



Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

ISSN 0433-6461

(11)

215 168

Int.Cl.³

3(51) G 01 M 11/00

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) WP G 01 M/ 2504 651

(22) 02.05.83

(44) 31.10.84

(71) KOMBINAT VEB KABELWERK OBERSPREE (KWO) "WILHELM PIECK", BERLIN, DD

(72) WURBS, GUIDO, DIPL.-PHYS.; KUKA, GEORG, DR. DIPL.-PHYS.; NEUMANN, UWE, DIPL.-PHYS., DD;

(54) VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR INTERFEROMETRISCHEN PRÜFUNG VON LICHTLEITERVORFORMEN UND LICHTLEITERN

(57) Die Erfindung hat zur Aufgabe, die Längshomogenität von Lichtleitervorformen und Lichtleitern auf interferometrischem Wege anhand eines Musterexemplars direkt sichtbar zu machen, wobei die Ausdehnung und die Größe der Abweichungen abgeschätzt werden können. Die Aufgabe wird gelöst, indem ein von einer Strahlungsquelle ausgehender Lichtstrahl in zwei kohärente Strahlenbündel zerlegt wird, wovon das eine Bündel das Prüfobjekt und das andere ein Musterexemplar durchläuft, beide anschließend durch Einspiegelung zur Überlagerung gebracht und vergrößert auf einem Beobachtungsschirm abgebildet werden. Eine der Durchführung des Verfahrens dienende Vorrichtung besteht erfindungsgemäß aus einem Lasergerät (12), dem ein Teleskopsystem (2) und zur Zerlegung des Laserstrahls (1) ein halbdurchlässiger Spiegel (3) nachgeschaltet ist. Im Strahlengang jedes Strahlenbündels befindet sich ein Umlenkspiegel (4; 5) und innerhalb einer mit Immersionsflüssigkeit gefüllten Küvette (6) sind das Musterexemplar (7), das zu prüfende Objekt (8) sowie ein halbdurchlässiger Spiegel (9) angeordnet, auf den die beiden Strahlenbündel auftreffen. Nach der Küvette (6) befindet sich zur vergrößerten Abbildung der vereinigten Strahlenbündel auf einem Beobachtungsschirm (11) ein Vergrößerungssystem (10). Figur

Verfahren und Vorrichtung zur interferometrischen Prüfung von Lichtleitervorformen und Lichtleitern

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur interferometrischen Prüfung von Lichtleitervorformen und Lichtleitern, mit deren Hilfe Fehler in der Längshomogenität, besonders im Brechzahlprofil und im Durchmesser, feststellbar sind.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Es ist bekannt, Lichtleitervorformen und Lichtleiter mit Licht aus dem sichtbaren Spektralbereich zu durchleuchten und auf diese Weise unkompliziert und kostengünstig fehlerhafte Objekte zu erkennen (Elektronik H.12/82, S.93 ff). Dieses relativ einfache Verfahren ist aber mit großen Ungenauigkeiten im Meßergebnis verbunden.

Andere Verfahren bestimmen in gleichmäßigen Abständen das Brechzahlprofil längs der Vorform bzw. des Lichtleiters und stellen anschließend die Änderungen graphisch dar (US-PS 4 181 433). Diese Verfahren sind sehr aufwendig, weil zunächst das Brechzahlprofil bestimmt werden muß, um dann zu entscheiden, ob sich dieses ändert.

Bekannt ist auch ein Verfahren, bei dem vom zu untersuchenden Objekt ein holographisches Interferogramm aufgezeichnet und bei einer zweiten Aufnahme das Objekt z.B. in z-Richtung verschoben wird, wobei die einfallende ebene Welle gegenüber dem Objekt geringfügig geneigt ist (Applied Optics H.8/81, S.1418 ff). Rekonstruiert man anschließend die beiden deformierten Wellenfronten auf holographischem Wege, dann erhält man in der Beobachtungsebene charakteristische Interferenzstrukturen.

Es erscheinen auf dem Beobachtungsschirm äquidistante Geraden, wenn sich das Brechzahlprofil längs der Vorform bzw. des Lichtleiters nicht ändert. In den Gebieten, in denen Abweichungen vorhanden sind, sind die Geraden verformt. Die Verformung in z-Richtung ist um so stärker, je größer die Abweichung im Brechungsindex oder im Querschnitt ist. Die Nachteile dieses Verfahrens bestehen darin, daß erstens die Vorform oder der Lichtleiter mit sich selbst verglichen wird und zweitens, daß jedesmal ein Interferogramm hergestellt werden muß, wozu ein photographischer Entwicklungsprozeß erforderlich ist. Letzteres macht den Prüfvorgang diskontinuierlich, eine Automatisierung ausgesprochen kompliziert und die kontinuierliche Prüfung bewegter Objekte unmöglich.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist ein interferometrisches Prüfverfahren für Lichtleitervorformen und Lichtleiter sowie eine dafür geeignete Vorrichtung, die mit hoher Genauigkeit und geringem Aufwand Abweichungen, insbesondere des Brechzahlprofils und/oder des Durchmessers, abzulesen gestatten.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Die Erfindung hat zur Aufgabe, die Längshomogenität von Lichtleitervorformen und Lichtleitern auf interferometrischem Wege anhand eines Mustere Exemplars direkt sichtbar zu machen, wobei die Ausdehnung und die Größe der Abweichungen abgeschätzt werden können.

Die Aufgabe wird gelöst, indem ein von einer Strahlungsquelle ausgehender Lichtstrahl in zwei kohärente Strahlenbündel zerlegt wird, wovon das eine Bündel das Prüfobjekt und das andere ein Mustere Exemplar durchläuft, beide anschließend durch Einspiegelung zur Überlagerung gebracht und vergrößert auf einem Beobachtungsschirm abgebildet werden.

Eine der Durchführung des Verfahrens dienende Vorrichtung besteht erfindungsgemäß aus einem Lasergerät, dem ein Teleskopsystem und zur Zerlegung des Laserstrahls ein halbdurchlässiger Spiegel nachgeschaltet ist. Im Strahlengang jedes Strahlenbündels befindet sich ein Umlenkspiegel und innerhalb einer mit Immersionsflüssigkeit gefüllten Küvette sind das Muster-

exemplar, das zu prüfende Objekt sowie ein halbdurchlässiger Spiegel angeordnet, auf den die beiden Strahlenbündel auf-
treffen. Nach der Küvette befindet sich zur vergrößerten Ab-
bildung der vereinigten Strahlenbündel auf einem Beobachtungs-
schirm ein Vergrößerungssystem.

Das Wesen der Erfindung besteht darin, daß man bei diesem
interferometrischen Verfahren die einander entsprechenden ur-
sprünglich ebenen Wellen, die beim Durchgang durch das zu
prüfende Objekt bzw. durch das Musterexemplar deformiert wer-
den, miteinander interferieren läßt, indem man die durch das
Musterexemplar deformierte Welle durch Einspiegelung mit der
durch das zu prüfende Objekt deformierten Welle zur Überlage-
rung bringt, wobei die auf das Musterexemplar treffende ebene
Welle gegenüber dem Musterexemplar selbst leicht geneigt ist.
Bei zylindersymmetrischen Objekten heißt das, der Aus-
breitungsvektor der ebenen Welle und die Zylinderachse des
Musterexemplars schließen einen Winkel ein, der geringfügig
von 90° abweicht. Oder aber auch die Zylinderachse des zylin-
dersymmetrischen Musterexemplars wird in der Ebene, die durch
den Ausbreitungsvektor der ebenen Welle und die Zylinderachse
des Musterexemplares eindeutig definiert ist, zusätzlich so
verdrehen, daß Ausbreitungsvektor und Zylinderachse wieder ei-
nen Winkel von genau 90° einschließen. Die Schnittpunkte der
Zylinderachsen von Prüfobjekt bzw. Musterexemplar mit den
Mittelpunktstrahlen der Laserbündel der einfallenden ebenen
Wellen liegen in einer Ebene, die senkrecht zur Beobachtungs-
ebene ist, wobei außerdem der Ausbreitungsvektor der ebenen
Welle, die das zu prüfende Objekt durchdringt, senkrecht zur
Beobachtungsebene ist. Mittels einer dem Spiegel nachgeschal-
teten Linse oder eines Linsensystems kann man dann den Strah-
lengang der sich überlagernden Lichtwellen in der Beobach-
tungsebene vergrößert auf eine andere Ebene abbilden. In der
Beobachtungsebene erscheinen wie beim holographischen Verfah-
ren Störungen im Indexprofil oder Querschnitt als Verformun-
gen der Äquidistanten Geraden in z-Richtung. Der Abstand d der
Äquidistanten Geraden (bei fehlender Störung) ist:

$$d = \frac{\lambda}{n_0 \cdot \sin \theta}$$

(n_0 - Brechungsindex des Mediums, in dem die Beobachtungsebene liegt, λ - Wellenlänge des verwendeten Laserlichts, θ - Neigungswinkel der das Musterexemplar durchdringenden ebenen Welle).

Je kleiner die räumliche Ausdehnung und die Stärke der Störung ist, desto feiner muß das Linienraster gewählt werden, d.h. desto kleiner muß d gewählt werden, um Störungen noch sicher zu erkennen.

d wird dabei hauptsächlich über θ eingestellt und ist somit variabel einstellbar. Abweichungen des Prüfobjekts vom Musterexemplar können mit einem Raster kleiner als $10\text{ }\mu\text{m}$ beobachtet werden.

Das erfindungsgemäße Prüfverfahren kommt gegenüber dem holographischen Verfahren ohne Photoplatte aus. Damit ist dieses Verfahren kontinuierlich durchführbar, was besonders bei bewegten Objekten eine Prüfung unter Beibehaltung der Vorteile des holographischen Verfahrens überhaupt erst ermöglicht.

Hinzu kommt außerdem, daß das vorgeschlagene Prüfverfahren deutlich unempfindlicher gegenüber mechanischen Erschütterungen ist.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll nachstehend am Beispiel der Prüfung einer zylindrischen Lichtleitervorform erläutert werden. Der Aufbau der Vorrichtung ist in einer Zeichnung schematisch dargestellt.

Mittels eines Teleskopsystems 2 wird ein Laserstrahl 1 aufgeweitet und mittels eines halbdurchlässigen Spiegels 3 in zwei kohärente Lichtbündel zerlegt. Die aufgeweiteten Lichtbündel werden über Spiegel 4;5 so umgelenkt, daß sie z.B. senkrecht aufeinandertreffen. In das eine Bündel kommt dann das zu prüfende Objekt 8 und in das andere das Musterexemplar 7, wobei die jeweiligen Ausbreitungsvektoren der ebenen Wellen senkrecht auf den Zylinderachsen stehen. Die beiden Objekte, d.h. das zu prüfende Objekt und das Musterexemplar, sowie ein halbdurchlässiger Spiegel 9 befinden sich dabei in einer Immersionsflüssigkeit enthaltenden rechteckigen Küvette 6.

Dort wo die beiden Lichtbündel aufeinandertreffen, ist ein halbdurchlässiger Spiegel 9 angeordnet, und zwar so, daß für den Neigungswinkel $\theta = 0$ und ohne die beiden transparenten Objekte die Ausbreitungsvektoren hinter dem Spiegel in Ausbreitungsrichtung der ebenen Welle des zu prüfenden Objekts zusammenfallen. Die beiden zusammenfallenden Ausbreitungsvektoren stehen senkrecht auf dem Beobachtungsschirm 11. Zwischen diesem und dem halbdurchlässigen Spiegel 9 befindet sich eine Sammellinse 10. Diese bildet bei $\theta = 0$ jeweils die in Ausbreitungsrichtung hintere Tangentialebene des Kerns des Musterexemplares, vergrößert aber völlig deckungsgleich auf dem Beobachtungsschirm 11 ab. Danach wird $\theta = 0$ je nach gewünschtem Rasterabstand d eingestellt, wobei bei größeren Winkeln θ das Musterexemplar mitgekippt wird, so daß Hauptstrahlrichtung und Zylinderachse einen Winkel von 90° einschließen. Bei dieser Anordnung sind nach Einschalten des Lasers 12 auf dem Beobachtungsschirm 11 die bereits beschriebenen Interferenzstrukturen zu sehen. Nun kann man das zu prüfende Objekt 8 längs seiner Zylinderachse durch das entsprechende Lichtbündel schieben. Man sieht dann auf dem Beobachtungsschirm 11 wie die Störungen als gekrümmte Linien über den Schirm 11 laufen.

Möglich ist es auch, Prüfobjekt 8 und Musterexemplar 7 nicht in Immersionsflüssigkeit einzusetzen, sondern stattdessen durch Linsensysteme, vorzugsweise Zerstreuungslinsen, zur Überlagerung geeignete kohärente Wellenfelder zu erzeugen. Damit läßt sich die Prüfung von bewegten Objekten durchführen und eine Automatisierung des Prüfverfahrens realisieren.

Erfindungsanspruch:

1. Interferometrisches Prüfverfahren für Lichtleitervorformen und Lichtleiter zur kontinuierlichen Feststellung der Längshomogenität, vorzugsweise des Brechzahlprofils und/oder des Durchmessers, dadurch gekennzeichnet, daß ein von einer Strahlungsquelle ausgehender Lichtstrahl in zwei kohärente Strahlenbündel zerlegt wird, wovon das eine Bündel das Prüfobjekt und das andere ein Musterexemplar durchläuft, beide anschließend durch Einspiegelung zur Überlagerung gebracht und vergrößert auf einem Beobachtungsschirm abgebildet werden.
2. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Punkt 1, dadurch gekennzeichnet, daß einem Lasergerät (12) ein Teleskopsystem (2) und zur Zerlegung des Laserstrahls (1) ein halbdurchlässiger Spiegel (3) nachgeschaltet ist, daß sich im Strahlengang jedes Strahlenbündels ein Umlenkspiegel (4;5) und innerhalb einer mit Immersionsflüssigkeit gefüllten Küvette (6) das Musterexemplar (7), das zu prüfende Objekt (8) sowie ein halbdurchlässiger Spiegel (9) befinden, auf den die beiden Strahlenbündel auftreffen, während nach der Küvette (6) zur vergrößerten Abbildung der vereinigten Strahlenbündel auf einem Beobachtungsschirm (11) ein Vergrößerungssystem (10) angeordnet ist.

- Hierzu 1 Blatt Zeichnungen -

