



(12)

PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 662/88

(51) Int.Cl.⁵ : **G01J 9/04**

(22) Anmeldetag: 11. 3.1988

(42) Beginn der Patentdauer: 15.12.1989

(45) Ausgabetag: 10. 7.1990

(56) Entgegenhaltungen:

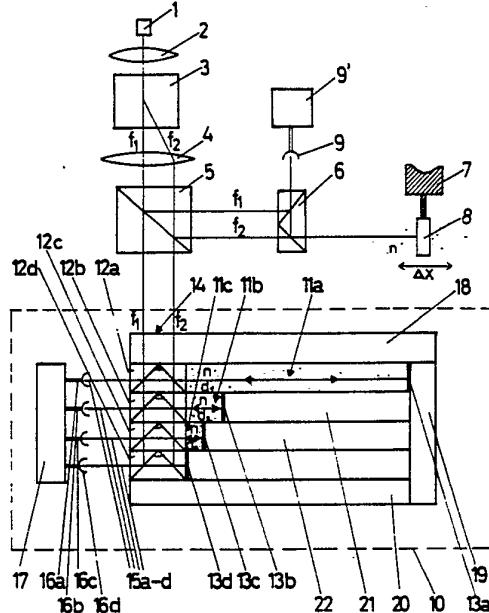
JP-PS57-42824

(73) Patentinhaber:

TABARELLI WERNER DR.
FL-9494 SCHAAN (LI).

(54) EINRICHTUNG ZUR WELLENLÄNGEBESTIMMUNG BZW. BRECHZAHLBESTIMMUNG

(57) Einrichtung zur Bestimmung der in einem Medium vorliegenden Wellenlänge von Lichtstrahlenbündeln bzw. der Brechzahl dieses Mediums, mit zumindest zwei statischen Maßverkörperungen (11a,11b,11c) verschiedener Länge, von denen jede einen unterschiedlichen geometrischen Wegunterschied von je zwei in einem Strahlteiler gebildeten Teilstrahlenbündeln festlegt, wobei eines der Teilstrahlenbündel (f_2) eines solchen Teilstrahlenbündelpaars eine durch die zugehörige Maßverkörperung (11a,11b bzw. 11c) festgelegte Strecke (d_1 , d_2 bzw. d_3) im Medium durchläuft. Es sind zwei Lichtstrahlenbündel verschiedener Frequenz (f_1 , f_2) vorgesehen, wobei aus dem Lichtstrahlenbündel der einen Frequenz (f_1) jeweils das eine Teilstrahlenbündel eines Teilstrahlenbündelpaars und aus dem Lichtstrahlenbündel der anderen Frequenz (f_1) jeweils das andere Teilstrahlenbündel eines Teilstrahlenbündelpaars gebildet sind. Eine fotoelektrische Detektoreinrichtung (17) ermittelt die Phasenlage der in jedem durch Rekombination und Überlagerung von je zwei Teilstrahlenbündeln eines Teilstrahlenbündelpaars gebildeten Ausgangsstrahlenbündel (15a-c) vorliegenden Schwebungsschwingung, wobei diese Phasenlage ein Maß für den optischen Wegunterschied der Teilstrahlenbündel eines Teilstrahlenbündelpaars darstellt.



AT 390 836 B

Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zur Bestimmung der in einem Medium vorliegenden Wellenlänge von Lichtstrahlenbündeln bzw. der Brechzahl dieses Mediums, mit zumindest zwei Maßverkörperungen verschiedener Länge, von denen jede einen unterschiedlichen geometrischen Wegunterschied von je zwei in einem Strahlteiler gebildeten Teilstrahlenbündeln festlegt, wobei eines der Teilstrahlenbündel eines solchen Teilstrahlenbündelpaars eine durch die zugehörige Maßverkörperung festgelegte Strecke im Medium durchläuft, und bei der eine wenigstens einen Fotodetektor aufweisende, fotoelektrische Detektoreinrichtung vorgesehen ist, mit der die aus je zwei re kombinierten Teilstrahlenbündeln eines Teilstrahlenbündelpaars gebildete Ausgangsstrahlenbündel analysierbar sind.

Die Bestimmung der in einem Medium herrschenden Wellenlänge (im folgenden kurz Luftwellenlänge genannt) erfolgt häufig auf dem Umweg einer mechanischen Verschiebung eines Hilfsreflektors um eine durch eine Maßverkörperung festgelegte Strecke, wobei der Verschiebeweg gleichzeitig interferometrisch in Einheiten der Luftwellenlänge gemessen wird. Ein Vergleich liefert auch bei völlig unbekannter Frequenz und völlig unbekannter Brechzahl des Mediums die gesuchte Luftwellenlänge.

Will man die Luftwellenlänge mit einer statischen oder quasistatischen Maßverkörperung bestimmen, so stößt man auf das Problem, daß das Ergebnis der Luftwellenlängenbestimmung bei vorher völlig unbekannter Luftwellenlänge vieldeutig ist. Diese Vieldeutigkeit führt daher, daß zwei verschiedene Wellenlängen dasselbe Meßergebnis liefern, wenn ihr ganzzahliges Vielfaches gleich dem durch die Maßverkörperung relativ zu einem Referenzstrahl festgelegten Laufstreckenunterschied ist, und eben dieses ganzzahlige Vielfache im allgemeinen nicht bekannt ist. Erfüllt jedoch die anfängliche relative Wellenlängenunsicherheit ($\Delta\lambda/\lambda$) die Bedingung $\Delta\lambda/\lambda < \lambda/21$, wobei 21 der durch die Maßverkörperung definierte Wegunterschied ist ((I) die Länge der Maßverkörperung), so ist das genannte ganzzahlige Vielfache festgelegt und damit die Luftwellenlängen mit einer statischen oder quasistatischen Maßverkörperung. Die obige Bedingung an die anfängliche Wellenlängenunsicherheit hängt offensichtlich von der Länge der Maßverkörperung ab. (Man spricht bei Einhalten der oben stehenden Ungleichung auch davon, daß die "Wellenlänge im freien Spektralbereich der Maßverkörperung liegt".) Weist die Maßverkörperung eine geringe Länge auf, so ist die Anforderung an die anfängliche Wellenlängenunsicherheit vorteilhafterweise gering. Andererseits ist die erzielbare Meßgenauigkeit mit einer kurzen Maßverkörperung auch geringer als mit einer langen.

Es wurde daher vorgeschlagen, mehrere Maßverkörperungen verschiedener Länge zu verwenden und die Wellenlänge durch immer längere Etalons (Maßverkörperungen) ausgehend von einer relativ großen Wellenlängenunsicherheit sukzessive zu präzisieren. Dabei werden verschiedene quasistatische Fabry-Perot-Interferometer verwendet, die eine Maßverkörperung mit in großen und ganzen festen Plattenabstand aufweisen, der jedoch piezoelektrisch geringfügig varierbar ist. Durch Variieren des Plattenabstandes kann dieser so eingestellt werden, daß der Wegunterschied des über die Maßverkörperung laufenden Teilstrahlenbündels zu einem Referenzstrahlenbündel derselben Frequenz ($\lambda/2$) beträgt, wobei dann ein Minimum der interferierenden Teilstrahlenbündel detektiert wird. Diese bekannte homodyne (eine Frequenz) Wellenlängenbestimmung ist an sich sehr genau. Der wesentliche Nachteil liegt, abgesehen von Schwierigkeiten bei der Abstimmung der Etalons, im hohen apparativen Aufwand und den damit verbundenen hohen Kosten. Insbesondere der nötige Satz von verschiedenen langen, jeweils piezoelektrisch verstellbaren Fabry-Perot-Etalons zusammen mit der nötigen Steuerung ist äußerst aufwendig und teuer.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine kostengünstige und kompakte Einrichtung der eingangs genannten Gattung zu schaffen, mit der die Wellenlänge in einem Medium (bzw. bei bekannter Frequenz daraus auch die Brechzahl des Mediums) ohne Verwendung von beweglichen Bauteilen auch bei einer relativ großen anfänglichen Wellenlängenunsicherheit rasch und äußerst exakt bestimmbar ist. Dies wird gemäß der Erfindung dadurch erreicht, daß die Maßverkörperungen statische, im Betrieb in ihrer Länge unveränderte Maßverkörperungen sind, daß eine Einrichtung zur Erzeugung zweier Lichtstrahlenbündel verschiedener Frequenz vorgesehen ist, wobei ein Teilstrahlenbündel aus dem Lichtstrahlenbündel der einen Frequenz jeweils das eine Teilstrahlenbündel eines Teilstrahlenbündelpaars und ein Teilstrahlenbündel aus dem Lichtstrahlenbündel der anderen Frequenz jeweils das andere Teilstrahlenbündel eines Teilstrahlenbündelpaars darstellen, und daß die fotoelektrische Detektoreinrichtung eine die Phasenlage der in jedem Ausgangsstrahlenbündel vorliegenden Schwebungsschwingung ermittelnde Phasendetektoreinrichtung aufweist. Im Gegensatz zum bekannten homodynem Wellenlängenbestimmungsverfahren arbeitet die erfundungsgemäße Einrichtung heterodyn, also mit zwei verschiedenen Frequenzen bekannter Frequenzdifferenz. Dies erlaubt die Verwendung von einfachen, völlig statischen Maßverkörperungen (Etalons), z. B. in einem bestimmten fixen Abstand angeordnete Spiegel.

Gemessen wird pro Etalon die Phasenlage der Schwebungsschwingung, die entsteht, wenn ein Teilstrahlenbündel der einen Frequenz mit dem Teilstrahlenbündel der anderen Frequenz, das durch das Laufen über eine durch die jeweiligen Maßverkörperungen definierte Wegstrecke im Medium einen Gangunterschied bzw. eine Phasenverschiebung gegen das eine Teilstrahlenbündel erfährt, re kombiniert und überlagert werden. Der erfundungsgemäßen Methode liegt die Erkenntnis zugrunde, daß sich die direkt nicht meßbare Phasenverschiebung zweier rasch oszillierender Teilstrahlenbündel, die vom Gangunterschied dieser Teilstrahlenbündel abhängt, in der mit heutigen elektronischen Einrichtungen gut erfaßbaren Phasenlage der etwa im Megahertz-Bereich angesiedelten Schwebungsschwingung wiederspiegelt. Aus der Phasenlage der Schwebungsschwingung kennt man also die Phasenlage der beiden Teilstrahlenbündel eines Teilstrahlenbündelpaars und damit deren optischen

Wegunterschied. Zusammen mit dem durch die jeweilige Maßverkörperung festgelegten, bekannten geometrischen Wegunterschied ist damit die Luftwellenlänge des im Medium geführten Teilstrahlenbündels bekannt, sofern die anfängliche Wellenlängenunsicherheit für die jeweilige Maßverkörperung im freien Wellenlängenbereich liegt ($\Delta\lambda/\lambda < \lambda/2l$). Ausgehend von der kleinsten Maßverkörperung (geringe Anforderung an anfängliche Wellenlängenunsicherheit) kann man über immer längere Maßverkörperungen (in denen die gleichen Luftverhältnisse herrschen) eine sukzessive Präzisierung der Luftwellenlänge erreichen.

5 Besonders vorteilhaft läßt sich die erfindungsgemäße Einrichtung zur Wellenlängenbestimmung bei heterodyn betriebenen Interferometeranordnungen anwenden, wo die Einrichtung zur Erzeugung zweier Lichtstrahlenbündel verschiedener Frequenz bereits Bestandteil des Interferometers selbst ist, also bereits zwei Lichtstrahlenbündel 10 verschiedener Frequenz existieren. Grundsätzlich läßt sich die erfindungsgemäße Einrichtung jedoch auch bei homodyn (mit einer Frequenz betrieben) Anordnungen verwenden, indem aus dem Interferometer-Lichtstrahlenbündel durch eine geeignete Einrichtung, beispielsweise durch einen akustooptischen Kristall, zwei Lichtstrahlenbündel verschiedener Frequenz für den erfindungsgemäßen Heterodynbetrieb der gestuften Etalons gebildet werden. Bei der Verwendung der erfindungsgemäßen Einrichtung als Absolut-Refraktometer müssen die 15 Frequenzen der beiden verschiedenenfrequenten Lichtstrahlenbündel bekannt sein. Dies kann dadurch geschehen, daß als Lichtquelle ein Frequenznormal verwendet ist, oder durch eine geeignete Ergänzung der gestuften Etalons etwa durch ein Quarzetalon, was später noch näher erläutert werden wird.

10 Weitere Einzelheiten und Vorteile der Erfindung werden in der folgenden Beschreibung der Figuren anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert.

20 Es zeigen die Fig. 1 ein Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Einrichtung als Wellenlängenbestimmungseinrichtung in einer Interferometeranordnung zur Bestimmung des Verschiebeweges eines beweglichen Bauteiles und die Fig. 2 ein weiteres Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Einrichtung als Absolut-Refraktometer.

25 Die in Fig. 1 gezeigte Laserinterferometeranordnung arbeitet nach dem sogenannten Heterodyn-Verfahren, bei dem zwei frequenzmäßig geringfügig differierende Teilstrahlen verwendet werden.

30 Eine Laserdiode (1) sendet monochromatisches, infrarotes Licht aus, das von der Linse (2) gesammelt und auf den akustooptischen Kristall (3) fokussiert wird. In diesem akustooptischen Kristall (3) erfolgt die Aufteilung in die benötigten Teilstrahlen mit den Frequenzen (f_1) und (f_2), wobei der geraudeaus laufende Teilstrahl die Originalfrequenz (f_1) hat, während der abgelenkte Teilstrahl eine um (Δf) (ca. 50 MHz) verschobene Frequenz aufweist ($f_2 = f_1 + \Delta f$). Die nachgeschaltete Linse (4) richtet die beiden Teilstrahlen parallel aus.

35 Ein Strahlteiler (5), der eine halbdurchlässige Spiegelschicht aufweist, die durch die halbverspiegelte Diagonalfläche eines Würfels aus Glas gebildet ist, lenkt einen Teil beider Teilstrahlen in Richtung des Meßinterferometerbauteiles (6), in dem der Teilstrahl (f_1) und der über den am beweglichen Bauteil (7) über eine Verbindungsstange verbundenen Reflektor (8) laufende andere Teilstrahl überlagert werden und einem Fotodetektor (9) zugeführt werden, der an eine elektronische Auswerteinrichtung (9') angeschlossen ist. Der genannte Meßinterferometerbauteil (6) besteht lediglich aus zwei halbdurchlässigen Spiegelflächen, die zum Schutz innerhalb von Quarzglaskörpern angeordnet sind. Bei ruhendem Reflektor (8) ändert sich die Amplitude der auf den Fotodetektor (9) auftreffenden Gesamtstrahlung mit der Ruhe-Schwebungsfrequenz (Δf) der beiden 40 Teilstrahlen, welche in der Auswerteinrichtung (9') gezählt wird. Im Gegensatz zu den Frequenzen (f_1), (f_2) der Teilstrahlen, die im $5 \cdot 10^{14}$ Hz-Bereich liegen und heute nicht direkt meßbar sind, ist (Δf), das ca. 50 MHz beträgt, direkt und präzise meßbar. Bei Bewegung des Bauteiles (7) bzw. des Reflektors (8) ändert sich auf Grund des Doppler-Effektes die Frequenz des über den Reflektor (8) laufenden Teilstrahles proportional mit der Verschiebegeschwindigkeit.

45 Die damit entstehende Änderung der vom Fotodetektor (9) empfangenen Schwebungsfrequenz gegenüber der Ruhe-Schwebungsfrequenz ist ein Maß für die momentane Verschiebegeschwindigkeit, die über die Zeit integriert die Verschiebe-Strecke des Reflektors (8) in Einheiten der vorhandenen Wellenlänge im Medium (Brechzahl (n)) auf der Meßstrecke (im folgenden kurz Luftwellenlänge genannt, obwohl durchaus auch andere Medien als Luft denkbar sind) ergibt. Um diese Verschiebestrecke (Δx) in metrischen Maßeinheiten (m, mm, μm etc.) zu 50 kennen, muß diese Luftwellenlänge zu allen Zeiten genau bekannt sein. Zur Ermittlung dieser Luftwellenlänge dient die gesamte in Fig. 1 unterhalb des Strahlteilers (6) liegende Einrichtung (10), die ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Einrichtung darstellt.

55 Im vorliegenden Ausführungsbeispiel weist die erfindungsgemäße Einrichtung drei verschieden lange, statische Maßverkörperungen (11a-c) (Länge in dem auch auf der eigentlichen Meßstrecke (Δx) vorhandenen Medium (d_1), (d_2) bzw. (d_3)) sowie eine Referenzmaßverkörperung (Länge im Medium = 0) auf, die jeweils im wesentlichen gleich aufgebaut sind und die einfach jeweils durch einen in einem bestimmten Abstand ((d_1) bzw. 0) von den zugehörigen Strahlteilern (12a-d) angeordneten Spiegeln (13a-d) gebildet sind. Die Maßverkörperung (11a) der größten Länge (d_1) ist dabei der Eintrittsstelle (14) der beiden erfindungsgemäß vorgesehenen Lichtstrahlenbündel verschiedener Frequenz (f_1), (f_2) in die Einrichtung (10) am nächsten

angeordnet. Die auf Grund der unterschiedlichen Längen der Maßverkörperungen vorliegenden unterschiedlichen Intensitätsverluste in den einzelnen Maßverkörperungen können auch durch verschiedene durchlässige Strahlteilerschichten kompensiert werden, sodaß auch die Ausgangsstrahlenbündel (15a-d) zu den jeweils zugeordneten Fotodetektoren (16a-d) der fotoelektrischen Detektoreinrichtung (17) in etwa die gleiche Intensität aufweisen.

5 In den Strahlteileln (12a-d), die im vorliegenden Ausführungsbeispiel jeweils zwei unter einem rechten Winkel zueinander und unter 45° zu den parallel in die Einrichtung eintretenden Lichtstrahlenbündeln (f₁), (f₂) angeordnete Strahlteilerschichten aufweisen, wird jeweils ein Teilstrahlenbündelpaar verschiedener Frequenz gebildet, wobei ein Teilstrahlenbündelpaar (Frequenz (f₂)) eine durch die jeweilige Maßverkörperung (11a) bzw. (11b) bzw. (11c) festgelegte Strecke (d_i) im Medium durchläuft. Bei der dem anderen Teilstrahlenbündel (Frequenz (f₁)) zugeordneten Strahlteilerschicht (linke Strahlteilerschicht in Fig. 1) werden die nun einen bestimmten optischen Gangunterschied aufweisenden Teilstrahlenbündel überlagert und gemeinsam als Ausgangsstrahlenbündel (15a-d) dem zugehörigen Fotodetektor (16a-d) zugeführt. Außerdem geht durch die Strahlteilerschichten der Strahlteiler (12a-c) jeweils ein Teilstrahlenbündel zum nächsten Strahlteiler (12b-d) weiter.

10 15 Die fotoelektrische Detektoreinrichtung (17) erfaßt erfindungsgemäß die Phasenlagen der in den Ausgangsstrahlenbündeln (15a-c) vorhandenen Schwebungsschwingung, und zwar - im vorliegenden Ausführungsbeispiel - jeweils relativ zur Phasenlage der im Ausgangsstrahlenbündel (15d) vorliegenden Referenzschwebungsschwingung. Da die Strahlteiler (12a-d) im wesentlichen gleich aufgebaut sind (die Strahlteilerschichten sind jeweils in Quarzglas eingebettet), liegen gleiche Glaswege vor und die Phasenlagen der Schwebungsschwingungen in den Ausgangsstrahlenbündeln (15a-c) relativ zur Phasenlage der Referenzschwebungsschwingung im Ausgangsstrahl (15d), wo der Spiegel (13d) direkt am Strahlteiler (12d) angebracht ist, geben direkt die durch Zurücklegen der Strecken (d_i) im Medium der Brechzahl (n) hervorgerufene Phasenverschiebungen des Teilstrahlenbündels der Frequenz (f₂) an. Aus diesen Phasenverschiebungen läßt sich - bei bekannten (d_i's) - die im Medium vorliegende Wellenlänge bestimmen.

20 25 Die Eindeutigkeit dieser Wellenlängenbestimmung ist pro Maßverkörperung jedoch nur dann gegeben, wenn die Wellenlängenunsicherheit bei dieser Maßverkörperung $\Delta\lambda/\lambda < \lambda/2d_i$ ist. Man wird daher ausgehend von einer anfänglichen Wellenlängenunsicherheit ($\Delta\lambda/\lambda$) zunächst mit der kleinsten Maßverkörperung der Länge (d₃) die Wellenlänge etwas genauer bestimmen und damit die Wellenlängenunsicherheit reduzieren und zwar soweit, daß die obige Ungleichung für die nächstlängere Maßverkörperung der Länge (d₂) erfüllt ist, sodaß auch dort die Bestimmung eindeutig ist. Mit den längsten Maßverkörperungen (d₃) wird letztlich die Wellenlängenunsicherheit am weitesten reduziert oder mit anderen Worten, die Wellenlänge am genauesten bestimmt (= Ergebnis der Messung). Diese sukzessive Präzisierung der Luftwellenlänge kann in der fotoelektrischen Detektoreinrichtung (17) auf elektronischem Weg in Echtzeit erfolgen.

30 35 Das Ergebnis der vorliegenden Wellenlängenbestimmung ist der Auswerteinrichtung (9') zugeführt, die dann die Verschiebestrecke (Δx) in Metern anzeigt oder anderweitig weitervermittelt.

40 Ein besonderer Vorteil der erfindungsgemäßen Einrichtung besteht neben der hohen Meßgenauigkeit im vollkommen statischen Aufbau, der ohne bewegte Teile auskommt. Die Körper aus Glas der einzelnen Strahlteiler (12a-d) sind über plane Flächen direkt aneinandergefügt. Über Verbindungskörper (18), (19) und (20) sind die Strahlteiler (12a-d) und die Abstandhalter (21) und (22) der Spiegel (13b) und (13c) zu einer statischen, kompakten Einheit zusammengebaut.

45 Die erfindungsgemäße Einrichtung läßt sich nicht nur zur Bestimmung der Luftwellenlänge allein verwenden, sondern - bei bekannter Frequenz der Lichtstrahlenbündel - in einem Absolutrefraktometer, wie dies in Fig. 2 dargestellt ist.

50 55 Die in Fig. 2 gezeigte Anordnung unterscheidet sich von der in Fig. 1 gezeigten Anordnung im wesentlichen durch den Wegfall der Bauteile (5), (6), (7), (8), (9) und (9') und durch die Ergänzung der erfindungsgemäßen Einrichtung durch ein Quarzetalon (23) mit bekannter Brechzahl (n_{QUARTZ}) samt dem zugehörigen Spiegel (24), dem Strahlteiler (25) und dem Fotodetektor (26) sowie einer zusätzlichen elektronischen Auswertschaltung (nicht dargestellt) in der Detektoreinrichtung (17).

Durch Messung der Phasenlage der Schwebungsschwingung des Ausgangsstrahlenbündels (27), das aus einem Teilstrahlenbündel der Frequenz (f₁) und einem über das Quarzetalon (23) geführten Teilstrahlenbündel der Frequenz (f₂) gebildet ist, relativ zur Phasenlage im Ausgangsstrahl (15d), ist die Frequenz der Teilstrahlenbündel in der zusätzlichen Auswertschaltung ermittelbar (die Brechzahl des Quarzes ist ja bekannt) und daraus bei ebenfalls bekannter Luftwellenlänge die gesuchte Brechzahl des Mediums (n). Dieses Refraktometer weist gegenüber bekannten Refraktometern einen äußerst kompakten Aufbau auf. Insbesondere sind keine Vakuumpumpen nötig. Außerdem kann die Brechzahlbestimmung in Echtzeit erfolgen.

Die Brechzahlbestimmung mit einem einzigen zusätzlichen Quarzetalon, wie es oben beschrieben ist, ist dann eindeutig, wenn die Brechzahl der Luft (bzw. allgemein des Mediums) beispielsweise nach der Parametermethode

bereits soweit grob bekannt ist, daß das Quarzetalon im freien Wellenlängenbereich liegt. Will man auf die Parametermethode oder eine äquivalente Methode verzichten und dennoch eine eindeutige Brechzahlbestimmung erreichen, so kann man dies dadurch erreichen, daß mehrere Etalons, vorzugsweise Quarzetalons, verschiedener Länge vorgesehen sind, über die je ein Teilstrahlenbündel eines Teilstrahlenbündelpaars durch ein Medium

5 bekannter Brechzahl geführt ist, wobei die Stufung der Längen dieser Etalons vorzugsweise in etwa der Stufung der Längen der statischen Maßverkörperungen entspricht, über die jeweils ein Teilstrahlenbündel eines Teilstrahlenbündelpaars durch ein Medium mit zu bestimmender Brechzahl geführt ist.

Die Erfindung ist selbstverständlich nicht auf die gezeigten Ausführungsbeispiele beschränkt. Sowohl die Anzahl als auch der Aufbau der Maßverkörperungen und Strahlteiler kann im Rahmen der Erfindung variiert. 10 Außerdem kann die erfindungsgemäße Einrichtung auch bei anderen als den gezeigten Anordnungen entweder zur Bestimmung der Luftwellenlänge oder der Brechzahl eines Mediums verwendet werden. Anstelle des bzw. der Quarzetalons ist beispielsweise auch ein Frequenznormal als Lichtquelle denkbar und möglich, wodurch die erfindungsgemäße Einrichtung zu einem Absolut-Refraktometer wird.

15

PATENTANSPRÜCHE

20

- 25 1. Einrichtung zur Bestimmung der in einem Medium vorliegenden Wellenlänge von Lichtstrahlenbündeln bzw. der Brechzahl dieses Mediums, mit zumindest zwei Maßverkörperungen verschiedener Länge, von denen jede einen unterschiedlichen geometrischen Wegunterschied von je zwei in einem Strahlteiler gebildeten Teilstrahlenbündeln festlegt, wobei eines der Teilstrahlenbündel eines solchen Teilstrahlenbündelpaars eine durch die zugehörige Maßverkörperung festgelegte Strecke im Medium durchläuft, und bei der eine wenigstens einen 30 Fotodetektor aufweisende, fotoelektrische Detektoreinrichtung vorgesehen ist, mit der die aus je zwei rekombinierten Teilstrahlenbündeln eines Teilstrahlenbündelpaars gebildete Ausgangsstrahlenbündel analysierbar sind, dadurch gekennzeichnet, daß die Maßverkörperungen statische, im Betrieb in ihrer Länge (d_1, d_2, d_3) unveränderte Maßverkörperungen (11a, 11b, 11c) sind, daß eine Einrichtung zur Erzeugung zweier Lichtstrahlenbündel verschiedener Frequenz (f_1, f_2) vorgesehen ist, wobei ein Teilstrahlenbündel aus dem 35 Lichtstrahlenbündel der einen Frequenz (f_1) jeweils das eine Teilstrahlenbündel eines Teilstrahlenbündelpaars und ein Teilstrahlenbündel aus dem Lichtstrahlenbündel der anderen Frequenz (f_2) jeweils das andere Teilstrahlenbündel eines Teilstrahlenbündelpaars darstellen, und daß die fotoelektrische Detektoreinrichtung (17) eine die Phasenlage der in jedem Ausgangsstrahlenbündel (15a bis c) vorliegenden Schwebungsschwingung ermittelnde Phasendetektoreinrichtung aufweist.
- 40 2. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Maßverkörperungen (11a bis c) jeweils einen in einem bestimmten Abstand (d_1, d_2 bzw. d_3) von den jeweiligen Strahlteilern (12a, 12b bzw. 12c) zur Bildung eines Teilstrahlenbündelpaars angeordneten Spiegel (13a, 13b bzw. 13c) aufweisen.
- 45 3. Einrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest einer Maßverkörperung (11a, 11b bzw. 11c) eine Strahlteileinrichtung (12a, 12b bzw. 12c) zugeordnet ist, die für jedes der beiden auftreffenden Lichtstrahlenbündel verschiedener Frequenz (f_1, f_2) eine Strahlteilerschicht aufweist, durch die einerseits Teilstrahlenbündel gegebenenfalls zu dahinterliegenden, weiteren Strahlteileinrichtungen (12b bzw. 12c) weiterer Maßverkörperungen (11b bzw. 11c) durchtreten können, wobei andererseits das 50 von der einen Strahlteilerschicht reflektierte Teilstrahlenbündel der einen Frequenz (f_2) über die zugehörige Maßverkörperung (11a, 11b bzw. 11c) geführt ist und mit einem Gangunterschied auf die andere Strahlteilerschicht gelangt, sodaß durch Überlagerung mit dem dort reflektierten Teilstrahlenbündel der anderen Frequenz (f_1) ein Ausgangsstrahlenbündel (15a bis c) mit einer Schiebungsschwingung bestimmter Phasenlage gebildet wird.
- 55 4. Einrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Strahlteilerschichten untereinander rechte Winkel einschließen und unter 45° zu parallel in die Einrichtung (10) eintretenden Lichtstrahlenbündeln (f_1, f_2) angeordnet sind.

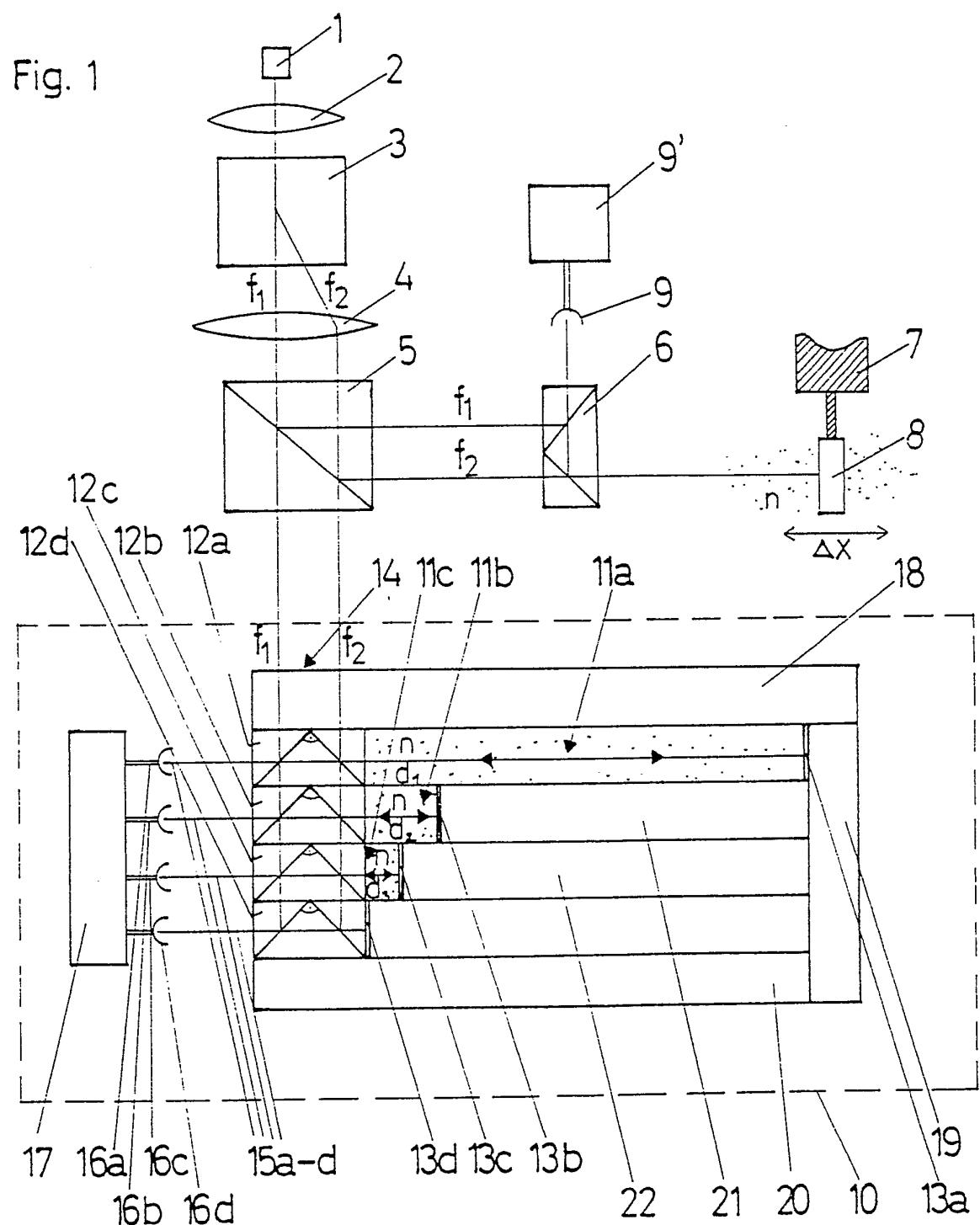
5. Einrichtung nach Anspruch 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Strahlteilerschichten jeweils in einem Körper aus durchsichtigem Werkstoff, insbesondere Quarzglas, eingebettet sind und daß die Körper der einzelnen Strahlteilereinrichtungen (12a bis d, 25) über plane Flächen direkt aneinandergefügt sind.
- 5 6. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß alle Maßverkörperungen (11a bis c, 23) und die optischen Strahlteiler (12a bis d, 25) zu einer statischen, kompakten Einheit zusammengebaut sind.
- 10 7. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß jedem Teilstrahlenbündelpaar bzw. jedem daraus gebildeten Ausgangsstrahlenbündel (15a bis d) ein eigener Fotodetektor (16a bis d) zugeordnet ist.
- 15 8. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß die fotoelektrische Detektoreinrichtung (17) eine Phasendetektoreinrichtung zur Ermittlung der Phasenlagen der in den einzelnen Ausgangsstrahlenbündeln (15a bis c, 27) vorliegenden Schwebungsschwingungen relativ zur Phasenlage einer aus zwei Teilstrahlenbündeln verschiedener Frequenz erzeugten Referenzschwebungsschwingung aufweist.
- 20 9. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß zur Erzeugung der Referenzschwebungsschwingung eine im wesentlichen gleichartige Strahlteilereinrichtung (12d) und eine im wesentlichen gleichartige Maßverkörperung vorgesehen sind, wie zur Erzeugung eines Ausgangsstrahlenbündels (15a bis c) aus einem Teilstrahlenbündelpaar, wobei jedoch im Falle der Referenzschwebungsschwingung beide Teilstrahlenbündel bis zur Rekombination in einem Medium bekannter Brechzahl, insbesondere Quarzglas, verlaufen.
- 25 10. Einrichtung nach Anspruch 2 und Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Spiegel (13d) bei der Strahlteilereinrichtung (12d) zur Erzeugung der Referenzschwebungsschwingung direkt an der Strahlteilereinrichtung (12d) angebracht ist.
- 30 11. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß zusätzlich zu den statischen Maßverkörperungen (11a bis c), welche für jeweils eines der Teilstrahlenbündel eines Teilstrahlenbündelpaars über bestimmte Strecke in einem Medium zu bestimmender Brechzahl festlegen, mindestens eine weitere statische Maßverkörperung, vorzugsweise ein Quarzetalon (23) vorgesehen ist, durch die das eine Teilstrahlenbündel des Teilstrahlenbündelpaars über eine bekannte Strecke in einem Medium bekannter Brechzahl geführt ist.
- 35 12. Einrichtung nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, daß mehrere Etalons, vorzugsweise Quarzetalons, verschiedener Länge vorgesehen sind, über die je ein Teilstrahlenbündel eines Teilstrahlenbündelpaars durch ein Medium bekannter Brechzahl geführt ist, wobei die Stufung der Längen dieser Etalons vorzugsweise in etwa der Stufung der Längen der statischen Maßverkörperungen entspricht, über die jeweils ein Teilstrahlenbündel eines Teilstrahlenbündelpaars durch ein Medium mit zu bestimmender Brechzahl geführt ist.

Ausgegeben

10. 7.1990

Int. Cl. 5: G01J 9/04

Blatt 1



Ausgegeben

10. 7.1990

Int. Cl.⁵: G01J 9/04

Blatt 2

Fig. 2

