

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 1246/2012
(22) Anmeldetag: 27.11.2012
(43) Veröffentlicht am: 15.06.2014

(51) Int. Cl.: **G01L 11/02** (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
WO 2011058314 A1
WO 9932863 A1
US 5841131 A
US 2004165809 A1
WO 2010139934 A1
WO 2011045006 A1

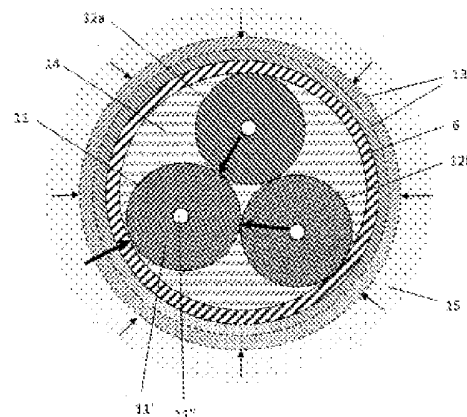
(71) Patentanmelder:
FCT Fiber Cable Technology GmbH
3950 Gmünd (AT)

(74) Vertreter:
KLIMENT & HENHAPEL PATENTANWÄLTE
OG
WIEN

(54) **Verfahren zur orts aufgelösten Druckmessung**

(57) Verfahren und Vorrichtung zur orts aufgelösten Druckmessung entlang eines Druckbereiches, wobei erfindungsgemäß vorgeschlagen wird, dass mithilfe einer, innerhalb einer rohrförmigen Umhüllung (6) in Längsrichtung der Umhüllung (6) verlaufenden Glasfaser (11) umfassend einen Glasfaserkern (11'), einen Glasfasermantel (11'), sowie eine äußere Schutzschicht (16), auf einen Längenabschnitt der entlang des Druckbereiches (15) angeordneten, rohrförmigen Umhüllung (6) isotrop wirkender Druck in eine asymmetrische Druckbelastung auf den, innerhalb des Längenabschnittes liegenden Bereich des Glasfasermantels (11') umgewandelt wird, wobei mithilfe einer Reflexionsmessung entlang der Glasfaser (11) die durch die asymmetrische Druckbelastung bewirkte Doppelbrechung in diesem Längenabschnitt detektiert und aus der so ermittelten, asymmetrischen Druckbelastung der auf den Längenabschnitt wirkende Druck ermittelt wird. Mithilfe der Erfindung ist es möglich, entlang der Glasfaser (11) eine orts aufgelöste Druckmessung durchzuführen, und somit auf kostengünstige Weise den Druckverlauf entlang der im Druckbereich (15) angeordneten, rohrförmigen Umhüllung (6) zu bestimmen.

Fig. 2



Zusammenfassung:

Verfahren und Vorrichtung zur orts aufgelösten Druckmessung entlang eines Druckbereiches, wobei erfindungsgemäß vorgeschlagen wird, dass mithilfe einer, innerhalb einer rohrförmigen Umhüllung (6) in Längsrichtung der Umhüllung (6) verlaufenden Glasfaser (11) umfassend einen Glasfaserkern (11''), einen Glasfasermantel (11'), sowie eine äußere Schutzschicht (16), auf einen Längenabschnitt der entlang des Druckbereiches (15) angeordneten, rohrförmigen Umhüllung (6) isotrop wirkender Druck in eine asymmetrische Druckbelastung auf den, innerhalb des Längenabschnittes liegenden Bereich des Glasfasermantels (11') umgewandelt wird, wobei mithilfe einer Reflexionsmessung entlang der Glasfaser (11) die durch die asymmetrische Druckbelastung bewirkte Doppelbrechung in diesem Längenabschnitt detektiert und aus der so ermittelten, asymmetrischen Druckbelastung der auf den Längenabschnitt wirkende Druck ermittelt wird. Mithilfe der Erfindung ist es möglich, entlang der Glasfaser (11) eine orts aufgelöste Druckmessung durchzuführen, und somit auf kostengünstige Weise den Druckverlauf entlang der im Druckbereich (15) angeordneten, rohrförmigen Umhüllung (6) zu bestimmen.

Fig. 2

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur orts aufgelösten Druckmessung entlang eines Druckbereiches gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1, sowie eine Vorrichtung zur orts aufgelösten Druckmessung entlang eines Druckbereiches gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 2 und 8.

In vielen Anwendungen ist es erforderlich, Druckmessungen unter extremen Bedingungen hinsichtlich Zugänglichkeit des Messbereiches oder der Umgebungstemperatur durchzuführen, etwa in der Gas- und Ölförderindustrie, bei Tragseilen wie z.B. in Kranseilanwendungen, in Tiefseeanwendungen wie etwa der Tsunamiwarnung, oder bei Hochdruckwasserleitungen für Kraftwerke usw. In der Ölförderung etwa ist es notwendig die Druckverhältnisse im Bohrloch zu kennen, um den Transport des Öls zur Oberfläche steuern und optimieren zu können. Bekannte Verfahren sehen hierzu vor allem elektrische Messeinrichtungen vor, die innerhalb des Druckbereiches in unterschiedlichen Tiefen installiert werden und Informationen über Druck und Temperatur liefern sollen. Der Einsatz solcher elektrischer Messeinrichtungen ist bei widrigen Umgebungsbedingungen wie hoher Temperatur, starken Vibrationen, und hohem hydrostatischen Druck aber sehr beschränkt und in der Praxis sehr problematisch. Zudem muss eine korrekte Funktion gewährleistet sein, da fehlerhafte Druck- und Temperaturmessungen fatale und kostenintensive Folgen haben können, etwa beim Betrieb eines Bohrloches. Des Weiteren ist die Übermittlung elektrischer Signale mitunter schwierig, wenn Funkverbindungen nicht anwendbar sind und elektrische Kabel entsprechend geschützt verlegt werden müssten, da widrige Temperatur- und Druckverhältnisse sowie der Einfluss korrosiver Flüssigkeiten innerhalb des Druckbereiches die Kabelisolierungen rasch beschädigen würden.

Daher wurde auch vorgeschlagen, Druck- und Temperaturmessungen mithilfe optischer Verfahren durchzuführen, etwa mithilfe optischer Interferometer, die am Ende eines Glasfaserleiters angeordnet sind und in das Bohrloch eingebracht werden. Optische Interferometer sind in ihren Messungen jedoch sehr anfällig gegenüber Temperaturänderungen, sodass bei demselben Druck unter variierender Temperatur mitunter unterschiedliche Druckwerte gemessen werden. Zudem sind mit optischen Interferometern nur punktuelle Messungen möglich. Die Ermittlung eines annähernd kontinuierlichen Druckverlaufes entlang der gesamten Bohrlochtiefe ist mit bekannten Messvorrichtungen nicht möglich.

Es ist daher das Ziel der Erfindung ein Verfahren zur orts aufgelösten Druckmessung zu verwirklichen, das insbesondere auch unter Messbedingungen wie einem hydrostatischen Umgebungsdruck von bis zu 1000 bar oder Temperaturen von mehreren Hundert Grad



Celsius einsetzbar ist. Des Weiteren ist es Ziel der Erfindung eine entsprechende Druckmessvorrichtung bereit zu stellen.

Diese Ziele werden durch die Merkmale von Anspruch 1 und 2 erreicht. Anspruch 1 bezieht sich auf ein Verfahren zur orts aufgelösten Druckmessung entlang eines Druckbereiches, bei dem erfindungsgemäß vorgesehen ist, dass mithilfe einer, innerhalb einer rohrförmigen Umhüllung in Längsrichtung der Umhüllung verlaufenden Glasfaser umfassend einen Glasfaserkern, einen Glasfasermantel, sowie eine äußere Schutzschicht, auf einen Längenabschnitt der entlang des Druckbereiches angeordneten, rohrförmigen Umhüllung isotrop wirkender Druck in eine asymmetrische Druckbelastung auf den, innerhalb des Längenabschnittes liegenden Bereich des Glasfasermantels umgewandelt wird, wobei mithilfe einer Reflexionsmessung entlang der Glasfaser die durch die asymmetrische Druckbelastung bewirkte Doppelbrechung in diesem Längenabschnitt detektiert und aus der so ermittelten, asymmetrischen Druckbelastung der auf den Längenabschnitt wirkende Druck ermittelt wird.

Der mathematische Zusammenhang zwischen der äußeren Druckbelastung auf die rohrförmige Umhüllung und der asymmetrischen Belastung auf den Glasfasermantel ergibt sich dabei aus den strukturellen Merkmalen der Anordnung der Glasfaser innerhalb der rohrförmigen Umhüllung sowie dem Aufbau der Glasfaser selbst und ist freilich für eine bestimmte Anordnung bekannt. In anderen Worten ist die Glasfaser innerhalb der rohrförmigen Umhüllung auf eine Weise anzuordnen, dass dieser mathematische Zusammenhang auch bekannt und festgelegt ist. Dieser Zusammenhang wird im Folgenden auch als kinematisch definierte Kopplung bezeichnet, also dass sich eine vorgegebene, isotrope Druckbelastung auf die rohrförmige Umhüllung auf wohldefinierte Weise in eine eindeutige, asymmetrische Druckbelastung auf den Glasfasermantel umsetzt. Auf diese Weise kann einer Druckbelastung auf die rohrförmige Umhüllung ein bestimmter, asymmetrischer Belastungsfall auf den Glasfasermantel zugeordnet werden. In umgekehrter Weise kann dadurch auch aus einem gemessenen, asymmetrischen Belastungsfall des Glasfasermantels eindeutig auf den außen anliegenden Druck auf die rohrförmige Umhüllung geschlossen werden. Möglichkeiten zur baulichen Ausführung einer solchen kinematisch definierten Kopplung werden im Folgenden noch aufgezeigt werden. Erfindungsgemäß erfolgt die Messung der asymmetrischen Druckbelastung auf den Glasfasermantel innerhalb eines Längenabschnittes mithilfe einer Reflexionsmessung entlang der Glasfaser, wobei die durch die asymmetrische Druckbelastung bewirkte Doppelbrechung in diesem Längenabschnitt detektiert wird. Eine Möglichkeit der Reflexionsmessung besteht etwa in der optischen Zeitbereichsreflektometrie (OTDR, Optical-Time-Domain-Reflectometry), oder in der zur OTDR ähnlichen optischen Frequenzbereichsreflektometrie (OFDR, Optical-Frequency-Domain-Reflectometry), bei der im Unterschied zur OTDR nicht im Zeitbereich, sondern im Frequenzbereich



gearbeitet wird. Hierbei handelt es sich jeweils um Reflexionsmessungen, bei denen ein Laserlichtpuls in die Glasfaser eingekoppelt und das (Rayleigh-)Rückstreulicht über der Zeit gemessen wird. Das gemessene Signal besitzt eine Zeitabhängigkeit, die über die Gruppengeschwindigkeit in eine Ortsabhängigkeit umgerechnet werden kann. Somit kann eine orts aufgelöste Messung realisiert werden. Eine spezielle Art dieser Reflexionsmessungen stellt die polarisationsabhängige optische Reflektometrie (POTDR) dar. Hierbei wird ein Polarisator am Eingang der Faser, sowie ein rechtwinkelig dazu angeordneter Analysator verwendet. Der Polarisationszustand des rückgestreuten Lichtes wird dabei aufgezeichnet, woraus sich die Schwebungslänge bzw. die lineare Doppelbrechung bestimmen lässt. Mit dieser Methode ist es möglich, lokale Werte der Doppelbrechung entlang der Glasfaser zu ermitteln. Die lokale Doppelbrechung ist wiederum von Größen wie dem äußeren Druck und/oder der Temperatur abhängig und tritt im Reflexionssignal als Anstiegsänderung auf. Das Reflexionssignal selbst kann mithilfe eines optischen Strahlteilers einem Detektor zugeführt werden, der das optische Signal in ein elektrisches Signal zur weiteren Auswertung umwandelt. Ist die durch die asymmetrische Druckbelastung bewirkte Doppelbrechung in einem Längenabschnitt der Glasfaser detektiert, kann aus der so ermittelten, asymmetrischen Druckbelastung über die kinematisch definierte Kopplung der isotrop wirkende Druck in diesem Längenabschnitt ermittelt werden.

Die Erfindung sieht somit vor, die Glasfaser selbst für die Druckmessungen heranzuziehen und an vielen Messpunkten entlang der Glasfaser Messungen vorzunehmen, also eine orts aufgelöste Druckmessung entlang der Glasfaser durchzuführen. Eine solche Art der Messung ermöglicht es auf kostengünstige Weise, einen Druckverlauf entlang der Glasfaser zu bestimmen, also etwa den Druckverlauf innerhalb eines Bohrloches, in dem die Glasfaser angeordnet ist. Freilich bleibt das Anwendungsgebiet des erfindungsgemäßen Messverfahrens nicht auf Bohrlöcher beschränkt, sondern eignet sich für viele Einsatzgebiete, bei denen unter widrigen Umgebungsbedingungen Druckmessungen durchzuführen sind, etwa in Pipelines oder in sonstigen druckbelasteten Einrichtungen.

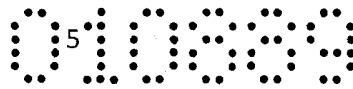
Hinsichtlich der apparativen Umsetzung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird eine Vorrichtung zur orts aufgelösten Druckmessung entlang eines Druckbereiches vorgeschlagen, bei der erfindungsgemäß vorgesehen ist, dass sie aus einer Glasfaser umfassend einen Glasfaserkern, einen Glasfasermantel, sowie eine äußere Schutzschicht gebildet wird, deren Glasfasermantel und/oder deren Schutzschicht innerhalb einer, im Druckbereich isotrop druckbelasteten rohrförmigen Umhüllung in Längsrichtung der Umhüllung azentrisch verlaufend angeordnet ist, wobei die Glasfaser entlang eines Teilabschnittes ihres Umfangsbereiches an der Innenfläche der isotrop druckbelasteten Umhüllung anliegt und/oder an zumindest einer Stützfaser anliegt oder angeformt ist, die sich innerhalb der rohrförmigen



Umhüllung in Längsrichtung der Umhüllung verlaufend erstreckt. Unter einer isotropen Druckbelastung wird dabei ein in der Querschnittsebene der rohrförmigen Umhüllung entlang ihres Umfangs in seiner skalaren Größe gleich großer, also richtungsunabhängiger Druck verstanden. Unter hydrostatischen Bedingungen wird zumeist ein isotroper Druck gegeben sein, jedoch ist es erfindungsgemäß entscheidend, die rohrförmige Umhüllung direkt dem Druckbereich auszusetzen, sodass der isotrope Druck auch unmittelbar auf die rohrförmige Umhüllung einwirkt, ohne durch umhüllende oder sonstige Strukturen verfälscht zu werden.

Der asymmetrische Belastungsfall auf den Glasfasermantel wird erfindungsgemäß durch eine azentrische Anordnung des Glasfasermantels und/oder der Schutzschicht der Glasfaser innerhalb der rohrförmigen Umhüllung erreicht. Unter einer azentrischen Anordnung des Glasfasermantels und/oder der Schutzschicht der Glasfaser ist hierbei gemeint, dass in einem Querschnitt normal zur Längsachse der rohrförmigen Umhüllung der Mittelpunkt des Glasfasermantels bzw. der Schutzschicht nicht mit dem Mittelpunkt der rohrförmigen Umhüllung zusammenfällt. Die Längsachsen der rohrförmigen Umhüllung und der Glasfaser mögen somit parallel zueinander verlaufen, aber nicht in derselben Achse. Diese Anordnung ist im Unterschied zu einer coaxialen Anordnung der Glasfaser zur rohrförmigen Umhüllung zu sehen, bei der in einem Querschnitt normal zur Längsachse der rohrförmigen Umhüllung der Mittelpunkt der Glasfaser sehr wohl mit dem Mittelpunkt der rohrförmigen Umhüllung zusammenfällt. Der Glasfasermantel und die äußere Schutzschicht der Glasfaser können dabei konzentrisch sein, sodass eine azentrische Anordnung des Glasfasermantels auch gleichbedeutend mit einer azentrischen Anordnung der Schutzschicht ist. Es könnte die Glasfaser aber auch so gefertigt sein, dass der Glasfasermantel innerhalb der Schutzschicht nicht konzentrisch verläuft, etwa indem der Querschnitt der Schutzschicht überhaupt nicht kreisringförmig ausgeführt ist, sondern etwa dreiecksförmig. In diesem Fall könnte die Schutzschicht der Glasfaser innerhalb der rohrförmigen Umhüllung azentrisch angeordnet sein, obwohl der Glasfasermantel zentrisch innerhalb der rohrförmigen Umhüllung zu liegen kommt. Auch in einem solchen Fall kann jedoch eine isotrope Druckbelastung auf die rohrförmige Umhüllung in eine asymmetrische Belastung auf den Glasfasermantel umgewandelt werden.

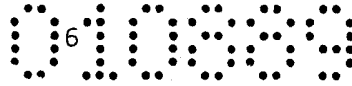
Falls die Glasfaser entlang eines Teilabschnittes ihres Umfangsbereiches an der Innenfläche der isotrop druckbelasteten Umhüllung anliegt, findet eine direkte Druckübertragung von der Umhüllung auf die Glasfaser statt. Im Falle einer direkten Anlage der Glasfaser an der Innenfläche der Umhüllung wird vorzugsweise vorgeschlagen, dass zwei Stützfasern vorgesehen sind, die jeweils entlang eines Teilabschnittes ihrer Umfangsbereiche an der Innenfläche der Umhüllung anliegen und entlang weiterer Teilabschnitte ihrer Umfangsbereiche an der jeweils anderen Stützfasern und der Glasfaser anliegen oder an ihr



angeformt sind. Sofern die Glasfaser und die Stützfasern mit gleichem Durchmesser ausgeführt werden, bilden bei dieser Konstellation die Mittelpunkte der drei Fasern in einem Querschnitt ein gleichseitiges Dreieck, sodass sich die asymmetrische Druckbelastung auf die Glasfaser aufgrund einfacher geometrischer Zusammenhänge leicht aus dem außen anliegenden, isotropen Druck errechnen lässt. Die Glasfaser ist dabei mit konzentrisch verlaufendem Glasfaserkern, Glasfasermantel und Schutzschicht gefertigt. Des Weiteren wird eine sichere, azentrische Fixierung der Glasfaser innerhalb der Umhüllung und somit eine örtlich definierte Lage der Glasfaser innerhalb einer Querschnittsebene der rohrförmigen Umhüllung sichergestellt. Bei der rohrförmigen Umhüllung kann es sich etwa um ein Edelstahlröhrchen handeln.

Die kinematisch definierte Kopplung kann somit durch Anliegen der Glasfaser entlang eines Teilabschnittes ihres Umfangsbereiches an der Innenfläche der Umhüllung erreicht werden, also durch direkte, mechanische Druckübertragung. Gemäß einer weiteren Ausführungsform wird im Unterschied hierzu vorgeschlagen, dass die Glasfaser und die zumindest eine Stützfasern in einem die Umhüllung ausfüllenden, transversal isotrop druckleitenden Medium angeordnet sind. In diesem Fall ist keine direkte Anlage der Glasfaser an der Innenfläche der rohrförmigen Umhüllung notwendig, stattdessen erfolgt die Druckübertragung über das transversal isotrop druckleitende Medium. Unter einem transversal isotrop druckleitenden Medium wird hierbei ein Medium verstanden, das einen Druck in der Querschnittsebene der rohrförmigen Umhüllung ohne Richtungsabhängigkeit weiterleitet, etwa ein inkompressibles Gel oder spezielle Kunststoffe und polymere Werkstoffe wie Acrylate. Diese Ausführung ermöglicht eine weitere Verringerung des äußeren Durchmessers der rohrförmigen Umhüllung auf unter 0.3mm. Diese Ausführungsform bedingt jedoch die Anformung der Glasfaser an zumindest einer Stützfasern, um eine asymmetrische Druckbelastung auf die Glasfaser sicherzustellen, die sich in diesem Fall alleine daraus ergibt, dass die Glasfaser entlang eines Teilabschnittes ihres Umfangsbereiches an zumindest einer Stützfasern angeformt ist, und mit den verbleibenden Teilabschnitten ihres Umfangsbereiches frei liegt. Zur Sicherstellung einer azentrischen Lagerung wird der innere Durchmesser der rohrförmigen Umhüllung entsprechend klein gewählt. Die Glasfaser ist dabei wiederum mit konzentrisch verlaufendem Glasfaserkern, Glasfasermantel und Schutzschicht gefertigt.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform wird vorgeschlagen, dass die rohrförmige Umhüllung entlang ihres Umfangsbereiches Öffnungen aufweist. In diesem Fall ist weder ein direkter Kontakt der Glasfaser zur Innenfläche der rohrförmigen Umhüllung erforderlich, noch ein druckleitendes Medium innerhalb der rohrförmigen Umhüllung. Stattdessen kann über die Öffnungen ein äußeres Fluid oder Gas des Druckbereiches in die rohrförmige Umhüllung eintreten und unmittelbar Druck auf die Glasfaser ausüben. Diese



Ausführungsform bedingt jedoch ebenfalls die Anformung der Glasfaser an zumindest einer Stützfaser, um eine asymmetrische Druckbelastung auf die Glasfaser sicherzustellen, die sich in diesem Fall daraus ergibt, dass die Glasfaser entlang eines Teilabschnittes ihres Umfangsbereiches an zumindest einer Stützfaser angeformt ist, und mit den verbleibenden Teilabschnitten ihres Umfangsbereiches dem Druck des äußeren Fluids unmittelbar ausgesetzt ist.

Vorzugsweise handelt es sich bei zumindest einer der beiden Stützfasern um eine weitere Glasfaser, die als Multi Mode-Faser oder Single Mode-Faser ausgeführt sein kann und etwa zur orts aufgelösten Temperaturmessung herangezogen werden kann. Orts aufgelöste Temperaturmessungen mithilfe von Glasfasern sind bekannt und können im Rahmen der Erfindung zur Erhöhung der Genauigkeit der Druckmessung verwendet werden. Hohe Temperaturen können etwa eine thermische Ausdehnung der beteiligten Komponenten verursachen, die sich auf die erfindungsgemäße Druckmessung auswirken können, insbesondere in jenen Ausführungsbeispielen, bei denen die Glasfaser und/oder zumindest eine Stützfaser unmittelbar an der Innenfläche der rohrförmigen Umhüllung anliegen. Daher ist es vorteilhaft, über eine orts aufgelöste Temperaturinformation zur Kalibrierung der Druckmessung zu verfügen.

Des Weiteren wird vorgeschlagen, dass es sich bei der rohrförmigen Umhüllung um eine zylindrisch symmetrische Umhüllung handelt. Die zumindest in ihrem äußeren Umfang zylindrisch symmetrisch ausgeführte Umhüllung ist insbesondere für Anwendungen unter hohem Umgebungsdruck vorteilhaft, da bei asymmetrischer Ausführung die äußeren Belastungen zu Deformierungen und letztendlich auch zu Zerstörungen der Umhüllung führen würden.

Der asymmetrische Belastungsfall auf die Glasfaser kann erfindungsgemäß aber auch durch eine koaxiale Anordnung innerhalb einer rohrförmigen Umhüllung erreicht werden, falls die rohrförmige Umhüllung einen elliptischen Querschnitt aufweist. In diesem Fall könnte etwa eine Glasfaser vorgesehen sein, die an der Innenfläche einer rohrförmigen Umhüllung mit elliptischem Querschnitt anliegt, sodass sie trotz isotroper Druckbelastung auf die rohrförmige Umhüllung asymmetrisch belastet wird. Daher wird auch eine Druckmessvorrichtung vorgeschlagen, die aus einer Glasfaser gebildet wird, die innerhalb einer, im Druckbereich isotrop druckbelasteten rohrförmigen Umhüllung in Längsrichtung der Umhüllung koaxial verlaufend angeordnet ist, wobei die rohrförmige Umhüllung einen elliptischen Querschnitt aufweist und die Glasfaser entlang von Teilabschnitten ihres Umfangsbereiches an der Innenfläche der isotrop druckbelasteten Umhüllung anliegt.



Die Erfindung wird im Folgenden anhand von Ausführungsbeispielen mithilfe der beiliegenden Figuren näher erläutert. Es zeigen hierbei die

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Messanordnung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens, sowie zur Anwendung der erfindungsgemäßen Vorrichtung,

Fig. 2 eine schematische Darstellung einer ersten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur orts aufgelösten Druckmessung, bei der drei Glasfasern innerhalb einer rohrförmigen Umhüllung in Anlage mit deren Innenfläche angeordnet sind,

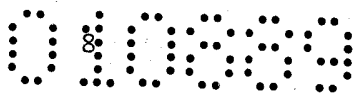
Fig. 3 eine schematische Darstellung der Druckverhältnisse auf eine Glasfaser in einer Anordnung gemäß Fig. 2,

Fig. 4 eine schematische Darstellung einer weiteren Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur orts aufgelösten Druckmessung, bei der zwei Glasfasern aneinander angeformt und innerhalb einer rohrförmigen Umhüllung angeordnet sind,

Fig. 5 eine schematische Darstellung einer weiteren Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur orts aufgelösten Druckmessung, bei der drei Glasfasern aneinander angeformt und innerhalb einer rohrförmigen Umhüllung angeordnet sind, und die

Fig. 6 eine schematische Darstellung einer weiteren Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur orts aufgelösten Druckmessung, bei der vier Glasfasern aneinander angeformt und innerhalb einer rohrförmigen Umhüllung angeordnet sind.

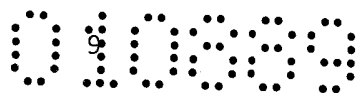
Zunächst wird auf die Fig. 1 Bezug genommen, um den allgemeinen apparativen Messaufbau zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens, sowie zur Anwendung der erfindungsgemäßen Vorrichtung zu erläutern. Über eine Datenverarbeitungseinrichtung 1 wird ein Pulsgenerator 2 angesteuert, der mithilfe einer Laserdiode 3 Lichtpulse erzeugt. Diese Laserlichtpulse werden über einen optischen Strahlteiler 4 entlang des Weges "A" über einen Verbinder 5 in die Glasfaser 11 (siehe Fig. 2) eingekoppelt, die innerhalb einer rohrförmigen Umhüllung 6 angeordnet ist, wie noch näher erläutert werden wird. Das rückgestreute Licht wird vom optischen Strahlteiler 4 entlang des Weges "B" einem Photodetektor 7 zugeführt, der das optische Reflexionssignal in ein elektrisches Signal umwandelt. Das elektrische Signal kann mithilfe eines Verstärkers 8 verstärkt und mithilfe eines AD-Wandlers 9 in ein digitales Signal umgewandelt werden. Das digitale Reflexionssignal wird schließlich über die Datenverarbeitungseinrichtung 1 einer Ausgabeeinheit 10 zugeführt. Der beschriebene Aufbau kann freilich auch variieren, ist aber



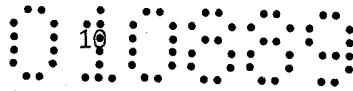
ansonsten bekannt. Zur Anwendung an sich bekannter Reflexionsmessungen auf Messbedingungen wie einem Umgebungsdruck von bis zu 1000 bar oder Temperaturen von mehreren Hundert Grad Celsius wird ein Verfahren und eine Vorrichtung zur orts aufgelösten Druckmessung vorgeschlagen, wie sie anhand der nachfolgenden Figuren beschrieben wird.

Die Fig. 2 zeigt eine schematische Darstellung einer ersten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur orts aufgelösten Druckmessung, bei der eine Glasfaser 11 innerhalb einer rohrförmigen Umhüllung 6 angeordnet ist, sowie zwei Stützfasern 12a, 12b, die jeweils entlang eines Teilabschnittes ihrer Umfangsbereiche an der Innenfläche der Umhüllung 6 anliegen und entlang weiterer Teilabschnitte ihrer Umfangsbereiche an der jeweils anderen Stützfasern 12a, 12b und der Glasfaser 11 anliegen. Der Freiraum 14 zwischen der rohrförmigen Umhüllung 6 und der Glasfaser 11 sowie der Stützfasern 12a, 12b kann etwa mit einem Schutzgas oder einem Gel gefüllt sein, ein Füllstoff ist jedoch bei dieser Ausführungsform nicht unbedingt notwendig, da die kinematisch definierte Kopplung über direkte Anlage der Glasfaser 11 und den Stützfasern 12a, 12b an der Umhüllung 6 sicher gestellt wird. Der Freiraum 14 könnte somit auch luftleer sein. Die zylindrisch symmetrische, rohrförmige Umhüllung 6 ist etwa als dichtes Edelstahlröhrchen gefertigt und kann von weiteren Umhüllungsschichten 13 umgeben sein, die eine Skalierbarkeit der Druckmessung erlauben. Die Glasfaser 11 kann mit einem äußeren Durchmesser ihres Glasfasermantels 11' von wenigen Mikrometern bis zu einigen Hundert Mikrometern gefertigt werden, aufgrund derzeitiger fertigungstechnischer Grenzen für die metallische, rohrförmige Umhüllung 6 wird die Glasfaser 11 jedoch einen äußeren Durchmesser im Bereich weniger Hundert Mikrometer aufweisen, und die rohrförmige Umhüllung einen Innendurchmesser, der etwa dem Zwei- bis Dreifachen dem Außendurchmesser der Glasfaser 11 entspricht, also etwa im Bereich von 1mm. Die erfindungsgemäße Vorrichtung ist gemäß Fig. 2 einem Druckbereich 15 ausgesetzt, wie er etwa innerhalb eines Ölbohrloches auftritt. Auf den äußeren Umfang der rohrförmigen Umhüllung 6 wirkt somit mitunter ein hoher hydrostatischer Druck, der sich aufgrund des kleinen Außendurchmessers der rohrförmigen Umhüllung 6 und seiner zylindrischen Symmetrie als isotroper Druck darstellt, wie er in der Fig. 2 durch die kleinen, radial verlaufenden Pfeile angedeutet ist, also als radial wirkender Druck, der jedoch entlang dem äußeren Umfang der Umhüllung 6 denselben skalaren Wert aufweist. Die Isotropie des anliegenden Druckes, also ein in seiner skalaren Größe entlang des Umfangsbereiches der rohrförmigen Umhüllung symmetrischer Druck, kann umso besser erreicht werden, je kleiner der äußere Durchmesser der rohrförmigen Umhüllung ausgeführt wird, etwa kleiner als 1.5mm, vorzugsweise kleiner als 0.5mm.

Die Glasfaser 11 weist einen Glasfasermantel 11' ("cladding"), sowie einen Glasfaserkern 11" ("core") auf. Des Weiteren wird sie mit einer äußeren Schutzschicht 16 ("coating") versehen



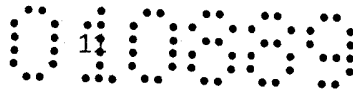
sein, deren Dicke und Material variieren kann. Bekannt sind etwa Schutzschichten 16 aus Kohlenstoff oder einem metallischen Material, die im Rahmen der Erfindung vorwiegend im Hochtemperaturbereich Einsatz finden werden. Bei niedrigeren Temperaturen können auch polymere Werkstoffe wie Acrylate für die Schutzschicht 16 verwendet werden, oder Polyimide als höherwertiger Werkstoff. In der vorliegenden Anmeldung wird der Begriff "Glasfaser" dabei so verstanden, dass ein Glasfasermantel 11', ein Glasfaserkern 11", sowie eine Schutzschicht 16 aus variierendem Material und Dicke vorliegen, jedoch keine weiteren Schichten, wie sie etwa als "jacket" bekannt sind. Insbesondere die Verwendung von üblichen Kunststoffen sollte bei einem Einsatz der erfindungsgemäßen Vorrichtung bei hohen Temperaturen vermieden werden. Der Glasfasermantel 11' und der Glasfaserkern 11" leiten Licht mithilfe der bekannten Prinzipien der Totalreflexion, wobei deren Aufbau und Zusammensetzung an sich bekannt ist. Vorzugsweise bilden jedoch Glasfasermantel 11' und Glasfaserkern 11" einen sprunghaften Übergang im jeweiligen Brechungsindex. Für Reflexionsmessungen werden in der Regel so genannte Single Mode (SM)-Fasern verwendet. In einer Single Mode (SM)-Faser sind zwei orthogonale HE_{11} -Moden ausbreitungsfähig. Deren Polarisationsrichtung kann willkürlich in x- bzw. y- Richtung (HE_{11x} , HE_{11y}) gewählt werden. Diese beiden Moden stellen die Eigenmoden der Polarisation einer SM-Faser dar. Der elektrische Feldvektor einer sich in z - Richtung (in der Fig. 2 normal zur Blattebene) ausbreitenden Welle kann somit in einer verlustlos angenommen SM-Faser als lineare Superposition dieser zwei Moden dargestellt werden. Jeder Mode kann ferner ein effektiver Brechungsindex zugeordnet werden, sowie eine Ausbreitungskonstante, die neben dem effektiven Brechungsindex auch von der (Freiraum-)Wellenlänge des eingekoppelten Lichtes abhängt. Beide Größen sind in idealen SM-Fasern, also in ungebogenen Fasern mit perfekt kreisförmigem Querschnitt und frei von mechanischen Spannungen, für beide Moden gleich groß. In realen Fasern ist das jedoch zumeist nicht der Fall, vielmehr kommt es zu einer Differenz in den Ausbreitungskonstanten der beiden Moden, die auch als lineare Doppelbrechung der Glasfaser 11 bezeichnet wird. Eine solche Doppelbrechung in einer Glasfaser 11 tritt immer dann auf, wenn es zu einer Anisotropie des Brechungsindex im Glasfaserkern 11" kommt. Hervorgerufen wird diese Anisotropie durch eine Störung der idealen Kreissymmetrie, aufgrund geometrischer Verformungen, mechanischer Spannungen oder externer elektrischer bzw. magnetischer Felder. Eine elliptische Querschnittsform führt etwa zu einer linearen Doppelbrechung, wobei sich parallel zur Nebenachse dieser Ellipse polarisiertes Licht am schnellsten ausbreitet. Auch mechanische Belastungen können eine elastooptische Veränderung des Brechungsindex in der Glasfaser 11 und somit lineare Doppelbrechung verursachen. Falls eine asymmetrische Kräfteverteilung wirkt, tritt eine Anisotropie in der Verteilung des Brechungsindex auf. Solche Belastungen können auch durch externe Effekte, wie Druck- oder Zugkräfte verursacht werden, wie anhand der Fig. 3 erläutert wird.



Die Fig. 3 zeigt in einer vergrößerten Darstellung die Kräfteverhältnisse der auf den Glasfasermantel 11' wirkenden Kräfte in einer Konfiguration gemäß Fig. 2. Der äußere Druck auf die Umhüllung 6 zeigt sich in einer Kraft F_a , die in der Fig. 3 von links entlang der x-Achse wirkt. Des Weiteren werden auf den Glasfasermantel 11' von den beiden Stützfasern 12a, 12b die Kräfte F_i ausgeübt, die jeweils über eine x- und y-Komponente verfügen. Der Winkel α zwischen der Kraft F_a und der Kraft F_i ist größer als der Winkel β zwischen den Kräften F_i (der Winkel α beträgt 150° und der Winkel β beträgt 60°). Die geometrische Analyse zeigt, dass zwar die Summe der Kräfte in y-Richtung verschwindet, nicht aber die Summe der Kräfte in x-Richtung, sodass eine asymmetrische Belastung auf den Glasfasermantel 11' wirkt. Die durch diese asymmetrische Belastung bewirkte Verformung des Glasfasermantels 11' sowie des Glasfaserkerns 11'' verursacht lokal eine Doppelbrechung, die gemessen werden kann. Da die geometrischen Verhältnisse wohlbekannt sind, kann andererseits bei bekannter Doppelbrechung auf die Kräfteverteilung von F_a und F_i , sowie in weiterer Folge auf den anliegenden, äußeren Druck geschlossen werden. Da sich die lokal vorliegende Doppelbrechung orts aufgelöst messen lässt, kann auch der anliegende Druck orts aufgelöst ermittelt werden.

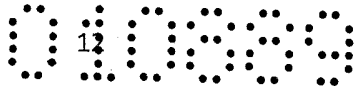
Die beiden Stützfasern 12a, 12b können als Multi Mode-Faser oder Single Mode-Faser ausgeführt sein, um etwa orts aufgelöste Temperaturmessungen durchzuführen, die für eine Korrektur des lokal gemessenen Druckes herangezogen werden können. Hohe Temperaturen können nämlich eine thermische Ausdehnung der Umhüllung 6, der Glasfaser 11, der Stützfasern 12a, 12b, sowie eines allfälligen Füllstoffes im Freiraum 14 verursachen, die sich auf die erfindungsgemäße Druckmessung auswirken können. Daher ist es vorteilhaft, über eine orts aufgelöste Temperaturinformation zur Kalibrierung der Druckmessung zu verfügen. Eine der beiden Stützfasern 12a, 12b könnte des Weiteren auch für zusätzliche Messungen von Zug- und Druckbelastungen herangezogen werden.

In der Fig. 2 ist die Schutzschicht 16 als Teil des Glasfasermantels 11' aufzufassen und daher nicht explizit eingezeichnet. Eine sehr dünne Ausführung der Schutzschicht 16 wäre denkbar, wenn die rohrförmige Umhüllung 6 mit entsprechend kleinen Durchmessern gefertigt werden kann. Es wäre jedoch auch möglich, die Schutzschicht 16 entsprechend dicker auszuführen, um den Durchmesser der rohrförmigen Umhüllung 6 erhöhen zu können und dessen Fertigung somit zu erleichtern. Dabei wird ein polymerer Werkstoff für die Schutzschicht 16 bevorzugt, falls die rohrförmige Umhüllung aus einem metallischen Werkstoff gefertigt ist, um die Anforderungen an die Fertigungstoleranzen zu verringern.



Es könnte jedoch im Sinne der oben beschriebenen Ausführungsform auch eine einzige Glasfaser 11 vorgesehen sein, deren Schutzschicht 16 so gefertigt ist, dass sie einen dreieckförmigen Querschnitt aufweist. Der dreieckförmige Querschnitt wäre dabei so zu wählen, dass sich eine azentrische Lage entweder des Glasfasermantels 11' und/oder der Schutzschicht 16 innerhalb der rohrförmigen Umhüllung 6 ergibt, also etwa in Form eines innerhalb der rohrförmigen Umhüllung 6 zentrisch angeordneten, gleichseitigen Dreiecks, wobei der Glasfasermantel 11' (und somit der Glasfaserkern 11'') relativ zur Schutzschicht 16 azentrisch angeordnet sind, oder etwa in Form eines innerhalb der rohrförmigen Umhüllung 6 azentrisch angeordneten gleichschenkeligen Dreiecks, wobei der Glasfasermantel 11' (und somit der Glasfaserkern 11'') relativ zur Schutzschicht 16 zentrisch angeordnet ist. Die Glasfaser 11 liegt wiederum entlang eines Teilabschnittes ihres Umfangsbereiches - nämlich in den Eckbereichen der dreieckförmigen Schutzschicht 16 - an der Innenfläche der isotrop druckbelasteten Umhüllung 6 an.

Anhand der Fig. 4 bis 6 wird eine alternative Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung beschrieben, bei der keine unmittelbare Anlage der Glasfaser 11 an der Innenfläche der rohrförmigen Umhüllung 6 vorliegt. Bei solchen Ausführungen sind Fertigungstoleranzen weniger entscheidend, des Weiteren zeigt sich eine geringere Temperaturabhängigkeit der Druckmessung. Hierbei ist zumindest eine Stützfaser 12 vorgesehen, die an der Glasfaser 11 angeformt ist, wobei die zumindest eine Stützfaser 12 und die Glasfaser 11 in einem transversal isotrop druckleitenden Medium 17 eingebettet sind, etwa ein hochtemperaturbeständiger Kunststoff, ein Gel oder ein polymerer Werkstoff wie etwa Acrylat. Die Glasfaser 11 und die zumindest eine Stützfaser 12 sind mit einer Schutzschicht 16 versehen, etwa aus Kohlenstoff oder einem metallischen Werkstoff. Die rohrförmige Umhüllung 6 wird etwa aus Kupfer oder Stahl gebildet. In der Fig. 4 ist eine Stützfaser 12a vorgesehen, es ist jedoch auch denkbar, Konfigurationen mit zwei Stützfasern 12a, 12b (siehe Fig. 5) oder drei Stützfasern 12a, 12b, 12c (siehe Fig. 6) zu verwenden, wobei die Durchmesser der Glasfaser 11 und der Stützfasern 12 auch unterschiedlich gewählt werden können. In den gezeigten Konfigurationen wird jeweils ein isotroper hydrostatischer Druck in wohldefinierter Weise in eine asymmetrische Kräfteverteilung auf den Glasfasermantel 11' umgesetzt. Es ist hierbei möglich, die Anordnung so zu verkleinern, dass der Außendurchmesser der rohrförmigen Umhüllung nur mehr im Bereich weniger Hundert Mikrometer beträgt. Die Anformung der zumindest einen Stützfaser 12 an der Glasfaser 11 stellt dabei eine definierte Anordnung der Glasfaser 11 relativ zur zumindest einen Stützfaser 12 sicher, sowie den daraus resultierenden, asymmetrischen Belastungsfall auf den Glasfasermantel 11'.

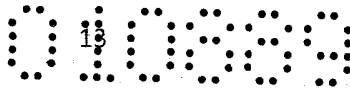


Die rohrförmige Umhüllung 6 kann Öffnungen aufweisen, wobei in diesem Fall kein transversal isotrop druckleitenden Medium 17 vorgesehen ist, stattdessen dringt äußeres Fluid, also ein Gas oder eine Flüssigkeit, aus dem Druckbereich 15 in das Innere der rohrförmigen Umhüllung 6 und wirkt direkt auf die Glasfaser 11. Insbesondere in diesem Fall ist die Schutzschicht 16 aus einem hochtemperaturbeständigen Material zu fertigen.

Die Stützfasern 12a, 12b, 12c können wiederum als Multi Mode-Faser oder Single Mode-Faser ausgeführt sein, um Kompensationsmessungen hinsichtlich Temperatur oder Druck- und Zugkräften durchzuführen. Des Weiteren können der jeweilige Kern und der Mantel der Glasfaser 11 und der Stützfasern 12 mit unterschiedlichen Geometrien, oder aus unterschiedlichem Material ausgeführt sein, um sehr genaue Anpassungen an die Druckempfindlichkeit zu ermöglichen.

In den gezeigten Beispielen gemäß der Fig. 4 bis 6 können die Glasfaser 11 und die Stützfasern 12 etwa mit einem äußeren Durchmesser in der Größenordnung von etwa Hundert Mikrometern gefertigt werden, und die rohrförmige Umhüllung 6 einen Innendurchmesser von etwa dem Zwei- bis Dreifachen dem (größten) Außendurchmesser der Glasfaser 11 und der Stützfasern 12, also etwa in der Größenordnung von 300 Mikrometern.

Mithilfe der Erfindung ist es möglich, an vielen Messpunkten entlang der Glasfaser 11 Druckmessungen vorzunehmen, also eine orts aufgelöste Druckmessung entlang der Glasfaser 11 durchzuführen. Eine solche Art der Messung ermöglicht es auf kostengünstige Weise, den Druckverlauf entlang der im Druckbereich 15 angeordneten, rohrförmigen Umhüllung 6 zu bestimmen, also etwa den Druckverlauf innerhalb eines Bohrloches, in dem die Glasfaser 11 mit ihrer rohrförmigen Umhüllung 6 angeordnet ist, und zwar insbesondere auch unter Messbedingungen wie einem hydrostatischen Umgebungsdruck von bis zu 1000 bar oder Temperaturen von mehreren Hundert Grad Celsius. Freilich bleibt das Anwendungsgebiet der erfindungsgemäßen Vorrichtung nicht auf Bohrlöcher beschränkt, sondern eignet sich für viele Einsatzgebiete, bei denen unter widrigen Umgebungsbedingungen Druckmessungen durchzuführen sind, etwa in Pipelines oder in sonstigen, druckbelasteten Einrichtungen.



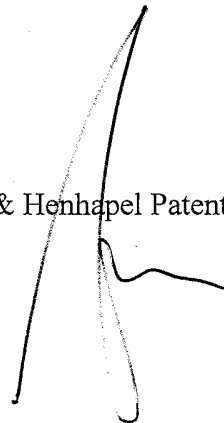
Patentansprüche:

1. Verfahren zur orts aufgelösten Druckmessung entlang eines Druckbereiches (15), **dadurch gekennzeichnet**, dass mithilfe einer, innerhalb einer rohrförmigen Umhüllung (6) in Längsrichtung der Umhüllung (6) verlaufenden Glasfaser (11) umfassend einen Glasfaserkern (11''), einen Glasfasermantel (11'), sowie eine äußere Schutzschicht (16), auf einen Längenabschnitt der entlang des Druckbereiches (15) angeordneten, rohrförmigen Umhüllung (6) isotrop wirkender Druck in eine asymmetrische Druckbelastung auf den, innerhalb des Längenabschnittes liegenden Bereich des Glasfasermantels (11') umgewandelt wird, wobei mithilfe einer Reflexionsmessung entlang der Glasfaser (11) die durch die asymmetrische Druckbelastung bewirkte Doppelbrechung in diesem Längenabschnitt detektiert und aus der so ermittelten, asymmetrischen Druckbelastung der auf den Längenabschnitt wirkende Druck ermittelt wird.
2. Vorrichtung zur orts aufgelösten Druckmessung entlang eines Druckbereiches (15), **dadurch gekennzeichnet**, dass sie aus einer Glasfaser (11) umfassend einen Glasfaserkern (11''), einen Glasfasermantel (11'), sowie eine äußere Schutzschicht (16) gebildet wird, deren Glasfasermantel (11') und/oder deren Schutzschicht (16) innerhalb einer, im Druckbereich (15) isotrop druckbelasteten rohrförmigen Umhüllung (6) in Längsrichtung der Umhüllung (6) azentrisch verlaufend angeordnet ist, wobei die Glasfaser (11) entlang eines Teilabschnittes ihres Umfangsbereiches an der Innenfläche der isotrop druckbelasteten Umhüllung (6) anliegt und/oder an zumindest einer Stützfaser (12) anliegt oder angeformt ist, die sich innerhalb der rohrförmigen Umhüllung (6) in Längsrichtung der Umhüllung (6) verlaufend erstreckt.
3. Vorrichtung zur orts aufgelösten Druckmessung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwei Stützfaser (12a, 12b) vorgesehen sind, die jeweils entlang eines Teilabschnittes ihrer Umfangsbereiche an der Innenfläche der Umhüllung (6) anliegen und entlang weiterer Teilabschnitte ihrer Umfangsbereiche an der jeweils anderen Stützfaser (12a, 12b) und der Glasfaser (11) anliegen.
4. Vorrichtung zur orts aufgelösten Druckmessung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Glasfaser (11) und die zumindest eine Stützfaser (12) in einem die Umhüllung (6) ausfüllenden, transversal isotrop druckleitenden Medium (17) angeordnet sind.
5. Vorrichtung zur orts aufgelösten Druckmessung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die rohrförmige Umhüllung (6) entlang ihres Umfangsbereiches Öffnungen aufweist.

6. Vorrichtung zur orts aufgelösten Druckmessung nach einem der Ansprüche 2 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass es sich bei der zumindest einen Stützfaser (12a, 12b, 12c) um eine weitere Glasfaser handelt.
7. Vorrichtung zur orts aufgelösten Druckmessung nach einem der Ansprüche 2 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass es sich bei der rohrförmigen Umhüllung (6) um eine zylindrisch symmetrische Umhüllung (6) handelt.
8. Vorrichtung zur orts aufgelösten Druckmessung entlang eines Druckbereiches (15), **dadurch gekennzeichnet**, dass sie aus einer Glasfaser (11) gebildet wird, die innerhalb einer, im Druckbereich (15) isotrop druckbelasteten rohrförmigen Umhüllung (6) in Längsrichtung der Umhüllung (6) coaxial verlaufend angeordnet ist, wobei die rohrförmige Umhüllung (6) einen elliptischen Querschnitt aufweist und die Glasfaser (11) entlang von Teilabschnitten ihres Umfangsbereiches an der Innenfläche der isotrop druckbelasteten Umhüllung (6) anliegt.

Wien, am 27. Nov. 2012

Kliment & Henhappel Patentanwälte OG



010889

1/5

Fig. 1

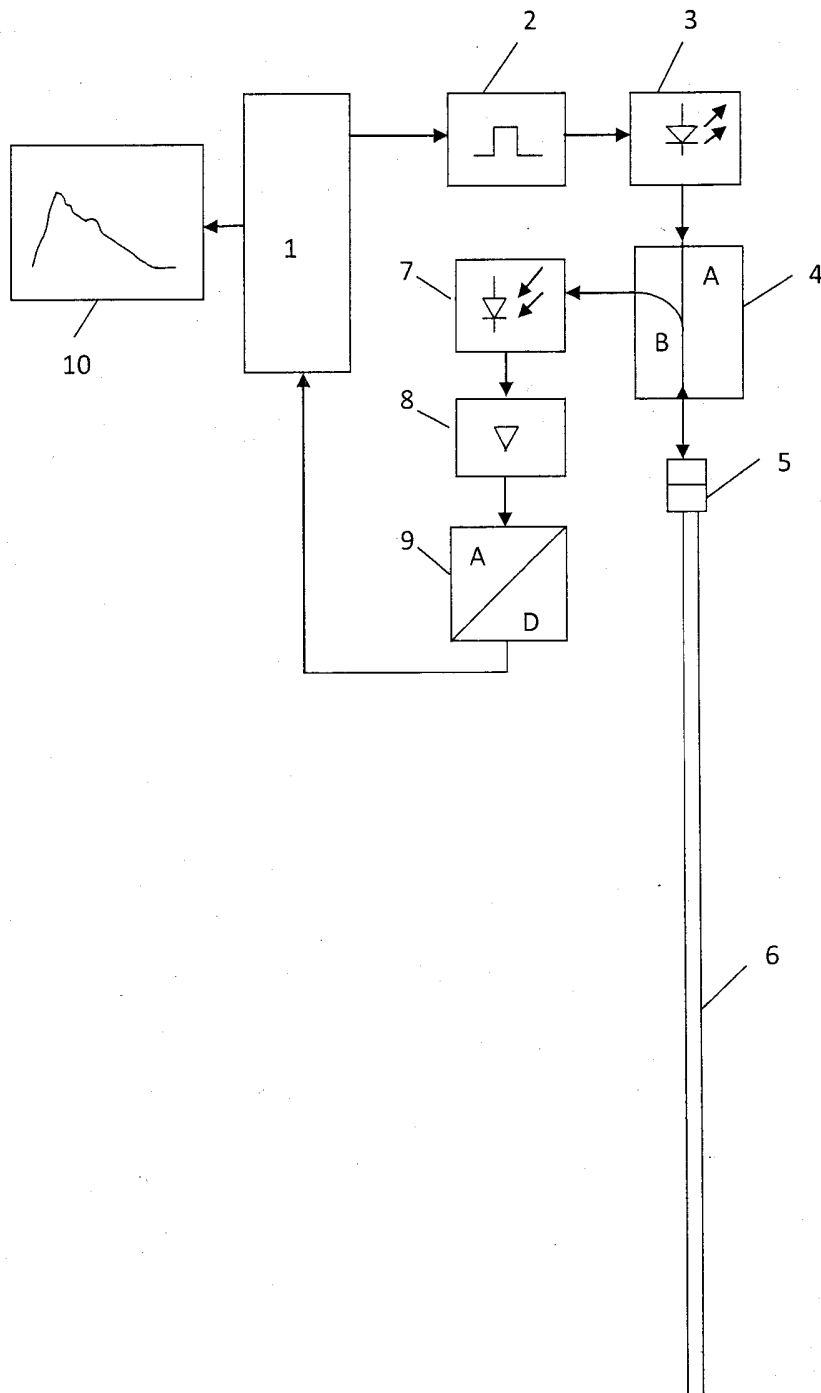


Fig. 2

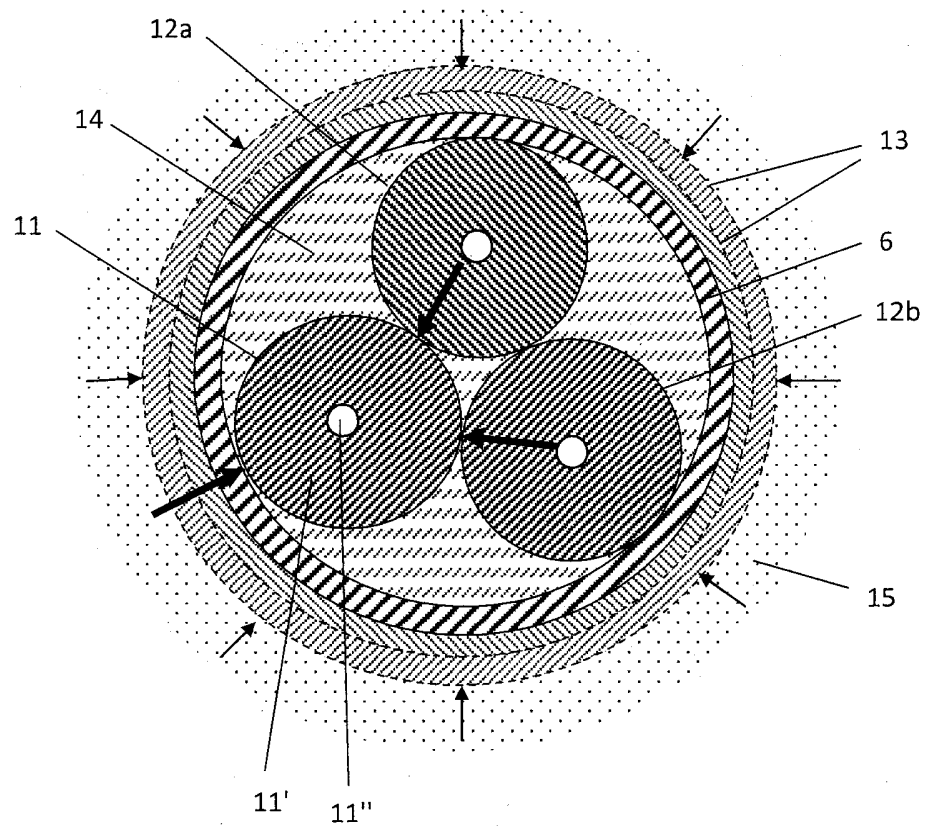
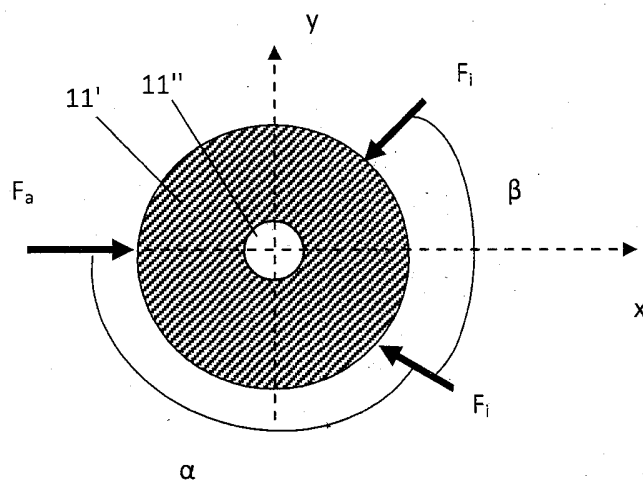


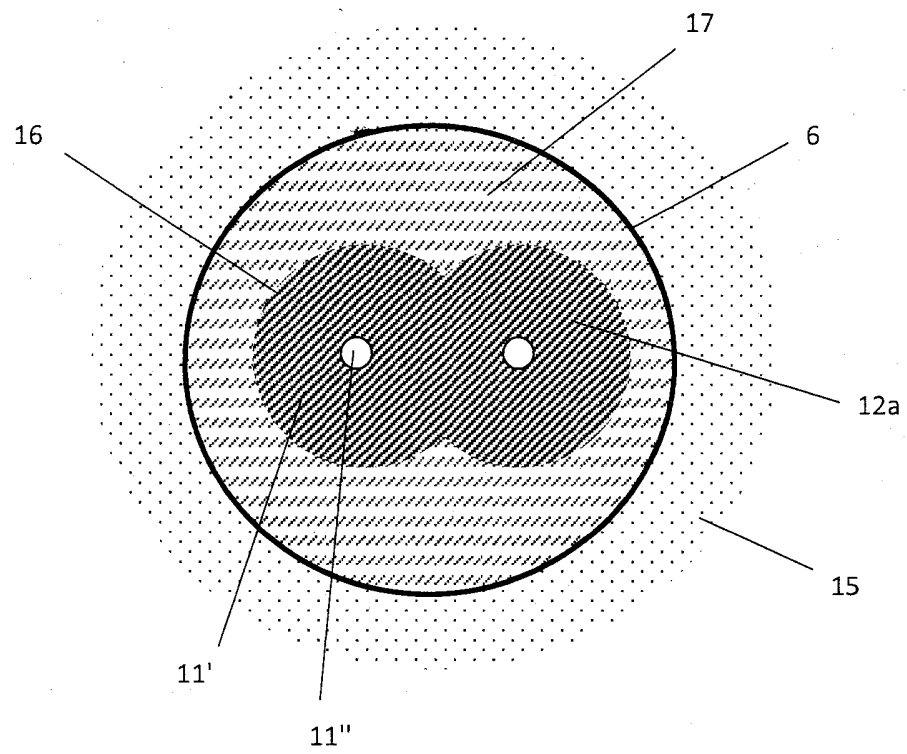
Fig. 3



010889

3/5

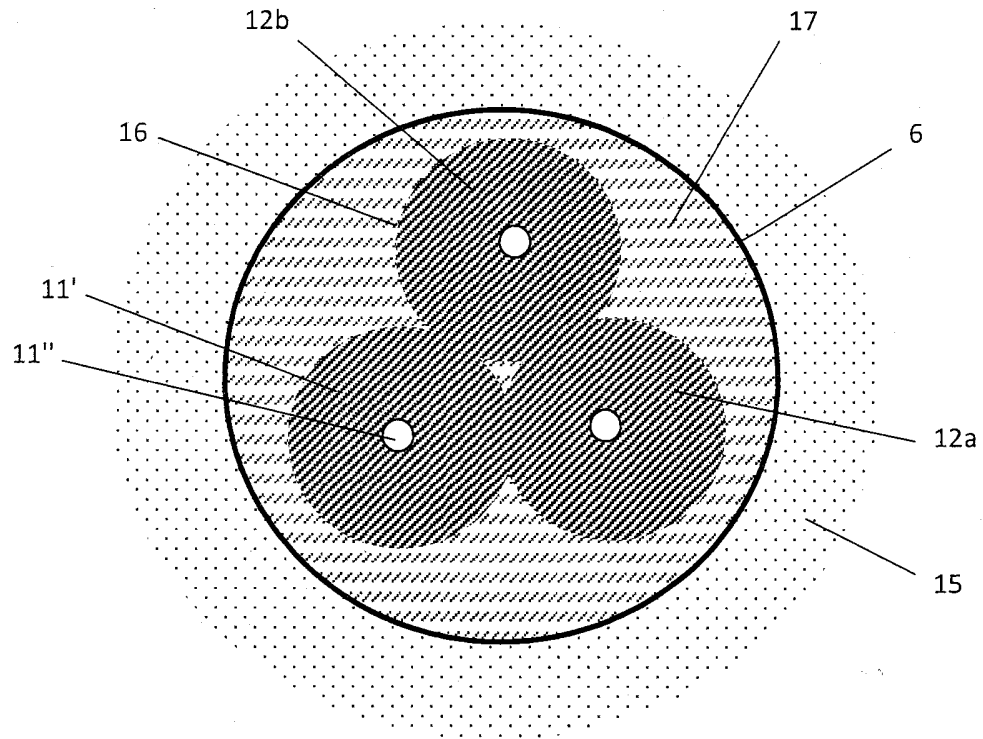
Fig. 4



010889

4/5

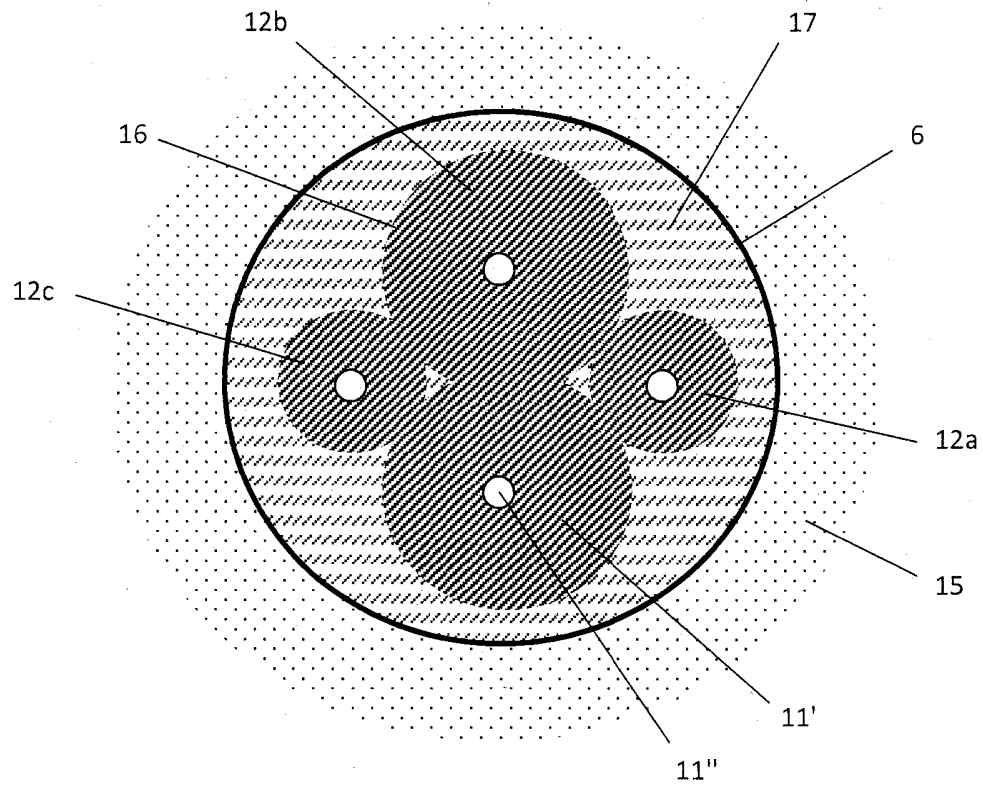
Fig. 5



010889

5/5

Fig. 6



Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC:
G01L 11/02 (2006.01)

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC:
G01L 11/025 (2013.01)

Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation):
G01L

Konsultierte Online-Datenbank:
EPODOC; TXT NN

Dieser Recherchenbericht wurde zu den am **27.11.2012** eingereichten Ansprüchen **1-8** erstellt.

Kategorie ^{*)}	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
Y	WO 2011058314 A1 (QINETIQ LTD) 19. Mai 2011 (19.05.2011) Abstract, Figs. 1-2b	1, 2, 7
Y	WO 9932863 A1 (OPTOPLAN AS) 01. Juli 1999 (01.07.1999) Abstract, Figs. 1-2	1, 2, 7
A	US 5841131 A (SCHROEDER ROBERT) 24. November 1998 (24.11.1998) Abstract, Figs. 9-23	1-8
A	US 2004165809 A1 (KERSEY ET AL) 26. August 2004 (26.08.2004) Abstract, Figs. 1-6	1-8
A	WO 2010139934 A1 (FOTECH SOLUTIONS LTD) 09. Dezember 2010 (09.12.2010) Abstract, Figs. 1-7	1-8
A	WO 2011045006 A1 (SCHLUMBERGER SERVICES PETROLIERS) 21. April 2011 (21.04.2011) Abstract, Figs. 1-7b	1-8

Datum der Beendigung der Recherche:
24.06.2013

Seite 1 von 1

Prüfer(in):

BABUREK Gerhard

^{*)} Kategorien der angeführten Dokumente:

- X** Veröffentlichung **von besonderer Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden.
- Y** Veröffentlichung **von Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese **Verbindung für einen Fachmann naheliegend** ist.

- A** Veröffentlichung, die den allgemeinen **Stand der Technik** definiert.
- P** Dokument, das von **Bedeutung** ist (Kategorien **X** oder **Y**), jedoch **nach dem Prioritätstag** der Anmeldung veröffentlicht wurde.
- E** Dokument, das **von besonderer Bedeutung** ist (Kategorie **X**), aus dem ein „**älteres Recht**“ hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen).
- &** Veröffentlichung, die Mitglied der selben **Patentfamilie** ist.