



⑬ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Patentschrift
⑩ DE 196 50 507 C 1

⑤① Int. Cl. 6:
G 01 J 3/45
G 01 J 3/26
G 01 N 21/45

⑳ Aktenzeichen: 196 50 507.0-52
㉑ Anmeldetag: 5. 12. 96
㉒ Offenlegungstag: —
㉓ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 18. 12. 97

DE 196 50 507 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑥⑥ Innere Priorität:

196 43 930.2 30.10.96

⑦③ Patentinhaber:

O.K. Tec Optik Keramik Technologie GmbH, 07745
Jena, DE

⑦④ Vertreter:

Meissner, Bolte & Partner, 80538 München

⑦② Erfinder:

Arnold, Ralf, 07747 Jena, DE

⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:

| | |
|----|--------------|
| DE | 41 36 300 C1 |
| DE | 40 13 399 C1 |
| DE | 41 04 636 A1 |
| DE | 40 16 731 A1 |
| EP | 04 43 477 A1 |
| WO | 90 10 191 A1 |

⑤④ Interferometrische Meßanordnung

⑤⑦ Bekannte polarisationsoptische Interferometer benötigen zur Erzeugung der variablen Weglängendifferenzen einen mechanisch verschiebbaren Keil. Dieser wird periodisch quer zum Strahlengang hin und her geschoben. Die vorliegende Erfindung beschreibt eine polarisationsoptische interferometrische Meßanordnung, bei der einer oder mehrere Keile eine Rotation um eine windschief zur optischen Achse des Systems gelagerte Rotationsachse ausführen. Dadurch ist es nicht mehr erforderlich, träge Massen periodisch zu beschleunigen. Linearbewegungen und damit lineare Führungen entfallen. So ist die Herstellung schneller und geräteverschleißfrei messender Interferometer möglich. Ein Hauptanwendungsgebiet der Interferometrie ist die Fouriertransformationsspektroskopie in der chemischen Analytik, mit der sich Stoffgemische analysieren und Konzentrationen bestimmen lassen. Solche Messungen werden zunehmend on line im chemischen Prozeß durchgeführt. Dazu sind schnelle und für den Dauerbetrieb geeignete Interferometer erforderlich. Gerade hierfür eignet sich die in der vorliegenden Erfindung beschriebene interferometrische Meßanordnung.

DE 196 50 507 C 1

Die Erfindung betrifft eine interferometrische Meßanordnung gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 oder 2.

Bekannte Anordnungen interferometrischer Meßgeräte beruhen meist auf dem Michelson-Prinzip. Durch einen Strahlteiler wird Licht ein und derselben Quelle in zwei vorteilhafterweise gleichintensive Teilstrahlen aufgespalten und zwischen diesen Teilstrahlen eine optische Weglängendifferenz $L = n_1 l_1 + n_2 l_2$ (im weiteren kurz Weglängendifferenz) erzeugt. Dabei durchlaufen beide Teilstrahlen meist Gebiete gleicher Brechzahlen $n_1 = n_2$, wobei sie unterschiedliche Wege l_1 und l_2 zurücklegen. Die Wiedervereinigung beider Teilstrahlen führt dabei zu einem System von Interferenzstreifen, deren Lage und Form unter Berücksichtigung der Geometrie der Strahlen und der Wellenlänge für die erzeugte Weglängendifferenz charakteristisch ist.

Hauptnachteil dieser Anordnungen ist die hohe Empfindlichkeit gegen Dejustierungen, insbesondere gegen die unexakte Führung der Spiegel (ruckweise Bewegungen, Verkippungen) und äußere Einflüsse (z. B. Vibrationen), so daß insbesondere für Wellenlängen im sichtbaren oder nahinfraroten Spektralbereich ein erheblicher, apparativer Aufwand erforderlich ist, um solche Störungen zu vermeiden.

Lösungen oben genannter Problematik bieten polarisationsoptische interferometrische Meßanordnungen, bei denen beide Teilstrahlen geometrisch wegidentisch ineinander verlaufen und $l_1 = l_2$ ist, wobei die Erzeugung der Weglängendifferenz polarisationsoptisch durch Verwendung optisch doppelbrechender Kristalle n_1, n_2 erfolgt. Die Vorteile derartiger Anordnungen gegenüber dem Michelson-Prinzip sind in der WO 90/10191 A1 beschrieben.

Beide Anordnungen besitzen jedoch den Nachteil, daß zur Veränderung der Weglängendifferenzen Massen periodisch linear hin und zurück bewegt werden müssen. Sollen nun Interferogramme (im weiteren Scans genannt) in kurzen Zeitabständen aufgenommen werden, so sind dabei hohe Beschleunigungen erforderlich. Um die Trägheit der bewegten Teile zu überwinden, sind so sehr hohe Kräfte aufzuwenden. Die dazu erforderlichen Antriebseinrichtungen verbrauchen große Energien und erzeugen entsprechend Abwärme, die zu Instabilitäten und Driften in der Anordnung führen können. Darüber hinaus führen die hohen Kräfte zu erheblichen dynamischen Belastungen der bewegten Bauteile, die sich in deren Folge reversibel oder irreversibel verformen können. Diese Verformungen sind wiederum Ursache für Instabilitäten und Driften. Gleichzeitig steigt mit der Höhe der aufzuwendenden Kraft die Belastung der Führungen bzw. Lager, was zu erhöhtem Verschleiß der Anordnung und damit — besonders bei im Dauerbetrieb arbeitenden Meßanordnungen — zu frühzeitigen Ausfällen führen kann.

Abhilfe gegenüber den Nachteilen der Meßanordnungen mit periodisch translatorisch bewegten Elementen bieten Lösungen, bei denen die Erzeugung der Weglängendifferenz auf der Rotation von Bauteilen beruht. So sind in den EP 0 443 477 A1, DE 40 13 399 C1 und DE 41 36 300 C1 Anordnungen beschrieben, die auf der Verwendung des Prinzips nach Michelson beruhen, bei denen jedoch als Reflektor ein exzentrisch rotierender Tripelspiegel (oder Tripelprisma) Verwendung findet.

Nachteil ist hier jedoch der hohe Aufwand zur Justage und die Dejustageempfindlichkeit z. B. infolge äußere

rer Einflüsse (Stöße, Vibrationen) der beiden Interferometerarme. Gleichzeitig entstehen durch die exzentrische Rotation des Reflektors Unwuchten und damit Lagerbelastungen, die eine Massenkompensation bis zum Verschwinden der Deviationsmomente (Auswuchten) erforderlich machen.

Durch Meßaufgaben in schnellen Prozessen, an Fließbändern oder in Rohrleitungen hoher Transportgeschwindigkeiten einerseits und durch das oft vorhandene Erfordernis, das Signal-Rausch-Verhältnis der Messungen durch eine höhere Anzahl von Mittelungen zu verbessern, ergibt sich die Notwendigkeit höherer Meßgeschwindigkeiten.

Es ist daher Aufgabe der Erfindung, eine interferometrische Meßanordnung beruhend auf einem polarisationsoptischem Interferometerprinzip anzugeben, die es gestattet, hohe Meßgeschwindigkeiten auch im Dauerbetrieb zu erreichen, wobei die gesamte Anordnung über eine derartige Langzeitstabilität verfügt, daß auch ein Dauereinsatz in Geräten zur Prozeßsteuerung oder zur Qualitätskontrolle möglich ist.

Die Lösung der Aufgabe der Erfindung erfolgt mit einem Gegenstand gemäß den Merkmalen des Patentanspruchs 1 oder 2, wobei die Unteransprüche mindestens zweckmäßige Ausgestaltungen und Weiterbildungen umfassen.

Der Grundgedanke der Erfindung besteht darin, anstelle mechanisch verschiebbarer Keile zur Erzeugung variabler Weglängendifferenzen einen oder mehrere Keile in Rotation zu versetzen, wobei die Rotationsbewegung in einer Ebene erfolgt, die zur optischen Achse des Systems um einen definierten Winkel versetzt ist.

Durch diese Maßnahme ist es nicht mehr erforderlich, träge Massen, d. h. die optischen Keile periodisch linear zu beschleunigen, wobei lineare Bewegung und ansonsten erforderliche lineare Führungen entfallen.

Durch die Erfindung kann die Meßgeschwindigkeit und gleichzeitig die Verschleißfreiheit erheblich gesteigert bzw. erhöht werden. Die Vorteile bekannter polarisationsoptischer Interferometeranordnungen gegenüber den Anordnungen nach Michelson bleiben erhalten.

Die Erfindung soll nachstehend anhand von Ausführungsbeispielen sowie unter Zuhilfenahme von Figuren näher erläutert werden.

Hierbei zeigen:

Fig. 1 eine schematische Anordnung der Elemente der interferometrischen Meßanordnung in einer ersten Ausführungsform;

Fig. 2 eine prinzipielle Darstellung der Anordnung der Keile auf einer sich drehenden Scheibe;

Fig. 3 eine Ausführungsform entsprechend Fig. 1, bei der jedoch von einem Laser erzeugtes Licht durch die Meßanordnung geführt wird; und

Fig. 4 eine Meßanordnung mit Polarisationsstrahlteiler.

Fig. 1 zeigt die schematische Anordnung der Elemente der interferometrischen Meßanordnung in ihrer einfachsten Ausführungsform.

Das von einer Lichtquelle 1 oder von einem Lichtwellenleiter erzeugte oder herangeführte Licht wird mittels eines strahlformenden Mittels 2 zu einem parallelen Bündel geformt, wobei die Parallelität des Bündels durch die Nichtpunktförmigkeit der Lichtquelle begrenzt wird. Als strahlformendes Mittel 2 findet abhängig vom Spektralbereich eine Linse, ein Linsensystem, ein Spiegel oder ein Spiegelsystem Verwendung. Beispielsweise empfiehlt es sich, im nahen oder im mittleren

Infrarot Paraboloidspiegel zu verwenden, da hier die Linsen oder Linsensysteme erhebliche Dispersionen über den erforderlichen Spektralbereich und oft auch ungenügende Durchlässigkeiten der Linsensubstrate aufweisen.

Zur weiteren Erläuterung der Funktionsweise der Erfindung sei die Bewegung der rotierenden doppelbrechenden Keile 4, 6 quasi eingefroren, so daß die erzeugte Weglängendifferenz der beiden Teilstrahlen nach Transmission der Gesamtanordnung gerade verschwindet.

Die doppelbrechenden, vorzugsweise optisch einachsigen, Keile 4 und 6 sind jetzt so angeordnet, daß ihre optischen Achsen senkrecht auf der optischen Systemachse 12 stehen, und die Azimute ihrer optischen Achsen parallel zueinander und unter 45° zum Azimut des Polarisators 3 liegen. Beide Keile 4, 6 ergänzen sich zum Quader oder Parallelepipid, wobei die lichtdurchsetzten Oberflächen des Quaders oder Epipeds senkrecht zur Systemachse 12 stehen. Dieser Quader kann, bedingt durch die gleiche Ausrichtung der optischen Achsen und den nur schmalen Spalt zwischen beiden Keilen als homogen betrachtet werden.

Das durch die Optik 2 erzeugte Parallelbündel wird durch einen Polarisator 3 linear polarisiert (die in den Elementen der Fig. 1, 3 und 4 dargestellten Pfeile entsprechen schematisch dem Einfluß der Elemente auf die Intensitäten in den Polarisations Ebenen). Beim Auftreffen des Bündels auf den doppelbrechenden Quader (bestehend aus den Keilen 4 und 6) wird das polarisierte Licht entsprechend der Lage der optischen Achse des Quaders in die senkrecht zueinander polarisierten ordinären und extraordinären Bündel gleicher Intensität zerlegt. Beide Bündel besitzen eine von der Dicke des Quaders und der Differenz der Brechungsindizes abhängige Weglängendifferenz und können wegen der Orthogonalität ihrer Polarisation nicht miteinander interferieren.

Der ebenfalls doppelbrechende, vorzugsweise aus dem gleichen Material bestehende und gleichdicke Kompensator 7 ist so angeordnet, daß seine lichtdurchsetzten Oberflächen senkrecht im Strahlengang stehen. Die optische Achse des Kompensators bildet mit der Systemachse 12 und mit der Achse des oben genannten doppelbrechenden Quaders jeweils einen rechten Winkel. Beim Eintritt des Lichts in den Kompensator tauschen die ordinären und extraordinären Lichtbündel ihre Rollen, sie werden beide entgegengesetzt verzögert. So erzeugt der Kompensator in der eingefrorenen Stellung der Anordnung eine Weglängendifferenz, die der des aus den Keilen gebildeten Quaders genau invers ist. Beide Weglängendifferenzen addieren sich und heben sich auf.

Das zweite als Analysator arbeitende, polarisierende Mittel 8 steht ebenfalls senkrecht zur Systemachse 12. Der Azimut der polarisierenden Ebene ist gegen den Azimut der polarisierenden Ebene des Polarisators 3 um 90° verdreht. Der Analysator 8 analysiert das den Kompensator 7 verlassende Licht. Bei verschwindender Phasendifferenz der Teilstrahlen löschen sich die den Analysator 8 passierenden Teile der Teilstrahlen gerade aus, so daß kein Licht den Analysator 8 verläßt.

Das fokussierende Mittel 9 besitzt vorzugs- aber nicht notwendigerweise den gleichen Aufbau wie das strahlkollimierende Mittel 2. Wenn Licht den Analysator 8 verläßt, wird dieses so auf den Detektor 10 fokussiert. Alternativ kann anstelle des Detektors 10 auch ein Lichtwellenleiter angeordnet sein, der das Licht zu ei-

nem entfernt angeordneten Detektor führt.

Nachfolgend wird der oder die Keile 4 als beweglich und Keil 6 als fest betrachtet. Als einfaches Ausführungsbeispiel soll der Keil 4 (oder zwei oder mehrere Keile 4) wie in Fig. 2 dargestellt rotieren.

Die Bezugszeichen der Fig. 2 entsprechen dabei denjenigen nach Fig. 1, die zum besseren Verständnis in Fig. 2 separat dargestellt wurden. Dazu befinden sich die Keile 4 auf einer Scheibe oder dergleichen, die an den Orten der Keile transparent ist. Die kreisförmige Bewegung jedes der identischen Keile 4 läßt sich gedanklich in eine Translation quer zum sich entlang der Systemachse ausbreitenden optischen Bündel und in eine Rotation um die Systemachse zerlegen.

Der translatorische Anteil der Bewegung eines Keils 4 bewegt unterschiedliche Dickenbereiche des Keils 4 in den Strahlengang, so daß sich dieser mit Keil 6 zu einem Quader variabler (entsprechend Fig. 2 zunehmender) Dicke addiert. Dadurch wird eine variable (entsprechend Fig. 2 zunehmende) Weglängendifferenz erzeugt.

Der Kompensator 7 ist genau so ausgelegt, daß er die vom durch den aus Keil 4 und 6 entstehenden Quader erzeugte Weglängendifferenz kompensiert, wenn der Keil 4 mit seiner senkrecht zur Ausbreitungsrichtung des Lichtes stehenden Fläche symmetrisch im Strahlengang des Lichtbündels steht. In den Bewegungsphasen vor bzw. nach der Symmetriestellung werden bei gemeinsamer Betrachtung der Keile 4 und 6 und des Kompensators 7 zunehmende Weglängendifferenzen erzeugt, die mit einem negativen Wert beginnen, den Nullpunkt überschreiten und mit einem positiven Wert idealerweise gleichen Betrags zum negativen Startwert enden (oder je nach Anordnung der Keile umgekehrt). Diese Weglängendifferenzen erzeugen nach Durchgang des Lichtes durch den Analysator 9 ein symmetrisches Interferogramm.

Der rotatorische Anteil der Bewegung des Keils 4 beeinflusst die durch das kristalloptische Verhalten des Keils erzeugte Weglängendifferenz der beiden Teilbündel des Lichts nicht, da sich die Dicke des aus den Keilen 4 und 6 resultierenden Quaders oder Epipeds nicht ändert. Es ändert sich aber die azimutale Orientierung der optischen Achse des Keils 4 gegenüber der Polarisations Ebene des vom Polarisator 3 kommenden Lichts. Dadurch bekommen die beiden Teilstrahlen (ordinärer und extraordinärer Anteil) des Bündels unterschiedliche Intensitäten. Der Kontrast des Interferogramms verändert sich. Richtet man die Azimute der Anordnung wie in der oben beschriebenen eingefrorenen Stellung ein, erreicht man in dieser Stellung der verschwindenden Phasendifferenz den maximal möglichen Kontrast, da nur dann das vom Polarisator kommende Bündel in zwei gleichintensive Teile zerlegt wird. Bei zunehmender Abweichungen von dieser Stellung in positiver oder negativer Drehrichtung steigt oder sinkt die Weglängendifferenz (verursacht durch die oben beschriebene Translation), gleichzeitig damit nimmt der Kontrast mit zunehmender Abweichung ab. Nach einer Drehung um plus oder minus 45° gegen die Symmetriestellung beträgt der Kontrast null. Diese Stellungen werden jedoch konstruktiv bedingt nicht erreicht.

Bei der auf der Verwendung der Fouriertransformation beruhenden interferometrischen Spektroskopie werden (meist symmetrische) Interferogramme endlicher Weglängendifferenz mit Computern digitalisiert und transformiert. Die Beschränkung der Weglängendifferenz entsteht durch den Abbruch der Aufnahme der Interferogramme bei Erreichen vorgegebener Wer-

te. Dadurch entstehen Verfälschungen, die sich als Nebenmaxima bzw. -minima an scharfen Absorptions- oder Emissionspeaks äußern. Um diese Verfälschungen zu vermeiden, werden die aufgenommenen Interferogramme mit Wichtungsfunktionen multipliziert, die an den Stellen minimaler und maximaler Weglängendifferenz verschwinden. So wird der Kontrast der Interferogramme zu den beiden Enden des Meßbereichs hin numerisch abgesenkt. In diesen Zusammenhang betrachtet ist der oben beschriebene Effekt der Kontrastabnahme nicht störend. Er ist oft sogar erwünscht, da er die Wichtung des Interferogramms optisch unterstützt.

Die Anzahl der zu verwendenden Keile 4 ist beliebig. Der oben beschriebene Prozeß findet bei jedem Durchgang eines Keils durch den Strahlengang statt. Um Unwuchten des Rotors 5 zu vermeiden, sollten jedoch vorteilhaft symmetrische Anordnungen Anwendung finden. Bei Verwendung asymmetrischer Anordnungen sollte ein Massenausgleich durchgeführt werden.

Als weitere, nicht dargestellte Ausführungsform ist es möglich, den feststehenden Keil 6 durch ein oder mehrere Keile 6 zu ersetzen, die auf einem weiteren Rotor befestigt sind und die um die dann beiden Rotoren gemeinsame Drehachse 11 rotieren. Die Rotation der Keile 6 muß dann synchron, gegenläufig und parallel zu den Keilen 4 erfolgen. Der dadurch erreichte Effekt besteht in der Verdoppelung der erreichbaren Weglängendifferenz und der Geschwindigkeit, mit der diese zunimmt.

Bei Verwendung von monochromatischem Licht ist durch Auswertung der durchlaufenden Interferenzstreifen die exakte Bestimmung beispielsweise des Drehwinkels über der Zeit möglich.

Betreibt man die interferometrische Meßanordnung mit polychromatischem Licht, kann dieses Interferogramm digitalisiert und fouriertransformiert werden, um so das Spektrum des Lichts zu erhalten. Dazu ist jedoch die genaue Kenntnis der Zuordnung des interferometrischen Signals zu den Weglängendifferenzen notwendig. Um diese zu ermitteln, gibt es im wesentlichen nachstehende Möglichkeiten.

Eine Möglichkeit besteht in der Messung des Drehwinkels des oder der Keile 4 um die Achse 11. Daraus läßt sich die Veränderung der Dicke des aus den Keilen 6 und 4 entstehenden Quaders messen. Daraus folgt unter Berücksichtigung des Kompensators die resultierende Weglängendifferenz der beiden Teilbündel, die sich über die Meßzeit dem Interferogramm zuordnen läßt.

Eine weitere, in Fig. 3 gezeigte Möglichkeit besteht darin, vorzugsweise von einem Laser 13 erzeugtes monochromatisches Licht bekannter Wellenlänge zusätzlich durch die Meßanordnung transmittieren zu lassen. Dazu wird dieses mit dem Spiegel 13 vor dem Polarisator 3 in die Anordnung eingekoppelt. Es durchläuft den gesamten polarisationsoptischen Teil der Anordnung bis einschließlich Analysator 8, nach dem es mittels eines Spiegels 15 wieder ausgekoppelt und dem Detektor 16 zugeführt wird. Dieses Licht unterliegt genau den gleichen Manipulationen, die auch das polychromatische Licht der Quelle 1 erfährt. So ist es möglich, die Weglängendifferenzen anhand der Interferenzen der monochromatischen Strahlung direkt zu erfassen und den Interferenzen des polychromatischen Lichts zuzuordnen.

Alternativ zur Berechnung der Weglängendifferenzen kann das Signal des Detektors 16 einer Triggerelektronik zugeführt werden, die aus den durchlaufenden Interferenzmustern digitale Triggersignale erzeugt.

Diese sind zur direkten Steuerung der Digitalisierung des Interferenzsignals des Detektors 10 verwendbar. Dadurch kann sichergestellt werden, daß alle Interferenzwerte des polychromatischen Spektrums äquidistant mit einem aus der Wellenlänge des Lichts der Lichtquelle 13 definierten Abstand (oder dessen Bruchteil oder Vielfaches) aufgenommen werden. Die Weglängendifferenz ergibt sich dann von Null (globales Intensitätsminimum) beginnend einfach aus der laufenden Nummer des Meßpunkts und dem Weginkrement des Triggersignals.

Bei dem in der Fig. 4 dargestellten Ausführungsbeispiel wird anstelle des Polarisators ein Polarisationsstrahlenteiler 17 verwendet, der das von der Quelle 1 kommende Licht ebenfalls linear polarisiert.

Das Licht durchläuft die doppelbrechenden Elemente 4, 6 und 7 in zu Fig. 1 analoger Weise. Es wird dann aber durch einen Spiegel 18 in sich selbst zurück reflektiert und passiert die doppelbrechenden Elemente 4, 6 und 7 erneut. Dadurch verdoppeln sich die erzeugten Weglängendifferenzen. Anstelle des Analysators 8 der Fig. 1 wirkt hier der Polarisationsstrahlenteiler 17 als Analysator. Alle nun senkrecht zur Durchlaßrichtung des Teilers 17 polarisierten Lichtanteile — nur diese können in Fig. 1 den Analysator reflektiv passieren — werden an der Strahlteilerschicht reflektiert und verlassen den Teiler seitlich. Über die strahlformende Optik gelangen diese Lichtanteile zum Detektor 10.

Alle bezüglich der Anordnung in Fig. 1 getroffenen Aussagen lassen sich auf dieses Ausführungsbeispiel übertragen. Lediglich die Weglängendifferenzen und die Geschwindigkeit ihrer Veränderung sind zu verdoppeln und die Abnahme des Kontrastes ist zu quadrieren. Gleichfalls ist die Bewegung beider Keilanordnungen 4 und 6 möglich. Die zu Fig. 3 analoge Ein- und Auskoppelung des zusätzlichen Lichts erfolgt zwischen den Elementen 2 und 17 und 9 und 17.

Patentansprüche

1. Interferometrische Meßanordnung nach polarisationsoptischem Prinzip umfassend eine Lichtquelle (1), ein Mittel (2) zur Formung eines parallelen Lichtbündels, ein das Lichtbündel in einer Ebene polarisierendes Mittel (3), ein oder mehrere optisch doppelbrechende Keile (4), der oder die sich abwechselnd mit einem oder mehreren weiteren optisch doppelbrechenden Keilen (6) paarweise zu einem im Strahlengang liegenden Quader oder Parallelepipiped ergänzen, ein optisch doppelbrechendes Kompensationsmittel (7), welches eine zu den Keilen (4, 6) entgegengesetzte Phasendifferenz der ordinären und extraordinären Anteile des parallelen Lichtbündels erzeugt, ein weiteres das Lichtbündel polarisierendes Mittel (8) und ein Mittel (9) zur Fokussierung des Lichtbündels auf einen Detektor (10), wobei alle vorgenannten Mittel entlang der optischen Systemachse (12) angeordnet sind, dadurch gekennzeichnet, daß sich der oder die optisch doppelbrechenden Keile (4, 6) an oder auf einer rotierenden Ebene (5) befinden, die um eine gegen die optische Systemachse (12) geneigte Achse (11) rotiert, wodurch sich der oder die Keile (4, 6) auf einer kreisförmigen Bahn zwischen den polarisierenden Mitteln (3, 8) durch das parallele Lichtbündel bewegen.

2. Interferometrische Meßanordnung nach polarisationsoptischem Prinzip umfassend eine Licht-

quelle (1), ein Mittel (2) zur Formung eines parallelen Lichtbündels, ein das Lichtbündel in einer Ebene polarisierendes Mittel (3), ein oder mehrere optisch doppelbrechende Keile (4), der oder die sich abwechselnd mit einem oder mehreren weiteren optisch doppelbrechenden Keilen (6) paarweise zu einem im Strahlengang liegenden Quader oder Parallelepipiped ergänzen, ein optisch doppelbrechendes Kompensationsmittel (7), welches eine zu den Keilen (4, 6) entgegengesetzte Phasendifferenz der ordinären und extraordinären Anteile des parallelen Lichtbündels erzeugt, ein weiteres das Lichtbündel polarisierendes Mittel (8) und ein Mittel (9) zur Fokussierung des Lichtbündels auf einen Detektor (10), wobei alle vorgenannten Mittel entlang der optischen Systemachse (12) angeordnet sind, dadurch gekennzeichnet, daß die polarisierenden Mittel (3, 8) durch einen gemeinsamen Polarisationsstrahlteiler (17) gebildet werden und daß das parallele Lichtbündel nach Transmission der doppelbrechenden Keile (4, 6, 7) mittels eines Planspiegels (18) in sich selbst zurück reflektiert wird, somit die doppelbrechenden Keile (4, 6, 7) ein zweites Mal passiert, durch den Polarisationsstrahlteiler (17) seitlich wegreflektiert wird und nach Transmission des nunmehr seitlich angeordneten, fokussierenden Mittels (9) zum seitlich angeordneten Detektor (10) gelangt.

3. Anordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die optischen Achsen aller doppelbrechenden Mittel (4, 6, 7) zum Zeitpunkt verschwindender Gesamtphasendifferenz der Keile (4, 6) und des Kompensationsmittels (7) senkrecht zur optischen Systemachse angeordnet sind.

4. Anordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die durch die Doppelbrechung der Keile (4, 6) erzeugten Laufzeitdifferenzen der ordinären und der extraordinären Anteile des parallelen Lichts des Bündels in jeder Phase der Bewegung durch das Lichtbündel das gleiche Vorzeichen haben.

5. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß im Falle der Verwendung nur eines feststehenden Keils (6) dessen optische Achse senkrecht zur optischen Achse des Kompensationsmittels (7) steht.

6. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere doppelbrechende Keile (6) vorhanden sind, die so an oder auf einer weiteren rotierenden Ebene angeordnet sind, die parallel, gegenläufig und synchron zum die doppelbrechenden Keile (4) tragenden rotierenden Ebene (5) um die gleiche Rotationsachse (11) rotiert, so daß sich die doppelbrechenden Keile (4, 6) jeweils paarweise im parallelen Strahlengang zu einem Quader oder Parallelepipiped ergänzen.

7. Anordnung nach Anspruch 1 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß die optischen Achsen der beiden sich jeweils im Strahlengang befindlichen doppelbrechenden Keile (4, 6) zum Zeitpunkt verschwindender Gesamtphasendifferenz der Keile (4, 6) und des Kompensationsmittels (7) parallel zueinander, senkrecht zur optischen Achse des Kompensationsmittels (7) und unter 45° zu den Polarisierungsebenen der polarisierenden Mittel (3, 8) angeordnet sind.

8. Anordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die polarisierenden Mittel (3,

8) das Licht linear polarisieren und daß diese polarisierenden Mittel derart angeordnet sind, daß die Polarisierungsebenen des Lichtes unmittelbar nach Durchstrahlung der polarisierenden Mittel (3, 8) senkrecht aufeinander stehen.

9. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Kompensationsmittel (7) hinsichtlich der optischen Systemachse wahlfrei vor oder nach den Keilen (4, 6) angeordnet werden kann.

10. Anordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß als Lichtquelle (1) lichtzuführende optische Lichtwellenleiter oder optische Hohlleiter vorgesehen sind.

11. Anordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß als strahlformende Mittel (2, 9) linsen- oder linsensystembasierte Kollimatoren, sphärische oder parabolische Spiegel oder Spiegelsysteme Verwendung finden.

12. Anordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Drehwinkel der rotierenden Ebene (5) um die Rotationsachse (11) erfaßt wird und daraus die optische Weglängendifferenz zwischen ordinären und extraordinären Anteilen des parallelen Lichtbündels nach Transmission der doppelbrechenden Mittel (4, 6, 7) berechenbar ist.

13. Anordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß ein zusätzlicher, monochromatischer und paralleler Strahl parallel zur optischen Systemachse die polarisierenden Mittel (3, 8) und die doppelbrechenden Keile (4, 6, 7) transmittiert, dessen Interferenz von einem zusätzlichen Detektor (16) registriert und daraus die optische Weglängendifferenz der ordinären und extraordinären Anteile dieses Strahls berechenbar ist, die mit der optischen Weglängendifferenz der ordinären und extraordinären Anteile des parallelen, von der polychromatischen Lichtquelle (1) kommenden Lichtbündels nach Transmission der doppelbrechenden Keile (4, 6, 7) übereinstimmt.

14. Anordnung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß der monochromatische Lichtstrahl vorzugsweise mittels Spiegel (14, 15) in die Interferometeranordnung ein- und ausgekoppelt wird, wobei der monochromatische Lichtstrahl wahlweise innerhalb oder außerhalb des polychromatischen Lichtbündels laufen kann.

15. Anordnung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß als monochromatische Lichtquelle ein Laser eingesetzt ist.

16. Anordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die am Detektor (10) optoelektronisch erfaßten Interferenzen digitalisiert und einem Computer zur Auswertung zuführbar sind.

17. Anordnung nach Anspruch 13 und/oder 16, dadurch gekennzeichnet, daß die mit dem zusätzlichen Detektor (16) erfaßten monochromatischen Interferenzen bekannter Wellenlänge genutzt werden, um die Digitalisierung der mit dem Detektor (10) erfaßten Signale der polychromatischen Strahlung zu triggern.

18. Anordnung nach Anspruch 12 und/oder 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Werte des Drehwinkels gemessen und weiterverarbeitet werden, um damit die Digitalisierung der mit dem Detektor (10) erfaßten Signale der polychromatischen Strahlung zu triggern.

19. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 18,

dadurch gekennzeichnet, daß das aus der Lichtquelle (1) kommende Licht den sichtbaren, nahinfraroten und/oder den mittelinfraroten Spektralbereich der elektromagnetischen Strahlung umfaßt.

20. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 19, 5
dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem Detektor (10) und dem fokussierenden Mittel (9) ein Licht- oder Hohlwellenleiter angeordnet ist.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

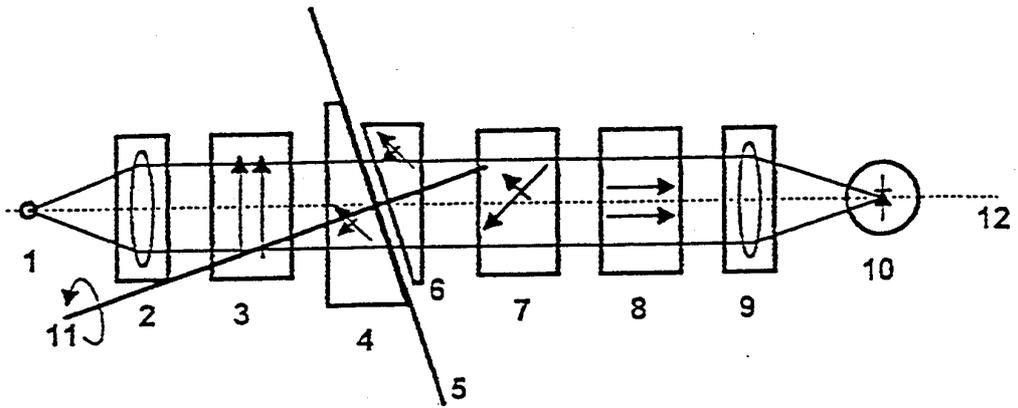


Fig. 1

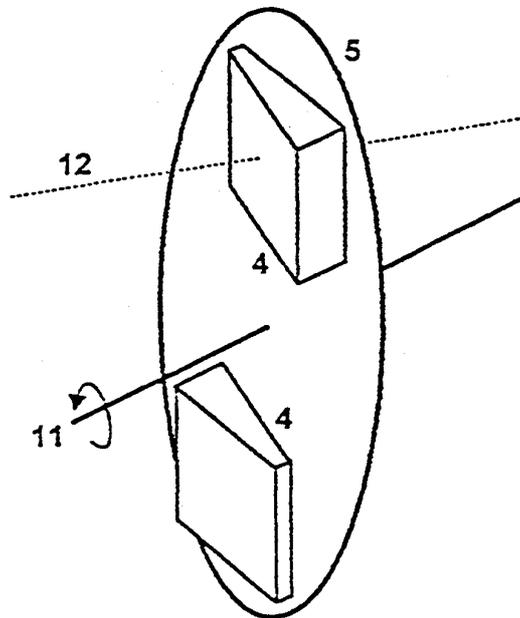


Fig. 2

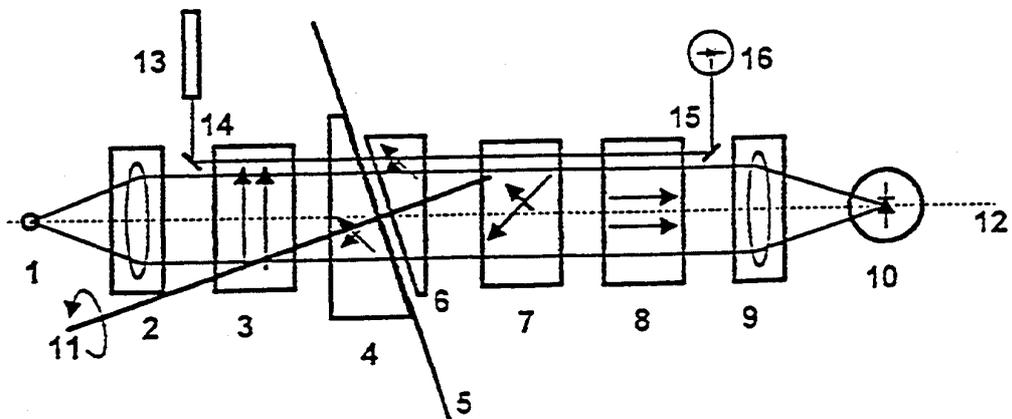


Fig. 3

Fig.4

