



Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 5 Absatz 1 des Änderungsgesetzes zum Patentgesetz

ISSN 0433-6461

(11)

208 726

Int.Cl.³ 3(51) H 04 B 9/00
G 01 R 31/08

AMT FUER ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) WP H 04 B/ 2418 276 (22) 21.07.82 (44) 04.04.84

(71) siehe (72)
(72) EBEL, JOCHEN, DIPL.-PHYS.; HART, HANS, PROF. DR. RER. NAT. HABIL.;
SCHILDER, DIETRICH, DR.-ING., DD;
(73) siehe (72)
(74) EBEL, JOCHEN VEB MESSELEKTRONIK BERLIN, TN 1035 BERLIN NEUE BAHNHOFSTR. 9/17

(54) VERFAHREN UND ANORDNUNG ZUR ERMITTLUNG OPTISCHER EIGENSCHAFTEN VON LICHTLEITFASERN

(57) Verfahren und Anordnung zur Ermittlung optischer Eigenschaften von Lichtleitfasern, insbesondere zur Ortung von Faserinhomogenitäten mit dem Ziel, diese Ortung mit dem geringsten Bedarf an Bandbreite, oberer Frequenzgrenze und Leistung mit hoher Genauigkeit im Nahbereich und auch bei großen Entfernungen durchzuführen. Dafür wird das empfangene und gegebenenfalls umgewandelte Lichtsignal mit sich oder dem Sendesignal korreliert.

Verfahren und Anordnung zur Ermittlung optischer Eigenschaften
von Lichtleitfasern

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ermittlung optischer Eigenschaften von Lichtleitfasern; insbesondere zur Ortung von Inhomogenitäten und zur Bestimmung des ortsabhängigen Dämpfungsfaktors, das bei der Fertigung, Installation und Reparatur von Lichtleiteranlagen angewandt werden kann. Die Wellenlänge des Lichtes ist hierbei nicht auf den sichtbaren Bereich beschränkt.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Die bekannten technischen Lösungen für diese Aufgaben verwenden einen kurzen Lichtimpuls, der durch vorhandene Inhomogenitäten reflektiert bzw. gestreut wird. Nachträglich ist dabei die notwendige und/oder zulässige hohe Pulsleistung, die große notwendige Bandbreite für eine ausreichende Orts- bzw. Zeitauflösung, das geringe Signal-Rausch-Verhältnis beim Empfang und wegen der möglichen Übersteuerung des Empfängers die Unmöglichkeit der Fehlerortung auf den ersten Metern des Kabels. Die genannten Nachteile werden auch bei der Pulskompressionstechnik nur wenig gemildert.

Bekannt ist auch ein Verfahren mit einer Gleitfrequenz zur Lasersenderansteuerung für die Reflexionsanzeige. Bei dem genannten Verfahren wird die Auswertung der rückgestreuten Strahlung, die Möglichkeit der Verwendung anderer Lichtsender und die Notwendigkeit, das Signal fortlaufend zu wiederholen (da ja der

Frequenzdurchlauf nicht beliebig lange fortgesetzt werden kann) nicht berücksichtigt. Dabei erreicht dieses Verfahren keine Bandbreitensparnis bei Sender und Empfänger, wenn die gleiche Ortungsgenauigkeit wie beim Impulsortungsverfahren erreicht werden soll; da der Frequenzdurchlauf genügend lange dauern muß, um das Einschwingen der Bandfilter zu ermöglichen. Außerdem ist bei dem bekannten Verfahren der Gewinn an Signal-Rausch-Verhältnis nicht so groß wie angegeben, da die Sendeleistung unter sonst gleichen Bedingungen nicht so groß wie beim Impulsverfahren gewählt werden kann. Darüber hinaus muß die Frequenzänderungsgeschwindigkeit während der Sendezeit sehr konstant sein, da anderenfalls auch die Frequenz- und Phasenschwankung die Ortungsgenauigkeit sinkt, worauf schon bei einem Verfahren, das zur Ortung in Hohlleitern dient (das Ähnlichkeit mit dem genannten Lichtleiterverfahren hat) hingewiesen wurde.

Ziel der Erfindung

Die Erfindung hat das Ziel, ein Verfahren zu schaffen, mit dem optische Eigenschaften von Lichtleitfasern ermittelt werden können. Insbesondere sind Inhomogenitäten zu orten und der ortsabhängige Dämpfungsfaktor zu bestimmen, um dabei genannte Nachteile des Standes der Technik zu vermeiden.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Erfindungsgemäß wird ein Verfahren zur Ermittlung optischer Eigenschaften von Lichtleitfasern, insbesondere zur Ortung von Faserinhomogenitäten mit einem Lichtsignal, das durch eine Vorrichtung in eine Lichtleitfaser eingespeist wird, vorgeschlagen, daß das ortsabhängig zum Fasereingang rückgestreute und/oder reflektierte Lichtsignal direkt oder nach optoelektronischer Wandlung mit sich oder mit einem elektrischen und/oder optischen Bezugssignal des Senders korreliert.

Das empfangene Signal kann auch nach seiner Aufbereitung, insbesondere nach seiner Umwandlung in ein elektrisches Signal und anschließender Diskretisierung, in einem Rechner verarbeitet wer-

den.

Weiterhin kann in dem Verfahren bei einem Sendesignal, das für eine gute Nebenzipfelunterdrückung eine nichtlineare FM besitzt, der Korrelator dieses Signal autokorrelieren.

In einer Anordnung nach diesem Verfahren ist es auch möglich, daß der Korrelator eine Avalanche - Fotodiode enthält, deren Vorspannung vom Sender moduliert wird. In einer weiteren möglichen Anordnung wird vorgeschlagen, daß der Korrelator ein Autokorrelator ist, insbesondere eine Metaldampfzelle mit anschließendem Lichtempfänger.

Das genannte Ziel wird durch die Erfindung folgendermaßen erreicht:

Ein Sender moduliert eine Lichtquelle, so daß eine Lichtquelle entsteht, die in Amplitude und/oder Phase so moduliert ist, daß die Autokorrelationsfunktion des Empfangssignals und/oder die Kreuzkorrelationsfunktion von Sende- und Empfangssignal eine möglichst schmale Spitze mit einer guten Nebenzipfeldämpfung besitzt. Über eine optische Vorrichtung, die vor- und rücklaufendes Licht trennt (bekannt sind z. B. optische Richtkoppler), tritt das Licht in die zu untersuchende Lichtleitfaser ein. Das in der Faser zurückgestreute und/oder reflektierte Licht fällt auf den Lichtempfänger, der Bestandteil eines Korrelators (bzw. einer Korrelatorbank) ist. Das Ausgangssignal (bzw. die Ausgangssignale) ist von seiner Größe und seiner zeitlichen Lage ein Abbild der optischen Eigenschaften der untersuchten Lichtleitfaser und kann geeignet weiterverarbeitet oder angezeigt werden. Ein erster Verarbeitungsschritt zur Bildung der Kreuzkorrelationsfunktion kann darin bestehen, daß rückgestreutes und ursprüngliches Licht gleichzeitig auf den Lichtempfänger fallen und an dessen quadratischer Kennlinie gemischt werden. Eine weitere Möglichkeit der Kreuzkorrelation besteht darin, daß der Kreuzkorrelator mit einer Avalanche-fotodiode beginnt, deren Vorspannung mit dem Sendesignal moduliert wird und der Fotodiodenstrom in die weiteren Stufen des Korrelators fließt.

Ausführungsbeispiel

Die Ansteuerschaltung für den Lichtsender gibt ein nahezu harmonisches Signal ab, dessen Frequenz zwischen einer unteren und oberen Grenze mit einer bestimmten Wiederholungsdauer geändert wird, wobei die Änderungsgeschwindigkeit hochgenau und hoch konstant ist, und der Zeitablauf so gewählt ist, daß ein Mischsignal aus Sende- und Empfangssignal auch über mehrere Wiederholungsdauern keine Phasensprünge aufweist. Zweckmäßig wird nach dem Erreichen der höchsten (oder niedrigsten) Frequenz die Modulation für eine bestimmte Zeit unterbrochen, die gleich oder größer als die Laufzeit des Lichtes in der Faser ist.

Das empfangene Licht geht in den Kreuzkorrelator, der sein Bezugssignal (Überlagerungssignal) von der Ansteuerungsschaltung erhält. Dabei ist der Korrelator ein Mischer mit anschließender Filterbank. Bei der Mischung des empfangenen Signals, mit dem sich in gleicher Weise frequenzlinear ändernden Überlagerungssignal, entsteht ein Signalgemisch, welches durch das ortsabhängig zurückkehrende Licht verursacht wird. Der Signalanteil jedes Ortes ist dabei ein harmonisches Signal mit einer konstanten Frequenz, dessen Amplitude zumindest mit der Modulationsunterbrechungsdauer getastet ist. Die Frequenzkonstanz jedes Anteiles ist dabei sehr hoch, wenn moderne phasenkohärente Syntheseverfahren mit einer hochkonstanten Referenzfrequenz benutzt werden. Das ermöglicht es, die optischen Eigenschaften jedes Ortes des Lichtleiters durch ein schmalbandiges Filter sehr genau zu bestimmen. Für die gleichzeitige Auswertung des von verschiedenen Orten zurückkehrenden Lichtes bietet sich dabei die Fouriertransformation an. Störend sind die durch die Tastung entstehenden Nebenwellen, die das Meßergebnis beeinflussen. Durch ein geeignetes Zeitprogramm des Verstärkungsfaktors kann der störende Nebenwellenanteil durch eine weiche Tastung reduziert werden. Eine weitere Möglichkeit zur Reduzierung des Tasteinflusses besteht darin, die Wiederholungsdauern nach einem bestimmten Gesetz (pseudozufällig oder zufällig) zu ändern, so daß nach genügend langer Meßzeit der Einfluß der Tastung vernachlässigbar ist. Noch einfacher ist es, das Mischsignal abzutasten und zu digitalisieren. Die rechentechnische Verarbei-

tung (z. B. die diskrete Fouriertransformation - speziell die FFT) erlaubt es, in den Sendepausen (bzw. und/oder Empfangspausen) nicht abzutasten, so daß der Einfluß der Sendertastung auf das Meßergebnis ausreichend klein ist.

Ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung besteht darin, einen kurzen Lichtimpuls hoher Leistung zu erzeugen, der durch ein Filter mit starker Dispersion (z. B. eine Metaldampfzelle) verbreitert wird. Dieser verbreiterte Impuls wird auf die Faser gegeben. Beim Empfang des zurückkehrenden Lichtes wird die Autokorrelationsfunktion gebildet (z. B. wieder durch eine geeignete Metaldampfzelle), wodurch ein schmaler Impuls entsteht, dessen zeitliche Lage durch den Ort der Lichtumkehr bestimmt ist.

Erfindungsanspruch:

1. Verfahren zur Ermittlung optischer Eigenschaften von Lichtleitfasern, insbesondere zur Ortung von Faserinhomogenitäten mit einem Lichtsignal, das durch eine Vorrichtung in eine Lichtleitfaser eingespeist wird, gekennzeichnet dadurch, daß das ortsabhängig zum Fasereingang rückgestreute und/oder reflektierte Lichtsignal direkt oder nach optoelektronischer Wandlung mit sich oder mit einem elektrischen und/oder optischen Bezugssignal des Senders korreliert wird.
2. Verfahren nach Punkt 1, gekennzeichnet dadurch, daß das empfangene Signal nach seiner Aufbereitung, insbesondere nach seiner Umwandlung in ein elektrisches Signal und anschließender Diskretisierung in einem Rechner verarbeitet wird.
3. Verfahren nach Punkt 1 mit einem Sendesignal, das für eine gute Nebenzipfelunterdrückung eine nichtlineare FM besitzt, gekennzeichnet dadurch, daß der Korrelator dieses Signal autokorreliert.
4. Anordnung für das Verfahren nach Punkt 1, gekennzeichnet dadurch, daß der Korrelator eine Avalanche - Fotodiode enthält, deren Vorspannung vom Sender moduliert wird.
5. Anordnung für das Verfahren nach Punkt 1, gekennzeichnet dadurch, daß der Korrelator ein Autokorrelator ist, insbesondere eine Metaldampfzelle mit anschließendem Lichtempfänger.