



PATENTAMT der DDR

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) AP C 03 B / 274 241 4

(22) 19.03.85

(44) 29.08.90

(71) siehe (73)

(72) Kuka, Georg, Dr. Dipl.-Phys.; Müller, Klaus, Dr. Dipl.-Ing.; Lüdemann, Ralf, Dipl.-Ing.; Lein, Peter, Dr. Dipl.-Ing., DD

(73) Kombinat VEB Kabelwerk Oberspree (KWO) „Wilhelm Pieck“, Wilhelminenhofstraße 76/77, Berlin, 1160, DD

(54) Verfahren zum Überwachen der geometrischen Form der Ausziehzone einer Vorform

(57) Die Erfindung löst die Aufgabe, die geometrische Form der Ausziehzone einer Vorform bei der Herstellung einer optischen Faser kontinuierlich und trägerlos zu überwachen, indem die starke ortsabhängige

Strahlungsintensität des zylindrischen Heizers ausgenutzt wird, ohne die Heizergeometrie zu ändern. Das geschieht, in dem die aus der Vorform in den Richtungen der Längsachse austretende, vom Heizer emittierte Strahlung registriert wird. Dabei erfolgt die Registrierung vorzugsweise in einem Spektralbereich, in dem das Vorformmaterial ein Dämpfungsminimum besitzt, bei Lichtwellenleitermaterialien aus Quarzglas um $1\ \mu\text{m}$. Die Anisotropie der aus der Endfläche der Vorform austretenden Strahlung kann vorteilhafterweise mit Hilfe einer CCD-Zeile oder CCD-Matrix registriert werden. Die empfangenen Signale werden erfindungsgemäß einer Frequenz- und Korrelationsanalyse unterzogen. Das registrierte Strahlungssignal wird mit dem aus der Faser austretenden Signal vorzugsweise durch Kreuzkorrelationsanalyse und Analyse des Frequenzspektrums der Signale verglichen. Fig. 1

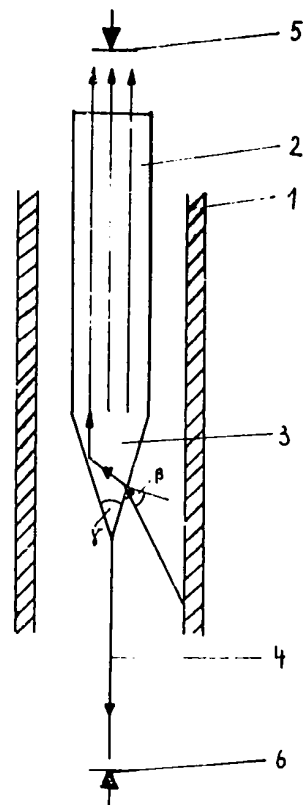


Fig. 1

Patentanspruch:

1. Verfahren zum Überwachen der geometrischen Form der Ausziehzone einer Vorform zur Herstellung einer optischen Faser unter Verwendung eines zylindrischen Heizers, **dadurch gekennzeichnet**, daß die aus der Vorform in den Richtungen der Längsachse austretende, vom Heizer emittierte Strahlung registriert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Registrierung in einem Spektralbereich erfolgt, in dem das Vorformmaterial ein Dämpfungsminimum besitzt, vorzugsweise für Lichtwellenleitermaterialien aus Quarzglas im Spektralbereich um $1\ \mu\text{m}$.
3. Verfahren nach Anspruch 1 und 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Anisotropie der aus der Endfläche der Vorform austretenden Strahlung registriert wird, vorzugsweise mit einer CCD-Zeile oder CCD-Matrix.
4. Verfahren nach Anspruch 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Signale einer Frequenz- und Korrelationsanalyse unterzogen werden.
5. Verfahren nach Anspruch 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß das registrierte Strahlungssignal mit dem aus der Faser austretenden Signal vorzugsweise durch Kreuzkorrelationsanalyse und Analyse des Frequenzspektrums der Signale verglichen wird.

Hierzu 2 Seiten Zeichnungen

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum kontinuierlichen, verzögerungsfreien Überwachen der geometrischen Form der Ausziehzone einer Vorform bei der Herstellung einer optischen Faser, die aus einem an einem Ende auf die Schmelztemperatur gebrachten stabförmigen Halbzeug gezogen wird.

Charakteristik des bekannten Standes der Technik

Für die Herstellung von Lichtwellenleitern von hoher Qualität ist die Einhaltung vorgegebener technologischer Abläufe und Kennwerte die wichtigste Voraussetzung. Dazu ist eine kontinuierliche verzögerungsfreie Überwachung des Ziehvorganges unumgänglich.

Die Vorform wird häufig innerhalb eines zylindrischen Heizers angeordnet und an einem Ende auf etwa 2000°C erwärmt. Dadurch erweicht das Material, so daß der Lichtwellenleiter aus dieser Schmelzzone, der sogenannten Ziehwiebel, gezogen werden kann. Um Durchmesserschwankungen der optischen Faser zu vermeiden, darf die Änderung der Heizertemperatur nur einige Kelvin betragen. Außerdem müssen Vorschub- und Ziehgeschwindigkeit genau eingestellt und während des Ziehvorganges konstant gehalten werden. Im Inneren des Heizers strömt ein Schutzgas. Diese Strömung muß zeitlich konstant und turbulenzfrei gehalten werden. Es sind Lösungen zur Überwachung des Ziehvorganges bekannt, die auf einer Messung der Temperatur der Heizeraußenwand, einer Messung des Durchmessers der Lichtwellenleiter und einer Messung des Schutzgasstromes beruhen. Die Nachteile dieser Lösung sind, daß die pyrometrische Messung der Temperatur sehr aufwendig ist, nur die Außentemperatur des Heizers und nicht die Temperatur der Schmelze gemessen werden kann und die thermische Zeitkonstante des Heizers relativ groß ist. Bei der Messung des Durchmessers erfolgt eine Abtastung des Lichtwellenleiters mit einem Laserstrahl, wobei die Abtastrate die Grenzfrequenz festlegt und so höherfrequente Durchmesseränderungen nicht angezeigt werden. Außerdem erfolgt die Messung erst außerhalb der Heizzone, so daß durch den Abstand zwischen Ziehwiebel und Ort des Durchmessermeßgerätes eine Totzeit entsteht.

Ein anderer Weg besteht in der Überwachung der geometrischen Form der Ausziehzone einer Vorform. Die Form dieser Ausziehzone (Ziehwiebel) ist abhängig von der Temperatur des Heizers, von der Temperaturverteilung in der Vorform, von den Fließeigenschaften des Vorformmaterials, d. h. von der Viskosität und der Oberflächenspannung, von den Abmessungen der Vorform, von der Ziehgeschwindigkeit, von der Ziehkraft und von der Wärmeabgabe der Vorform an die Umgebung. Jede Änderung der Form der Ziehwiebel hat eine Änderung des Durchmessers der Lichtwellenleiter zur Folge. Ein stabiles Ziehregime, welches geringste Durchmesserschwankungen des Lichtwellenleiters verursacht, ist also gekennzeichnet durch geringste Änderungen der Form der Ziehwiebel. Eine Überwachung der geometrischen Form, d. h. der Kontur der Ziehwiebel, ist damit für die Charakterisierung und Überwachung des Ziehvorganges besonders gut geeignet.

Es ist bereits bekannt, die geometrische Form der Ausziehzone einer Vorform zu überwachen, um spezielle Änderungen des Ziehvorganges auszuregeln oder hervorzurufen. In der DE-OS 2808676 ist ein Verfahren beschrieben, bei dem auf optischem Wege Kenngrößen der Ziehwiebel ausgemessen werden. Mit Hilfe fremder Lichtquellen oder durch die Eigenstrahlung der Schmelze der Vorform wurden die aus der Ausziehzone austretenden oder eintretenden kautischen Strahlen untersucht. Dabei wurden aber aufwendige optische Einrichtungen und Justiarbeiten notwendig. Außerdem sind Veränderungen der Heizergeometrie erforderlich. Des weiteren ist von Vorteil, daß die Strahlungsintensität, die von der Eigenstrahlung der Schmelzzone emittiert wird, sehr gering ist.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist ein Verfahren zum Überwachen des Ziehvorganges bei der Herstellung von Lichtwellenleitern, welches alle Änderungen der den Ziehvorgang wesentlich beeinflussenden technologischen Parameter anzeigt, eine große Empfindlichkeit (hohe Auflösung) besitzt, mit geringem Aufwand realisierbar ist und den speziellen Anforderungen der Fertigung genügt, d.h., daß die Vorrichtung einfach zu handhaben ist und eine geringe Störanfälligkeit zeigt.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Die Erfindung löst die Aufgabe, die geometrische Form der Ausziehzone einer Vorform bei der Herstellung einer optischen Faser kontinuierlich und trägheitslos zu überwachen, in dem die starke ortsabhängige Strahlungsintensität des zylindrischen Heizers ausgenutzt wird, ohne die Heizergeometrie zu ändern.

Das geschieht, in dem die aus der Vorform in den Richtungen der Längsachse austretende, vom Heizer emittierte Strahlung registriert wird. Dabei erfolgt die Registrierung vorzugsweise in einem Spektralbereich, in dem das Vorformmaterial ein Dämpfungsminimum besitzt, bei Lichtwellenleitermaterialien aus Quarzglas um $1\ \mu\text{m}$. Die Anisotropie der aus der Endfläche der Vorform austretenden Strahlung kann vorteilhafterweise mit Hilfe einer CCD-Zeile oder CCD-Matrix registriert werden. Die empfangenen Signale werden erfindungsgemäß einer Frequenz- und Korrelationsanalyse unterzogen. Das registrierte Strahlungssignal wird mit dem aus der Faser austretenden Signal vorzugsweise durch Kreuzkorrelationsanalyse und Analyse des Frequenzspektrums der Signale verglichen.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll nachstehend anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert werden. In der zugehörigen Zeichnung zeigen:

Fig. 1: eine Darstellung der Vorform innerhalb des Heizers

Fig. 2: ein Diagramm der Abhängigkeit der Winkel β und γ an der Ziehzwiebel.

Der auf sehr hohe Temperatur gebrachte Heizer 1 umschließt konzentrisch die Vorform 2 und erwärmt diese. Als Folge davon erweicht die Vorform am unteren Ende, so daß aus der Ziehzwiebel 3 der Lichtwellenleiter 4 gezogen werden kann. Während des Ziehvorganges können mit Strahlungsempfängern 5; 6 Strahlungssignale empfangen werden. Dabei wird nur die Strahlung empfangen, die in der Vorform fast parallel geführt wird. Da die Eigenstrahlung der Vorform sehr gering ist, gelangt im wesentlichen nur die Strahlung auf den Empfänger, die vom Heizer ausgeht und unter dem Winkel β auf die Ziehzwiebel auftrifft. Der Winkel β ist abhängig vom Winkel γ , d.h. von der Form der Ziehzwiebel. Die Abhängigkeit ist in Fig. 2 gezeigt. Mit jeder Konturänderung der Ziehzwiebel ist eine Änderung des Winkels γ , eine Änderung des Winkels β und damit eine Änderung der Strahlungsdichte am oberen Ende der Vorform verbunden. Wenn der Strahlungsempfänger diese Strahlungsdichte in ein elektrisches Signal wandelt, so spiegelt dieses elektrische Signal die Änderungen der Kontur der Ziehzwiebel wider. Weiterhin enthält dieses Signal eine Information über die Temperatur der inneren Oberfläche des Heizers. Verschiebt man die Vorform längs der Achse, so kann man weiterhin die axiale Temperaturverteilung entlang der Oberfläche des Heizers ermitteln. Wird das Strahlungssignal bezüglich zirkularer Symmetrie analysiert, so kann man daraus Informationen bezüglich der zirkularen Symmetrie der Anordnung Heizer/Vorform gewinnen.

Durch die Wahl der spektralen Empfindlichkeit des Strahlungsempfängers kann man erreichen, daß die Dämpfung des Strahlungssignals in der Vorform minimal wird.

Wird eine Frequenzanalyse zur Auswertung des Strahlungssignals durchgeführt, so kann man weitere Informationen, so z.B. über periodische Durchmesserschwankungen, mechanische Schwingungen der Lichtwellenleiter u. a. gewinnen.

Das aus der Vorform austretende Strahlungssignal kann in ein Signal umgewandelt werden, welches zur Überwachung, Steuerung und Regelung des Ziehvorganges bei der Herstellung von Lichtwellenleitern genutzt wird. Weiterhin ist es möglich, das Strahlungssignal aus der Lichtwellenleiterfaser zu registrieren, das aus der Schmelzzone der Vorform herrührt.

In einer Lichtleiterziehanlage wurde eine Siliziumfotodiode oberhalb der Vorform angebracht. Das elektrische Ausgangssignal der Fotodiode konnte wahlweise auf einen Zeitschreiber, auf einen Echtzeitanalysator oder auf einen Rechner zur Durchführung der Korrelationsanalyse geschaltet werden. Der Gleichanteil des Signals wurde kompensiert, so daß Signaländerungen hochempfindlich ausgelöst werden konnten. Es konnte gezeigt werden, daß alle Änderungen des Ziehregimes, die die Ausbildung der Ziehzwiebel beeinflussen, sich im Ausgangssignal abbilden. Die Amplituden- und das Spektrum des Rauschsignals sind zur Prozeßcharakterisierung geeignet, so daß das Ausgangssignal der Fotodiode zur Überwachung des Ziehvorganges genutzt werden kann. Im vorliegenden Fall wurden folgende Signaländerungen ermittelt:

- 2% Änderung des Signals bei einer Änderung der Ziehgeschwindigkeit um 5%
- 15% Änderung des Signals bei einer Änderung des Heizstromes um 0,7%
- 3% Änderung des Signals bei Änderung der Schutzgasströmung um 20%.

Die hohe Empfindlichkeit des Verfahrens bezüglich der Änderung der Heizertemperatur ermöglicht den Nachweis von Temperaturänderungen von kleiner 1 K.

Eine Echtzeitanalyse des Frequenzspektrums des Strahlungssignals, das die Vorform parallel und entgegengesetzt zur Ziehrichtung verläßt, ergab Frequenzen von 10^{-1} Hz bis 500 Hz. Jede Störung des Ziehprozesses, wie Temperaturschwankungen, Änderungen der Schutzgasströmung, Abzugskraft u. dgl. besitzt einen charakteristischen Frequenzbereich, in der sie auftritt. So wurden je nach Abzugsgeschwindigkeit Amplitudenänderungen bei Frequenzen um 100 Hz nachgewiesen, die von der Schwingung der Faser herrührten. Beim Anfahrprozeß diente die Frequenzanalyse dazu, die Stationarität des Prozesses auf Grund der hohen Abzugsgeschwindigkeiten um 100 m/min so schnell wie möglich nachzuweisen, um eine Gleichmäßigkeit der Faser über der Länge zu garantieren. Die Vorform läßt sich bezüglich der Lage im Heizer justieren. Die Justage erfolgt so, daß die radiale und zirkulare Symmetrie der Strahlungssignale vorliegen muß. Die Messung dieser Strahlungsfeider geschieht vorzugsweise mit Hilfe einer Abbildung auf CCD-Anordnungen.

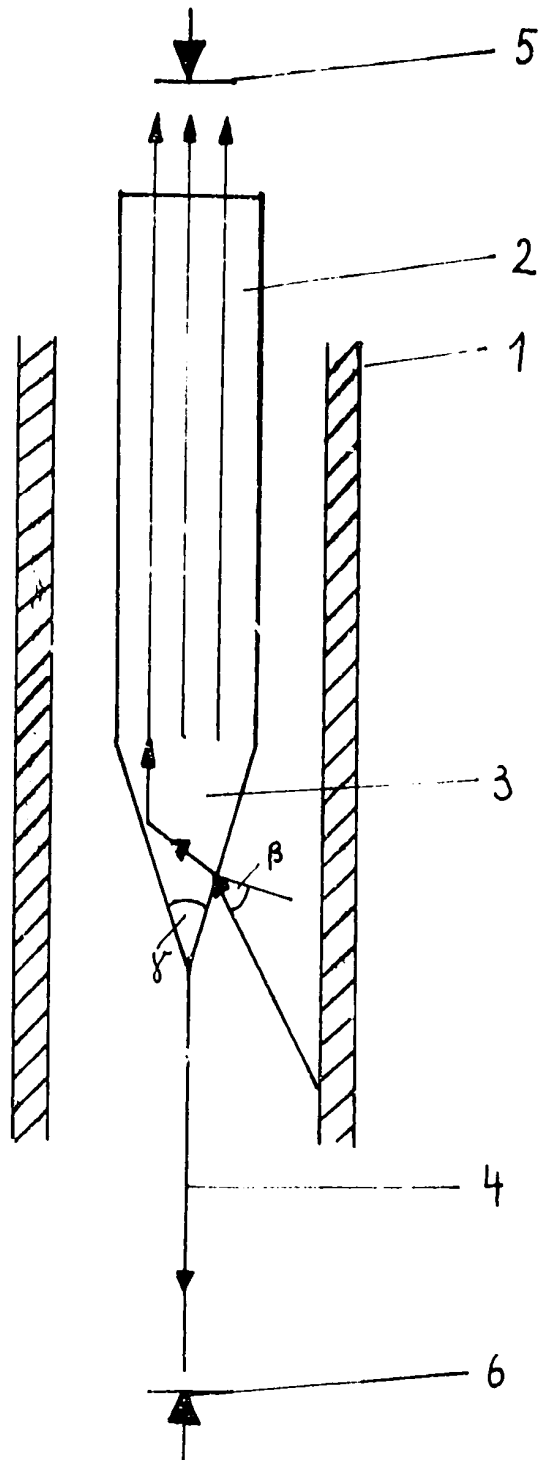


Fig. 1

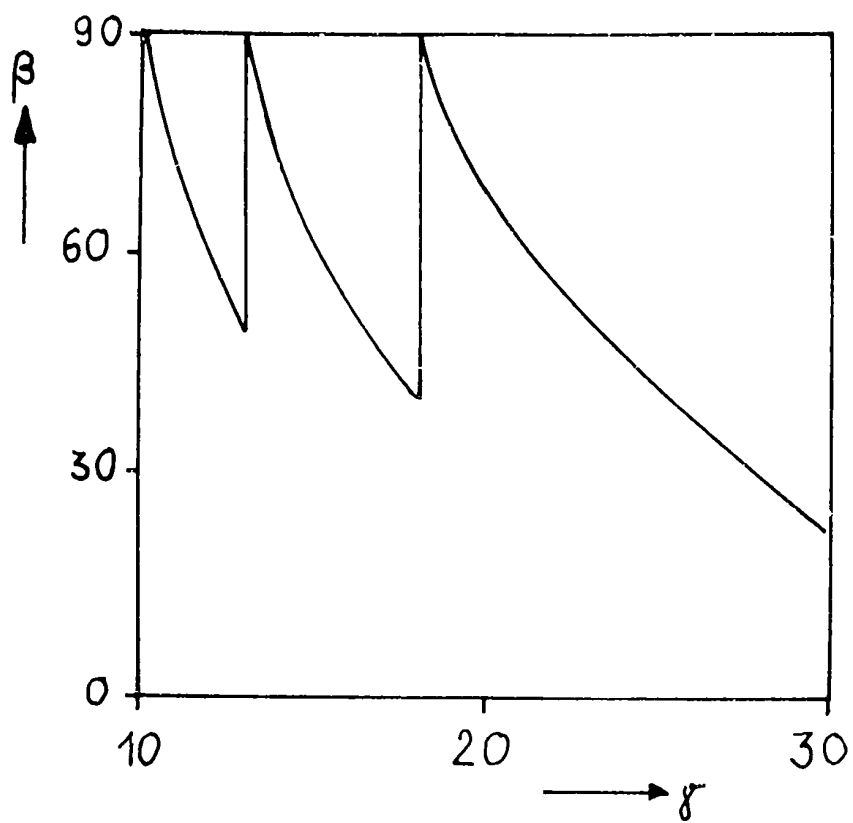


Fig. 2