



(12) Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

(19) **DD** (11) **236 587 A1**

4(51) G 01 B 9/02

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21)	WP G 01 B / 275 575 7	(22)	26.04.85	(44)	11.06.86
------	-----------------------	------	----------	------	----------

(71)	Technische Hochschule Ilmenau, 6300 Ilmenau, Straße der Jungen Techniker, DD
(72)	Büchner, Hans-Joachim, Dr.-Ing.; Jäger, Gerd, Prof. Dr. sc. techn., DD

(54)	Inkrementaler Stehende-Wellen-Sensor
------	---

(57) Die Erfindung kann überall dort angewendet werden, wo die zu messende technisch physikalische Größe eine Änderung des optischen Weges bewirkt. Gegenüber anderen Interferometern zeichnet sich die vorliegende Erfindung durch ihre kleine, einfache und kompakte Ausführung aus. Dadurch werden der Interferometrie Meßobjekte zugänglich gemacht, die ihr bisher aufgrund des komplizierten Aufbaus der bekannten Interferometer nicht zugänglich waren. Die Meßobjekte können auch optisch berührungslos angetastet werden. Der Abstand zwischen den mit teilweise transparenten und fotoelektrisch aktiven Schichten versehenen Endflächen des Abtastetalons wird durch ein piezoelektrisches Material hergestellt. Durch Anlegen einer elektrischen Gleichspannung an das piezoelektrische Material wird die Länge des Abtastetalons gemäß der Bedingung $k \cdot \frac{\lambda}{2}$ eingestellt und durch Überlagerung einer elektrischen Wechselspannung wird der Abstand zur Kontrolle der inkrementalen 90°-Phasenverschiebung periodisch moduliert. Bei Verwendung eines optisch nicht transparenten piezoelektrischen Materials wird das Abtastetalon als Luftplatte ausgebildet und bei Verwendung von optisch transparentem piezoelektrischen Material wird das Etalon als Quarzplatte ausgeführt.

Erfindungsanspruch:

1. Inkrementaler Stehende-Wellen-Sensor, bestehend aus monochromatischer Laser-Strahlungsquelle, optisch doppelbrechenden und reflektierenden Bauelementen und einem Abtastetalon, dessen parallele Endflächen mit teilweise transparenten und fotoelektrisch aktiven Schichten versehen sind, **gekennzeichnet dadurch**, daß der Abstand zwischen den Endflächen (4, 5) des Abtastetalons (2) durch ein Material (2.3) eingestellt ist, dessen geometrische Länge in Richtung der stehenden Welle (1) durch eine elektrische Gleichspannung auf den Wert $k \cdot \frac{\lambda}{8}$ eingestellt ist und daß an das Material (2.3) zusätzlich eine elektrische Wechselspannung angeschlossen ist.
2. Inkrementaler Stehende-Wellen-Sensor nach Punkt 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß das Abtastetalon (2) als Luftplatte ausgebildet ist und aus zwei optisch transparenten Planplatten (2.1, 2.2) besteht und der Abstand zwischen den Endflächen (4,5) des Abtastetalons (2) aus einem optisch nicht transparenten piezoelektrischen Material (2.3) eingestellt ist.
3. Inkrementaler Stehende-Wellen-Sensor nach Punkt 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß das Abtastetalon (2) aus einem optisch transparenten und piezoelektrischen Material (2.3) hergestellt ist.

Hierzu 1 Seite Zeichnungen

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung kann überall dort angewendet werden, wo die zu messende technisch-physikalische Größe eine Änderung des optischen Weges bewirkt. Das trifft in erster Hinsicht zu für alle diejenigen Meßaufgaben, die unmittelbar auf eine Wegmessung zurückgeführt werden, es bezieht sich aber auch auf solche Meßobjekte, bei denen die Änderung des optischen Weges durch eine Änderung der Brechzahl erzeugt wird.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Es wurde bereits ein Stehende-Wellen-Interferometer zur Messung von optischen Gangunterschieden vorgeschlagen, bei dem zwischen einer monochromatischen Lichtquelle und einem Reflektor eine stehende Welle erzeugt wird. In der stehenden Welle ist ein Abtastetalon angeordnet, das aus zwei ebenen und parallelen Flächen besteht, die senkrecht zur optischen Achse der stehenden Welle orientiert sind und mit teilweise transparenten und fotoelektrisch-aktiven Schichten versehen sind. Diese teilweise transparenten und fotoelektrisch aktiven Schichten auf den Endflächen des Abtastetalons wirken als fotoelektrische Empfänger und tasten das Intensitätsprofil der stehenden Welle inkremental ab. Der Abstand zwischen den Endflächen des Etalons muß konstant sein und hat einen der diskreten Werte $k \cdot \frac{\lambda}{8}$, wobei k eine beliebige ungerade Zahl und λ die Wellenlänge der die stehende Welle erzeugenden Strahlung ist. In einem Ausführungsbeispiel der obengenannten Erfindung ist das Abtastetalon als Glasplatte ausgebildet und in einem anderen Ausführungsbeispiel ist es als Luftplatte ausgeführt, wobei der Abstand $k \cdot \frac{\lambda}{8}$ zwischen den Endflächen der Luftplatte mit einem Distanzstück aus einem Material mit niedrigem Ausdehnungskoeffizienten, z.B. Invar, eingestellt ist, um Änderungen dieses Abstandes durch Störgrößen, wie z.B. Temperatureinfluß, weitgehend auszuschalten.

Nachteilig ist bei beiden Ausführungsformen des Stehende-Wellen-Interferometers, daß einer der diskreten Werte $k \cdot \frac{\lambda}{8}$ technologisch genau hergestellt werden muß. Zweitens kann nie ausgeschlossen werden, daß sich während des Betriebes des Interferometers der Etalonabstand sowohl bei der Ausführung des Abtastetalons als Glasplatte oder als Luftplatte ändert und damit die inkrementale Meßwertgewinnung in Frage gestellt ist.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es, die Forderungen bei der Herstellung des Abstandes zwischen den Endflächen des Abtastetalons für ein Stehende-Wellen-Interferometer zu senken und gleichzeitig eine höhere Sicherheit bei der inkrementalen Meßwertgewinnung zu schaffen. Darüber hinaus zeichnet sich die vorliegende Erfindung gegenüber anderen Interferometern durch ihre kleine, einfache und kompakte Bauweise aus. Dadurch werden der Interferometrie solche Anwendungen zugänglich gemacht, die ihr bisher aufgrund des komplizierten Aufbaus der bekannten Interferometer nicht zugänglich waren. Die fotoelektrische Abtastung der Interferenzstruktur besteht nicht mehr als getrennte Baugruppe neben dem Interferometer, sondern sie ist funktionell und technologisch in das Interferometer integriert.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Inkrementalen Stehende-Wellen-Sensor zu schaffen, bei dem die Notwendigkeit entfällt, daß der Abstand zwischen den Endflächen des Abtastetalons technologisch genau in einem der Bedingung $k \cdot \frac{\lambda}{8}$ genügenden Maß hergestellt sein muß, indem dieser Abstand veränderlich und beeinflussbar ist. Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß der Abstand zwischen den Endflächen des Abtastetalons durch ein Material eingestellt ist, dessen geometrische Länge in Richtung der stehenden Welle durch eine elektrische Gleichspannung auf den Wert $k \cdot \frac{\lambda}{8}$ eingestellt ist. Dieser Gleichspannung ist zusätzlich eine elektrische Wechselspannung überlagert, die den Abstand zwischen den Endflächen des Abtastetalons zur Kontrolle der inkrementalen 90°-Phasenverschiebung periodisch

moduliert. Das Abtastetalon ist als Luftplatte ausgebildet und besteht aus zwei optisch transparenten Glasplatten und der Abstand zwischen den Endflächen des Abtastetalons ist aus einem optisch nicht transparenten piezoelektrischen Material eingestellt. Das Abtastetalon kann aber auch aus einem optisch transparenten piezoelektrischen Material hergestellt sein. Die inkrementale Meßwertgewinnung in einer stehenden Welle ist unmittelbar mit der inkrementalen Abtastung eines körperlichen Maßstabs vergleichbar, denn das Intensitätsprofil der stehenden Welle verkörpert mit seinen Maxima und Minima eine ebenso räumlich feststehende Gitterteilung wie z. B. die Hell-Dunkelstriche eines inkrementalen Glasmaßstabes. Bekanntlich setzt die inkrementale Meßwertgewinnung zwei um 90° phasenverschobene elektrische Signale voraus. Bei der inkrementalen Abtastung einer stehenden Welle wird die Bezugsgröße von 360° durch eine Periode des Intensitätsprofils der stehenden Welle erzeugt, die $\frac{\lambda}{2}$ beträgt. Deshalb sind die Endflächen des Abtastetalons im Abstand von $k \cdot \frac{\lambda}{8}$ anzuordnen, um die zur inkrementalen Meßwertgewinnung erforderlich 90°-Phasenlage zu erzeugen.

Die Endflächen des Abtastetalons sind diejenigen Flächen, die mit den teilweise transparenten und fotoelektrisch aktiven Schichten versehen sind. Im folgenden wird der Abstand zwischen den Endflächen des Abtastetalons auch als Etalonabstand bezeichnet.

Ändert sich der Etalonabstand aus irgendwelchen Gründen, zieht das die Änderung der 90°-Phasenlage nach sich, was zu Störungen der inkrementalen Meßwertgewinnung führen kann. Wird aber der Etalonabstand durch ein Material eingestellt, dessen Abmessung in Richtung dieses Abstandes beeinflussbar und veränderlich ist, kann bei irgendwelchen Änderungen dieses Abstandes durch Regelung der ursprüngliche Abstand jederzeit wiederhergestellt werden. Materialien, deren geometrische Abmessungen beeinflussbar sind, sind z. B. piezoelektrische Materialien. Legt man an ein solches piezoelektrisches Material eine elektrische Gleichspannung an und verändert deren Wert, dann ändert sich gleichzeitig eine der Abmessungen des Körpers um einen der elektrischen Spannung proportionalen Wert. Ordnet man ein solches piezoelektrisches Material zwischen den Endflächen des Abtastetalons an, dann kann durch Änderung der am Material anliegenden Gleichspannung der Etalonabstand verändert und auf jeden beliebigen Wert eingestellt werden. Im vorliegenden Falle wird dieser Abstand vorzugsweise einer der diskreten Werte $k \cdot \frac{\lambda}{8}$ sein, der der Grundlänge des piezoelektrischen Materials, d. h. wenn die anliegende elektrische Gleichspannung Null ist, benachbart ist. Damit kann die Grundlänge des piezoelektrischen Materials völlig beliebig sein, und es entfällt die Notwendigkeit, die Abmessung des Distanzstückes zwischen den Endflächen des Abtastetalons auf einen der diskreten Werte $k \cdot \frac{\lambda}{8}$ genau herstellen zu müssen.

Weiterhin ist es zweckmäßig, der am Etalon anliegenden elektrischen Gleichspannung eine periodische elektrische Wechselspannung zu überlagern und damit den Etalonabstand periodisch zu modulieren. In diesem Falle entfernen und nähern sich die Endflächen des Etalons periodisch mit der Frequenz der am piezoelektrischen Material anliegenden elektrischen Wechselspannung, und es werden in beiden fotoelektrisch-aktiven Schichten des Abtastetalons durch Abtastung des Intensitätsprofils der stehenden Welle zwei phasenverschobene fotoelektrische Wechselspannungen erzeugt. Die Phasenverschiebung zwischen diesen zwei fotoelektrischen Wechselspannungen beträgt genau 90°, wenn der Etalonabstand im Nulldurchgang der mechanischen Schwingung des piezoelektrischen Materials $k \cdot \frac{\lambda}{8}$ beträgt. Diese Bedingung kann aber mit Hilfe der am piezoelektrischen Material anliegenden elektrischen Gleichspannung eingehalten werden. Im Falle der mit einer Wechselspannung modulierten Abtastetalons ergibt sich der Meßwert aus einer Mittelwertbildung.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll anhand von zwei Ausführungsbeispielen erläutert werden. In den zugehörigen Zeichnungen zeigen:

Fig. 1: Abtastetalon als Luftplatte mit moduliertem Distanzstück aus einem optisch nicht transparenten piezoelektrischen Material

Fig. 2: Abtastetalon aus einem optisch transparenten piezoelektrischen Material

In Fig. 1 ist das Intensitätsprofil der am Spiegel 3 erzeugten stehenden Welle 1 dargestellt. In der stehenden Welle 1 befindet sich das Abtastetalon 2, das hier als Luftplatte ausgebildet ist und aus den Glasplatten 2.1 und 2.2 besteht, deren Flächen 4 und 5 mit den teilweise transparenten und fotoelektrisch-aktiven Schichten 6 und 7 belegt sind. Zwischen den Glasplatten 2.1 und 2.2 befindet sich das die Luftplatte bildende Distanzstück, das aus einem optisch nicht transparenten piezoelektrischen Material 2.3 besteht. Das piezoelektrische Material 2.3 hat die Elektroden 2.31 und 2.32, an denen die Gleichspannung U. anliegt. Im dargestellten statischen Fall ist die Gleichspannung U. so bemessen, daß der Abstand der Endflächen 4, 5 des Abtastetalons 2, bezogen auf eine Periode des Intensitätsprofils, 90° beträgt. Wird an die Elektroden 2.31 und 2.32 zusätzlich eine sinusförmige periodische Wechselspannung angelegt, dilatiert und kontrahiert das rohrförmige piezoelektrische Material 2.3 im Takte der Wechselspannung und gleichzeitig ändert sich sinusförmig der Abstand der Endflächen 4, 5 des Abtastetalons. In diesem Falle werden von den teilweise transparenten und fotoelektrisch aktiven Schichten 6 und 7 ebenfalls sinusförmige elektrische Wechsignale abgegeben, die bei Einhaltung der obengenannten Voraussetzung eine gegenseitige Phasenverschiebung von 90° haben.

In Fig. 2 ist eine Ausführungsform des Abtastetalons 2 gezeigt, bei der das den Abstand zwischen den Endflächen 4, 5 des Abtastetalons herstellende Material 2.3 sowohl optisch transparent als auch piezoelektrisch aktiv ist. Ein solches Material ist z. B. Quarz. In diesem Falle besteht das Abtastetalon 2 aus einem kompakten Quarzkörper, an den zwei ebene und parallele Flächen 4 und 5 angearbeitet sind, die mit den teilweise transparenten und fotoelektrisch aktiven Schichten 6, 7 versehen sind. Zusätzlich befinden sich am Quarzkörper die Elektroden 2.31 und 2.32, an denen die elektrische Gleichspannung und die elektrische Wechselspannung anliegen.

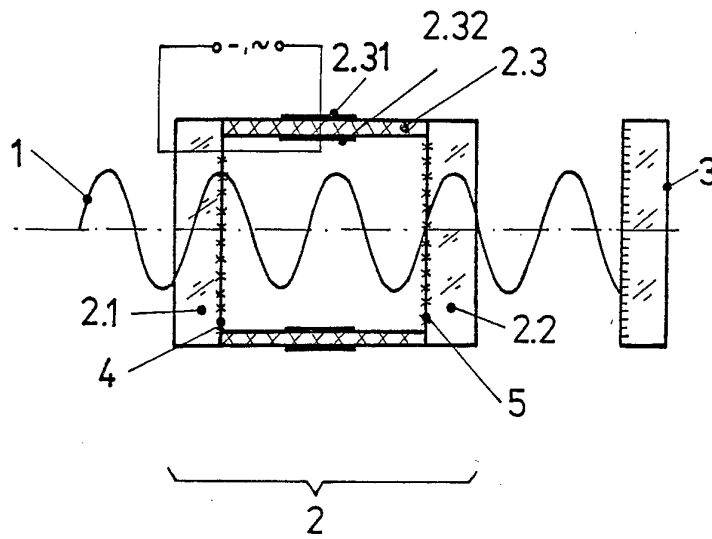


Fig. 1

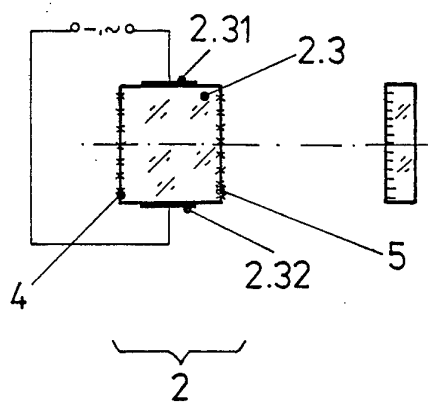


Fig. 2