



(19)
 Bundesrepublik Deutschland
 Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2008 044 858 A1** 2010.03.04

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2008 044 858.3**

(22) Anmeldetag: **28.08.2008**

(43) Offenlegungstag: **04.03.2010**

(51) Int Cl.⁸: **G01B 11/00** (2006.01)
G01D 5/36 (2006.01)

(71) Anmelder:

**Dr. Johannes Heidenhain GmbH, 83301 Traunreut,
 DE**

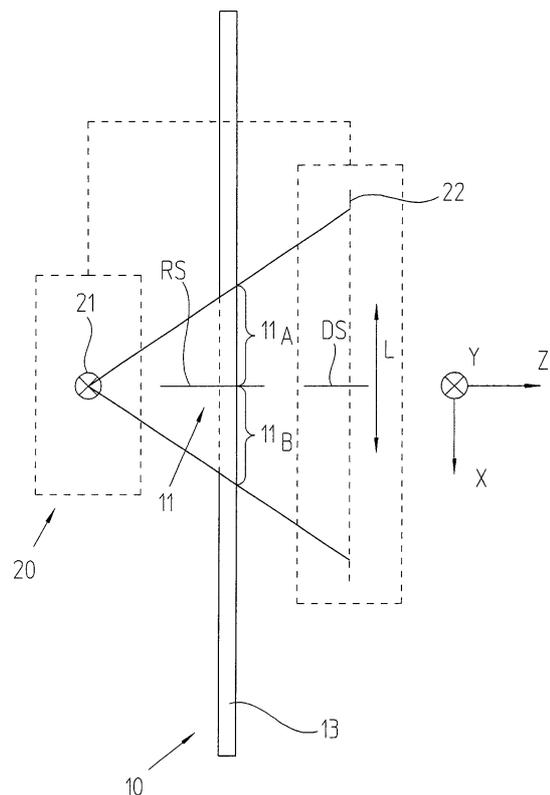
(72) Erfinder:

Hermann, Michael, 83342 Tacherting, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Optische Positionsmesseinrichtung**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft eine optische Positionsmesseinrichtung zur Erfassung der Position von zwei relativ zueinander in mindestens einer Messrichtung beweglichen Objekten. Die Positionsmesseinrichtung weist eine Maßverkörperung auf, die mit einem der beiden Objekte verbunden ist, die eine sich in Messrichtung erstreckende Inkrementalteilung sowie mindestens eine Referenzmarkierung an einer Referenzposition besitzt. Die Referenzmarkierung umfasst zwei zu einer Referenzmarkierungs-Symmetrieachse spiegelsymmetrisch angeordnete Referenzmarkierungs-Teilfelder, die jeweils aus einer sich in Messrichtung erstreckenden Struktur mit einer sich örtlich veränderlichen Teilungsperiode bestehen. Ferner weist die Positionsmesseinrichtung eine Abtasteinheit auf, die mit dem anderen der beiden Objekte verbunden ist und der Abtastmittel zugeordnet sind, die zur Erzeugung mindestens eines Referenzsignals an der Referenzposition dienen. Die Abtastmittel umfassen mindestens eine divergent in Richtung der Maßverkörperung abstrahlende Lichtquelle sowie eine Detektoranordnung mit Elementen, die entlang der Messrichtung derart angeordnet sind, dass sich ausgehend von einer zentralen Detektoranordnungs-Symmetrieachse in Messrichtung die Mittenabstände zwischen benachbarten Elementen in der gleichen Richtung verändern wie ausgehend von der Referenzmarkierungs-Symmetrieachse die Teilungsperioden der Strukturen in den Referenzmarkierungs-Teilfeldern.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine optische Positionsmesseinrichtung.

[0002] Aus der EP 513 427 A1 der Anmelderin ist eine optische Positionsmesseinrichtung bekannt, die zur Erfassung der Position von zwei relativ zueinander in mindestens einer Messrichtung beweglichen Objekten geeignet ist. Hierzu umfasst die bekannte Positionsmesseinrichtung eine Maßverkörperung, die mit einem der beiden Objekte verbunden ist. Die Maßverkörperung weist eine sich in Messrichtung erstreckende Inkrementalteilung sowie mindestens eine Referenzmarkierung an einer Referenzposition auf. Die Referenzmarkierung besteht aus einer Struktur mit einer sich örtlich veränderlichen Teilungsperiode, d. h. sie wird aus einer Struktur gebildet, die eine Vielzahl von verschiedenen Teilungsperioden umfasst. Derartige Strukturen werden auch als sog. gechirpte Teilungsstrukturen oder gechirpte Gitter bezeichnet. Ferner umfasst die Positionsmesseinrichtung eine Abtasteinheit, die mit dem anderen der beiden Objekte verbunden ist und Abtastmittel aufweist, die zur Erzeugung mindestens eines verschiebungsabhängigen Inkrementalsignals sowie mindestens eines Referenzsignals an einer Referenzposition über die optische Abtastung der Inkrementalteilung und der Referenzmarkierung entlang der Messstrecke dienen. Ein Referenzimpulssignal entsteht hierbei, wenn sich alle Signalfrequenzanteile, die durch die unterschiedlichen gechirpten Teilungsperioden der Maßverkörperung und der Abtastgitter entstehen, phasenrichtig überlagern.

[0003] In [Fig. 8](#) der EP 513 427 A1 ist eine spezielle Variante einer derart ausgebildeten gechirpten Referenzmarkierung offenbart, die zwei zu einer Symmetrieachse spiegelsymmetrisch angeordnete Referenzmarkierungs-Teilfelder umfasst. Die beiden Referenzmarkierungs-Teilfelder bestehen jeweils aus einer sich in Messrichtung erstreckenden Struktur mit einer sich örtlich veränderlichen Teilungsperiode.

[0004] Die aus der EP 513 427 A1 bekannte Positionsmesseinrichtung basiert auf einem sog. interferentiellen Abtastprinzip, bei dem das erste Gitter im Abtaststrahlengang kollimiert, d. h. mit einem parallelgerichteten Strahlenbündel beleuchtet wird. Die verschiebungsabhängigen Abtastsignale in Form der Inkremental- und Referenzsignale werden aus der konstruktiven und destruktiven Überlagerung mehrerer Teilstrahlenbündel gewonnen, die im Fall der Relativbewegung von Maßverkörperung und Abtasteinheit verschiebungsabhängige Phasenverschiebungen erfahren. Auf diese Art und Weise lassen sich hochaufgelöste Positionsinformationen in Bezug auf die Relativposition der beiden Objekte gewinnen.

[0005] Ein hierzu alternatives Abtastprinzip für opti-

sche Positionsmesseinrichtungen ist beispielsweise aus der Veröffentlichung von R. Pettigrew mit dem Titel „Analysis of Grating Imaging and its Application to Displacement Metrology“ in SPIE Vol. 36, 1st European Congress on Optics applied to Metrology (1977), S. 325–332 bekannt. Maßgeblich bei diesem Abtastprinzip ist die divergente, d. h. nicht-kollimierte Beleuchtung des ersten Gitters im Abtaststrahlengang.

[0006] Die DE 197 48 802 A1 der Anmelderin betrifft ebenfalls gechirpte Referenzmarkierungen in optischen Positionsmesseinrichtungen. Aus dieser Druckschrift ist desweiteren bekannt, dass sich derartige Referenzmarkierungen auch in Verbindung mit den vorgenannten Abtastprinzipien einsetzen lassen, also in Verbindung mit Systemen, die eine divergente Beleuchtung des ersten Gitters im Abtaststrahlengang vorsehen. Weder die DE 197 48 802 A1 noch die oben erwähnte EP 513 427 A1 geben jedoch Hinweise, wie eine optische Positionsmesseinrichtung mit divergenter Beleuchtung konkret auszubilden ist, wenn gechirpte Referenzmarkierungen verwendet werden sollen.

[0007] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine optische Positionsmesseinrichtung zu schaffen, bei der ein Abtastprinzip mit divergenter Beleuchtung verwendet wird und bei dem gechirpte Referenzmarkierungen zur Erzeugung hochauflösender Referenzsignale eingesetzt werden können.

[0008] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine optische Positionsmesseinrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

[0009] Vorteilhafte Ausführungen der erfindungsgemäßen optischen Positionsmesseinrichtung ergeben sich aus den Maßnahmen in den abhängigen Ansprüchen.

[0010] Die erfindungsgemäße optische Positionsmesseinrichtung dient zur Erfassung der Position von zwei relativ zueinander in mindestens einer Messrichtung beweglichen Objekten. Die Positionsmesseinrichtung weist eine Maßverkörperung auf, die mit einem der beiden Objekte verbunden ist, die eine sich in Messrichtung erstreckende Inkrementalteilung sowie mindestens eine Referenzmarkierung an einer Referenzposition besitzt. Die Referenzmarkierung umfasst zwei zu einer Referenzmarkierungs-Symmetrieachse spiegelsymmetrisch angeordnete Referenzmarkierungs-Teilfelder, die jeweils aus einer sich in Messrichtung erstreckenden Struktur mit einer sich örtlich veränderlichen Teilungsperiode bestehen. Ferner weist die Positionsmesseinrichtung eine Abtasteinheit auf, die mit dem anderen der beiden Objekte verbunden ist und der Abtastmittel zugeordnet sind, die zur Erzeugung mindestens eines Referenzsignals an der Referenzposition die-

nen. Die Abtastmittel umfassen mindestens eine divergent in Richtung der Maßverkörperung abstrahlende Lichtquelle sowie eine Detektoranordnung mit Elementen, die entlang der Messrichtung derart angeordnet sind, dass sich ausgehend von einer zentralen Detektoranordnungs-Symmetrieachse in Messrichtung die Mittenabstände zwischen benachbarten Elementen in der gleichen Richtung verändern wie ausgehend von der Referenzmarkierungs-Symmetrieachse die Teilungsperioden der Strukturen in den Referenzmarkierungs-Teilfeldern.

[0011] Auf diese Art und Weise kann auch bei einem Abtastprinzip mit divergenter Beleuchtung die Erzeugung eines hochauflösenden Referenzimpulssignals mittels gechirpter Gitterstrukturen sichergestellt werden. Besonders vorteilhaft erweist sich hierbei darüber hinaus, dass die erfindungsgemäße Referenzimpulserzeugung wenig empfindlich gegenüber Änderungen des Abtastabstands zwischen Maßverkörperung und Abtasteinheit ist. Ferner ist die Erzeugung des Referenzimpulssignals bei der erfindungsgemäßen Positionsmesseinrichtung relativ unempfindlich gegenüber Verschmutzungen, was auf die genutzte Einfeldabtastung zurückzuführen ist. Dies bedeutet, dass die verschiedenen Signalanteile stets aus einer Teilungsperiode der abgetasteten Referenzmarkierung stammen. Zudem wird bei der Erzeugung des Referenzimpulssignals das gesamte ausgeleuchtete Feld der Referenzmarkierung genutzt. Dies ist sehr effektiv und hat große Signalamplituden, eine hohe Unempfindlichkeit gegenüber Störungen sowie ein geringes Signalrauschen zur Folge.

[0012] In Bezug auf die erfindungsgemäße optische Positionsmesseinrichtung, gibt es vielfältige Ausführungsmöglichkeiten.

[0013] So sind die Referenzmarkierungsteilfelder der erfindungsgemäßen optischen Positionsmesseinrichtung vorzugsweise derart ausgebildet, dass benachbart zur Referenzmarkierungs-Symmetrieachse die Strukturen jeweils die kleinsten Teilungsperioden aufweisen und in Messrichtung nach außen hin jeweils stetig größer werdende Teilungsperioden vorgesehen sind.

[0014] In einer vorteilhaften Ausführungsform ist die maßverkörperungsseitige Teilungsfrequenz der sich örtlich verändernden Teilungsperioden in den beiden Referenzmarkierungs-Teilfeldern folgendermaßen gewählt:

$$f_{MS}(x) := 2f_0 \left(\frac{x}{L} + 1 \right) \text{ für } -\frac{1}{2} \leq x < 0$$

und

$$f_{MS}(x) := 2f_0 \left(\frac{x}{L} + 1 \right) \text{ für } 0 \leq x \leq \frac{1}{2},$$

wobei für L gilt:

$$L := \frac{a}{f_0}, n \text{ ganzzahlig,}$$

mit:

$f_{MS}(x)$:= maßverkörperungsseitige Teilungsfrequenz in Abhängigkeit der Position in Messrichtung x
 f_0 := mittlere maßverkörperungsseitige Teilungsfrequenz
 L := Länge der Struktur im jeweiligen Referenzmarkierungs-Teilfeld in Messrichtung x

[0015] In einer möglichen Variante der erfindungsgemäßen optischen Positionsmesseinrichtung sind die Elemente der Detektoranordnung mit den nachfolgenden detektorseitigen Teilungsfrequenzen angeordnet:

$$f_{Det}(x) := \frac{2}{k} f_0 \left(\frac{x}{L} + 1 \right) \text{ für } -L \leq x < 0$$

und

$$f_{Det}(x) := \frac{2}{k} f_0 \left(\frac{x}{L} - 1 \right) \text{ für } 0 \leq x \leq L,$$

mit:

$f_{Det}(x)$:= detektorseitige Teilungsfrequenz in Abhängigkeit der Position in Messrichtung x
 f_0 := mittlere maßverkörperungsseitige Teilungsfrequenz
 L := Länge der der jeweiligen detektorseitigen Elementanordnung in Messrichtung x
 k := 1, 2

[0016] Es ist ferner möglich, die Elemente der Detektoranordnung entlang der Messrichtung derart anzuordnen, dass sie einem maßstäblich vergrößerten Abbild der Struktur aus den Referenzmarkierungs-Teilfeldern entsprechen.

[0017] Vorzugsweise wird die Ausdehnung der Lichtquelle in Messrichtung folgendermaßen gewählt:

$$b_{LQ} < \frac{1}{2f_0},$$

mit:

b_{LQ} := Ausdehnung der Lichtquelle in Messrichtung
 f_0 := mittlere maßverkörperungsseitige Teilungsfrequenz

[0018] Es ist möglich, dass zwischen der Lichtquelle und der Maßverkörperung eine Blende mit einem Sendespalt angeordnet ist.

[0019] Hierbei kann die Ausdehnung des Sendespalts in Messrichtung folgendermaßen gewählt werden:

$$b_{SP} < \frac{1}{2f_0}$$

mit:

b_{SP} := Ausdehnung des Sendespalts in Messrichtung

f_0 := mittlere maßverkörperungsseitige Teilungsfrequenz

[0020] Vorzugsweise sind die Referenzmarkierung und die Inkrementalteilung als Phasengitter mit einem Phasenhub von 180° und einem Teilungsverhältnis von 1:1 ausgebildet.

[0021] Alternativ ist es aber auch möglich, dass die Referenzmarkierung und die Inkrementalteilung als Amplitudengitter oder als Phasengitter mit einem Phasenhub von 90° und einem Teilungsverhältnis von 1:1 ausgebildet sind.

[0022] Die Elemente der Detektoranordnung können als Array-Detektorelemente eines Detektorarrays ausgebildet sein.

[0023] Hierbei kann die Detektoranordnung einen ersten Satz von Array-Detektorelementen und einen zweiten Satz von Array-Detektorelementen umfassen, wobei jeweils die Array-Detektorelemente eines Satzes ausgangsseitig zusammengeschaltet sind.

[0024] Die Elemente der Detektoranordnung können aber auch als Teilungsbereiche eines Abtastgitters ausgebildet sein, denen mindestens ein großflächiges Detektorelement nachgeordnet ist.

[0025] Hierbei kann die Detektoranordnung zwei großflächige Detektorelemente umfassen, vor denen komplementär ausgestaltete Abtastgitter angeordnet sind.

[0026] Weitere Einzelheiten und Vorteile der vorliegenden Erfindung seien anhand der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen erfindungsgemäßer optischer Positionsmesseinrichtungen in Verbindung mit den Figuren erläutert.

[0027] Es zeigt

[0028] [Fig. 1](#) eine stark schematisierte Darstellung des Abtaststrahlengangs zur Erzeugung eines Referenzimpulssignals in einem ersten Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Positionsmesseinrichtung;

[0029] [Fig. 2](#) eine Draufsicht auf die Maßverkörperung der Positionsmesseinrichtung aus [Fig. 1](#) mit der Inkrementalteilung und einer Referenzmarkierung;

[0030] [Fig. 3](#) eine schematisierte Teil-Ansicht der Detektionsebene der Positionsmesseinrichtung aus

[Fig. 1](#) inklusive einer Verschaltungsmöglichkeit zur Erzeugung eines Referenzimpulssignals;

[0031] [Fig. 4a](#) das aus einer Verschaltung gemäß [Fig. 3](#) resultierende Referenzimpuls-Taktsignal im Bereich der Referenzposition;

[0032] [Fig. 4b](#) das aus einer Verschaltung gemäß [Fig. 3](#) resultierende Referenzimpuls-Gegentaktsignal im Bereich der Referenzposition;

[0033] [Fig. 4c](#) das aus einer Verschaltung gemäß [Fig. 3](#) resultierende Referenzimpulssignal im Bereich der Referenzposition;

[0034] [Fig. 5](#) eine stark schematisierte Darstellung des Abtaststrahlengangs zur Erzeugung eines Referenzimpulssignals in einem zweiten Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Positionsmesseinrichtung;

[0035] [Fig. 6](#) eine Draufsicht auf die sendeseitig vorgesehenen Gitter in der Positionsmesseinrichtung der [Fig. 5](#);

[0036] [Fig. 7](#) eine stark schematisierte Darstellung des Abtaststrahlengangs zur Erzeugung eines Referenzimpulssignals in einem dritten Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Positionsmesseinrichtung;

[0037] [Fig. 8](#) eine Draufsicht auf die sendeseitig vorgesehenen Gitter in der Positionsmesseinrichtung der [Fig. 7](#);

[0038] [Fig. 9](#) eine schematisierte Teil-Ansicht der Detektionsebene eines vierten Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Positionsmesseinrichtung.

[0039] Anhand der [Fig. 1](#), [Fig. 2](#), [Fig. 3](#) sowie [Fig. 4a–Fig. 4c](#) sei nachfolgend eine erste Ausführungsform der erfindungsgemäßen optischen Positionsmesseinrichtung im Detail beschrieben. [Fig. 1](#) zeigt hierbei in stark schematisierter Form den Abtaststrahlengang zur Erzeugung des Referenzimpulssignals, [Fig. 2](#) eine Draufsicht auf die Maßverkörperung im Bereich der Referenzmarkierung, [Fig. 3](#) eine Teil-Ansicht der Detektionsebene inklusive der Verschaltung zur Erzeugung des Referenzimpulssignals sowie die [Fig. 4a–Fig. 4c](#) verschiedene Signalverläufe im Bereich der Referenzposition.

[0040] Im dargestellten Ausführungsbeispiel ist die erfindungsgemäße optische Positionsmesseinrichtung als Durchlicht-Längenmessgerät ausgebildet und umfasst eine Abtasteinheit **20**, die gegenüber der Maßverkörperung **10** in Messrichtung x beweglich angeordnet ist. Maßverkörperung **10** und Abtasteinheit **20** sind z. B. mit zwei zueinander in Messrichtung x beweglich angeordneten Objekten verbunden.

Hierbei kann es sich beispielsweise um zwei zueinander bewegliche Maschinenteile handeln. Über die erzeugten, positionsabhängigen Ausgangssignale (Inkrementalsignale, Referenzimpulssignale) der erfindungsgemäßen optischen Positionsmesseinrichtung kann eine nachgeordnete Steuereinheit die Bewegung dieser Maschinenteile in bekannter Art und Weise geeignet steuern.

[0041] Die Darstellung in [Fig. 1](#) ist im übrigen stark schematisiert, insbesondere der für das Durchlichtsystem erforderliche Maßverkörperungs-Umgriff der Abtasteinheit **10** ist lediglich prinzipiell durch die strichlinierte Verbindung der lichtquellenseitigen Teile und der detektionsseitigen Teile der Abtasteinheit **10** angedeutet.

[0042] Die Maßverkörperung **10** umfasst im vorliegenden Beispiel eine sich in Messrichtung x erstreckende lineare Inkrementalteilung **12**, die auf einem Teilungsträger **13** angeordnet ist. Die Inkrementalteilung **12** besteht aus periodisch mit der Teilungsperiode $TP_{\text{INC}} = 8 \mu\text{m}$ in Messrichtung x angeordneten Teilbereichen mit unterschiedlichen optischen Eigenschaften, die sich in der Teilungsebene in y -Richtung erstrecken. Im dargestellten Beispiel ist die Inkrementalteilung **12** als Phasengitter mit einem Phasenhub von 180° und einem Teilungsverhältnis von 1:1 ausgebildet.

[0043] Benachbart zur Spur mit der Inkrementalteilung **12** ist auf Seiten der Maßverkörperung **10** eine Referenzmarkierung **11** an einer definierten Referenzposition x_{REF} auf dem Teilungsträger **13** angeordnet; grundsätzlich können selbstverständlich auch an mehreren Referenzpositionen entsprechende Referenzmarkierungen angeordnet werden. Die Referenzmarkierung **11** ist wie die Inkrementalteilung **12** ebenfalls als Durchlicht-Phasengitter mit einem Phasenhub von 180° ausgebildet und besteht aus Strukturen mit alternierend angeordneten Teilbereichen **11.1**, **11.2**, die unterschiedliche phasenschiebende Wirkungen auf die einfallenden Strahlenbündel ausüben.

[0044] Wie aus den [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) ersichtlich ist, umfasst die Referenzmarkierung **11** an der Referenzposition x_{REF} zwei zu einer Referenzmarkierungs-Symmetrieachse RS spiegelsymmetrisch angeordnete Referenzmarkierungs-Teilfelder **11_A**, **11_B**. Jedes der beiden Referenzmarkierungs-Teilfelder **11_A**, **11_B** besteht aus einer sich in Messrichtung x erstreckenden Struktur bzw. Gitterteilungs-Struktur mit sich jeweils örtlich verändernden Teilungsperioden. Im dargestellten Beispiel weisen hierbei jeweils die Strukturen benachbart zur Referenzmarkierungs-Symmetrieachse SR die kleinsten Teilungsperioden auf, in Messrichtung x nach außen hin sind jeweils stetig größer werdende Teilungsperioden vorgesehen.

[0045] In diesem Zusammenhang sei insbesondere auf die [Fig. 2](#) verwiesen, in der die Abstände d_{Ri} zwischen benachbarten Teilbereichen **11.1**, **11.2** der Referenzmarkierung **11** im rechten Referenzmarkierungs-Teilfeld **11_B** eingezeichnet sind. Wie ersichtlich gilt von der Referenzmarkierungs-Symmetrieachse RS ausgehend nach außen:

$$d_{R1} < d_{R2} < d_{R3} < d_{R4}$$

[0046] Die Strukturen in den beiden Referenzmarkierungs-Teilfeldern **11_A**, **11_B** der Referenzmarkierung **11** sind demzufolge als sog. gechirpte Teilungsstrukturen ausgebildet, wobei ein zur Referenzmarkierungs-Symmetrieachse RS spiegelsymmetrischer Chirpverlauf in den beiden Referenzmarkierungs-Teilfeldern **11_A**, **11_B** vorgesehen ist. Die Referenzmarkierung **11** besitzt erfindungsgemäß demnach eine symmetrisch gechirpte Struktur.

[0047] Der jeweilige Chirpverlauf lässt sich für das vorliegende Beispiel auch als maßverkörperungsseitige Teilungsfrequenz $f_{\text{MS}}(x)$ der sich örtlich verändernden Teilungsperioden in den beiden Referenzmarkierungs-Teilfeldern **11_A**, **11_B** konkret angeben. So wird die Größe $f_{\text{MS}}(x)$ vorzugsweise folgendermaßen gewählt:

$$f_{\text{MS}}(x) := 2f_0 \left(\frac{x}{L} + 1 \right) \text{ für } -\frac{L}{2} \leq x < 0 \quad (\text{Gl. 1.1})$$

und

$$f_{\text{MS}}(x) := 2f_0 \left(\frac{x}{L} - 1 \right) \text{ für } 0 \leq x \leq \frac{L}{2}, \quad (\text{Gl. 1.2})$$

wobei für L gilt:

$$L := \frac{p}{f_0}, \quad n \text{ ganzzahlig}, \quad (\text{Gl. 1.3})$$

mit:

$f_{\text{MS}}(x)$:= maßverkörperungsseitige Teilungsfrequenz in Abhängigkeit der Position in Messrichtung x
 f_0 := mittlere maßverkörperungsseitige Teilungsfrequenz
 L := Länge der Struktur im jeweiligen Referenzmarkierungs-Teilfeld in Messrichtung x

[0048] Zur Erzeugung der verschiebungsabhängigen Ausgangssignale in Form der periodischen Inkrementalsignale und des mindestens einen Referenzimpulssignals RI an mindestens einer definierten Referenzposition x_{REF} , sind in der Abtasteinheit **20** eine Reihe von Komponenten angeordnet, die der Einfachheit halber zusammenfassend als Abtastmittel bezeichnet seien. Zu den für die Erzeugung des Referenzimpulssignals RI nötigen Abtastmitteln gehören im vorliegenden Beispiel eine divergent in Richtung der Maßverkörperung **10** abstrahlende Lichtquelle **21** sowie eine speziell ausgebildete und auf die Referenzmarkierung **11** abgestimmte Detek-

toranordnung **22**. Hierbei umfasst die Detektoranordnung **22** Elemente, die entlang der Messrichtung x derart angeordnet sind, dass sich ausgehend von einer zentralen Detektoranordnungs-Symmetrieachse DS in Messrichtung x die Mittenabstände zwischen benachbarten Elementen in der gleichen Richtung verändern wie ausgehend von der Referenzmarkierungs-Symmetrieachse RS die Teilungsperioden der Strukturen in den beiden Referenzmarkierungs-Teilfeldern **11_A**, **11_B**. Die Detektoranordnung **22** besitzt demzufolge ebenso wie die Referenzmarkierung eine symmetrisch gechrüpte Struktur bzgl. der Anordnung der entsprechenden Elemente.

[0049] Im dargestellten ersten Ausführungsbeispiel handelt es sich bei den Elementen der Detektoranordnung **22**, die in definierter Art und Weise auf die Referenzmarkierung in der Detektionsebene abgestimmt angeordnet werden, um Array-Detektorelemente **22.1**, **22.2** eines Detektorarrays, wie dies aus [Fig. 3](#) ersichtlich ist. Die Array-Detektorelemente **22.1**, **22.2** sind hierbei üblicherweise als Photodioden in einem entsprechenden Photodiodenarray ausgebildet, besitzen eine rechteckförmige Form und sind entlang der Messrichtung x benachbart aneinander grenzend angeordnet. Die Rechtecks-Längsachse erstreckt sich jeweils senkrecht zur Messrichtung x entlang der in der Figur angegebenen y -Richtung.

[0050] Alternativ zu einer derartigen Ausbildung der Detektoranordnung **22** ist es aber auch möglich, dass es sich bei den Elementen der Detektoranordnung **22** um die Teilungsbereiche eines Abtastgitters handelt, denen großflächige Detektorelemente nachgeordnet sind. In Bezug auf diese Möglichkeit sei auf die nachfolgende Beschreibung des vierten Ausführungsbeispiels verwiesen.

[0051] Wie aus [Fig. 3](#) ersichtlich ist, umfasst die Detektoranordnung **22** des ersten Ausführungsbeispiels einen ersten Satz von Array-Detektorelementen **22.1** sowie einen zweiten Satz von Array-Detektorelementen **22.2**. Die Array-Detektorelemente **22.1**, **22.2** des ersten und zweiten Satzes sind in Messrichtung alternierend angeordnet. Hierbei verändern sich die Mittenabstände d_{D1} , ... d_{Dn} benachbarter Array-Detektorelemente **22.1**, **22.2** ausgehend von der zentralen Detektoranordnungs-Symmetrieachse DS nach außen hin in der gleichen Richtung wie auf Seiten der Referenzmarkierung **11** die Teilungsperioden der Strukturen in den beiden Referenzmarkierungs-Teilfeldern **11_A**, **11_B**. Wie ferner in [Fig. 3](#) erkennbar, sind in unmittelbarer Nachbarschaft zur Detektoranordnungs-Symmetrieachse DS die kleinsten Mittenabstände und damit die in x -Richtung schmalsten Array-Detektorelemente **22.1**, **22.2** vorgesehen, jeweils nach außen hin werden stetig breiter werdende Array-Detektorelemente **22.1**, **22.2** platziert bzw. größer werdende Mittenabstände d_{Dn} vorgesehen. Die prinzipiell symmetrisch gechrüpte Anordnung der Ele-

mente der Detektoranordnung **22**, d. h. in diesem Fall der Array-Detektorelemente **22.1**, **22.2** wird demzufolge erfindungsgemäß auf die ebenfalls symmetrisch gechrüpte Anordnung der Strukturen der Referenzmarkierung **12** abgestimmt.

[0052] Wie ebenfalls aus [Fig. 3](#) ersichtlich ist, werden alle Array-Detektorelemente **22.1**, **22.2** eines Satzes jeweils ausgangseitig zusammengeschaltet. Aus den Array-Detektorelementen **22.1** des ersten Satzes resultiert beim Überfahren der Referenzmarkierung **11** das sogenannte Referenzimpuls-Taktsignal RI_T , wie es in [Fig. 4a](#) im Bereich der Referenzposition x_{REF} dargestellt ist. Die Array-Detektorelemente **22.2** des zweiten Satzes liefern das sogenannte Referenzimpuls-Gegentaktsignal RI_{GT} , welches in [Fig. 4b](#) im Bereich der Referenzposition x_{REF} gezeigt ist. Das Referenzimpuls-Taktsignal RI_T und das Referenzimpuls-Gegentaktsignal RI_{GT} werden über das Differenzbildungselement **23** in Differenz verschaltet. Am Ausgang des Differenzbildungselementes **23** resultiert dann das Referenzimpulssignal RI , das zur Herstellung eines Absolutbezugs bei der Positionsmessung in bekannter Art und Weise weiterverarbeitbar ist; der Verlauf des derart erzeugten Referenzimpulssignals im Bereich der Referenzposition x_{REF} ist in [Fig. 4c](#) dargestellt.

[0053] Auch die Anordnung der Elemente der Detektoranordnung **22** lässt sich ähnlich wie die Charakterisierung der Referenzmarkierungs-Teilfelder **11_A**, **11_B** mittels der Gleichungen 1.1–1.3 über die detektorseitigen Teilungsfrequenzen $f_{Det}(x)$ beschreiben, die den örtlich veränderbaren Verlauf der Mittenabstände der Elemente festlegt. Die Größe $f_{Det}(x)$ wird demnach vorzugsweise folgendermaßen gewählt:

$$f_{Det}(x) := \frac{2}{k} f_0 \left(\frac{1}{L} x + 1 \right) \text{ für } -L \leq x < 0 \quad (\text{Gl. 2.1})$$

und

$$f_{Det}(x) := \frac{2}{k} f_0 \left(\frac{1}{L} x - 1 \right) \text{ für } 0 \leq x \leq L, \quad (\text{Gl. 2.2})$$

mit:

f_{Det}	(x) := detektorseitige Teilungsfrequenz in Abhängigkeit der Position in Messrichtung x
f_0	:= mittlere maßverkörperungsseitige Teilungsfrequenz
L	:= Länge der der jeweiligen detektorseitigen Elementanordnung in Messrichtung x
k	:= 1, 2

[0054] Die Größe k in den Gleichungen **2.1** und **2.2** charakterisiert den Typ der jeweils gewählten optischen Abtastung, insbesondere welche von der Maßverkörperung erzeugten Beugungsordnungen zur Signalgewinnung beitragen.

[0055] So beschreibt $k = 1$ ein System, bei dem auf

Seiten der Maßverkörperung **10** bzw. Inkrementalteilung **12** im wesentlichen ± 1 . Beugungsordnungen erzeugt werden. Die Inkrementalteilung **12** als auch die Referenzmarkierung **11** sind in diesem Fall als Phasengitter mit einem Phasenhub von 180° und einem Teilungsverhältnis von 1:1 ausgebildet.

[0056] Über $k = 2$ wird ein System charakterisiert, bei dem auf Seiten der Inkrementalteilung der Maßverkörperung neben den ± 1 . Beugungsordnungen auch eine 0. Beugungsordnung erzeugt wird und zur Signalgewinnung beiträgt. In diesem Fall gibt es dann detektionsseitig bestimmte Detektionsebenen, in denen ein maximaler Kontrast des aus der Abtastung der Maßverkörperung erzeugten Streifenmusters vorliegt. Eine hierzu geeignete Inkrementalteilung sowie die zugehörige Referenzmarkierung sind als Amplitudengitter ausgebildet oder aber als Phasengitter mit einem Phasenhub von 90° und einem Teilungsverhältnis von 1:1.

[0057] Im Zusammenhang mit der gechirpten Referenzmarkierung ist das erwähnte Teilungsverhältnis hierbei jeweils als lokales Teilungsverhältnis anzusehen.

[0058] Als vorteilhaft hat sich desweiteren herausgestellt, wenn in der erfindungsgemäßen optischen Positionsmesseinrichtung die Ausdehnung b_{LQ} der Lichtquelle **21** in Messrichtung x gemäß der nachfolgenden Beziehung gewählt wird:

$$b_{LQ} < \frac{1}{2f_0} \quad (\text{Gl. 3})$$

mit:

b_{LQ} := Ausdehnung der Lichtquelle in Messrichtung
 f_0 := mittlere maßverkörperungsseitige Teilungsfrequenz

[0059] In einer konkreten Realisierung der ersten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen optischen Positionsmesseinrichtung sind die folgenden Parameter vorgesehen:

$$TP_{INC} = 8 \mu\text{m} \quad (\text{Signalperiode} = 4 \mu\text{m})$$

$$f_0 = 35/\text{mm}$$

$$L = 1 \text{ mm}$$

$$k = 1$$

[0060] Als Lichtquelle **21** ist hierbei eine Punktlichtquelle vorgesehen, beispielsweise eine sog. VCSEL-Lichtquelle (Vertical Cavity Surface Emitting Laser).

[0061] Weitere Ausführungsformen der erfindungsgemäßen optischen Positionsmesseinrichtung werden nunmehr nachfolgend anhand der restlichen Figuren erläutert. Hierbei wird jeweils lediglich auf die maßgeblichen Unterschiede zum ersten Ausführungs-

beispiel eingegangen, ansonsten sei auf die ausführliche Erläuterung des ersten Beispiels verwiesen, insbesondere auch auf die in diesem Zusammenhang erläuterten Dimensionierungsregeln.

[0062] Eine zweite Ausführungsform der erfindungsgemäßen optischen Positionsmesseinrichtung ist in den [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) teilweise schematisiert dargestellt. Im Gegensatz zur konkreten ersten Ausführungsvariante wird nunmehr in der Abtasteinheit **200** keine punktförmige Lichtquelle **121** in Form einer VCSEL-Lichtquelle eingesetzt, sondern eine räumlich ausgedehnte Lichtquelle **121**, die aber ebenfalls wiederum divergent in Richtung der Maßverkörperung **110** abstrahlt. Beispielsweise kann hierzu eine LED mit einer Kantenlänge von $300 \mu\text{m}$ eingesetzt werden. Aufgrund der Verwendung der räumlich ausgedehnten Lichtquelle **121** ist nunmehr zusätzlich eine Blende **150** mit einem Sendespalt **151** der Breite b in Messrichtung x zwischen der Lichtquelle **121** und der Maßverkörperung **110** angeordnet, da das genutzte Abtastprinzip eine Punktlichtquelle voraussetzt.

[0063] Bzgl. der Ausdehnung b des Sendespalts **151** in Messrichtung x sollte vorzugsweise die nachfolgende Gleichung (4) beachtet werden:

$$b_{SP} < \frac{1}{2f_0} \quad (\text{Gl. 4})$$

[0064] In [Fig. 5](#) sind wiederum nur diejenigen Komponenten im Abtaststrahlengang dargestellt, die zur erfindungsgemäßen Erzeugung des Referenzimpuls-signals RI dienen, nicht jedoch alle zur Erzeugung der Inkrementalsignale erforderlichen Komponenten.

[0065] In [Fig. 6](#) ist eine Draufsicht auf die Blende **150** dargestellt. Die Blende **150** umfasst neben dem bereits erwähnten Sendespalt **151** zur Erzeugung des Referenzimpuls-signals RI desweiteren noch ein in y -Richtung benachbart angeordnetes Sendegitter **161** für die Inkrementalabtastung.

[0066] In Bezug auf die Erzeugung eines Referenzimpuls-signals RI ist auch in dieser Variante wiederum vorgesehen, auf der Maßverkörperung **110** eine Referenzmarkierung **111** mit symmetrisch gechirpten Strukturen in den beiden Referenzmarkierungs-Teilfeldern **111_A**, **111_B** auszubilden. Die Abtastmittel auf Seiten der Abtasteinheit **120** umfassen wie schon im ersten Beispiel neben der divergenten Lichtquelle **121** eine Detektoranordnung **122** mit einer ebenfalls symmetrisch gechirpten Anordnung von Elementen, beispielsweise Array-Detektorelementen. In Bezug auf die konkreten Anordnungs-Gesetzmäßigkeiten sei wiederum auf die obigen Erläuterungen verwiesen.

[0067] In einer konkreten Realisierung der zweiten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen opti-

schen Positionsmesseinrichtung sind die folgenden Parameter vorgesehen:

$TP_{INC} = 8 \mu\text{m}$ (Signalperiode = $4 \mu\text{m}$)

$f_0 = 7.5/\text{mm}$

$L = 2.133 \text{ mm}$

$b_{SP} = 0.048 \text{ mm}$

$k = 1$

[0068] In dieser Ausführungsvariante resultiert ein Referenzimpulssignal, das erheblich breiter ist als die Signalperiode der Inkrementalsignale. Es ist daher erforderlich, das Referenzimpulssignal geeignet weiterzuverarbeiten, um ein Referenzimpulssignal mit der Breite einer Signalperiode der Inkrementalsignale zu erhalten.

[0069] Eine weitere, dritte Ausführungsform der erfindungsgemäßen optischen Positionsmesseinrichtung ist in den [Fig. 7](#) und [Fig. 8](#) dargestellt.

[0070] Im Unterschied zu den bisher erläuterten Beispielen, in denen jeweils $k = 1$ gewählt wurde, ist nunmehr vorgesehen die Größe $k = 2$ zu wählen. Dies bedeutet, dass eine andere Maßverkörperung **221** zum Einsatz kommt. So ist nunmehr eine Inkrementalteilung mit einer deutlich größeren Teilungsperiode vorgesehen; bei der Signalgewinnung wird neben den ± 1 . Beugungsordnungen auch die erzeugte 0. Beugungsordnung verwendet.

[0071] Wie im zweiten Ausführungsbeispiel ist wiederum der Einsatz einer räumlich ausgedehnten, divergent abstrahlenden Lichtquelle **221** in der Abtasteinheit **220** vorgesehen, weshalb wiederum eine Blende **250** mit einem Sendespalt **251** der Breite b_{SP} zwischen der Lichtquelle **221** und der Maßverkörperung **210** angeordnet ist.

[0072] Als weitere Besonderheit ist bei diesem Ausführungsbeispiel schließlich zu erwähnen, dass aufgrund des genutzten Abtastprinzips und der Nutzung der 0. Beugungsordnung nunmehr die Elemente der Detektoranordnung **222** entlang der Messrichtung x derart angeordnet sind, dass diese einem maßstäblich vergrößerten Abbild der Strukturen in den Referenzmarkierungs-Teilfeldern **211_A**, **211_B** der Referenzmarkierung **211** entsprechen.

[0073] In Bezug auf die grundsätzliche Anordnung der Strukturen in den Referenzmarkierungs-Teilfeldern **211_A**, **211_B** bzw. die Anordnung der Elemente in der Detektoranordnung **222** sei wiederum auf die Erläuterungen im Zusammenhang mit dem ersten Ausführungsbeispiel verwiesen.

[0074] Für eine konkrete Realisierung der dritten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen optischen Positionsmesseinrichtung sind die folgenden Parameter vorgesehen:

Räumliche Ausdehnung der Lichtquelle (LED): 300

μm

$TP_{INC} = 20 \mu\text{m}$ (Signalperiode = $20 \mu\text{m}$)

$f_0 = 11/\text{mm}$

$L = 2 \text{ mm}$

$b_{SP} = 0.045 \text{ mm}$

$k = 2$

[0075] Mit der Wahl dieser Parameter resultiert in diesem Beispiel ein Referenzimpulssignal, das eine Breite besitzt, die der Inkrementalsignal-Periode entspricht.

[0076] Abschließend sei ein viertes Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen optischen Positionsmesseinrichtung anhand der [Fig. 9](#) erläutert. Diese zeigt in schematisierter Form eine Ansicht der Detektionsebene in der Abtasteinheit mit einer alternativen Variante der Detektoranordnung **322**.

[0077] In den bislang erläuterten drei Ausführungsbeispielen waren die entsprechend geeicht angeordneten Elemente der Detektoranordnung jeweils als Array-Detektorelemente eines geeigneten Detektorarrays ausgebildet. Im vierten Ausführungsbeispiel ist nunmehr vorgesehen, dass es sich bei den entsprechend geeicht angeordneten Elementen der Detektoranordnung **322** um die Teilungsbereiche **323.1₁** ... **323.1_n** bzw. **323.1₁** ... **323.1_n** von Abtastgittern handelt, denen jeweils großflächige Detektorelemente **322.1**, **322.2** nachgeordnet sind. Im dargestellten Ausführungsbeispiel umfasst die Detektoranordnung **322** zwei großflächige Detektorelemente **322.1**, **322.2** die jeweils rechteckförmig ausgebildet sind, wobei sich die Rechtecks-Längsachse in Messrichtung x erstreckt. Aufgrund der komplementären Ausgestaltung der Abtastgitter mit den entsprechend geeicht angeordneten Teilungsbereichen **323.1₁** ... **323.1_n** bzw. **323.1₁** ... **323.1_n** wird über das Detektorelement **322.1** das Referenzimpuls-Taktsignal RI_T und über das über das Detektorelement **322.2** das gegenphasige Referenzimpuls-Gegentaktsignal RI_{GT} erzeugt. Nach der Differenzbildung aus diesen beiden Signalen über das Differenzbildungselement **323** resultiert an dessen Ausgang das Referenzsignal RI .

[0078] Die symmetrisch zur Detektoranordnungs-Symmetrieachse DS vorgesehen Anordnung der Teilungsbereiche **323.1₁** ... **323.1_n** bzw. **323.1₁** ... **323.1_n** entspricht für jedes Detektorelement **322.1**, **322.2** den oben erläuterten Gesetzmäßigkeiten für die Elemente verschiedenen der Detektoranordnungen, die dort jeweils als Array-Detektorelemente ausgebildet waren.

[0079] Eine derartige Variante zur Ausbildung der Detektoranordnung **322** kann beispielsweise dann in Betracht kommen, wenn relativ schmale Array-Detektorelemente erforderlich würden und diese technologiebedingt nicht mehr herstellbar sind. Grundsätzlich gibt es für derartige Detektorarrays bestimm-

te Minimalbreiten bzw. -abstände, die aufgrund technologischer Begrenzungen nicht unterschritten werden können. Demgegenüber ist es weniger problematisch entsprechend fein strukturierte Abtastgitter auf großflächigen Detektorelementen aufzubringen, die in Bezug auf die optische Abtastung gleichwertig funktionieren.

[0080] Neben den bislang erläuterten Ausführungsbeispielen gibt es im Rahmen der vorliegenden Erfindung selbstverständlich noch weitere Ausgestaltungsmöglichkeiten für die erfindungsgemäße optische Positionsmesseinrichtung.

[0081] So kann die erfindungsgemäße Positionsmesseinrichtung sowohl als Längenmessgerät zur Erfassung von linearen Verschiebewebewegungen ausgebildet werden wie auch als rotatorisches Positionsmessgerät zur Erfassung von Rotationsbewegungen um eine Rotationsachse.

[0082] Ebenso ist es natürlich möglich, neben den erläuterten Durchlichtvarianten entsprechend aufgebaute Auflichtvarianten mit abgetasteten Reflexions-Maßverkörperungen erfindungsgemäß auszubilden.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

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

Zitierte Patentliteratur

- EP 513427 A1 [[0002](#), [0003](#), [0004](#), [0006](#)]
- DE 19748802 A1 [[0006](#), [0006](#)]

Zitierte Nicht-Patentliteratur

- R. Pettigrew mit dem Titel „Analysis of Grating Imaging and its Application to Displacement Metrology” in SPIE Vol. 36, 1st European Congress on Optics applied to Metrology (1977), S. 325–332 [[0005](#)]

Patentansprüche

1. Optische Positionsmesseinrichtung zur Erfassung der Position von zwei relativ zueinander in mindestens einer Messrichtung (x) beweglichen Objekten mit

– einer Maßverkörperung (**10**; **110**; **210**), die mit einem der beiden Objekte verbunden ist und die eine sich in Messrichtung (x) erstreckende Inkrementalteilung (**12**) sowie mindestens eine Referenzmarkierung (**11**; **111**; **211**) an einer Referenzposition (x_{REF}) aufweist, wobei die Referenzmarkierung (**11**; **111**; **211**) zwei zu einer Referenzmarkierungs-Symmetrieachse (RS) spiegelsymmetrisch angeordnete Referenzmarkierungs-Teilfelder (**11_A**, **11_B**; **111_A**, **111_B**; **211_A**, **211_B**) umfasst, die jeweils aus einer sich in Messrichtung (x) erstreckenden Struktur mit einer sich örtlich veränderlichen Teilungsperiode bestehen, – einer Abtasteinheit (**20**; **120**; **220**), die mit dem anderen der beiden Objekte verbunden ist und der Abtastmittel zugeordnet sind, die zur Erzeugung mindestens eines Referenzsignals (RI) an der Referenzposition (x_{REF}) dienen, wobei die Abtastmittel mindestens folgende Komponenten umfassen:

– eine divergent in Richtung der Maßverkörperung (**10**; **110**; **210**) abstrahlende Lichtquelle (**21**; **121**; **221**),
– eine Detektoranordnung (**22**; **122**; **222**) mit Elementen, die entlang der Messrichtung (x) derart angeordnet sind, dass sich ausgehend von einer zentralen Detektoranordnungs-Symmetrieachse (DS) in Messrichtung (x) die Mittenabstände (d_{D1} , ... d_{Dn}) zwischen benachbarten Elementen in der gleichen Richtung verändern wie ausgehend von der Referenzmarkierungs-Symmetrieachse (RS) die Teilungsperioden der Strukturen in den Referenzmarkierungs-Teilfeldern (**11_A**, **11_B**; **111_A**, **111_B**; **211_A**, **211_B**).

2. Optische Positionsmesseinrichtung nach Anspruch 1, wobei die Referenzmarkierungs-Teilfelder (**11_A**, **11_B**; **111_A**, **111_B**; **211_A**, **211_B**) derart ausgebildet sind, dass benachbart zur Referenzmarkierungs-Symmetrieachse (RS) die Strukturen jeweils die kleinsten Teilungsperioden aufweisen und in Messrichtung (x) nach außen hin jeweils stetig größer werdende Teilungsperioden vorgesehen sind.

3. Optische Positionsmesseinrichtung nach Anspruch 1, wobei die maßverkörperungsseitige Teilungsfrequenz ($f_{MS}(x)$) der sich örtlich verändernden Teilungsperioden in den beiden Referenzmarkierungs-Teilfeldern (**11_A**, **11_B**; **111_A**, **111_B**; **211_A**, **211_B**) folgendermaßen gewählt ist:

$$f_{MS}(x) := 2f_0(\frac{x}{L} + 1) \text{ für } -\frac{L}{2} \leq x < 0$$

und

$$f_{MS}(x) := 2f_0(\frac{x}{L} - 1) \text{ für } 0 \leq x \leq \frac{L}{2}$$

wobei für L gilt:

$$L := \frac{p}{f_0}, n \text{ ganzzahlig,}$$

mit:

$f_{MS}(x)$:= maßverkörperungsseitige Teilungsfrequenz in Abhängigkeit der Position in Messrichtung x

f_0 := mittlere maßverkörperungsseitige Teilungsfrequenz

L := Länge der Struktur im jeweiligen Referenzmarkierungs-Teilfeld in Messrichtung x

4. Optische Positionsmesseinrichtung nach Anspruch 1, wobei die Elemente der Detektoranordnung (**22**; **122**; **222**) mit den nachfolgenden detektorseitigen Teilungsfrequenzen ($f_{Det}(x)$) angeordnet sind:

$$f_{Det}(x) := \frac{2}{k} f_0 (\frac{x}{L} + 1) \text{ für } -L \leq x < 0$$

und

$$f_{Det}(x) := \frac{2}{k} f_0 (\frac{x}{L} - 1) \text{ für } 0 \leq x \leq L,$$

mit:

$f_{Det}(x)$:= detektorseitige Teilungsfrequenz in Abhängigkeit der Position in Messrichtung x

f_0 := mittlere maßverkörperungsseitige Teilungsfrequenz

L := Länge der der jeweiligen detektorseitigen Element-Anordnung in Messrichtung x

k := 1, 2

5. Optische Positionsmesseinrichtung nach Anspruch 1, wobei die Elemente der Detektoranordnung (**222**) entlang der Messrichtung (x) derart angeordnet sind, dass sie einem maßstäblich vergrößerten Abbild der Struktur aus den Referenzmarkierungs-Teilfeldern (**211_A**, **211_B**) entsprechen.

6. Optische Positionsmesseinrichtung Anspruch 1, wobei die Ausdehnung der Lichtquelle (**21**; **121**; **221**) in Messrichtung (x) folgendermaßen gewählt ist:

$$b_{LQ} < \frac{1}{2f_0},$$

mit:

b_{LQ} := Ausdehnung der Lichtquelle in Messrichtung

f_0 := mittlere maßverkörperungsseitige Teilungsfrequenz

7. Optische Positionsmesseinrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei zwischen der Lichtquelle (**121**; **221**) und der Maßverkörperung (**110**; **210**) eine Blende (**150**; **250**) mit einem Sendespalt (**151**; **251**) angeordnet ist.

8. Optische Positionsmesseinrichtung nach Anspruch 7, wobei die Ausdehnung des Sendespalts (**151**; **251**) in Messrichtung (x) folgendermaßen gewählt ist:

$$b_{LQ} < \frac{1}{2f_0}$$

mit:

b_{SP} := Ausdehnung des Sendespalts in Messrichtung

f_0 := mittlere maßverkörperungsseitige Teilungsfrequenz

9. Optische Positionsmesseinrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Referenzmarkierung (**11**; **111**; **211**) und die Inkrementalteilung (**12**) als Phasengitter mit einem Phasenhub von 180° und einem Teilungsverhältnis von 1:1 ausgebildet sind.

10. Optische Positionsmesseinrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 1–7, wobei die Referenzmarkierung (**11**; **111**; **211**) und die Inkrementalteilung (**12**) als Amplitudengitter oder als Phasengitter mit einem Phasenhub von 90° und einem Teilungsverhältnis von 1:1 ausgebildet sind.

11. Optische Positionsmesseinrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Elemente der Detektoranordnung (**22**; **122**; **222**) als Array-Detektorelemente (**22.1**, **22.2**) eines Detektorarrays ausgebildet sind.

12. Optische Positionsmesseinrichtung nach Anspruch 11, wobei die Detektoranordnung (**22**; **122**; **222**) einen ersten Satz von Array-Detektorelementen (**22.1**) und einen zweiten Satz von Array-Detektorelementen (**22.1**) umfasst und jeweils die Array-Detektorelemente (**22.1**, **22.2**) eines Satzes Ausgangsseitig zusammengeschaltet sind.

13. Optische Positionsmesseinrichtung nach Anspruch 1, wobei die Elemente der Detektoranordnung (**322**) als Teilungsbereiche (**323.1**₁ ... **323.1**_n, **323.1**₁ ... **323.1**_n) eines Abtastgitters ausgebildet sind, denen mindestens ein großflächiges Detektorelement (**322.1**, **322.2**) nachgeordnet ist.

14. Optische Positionsmesseinrichtung nach Anspruch 1, wobei die Detektoranordnung (**322**) zwei großflächige Detektorelemente (**322.1**, **322.2**) umfasst, vor denen komplementär ausgestaltete Abtastgitter angeordnet sind.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

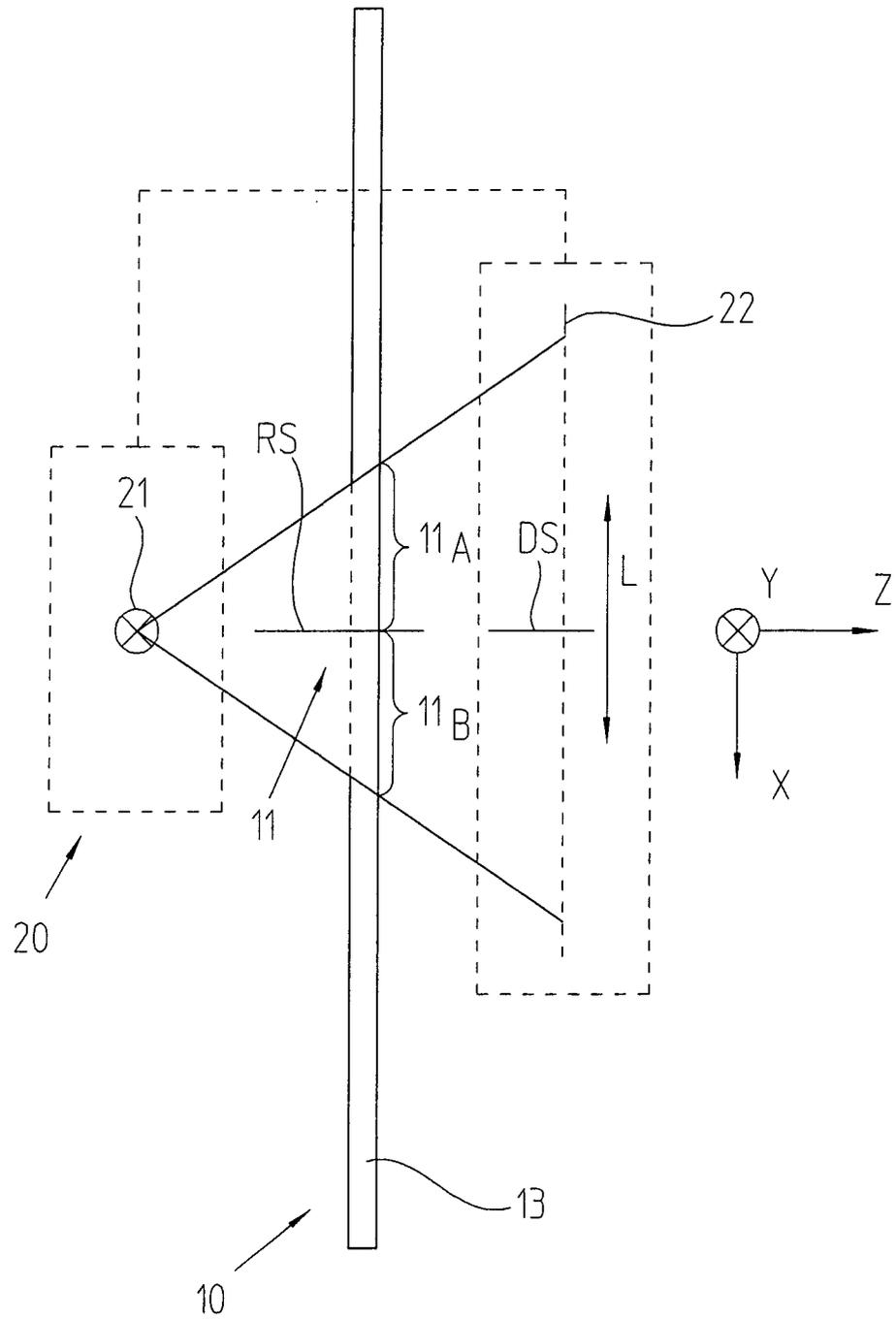


FIG. 2

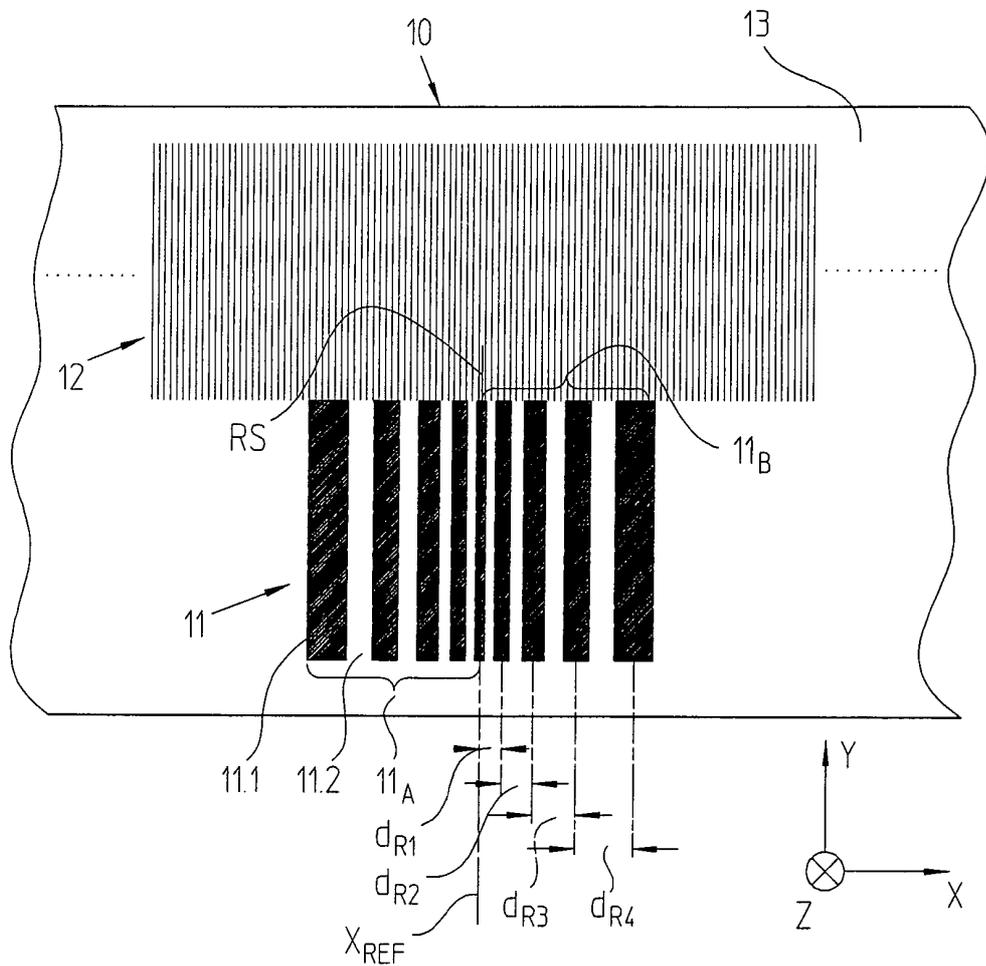


FIG. 3

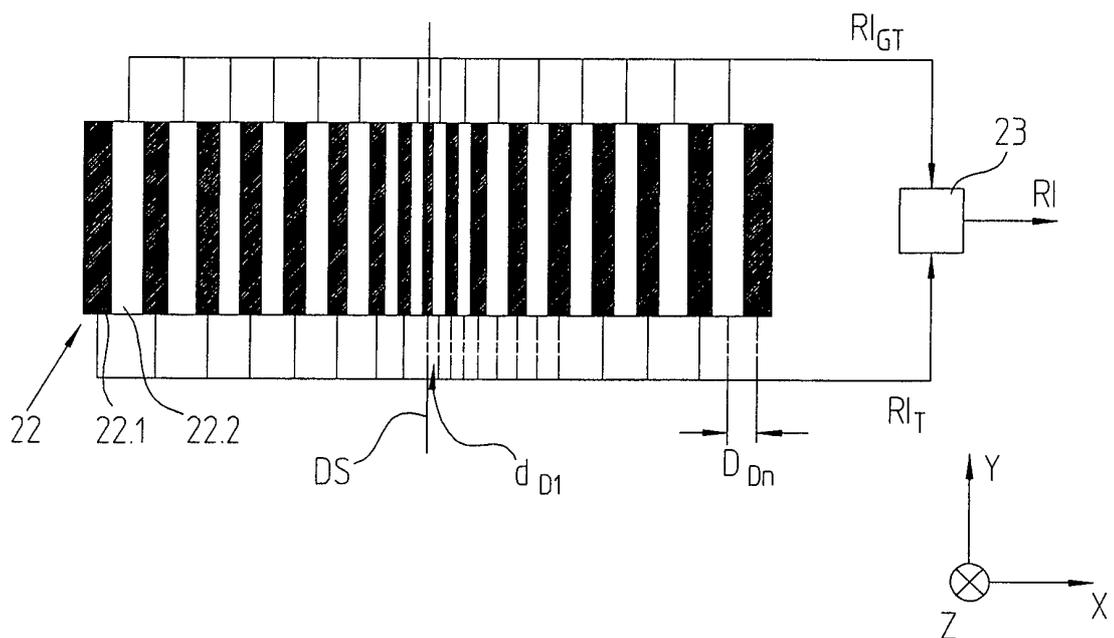


FIG. 4a

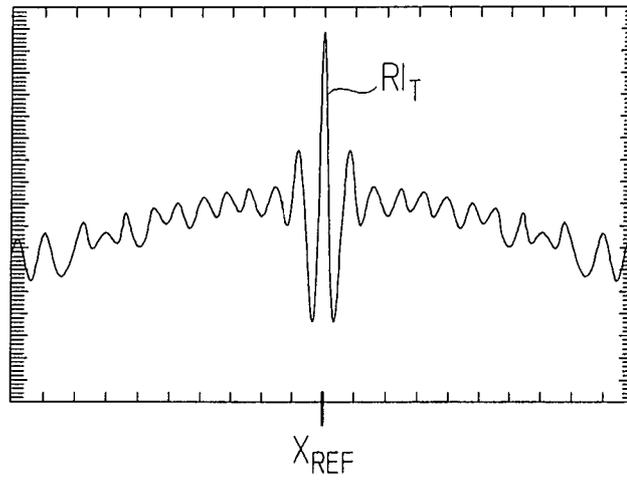


FIG. 4b

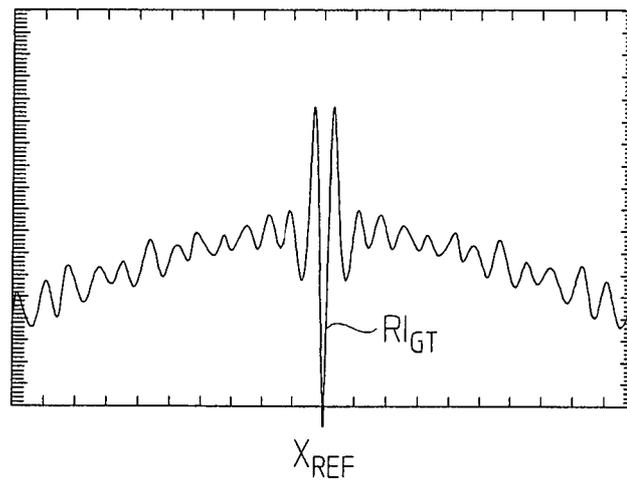


FIG. 4c

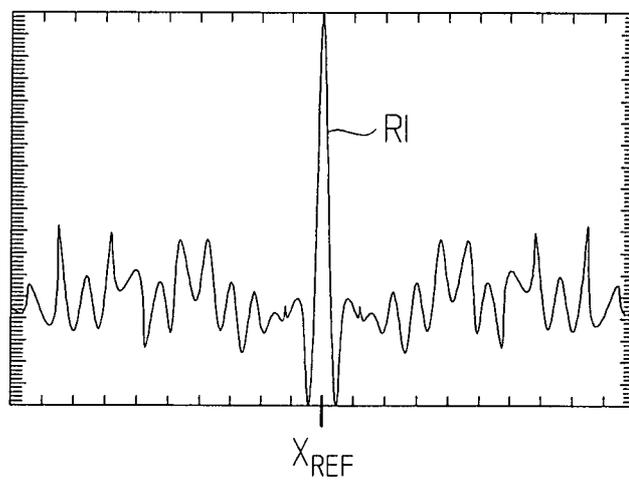


FIG. 5

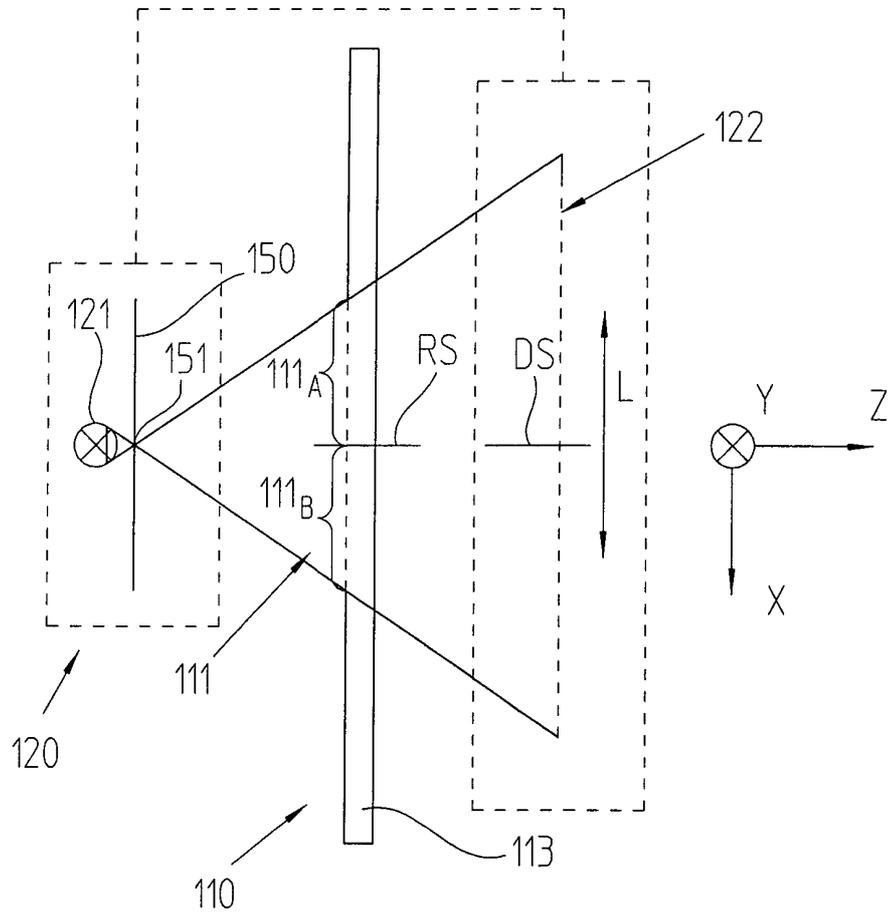


FIG. 6

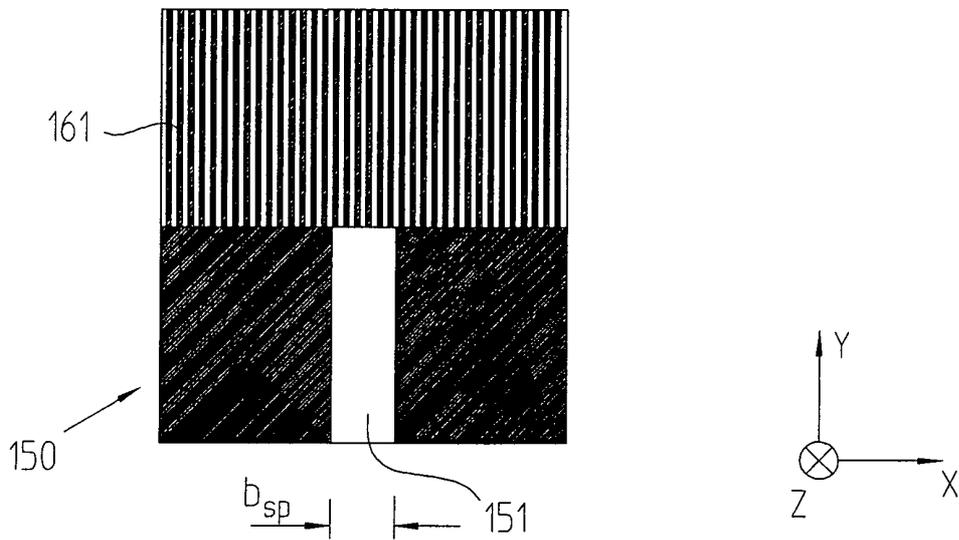


FIG. 7

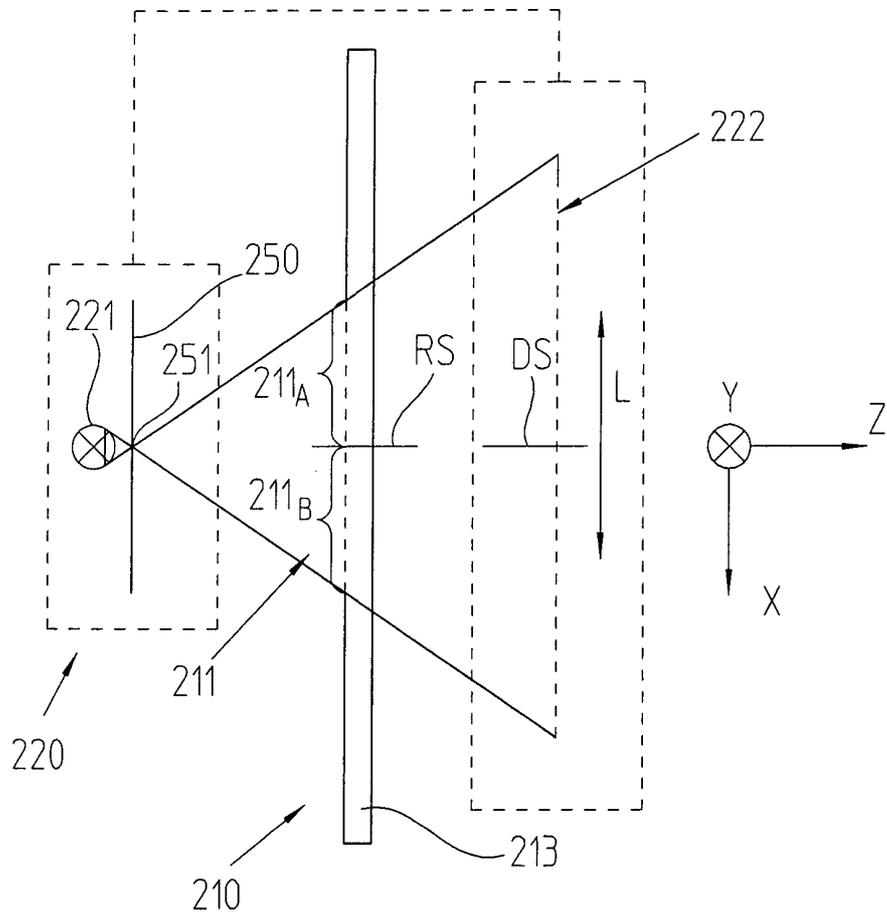


FIG. 8

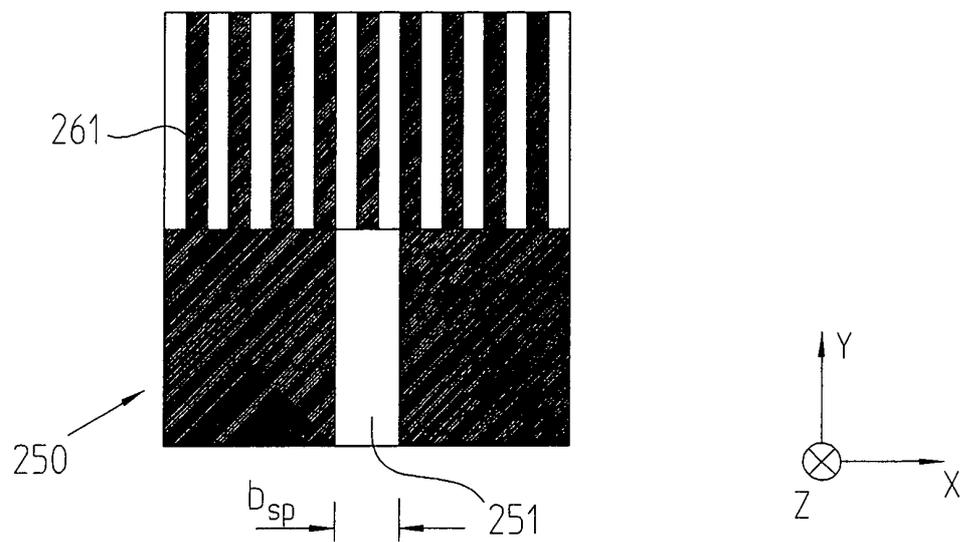


FIG. 9

