



(12) Wirtschaftspatent

Teilweise bestätigt gemäß § 18 Absatz 1
Patentgesetz

(19) **DD** (11) **203 976 B1**

4(51) G 01 N 21/45

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

(21)	WP G 01 N / 235 258 8	(22)	01.12.81	(45)	24.12.86
				(44)	09.11.83

(71)	siehe (72)
(72)	Keßler, Traugott, Dipl.-Phys., 6900 Jena, Thymianweg 10; Knoblich, Johannes, DD

(54)	Verfahren und Anordnung zur interferometrischen Temperatur- und Brechzahlbestimmung
------	---

Patentansprüche:

1. Verfahren zur interferometrischen Temperatur- und Brechzahlbestimmung, bei dem die Strahlung einer monochromatischen Lichtquelle mittels optischer Glieder in ein Bezugsstrahlenbündel und ein Meßstrahlenbündel aufgespalten und das entstehende Interferenzbild mittels einer Abbildungsoptik hinter der Ebene einer Austrittsöffnung erfaßt wird und die Abbildungsoptik durchläuft, **gekennzeichnet dadurch**, daß das monochromatische Meßstrahlenbündel von den Grundplatten (9) der Prüflinge (10) und einer Bestimmungsmeßeinrichtung (11) und deren Meßoberflächen reflektiert wird und daß die interferometrische Brechzahlbestimmung als Differenz zwischen dem erzeugten Interferenzstreifensystem (B) der Grundplatte (9) und dem Interferenzstreifensystem (C) der Meßoberfläche eines relativ temperaturunabhängigen Körpers der Bestimmungsmeßeinrichtung (11) und die interferometrische Temperaturbestimmung als Differenz zwischen den erzeugten Interferenzstreifensystemen (C und A) der beiden Meßoberflächen der Bestimmungsmeßeinrichtung (11) visuell oder elektronisch erfaßt wird.
2. Anordnung zur Realisierung des Verfahrens nach Anspruch 1 mit einer zur elektrischen Erfassung des Interferenzbildes hinter der Abbildungsoptik nachgeordneten optischen Empfängeranordnung, **gekennzeichnet dadurch**, daß auf dem Objektisch in einem bestimmten Abstand Grundplatten mit angesprengten Prüflingen und mit der Bestimmungsmeßeinrichtung schwenkbar in den monochromatischen Meßstrahlengang angeordnet sind.
3. Anordnung nach Anspruch 2, **gekennzeichnet dadurch**, daß die Bestimmungsmeßeinrichtung aus einem Quarz-Etalon und einem Metallendmaß besteht.
4. Anordnung nach Anspruch 2, **gekennzeichnet dadurch**, daß das Quarz-Etalon und das Metallendmaß bei $\vartheta \approx 20^\circ\text{C}$ eine Längendifferenz von $\Delta l \leq 100\text{nm}$ besitzen.

Hierzu 1 Seite Zeichnungen

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anordnung zur interferometrischen Temperatur- und Brechzahlbestimmung. Sie kann überall dort eingesetzt werden, wo eine hochpräzise Temperatur- und Brechzahlbestimmung in quasistatischen Temperaturfeldern visuell oder elektronisch erfolgen soll, z. B. in Interferenzkomparatoren, interferentiellen Laser-Wegmeßsystemen, Interferometern usw.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Es ist bekannt, die Brechzahl der Luft aus Einzelgrößen zu bestimmen (VEB Carl Zeiss JENA, Gebrauchsanleitung Interferenzkomparator, Druckschriften-Nr. 24-G21Of-1 [1967]). Hierbei wird die Lufttemperatur mit einem Thermometer im Interferenzkomparator, der Luftdruck mit einem Quecksilberbarometer außerhalb des Gerätes und die Luftfeuchtigkeit mit einem Aspirationspsychrometer ebenfalls außerhalb des Gerätes bestimmt.

Diese Messungen müssen vielfach korrigiert werden und bestimmen wesentlich die Gesamtunsicherheit der interferometrischen Längenmessung.

Weiterhin ist ein Verfahren für die interferometrische Brechzahlbestimmung in einem Interferenzkomparator bekannt geworden (Kinder, W., Ein-Meter-Komparator für interferometrische Längenbestimmung in Vakuumwellenlängen, Werkzeitschrift Nr. 43 [Zeiss-Oberkochen] 1961/62).

Für die Endmaß- oder Strichmaßmessungen ist hierbei ein gesondertes Interferenzrefraktometer notwendig. Dieses besteht aus einem Interferometer mit einer Vakuumstrecke als Bezugsstrecke. Der zwischen Vakuumstrecke und Luftstrecke bestehende Gangunterschied wird mittels apochromatischer Kompensatoren kompensiert.

Es ist weiterhin ein Zweistrahlinterferometer zur Brechzahlbestimmung von durchsichtigen Medien bekannt geworden (WP 113634). Mit Hilfe optischer Glieder wird die Strahlung einer Lichtquelle in zwei Strahlenbündel aufgespalten. Das erste Teilstrahlenbündel durchläuft eine Luftstrecke und ein zweites Teilstrahlenbündel eine Vakuumstrecke. Beide Strahlenbündel werden in einem Kösters-Doppelprisma zur Interferenz gebracht. Das Interferenzlicht wird mittels eines Objektivs in die Ebene eines Austrittsspalt geworfen und erzeugt dort ein Interferenzbild, das Meßstreifenbild. Das Meßstreifenbild wird mit einem Bezugsstreifenbild weiterverarbeitet.

In DD-WP 120082 ist bereits ein interferometrisches Meßsystem mit elektronischer Erfassung eines Interferenzbildes beschrieben.

Ziel der Erfindung

Die Erfindung verfolgt das Ziel, mit einem relativ geringen zeitlichen und technischen Aufwand eine hochgenaue interferometrische Temperatur- und Brechzahlbestimmung zu ermöglichen.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Anordnung zur hochgenauen interferometrischen Temperatur- und Brechzahlbestimmung zu schaffen, das mit einem relativ geringen technischen Aufwand eine Automatisierung und den Anschluß eines Rechners ermöglicht.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren zur interferometrischen Temperatur- und Brechzahlbestimmung, bei dem die Strahlung einer monochromatischen Lichtquelle mittels optischer Glieder in ein Bezugsstrahlenbündel und ein Meßstrahlenbündel aufgespalten und das entstehende Interferenzbild mittels einer Abbildungsoptik hinter der Ebene einer

Austrittsöffnung erfaßt wird, und die Abbildungsoptik durchläuft, erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß das monochromatische Meßstrahlenbündel von den Grundplatten der Prüflinge und einer Bestimmungsmeßeinrichtung und deren Oberflächen reflektiert wird. Das erzeugte Interferenzbild durchläuft die Abbildungsoptik und kann visuell oder elektronisch erfaßt werden. Die interferometrische Brechzahlbestimmung wird aus der Differenz zwischen dem erzeugten Interferenzstreifensystem der Grundplatte und der Meßoberfläche eines relativ temperaturabhängigen Körpers der Bestimmungsmeßeinrichtung und die interferometrische Temperaturbestimmung aus der Differenz zwischen den erzeugten Interferenzstreifensystemen der beiden Meßoberflächen der Bestimmungsmeßeinrichtung gebildet. Bei der erfindungsgemäßen Anordnung zur Realisierung des Verfahrens sind auf dem Objektisch in einem bestimmten Abstand Grundplatten mit angesprengten Prüflingen und einer Bestimmungsmeßeinrichtung schwenkbar in dem monochromatischen Meßstrahlengang angeordnet. Zur elektronischen Erfassung des Interferenzbildes ist der Abbildungsoptik eine optische Empfängeranordnung nachgeordnet.

Erfindungsgemäß ist es von Vorteil, daß die Bestimmungsmeßeinrichtung aus einem relativ temperaturunabhängigen Körper, z. B. aus einem Quarz-Etalon, und aus einem Metallendmaß, beispielsweise aus Aluminium, besteht. Weiterhin ist es erfindungsgemäß von Vorteil, daß das Quarz-Etalon und das Metallendmaß bei $\vartheta \approx 20^\circ\text{C}$ eine Längendifferenz von $\Delta l \leq 100\text{ nm}$ besitzt.

Durch die Erfindung ist eine kombinierte Temperatur- und Brechzahlbestimmung möglich, wobei der Effekt der interferometrischen Längenmessung für die Brechzahl- und Temperaturbestimmung ausgenutzt wird. Diese Meßergebnisse bilden die Grundlage für die präzise interferometrische Längenbestimmung der Prüflinge.

Ausführungsbeispiel

Das Wesen der Erfindung soll an einem in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiel näher erläutert werden. Es zeigen:

Fig. 1: eine Anordnung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens

Fig. 2: ein Interferenzstreifensystem für die gleichzeitige interferentielle Temperatur- und Brechzahlbestimmung

In Fig. 1 wird das monochromatische Licht eines Laser 1 mittels einer Aufweitungseinrichtung 2, z. B. eine rotierende Mattglasscheibe, aufgeweitet und gelangt durch eine Eintrittsöffnung 3 auf ein Objektiv 4. Das Objektiv 4 wandelt das divergente Strahlenbündel in ein paralleles Strahlenbündel um, das anschließend von einem Planspiegel 5 um 90° umgelenkt wird. Ein Teil des Strahlenbündels, im folgenden als Bezugsstrahlenbündel bezeichnet, wird an der Oberfläche einer Strahlungsteilerplatte 6 reflektiert und wird durch einen Planspiegel 7 in sich selbst reflektiert.

Ein weiterer Teil des von dem Planspiegel 5 reflektierten Strahlenbündels durchläuft die Strahlungsteilerplatte 6, nachfolgend als Meßstrahlenbündel bezeichnet, und wird je nach Stellung eines schwenkbaren Objektisches 8 von den Grundplatten 9 der Prüflinge 10 und deren Meßoberflächen, bzw. von den Meßoberflächen einer Bestimmungsmeßeinrichtung 11 reflektiert. Bei Überlagerung des Meßstrahlenbündels mit dem Bezugsstrahlenbündel entstehen Interferenzstreifensysteme, die sogenannten Interferenzstreifen gleicher Dicke.

Da auf dem Objektisch 8 die Grundplatte 9 mit den angesprengten Prüflingen 10 und der Bestimmungsmeßeinrichtung 11 in einem bestimmten Abstand angeordnet sind, kann durch das Drehen des Objektisches 8 um definierte Winkelbeträge die Bestimmungsmeßeinrichtung 11, beispielsweise aus einem Quarz-Etalon und einem Metallendmaß bestehen, und die Prüflinge 10 in den Meßstrahlengang nacheinander eingeschwenkt werden. Das hinter einer Austrittsöffnung 13 erfaßbare Interferenzstreifensystem durchläuft eine Abbildungsoptik 14 und gelangt bei der elektronischen Erfassung auf eine optische Empfängeranordnung 15. Wird als optische Empfängeranordnung 15 eine CCD-Zeile verwendet, so ist zwischen der Abbildungsoptik 14 und der optischen Empfängeranordnung 15 eine schwenkbare, auf der Zeichnung nicht dargestellte, planparallele Platte notwendig, um die einzelnen Interferenzstreifensysteme unmittelbar nacheinander auf die CCD-Zeile zu projizieren. Nimmt man einen größeren Aufwand für die Auswertung des erfaßten Interferenzsystems in Kauf, so ist die Verwendung einer CCD-Matrix möglich, wobei dann auf die planparallele Platte verzichtet werden kann. An die optische Empfängeranordnung 15 kann, auf der Zeichnung nicht dargestellt, eine Auswertelektronik und eine elektrische Temperatur- und Luftdruckmeßeinrichtung angeschlossen werden, deren Meßwerte durch einen Rechner weiter verarbeitbar sind.

In Fig. 2 ist ein Interferenzstreifensystem für eine gleichzeitige interferometrische Temperatur- und Brechzahlbestimmung dargestellt.

Voraussetzung für diese kombinierte interferometrische Temperatur- und Brechzahlbestimmung ist eine Kalibrierung. Es wird in der Nähe der Bestimmungsmeßeinrichtung 11 mit einem hochgenauen Thermometer, z. B. Platin-Widerstandsthermometer, die Lufttemperatur bestimmt. Des weiteren wird in der Ebene der Bestimmungsmeßeinrichtung der Luftdruck, z. B. mit einem Quecksilberbarometer, und die Luftfeuchtigkeit des Meßraumes, beispielsweise mittels Aspirationspsychrometer, gemessen. Auf der Grundlage der drei ermittelten Werte wird die Brechzahl n rechnerisch bestimmt.

Bei der interferometrischen Brechzahlbestimmung wird gemäß Fig. 2 aus der Differenz a zwischen dem erzeugten Interferenzstreifensystem der Grundplatte 9 und der Meßoberfläche des Quarz-Etalons die Brechzahl ermittelt. Des weiteren kann die interferometrische Temperaturbestimmung aus der Differenz b zwischen dem erzeugten Interferenzstreifensystem der Meßoberflächen des Quarz-Etalons und des Metallendmaßes erfolgen. Dabei wird die Längenänderung des Metallendmaßes (großer Längentemperaturkoeffizient) gegenüber der relativen Längenkonstanz des Quarz-Etalons (kleiner Längentemperaturkoeffizient) bei Temperaturabweichungen ausgenutzt.

Zum Zeitpunkt der Messung der Einzelgrößen wird der Bezugspunkt in Form des vorhandenen Interferenzstreifenmusters festgelegt. Bei einer Abweichung der Temperatur oder der Brechzahl von dem Bezugspunkt erfolgt eine Verschiebung des Interferenzstreifensystems. Um eine Abweichung von den Bezugsbedingungen um eine oder mehrere Ordnungen festzustellen, ist eine grobe Vormessung des Drucks von ± 2 Torr und der Temperatur von $\pm 0,6\text{ K}$ notwendig.

Entsprechend der zugehörigen Ordnung kann aus den Interferenzbruchteilen die präzise Temperatur- und Brechzahlbestimmung erfolgen. Die z. B. mit mechanischen Mitteln vorgemessenen Prüflinge können so einer bestimmten Ordnung zugeordnet werden. Für die Bestimmung der Länge der Prüflinge 10 entsprechend der vorhandenen

Umweltbedingungen erfolgt die Erfassung der Interferenzbruchteile aus dem Interferenzstreifensystem zwischen der Grundplatte 9 und der Meßoberfläche des Prüflings 10.

Unter Berücksichtigung der mittels der Bestimmungsmeßeinrichtung 11 ermittelten Temperatur und Brechzahl kann die Länge des Prüflings, z. B. eines Parallelendmaßes, für die Bezugstemperatur bestimmt werden.

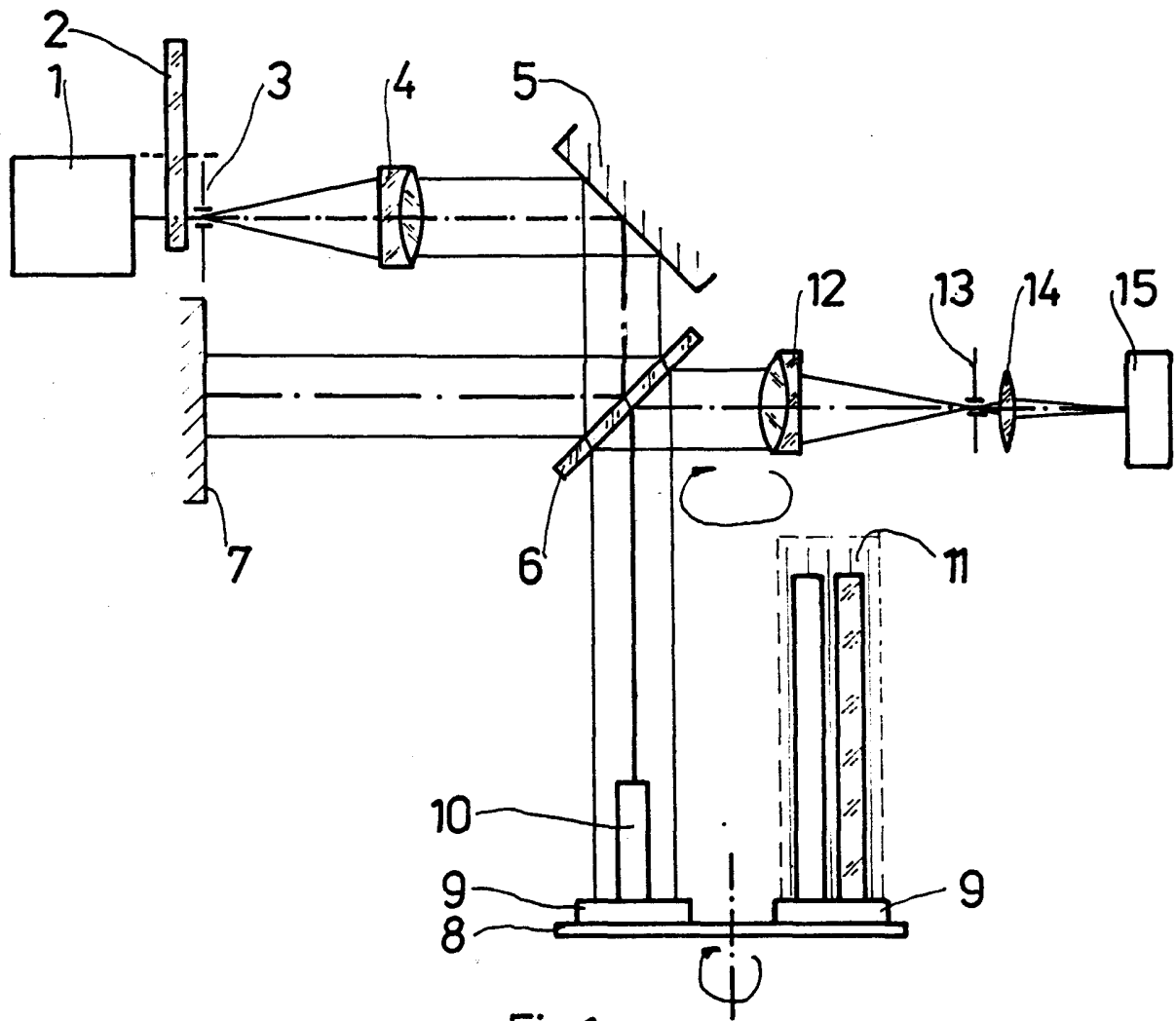


Fig.1

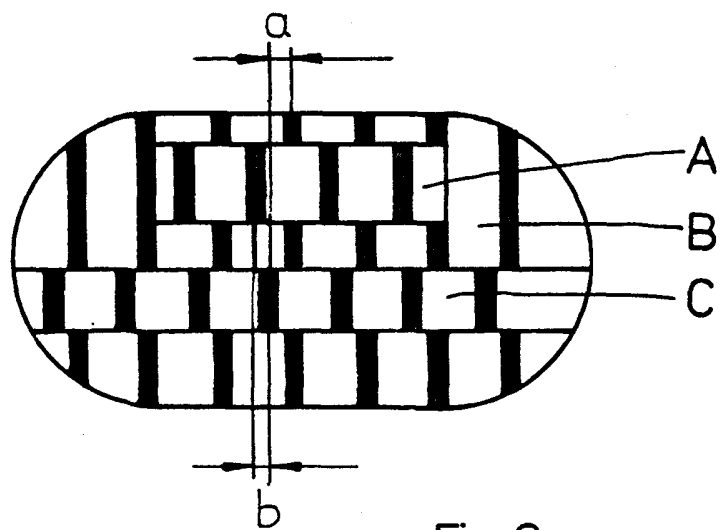


Fig.2