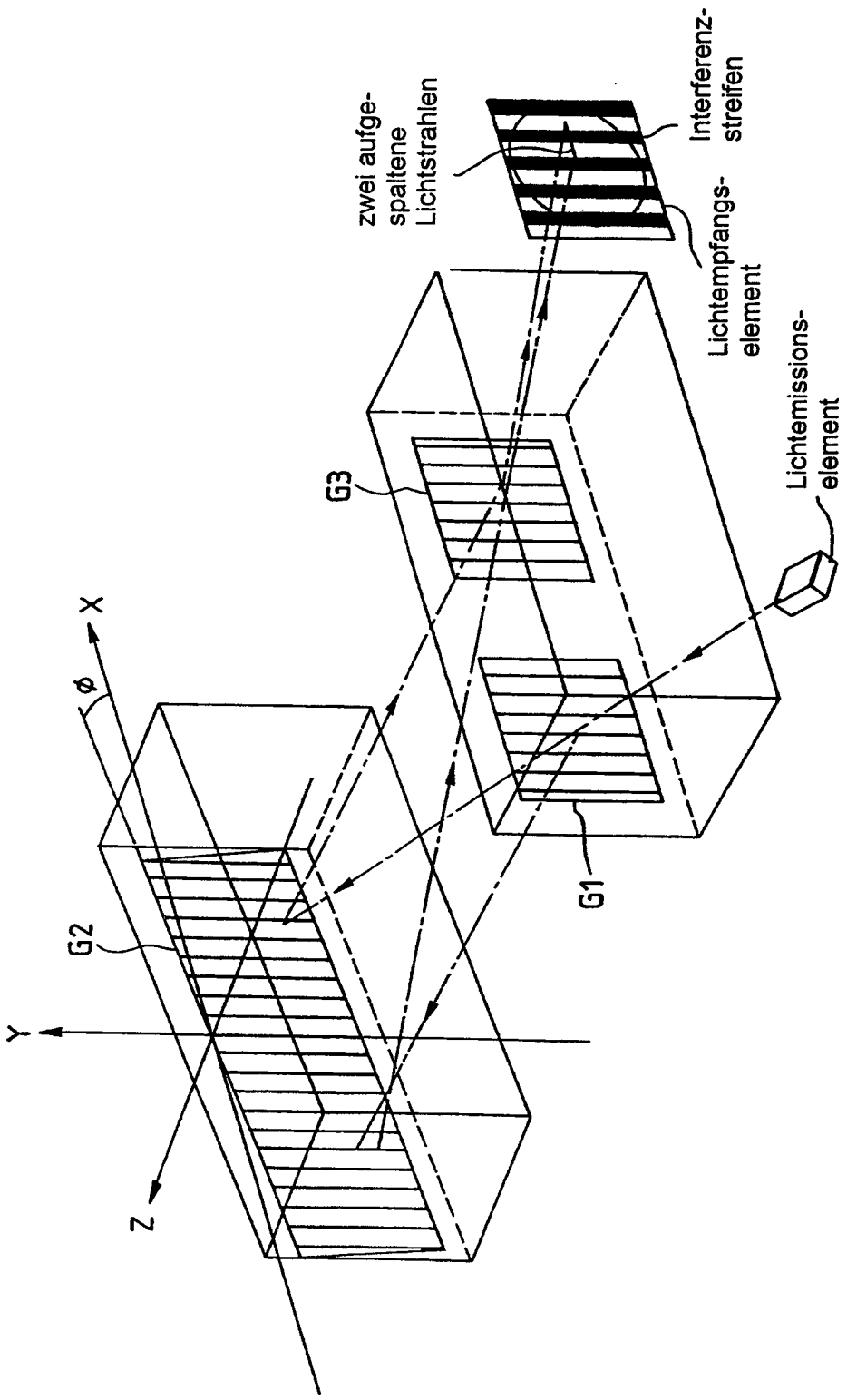

zwei aufgespaltene Lichtstrahlen
Interferenzstreifen
Lichtempfangselement
Lichtemissionselement
G3
G2
G1
X
Y
Z
φ

FIG. 10A

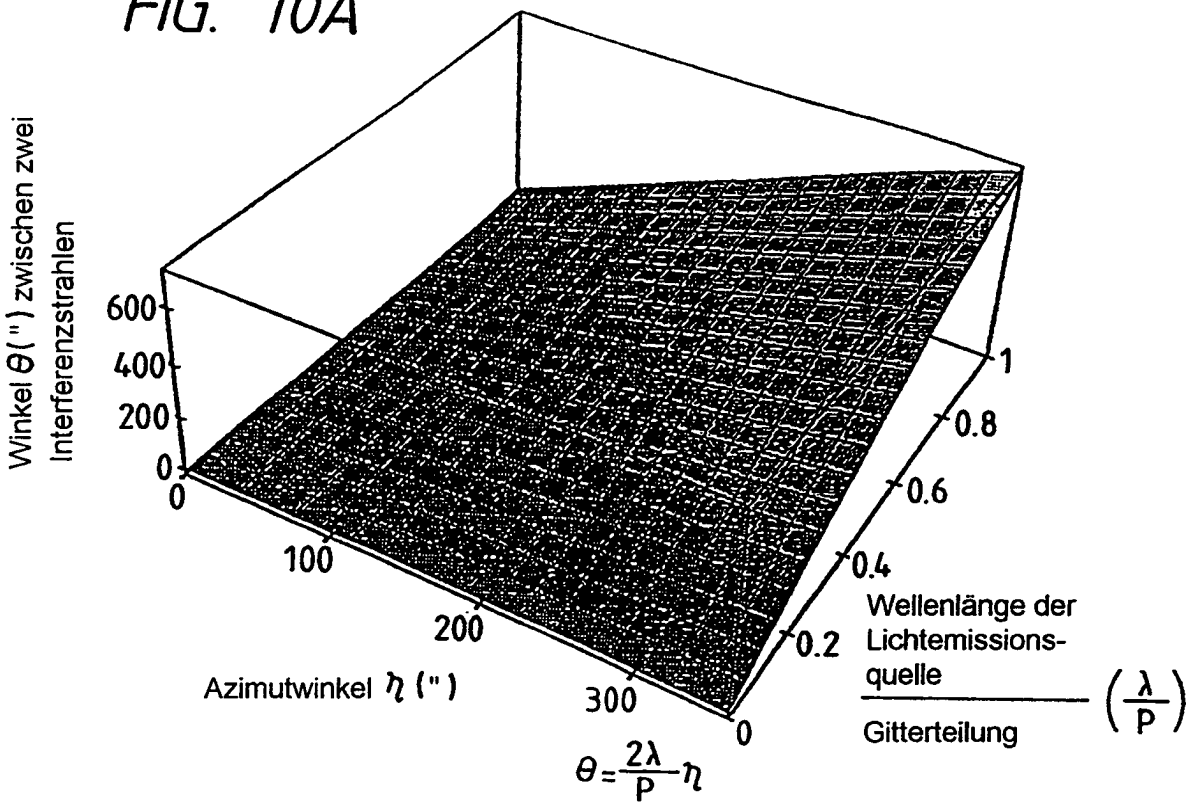


FIG. 10B

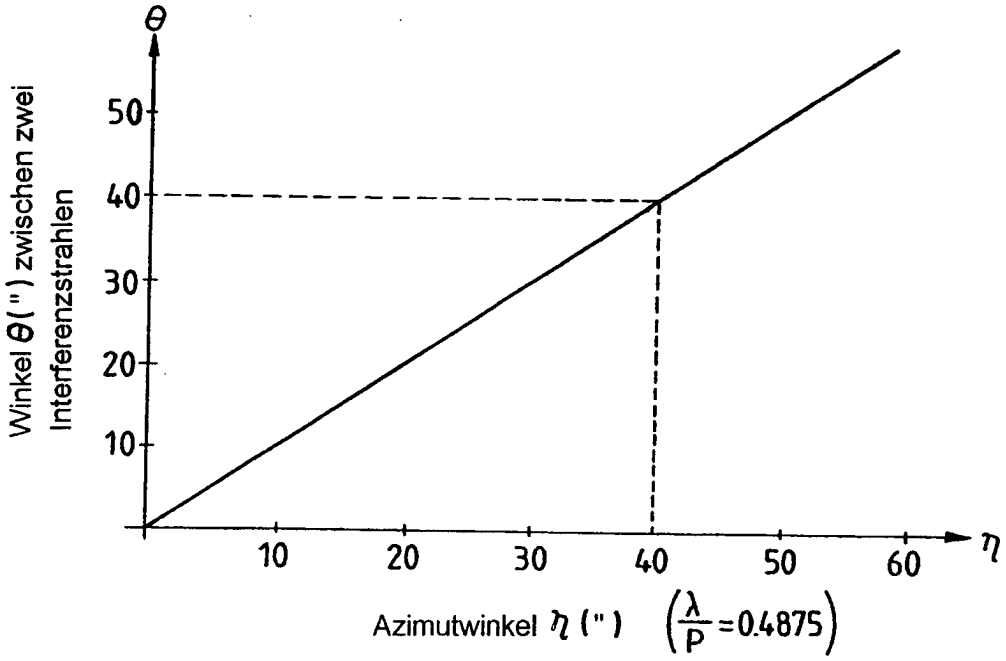


FIG. 11A

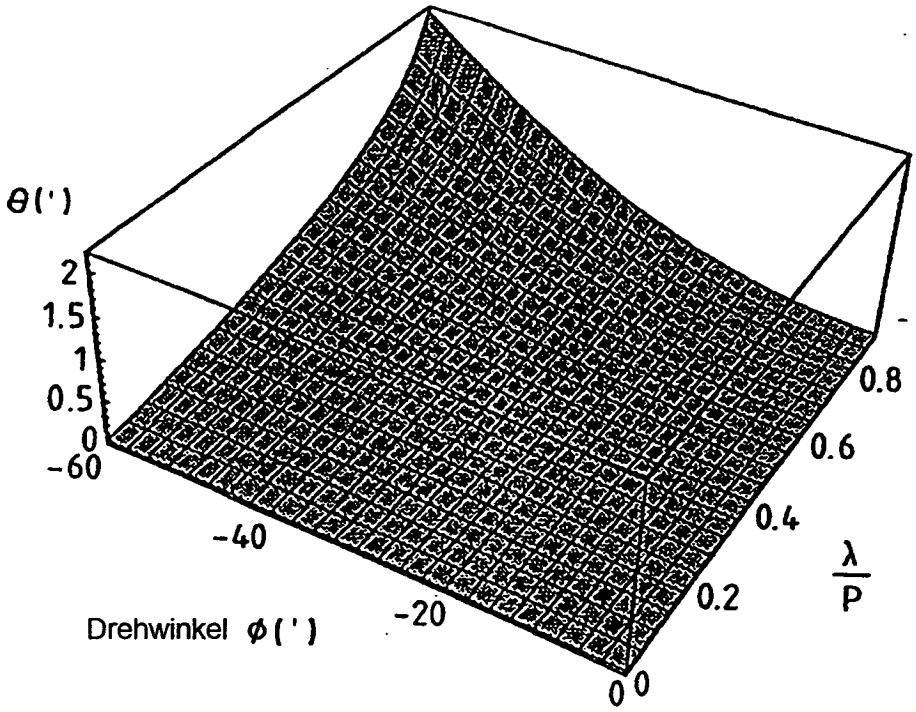


FIG. 11B

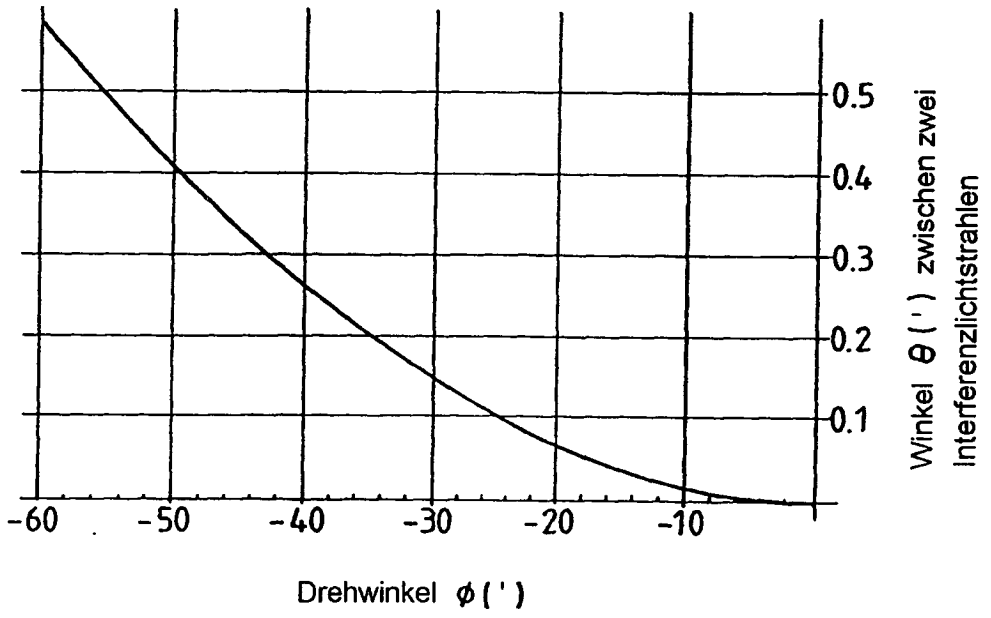


FIG. 12A

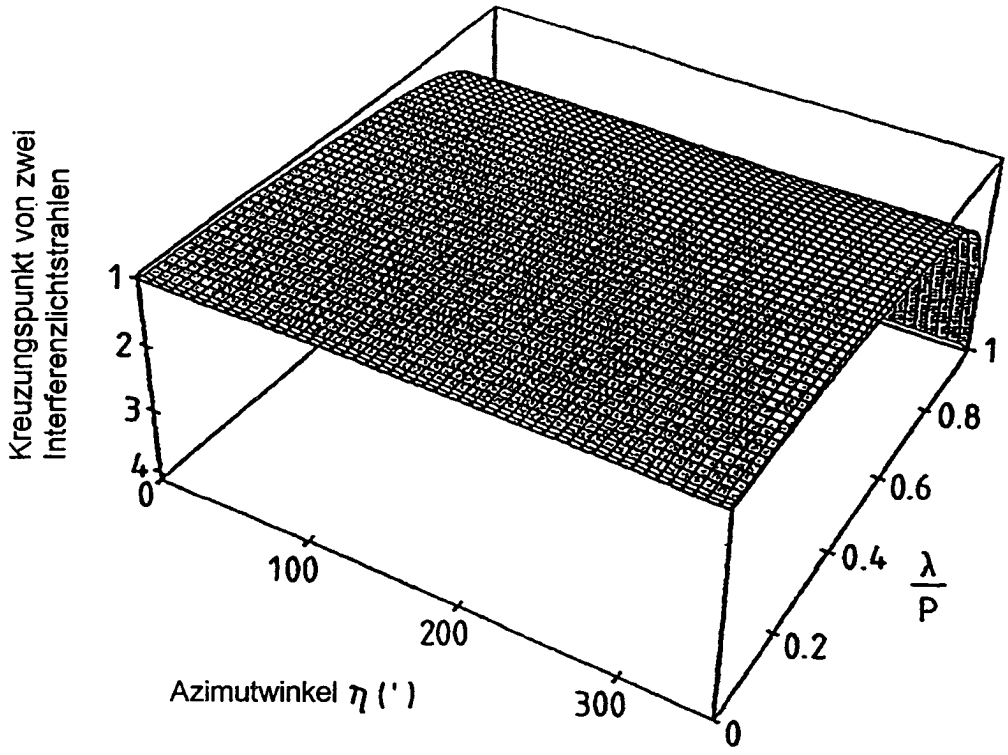


FIG. 12B

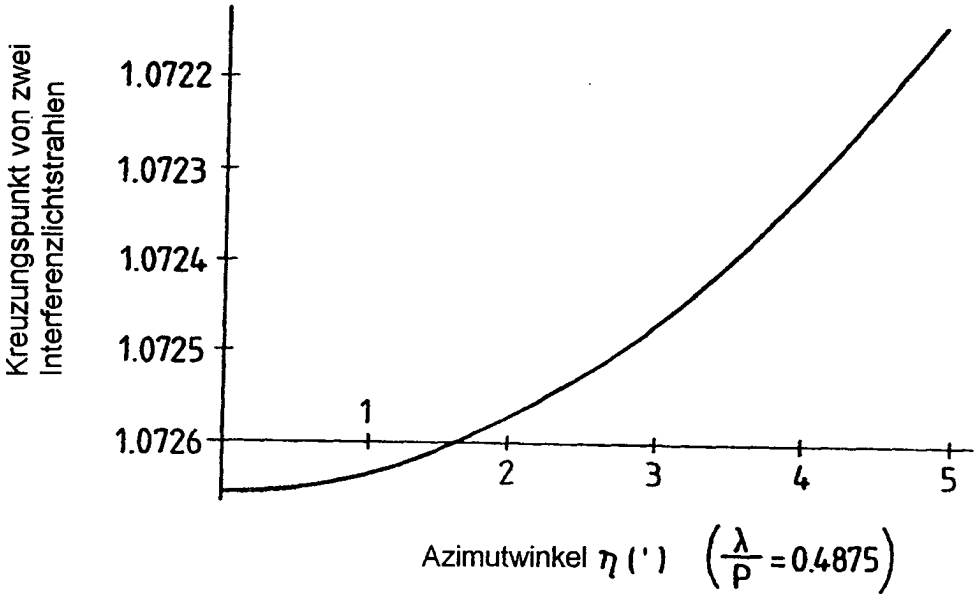


FIG. 13A

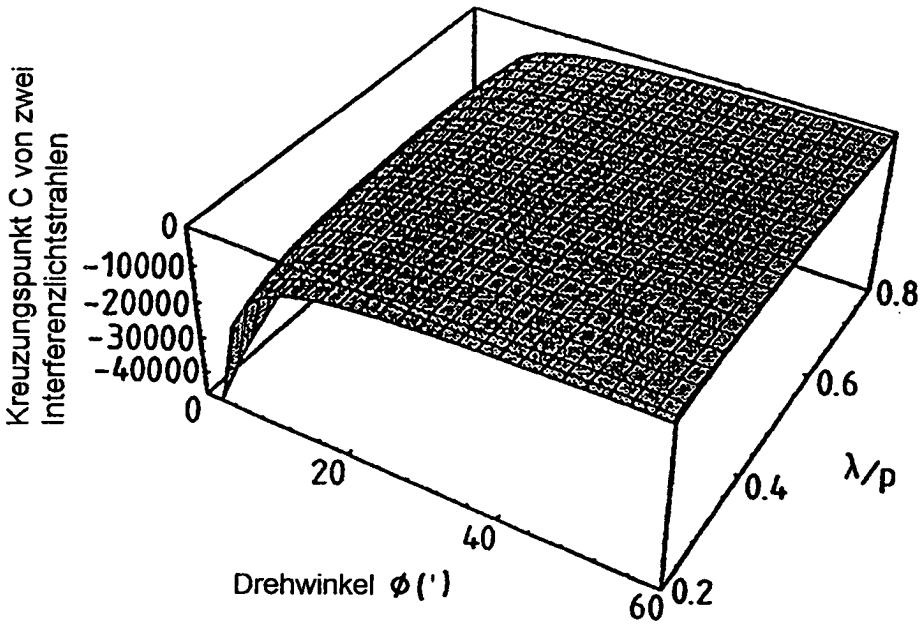


FIG. 13B

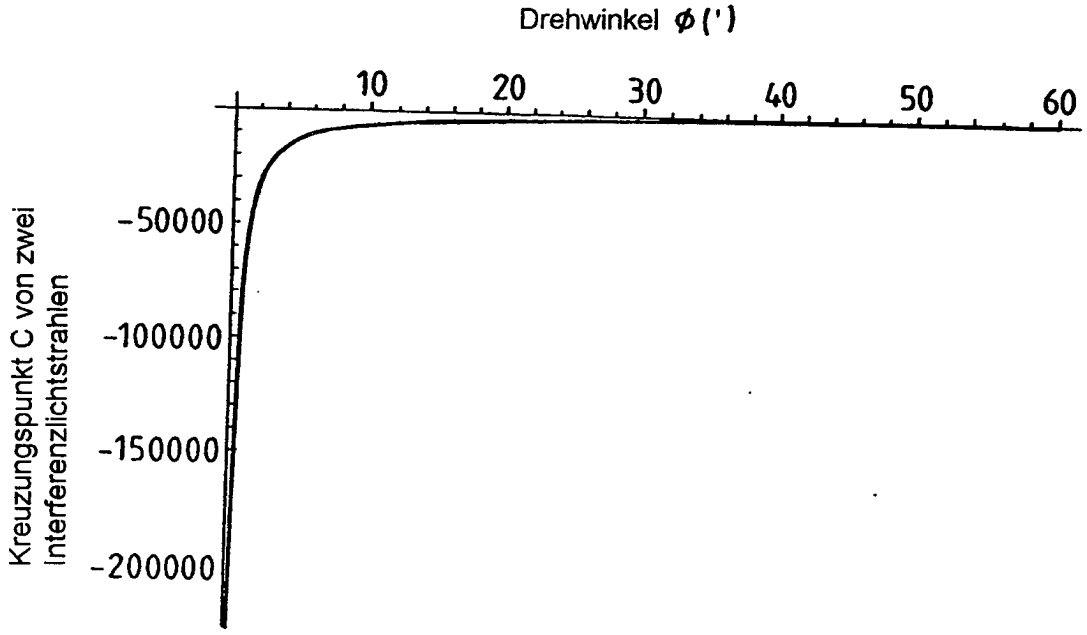


FIG. 14

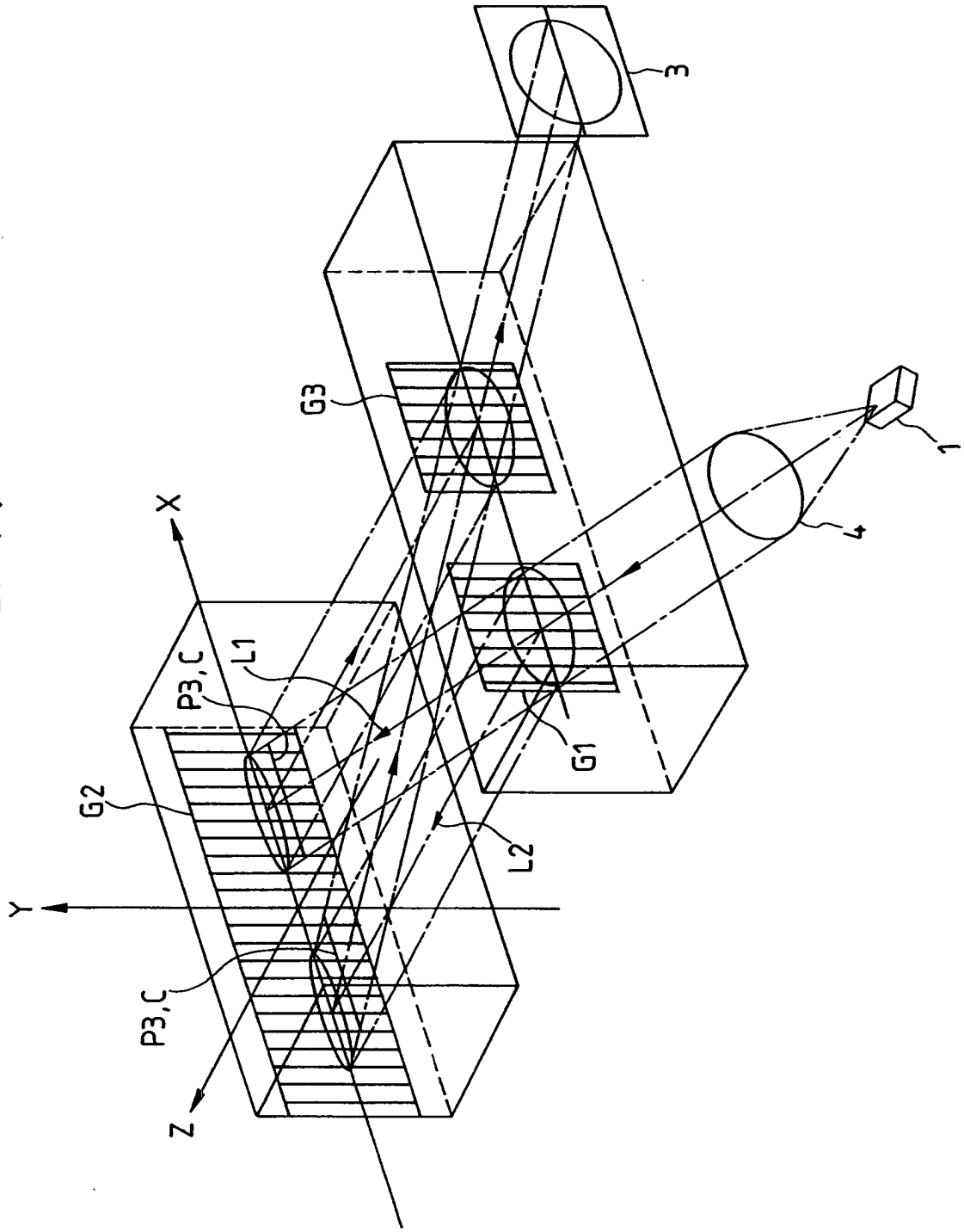


FIG. 15B

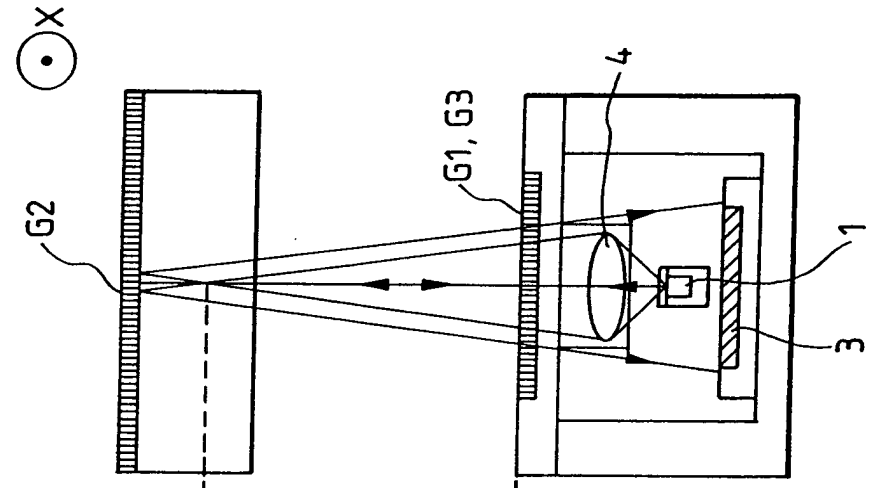


FIG. 15A

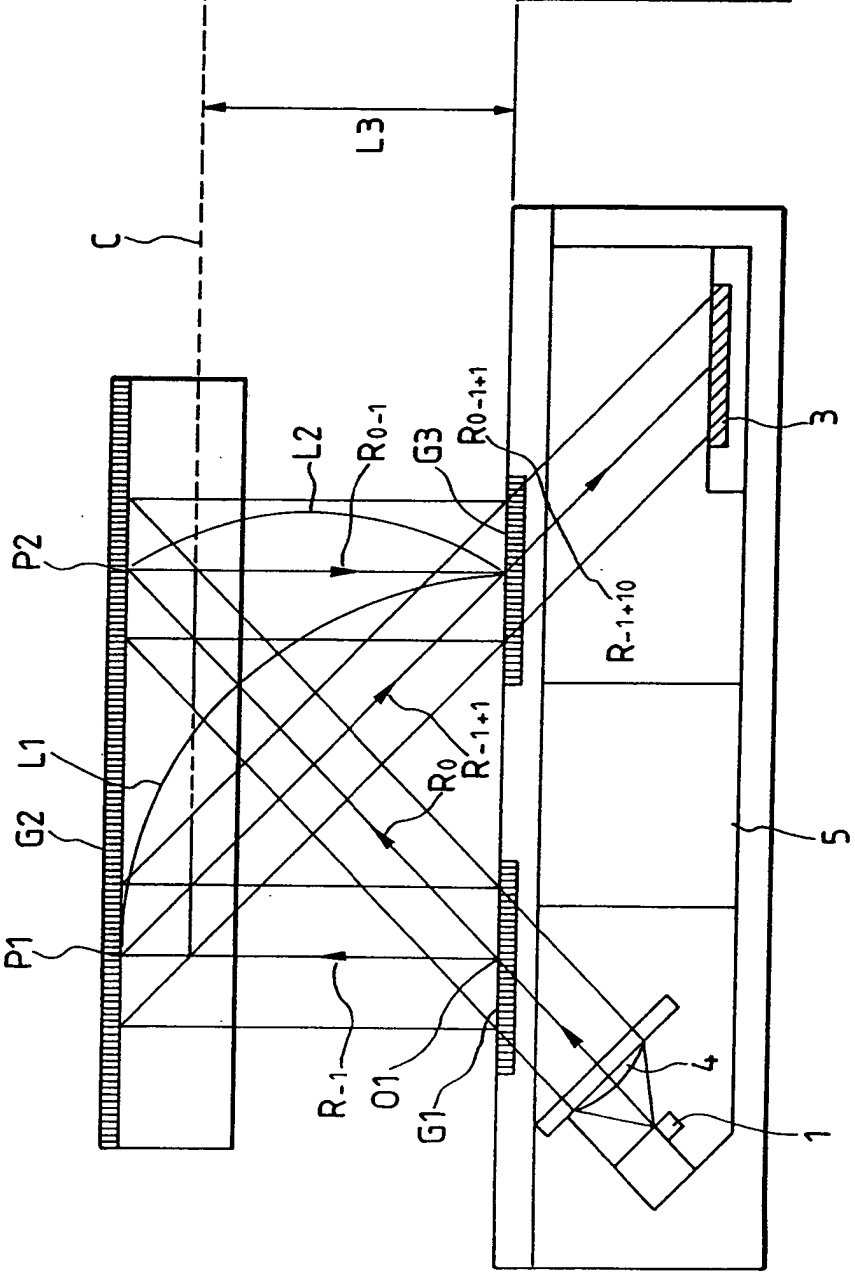


FIG. 16B

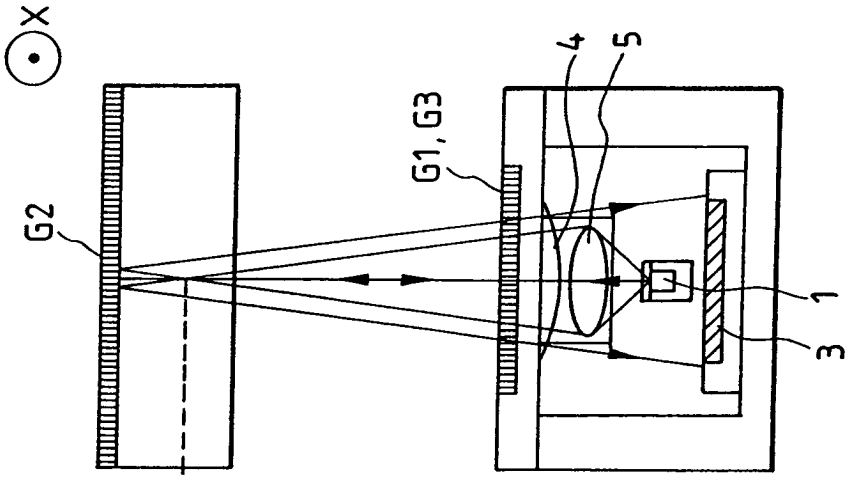


FIG. 16A

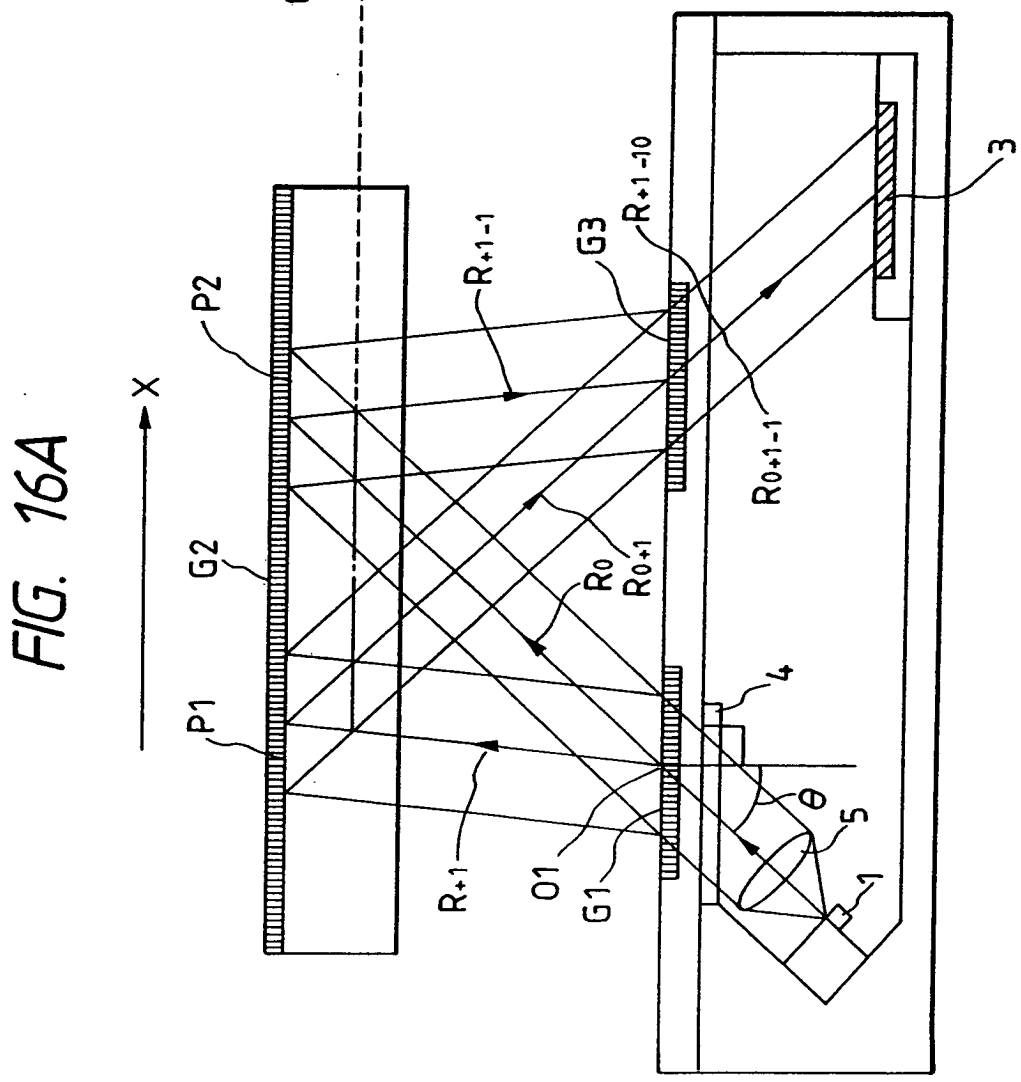


FIG. 17B

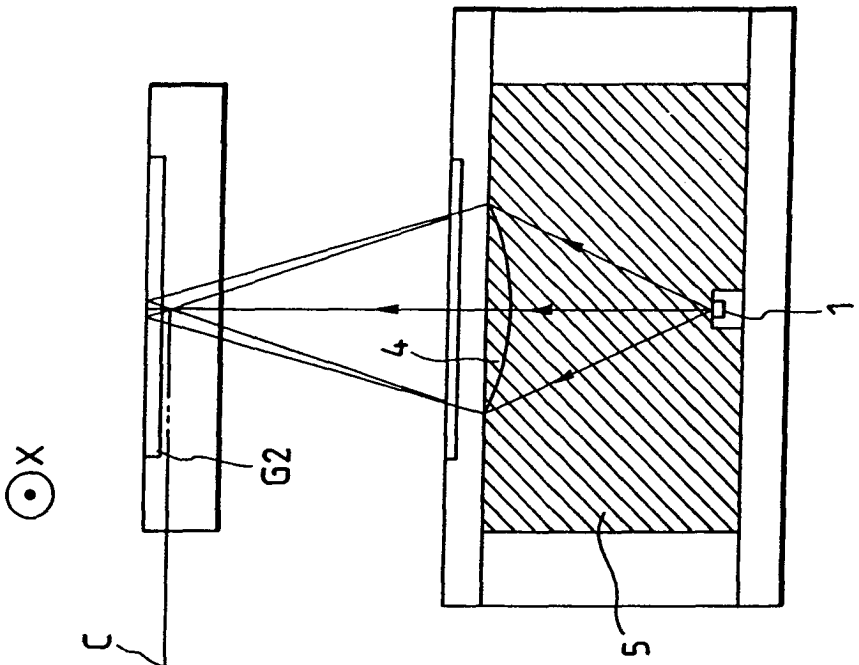


FIG. 17A

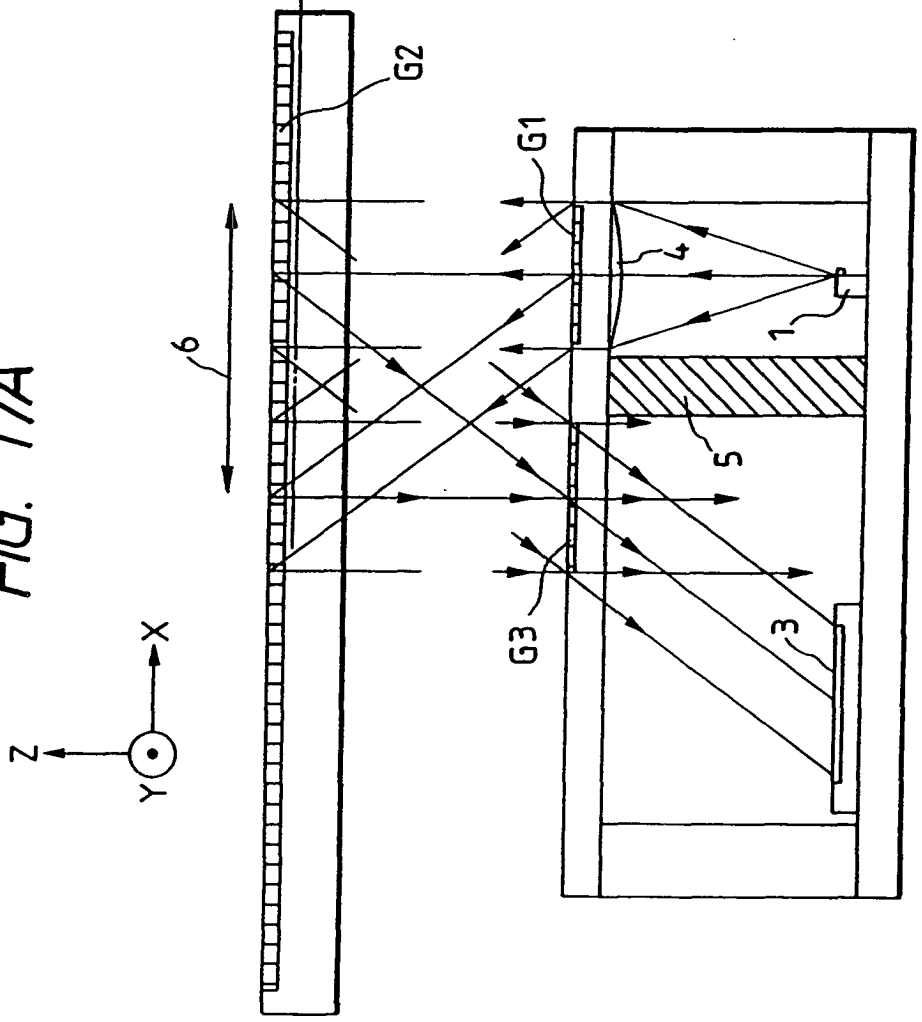


FIG. 18B

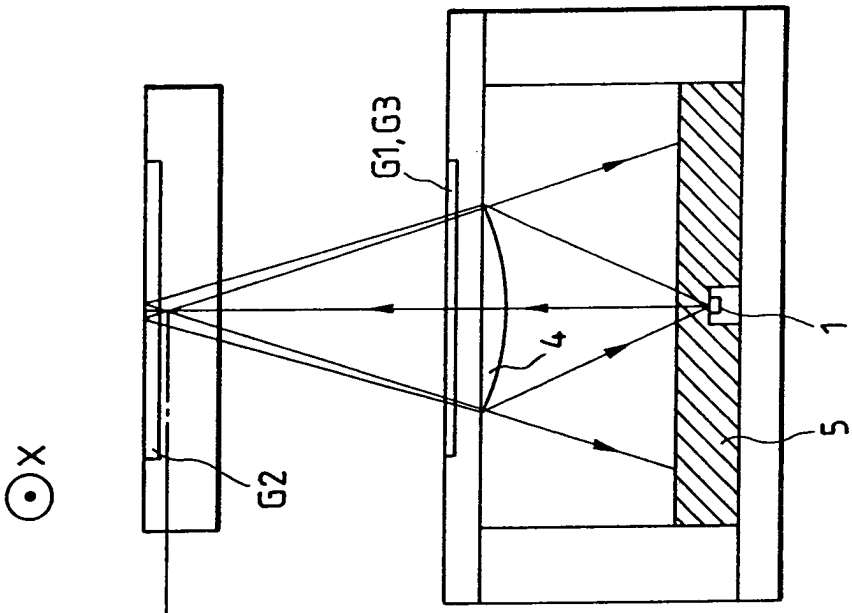


FIG. 18A

