



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 10 2006 037 529 A1 2007.07.05

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: 10 2006 037 529.7

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **G01B 9/02** (2006.01)

(22) Anmeldetag: 10.08.2006

(43) Offenlegungstag: 05.07.2007

(30) Unionspriorität:  
11/316,855 23.12.2005 US

(72) Erfinder:  
Trutna jr., William R., Loveland, Col., US; Owen, Geraint, Loveland, Col., US; Ray, Alan B., Loveland, Col., US; Prince, James, Loveland, Col., US; Johnstone, Eric Stephen, Loveland, Col., US; Zhu, Miao, Loveland, Col., US; Cutler, Leonard S., Loveland, Col., US

(71) Anmelder:  
Agilent Technologies, Inc. (n.d.Ges.d.Staates Delaware), Palo Alto, Calif., US

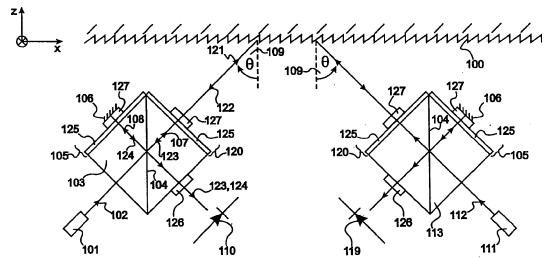
(74) Vertreter:  
Schoppe, Zimmermann, Stöckeler & Zinkler, 82049 Pullach

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Littrow-Interferometer**

(57) Zusammenfassung: Eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Messen einer Verschiebung umfassen einen Lichtstrahl, der zu einem Interferometerkern gerichtet wird, der den Lichtstrahl in einen ersten und einen zweiten Komponentenstrahl aufteilt. Der erste Komponentenstrahl wird in etwa einem Littrow-Winkel zu einem Beugungsgitter gerichtet. Eine Beugung wird durch den Interferometerkern aufgenommen und wird mit dem zweiten Komponentenstrahl kombiniert. Die Kombination des ersten und des zweiten Komponentenstrahls wird gemessen, um eine Verschiebung des Beugungsgitters zu bestimmen.



## Beschreibung

**[0001]** Die optische Interferometrie kann z. B. zur Durchführung präziser Messungen in einer Vielzahl von Hintergründen verwendet werden. Die Laserinterferometrie wird z. B. gegenwärtig verwendet, um kleine Verschiebungen zu messen und Stufen in Nanometer-Genauigkeit bei einer Photolithographieverarbeitung von Halbleitern genau zu positionieren. Mit immer kleiner werdenden Halbleitermerkmalen besteht ein Bedarf, noch genauere Verschiebungsmessungen zu erzielen. Unter Verwendung der bekannten Laserinterferometrie auf Spiegelbasis bewegt sich ein Teil des Messlichtstrahls in Luft. Wenn der Brechungsindex der Luft in dem Strahlweg sich verändert, sogar lokal, manifestiert sich die Veränderung selbst als eine offensichtliche Verschiebung. Diese offensichtliche Verschiebung stellt einen Messfehler dar und je länger der Luftweg ist, desto wahrscheinlicher ist dieser Fehler schwerwiegender. Es gibt eine Anzahl bekannter Verfahren zum Steuern, Reduzieren oder Messen von Veränderungen an dem Brechungsindex in der Luft, durch die sich das Licht bewegt, neue Verfahren ergeben jedoch zunehmend unbedeutende Verbesserungen.

**[0002]** Zusätzlich zu einem Messen einer Verschiebungsgröße ist es auch wichtig, dass ein Laserinterferometer eine Verschiebungsrichtung identifiziert. Zwei bekannte Verfahren zum Bestimmen einer Verschiebungsrichtung sind die Homodyn- und die Heterodyn-Technik. Die Homodyn-Technik verwendet einen Lichtstrahl mit einer einzelnen Frequenz. Die Richtung einer Bewegung wird durch ein Messen von zwei oder mehr Ausgangssignalen für jedes Objekt, dessen Bewegung gerade gemessen wird, die optisch in Bezug aufeinander verzögert sind, hergeleitet: die Phasenbeziehung zwischen diesen Signalen zeigt die Richtung einer Bewegung an. Die Heterodyn-Technik verwendet eine Lichtquelle mit zwei Frequenzen. Ein Referenzsignal wird erzeugt, das die Phase des Signals anzeigt, das durch ein direktes Mischen der beiden Frequenzen aus der Quelle gebildet wird. Für jedes Objekt, dessen Bewegung gerade gemessen wird, wird ein zweites Signal durch Einführen des Lichts einer Frequenz in den Referenzzweig und des Lichts der anderen Frequenz in den Messzweig gebildet. Eine Verschiebung wird durch ein Messen der Phase eines Signals, das durch Mischen dieser beiden Strahlen und direktes Subtrahieren der Phase des Signals von den beiden Frequenzquellen gemessen. Eine Veränderung an dieser Phasendifferenz ist auf eine Verschiebung bezogen. Eine Doppler-Verschiebung des Messstrahls relativ zu dem Referenzstrahl zeigt die Menge und Richtung einer Geschwindigkeit an. Die Heterodyn-Technik erlaubt es, dass die Richtung einer Bewegung unter Verwendung eines einzelnen Detektors identifiziert werden kann, und weist eine verbesserte Unempfindlichkeit gegenüber einem Niederfrequenzrauschen verglichen mit der Homodyn-Technik auf. So verwendet das Homodyn-Schema eine einfachere Quelle, erfordert jedoch zumindest zwei Erfassungskanäle pro Messachse, die in Gewinn und Phase angepasst werden müssen. Das Heterodyn-Schema verwendet eine komplexere Quelle, erfordert jedoch nur einen einzelnen Detektor für jede Messachse plus einen einzelnen zusätzlichen Detektor für die Laserquelle.

**[0003]** Codierer zum Messen einer Verschiebung sind ebenso bekannt. Da Codierer eine Verschiebung messen, die quer zu dem Messstrahl ist, kann eine Codierertechnologie verwendet werden, um den Bedarf nach langen Luftwegen zu minimieren. Typischerweise verwenden Codierer die Homodyn-Technik. Als ein Beispiel verwendet eine durch Heidenhain hergestellte Vorrichtung ein System von drei Detektoren, um die Richtung einer Bewegung zu bestimmen. Leider ist es schwierig, die Gewinne und Phasen der Detektoren und ihre zugeordnete Elektronik ausreichend anzupassen, um eine Messung mit Nanometer- oder Sub-Nanometer-Genauigkeit zu erlauben. Diese Schwierigkeit verschlimmert sich, wenn die Messsignale sich entlang von Kabeln bewegen, die sich biegen oder bewegen. Entsprechend werden Codierermessverschiebungssysteme für Anwendungen verwendet, die eine geringere Genauigkeit erfordern als die, die gegenwärtig mit Laserinterferometrie-Verschiebungsmesssystemen verfügbar ist. Wie in dem Fall von Interferometern sind Homodyn-Codierer anfällig für ein Niederfrequenzrauschen.

**[0004]** Es verbleibt ein Bedarf nach einem verbesserten Verfahren und einer verbesserten Vorrichtung zum Messen und Steuern einer Verschiebung mit höherer Auflösung als bisher im Stand der Technik verfügbar ist.

**[0005]** Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Vorrichtung oder ein Verfahren mit verbesserten Charakteristika zu schaffen.

**[0006]** Diese Aufgabe wird durch eine Vorrichtung gemäß Anspruch 1 oder 35 oder ein Verfahren gemäß Anspruch 23 gelöst.

**[0007]** Bevorzugte Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend Bezug nehmend auf die beigefügten Zeichnungen näher erläutert, wobei hervorgehoben wird, dass die verschiedenen Merkmale nicht notwendigerweise maßstabsgetreu sind, wobei stattdessen die Abmessungen zur Klarheit einer Erläuterung willkürlich vergrößert oder reduziert sein könnten. Es zeigen:

- [0008] [Fig. 1](#) ein Ein-Durchlauf-Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung gemäß den vorliegenden Lehren;
- [0009] [Fig. 2](#) ein Zwei-Durchlauf-Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung gemäß den vorliegenden Lehren;
- [0010] [Fig. 3](#) ein Zwei-Durchlauf-Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung gemäß den vorliegenden Lehren, die für eine Homodyn-Lichtquelle angepasst ist;
- [0011] [Fig. 4](#) ein anderes Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung bis 10 gemäß den vorliegenden Lehren, die Darstellungen eines Bewegungswegs von Licht durch die Vorrichtung umfassen;
- [0012] [Fig. 11](#) ein weiteres Ausführungsbeispiel gemäß den vor- und 12 liegenden Lehren, das eine Verschiebung in einer Richtung bestimmt und unempfindlich gegenüber einer Verschiebung in einer anderen Richtung ist;
- [0013] [Fig. 13](#) bis [Fig. 18](#) ein weiteres Ausführungsbeispiel gemäß den vor- liegenden Lehren; und
- [0014] [Fig. 19](#) eine Anwendung, die geeignet zur Verwendung mit Ausführungsbeispielen der vorliegenden Lehren ist.
- [0015] In der folgenden detaillierten Beschreibung sind zu Erklärungszwecken und nicht als Einschränkung beispielhafte Ausführungsbeispiele, die spezifische Details offenbaren, dargelegt, um ein Verständnis der vorliegenden Lehren bereitzustellen. Es wird für einen Fachmann auf dem Gebiet mit Nutzen der vorliegenden Beschreibung ersichtlich sein, dass weitere Ausführungsbeispiele gemäß den vorliegenden Lehren, die von den spezifischen hierin offenbarten Details abweichen, innerhalb des Schutzbereichs der beigefügten Ansprüche verbleiben. Ferner könnten Beschreibungen bekannter Vorrichtungen und Verfahren weggelassen werden, um so die Beschreibung der beispielhaften Ausführungsbeispiele nicht zu verschleiern, und werden klar als innerhalb des Schutzbereichs der vorliegenden Lehren erachtet. Identische oder ähnliche Strukturen sind in den Figuren, die mehrere Ausführungsbeispiele gemäß den vorliegenden Lehren darstellen, mit den gleichen Bezugszeichen versehen. Zu Klarheitszwecken sind diskrete Lichtstrahlen zusammenfallend gezeigt.
- [0016] Bekannte codiererbasierte Verschiebungsmesssysteme nutzen nicht den vollen Vorteil der Codierereigenschaft, dass nur ein kleiner Luftzwischenraum erforderlich ist. Die vorliegenden Lehren nutzen diese Eigenschaft aus, um einen Vorteil in der Hochpräzisierungsmetrologie bereitzustellen. Die Verwendung einer Heterodyn-Technik in Verbindung mit dem Codierer schafft einen zusätzlichen Vorteil, der unter Nutzung der vorliegenden Lehren ersichtlich ist. Insbesondere Bezug nehmend auf [Fig. 1](#) der Zeichnungen ist ein erstes Ausführungsbeispiel gemäß den vorliegenden Lehren gezeigt, bei dem eine erste Lichtquelle **101** einen Lichtstrahl **102** in Richtung eines Interferometerkerns **103** richtet. Bei einem spezifischen Ausführungsbeispiel weist der Interferometerkern **103** einen polarisierenden Strahlteiler in Kombination mit zusätzlichen Optiken zum Aufnehmen und Richten des Lichtstrahl auf. Der Lichtstrahl **102** könnte entweder ein Homodyn- oder ein Heterodyn-Lichtstrahl sein. Bei einem Heterodyn-Ausführungsbeispiel gemäß den vorliegenden Lehren weist der Lichtstrahl **102** zwei unterschiedliche Frequenzen von Licht auf, jede mit orthogonal polarisierten Komponenten, die als eine p-polarisierte Komponente und eine s-polarisierte Komponente bezeichnet werden. Bei einem Homodyn-Ausführungsbeispiel gemäß den vorliegenden Lehren weist der Lichtstrahl **102** eine einzelne Frequenz von Licht auf, die linear polarisiertes Licht mit im Wesentlichen 45 Grad relativ zu der Horizontalen aussendet, so dass die s-polarisierte und die p-polarisierte Komponente im Wesentlichen gleich sind. Bei dem Heterodyn-Ausführungsbeispiel weist der Interferometerkern **103** einen Strahlteilerwürfel mit einer polarisierenden Strahlteilergrenzfläche **104** auf. Bei einem spezifischen Ausführungsbeispiel weist die polarisierende Strahlteilergrenzfläche **104** die Eigenschaft auf, dass sie Licht, das in der p-Richtung linear polarisiert ist (p-polarisiertes Licht), durchlässt und Licht, das in der s-Richtung linear polarisiert ist (s-polarisiertes Licht), reflektiert. An zwei Flächen des Strahlteilerwürfels **103** befestigt sind eine erste und eine zweite Polarisationsveränderungsvorrichtung **105** bzw. **120**. Bei einem Ausführungsbeispiel könnten die Polarisationsveränderungsvorrichtungen Viertelwellenverzögerer sein. Bei einem weiteren spezifischen Ausführungsbeispiel und dem Ausführungsbeispiel, das in [Fig. 1](#) dargestellt ist, ist jede Polarisationsveränderungsvorrichtung **105** und **120** eine Kombination eines Halbwellenverzögerers **125** und eines Faraday-Drehers **127**. Wie ein Fachmann auf dem Gebiet weiß, ist der Faraday-Dreher **127** durch einen ringförmigen Magneten umgeben. Alternativ könnte das erforderliche Magnetfeld in das Material eingebaut sein. Es ist bekannt, dass ein Lichtstrahl, der in einem Littrow-Winkel auf ein Beugungsgitter **100** einfällt, optimal linear polarisiert wird, wobei die Polarisierung entweder parallel oder senkrecht relativ zu Rillen in dem Beugungsgitter **100** ist. Die Kombination des Halbwellenverzögerers **125** und des Faraday-Drehers **127** kann den Polarisationszustand drehen, um optische Eigenschaften des Lichtstrahls, der auf das Beugungsgitter **100** trifft, zu optimieren. Bei jedem Messstrahl, der sich in Rich-

tung des Beugungsgitters **100** bewegt, ist dessen Polarisationszustand unabhängig für ein optimales Verhalten ausgerichtet, indem eine jeweilige der Polarisationsveränderungsvorrichtungen **105, 120** gedreht wird. Der Faraday-Dreher **127** dreht die Polarisierung eines Eingangsstrahls um 45 Grad und der Halbwellenverzögerer **125** dreht den Strahl um einen zusätzlichen Winkel, derart, dass die Polarisierung entweder exakt parallel oder exakt senkrecht zu Rillen auf dem Beugungsgitter **100** ist. Der Lichtstrahl, der auf das Beugungsgitter **100** einfällt, ist linear polarisiert und das Licht, das von dem Beugungsgitter **100** gebeugt wird, ist im Wesentlichen in der gleichen Richtung linear polarisiert. Nachdem der gebeugte Strahl die Kombination des Halbwellenverzögerers **125** und des Faraday-Drehers **127** durchlaufen hat, ist er linear polarisiert mit einer Polarisierung senkrecht zu der Polarisierung des Lichts, bevor dasselbe erstmals durch die Polarisationsveränderungsvorrichtung **105, 120** in Richtung des Beugungsgitter **100** läuft. Die Positionen des Faraday-Drehers **127** und des Halbwellenverzögerers **125** könnten ohne ein Verändern der Funktion der Polarisationsveränderungsvorrichtung **105, 120** ausgetauscht werden. Die Polarisationsveränderungsvorrichtung **105, 120** könnte ferner einen Polarisator (nicht gezeigt) zwischen dem Faraday-Dreher **127** und dem Beugungsgitter **100** umfassen. Der zusätzliche Polarisator ist in der Lage, die Strahlpolarisation zu reinigen, die den Interferometerkern **103** verlässt, bevor sie auf das Beugungsgitter **100** einfällt, und dann wieder zu dem Interferometerkern **103** zurückkehrt, nachdem sie von dem Beugungsgitter **100** gebeugt wurde. Bei dem Ausführungsbeispiel, bei dem der Polarisator als Teil der Polarisationsveränderungsvorrichtung **105, 120** hinzugefügt wurde, definiert der Polarisator eine Ausgangsstrahlausrichtung relativ zu dem Beugungsgitter **100**. Entsprechend weist eine Einstellung, die die Ausrichtung jedes Strahls unabhängig optimiert, eine Drehung des Halbwellenverzögerers **125**, die auf den spezifischen Strahl bezogen ist, auf. Bei einem weiteren spezifischen Ausführungsbeispiel weist die Polarisationsveränderungsvorrichtung **105** oder **120**, die in dem Messstrahlweg ist, die Kombination des Halbwellenverzögerers **125** und des Faraday-Drehers **127** mit oder ohne den zusätzlichen Polarisator auf und die Polarisationsveränderungsvorrichtung **105** oder **120**, die Teil des Referenzstrahlwegs ist, weist entweder einen Viertelwellenverzögerer mit einer Spiegelbeschichtung **106** oder eine Kombination des Halbwellenverzögerers **125** und des Faraday-Drehers **127** mit einer reflektierenden Oberfläche **106** auf, wie z. B. einen Spiegel, der mit dem Faraday-Dreher **127** verbunden ist, um den Strahl zurück zu dem Interferometerkern **103** zu reflektieren, ohne sich zu dem Beugungsgitter **100** zu bewegen.

**[0017]** Bei einem spezifischen Ausführungsbeispiel wird das Licht **102** durch die Strahlteilergrenzfläche **104** gemäß einer Polarisierung in einen ersten und einen zweiten Komponentenstrahl getrennt, wobei der erste Komponentenstrahl ein Messstrahl **107** ist und der zweite Komponentenstrahl ein Referenzstrahl **108** ist. Bei dem spezifischen Ausführungsbeispiel ist der Messstrahl **107** die p-polarisierte Komponente und der Referenzstrahl **108** ist die s-polarisierte Komponente. Der p-polarisierte Messstrahl **107** durchläuft die Strahlteilergrenzfläche **104** und die zweite Polarisationsveränderungsvorrichtung **120**. Ein hervorgehender Messstrahl **121** fällt auf das Beugungsgitter **100** mit einem Abstand  $p$  in einem Littrow-Winkel **109**, hier durch  $\theta$  angezeigt, ein. Wenn ein Lichtstrahl in dem Littrow-Winkel **109** zu einem Beugungsgitter mit einem Abstand  $p$  gerichtet wird, ist der gebeugte Lichtstrahl kollinear mit dem einfallenden Lichtstrahl. Wenn die Wellenlänge des Lichtstrahls **102**  $\lambda$  beträgt, ist der Littrow-Winkel **109** folgendermaßen gegeben:

$$\theta = \sin^{-1}\left(\frac{\lambda}{2p}\right) \quad (1)$$

**[0018]** Entsprechend wird bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel der Messstrahl **121**, der in dem Littrow-Winkel in Richtung des Beugungsgitters **100** gerichtet wird, von dem Beugungsgitter **100** als gebeugter Messstrahl **122** gebeugt, der im Wesentlichen kollinear mit dem einfallenden Messstrahl **121** ist. Der gebeugte Messstrahl **122** durchläuft die zweite Polarisationsveränderungsvorrichtung **120**, was wieder bewirkt, dass der Messstrahl s-polarisiert wird. Der s-polarisierte gebeugte Messstrahl **123** wird an der Strahlteilergrenzfläche **104** reflektiert und tritt aus dem Interferometerkern **103** durch einen Mischpolarisator **126** aus. Bei einem praktischen Ausführungsbeispiel könnte die Frequenz der Lichtquelle **101** abgestimmt werden, um kleine Variationen an dem Abstand des Beugungsgitter **100** auszugleichen, um sicherzustellen, dass die Littrow-Bedingung erfüllt ist.

**[0019]** Die s-polarisierte Komponente des Lichtstrahls **102** ist der Referenzstrahl **108**, der in den Strahlteilerwürfel **103** eintritt und an der Strahlteilergrenzfläche **104** in Richtung der ersten Polarisationsveränderungsvorrichtung **105** reflektiert wird. Der s-polarisierte Referenzstrahl **108** durchläuft die erste Polarisationsveränderungsvorrichtung **105**, wird an einer reflektierenden Oberfläche **106** reflektiert, durchläuft die Polarisationsveränderungsvorrichtung **105** ein zweites Mal und geht als ein p-polarisierter reflektierter Referenzstrahl **124** hervor. Der p-polarisierte reflektierte Referenzstrahl **124** wird durch die Strahlteilergrenzfläche **104** durchgelassen. Der s-polarisierte reflektierte Messstrahl **123** und der p-polarisierte reflektierte Referenzstrahl **124**, die aus dem Strahlteilerwürfel **103** austreten, sind im Wesentlichen kollinear. Der Mischpolarisator **126** ist an einer Aus-

trittsfläche des Strahlteilerwürfels **103** angeordnet, was bewirkt, dass sich der Mess- und der Referenzstrahl **123, 124** kombinieren und interferieren. Die optische Leistung in dem kombinierten Referenz- und Messstrahl **124, 123** wird an dem Detektor **110** erfasst und gemessen. Da der Mess- und der Referenzstrahl **123, 124** unterschiedliche Frequenzen aufweisen, spricht die Ausgabe des Detektors **110** auf eine Schwebungsfrequenz des kombinierten Signals an und läuft zyklisch zwischen einem Hoch- und einem Niedrigpegel, was einer konstruktiven und einer destruktiven Interferenz des Mess- und des Referenzstrahls **123, 124** entspricht. Die Frequenz des Schwebungssignals ist gleich der Differenz einer Frequenz zwischen dem Mess- und dem Referenzstrahl **123, 124**, wenn das Beugungsgitter **100** feststehend ist. Wenn das Beugungsgitter **100** sich bewegt, erscheinen zusätzliche Zyklen an dem Detektor **110** und jeder dieser zusätzlichen Zyklen, im allgemeinen als „Interferenzstreifen“ bekannt, ist durch  $N$  bezeichnet. In Bezug auf Richtungssachsen  $x$  und  $z$  beträgt, wenn sich das Beugungsgitter **100** um eine Entfernung  $\Delta x$  in der  $x$ -Richtung bewegt und um eine Entfernung  $\Delta z$  in der  $z$ -Richtung bewegt, die Anzahl von Interferenzstreifen  $N_1$ , die an dem Detektor **110** aufgezeichnet werden:

$$N_1 = \frac{\Delta x}{p} + \frac{\Delta z}{p} |\cot \theta| \quad (2)$$

Weil  $N_1$  von sowohl  $\Delta x$  als auch  $\Delta z$  abhängt, kann, wenn das Beugungsgitter **100** eingeschränkt ist, um sich entweder nur in der  $x$ -Richtung oder nur in der  $z$ -Richtung zu bewegen, dessen Verschiebung aus der Gleichung (2) hergeleitet werden. Wenn jedoch das Beugungsgitter **100** sich gleichzeitig in sowohl der  $x$ - als auch der  $z$ -Richtung bewegen kann, können die einzelnen Werte von  $\Delta x$  und  $\Delta z$  nicht aus dem einzelnen Interferenzstreifenzählwert  $N_1$  bestimmt werden. Ein Verfahren zum Überwinden dieser Einschränkung fügt ein zweites Interferometersystem für eine zweite Interferenzstreifenmessung  $N_2$  hinzu und löst die beiden Gleichungen mit den beiden Unbekannten.

**[0020]** Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel und weiter Bezug nehmend auf [Fig. 1](#) der Zeichnungen ist es möglich, eine Verschiebung in zwei Dimensionen zu erfassen, indem ein zweites Messsystem hinzugefügt wird. Das zweite Messsystem ähnelt dem ersten und umfasst eine zweite Lichtquelle **111**, einen zweiten Lichtstrahl **112**, einen zweiten polarisierenden Strahlteilerwürfel **113**, der die Strahlteilergrenzfläche **104** aufweist, eine erste und eine zweite optische Polarisationsveränderungsvorrichtung **105** bzw. **120**, wobei die erste Polarisationsveränderungsvorrichtung die reflektierende Oberfläche **106** aufweist, einen Mischpolarisator **126** und einen zweiten Detektor **119**. Die Wege einer Bewegung für die s- und die p-polarisierte Komponente des Lichtstrahls **112** sind identisch zu denjenigen, die in Bezug auf den ersten Interferometerkern **103** beschrieben wurden. Für diesen zweiten Interferometerkern **113** beträgt die Beziehung zwischen einem Interferenzstreifenzählwert  $N_2$  und den Verschiebungen  $\Delta x$  und  $\Delta z$ :

$$N_2 = -\frac{\Delta x}{p} + \frac{\Delta z}{p} |\cot \theta| \quad (3)$$

**[0021]** Ein gleichzeitiges Auflösen der Gleichungen (2) und (3) führt zu folgenden Ergebnissen:

$$\Delta x = \frac{p}{2} (N_1 - N_2) \quad \text{und} \quad \Delta z = \frac{p}{2} (N_1 + N_2) \tan \theta \quad (4)$$

**[0022]** So erlaubt die Hinzufügung des zweiten Interferometerkerns **113**, dass Verschiebungen in der  $x$ -Richtung und der  $z$ -Richtung gleichzeitig bestimmt werden können. Da die  $x$ -Richtung-Messung durch ein Nehmen einer Differenz bei den beiden Interferenzstreifenzählwerten berechnet wird, heben sich Fehlerquellen, die bei den Interferenzstreifenzählwerten gemein sind, auf. Als ein Beispiel bewirkt eine Veränderung an einem Brechungsindex der Luft gleiche Interferenzstreifenzählwerte in beiden Interferometern, die subtrahiert werden, wenn die  $x$ -Richtung-Verschiebung gemäß der Gleichung (4) berechnet wird. Ähnlich erzeugt eine Veränderung an einer Wellenlänge der Lichtquelle einen Gleichtaktfehler, der durch die Subtraktion aufgehoben wird.

**[0023]** Unter besonderer Bezugnahme auf [Fig. 2](#) der Zeichnungen könnten die Lehren aus [Fig. 1](#) für einen Zwei-Durchlauf-Betrieb angepasst werden, indem ein Retroreflektor **201** zu der Fläche des Würfels gegenüber von dem ersten Polarisationsveränderungselement **105** hinzugefügt wird und der Mischpolarisator **126**, der in [Fig. 1](#) der Zeichnungen gezeigt ist, ersetzt wird. Ein Ausführungsbeispiel eines geeigneten Retroreflektors **201** ist in dem U.S.-Patent Nr. 6,736,518 von Belt offenbart, dessen Inhalt hierin durch Bezugnahme aufgenommen ist. Vorzugsweise senkt der Zwei-Durchlauf-Betrieb eine Ausrichtungsempfindlichkeit gegenüber einer Neigung des Beugungsgitters **100**. Bei dem gezeigten und beschriebenen Ausführungsbeispiel erzeugt die Lichtquelle **101** einen Heterodyn-Strahl von Licht **102**, der zwei orthogonal polarisierte Lichtkomponenten aufweist. Der Messstrahl **107** weist die p-polarisierte Komponente des Lichts **102**, die aus der Lichtquelle **101** abgestrahlt wird, auf. Der Messstrahl **107** durchläuft die Strahlteilergrenzfläche **104** und die zweite Polarisationsver-

änderungsvorrichtung 120 und der hervorgehende Messstrahl 121 trifft in dem Littrow-Winkel 109 auf das Beugungsgitter 100. Die Beugung 122 des hervorgehenden Messstrahls 121 durchläuft die zweite Polarisationsveränderungsvorrichtung 120, was bewirkt, dass der Strahl 122 s-polarisiert wird. Der s-polarisierte gebeugte Messstrahl 123 wird an der Strahlteilergrenzfläche 104 reflektiert, bewegt sich durch den Retroreflektor 201, wird wieder an der Strahlteilergrenzfläche 104 reflektiert und durchläuft das zweite Polarisationsveränderungselement 120. Ein Messstrahl 223, der aus dem zweiten Durchlauf hervorgeht, fällt in dem Littrow-Winkel 109 auf das Beugungsgitter 100 ein. Eine Beugung des Messstrahls 223, der aus dem zweiten Durchgang hervorgeht, ist kollinear mit dem einfallenden Strahl und durchläuft die zweite Polarisationsveränderungsvorrichtung 120 wieder, um ein p-polarisierter Messstrahl 225 des zweiten Durchlaufs zu werden. Der p-polarisierte Messstrahl 225 des zweiten Durchlaufs durchläuft die Strahlteilergrenzfläche 104 und den Mischpolarisator 126 zu dem Detektor 110.

**[0024]** Der Referenzstrahl 108 weist die s-polarisierte Komponente des Lichts 102 auf, die aus der Lichtquelle 101 ausgesendet wird. Der Referenzstrahl 108 wird an der Strahlteilergrenzfläche 104 reflektiert und durchläuft die erste Polarisationsveränderungsvorrichtung 105. Der Referenzstrahl 108 wird an der reflektierenden Oberfläche 106 reflektiert und durchläuft die erste Polarisationsveränderungsvorrichtung 105 wieder und wird dabei p-polarisiert. Der p-polarisierte reflektierte Referenzstrahl 124 durchläuft die Strahlteilergrenzfläche 104, in den Retroreflektor 201 und durch die Strahlteilergrenzfläche 104 zu der ersten Polarisationsveränderungsvorrichtung 105. Nach einem Laufen durch die erste Polarisationsveränderungsvorrichtung 105 wird der Strahl an der reflektierenden Oberfläche 106 der ersten Polarisationsveränderungsvorrichtung 105 reflektiert und durchläuft die erste Polarisationsveränderungsvorrichtung 105 wieder, um s-polarisiert zu werden. Der s-polarisierte reflektierte Referenzstrahl 130 wird an der Strahlteilergrenzfläche 104 reflektiert und wird mit dem p-polarisierten Messstrahl 225 an dem Mischpolarisator 126 zur Erfassung und Messung an dem Detektor 110 kombiniert. Wie ein Fachmann auf dem Gebiet weiß, könnte ein zweites System zu dem Ausführungsbeispiel aus [Fig. 2](#) hinzugefügt werden, in einer Weise, die derjenigen ähnelt, die in [Fig. 1](#) der Zeichnungen gezeigt ist, um eine Verschiebung gleichzeitig in der x- und z-Richtung zu erfassen.

**[0025]** Unter besonderer Bezugnahme auf [Fig. 3](#) der Zeichnungen ist ein Ausführungsbeispiel gemäß den vorliegenden Lehren gezeigt, das zur Verwendung mit einer Homodyn-Einfrequenz-Lichtquelle 101 angepasst ist. Die Funktionsweise ähnelt den Lehren, die in Bezug auf [Fig. 2](#) der Zeichnungen offenbart sind. In einem Homodyn-Ausführungsbeispiel ist der ausgestrahlte Lichtstrahl 102 ein Einfrequenzstrahl 102, der linear polarisiert bei etwa 45 Grad zu der Horizontalen ist, so dass die Leistung in der s-Polarisation und der p-Polarisation im Wesentlichen gleich ist. Die p-polarisierte Komponente ist der Messstrahl 107 und die s-polarisierte Komponente ist der Referenzstrahl 108. Der Messstrahl 107 und der Referenzstrahl 108 folgen dem gleichen Weg in dem Interferometerkern 103, Retroreflektor 201 und zu und von dem Beugungsgitter 100, wie in Bezug auf [Fig. 2](#) der Zeichnungen beschrieben ist. Entsprechend sind die beiden Komponenten mit ähnlichen Bezugszeichen versehen, obwohl der tatsächliche Lichtstrahl abhängig von einem Heterodyn- oder Homodyn-Ausführungsbeispiel unterschiedliche optische Eigenschaften aufweist. Sowohl [Fig. 2](#) als auch [Fig. 3](#) der Zeichnungen stellen einen Interferometerkern 103 und eine Messung dar, die einen Messstrahl in dem Littrow-Winkel 109 zu dem Beugungsgitter 100 richtet. Bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel eines Homodyn-Systems gemäß den vorliegenden Lehren kombinieren sich der Messstrahl 225 und der Referenzstrahl 130, wenn diese zu einem Erfassungssystem gerichtet werden. Das Erfassungssystem umfasst einen nichtpolarisierenden Strahlteiler 250 in einem Weg der Ausgangsstrahlen 130, 225. Der nichtpolarisierende Strahlteiler 250 lässt einen Teil der Ausgangsstrahlen 130, 225 durch, während der Rest der Ausgangsstrahlen 130, 225 reflektiert wird. Die durchgelassenen Ausgangsstrahlen durchlaufen einen ersten Ausgangsverzögerer 255, der bei einem spezifischen Ausführungsbeispiel ein Viertelwellenverzögerer ist. Der Verzögerer ist so ausgerichtet, dass er eine optische Phasenverschiebung zwischen dem p-polarisierten Messstrahl 225 und dem s-polarisierten Messstrahl 130 einführt. Bei einem spezifischen Ausführungsbeispiel beträgt diese optische Phasenverschiebung 90 Grad. Die Ausgangsstrahlen durchlaufen einen Mischpolarisator 257, bevor sie einen Photodetektor 261 erreichen. Die reflektierten Ausgangsstrahlen 130, 225 laufen durch den Mischpolarisator 258, bevor sie einen Photodetektor 262 erreichen.

**[0026]** Unter besonderer Bezugnahme auf [Fig. 4](#) der Zeichnungen ist ein weiteres Ausführungsbeispiel gemäß den vorliegenden Lehren gezeigt, bei dem zwei Zwei-Durchlauf-Messungen unter Verwendung eines einzelnen Interferometerkerns 103 durchgeführt werden könnten. Das Ausführungsbeispiel aus [Fig. 4](#) der Zeichnungen liefert nützlicherweise zweidimensionale Messungen, da jedoch der gleiche Interferometerkern 103 für zwei unterschiedliche Lichtstrahlen verwendet wird, tut er dies in einem kleineren Volumen als in den [Fig. 1–Fig. 3](#) der Zeichnungen gezeigt ist. Bei dem Ausführungsbeispiel aus [Fig. 4](#) sind ein erstes und ein zweites reflektierendes Prisma 300, 301 in dem Interferometerkern 103 beinhaltet. Ohne die reflektierenden Prismen 300, 301 liefert die Vorrichtung zweidimensionale Verschiebungsmessungen, die Messstrahlen auf-

weisen, die divergieren, wenn diese auf dem Interferometerkern **103** austreten. Die reflektierenden Prismen, **300, 301** reflektieren das Licht, das aus dem Interferometerkern **103** austritt, wie gezeigt ist, was bewirkt, dass die Messstrahlen vor einer Ineingriffnahme mit dem Beugungsgitter **100** konvergieren, und nicht divergieren. Die Konvergenz der Messstrahlen reduziert die Oberflächenfläche auf dem Beugungsgitter **100**, die für die Messung erforderlich ist. Die in [Fig. 4](#) der Zeichnungen dargestellte Konfiguration verwendet einen einzelnen Interferometerkern **103** für zwei Lichtquellen, wodurch die Anzahl von Interferometerkernen, die zur Durchführung der Verschiebungsmessung verwendet werden, reduziert wird. Zusätzlich beschränkt die in [Fig. 4](#) der Zeichnungen dargestellte Konfiguration den Weg einer Bewegung des Lichts in Luft, was die Verschiebungsmessung weniger empfindlich gegenüber lokalisierter Umgebungsveränderungen in Luft macht. Die Polarisationsveränderungsvorrichtungen **105, 120** sind zwischen dem ersten und dem zweiten Prisma **300, 301** und dem Beugungsgitter **100** angeordnet. Der Interferometerkern **103** umfasst die Strahlteilergrenzfläche **104** und einen Retroreflektor **201**. Die Prismen **300, 301** umfassen jeweilige reflektierende Oberflächen **303, 304**, um die divergierenden Lichtstrahlen, die aus dem Interferometerkern **103** austreten und durch die Polarisationsveränderungsvorrichtungen **105** oder **120** und zu dem Beugungsgitter **100** aufeinander zu gerichtet werden, zu biegen, so dass dieselben konvergieren und innerhalb einer kleinen Oberflächenfläche auf das Beugungsgitter **100** treffen. Bei einem exemplarischen Ausführungsbeispiel sind die reflektierenden Prismen **300, 301** monolithisch mit dem Interferometerkern **103** und dem Retroreflektor **201**, was den Vorzug eines kompakten Bausteins liefert. Es ist anzumerken, dass die monolithische Struktur der reflektierenden Prismen **300, 301**, des Interferometerkerns **103** und des Retroreflektors **201** mehr als eine Komponente aufweisen könnte, die mit einem geeigneten Haftmittel, durch elektrostatische Kräfte oder beides aneinander haften. Bei dem gezeigten spezifischen Ausführungsbeispiel weisen die erste und die zweite Polarisationsveränderungsvorrichtung **105, 120** jeweils zwei Viertelabschnitte der Kombination von Halbwellenverzögerer **125** und Faraday-Dreher **127** auf. Verbleibende Viertelabschnitte der ersten und der zweiten Polarisationsveränderungsvorrichtung **105, 120** umfassen eine reflektierende Oberfläche **106**, wobei eine Konfiguration derselben aus der folgenden Beschreibung des Wegs, den der jeweilige Mess- und der Referenzstrahl nehmen, ersichtlich ist. Vorzugsweise erfordert das Zweiquellenausführungsbeispiel nur eine einzelne Strahlteilergrenzfläche **104**, was den Interferometerkern **103** kleiner, leichter und wärmestabilier als einen mit einem Doppelstrahlteiler macht.

**[0027]** Unter besonderer Bezugnahme auf die [Fig. 4](#), [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) der Zeichnungen ist eine Darstellung eines Wegs einer Bewegung eines ersten Messstrahls **107** gezeigt. Kanten, die in den [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) der Zeichnungen mit dunkleren Linien gezeigt sind, stellen die sichtbaren Kanten des Interferometerkerns **103** dar, der in [Fig. 4](#) der Zeichnungen gezeigt ist. Der erste Messstrahl **107** tritt in den Interferometerkern **103** als die s-polarisierte Komponente des Lichtstrahls **102** ein und fällt auf einen ersten Einfallsquadranten **306** einer Zugangsfläche **307** des Interferometerkerns **103** ein. Der erste Messstrahl **107** wird an der Strahlteilergrenzfläche **104** reflektiert, tritt in das erste Prisma **300** ein, wird an der reflektierenden Oberfläche **303** des ersten Prismas **300** reflektiert und durchläuft die erste Polarisationsveränderungsvorrichtung **105** in einem ersten transparenten Quadranten **308** der ersten Polarisationsveränderungsvorrichtung **105**. Bei einem spezifischen Ausführungsbeispiel weist der erste transparente Quadrant **308** eine Kombination eines Halbwellenverzögerers **125** und eines Faraday-Drehers **127** auf. Obwohl dies nicht gezeigt ist, könnte ein Polarisator zwischen dem Faraday-Dreher **127** und dem Beugungsgitter **100** angeordnet sein. Der hervorgehende erste Messstrahl **121** wird in dem Littrow-Winkel **109** in Richtung des Beugungsgitters **100** gerichtet. Die Beugung **122** des hervorgehenden ersten Messstrahls **121** ist kollinear mit dem einfallenden hervorgehenden Messstrahl **121**. Der gebeugte erste Messstrahl **122** durchläuft die Polarisationsveränderungsvorrichtung **105** wieder in dem ersten transparenten Quadranten **308** der ersten Polarisationsveränderungsvorrichtung **105** und wird an der reflektierenden Oberfläche **303** des ersten Prismas **300** reflektiert. Das Durchlaufen des gebeugten ersten Messstrahls **122** durch die erste Polarisationsveränderungsvorrichtung **105** verändert die Polarisierung zu einer p-Polarisation. Der p-polarisierte gebeugte erste Messstrahl **123** durchläuft die Strahlteilergrenzfläche **104**, bewegt sich durch den Retroreflektor **201**, durchläuft die Strahlteilergrenzfläche **104** wieder und in das erste Prisma **300** und wird dabei an der reflektierenden Oberfläche **303** des ersten Prismas **300** und in Richtung der Polarisationsveränderungsvorrichtung **105** reflektiert. Der p-polarisierte gebeugte erste Messstrahl **123** durchläuft die erste Polarisationsveränderungsvorrichtung **105** bei einem zweiten transparenten Quadranten **309** der ersten Polarisationsveränderungsvorrichtung **105** und wird dabei zu einem zweiten Durchlauf des ersten Messstrahls **305**. Der zweite Durchlauf des ersten Messstrahls **305** trifft in dem Littrow-Winkel **109** auf das Beugungsgitter **100** und wird gebeugt. Der gebeugte zweite Durchlauf des ersten Messstrahls **304** ist kollinear mit dem einfallenden zweiten Durchlauf des ersten Messstrahls **305** und durchläuft die erste Polarisationsveränderungsvorrichtung **105** wieder bei dem zweiten transparenten Quadranten **309** und wird dabei s-polarisiert. Ein s-polarisierter zweiter Durchlauf des Messstrahls **310** wird an der reflektierenden Oberflächen **303** des ersten Prismas **300** und in den Interferometerkern **103** reflektiert. Auf eine Wiederineingriffnahme der Strahlteilergrenzfläche **104** mit dem s-polarisierten zweiten Durchlauf des ersten Messstrahls **310** hin wird der s-polarisierte zweite Durchlauf des ersten Messstrahls **310** an der Strahlteilergrenzfläche **104** reflektiert und tritt aus dem Interferometerkern **103** aus.

meterkern **103** an dem ersten Austrittsquadranten **302** der Zugangsfläche **307** und durch den Mischpolarisator **126** aus.

**[0028]** Unter Bezugnahme auf die [Fig. 5](#), [Fig. 7](#) und [Fig. 8](#) der Zeichnungen ist eine Darstellung eines Wegs einer Bewegung des Referenzstrahls **108** bei einem Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung gemäß den vorliegenden Lehren gezeigt. Die Kante, die in [Fig. 8](#) der Zeichnungen mit einer dunkleren Linie gezeigt ist, stellt die sichtbare Kante der Polarisationsveränderungsvorrichtung **120** dar, die in [Fig. 4](#) der Zeichnungen gezeigt ist. Der erste Referenzstrahl **108** tritt in den Interferometerkern **103** als die p-polarisierte Komponente des ersten Lichtstrahls **102** an dem ersten Einfallsquadranten **306** der Zugangsfläche **307** ein. Der Referenzstrahl **108** durchläuft die Strahlteilergrenzfläche **104**, in das zweite Prisma **301**, wird von der reflektierenden Oberfläche **304** des zweiten Prismas **301** abreflektiert und durchläuft die zweite Polarisationsveränderungsvorrichtung **120** an einem ersten reflektierenden Quadranten **312**. Da der Abschnitt der zweiten Polarisationsveränderungsvorrichtung **120**, an dem der Referenzstrahl **108** in Eingriff genommen wird, eine reflektierende Oberfläche aufweist, durchläuft der Referenzstrahl **108** sofort die zweite Polarisationsveränderungsvorrichtung **120** wieder, was den Referenzstrahl zu einer s-Polarisation verändert. Der s-polarisierte Referenzstrahl **130** wird an der reflektierenden Oberfläche **304** des zweiten Prismas **301** reflektiert, wird an der Strahlteilergrenzfläche **104** reflektiert, bewegt sich durch den Retroreflektor **201** und wird wieder an der Strahlteilergrenzfläche **104** reflektiert. Der s-polarisierte Referenzstrahl **130** tritt in das zweite Prisma **301** ein, wird an der reflektierenden Oberfläche **304** des zweiten Prismas **301** reflektiert und wird in einen zweiten reflektierenden Quadranten **313** der zweiten Polarisationsveränderungsvorrichtung **120** gerichtet. Der s-polarisierte Referenzstrahl **130** wird reflektiert und durchläuft dabei die zweite Polarisationsveränderungsvorrichtung **120** wieder in dem zweiten reflektierenden Quadranten **313**, wodurch die Polarisierung des s-polarisierten Referenzstrahls **130** zu p-polarisiertem Licht verändert wird. Der p-polarisierte Referenzstrahl **131** tritt in das zweite Prisma **301** ein, wird an der reflektierenden Oberfläche **304** des zweiten Prismas **301** reflektiert und läuft in den Interferometerkern **103** und durch die Strahlteilergrenzfläche **109** und tritt dabei an dem ersten Austrittsquadranten **302** der Zugangsfläche **307** aus. Der s-polarisierte erste Messstrahl **310** und der p-polarisierte erste Referenzstrahl **131** kombinieren sich und treten aus dem Interferometerkern **103** an dem gleichen Quadranten der Zugangsfläche **307** durch den Mischpolarisator **126** zur Erfassung und Messung aus.

**[0029]** Unter besonderer Bezugnahme auf die [Fig. 5](#), [Fig. 8](#) und [Fig. 9](#) der Zeichnungen ist eine Darstellung eines Wegs einer Bewegung eines zweiten Messstrahls **315** durch einen Interferometerkern **103** gemäß den vorliegenden Lehren gezeigt. Der zweite Messstrahl **315**, der die p-polarisierte Komponente eines zweiten Lichtstrahls **314** aufweist, tritt in den Interferometerkern **103** an einem zweiten Einfallsquadranten **316** der Zugangsfläche **307** ein. Der zweite Messstrahl **315** durchläuft die Strahlteilergrenzfläche **104**, wird an der reflektierenden Oberfläche **304** des zweiten Prismas **301** reflektiert und durchläuft die zweite Polarisationsveränderungsvorrichtung **120** an einem ersten transparenten Quadranten **317**. Der Strahl, der aus der zweiten Polarisationsveränderungsvorrichtung **120** hervorgeht, ist ein zweiter hervorgehender Messstrahl **311** und wird in dem Littrow-Winkel **109** in Richtung des Beugungsgitters **100** gerichtet. Ein gebeugter zweiter hervorgehender Messstrahl **132** ist kollinear mit dem einfallenden hervorgehenden zweiten Messstrahl **311** und durchläuft die zweite Polarisationsveränderungsvorrichtung **120** wieder in dem ersten transparenten Quadranten **317** und wird dabei s-polarisiert, bevor er in das zweite Prisma **301** eintritt. Der s-polarisierte zweite Messstrahl **133** wird an der reflektierenden Oberfläche **304** des zweiten Prismas **301** reflektiert, wird an der Strahlteilergrenzfläche **104** reflektiert, bewegt sich durch den Retroreflektor **201**, wird an der Strahlteilergrenzfläche **104** wieder reflektiert, wird an der reflektierenden Oberfläche **304** des zweiten Prismas **301** reflektiert und durchläuft die zweite Polarisationsveränderungsvorrichtung **120** bei einem zweiten transparenten Quadranten **318** der zweiten Polarisationsveränderungsvorrichtung **120**. Der Strahl geht als ein zweiter Durchlauf des zweiten Messstrahls **319** hervor und wird in dem Littrow-Winkel **109** in Richtung des Beugungsgitters **100** gerichtet. Ein gebeugter zweiter Durchlauf des zweiten Messstrahls **320** ist kollinear mit dem einfallenden Strahl, durchläuft die zweite Polarisationsveränderungsvorrichtung **120** und wird dabei p-polarisiert. Der p-polarisierte zweite Durchlauf des zweiten Messstrahls **332** wird an der reflektierenden Oberfläche **304** des zweiten Prismas **301** reflektiert, durchläuft die Strahlteilergrenzfläche **104** und tritt aus dem Interferometerkern **103** an einem zweiten Austrittsquadranten **321** der Zugangsfläche **307** aus.

**[0030]** Unter Bezugnahme auf die [Fig. 5](#), [Fig. 6](#) und [Fig. 10](#) der Zeichnungen ist eine Darstellung eines Wegs einer Bewegung eines zweiten Referenzstrahls **322** gezeigt. Der zweite Referenzstrahl **322** tritt in den Interferometerkern **103** als die s-polarisierte Komponente des zweiten Lichtstrahls **314** an dem zweiten Einfallsquadranten **316** der Zugangsfläche **307** ein. Der zweite Referenzstrahl **322** wird an der Strahlteilergrenzfläche **104** reflektiert, wird an der reflektierenden Oberfläche **303** des ersten Prismas **300** reflektiert und durchläuft die erste Polarisationsveränderungsvorrichtung **105** bei einem ersten reflektierenden Quadranten **323**. Da der Abschnitt des ersten Polarisationsveränderungselementes **105**, bei dem der zweite Referenzstrahl **322** in Eingriff

genommen wird, eine reflektierende Oberfläche aufweist, durchläuft der zweite Referenzstrahl 322 sofort die erste Polarisationsveränderungsvorrichtung 105 wieder, was die Polarisierung des Strahls 322 zu einer p-Polarisation verändert. Der p-polarisierte Referenzstrahl 333 durchläuft die Strahlteilergrenzfläche 104, bewegt sich durch den Retroreflektor 201 und durchläuft wieder die Strahlteilergrenzfläche 104, wird an der reflektierenden Oberfläche 303 des ersten Prismas 300 reflektiert und durchläuft die erste Polarisationsveränderungsvorrichtung 105 bei einem zweiten reflektierenden Quadranten 324 der ersten Polarisationsveränderungsvorrichtung 105. Der Strahl wird reflektiert und durchläuft dabei die erste Polarisationsveränderungsvorrichtung 105 wieder, wodurch die Polarisierung des Strahls zu s-polarisiertem Licht verändert wird. Der s-polarisierte zweite Referenzstrahl 334 wird an der reflektierenden Oberfläche 303 des ersten Prismas 300 reflektiert, wird an der Strahlteilergrenzfläche 104 reflektiert und tritt an dem zweiten Austrittsquadranten 321 der Zugangsfläche 307 aus. Der p-polarisierte gebeugte zweite Durchgang des zweiten Messstrahls 332 und des zweiten Referenzstrahls 334 kombinieren sich durch den Mischpolarisator 126 und treten an dem gleichen Quadranten der Zugangsfläche 307 zur Erfassung und Messung aus dem Interferometerkern 103 aus.

**[0031]** Unter besonderer Bezugnahme auf die [Fig. 11](#) und [Fig. 12](#) der Zeichnungen ist ein weiteres Ausführungsbeispiel gemäß den vorliegenden Lehren gezeigt, bei dem eine Verschiebung in der x-Richtung gemessen wird und die Messung unempfindlich gegenüber einer Verschiebung in der z-Richtung ist. Der Interferometerkern 103 und die Wege der Lichtstrahlen sind sehr ähnlich zu denjenigen, die in den [Fig. 4](#)–[Fig. 10](#) der Zeichnungen gezeigt sind. Bei dem Ausführungsbeispiel der [Fig. 11](#) und [Fig. 12](#) ist die reflektierende Oberfläche 106 entfernt, was es erlaubt, dass alle Komponenten der Lichtstrahlen das Beugungsgitter 100 erreichen. Bei diesem Ausführungsbeispiel wird der Lichtstrahl 102 an der Strahlteilergrenzfläche 104 in den Messstrahl 107 und einen begleitenden Messstrahl 325 geteilt. Jeder Strahl 107, 325 folgt einem Weg durch den Interferometerkern 103 und zu und von dem Beugungsgitter. Der erste Messstrahl 107 ist die s-polarisierte Komponente des Lichtstrahls 102 und folgt dem gleichen Weg wie demjenigen, der in [Fig. 7](#) der Zeichnungen offenbart ist. Der begleitende Messstrahl 325 ist die p-polarisierte Komponente des Lichtstrahls 102. Der begleitende Messstrahl 325 durchläuft die Strahlteilergrenzfläche 104, wird von der reflektierenden Oberfläche 304 des zweiten Prismas 301 abreflektiert und läuft durch die zweite Polarisationsveränderungsvorrichtung 120. Ein hervorgehender begleitender Messstrahl 326 fällt in dem Littrow-Winkel 109 auf das Beugungsgitter 100 ein. Eine Beugung 327 des hervorgehenden begleitenden Messstrahls 326 ist kollinear mit dem Einfallstrahl und läuft durch die Polarisationsveränderungsvorrichtung 120 und verändert dabei die Polarisierung des Strahls zu einer s-Polarisation. Ein s-polarisierter begleitender Messstrahl 328 wird von der reflektierenden Oberfläche 304 des zweiten Prismas 301 und in den Interferometerkern 301 abreflektiert. Der s-polarisierte begleitende Messstrahl 328 wird an der Strahlteilergrenzfläche 104 reflektiert, bewegt sich durch den Retroreflektor 201, wird an der Strahlteilergrenzfläche 104 reflektiert, wird an der reflektierenden Oberfläche 304 des zweiten Prismas 301 und durch die Polarisationsveränderungsvorrichtung 120 reflektiert. Ein begleitender Messstrahl 329, der aus dem zweiten Durchlauf hervorgeht, fällt in dem Littrow-Winkel 109 auf das Beugungsgitter 100 ein. Eine Beugung 330 des begleitenden Messstrahls 329, der aus dem zweiten Durchlauf hervorgeht, ist kollinear mit dem Einfallstrahl und durchläuft die zweite Polarisationsveränderungsvorrichtung 120 wieder und verändert dabei den Strahl zu einer p-Polarisation. Ein p-polarisierter begleitender Messstrahl 331 durchläuft die Strahlteilergrenzfläche 104 und durch den Mischpolarisator 126. Der s-polarisierte erste Messstrahl 310 und der p-polarisierte begleitende Messstrahl 331 kombinieren sich und interferieren, wenn dieselben durch den Mischpolarisator 126 zu dem Detektor laufen (nicht gezeigt). Die Interferenz der beiden Signale erzeugt Interferenzstreifen, die eine Verschiebung des Beugungsgitters 100 nur in einer Richtung anzeigen und unempfindlich gegenüber einer Verschiebung des Beugungsgitters 100 in den anderen beiden Richtungen sind. Eine Verschiebung des Beugungsgitters 100 unter Verwendung des dargestellten Zwei-Durchlauf-Ausführungsbeispiels kann folgendermaßen berechnet werden:

$$\Delta x = \frac{Np}{4} \quad (5)$$

**[0032]** Wie ein Fachmann auf dem Gebiet weiß, ist dieses Ausführungsbeispiel auch für einen Homodyn- oder Heterodyn-Betrieb geeignet. Wie ein Fachmann auf dem Gebiet ebenso weiß, treffen ähnliche, jedoch unterschiedliche Berechnungen auf die Verschiebungsmessung bei Ein-Durchlauf-Ausführungsbeispielen und Ausführungsbeispielen mit mehr als zwei Durchläufen zu.

**[0033]** Unter besonderer Bezugnahme auf die [Fig. 13](#) bis [Fig. 18](#) ist ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Interferometers gemäß den vorliegenden Lehren gezeigt. Das spezifische Ausführungsbeispiel, das in den [Fig. 13](#) bis [Fig. 18](#) gezeigt ist, umfasst Eingangsteilungsoptiken 360, die einen nichtpolarisierenden Eingangstrahlteiler 361 und ein Eingangsprisma 362 aufweisen. Bei einem spezifischen Ausführungsbeispiel ist ein Eingangslichtstrahl 363 ein Heterodyn-Strahl. Eines oder mehrere alternative Ausführungsbeispiele jedoch könnten geeigneterweise eine Homodyn-Quelle verwenden. Der nichtpolarisierende Strahlteilerwürfel 361

lässt etwa eine Hälfte des Lichts durch und reflektiert die andere Hälfte. Die Hälfte, die durch den Strahlteiler durchgelassen wird, wird an der reflektierenden Oberfläche des Eingangsprismas **362** reflektiert. Das Ergebnis ist ein erster bzw. zweiter Eingangslichtstrahl **364**, **365**. Der erste und der zweite Lichtstrahl **364**, **365** weisen in etwa eine gleiche Leistung auf und treten parallel und räumlich voneinander versetzt in den Interferometerkern **103** ein.

**[0034]** Unter besonderer Bezugnahme auf [Fig. 13](#) der Zeichnungen sind Wege des ersten Mess- und Referenzstrahls beschrieben. Die p-polarisierte Komponente des ersten Eingangsstrahls **364** tritt in den Interferometerkern **103** ein, durchläuft die Strahlteilergrenzfläche **104**, und in das erste Prisma **300**. Bei dem Ausführungsbeispiel aus [Fig. 13](#) weisen das erste und das zweite Prisma **300**, **301** jeweils zwei reflektierende Oberflächen **303**, **304** auf, die senkrecht zueinander sind. Die p-polarisierte Komponente des ersten Eingangslichtstrahls **364** wird zweimal von den beiden reflektierenden Oberflächen **303** abreflektiert und durchläuft die erste Polarisationsveränderungsvorrichtung **105**. Ein erster hervorgehender Messstrahl **366** fällt in dem Littrow-Winkel **109** auf das Beugungsgitter **100** ein. Eine Beugung **359** des ersten hervorgehenden Strahls **366** ist kollinear mit dem ersten hervorgehenden Strahl **366** und durchläuft die erste Polarisationsveränderungsvorrichtung **105** wieder und wird dabei s-polarisiert. Ein s-polarisierter erster Messstrahl **367** wird zweimal in dem ersten Prisma **300** reflektiert. Der s-polarisierte erste Messstrahl **367** wird an der Strahlteilergrenzfläche **104** reflektiert, bewegt sich durch den Retropflektor **201**, wieder an der Strahlteilergrenzfläche **104** und tritt in das erste Prisma **300** ein. Der s-polarisierte erste Messstrahl **367** wird zweimal an den reflektierenden Oberflächen **303** des ersten Prismas **300** reflektiert und durch die erste Polarisationsveränderungsvorrichtung **105**. Ein hervorgehender zweiter Durchlauf des ersten Messstrahls **368** fällt in dem Littrow-Winkel **109** auf das Beugungsgitter **100** ein und eine kollinare Beugung **369** des hervorgehenden zweiten Durchlaufs des ersten Messstrahls **368** durchläuft die erste Polarisationsveränderungsvorrichtung **105** wieder und wird dabei p-polarisiert. Der p-polarisierte erste Messstrahl **370** wird an den beiden reflektierenden Oberflächen **303** des ersten Prismas **300** reflektiert und durchläuft die Strahlteilergrenzfläche **104**. Unter besonderer Bezugnahme auf [Fig. 18](#) tritt der p-polarisierte erste Messstrahl **370** aus dem Interferometerkern **103** durch ein Ausgangsprisma **371** aus. Der p-polarisierte erste Eingangsstrahl **370** wird an einer Ausgangsreflexionsoberfläche **372** reflektiert und tritt aus dem Ausgangsprisma **371** durch den Mischpolarisator **126** aus.

**[0035]** Unter besonderer Bezugnahme auf [Fig. 13](#) wird die s-polarisierte Komponente des ersten Eingangsstrahls **373** an der Strahlteilergrenzfläche **104** reflektiert und wird zweimal von den reflektierenden Oberflächen **304** des zweiten Prismas **301** abreflektiert. Die s-polarisierte Komponente des ersten Eingangsstrahls **373** durchläuft die zweite Polarisationsveränderungsvorrichtung **120**, wird von dem ersten reflektierenden Quadranten **312** der zweiten Polarisationsveränderungsvorrichtung **120** abreflektiert und durchläuft die zweite Polarisationsveränderungsvorrichtung **120** wieder, um den Strahl zu einem p-polarisierten ersten Referenzstrahl **375** zu verändern. Der p-polarisierte erste Referenzstrahl **375** wird zweimal an den reflektierenden Oberflächen **304** des zweiten Prismas **301** reflektiert, durchläuft die Strahlteilergrenzfläche **104**, durch den Retropflektor **201**, durch die Strahlteilergrenzfläche **104**, und wird zweimal an den reflektierenden Oberflächen **304** des zweiten Prismas **301** reflektiert. Der p-polarisierte erste Referenzstrahl **375** durchläuft die zweite Polarisationsveränderungsvorrichtung **120** an dem zweiten reflektierenden Quadranten **313** der zweiten Polarisationsveränderungsvorrichtung **120**, wird reflektiert und durchläuft die zweite Polarisationsveränderungsvorrichtung **120** wieder, was den Strahl zu einem s-polarisierten ersten Referenzstrahl **377** verändert. Die [Fig. 16](#) und [Fig. 17](#) der Zeichnungen stellen eine Konfiguration der ersten und der zweiten Polarisationsveränderungsvorrichtung **105**, **120** dar, wobei die dunkleren Linien Kanten der Vorrichtungen **105**, **120** darstellen, die aus den Ansichten, die in den [Fig. 13](#) und [Fig. 14](#) der Zeichnungen gezeigt sind, sichtbar sind. Der s-polarisierte erste Referenzstrahl **377** wird zweimal an den reflektierenden Oberflächen **304** des zweiten Prismas **301** reflektiert, wird an der Strahlteilergrenzfläche **104** reflektiert und verlässt dabei den Interferometerkern **103** und in das Ausgangsprisma **371**. Der s-polarisierte Referenzstrahl **377** wird an der Ausgangsreflexionsoberfläche **372** reflektiert und tritt aus dem Ausgangsprisma **371** durch den Mischpolarisator **126** aus, um sich mit dem p-polarisierten ersten Messstrahl **370** zu kombinieren.

**[0036]** Unter besonderer Bezugnahme auf [Fig. 14](#) der Zeichnungen sind Wege des zweiten Mess- und Referenzstrahls beschrieben, bei der der zweite Eingangslichtstrahl **365** den nichtpolarisierenden Strahlteiler durchläuft und an einem Eingangsprisma **362** reflektiert wird, bevor er in den Interferometerkern **103** eintritt. Die p-polarisierte Komponente des zweiten Eingangslichtstrahls **378** ist der zweite Referenzstrahl und er durchläuft die polarisierende Strahlteilergrenzfläche **104**, wird von reflektierenden Oberflächen **303** des ersten Prismas **300** abreflektiert und durchläuft die erste Polarisationsveränderungsvorrichtung **105** an dem ersten reflektierenden Quadranten **323**. Der Strahl wird reflektiert, durchläuft die erste Polarisationsveränderungsvorrichtung **105**, wird reflektiert, durchläuft die erste Polarisationsveränderungsvorrichtung **105** wieder und verändert dabei den Strahl zu einer s-Polarisation. Der s-polarisierte zweite Referenzstrahl **379** wird an beiden Ober-

flächen **303** des ersten Prismas **300** reflektiert, wird an der Strahlteilergrenzfläche **104** reflektiert, bewegt sich durch den Retroreflektor **201**, wird dabei wieder an der Strahlteilergrenzfläche **104** reflektiert, zweimal an beiden Oberflächen **303** des ersten Prismas **300** reflektiert und durchläuft die erste Polarisationsveränderungsvorrichtung **105** an dem zweiten reflektierenden Quadranten **324**. Der Strahl wird reflektiert und durchläuft dabei die erste Polarisationsveränderungsvorrichtung **105** und verändert dabei die Polarisierung zu einer p-Polarisation. Der p-polarisierte zweite Referenzstrahl **380** wird an beiden Oberflächen **303** des ersten Prismas **300** reflektiert, durchläuft die Strahlteilergrenzfläche **104** und in ein Ausgangsprisma **371**. Der p-polarisierte zweite Referenzstrahl **380** wird an der Ausgangsreflexionsoberfläche **372** reflektiert und durchläuft den Mischpolarisator **126**.

**[0037]** Unter besonderer Bezugnahme auf [Fig. 14](#) ist die s-polarisierte Komponente des zweiten Eingangslichtstrahls **365** der zweite Messstrahl **381**. Der zweite Messstrahl **381** wird an der Strahlteilergrenzfläche **104** reflektiert, wird zweimal an den Oberflächen **304** des zweiten Prismas **301** reflektiert und durchläuft die zweite Polarisationsveränderungsvorrichtung **120** an dem ersten transparenten Quadranten **317**. Der hervorgehende zweite Messstrahl **382** fällt in dem Littrow-Winkel **109** auf das Beugungsgitter **100** ein und die kollineare Reflexion **383** des hervorgehenden zweiten Messstrahls **382** durchläuft die zweite Polarisationsveränderungsvorrichtung **120** wieder an dem ersten transparenten Quadranten **317**, was die Strahlpolarisation zu einer p-Polarisation verändert. Der p-polarisierte zweite Messstrahl **384** wird zweimal an den Oberflächen **304** des zweiten Prismas **301** reflektiert, durchläuft die Strahlteilergrenzfläche **104**, bewegt sich durch den Retroreflektor **201**, durchläuft wieder die Strahlteilergrenzfläche **104**, wird zweimal an den Oberflächen **304** des zweiten Prismas **301** bei seinem zweiten Durchlauf reflektiert und durchläuft die zweite Polarisationsveränderungsvorrichtung **120** bei dem zweiten transparenten Quadranten **318**. Der zweite hervorgehende zweite Messstrahl **387** fällt in dem Littrow-Winkel **109** auf das Beugungsgitter **100** ein und eine kollineare Reflexion **385** des zweiten hervorgehenden zweiten Messstrahls **387** durchläuft die zweite Polarisationsveränderungsvorrichtung **120** wieder und wird dabei s-polarisiert. Der s-polarisierte zweite Messstrahl **386** wird von beiden Oberflächen **304** des zweiten Prismas **301** abreflektiert und wird wieder an der Strahlteilergrenzfläche **104** reflektiert. Der s-polarisierte zweite Messstrahl **386** tritt aus dem Interferometerkern **103** aus und tritt in das Ausgangsprisma **371** ein und wird dabei von der Ausgangsreflexionsoberfläche **372** abreflektiert und kombiniert sich mit dem p-polarisierten zweiten Referenzstrahl **380** an dem Mischpolarisator **126**.

**[0038]** Unter besonderer Bezugnahme auf [Fig. 19](#) der Zeichnungen ist ein Ausführungsbeispiel einer Anwendung eines Interferometriesystems gemäß den vorliegenden Lehren gezeigt. [Fig. 19](#) der Zeichnungen stellt eine Draufsicht einer Rillenseite des Beugungsgitters **100** und zwei Aufrisse dar, die eine Position von Interferometern relativ zu dem Beugungsgitter **100** zeigen. Das Beugungsgitter **100** könnte an einer Präzisionsstufe, wie z. B. einer, die als Teil einer Werkzeugmaschine oder eines Halbleiterchip-Lithographiesystems verwendet wird, angebracht sein oder könnte Teil eines weiteren Systems sein, das Präzisionsverschiebungsmessungen verwendet. Zu Zwecken der vorliegenden Beschreibung ist ein Koordinatensystem relativ zu dem Beugungsgitter **100** definiert. Das Beugungsgitter **100** liegt in einer Ebene, die durch eine x-Richtung **353** und eine y-Richtung **355** definiert ist. Eine y-Richtung **354** ist senkrecht zu der Ebene des Beugungsgitters **100**. Drei zusätzliche Koordinaten, Rx **356**, Ry **357** und Rz **358**, sind außerdem definiert, um eine Drehung des Beugungsgitters um die x-Achse **353**, y-Achse **355** bzw. z-Achse **354** zu beschreiben. In einem System, das das Interferometerausführungsbeispiel verwendet, das in den [Fig. 13](#) bis [Fig. 18](#) der Zeichnungen gezeigt ist, misst jedes Interferometer **350**, **351** und **352** zwei separate Dimensionen. Das erste **350**, das zweite **351** und dritte **352** Interferometer sind an Orten auf dem Beugungsgitter **100** positioniert. Das erste und das zweite Interferometer **350**, **351** messen eine Verschiebung in der x- und z-Richtung und das dritte Interferometer **352** misst eine Verschiebung in der y- und z-Richtung. Aus den Verschiebungsmessungen ist es möglich, ferner eine Drehverschiebung um jede der Achsen zu berechnen. Bei einem spezifischen Ausführungsbeispiel wird eine Verschiebung in der x-Richtung **353** aus einem Durchschnitt der x-Richtung-Verschiebungsmessungen von dem ersten und dem zweiten Interferometer **350**, **351** berechnet. Eine Verschiebung in der y-Richtung **355** wird aus der Verschiebungsmessung an dem dritten Interferometer **352** berechnet. Eine Verschiebung in der z-Richtung **354** wird aus einem Durchschnitt der z-Richtung-Verschiebungsmessungen von dem ersten und dem zweiten Interferometer **350**, **351** berechnet. Eine Drehung um die x-Achse, Rx **356**, könnte aus einer Differenz bei den z-Richtung-Messungen berechnet werden. Eine Drehung um die y-Achse, Ry **357**, könnte aus einer Differenz zwischen der z-Richtung-Verschiebung von dem dritten Interferometer **352** und einem Durchschnitt der z-Richtung-Verschiebung von dem ersten und dem zweiten Interferometer **350**, **351** berechnet werden. Eine Drehung um die z-Achse, Rz **358**, könnte aus einer Differenz zwischen den x-Richtung-Verschiebungen des ersten und des zweiten Interferometers **350**, **351** berechnet werden.

**[0039]** Alternative Ausführungsbeispiele umfassen ein System mit mehr als drei Interferometern. Die zusätzlichen Interferometer könnten zu Zwecken einer Redundanz und Selbstkonsistenzprüfung verwendet werden,

um verbessertes Vertrauen in die angestellten Messungen zu liefern. Weniger Interferometer sind ebenso möglich, wenn eine Verschiebung entlang einer oder mehrerer der Richtungen nicht von Interesse ist.

**[0040]** Bei einem spezifischen Ausführungsbeispiel beträgt das Beugungsgitter etwa 500 mm mal 500 mm. Alternativ könnten zwei oder mehr separate Beugungsgitter verwendet werden, wobei jedes Beugungsgitter separat beleuchtet wird. Wenn separate Verzögerer verwendet werden, ist es nicht nötig, dass diese in der gleichen Ebene oder einer relativen Ausrichtung vorliegen. Unter der Voraussetzung, dass ein Prozessor, der die Messungen empfängt, vorher die verschiedenen Ausrichtungen kennt, könnten geeignete Messungen berechnet werden und dabei die spezifische Systemkonfiguration und Beugungsgitterausrichtungen berücksichtigt werden. Bei einem spezifischen Ausführungsbeispiel weist das Beugungsgitter **100** einen Satz von Rillen in einer ersten Ausrichtung und einen weiteren Satz von Rillen in einer zweiten Ausrichtung auf. Die erste und die zweite Ausrichtung könnten im Wesentlichen senkrecht zueinander oder in einem bestimmten anderen relativen Winkel sein. Der Abstand der Rillen bei der ersten und der zweiten Ausrichtung muss nicht gleich sein und das Beugungsgitter könnte Rillen in nur einer ersten Ausrichtung besitzen. Vorzugsweise ist es, da die Interferometer gemäß den vorliegenden Lehren separat eingestellt werden können, möglich, die mit jedem Interferometer angestellte Messung zu optimieren und Messfehler als ein Ergebnis von Fehlausrichtungen auszukalibrieren. Viele andere Systemausführungsbeispiele werden einem durchschnittlichen Fachmann auf dem Gebiet unter Nutzung der vorliegenden Lehren einfallen.

**[0041]** Bestimmte Ausführungsbeispiele gemäß den vorliegenden Lehren sind hierin zu Darstellungszwecken beschrieben. Andere Ausführungsbeispiele, die nicht besonders genannt sind, werden einem durchschnittlichen Fachmann unter Nutzung der vorliegenden Lehren einfallen, obwohl diese nicht besonders beschrieben sind, und werden als innerhalb des Schutzbereichs der beigefügten Ansprüche erachtet. Die Geometrien der Prismen und zugeordneten Ausgangsflächen z. B. könnten gemäß den spezifischen Littrow-Winkel-Anforderungen variiert werden. Vorzugsweise ist es möglich, eine konsistente Geometrie für den Interferometerkern beizubehalten, während an unterschiedliche Beugungsgitterparameter angepasst wird. Bei dem offenbarten Ausführungsbeispiel ist ein Austritt des Mess- und des Referenzstrahls durch die erste und die zweite Polarisationsveränderungsvorrichtung **105, 120** unter Bezugnahme auf einen transparenten und einen reflektierenden Quadranten beschrieben. Die vorliegenden Lehren könnten für mehr als zwei Lichtstrahlen erweitert werden, wobei die erste und die zweite Polarisationsveränderungsvorrichtung funktionsmäßig in Bezug auf zusätzliche transparente und reflektierende Abschnitte definiert sind. Deshalb sollen Ausführungsbeispiele und Darstellungen hierin darstellend sein und der Schutzbereich der vorliegenden Lehren ist nur durch die beigefügten Ansprüche eingeschränkt.

### Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Messen einer Verschiebung, die folgendes Merkmal aufweist:  
einen Lichtstrahl (**102**), der zu einem Interferometerkern (**103**) gerichtet ist, der angepasst ist, um den Lichtstrahl (**102**) in einen ersten (**107**) und einen zweiten (**108**) Komponentenstrahl aufzuteilen, wobei der erste Komponentenstrahl (**107**) in etwa einem Littrow-Winkel (**109**) zu einem Beugungsgitter (**100**) gerichtet ist und durch den Interferometerkern (**103**) aufgenommen wird und sich mit dem zweiten Komponentenstrahl kombiniert, wobei der kombinierte erste und zweite Komponentenstrahl (**123, 124**) zu einem Detektor (**110**) gerichtet ist, der angepasst ist, um den kombinierten ersten und zweiten Komponentenstrahl (**123, 124**) zu messen, um eine Verschiebung des Beugungsgitters (**100**) zu bestimmen.
2. Vorrichtung gemäß Anspruch 1, bei der der erste Komponentenstrahl (**107**) ein Messstrahl ist und der zweite Komponentenstrahl (**108**) ein Referenzstrahl ist.
3. Vorrichtung gemäß Anspruch 1, bei der der erste Komponentenstrahl ein Messstrahl ist und der zweite Komponentenstrahl ein begleitender Messstrahl (**331**) ist.
4. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, bei der der Lichtstrahl in einen ersten und einen zweiten Strahl aufgeteilt ist und bei der ferner der erste Lichtstrahl eine Mess- und eine Referenzkomponente aufweist und der zweite Lichtstrahl eine Mess- und eine Referenzkomponente aufweist.
5. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, bei der eine Doppelfrequenz-Lichtquelle den Lichtstrahl aussendet.
6. Vorrichtung gemäß Anspruch 5, bei der der Lichtstrahl zwei orthogonal polarisierte Lichtstrahlen aufweist.

7. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, bei der der Lichtstrahl eine Einfrequenz-Lichtquelle aufweist.

8. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, die ferner einen Retroreflektor (**201**) aufweist, der angepasst ist, um einen Zwei-Durchlauf-Messstrahl-Bewegungsweg bereitzustellen.

9. Vorrichtung gemäß Anspruch 8, bei der der Retroreflektor (**201**) angepasst ist, um einen Zwei-Durchlauf-Referenzstrahl-Bewegungsweg bereitzustellen.

10. Vorrichtung gemäß Anspruch 9, bei der der Messstrahl-Bewegungsweg und der Referenzstrahl-Bewegungsweg innerhalb des Interferometerkerns (**103**) im Wesentlichen gleich sind.

11. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10, bei der in dem Lichtstrahl ein erster Lichtstrahl (**102**) ist, und die ferner einen zweiten Lichtstrahl (**314**) aufweist, der auf den Interferometerkern (**103**) einfällt.

12. Vorrichtung gemäß Anspruch 11, bei der der zweite Lichtstrahl aus einer Doppelfrequenz-Lichtquelle, die orthogonal polarisierte Lichtstrahlen aufweist, hergeleitet ist.

13. Vorrichtung gemäß Anspruch 12, bei der der erste und der zweite Lichtstrahl in einen ersten bzw. zweiten Messstrahl und einen ersten bzw. zweiten Referenzstrahl aufgeteilt sind, und bei der das Interferometer ferner Umrichtungsoptiken (**300, 301**) zum Konvergieren des ersten und des zweiten Messstrahls auf dem Beugungsgitter (**100**) in etwa dem Littrow-Winkel (**109**) aufweist.

14. Vorrichtung gemäß Anspruch 13, bei der der Strahlteiler und die Umrichtungsoptiken monolithisch mit dem Interferometerkern sind.

15. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 11 bis 14, die ferner einen Retroreflektor aufweist, der angepasst ist, um einen ersten Zwei-Durchlauf-Messstrahl-Bewegungsweg und einen zweiten Zwei-Durchlauf-Messstrahl-Bewegungsweg bereitzustellen.

16. Vorrichtung gemäß Anspruch 15, bei der der Retroreflektor angepasst ist, um einen ersten Zwei-Durchlauf-Referenzstrahl-Bewegungsweg und einen zweiten Zwei-Durchlauf-Referenzstrahl-Bewegungsweg bereitzustellen.

17. Vorrichtung gemäß Anspruch 16, bei der der erste Zwei-Durchlauf-Messstrahl-Bewegungsweg und der erste Zwei-Durchlauf-Referenzstrahl-Bewegungsweg innerhalb des Interferometerkerns (**103**) im Wesentlichen gleich sind.

18. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 17, bei der der Interferometerkern (**103**) ferner zumindest eine Polarisationsveränderungsvorrichtung (**105, 120**) umfasst, wobei ein erster Abschnitt der Polarisationsveränderungsvorrichtung eine reflektierende Oberfläche (**312**) aufweist und ein zweiter Abschnitt der Polarisationsveränderungsvorrichtung eine transparente Oberfläche (**318**) aufweist.

19. Vorrichtung gemäß Anspruch 18, bei der die Polarisationsveränderungsvorrichtung eine Viertelwellenplatte aufweist.

20. Vorrichtung gemäß Anspruch 18, bei der die Polarisationsveränderungsvorrichtung eine Kombination eines Halbwellenverzögerers und eines Faraday-Drehers aufweist.

21. Vorrichtung gemäß Anspruch 20, bei der die Polarisationsveränderungsvorrichtung ferner einen Polarisator aufweist, der zwischen dem Faraday-Dreher und dem Beugungsgitter angeordnet ist.

22. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 18 bis 21, bei der der Abschnitt der Polarisationsveränderungsvorrichtung, der die reflektierende Oberfläche aufweist, zwei diagonal angeordnete Quadranten mit einer reflektierenden Oberfläche aufweist und die transparente Oberfläche zwei diagonal angeordnete transparente Quadranten aufweist.

23. Verfahren zum Messen einer Verschiebung eines Beugungsgitters (**100**), wobei das Verfahren folgende Schritte aufweist:

Aufteilen eines Lichtstrahl (**102**) in einen ersten (**107**) und einen zweiten (**108**) Komponentenlichtstrahl,

Richten des ersten Komponentenlichtstrahls (107) in in etwa einem Littrow-Winkel (109) auf das Beugungsgitter (100),

Aufnehmen einer Beugung (122) des ersten Komponentenlichtstrahls (107),

Kombinieren der Beugung des ersten Komponentenlichtstrahls mit dem zweiten Komponentenlichtstrahl, und Messen des kombinierten (122, 124) ersten und zweiten Komponentenlichtstrahls, um eine Verschiebung des Beugungsgitters (100) zu bestimmen.

24. Verfahren gemäß Anspruch 23, bei dem der erste Komponentenlichtstrahl (107) ein Messstrahl ist und der zweite Komponentenlichtstrahl (108) ein Referenzstrahl ist.

25. Verfahren gemäß Anspruch 23, bei dem der erste Komponentenstrahl ein Messstrahl ist und der zweite Komponentenstrahl ein begleitender Messstrahl (331) ist.

26. Verfahren gemäß Anspruch 25, das ferner ein Richten des begleitenden Messstrahls (331) in in etwa dem Littrow-Winkel (109) auf das Beugungsgitter (100) und ein Aufnehmen einer Beugung des begleitenden Strahls aufweist.

27. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 23 bis 26, bei dem der Schritt des Aufteilens ein Aufteilen des Lichtstrahls gemäß einem Polarisationszustand aufweist.

28. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 23 bis 27, bei dem der Lichtstrahl einen ersten Lichtstrahl aufweist und das Verfahren ferner ein Aufteilen eines zweiten Lichtstrahls (314) in einen ersten und einen zweiten Komponentenlichtstrahl, ein Richten der ersten Komponente des ersten Lichtstrahls in in etwa dem Littrow-Winkel auf das Beugungsgitter (100) und ein Richten der ersten Komponente des zweiten Lichtstrahls in in etwa dem Littrow-Winkel (109) in einer Richtung, die entgegengesetzt zu dem Winkel der ersten Komponente des ersten Lichtstrahls ist, auf das Beugungsgitter (100) aufweist.

29. Verfahren gemäß Anspruch 28, das ferner ein Aufteilen des Lichtstrahls in einen ersten und einen zweiten Strahl aufweist, wobei der Schritt des Aufteilens eines Lichtstrahls den ersten Strahl in einen ersten und einen zweiten Komponentenstrahl aufteilt, und ferner ein Aufteilen des zweiten Strahls in einen ersten und einen zweiten Komponentenstrahl aufweist.

30. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 23 bis 29, bei dem der Lichtstrahl aus einer Doppelfrequenz-Lichtquelle hergeleitet wird.

31. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 23 bis 29, bei dem der Lichtstrahl aus einer Einfrequenz-Lichtquelle hergeleitet wird.

32. Verfahren gemäß Anspruch 31, bei dem die Doppelfrequenz-Lichtquelle zwei orthogonal polarisierte Lichtstrahlen bereitstellt.

33. Verfahren gemäß Anspruch 32, bei dem der Lichtstrahl aus einer Einfrequenz-Lichtquelle hergeleitet wird.

34. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 23 bis 33, bei dem der Schritt des Richtens ferner ein mehr als einmaliges Richten des ersten Komponentenlichtstrahls in in etwa dem Littrow-Winkel (109) auf ein Beugungsgitter (100), bevor der erste Komponentenlichtstrahl mit dem zweiten Komponentenlichtstrahl kombiniert wird, aufweist.

35. Vorrichtung, die folgende Merkmale aufweist:

eine Lichtquelle (101), die angepasst ist, um einen Lichtstrahl (102) auszusenden,

ein Beugungsgitter (100),

einen Detektor (110),

einen Interferometerkern (103), der eine polarisierende Strahlteilergrenzfläche (104) aufweist, wobei der polarisierende Strahlteiler (104) angepasst ist, um den Lichtstrahl in einen ersten (107) und einen zweiten (108) Komponentenstrahl aufzuteilen, wobei der Interferometerkern (103) zwischen der Lichtquelle (101) und dem Beugungsgitter (100) angeordnet und positioniert ist, um die Lichtquelle aufzunehmen und zumindest den ersten Komponentenstrahl in in etwa einem Littrow-Winkel (109) in Richtung des Beugungsgitters (100) zu richten, und

Ausgangsoptiken (126), die angepasst sind, um den ersten Komponentenstrahl mit dem zweiten Komponen-

tenstrahl vor einer Messung an dem Detektor zu kombinieren.

36. Vorrichtung gemäß Anspruch 35, bei der die Lichtquelle eine Doppelfrequenz-Lichtquelle ist.
37. Vorrichtung gemäß Anspruch 35, bei der die Lichtquelle eine Einfrequenz-Lichtquelle ist.
38. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 35 bis 37, bei der der erste und der zweite Komponentenstrahl orthogonal polarisiert in Bezug aufeinander sind.
39. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 35 bis 38, die ferner Polarisationsveränderungsvorrichtungen (105, 120) aufweist, die zwischen dem Interferometerkern (103) und dem Beugungsgitter (100) angeordnet sind.
40. Vorrichtung gemäß Anspruch 39, bei der zumindest eine der Polarisationsveränderungsvorrichtungen (105, 120) einen Viertelwellenverzögerer aufweist.
41. Vorrichtung gemäß Anspruch 39, bei der zumindest eine der Polarisationsveränderungsvorrichtungen eine Kombination eines Halbwellenverzögerers und eines Faraday-Drehers aufweist.
42. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 39 bis 41, bei der ein Abschnitt der Polarisationsveränderungsvorrichtungen ferner reflektierende Oberflächen (312) aufweist.
43. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 35 bis 42, die ferner einen Retroreflektor (201) aufweist.
44. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 35 bis 43, die ferner Eingangsoptiken aufweist, die einen nichtpolarisierenden Strahlteiler (361) umfassen, der angepasst ist, um den Lichtstrahl in einen ersten (364) und einen zweiten (365) Lichtstrahl aufzuteilen.
45. Vorrichtung gemäß Anspruch 44, bei der der erste und der zweite Lichtstrahl durch den Interferometerkern (103) aufgenommen werden.
46. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 35 bis 45, bei der der Lichtstrahl einen ersten Lichtstrahl aufweist, und die ferner einen zweiten Lichtstrahl aufweist, der durch den Interferometerkern (103) aufgenommen wird.
47. Vorrichtung gemäß Anspruch 46, die ferner ein erstes und ein zweites Prisma (300, 301) aufweist, die angepasst sind, um die Komponentenstrahlen auf dem Beugungsgitter (100) zu konvergieren.
48. Vorrichtung gemäß Anspruch 47, bei der die Prismen angepasst sind, um den Lichtstrahl zumindest einmal zwischen dem Interferometerkern (103) und dem Beugungsgitter (100) zu reflektieren.
49. Vorrichtung gemäß Anspruch 47, bei der die Prismen angepasst sind, um den Lichtstrahl zweimal zwischen dem Interferometerkern (103) und dem Beugungsgitter (100) zu reflektieren.
50. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 35 bis 49, bei der die Ausgangsoptiken einen Mischpolarisator aufweisen.
51. Vorrichtung gemäß Anspruch 50, bei der die Ausgangsoptiken ferner ein Ausgangsprisma aufweisen, das angepasst ist, um den ersten und den zweiten Komponentenstrahl aufzunehmen, zu reflektieren und zu kombinieren.
52. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 35 bis 51, bei der das Beugungsgitter (100) ferner einen ersten Satz von Rillen, die in einer ersten Richtung angeordnet sind, und einen zweiten Satz von Rillen, die in einer zweiten Richtung angeordnet sind, aufweist, wobei die Vorrichtung ferner eine Lichtquelle, einen Detektor und einen Interferometerkern, die angepasst sind, um auf den ersten Satz von Rillen anzusprechen, und eine Lichtquelle, einen Detektor und einen Interferometerkern, die angepasst sind, um auf den zweiten Satz von Rillen anzusprechen, aufweist.

Es folgen 13 Blatt Zeichnungen

## Anhängende Zeichnungen

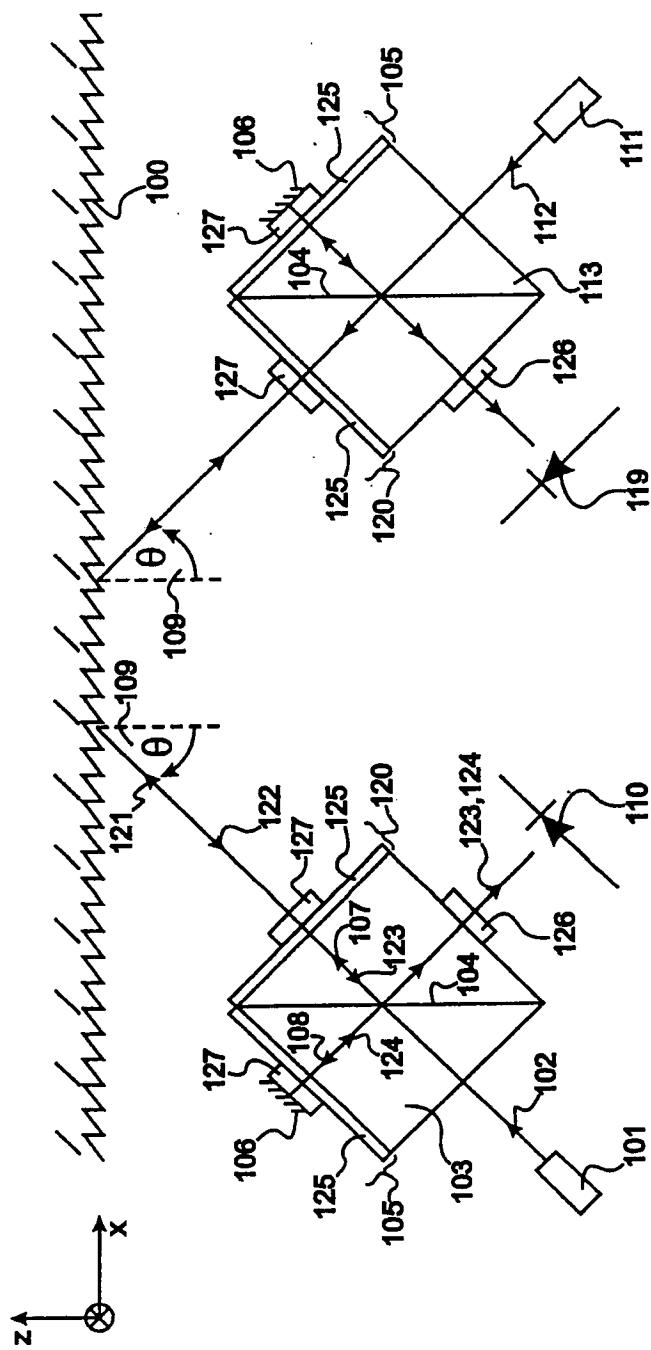


FIG 1

FIG 2

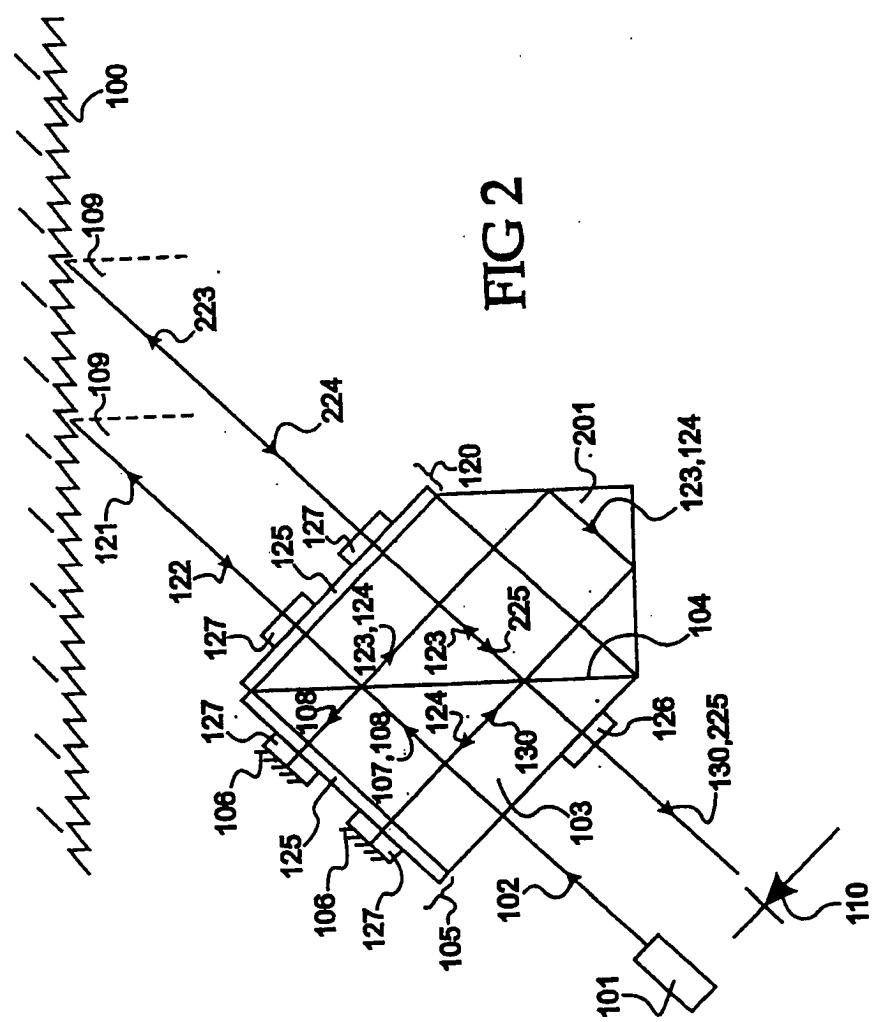
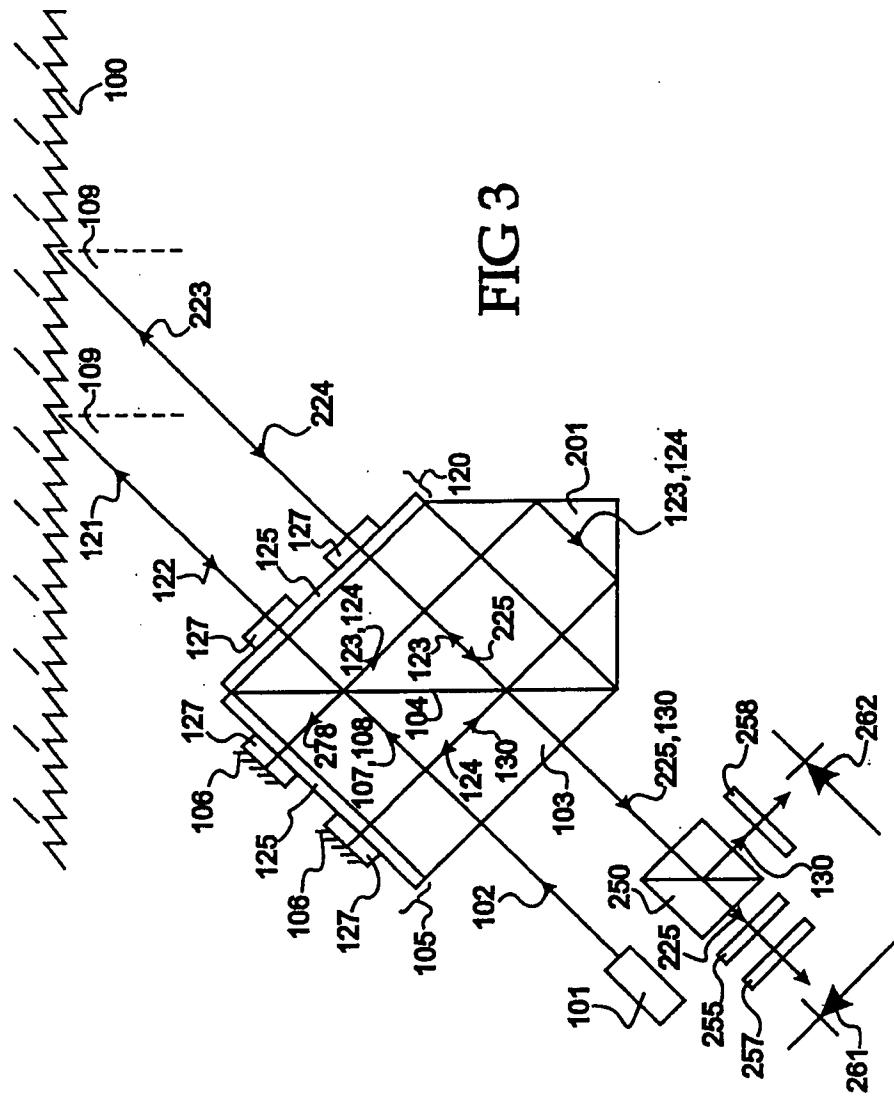


FIG 3



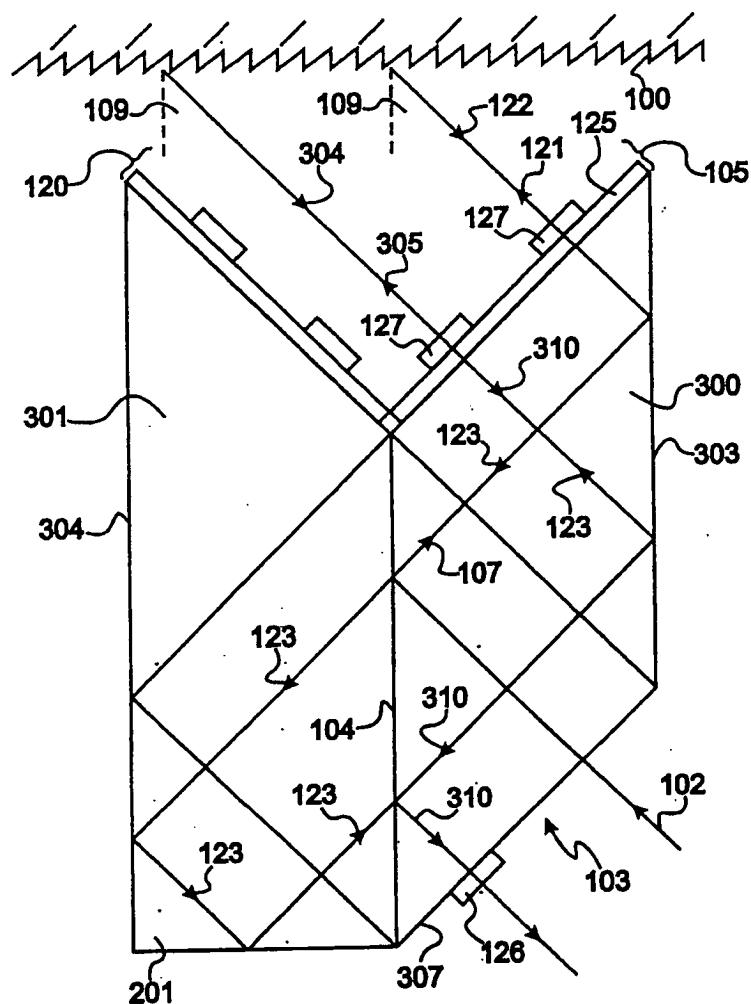


FIG 4

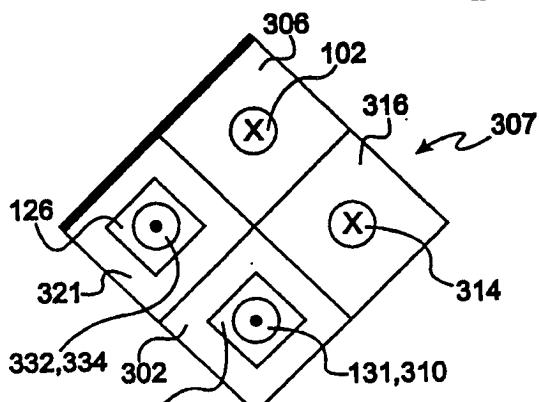


FIG 5

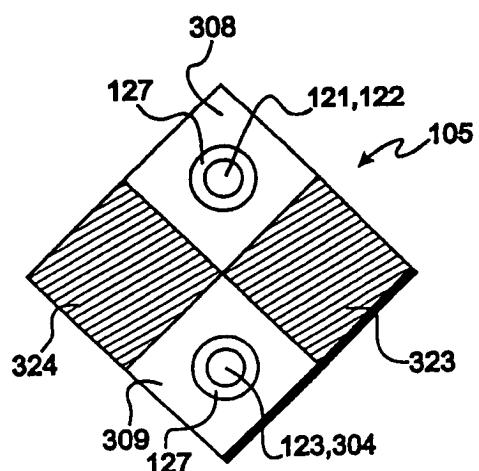


FIG 6

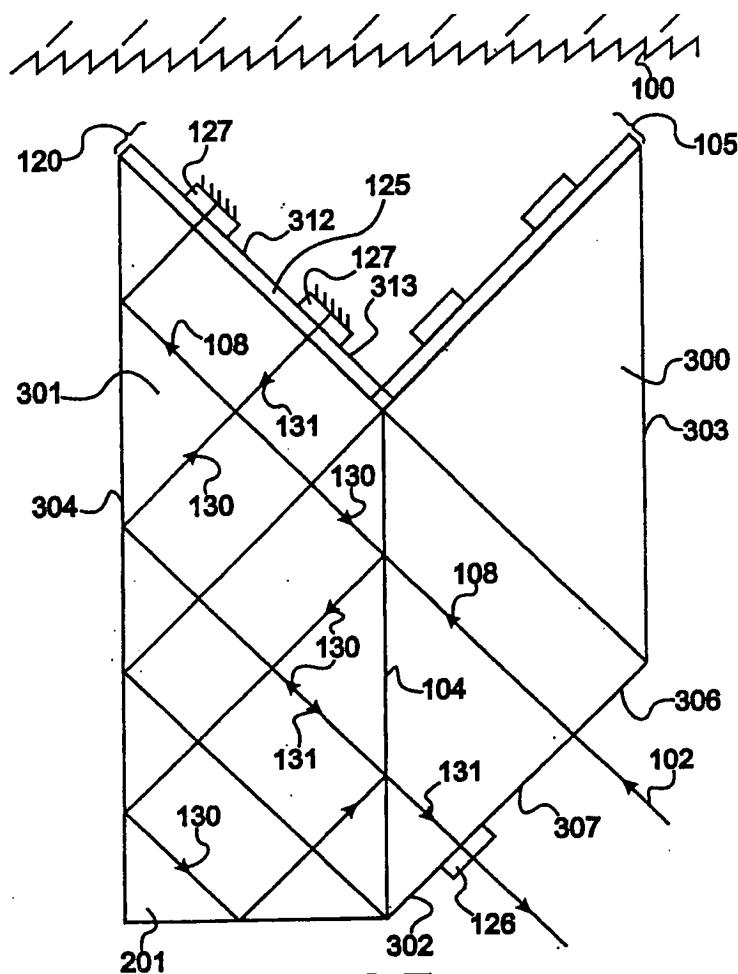


FIG 7

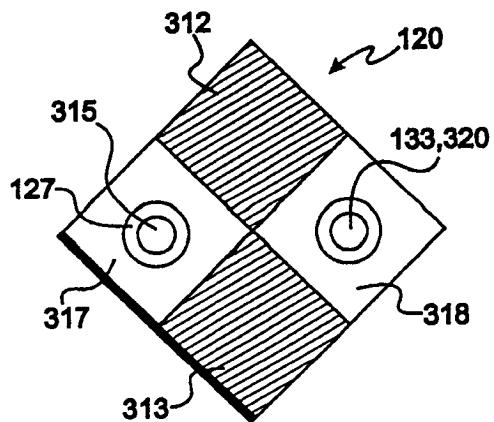


FIG 8

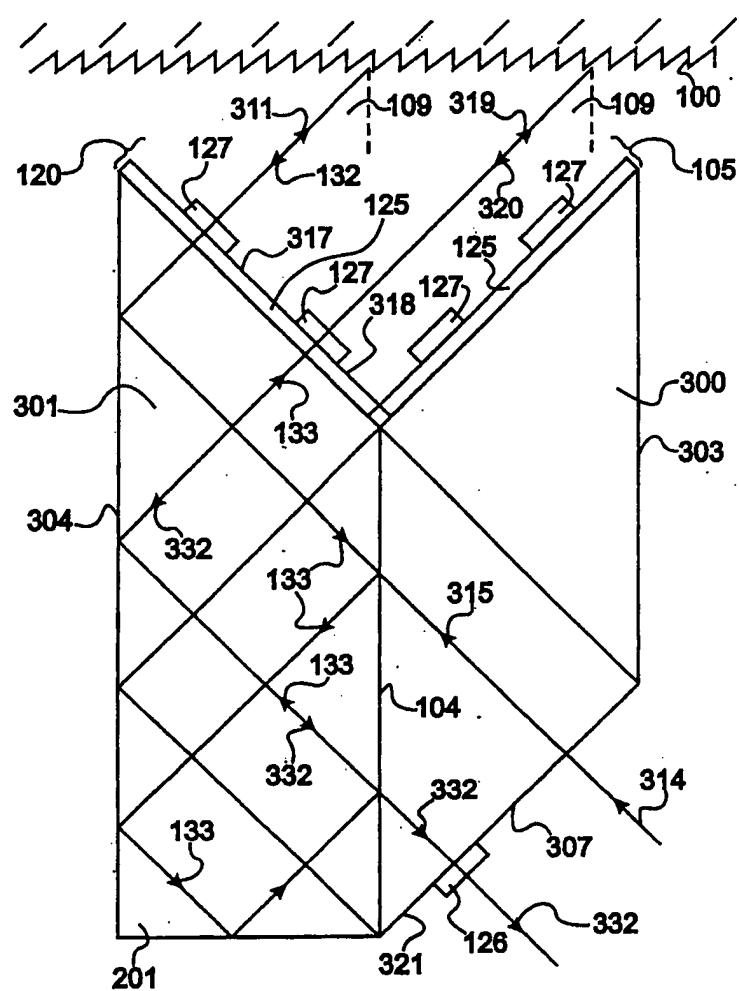


FIG 9

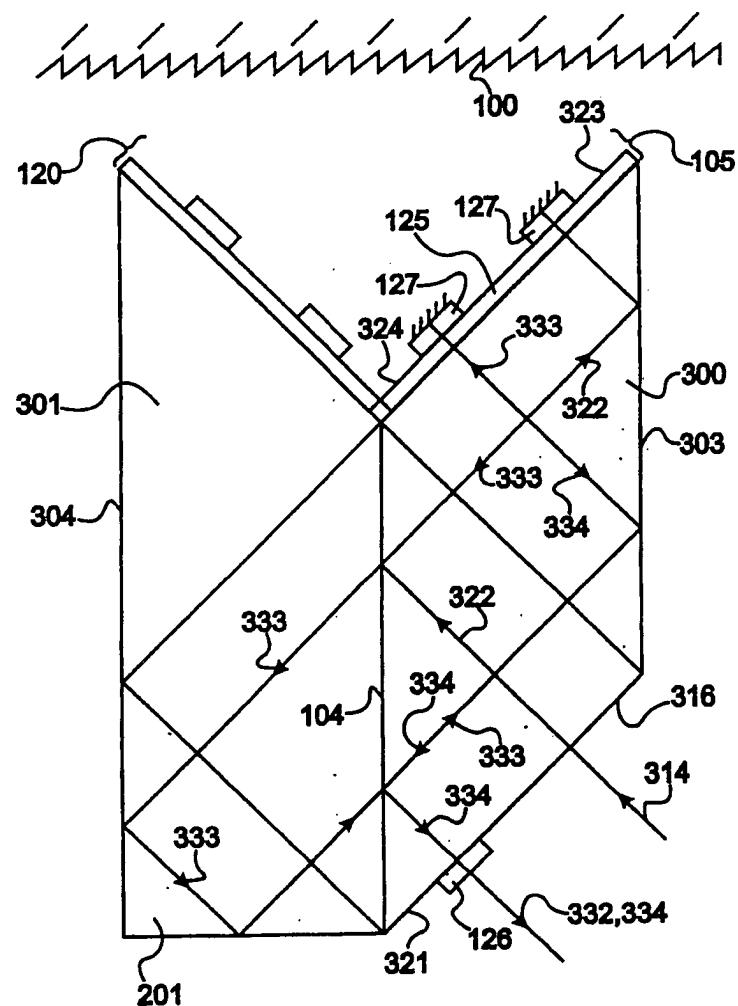


FIG 10

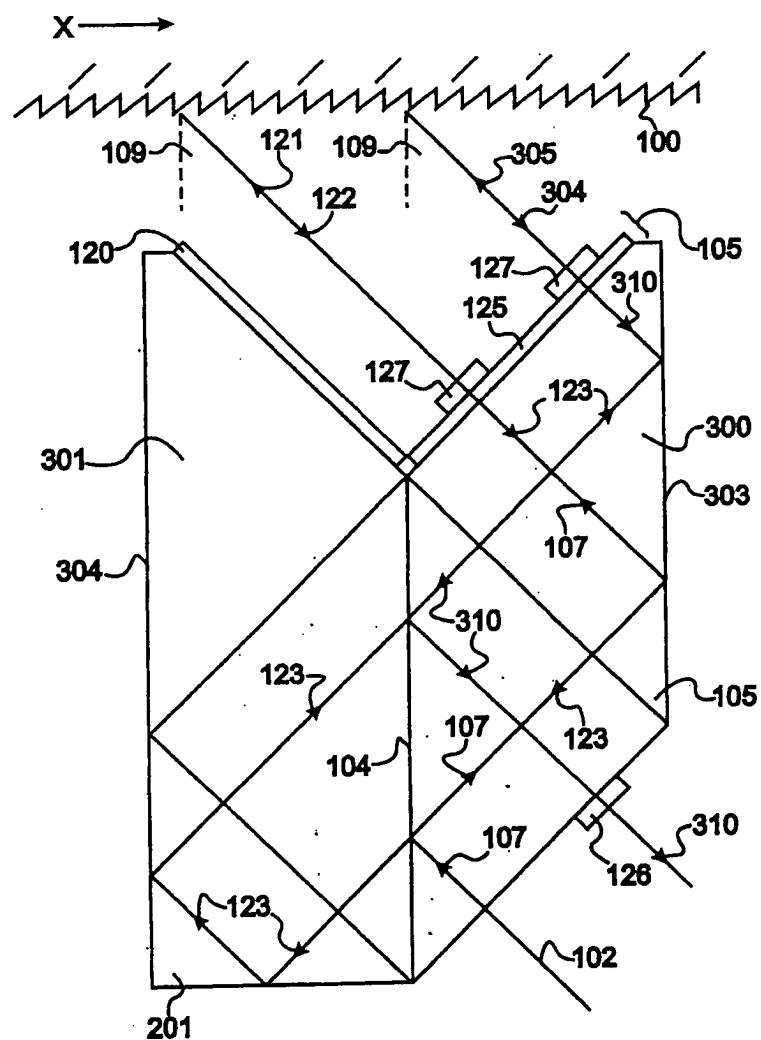


FIG 11

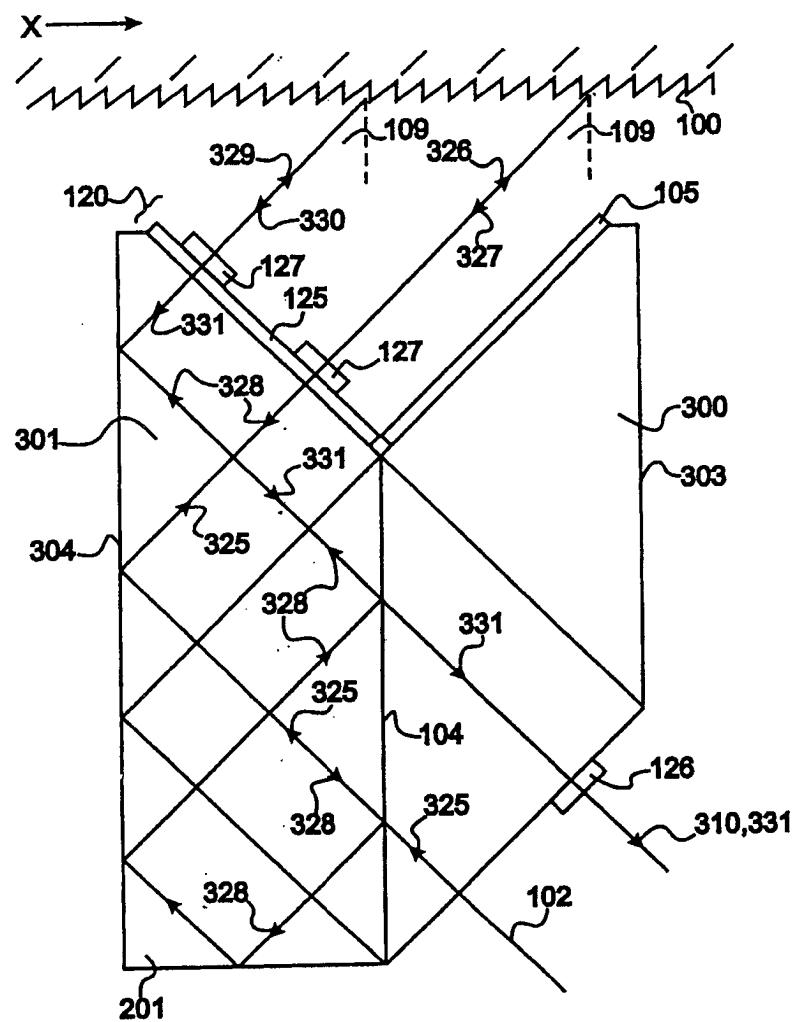


FIG 12

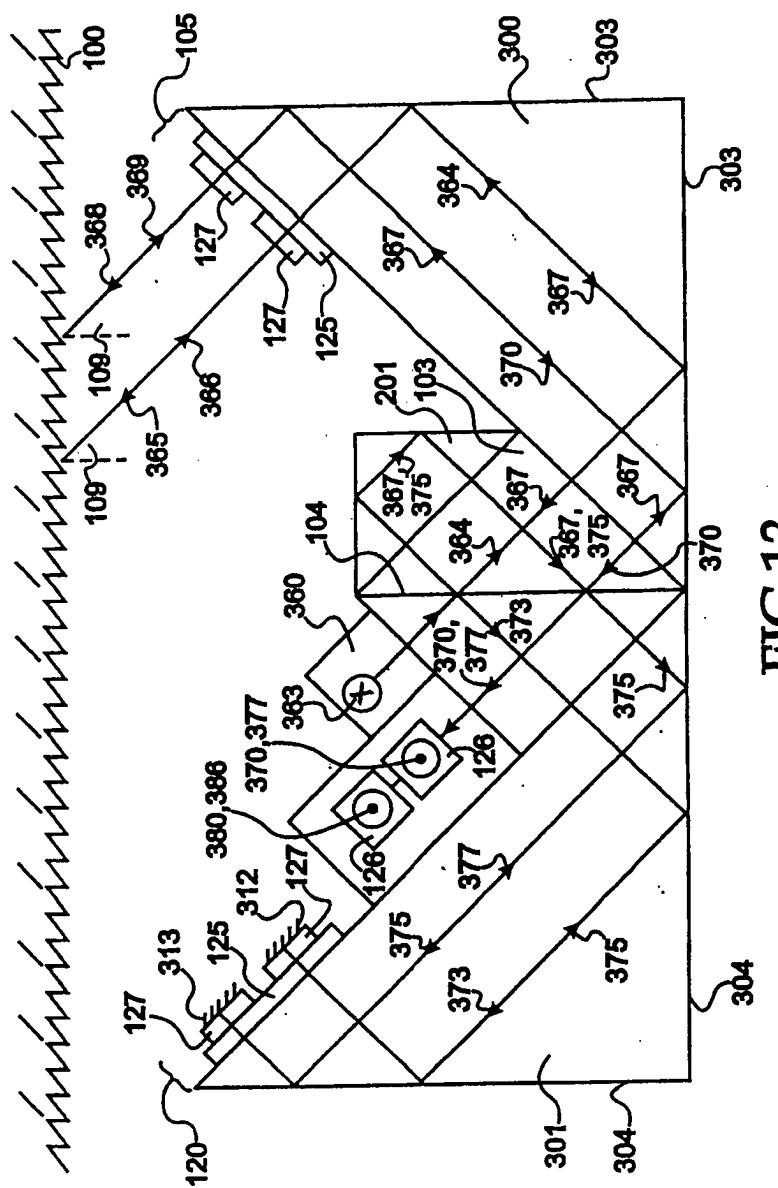


FIG 13

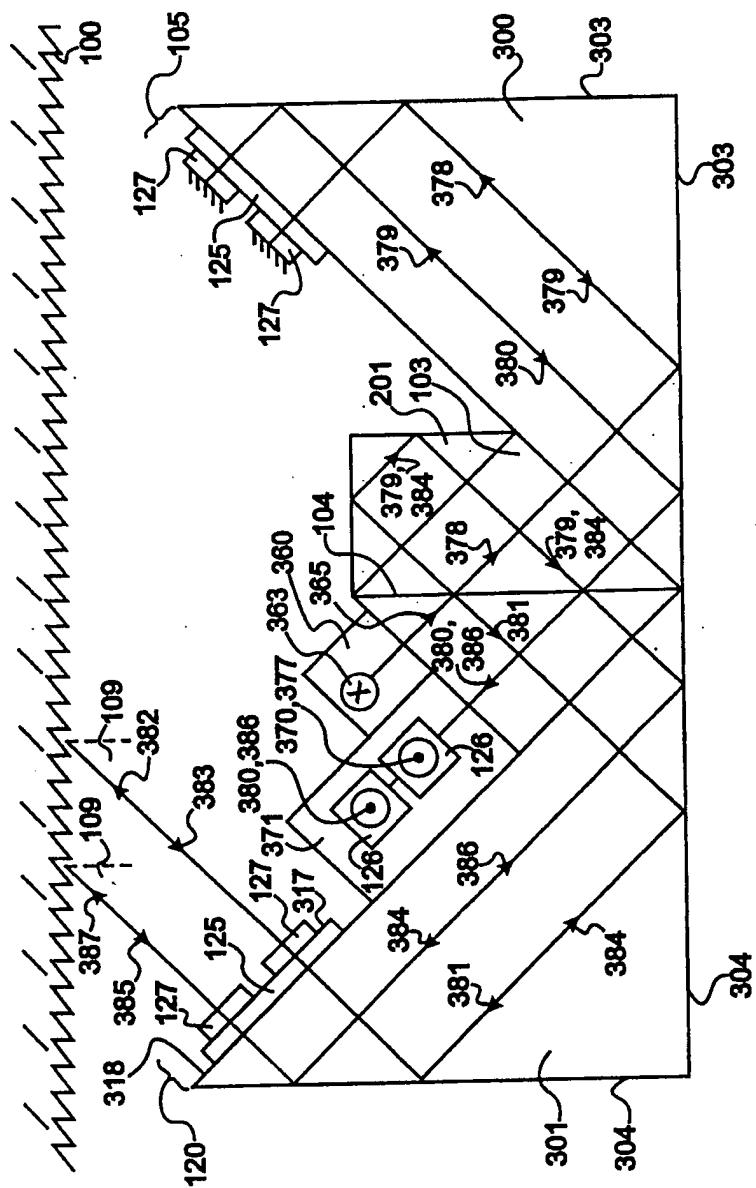


FIG 14

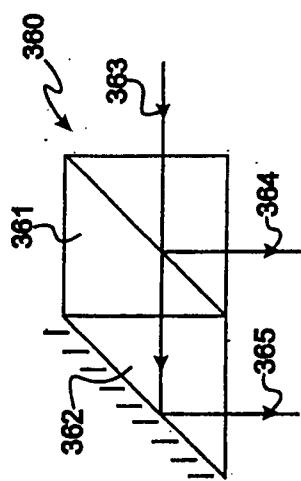


FIG 15

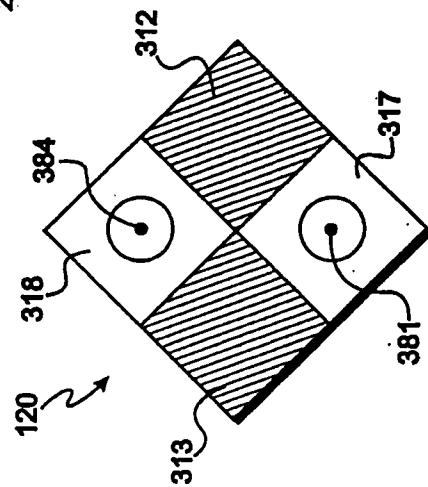


FIG 16

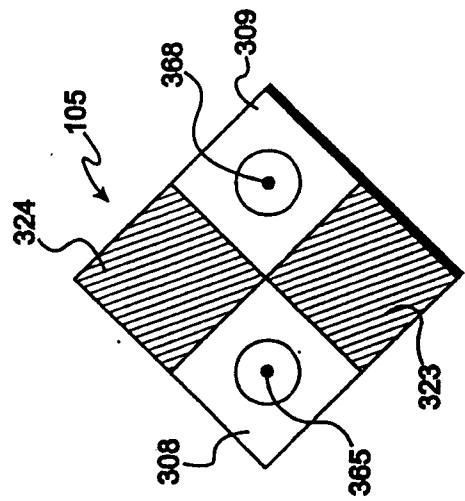


FIG 17

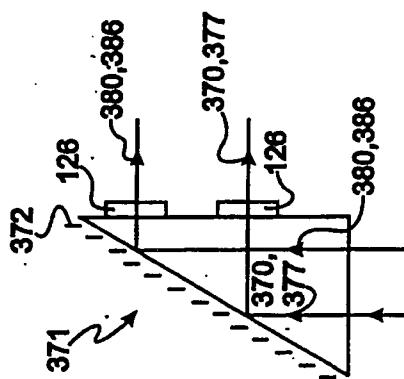


FIG 18

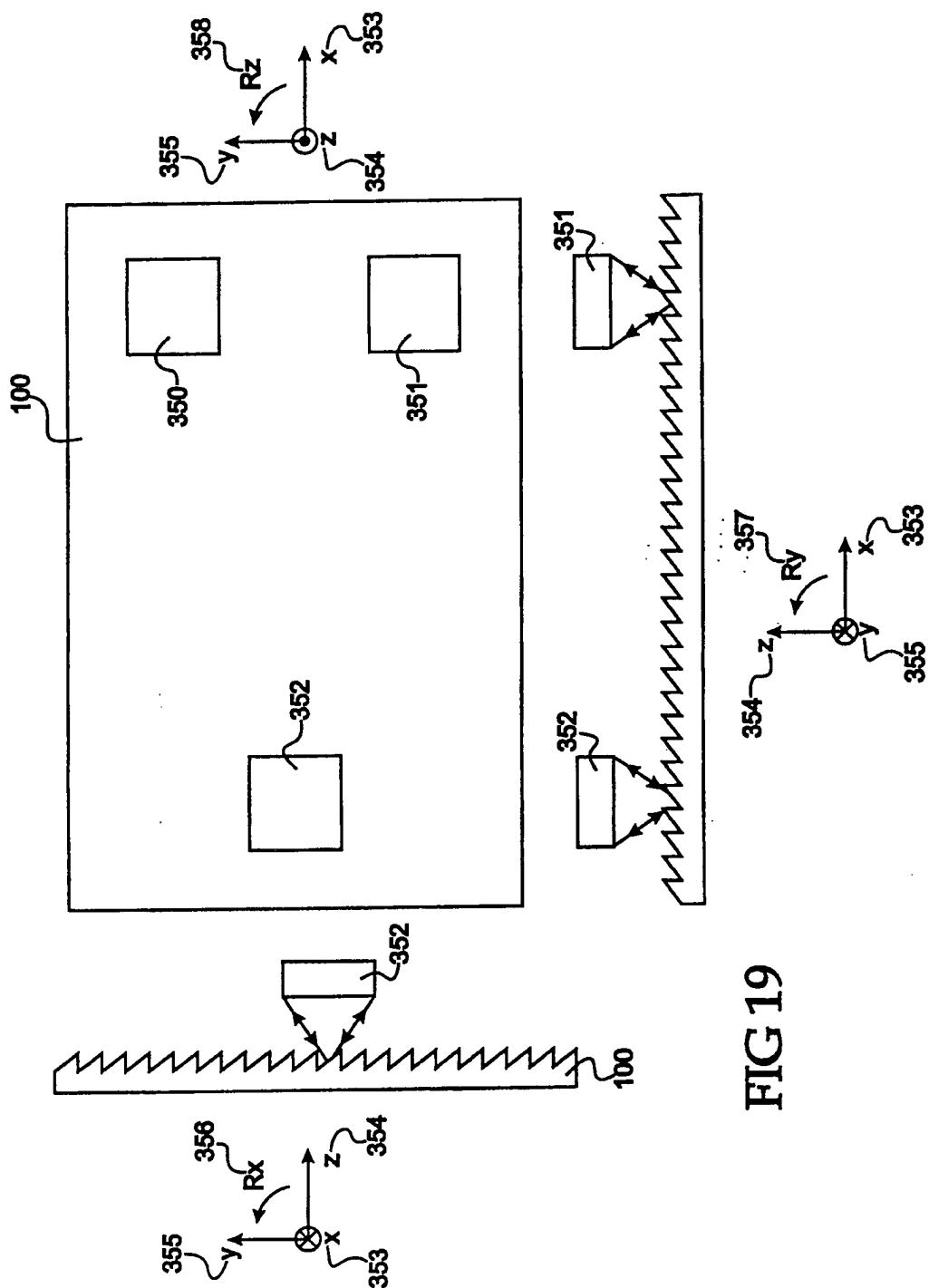


FIG 19