



Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 5 Absatz 1 des Änderungsgesetzes
zum Patentgesetz

ISSN 0433-6461

(11)

203 976

Int.Cl.³

3(51) G 01 N 21/45

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) WP G 01 N/ 2352 588

(22) 01.12.81

(44) 09.11.83

(71) siehe (72)

(72) KESSLER, TRAUGOTT, DIPL.-PHYS.; KNOBLICH, JOHANNES; DD;

(73) siehe (72)

(74) VEB CARL ZEISS JENA BUERO FÜR SCHUTZRECHTE 6900 JENA CARL-ZEISS-STR. 1

(54) VERFAHREN UND ANORDNUNG ZUR INTERFEROMETRISCHEN TEMPERATUR- UND BRECHZAHLBESTIMMUNG

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anordnung zur interferometrischen Temperatur- und Brechzahlbestimmung. Sie kann überall dort eingesetzt werden, wo mit einem relativ geringen zeitlichen und technischen Aufwand eine hochgenaue Temperatur- und Brechzahlbestimmung in quasi statischen Temperaturfeldern visuell oder elektronisch erfolgen soll. Erfindungsgemäß wird die Strahlung einer Lichtquelle in ein Bezugsstrahlenbündel und ein Meßstrahlenbündel aufgespalten. Das monochromatische Meßstrahlenbündel wird von den Grundplatten der Prüflinge und einer Bestimmungsmeßeinrichtung und deren Oberflächen reflektiert. Das erzeugte Interferenzbild kann visuell oder elektronisch erfaßt werden.

Anwendungsgebiet der Erfindung:

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-G210f-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 Austrittsspaltess geworfen und erzeugt dort ein Interferenzbild, das Meßstreifenbild. Das Meßstreifenbild wird mit einem Bezugsstreifenbild weiterverarbeitet.

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, erfindungsgemäß

dadurch gelöst, daß das monochromatische Meßstrahlenbündel von den Grundplatten der Prüflinge und einer Bestimmungsmeßeinrichtung und deren Oberflächen reflektiert wird. Das erzeugte Interferenzbild durchläuft eine Zusatzoptik 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 temperaturunabhängigen Körpers der Bestimmungsmeßeinrichtung und die interferometrische Temperaturbestimmung aus der Differenz zwischen dem erzeugten Interferenzstreifensystem 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 sind der Austrittsöffnung eine Zusatzoptik und 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 $T \approx 20^{\circ}\text{C}$ 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

5 Fig. 1 eine Anordnung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens

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

10 In Fig. 1 wird das monochromatische Licht eines Lasers 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,
15 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.
20 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
25 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 Grundplatten 9 mit den angesprengten Prüflingen 10 und der Bestimmungsmeßeinrichtung 11 in
30 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 bestehend, und die Prüflinge 10 in
35 den Meßstrahlengang nacheinander eingeschwenkt werden. Das hinter einer Austrittsöffnung 13 erfaßbare Interferenzstreifensystem durchläuft eine Zusatzoptik 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 Zusatzoptik 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-Matrixe 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. Desweiteren 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. Desweiteren 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.

- 5 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 mehrerer Ordnungen festzustellen,
- 10 ist eine grobe Vormessung des Drucks von ± 2 Torr und der Temperatur von $\pm 0,6$ 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
- 15 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.
- 20 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.

Erfindungsanspruch:

1. Verfahren zur interferometrischen Temperatur- und Brech-
zahlbestimmung, bei dem die Strahlung einer monochromati-
schen Lichtquelle mittels optischer Glieder in ein Bezugs-
strahlenbündel und ein Meßstrahlenbündel aufgespalten und
das entstehende Interferenzbild mittels einer Abbildungs-
optik hinter der Ebene einer Austrittsöffnung erfaßt wird,
gekennzeichnet dadurch, daß das monochromatische Meßstrah-
lenbündel von den Grundplatten der Prüflinge und einer Be-
stimmungsmeßeinrichtung und deren Meßoberflächen reflek-
tiert wird, daß das Interferenzbild eine Zusatzoptik
durchläuft und daß die interferometrische Brechzahlbestim-
mung als Differenz zwischen dem erzeugten Interferenz-
streifensystem der Grundplatte und der Meßoberfläche
eines relativ temperaturunabhängigen Körpers der Bestim-
mungsmeßeinrichtung und die interferometrische Temperatur-
bestimmung als Differenz zwischen dem erzeugten Interfe-
renzstreifensystem der beiden Meßoberflächen der Bestim-
mungsmeßeinrichtung visuell oder elektronisch erfaßt
wird.
2. Anordnung zur Realisierung des Verfahrens nach Punkt 1,
gekennzeichnet dadurch, daß auf dem Objektisch in einem
bestimmten Abstand Grundplatten mit angesprengten Prüf-
lingen und mit der Bestimmungsmeßeinrichtung schwenkbar
in den monochromatischen Meßstrahlengang angeordnet und
daß zur elektronischen Erfassung des Interferenzbildes
hinter der Austrittsöffnung eine Zusatzoptik und eine op-
tische Empfängeranordnung nachgeordnet sind.
3. Anordnung nach Punkt 2, gekennzeichnet dadurch, daß die
Bestimmungsmeßeinrichtung aus einem Quarz-Etalon und
einem Metallendmaß besteht.
4. Anordnung nach Punkt 2, gekennzeichnet dadurch, daß das
Quarz-Etalon und das Metallendmaß bei $T \approx 20^\circ \text{C}$ eine Län-
gendifferenz von $\Delta l \leq 100 \text{ nm}$ besitzen.

Hierzu 1 Seite Zeichnungen

