



(19)  
**Bundesrepublik Deutschland**  
**Deutsches Patent- und Markenamt**

(10) **DE 102 97 428 T5 2005.01.27**

(12)

## Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der  
 (87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 03/042652**  
 in deutscher Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2 IntPatÜG)  
 (21) Deutsches Aktenzeichen: **102 97 428.4**  
 (86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP02/11758**  
 (86) PCT-Anmeldetag: **12.11.2002**  
 (87) PCT-Veröffentlichungstag: **22.05.2003**  
 (43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung  
 in deutscher Übersetzung: **27.01.2005**

(51) Int Cl.7: **G01M 11/02**

(30) Unionspriorität:  
**2001-347897 13.11.2001 JP**

(71) Anmelder:  
**Advantest Corp., Tokio/Tokyo, JP**

(74) Vertreter:  
**Betten & Resch, 80333 München**

(72) Erfinder:  
**Satamura, Hiroaki, Tokio/Tokyo, JP; Fujita, Shinya, Tokio/Tokyo, JP; Ukita, Junichi, Tokio/Tokyo, JP; Watanabe, Katsuhiko, Tokio/Tokyo, JP**

(54) Bezeichnung: **Wellenlängerdispersions-Abtastsystem**

(57) Hauptanspruch: Wellenlängerdispersions-Abtastsystem, das Folgendes aufweist:

einen Einfallsmechanismus, gepulstes Licht, bei dem ein Intensitätsverhältnis von zwei Wellenlängenkomponenten mit einem vorbestimmten Abstand justierbar eingestellt ist, in ein Ende eines zu untersuchenden Lichtwellenleiters eintreten zu lassen;

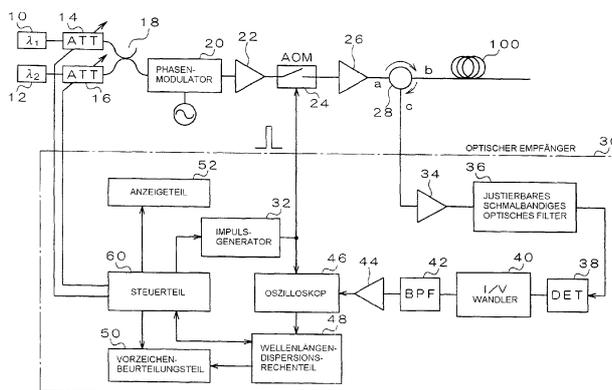
eine Intensitätsverhältnis-Einstelleinheit zum Einstellen des Intensitätsverhältnisses von zwei Wellenlängenkomponenten für den Einfallsmechanismus;

eine Detektionseinheit zum Detektieren von Stalks-Licht und/oder Anti-Stalks-Licht in rücklaufendem Licht, das von einem Ende des zu untersuchenden Lichtwellenleiters emittiert wird, und Erzeugen eines elektrischen Detektionssignals;

eine Frequenzrecheneinheit zum Berechnen einer Frequenz des Detektionssignals;

eine Wellenlängendispersions-Recheneinheit zum Berechnen der Wellenlängendispersion des zu untersuchenden Lichtwellenleiters auf Basis der von der Frequenzrecheneinheit berechneten Frequenz; und

eine Vorzeichen-Beurteilungseinheit zum Beurteilen eines Vorzeichens der Wellenlängendispersion auf Basis der mehrfachen Berechnungsergebnisse der Wellenlängendispersion durch die Frequenzrecheneinheit, durchgeführt vor und nach Modifizieren des Intensitätsverhältnisses von zwei Wellenlängenkomponenten durch die Intensitätsverhältnis-Einstelleinheit.



**Beschreibung**

## Technisches Gebiet

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Wellenlängendispersions-Abtastsystem, welches die Wellenlängendispersion und ihr Vorzeichen eines Lichtwellenleiters bestimmt.

## Technischer Hintergrund

**[0002]** Ein für Anwendungen wie z.B. Datenübertragung verwendeter Lichtwellenleiter hat im Allgemeinen eine Wellenlängenabhängigkeit in Längsrichtung. Aus diesem Grunde muss man diese Wellenlängenabhängigkeit berücksichtigen, insbesondere um unter Verwendung eines Lichtwellenleiters, der für einen Kanal verwendet wird, dessen Leitungslänge groß ist, ein Signal exakt zu übertragen. Was diese Wellenlängenabhängigkeit ausdrückt, ist eine "verteilte Abbildung". Diese verteilte Abbildung zeigt die Beziehung zwischen der Distanz in der Längsrichtung und der Wellenlängendispersion eines Lichtwellenleiters. Als Stand der Technik zur Bestimmung einer verteilten Abbildung ist eine Vorrichtung bekannt, die in der japanischen Patentoffenlegung Nr. 10-83006 offenbart ist.

**[0003]** Das Arbeitsprinzip dieser Vorrichtung ist, Stalks-Licht oder Anti-Stalks-Licht im rücklaufenden Licht zu detektieren, das erhalten wird, indem das gepulste Licht, in dem zwei Arten von Strahlen mit Wellenlängen  $\lambda_1$  und  $\lambda_2$  enthalten sind, in einen Lichtwellenleiter eintreten gelassen wird, und die Wellenlängendispersion  $D$  auf Basis einer Frequenz dieser Detektionsausgangsgröße zu erhalten. Unter Verwendung dieses Verfahrens wird es möglich, die verteilte Abbildung, die die Beziehung zwischen der Distanz  $z$  entlang der Längsrichtung des Lichtwellenleiters und der Wellenlängendispersion  $D$  an dessen Ort zeigt, durch ein Verfahren wie optische Zeitdomänen-Reflektometrie (OTDR) genau und leicht zu erzeugen.

**[0004]** Übrigens, da die Berechnung der Wellenlängendispersion  $D$  unter Verwendung der in der oben erwähnten Veröffentlichung offenbarten Vorrichtung auf Basis der Frequenz der Intensitätsamplitude des detektierten Lichts rechnet, kann nur der Absolutwert gefunden werden, jedoch besteht das Problem, dass kein Vorzeichen bekannt ist. Verwendet man einen Lichtwellenleiter jedoch tatsächlich als einen Kanal, ist auch das Vorzeichen der Wellenlängendispersion  $D$  erforderlich. Zum Beispiel, werden bei Auslegung des Kanals, welcher eine Güte hat, bei der die Wellenlängendispersion meist als Ganzes vernachlässigt werden kann, zwei oder mehr Arten von Lichtwellenleitern, die vorbestimmte Wellenlängendispersion haben, verbunden, wird es wichtig, ob die Wellenlängendispersion einen positiven Wert hat oder einen negativen Wert hat. Da das Vorzeichen der Wellenlängendispersion durch das in der oben erwähnten Veröffentlichung offenbarte Verfahren nicht gefunden wird, wird das Vorzeichen der Wellenlängendispersion durch ein anderes Verfahren gemessen, und daher besteht das Problem, dass die Bestimmung Mühe und Zeit erfordert, da man Vorrichtungen wechseln muss, die Lichtwellenleiter verbinden, oder eine Vorrichtung herstellen muss, die das Vorzeichen der Wellenlängendispersion zusätzlich zu der verteilten Abbildung bestimmt.

## Offenbarung der Erfindung

**[0005]** Die vorliegende Erfindung wird angesichts solcher Punkte geschaffen und hat zum Ziel, ein Wellenlängendispersions-Abtastsystem bereitzustellen, das den Wert der Wellenlängendispersion und ihr Vorzeichen bestimmen kann und die für die Bestimmung nötige Mühe und Zeit vermindern kann.

**[0006]** Das Wellenlängendispersions-Abtastsystem der vorliegenden Erfindung enthält einen Einfallsmechanismus, gepulstes Licht, bei dem ein Intensitätsverhältnis von zwei Wellenlängenkomponenten mit einem vorbestimmten Abstand justierbar eingestellt ist, in ein Ende eines zu untersuchenden Lichtwellenleiters eintreten zu lassen, eine Intensitätsverhältnis-Einstelleinheit zum Einstellen des Intensitätsverhältnisses von zwei Wellenlängenkomponenten für diesen Einfallsmechanismus, eine Detektionseinheit zum Detektieren von Stalks-Licht und/oder Anti-Stalks-Licht in rücklaufendem Licht, das von einem Ende des zu untersuchenden Lichtwellenleiters emittiert wird, und Erzeugen eines elektrischen Detektionssignals, eine Frequenzrecheneinheit zum Berechnen einer Frequenz des Detektionssignals, eine Wellenlängendispersions-Recheneinheit zum Berechnen der Wellenlängendispersion des zu untersuchenden Lichtwellenleiters auf Basis der von der Frequenzrecheneinheit berechneten Frequenz, und eine Vorzeichen-Beurteilungseinheit zum Bestimmen eines Vorzeichens der Wellenlängendispersion auf Basis der mehrfachen Berechnungsergebnisse der Wellenlängendispersion durch die Frequenzrecheneinheit, durchgeführt vor und nach Modifizieren des Intensitätsverhältnisses von zwei Wellenlängenkomponenten durch die Intensitätsverhältnis-Einstelleinheit.

**[0007]** Man kann die Wellenlängendispersion und ihr Vorzeichen bloß durch Ändern des Intensitätsverhältnisses von zwei in den zu untersuchenden Lichtwellenleiter eintretenden Wellenlängenkomponenten und Wiederholen der Bestimmung der Wellenlängendispersion erhalten. Im Vergleich mit dem Fall, dass die Wellenlängendispersion und ihr Vorzeichen durch getrennte Vorrichtungen bestimmt werden, wird es insbesondere möglich, die Mühe und Zeit der Bestimmung stark zu vermindern.

**[0008]** Außerdem ist es erwünscht, die Vorzeichenbeurteilung der Wellenlängendispersion durch die Vorzeichen-Beurteilungseinheit nicht nur dadurch durchzuführen, das Intensitätsverhältnis von zwei Wellenlängenkomponenten durch die oben erwähnte Intensitätsverhältnis-Einstelleinheit auf 1 zu 2 einzustellen und die Wellenlängendispersion durch die Wellenlängendispersions-Recheneinheit zu erhalten, sondern auch das Intensitätsverhältnis von zwei Wellenlängenkomponenten durch die Intensitätsverhältnis-Einstelleinheit auf ausgenommen 1 zu 2 einzustellen und einen durch die Wellenlängendispersions-Recheneinheit berechneten Wert mit dem Wert der Wellenlängendispersion zu vergleichen. Man kann das Vorzeichen der Wellenlängendispersion leicht erfahren, indem ein Erzeugungszustand eines Abstands untersucht wird, da dieser Abstand in der Richtung in Übereinstimmung mit dem Vorzeichen der Wellenlängendispersion erzeugt wird, indem dieses Intensitätsverhältnis auf ausgenommen 1 zu 2 eingestellt wird, wenn die exakte Wellenlängendispersion erhalten wird, wenn das Intensitätsverhältnis zweier Wellenlängenkomponenten auf 1 zu 2 eingestellt wird.

**[0009]** Außerdem ist es erwünscht, dass der oben erwähnte Einfallsmechanismus zwei Lichtquellen, die jeweils unabhängig Licht zweier Wellenlängenkomponenten erzeugen, einen optischen Multiplexer, der das von den zwei Lichtquellen ausgegebene Licht vereinigt, eine Impulsformeinheit, die aus dem Ausgangslicht des optischen Multiplexers Impulse formt, und einen Lichtabschwächer enthält, der in die Strecke von den zwei Lichtquellen zum optischen Multiplexer eingefügt ist und die Intensität des von mindestens einer der zwei Lichtquellen ausgegebenen Lichts ändert. Alternativ ist es erwünscht, dass der oben erwähnte Einfallsmechanismus zwei Lichtquellen, die jeweils unabhängig Licht zweier Wellenlängenkomponenten erzeugen, einen optischen Multiplexer, der das von den zwei Lichtquellen ausgegebene Licht vereinigt, eine Impulsformeinheit, die aus dem Ausgangslicht des optischen Multiplexers Impulse formt, und einen Modulator enthält, der in die Strecke von den zwei Lichtquellen zum optischen Multiplexer eingefügt ist und das von mindestens einer der zwei Lichtquellen ausgegebene Licht justierbar abschwächt. Alternativ ist es erwünscht, dass der oben erwähnte Einfallsmechanismus zwei Lichtquellen, die jeweils unabhängig Licht zweier Wellenlängenkomponenten erzeugen, deren Intensitäten justierbar sind, einen optischen Multiplexer, der das von zwei Lichtquellen ausgegebene Licht vereinigt, und eine Impulsformeinheit enthält, die aus dem Ausgangslicht des optischen Multiplexers Impulse formt. Diese Verfahren ermöglichen es, das Intensitätsverhältnis von Licht zweier Wellenlängenkomponenten beliebig einzustellen und die Bestimmung der Wellenlängendispersion und ihre Vorzeichenbeurteilung durchzuführen, ohne der Arbeitsweise einen besonderen Aufbau hinzuzufügen oder die Verbindung des zu untersuchenden Lichtwellenleiters zu ändern.

**[0010]** Außerdem ist es erwünscht, dass der oben erwähnte Einfallsmechanismus weiterhin einen Zirkulator enthält, der nicht nur das Ausgangslicht des optischen Multiplexers in ein Ende des zu untersuchenden Lichtwellenleiters eintreten lässt, sondern auch das von diesem Ende emittierte rücklaufende Licht in die Detektionseinheit eintreten lässt. Dies ermöglicht es nicht nur, gepulstes Licht mit wenig Verlust in den zu untersuchenden Lichtwellenleiter eintreten zu lassen, sondern auch, das rücklaufende Licht aus dem zu untersuchenden Lichtwellenleiter zu der Detektionseinheit zu leiten.

**[0011]** Weiterhin ist es erwünscht, dass die oben erwähnte Detektionseinheit ein optisches Filter, das Stalks-Licht oder Anti-Stalks-Licht extrahiert, welches ein im rücklaufenden Licht enthaltenes Detektionsziel ist, und eine Detektionssignalformeinheit enthält, die die Intensität der durch das Durchlaufen des optischen Filters extrahierten Lichtkomponente detektiert und ein Detektionssignal erzeugt. Infolgedessen wird es möglich, nur eine Lichtkomponente zu extrahieren, die für die Bestimmung der Wellenlängendispersion notwendig ist, und ihre Intensität zu detektieren.

**[0012]** Außerdem ist es erwünscht, weiterhin eine Anzeigeeinheit einzuschließen, die ein Vorzeichen als Beurteilungsergebnis durch die oben erwähnte Vorzeichenbeurteilungseinheit visuell und identifizierbar anzeigt. Dies erleichtert die Arbeit, das Vorzeichen der Wellenlängendispersion zu prüfen.

**[0013]** Ein Wellenlängendispersions-Abtastverfahren der vorliegenden Erfindung umfasst einen Schritt, gepulstes Licht, bei dem ein Intensitätsverhältnis von zwei Wellenlängenkomponenten mit einem vorbestimmten Abstand justierbar eingestellt ist, in ein Ende eines zu untersuchenden Lichtwellenleiters eintreten zu lassen, einen Schritt, ein Intensitätsverhältnis von zwei Wellenlängenkomponenten einzustellen, einen Schritt, Stalks-Licht und/oder Anti-Stalks-Licht in dem rücklaufenden Licht, das von einem Ende des zu untersuchen-

den Lichtwellenleiters emittiert wird, zu detektieren und ein elektrisches Detektionssignal zu erzeugen, einen Schritt, eine Frequenz des Detektionssignals zu berechnen, einen Schritt, die Wellenlängendispersion des zu untersuchenden Lichtwellenleiters auf Basis der berechneten Frequenz des Detektionssignals zu berechnen, und einen Schritt, ein Vorzeichen der Wellenlängendispersion auf Basis der mehrfachen Berechnungsergebnisse der Wellenlängendispersion durch die Frequenzrecheneinheit, durchgeführt vor und nach Modifizieren des Intensitätsverhältnisses von zwei Wellenlängenkomponenten, zu bestimmen. Indem man dieses Wellenlängendispersions-Messverfahren durchführt, kann man die Wellenlängendispersion und ihr Vorzeichen bloß durch Ändern des Intensitätsverhältnisses von zwei in den zu untersuchenden Lichtwellenleiter eintreten gelassenen Arten von Wellenlängenkomponenten und Wiederholen der Bestimmung der Wellenlängendispersion erhalten. Im Vergleich mit dem Fall, dass die Wellenlängendispersion und ihr Vorzeichen durch getrennte Vorrichtungen bestimmt werden, wird es insbesondere möglich, die Mühe und Zeit der Bestimmung stark zu vermindern.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

**[0014]** Fig. 1 ist eine Skizze, die den Aufbau eines Wellenlängendispersions-Abtastsystems einer Ausführungsform zeigt;

**[0015]** Fig. 2 ist ein Graph, der die Beziehung zwischen der Wellenlängendispersion, ermittelt mit Einstellung eines Intensitätsverhältnisses von zwei Wellenlängenkomponenten auf 1 zu 2, und der Wellenlängendispersion, ermittelt mit dessen Einstellung auf 1 zu 1, wenn das Vorzeichen der Wellenlängendispersion positiv ist, zeigt;

**[0016]** Fig. 3 ist ein Graph, der die Beziehung zwischen der Wellenlängendispersion, ermittelt mit Einstellung eines Verhältnisses von  $P_1$  und  $P_2$  auf 1 zu 2, und der Wellenlängendispersion, ermittelt mit dessen Einstellung auf 1 zu 1, wenn das Vorzeichen der Wellenlängendispersion negativ ist, zeigt; und

**[0017]** Fig. 4 ist ein Flussdiagramm, das die Betriebsprozedur des Dispersionsabtastsystems zeigt, das die Bestimmung der Wellenlängendispersion und Beurteilung ihres Vorzeichens durchführt.

#### Beste Art der Ausführung der Erfindung

**[0018]** Es folgt eine Beschreibung eines Wellenlängendispersions-Abtastsystems, auf das die vorliegende Erfindung angewendet wird, unter Bezugnahme auf die Zeichnungen.

**[0019]** Fig. 1 ist eine Skizze, die den Aufbau des Wellenlängendispersions-Abtastsystems einer Ausführungsform zeigt. Das in Fig. 1 gezeigte Wellenlängendispersions-Abtastsystem dient zur Bestimmung der Wellenlängendispersion  $D$  und ihres Vorzeichens eines Lichtwellenleiters **100** als zu untersuchender Lichtwellenleiter (FUT). Dieses Wellenlängendispersions-Abtastsystem enthält Lichtquellen **10** und **12**, Lichtabschwächer **14** und **16**, einen optischen Multiplexer **18**, einen Phasenmodulator **20**, optische Verstärker **22** und **26**, einen akustooptischen Modulator (AOM) **24**, einen Zirkulator **28** und einen optischen Empfänger **30**.

**[0020]** Die zwei Lichtquellen **10** und **12** geben kontinuierliches Licht (CW-Licht) mit Wellenlängen  $\lambda_1$  bzw.  $\lambda_2$  aus, die um  $\delta\lambda$  zueinander verschoben sind. Der Lichtabschwächer **14** justiert die Intensität des von der einen Lichtquelle **10** her eintretenden Lichts auf der Wellenlänge  $\lambda_1$ , indem die Abschwächung des durchgelassenen Lichts justierbar geändert wird und es emittiert wird. Ähnlich ändert der Lichtabschwächer **16** justierbar die Intensität des von der anderen Lichtquelle **12** her eintretenden Lichts auf der Wellenlänge  $\lambda_2$ , indem die Abschwächung des durchgelassenen Lichts justierbar geändert wird und es emittiert wird.

**[0021]** Der optische Multiplexer **18** vereinigt das von den zwei Lichtabschwächern **14** bzw. **16** emittierte Licht mit zwei Arten von Wellenlängen  $\lambda_1$  und  $\lambda_2$ . Der Phasenmodulator **20** führt Phasenmodulation des vom optischen Multiplexer **18** her eingetretenen Lichts durch. Die Linienbreite des Lichts wird durch diese Phasenmodulation größer. Der optische Verstärker **22** verstärkt das vom Phasenmodulator **20** emittierte Licht. Der akustooptische Modulator **24** formt das vom optischen Verstärker **22** her eingetretene kontinuierliche Licht in Impulse um. Der optische Verstärker **26** verstärkt das vom akustooptischen Modulator **24** in Impulse umgeformte Licht und erzeugt das gepulste Licht mit großer Amplitude. Das gepulste Licht wird über den Zirkulator **28** in ein Ende des Lichtwellenleiters **100** eintreten gelassen.

**[0022]** Der Zirkulator **28** hat ein Einfallsende a, mit dem ein Emissionsende des optischen Verstärkers **26** verbunden ist, ein Einfall- und Emissionsende b, mit dem ein Ende des Lichtwellenleiters **100** verbunden ist, und

ein Emissionsende c, mit dem der optische Empfänger **30** verbunden ist. Während das in das Einfallsende a eingetretene Licht vom Einfalls- und Emissionsende b emittiert wird, wird das in das Einfalls- und Emissionsende b eingetretene Licht vom Emissionsende c emittiert. Daher emittiert der Zirkulator **28** das durch Rayleigh-Rückstreuung dieses Lichtwellenleiters **100** erzeugte rücklaufende Licht zum optischen Empfänger **30**, während er das vom optischen Verstärker **26** her eingetretene gepulste Licht in Richtung auf den Lichtwellenleiter **100** emittiert. Mittels des Zirkulators **28** ist es mit wenig Verlust möglich, das gepulste Licht in ein Ende des Lichtwellenleiters **100** eintreten zu lassen, aber auch das rücklaufende Licht aus diesem Lichtwellenleiter **100** zum optischen Empfänger **30** zu leiten.

**[0023]** Der optische Empfänger **30** bestimmt die Wellenlängendispersion und ihr Vorzeichen des Lichtwellenleiters **100** auf Basis des vom Zirkulator **28** emittierten rücklaufenden Lichts des Lichtwellenleiters **100**. Aus diesen Grunde enthält der optische Empfänger **30** einen Impulsgenerator **32**, einen ER-Lichtwellenleiter-Verstärker **34**, ein justierbares schmalbandiges optisches Filter **36**, einen Photodetektor (DET) **38**, einen Strom/Spannung(I/V)-Wandler **40**, ein Bandpassfilter (BPF) **42**, einen Verstärker **44**, ein Oszilloskop **46**, einen Wellenlängendispersions-Rechenteil **48**, einen Vorzeichenbeurteilungsteil **50**, einen Anzeigeteil **52** und einen Steuerteil **60**.

**[0024]** Der Impulsgenerator **32** erzeugt ein Impulssignal, das in den akustooptischen Modulator **24** eingegeben wird.

**[0025]** Der ER-Lichtwellenleiter-Verstärker **34** ist ein Lichtwellenleiter-Verstärker, dem Erbium beigegeben ist, und verstärkt das vom Zirkulator **28** her eingetretene rücklaufende Licht. Bei der Wellenlängendispersionsbestimmung dieser Ausführungsform wird zwar das Stalks-Licht oder Anti-Stalks-Licht verwendet, das in dem vom Lichtwellenleiter **100** emittierten rücklaufenden Licht enthalten ist, dieses durch ein nichtlineares Phänomen dritter Ordnung durch Mischen von vier Lichtwellen auftretende Licht ist aber sehr winzig und wird durch den ER-Lichtwellenleiter-Verstärker **34** verstärkt.

**[0026]** Das justierbare schmalbandige optische Filter **36** lässt selektiv nur das Licht mit der Wellenlänge  $\lambda_S$  von Stalks-Licht oder Wellenlänge  $\lambda_A$  von Anti-Stalks-Lichts durch, das Gegenstand der Wellenlängenbestimmung wird. Der Photodetektor **38** detektiert das durch das justierbare schmalbandige optische Filter **36** hindurchgegangene Licht (Stalks-Licht oder Anti-Stalks-Licht). Zum Beispiel wird vom Photodetektor **38** ein Strom mit einem zur Intensität des detektierten Lichts proportionalen Wert ausgegeben. Der Strom/Spannung-Wandler **40** wandelt den Ausgangsstrom des Photodetektors **38** in eine Spannung um.

**[0027]** Das Bandpassfilter **42** empfängt das vom Strom/Spannung-Wandler **40** in eine Spannung umgewandelte Detektionssignal und lässt eine Frequenzkomponente von zum Beispiel 50 kHz bis 300 kHz durch. Dadurch wird nur die Komponente extrahiert, die für die Bestimmung des Stalks-Lichts oder Anti-Stalks-Lichts erforderlich ist. Der Verstärker **44** verstärkt das durch das Bandpassfilter **42** hindurchgehende Detektionssignal elektrisch. Indem elektrische Verstärkung durchgeführt wird, nachdem der Photodetektor **38** die Intensität des vom justierbaren schmalbandigen optischen Filter **36** extrahierten Lichts detektiert hat, wird es möglich, nur die für die Bestimmung der Wellenlängendispersion nötige Lichtkomponente zu extrahieren und ihre Intensität zu detektieren.

**[0028]** Das Oszilloskop **46** ruft einerseits das von Verstärker **44** verstärkte Detektionssignal durch digitales Abtasten mit einer vorbestimmten Frequenz ab und hält es fest und zeigt seinen Inhalt an. Außerdem hat dieses Oszilloskop **46** eine Speicherfunktion, die unter den gleichen Bedingungen wiederholt erhaltenen Daten des Detektionssignals abzurufen und anzusammeln, und eine Funktion, diese angesammelten Daten nach außen auszugeben.

**[0029]** Der Wellenlängendispersions-Rechenteil **48** berechnet die Wellenlängendispersion des Lichtwellenleiters entsprechend den Wellenlängen  $\lambda_1$  und  $\lambda_2$  auf Basis der vom Oszilloskop **46** festgehaltenen Daten. Der Vorzeichenbeurteilungsteil **50** beurteilt das Vorzeichen der Wellenlängendispersion auf Basis der vom Wellenlängendispersions-Rechenteil **48** berechneten Wellenlängendispersion. Der Anzeigeteil **52** zeigt das Berechnungsergebnis des Wellenlängendispersions-Rechenteils **48** und das Beurteilungsergebnis des Vorzeichenbeurteilungsteils **50** an. Die Anzeige dieses Beurteilungsergebnisses (Vorzeichen der Wellenlängendispersion) erfolgt leicht erkennbar durch einen gerade hinsehenden Benutzer. Zum Beispiel, wenn das Vorzeichen der Wellenlängendispersion positiv ist, wird eine vorbestimmte Anzeigefläche rot angezeigt, und wenn negativ, wird diese Anzeigefläche blau angezeigt. Alternativ wird, wenn das Vorzeichen der Wellenlängendispersion positiv ist, ein Zeichen "+" in einer vorbestimmten Position auf dem Bildschirm angezeigt, und wenn negativ, wird ein Zeichen "-" in dieser vorbestimmten Position angezeigt. Dies erleichtert die Arbeit, das Vorzeichen der

Wellenlängendispersion zu prüfen.

**[0030]** Indem er einen Befehl zu einer Impulsausgabe an den Impulsgenerator **32** sendet, steuert der Steuerteil **32** das Start-Timing der Wellenlängendispersion oder steuert einen veränderlichen Betrag der Lichtintensität durch jeden der zwei Lichtabschwächer **14** und **16**.

**[0031]** Die Lichtquellen **10** und **12**, die Lichtabschwächer **14** und **16**, der optische Multiplexer **18**, der Phasenmodulator **20**, die optischen Verstärker **22** und **26**, der akustooptische Modulator **24** und der Zirkulator **28** wie oben erwähnt entsprechen dem Einfallsmechanismus. Außerdem entspricht der Steuerteil **60** im optischen Empfänger **30** der Intensitätsverhältnis-Einstelleinheit, und der ER-Lichtwellenleiter-Verstärker **34**, das justierbare schmalbandige optische Filter **36**, der Photodetektor **38**, der Strom/Spannung-Wandler **40**, das Bandpassfilter **42** und der Verstärker **44** entsprechen der Detektionseinheit. Der Wellenlängendispersions-Recheneteil **48** entspricht der Frequenzrecheneinheit und Wellenlängendispersions-Recheneinheit, und der Vorzeichenbeurteilungsteil **50** entspricht der Vorzeichenbeurteilungseinheit. Der akustooptische Modulator **24** entspricht der Impulsformeinheit. Der Photodetektor **38**, der Strom/Spannung-Wandler **40**, das Bandpassfilter **42** und der Verstärker **44** entsprechen der Detektionssignaleinheit. Der Anzeigeteil **52** entspricht der Anzeigeeinheit.

**[0032]** Das Wellenlängendispersions-Abtastsystem dieser Ausführungsform hat so einen Aufbau, und anschließend wird sein Betrieb erläutert.

### (1) Prinzip der Wellenlängendispersionsabtastung

**[0033]** Die Wellenlängendispersionsabtastung dieser Ausführungsform folgt prinzipiell dem in der japanischen Patentoffenlegung Nr. 10-83006 offenbarten Messprinzip. Zuerst wird ein grobes Messprinzip erläutert. Außerdem wird der Fall erläutert, dass das Stalks-Licht detektiert wird, um die Wellenlängendispersion des Lichtwellenleiters **100** entsprechend der Wellenlänge  $\lambda_1$  zu messen, im Hinblick auf die Wellenlängendispersion des Lichtwellenleiters **100** entsprechend der Wellenlänge  $\lambda_2$  kann man dies aber nach der gleichen Prozedur durchführen, indem man Anti-Stalks-Licht verwendet.

**[0034]** Die Intensität des im optischen Empfänger **30** detektierten Stalks-Lichts oszilliert auf der räumlichen Frequenz, ausgedrückt durch die folgende Formel:

$$F_s = \frac{1}{\Lambda_s} = \frac{\delta k}{2\pi} = cD(\lambda_1) \left( \frac{\delta \lambda}{\lambda} \right)^2 \quad \dots (1)$$

**[0035]**  $\delta k$  bezeichnet hier eine Wellenvektor-Fehlanpassung im ersten Mischprozess und zweiten Mischprozess. Der erste Mischprozess ist ein Prozess, ein Stokes-Photon mit der Wellenlänge  $\lambda_s$  zu bilden, indem zwei Photonen mit der Wellenlänge  $\lambda_1$  mit einem Photon mit der Wellenlänge  $\lambda_2$  kombiniert werden, und der zweite Mischprozess ist ein Prozess, ein Anti-Stokes-Photon mit der Wellenlänge  $\lambda_a$  zu bilden, indem zwei Photonen mit der Wellenlänge  $\lambda_2$  mit einem Photon mit der Wellenlänge  $\lambda_1$  kombiniert werden. Das Symbol  $c$  bezeichnet die Lichtgeschwindigkeit, und  $\delta k$  ist die Differenz zwischen den Wellenlängen  $\lambda_1$  und  $\lambda_2$  des von den zwei Lichtquellen **10** und **12** ausgegebenen Lichts. Außerdem bezeichnet  $D(\lambda_1)$  die Wellenlängendispersion des Lichtwellenleiters **100** entsprechend dem Licht mit der Wellenlänge  $\lambda_1$ .

**[0036]** Daher kann man eine verteilte Abbildung  $(\lambda_1, z)$  mit einer Raumaufösung  $\Lambda_s$  erhalten, indem man eine Intensitätssoszillationsfrequenz  $F_s(z)$  von Stalks-Licht bestimmt.

**[0037]** Übrigens, obwohl die oben erwähnte Frequenz  $F_s(z)$  die Intensitätssoszillationsfrequenz von Stalks-Licht unter Beachtung der Distanz  $z$  vom Einfallsende des Lichtwellenleiters **100** zeigt, ist ein detektierbares Signal in dem in **Fig. 1** gezeigten Wellenlängendispersions-Abtastsystem die Intensitätssoszillationsfrequenz von Stalks-Licht, das in dem rücklaufenden Licht enthalten ist. Sei die Zeit vom Eintreten von gepulstem Licht in den Lichtwellenleiter **100** bis zur Detektion von rücklaufendem Licht gleich  $t$  und sei die Intensitätssoszillationsfrequenz des detektierten Stalks-Lichts gleich  $f_{sig}$ , so besteht die folgende Beziehung zwischen dieser Frequenz  $f_{sig}$  und der oben erwähnten räumlichen Frequenz  $F_s$ :

$$f_{sig}(t) = \frac{c}{2n} F_s(z) \quad \dots (2)$$

**[0038]** Ein Brechungsindex des Lichtwellenleiters **100** sei gleich  $n$ , und die Beziehung zwischen der Zeit  $t$  und der Distanz ist  $t = 1 \text{ nz}/c$ . Wenn die Formeln (1) und (2) unter Berücksichtigung dieser Beziehung umgeformt

werden, wird die Wellenlängendispersion  $D$  wie folgt:

$$D(\lambda_1, z) = \frac{2n}{c} \left( \frac{\lambda_1}{\delta\lambda} \right)^2 f_{\text{sig}} \left( t = \frac{2n}{c} z \right) \quad \dots (3)$$

**[0039]** Das heißt, man kann die Beziehung zwischen der Distanz  $z$  entsprechend dieser Zeit  $t$  und der Wellenlängendispersion  $D$  erhalten, indem man den Wert der Frequenz  $f_{\text{sig}}$  des Stalks-Lichts entsprechend der Zeit  $t$  bestimmt. Das, was grafisch dargestellt wird, indem man die Distanz  $z$  zu einer Horizontalachse macht und den entsprechenden Wert der Wellenlängendispersion  $D$  zu einer Vertikalachse macht, ist somit die verteilte Abbildung.

## (2) Prinzip der Vorzeichenbeurteilung der Wellenlängendispersion

**[0040]** In der in der oben erwähnten Formel (1) enthaltenen Wellenvektor-Fehlanpassung  $\delta k$  gibt es eine nichtlineare Größe des Beitrags  $\delta k_{\text{nl}}$ . Daher wird eine tatsächliche Wellenvektor-Fehlanpassung  $\delta k'$  wie folgt:

$$\delta k' = \delta k - \delta k_{\text{nl}} \quad \dots (4)$$

**[0041]** Außerdem kann die nichtlineare Größe des Beitrags in Bezug auf einen ersten Mischprozess entsprechend Stalks-Licht in der folgenden Formel ausgedrückt werden:

$$\delta k_{\text{nl}} = \gamma (2P_1 - P_2) \quad \dots (5)$$

**[0042]**  $P_1$  bezeichnet hier die Intensität der Komponente mit der Wellenlänge  $\lambda_1$ , die in den in den Lichtwellenleiter **100** eintretenden Lichtimpulsen enthalten ist.  $P_2$  bezeichnet die Intensität der Komponente mit der Wellenlänge  $\lambda_2$ , die in den in den Lichtwellenleiter **100** eintretenden Lichtimpulsen enthalten ist.

**[0043]** Außerdem wird das in Formel (5) enthaltene  $\gamma$  in der folgenden Formel ausgedrückt:

$$\gamma = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \frac{n_2}{A_{\text{eff}}} \quad \dots (6)$$

**[0044]**  $A_{\text{eff}}$  bezeichnet hier eine effektive Fläche eines Kerns des Lichtwellenleiters **100**. Das Symbol  $n_2$  bezeichnet einen Koeffizienten des nichtlinearen Brechungsindex.

**[0045]** Wenn die Wellenlängendispersion in Übereinstimmung mit dem oben erwähnten Messprinzip bestimmt wird, wird ein Verhältnis davon ( $P_1:P_2$ ) auf 1 zu 2 eingestellt, so dass die nichtlineare Größe des Beitrags  $\delta k_{\text{nl}}$ , gleich null werden kann.

**[0046]** Übrigens hat die tatsächliche Wellenlängendispersion  $D$  ein Vorzeichen, und in dieser Ausführungsform wird das Vorzeichen der Wellenlängendispersion beurteilt, indem beobachtet wird, wie sich der Wert der Wellenlängendispersion ändert, wenn ein Intensitätsverhältnis ( $P_1:P_2$ ) von zwei Arten von Licht auf einen Wert ausgenommen 1 zu 2 eingestellt wird.

**[0047]** Insbesondere wird das in Formel (6) ausgedrückte  $\gamma$  zweifellos positiv. Aus diesem Grunde wird das in Formel (5) ausgedrückte  $\delta k_{\text{nl}}$  positiv oder negativ, wenn das Verhältnis von  $P_1$  zu  $P_2$  auf ausgenommen 1 zu 2 eingestellt wird. Zum Beispiel, wenn das Verhältnis von  $P_1$  zu  $P_2$  auf 1 zu 1 eingestellt wird, wird  $\delta k_{\text{nl}}$ , zweifellos positiv.

**[0048]** Andererseits, berücksichtigt man ein Vorzeichen, ist die Beziehung zwischen der Wellenvektor-Fehlanpassung  $\delta k$  und der Wellenlängendispersion  $D$  wie folgt:

$$\delta k(\lambda_1) = -2\pi c D(\lambda_1) \left( \frac{\delta\lambda}{\lambda} \right)^2 \quad \dots (7)$$

**[0049]** Das heißt, da das  $\delta k$  und die Wellenlängendispersion  $D$  einander entgegengesetzte Vorzeichen haben, ist die Wellenlängendispersion  $D$  positiv, wenn das  $\delta k$  negativ ist, wohingegen die Wellenlängendispersion  $D$  negativ wird, wenn das  $\delta k$  positiv ist.

**[0050]** Wird daher vorausgesetzt, dass das Vorzeichen der Wellenlängendispersion zeitweilig positiv ist, wird das Vorzeichen der Wellenvektor-Fehlanpassung  $\delta k$  negativ. Wird aus diesem Grunde das Verhältnis von  $P_1$  zu  $P_2$  auf 1 zu 1 eingestellt, wird nach Formel (4) das positive  $\delta k_{\text{nl}}$ , von dem negativen  $\delta k$  subtrahiert, und daher

wird ein Absolutwert der tatsächlichen Wellenvektor-Fehlanpassung  $\delta k'$  groß. Wie in Formel (1) gezeigt, wird daher die Wellenlängendispersion  $D$  groß.

**[0051]** Fig. 2 ist ein Graph, der die Beziehung zwischen der Wellenlängendispersion, ermittelt mit Einstellung eines Verhältnisses von  $P_1$  zu  $P_2$  auf 1 zu 2, und der Wellenlängendispersion, ermittelt mit dessen Einstellung auf 1 zu 1, wenn das Vorzeichen der Wellenlängendispersion positiv ist, zeigt. In diesem Graphen bezeichnet A die Wellenlängendispersion, wenn das Verhältnis von  $P_1$  zu  $P_2$  gleich 1 zu 2 ist, und B bezeichnet die Wellenlängendispersion, wenn das Verhältnis davon gleich 1 zu 1 ist. Wird das Verhältnis von zweifachen Bestimmungen, durchgeführt durch Ändern der Bedingungen, so eine Beziehung, zeigt sich, dass das Vorzeichen der Wellenlängendispersion  $D$  positiv ist.

**[0052]** Wird dagegen vorausgesetzt, dass das Vorzeichen der Wellenlängendispersion  $D$  zeitweilig negativ ist, wird das Vorzeichen der Wellenvektor-Fehlanpassung  $\delta k$  positiv.

**[0053]** Wird aus diesem Grunde das Verhältnis von  $P_1$  zu  $P_2$  auf 1 zu 1 eingestellt, wird nach Formel (4) das negative  $\delta k_{n1}$ , von dem negativen  $\delta k$  subtrahiert, und daher wird ein Absolutwert der tatsächlichen Wellenvektor-Fehlanpassung  $\delta k'$  klein. Wie in Formel (1) gezeigt, wird daher die Wellenlängendispersion  $D$  klein.

**[0054]** Fig. 3 ist ein Graph, der die Beziehung zwischen der Wellenlängendispersion, ermittelt mit Einstellung eines Verhältnisses von  $P_1$  zu  $P_2$  auf 1 zu 2, und der Wellenlängendispersion, ermittelt mit dessen Einstellung auf 1 zu 1, wenn das Vorzeichen der Wellenlängendispersion negativ ist, zeigt. In diesem Graphen bezeichnet A die Wellenlängendispersion, wenn das Verhältnis von  $P_1$  zu  $P_2$  gleich 1 zu 2 ist, und C bezeichnet die Wellenlängendispersion, wenn das Verhältnis davon gleich 1 zu 1 ist. Wird das Verhältnis von zweifachen Bestimmungen, durchgeführt durch Ändern der Bedingungen, so eine Beziehung, zeigt sich, dass das Vorzeichen der Wellenlängendispersion  $D$  negativ ist.

### (3) Konkrete Bestimmungsbetriebsprozedur

**[0055]** Fig. 4 ist ein Flussdiagramm, das die Betriebsprozedur des Dispersionsabtastsystems zeigt, das die Bestimmung der Wellenlängendispersion und Beurteilung ihres Vorzeichens durchführt, und zeigt hauptsächlich die Betriebsprozedur des optischen Empfängers **30**.

**[0056]** Zuerst stellt der Steuerteil **60** die Intensität des in den Lichtwellenleiter **100** einfallenden Lichts ein (Schritt **100**). Insbesondere stellt der Steuerteil **60** das Verhältnis der Intensität  $P_1$  von Licht mit der Wellenlänge  $\lambda_1$  zu der Intensität  $P_2$  von Licht mit der Wellenlänge  $\lambda_2$ , die in den Lichtwellenleiter **100** eintreten gelassen werden, auf 1 zu 2 ein, indem die Abschwächung der Lichtabschwächer **14** und **16** justiert wird. Zum Beispiel wird die Wellenlänge  $\lambda_1$  auf 1535 nm eingestellt, die Wellenlänge  $\lambda_2$  wird auf 1530 nm eingestellt, und das Intensitätsverhältnis davon wird auf 1 zu 2 eingestellt.

**[0057]** Als Nächstes sendet der Steuerteil **60** im optischen Empfänger **30** einen Befehl zur Ausgabe eines Impulssignals an den Impulsgenerator **32**. Infolgedessen wird gepulstes Licht, das vom akustooptischen Modulator **24** entsprechend dem Ausgangs-Timing dieses Impulssignals erzeugt und vom optischen Verstärker **26** verstärkt wurde, über den Zirkulator **28** in Richtung auf den Lichtwellenleiter **100** emittiert (Schritt **101**).

**[0058]** Nach Eintritt des Lichtimpulses in den Lichtwellenleiter **100** wird somit die Bestimmung der Intensität des rücklaufenden Lichts durch den optischen Empfänger **30** durchgeführt (Schritt **102**). Wie oben erwähnt, wenn das Intensitätsverhältnis von Licht mit den Wellenlängen  $\lambda_1$  bzw.  $\lambda_2$  auf 1 zu 2 eingestellt ist, muss man das Stalks-Licht mit der Wellenlänge  $\lambda_s$  bestimmen, um die Wellenlängendispersion  $D$  für die Wellenlänge  $\lambda_1$  zu bestimmen. Aus diesem Grunde wird im justierbaren schmalbandigen optischen Filter **36** nur die Komponente mit der Wellenlänge  $\lambda_s$  aus dem über den Zirkulator **28** eintretenden rücklaufenden Licht extrahiert, und ein Detektionssignal, dass die Intensität dieser Komponente anzeigt, wird vom Verstärker **44** ausgegeben. Dieses Detektionssignal wird durch eine Speicherfunktion des Oszilloskops **46** gespeichert. Da dieses Detektionssignal sehr schwach ist, wird tatsächlich das Ergebnis jener zwei- oder mehrfach wiederholten Bestimmungen unter den gleichen Bedingungen vom Oszilloskop **46** angesammelt.

**[0059]** Als Nächstes liest der Wellenlängendispersions-Rechenteil **48** die durch die Speicherfunktion des Oszilloskops **46** gespeicherten Daten und detektiert die Intensitätsoszillationsfrequenz  $f_{sig}$  des Stalks-Lichts (Schritt **103**). Außerdem berechnet der Wellenlängendispersions-Rechenteil **48** die Wellenlängendispersion  $D$  entsprechend der Distanz  $z$  auf Basis dieser Frequenz  $f_{sig}$  unter Verwendung der oben erwähnten Formel (3) (Schritt **104**). Da man die Wellenlängendispersion  $D$  des Lichtwellenleiters **100** entsprechend der Wellenlänge

$\lambda_1$  erhalten kann, wird dadurch die verteilte Abbildung erzeugt. Die Werte und verteilte Abbildung der Wellenlängendispersion  $D$ , die auf diese Weise berechnet werden, werden durch den Steuerteil **60** auf dem Bildschirm des Anzeigeteils **52** angezeigt, falls benötigt.

**[0060]** Nachfolgend beurteilt der Steuerteil **60**, ob die oben erwähnte Berechnung der Wellenlängendispersion zwei Mal beendet wurde (Schritt **105**). Wenn die Berechnung der Wellenlängendispersion nur ein Mal beendet wurde, wird eine negative Beurteilung durchgeführt, und für die zweite Bestimmung der zweiten Wellenlängenverteilung steuert der Steuerteil **60** die Abschwächung der zwei Lichtabschwächer **14** und **16**, um das Intensitätsverhältnis des einfallenden Lichts zu ändern (Schritt **106**). Ein Intensitätsverhältnis wird auf einen anderen Wert als 1 zu 2 eingestellt, zum Beispiel 1 zu 1, so dass die in Formel (5) gezeigte nichtlineare Größe des Beitrags in Bezug auf den ersten Mischprozess entsprechend dem Stalks-Licht einen anderen Wert als null haben kann. Danach geht es zum Schritt **101** zurück, die Tätigkeit zur Ausgabe eines oder nachfolgender Lichtimpulse wird wiederholt, und die zweite Berechnung der Wellenlängendispersion wird durchgeführt.

**[0061]** Wenn die zweite Berechnung der Wellenlängendispersion beendet ist, wird bei der Beurteilung im Schritt **105** eine bejahende Beurteilung durchgeführt. Als Nächstes beurteilt der Vorzeichenbeurteilungsteil **50** das Vorzeichen der Wellenlängendispersion durch Vergleich des ersten Berechnungsergebnisses der Wellenlängendispersion entsprechend dem Fall, dass das Intensitätsverhältnis von zwei Arten von einfallendem Licht gleich 1 zu 2 ist, mit dem zweiten Berechnungsergebnis der Wellenlängendispersion entsprechend dem Fall, dass dieses Intensitätsverhältnis gleich 1 zu 1 ist (Schritt **107**). Insbesondere wenn, wie in **Fig. 2** gezeigt, der Wert der Wellenlängendispersion als die zweite Messung entsprechend dem Bezugszeichen B größer ist als der Wert der Wellenlängendispersion als die erste Messung entsprechend dem Bezugszeichen A, wird geurteilt, dass das Vorzeichen der Wellenlängendispersion positiv ist. Ist dagegen, wie in **Fig. 3** gezeigt, der Wert der Wellenlängendispersion als die zweite Messung entsprechend dem Bezugszeichen C kleiner als der Wert der Wellenlängendispersion als die erste Messung entsprechend dem Bezugszeichen A, wird geurteilt, dass das Vorzeichen der Wellenlängendispersion negativ ist. Die Anzeige (das Vorzeichen wird mittels farbigen oder verschiedenartigen Symbolen wie z.B. "+" und "-" angezeigt) entsprechend dem auf diese Weise beurteilten Vorzeichen der Wellenlängendispersion wird mittels des Anzeigeteils **52** durchgeführt.

**[0062]** Wenn die oben erwähnte Vorzeichenbeurteilung der Wellenlängendispersion durchgeführt wird, muss man außerdem nicht notwendigerweise eine verteilte Abbildung erzeugen, indem die Wellenlängendispersion über die ganze Länge des Lichtwellenleiters **100** erhalten wird, sondern man kann die Wellenlängendispersion auch an einer oder mehreren Stellen nahe dem Einfallsende des Lichtwellenleiters **100** vergleichen, wo der Effekt der nichtlinearen Größe des Beitrags in Bezug auf den ersten Mischprozess entsprechend Stalks-Licht groß ist.

**[0063]** Somit kann man bei dem Wellenlängendispersions-Abtastsystem dieser Ausführungsform die Wellenlängendispersion und ihr Vorzeichen durch Bestimmung von Stalks-Licht erhalten, wobei das Intensitätsverhältnis von in den Lichtwellenleiter **100** eintreten gelassenem Licht mit den zwei Arten von Wellenlängen  $\lambda_1$  und  $\lambda_2$  justiert wird. Im Vergleich mit dem Fall, dass die Wellenlängendispersion und ihr Vorzeichen durch getrennte Vorrichtungen bestimmt werden, wird es insbesondere möglich, die Mühe und Zeit der Bestimmung stark zu vermindern.

**[0064]** Außerdem ist die vorliegende Erfindung nicht auf die oben erwähnten Ausführungsformen beschränkt, und innerhalb des Schutzbereichs des Wesentlichen der vorliegenden Erfindung sind verschiedenartige Modifizierungen und Realisierungen möglich. Zum Beispiel erhält man in der oben erwähnten Ausführungsform die Wellenlängendispersion des Lichtwellenleiters **100** entsprechend der Wellenlänge  $\lambda_1$ , indem man das Stalks-Licht detektiert und außerdem das Verhältnis der jeweiligen Intensitäten von zwei Wellenlängen  $\lambda_1$  und  $\lambda_2$  auf 1 zu 2 einstellt, man kann aber auch die Wellenlängendispersion des Lichtwellenleiters **100** entsprechend der Wellenlänge  $\lambda_2$  erhalten, indem man das Anti-Stalks-Licht detektiert und außerdem das Verhältnis der jeweiligen Intensitäten von zwei Wellenlängen  $\lambda_1$  und  $\lambda_2$  auf 2 zu 1 einstellt.

**[0065]** Weiterhin sind in der oben erwähnten Ausführungsform die Lichtabschwächer **14** und **16** in jeweiligen Folgestufen der zwei Lichtquellen **10** und **12** vorgesehen, man kann aber auch nur einen dieser zwei Lichtabschwächer **14** und **16** vorsehen. Und da der optische Multiplexer **18** nur das Licht zweier Wellenlängenkomponenten vereinigen muss, kann man ihn auch in jeder Folgestufe des Phasenmodulators **20**, optischen Verstärkers **22** und akustooptischen Modulators **24** anordnen.

**[0066]** Weiterhin werden zwar die oben erwähnten Lichtabschwächer **14** und **16** verwendet, man kann aber auch andere Verfahren verwenden, bei denen die Intensitäten von zwei Wellenlängenkomponenten justierbar

sind. Zum Beispiel kann man einfallendem Licht auch einen justierbaren Verlust geben, indem man Modulatoren statt der Lichtabschwächer **14** und **16** verwendet, oder justierbare Verstärkung von einfallendem Licht durchführen, indem man optische Verstärker statt der Lichtabschwächer **14** und **16** verwendet. Alternativ kann man auch die Ausgangslichtintensitäten von jeweiligen Lichtquellen durch den Steuerteil **60** im optischen Empfänger steuern, indem man die Lichtabschwächer **14** und **16** weglässt und statt dessen zwei Lichtquellen verwendet, deren Ausgangslichtintensitäten jeweils justierbar sind.

#### Industrielle Anwendbarkeit

**[0067]** Wie oben erwähnt, kann man gemäß dieser Erfindung die Wellenlängendispersion und ihr Vorzeichen bloß durch justierbares Ändern des Intensitätsverhältnisses von zwei Arten von in den zu untersuchenden Lichtwellenleiter eintreten gelassenen Wellenlängenkomponenten und Wiederholen der Bestimmung der Wellenlängendispersion erhalten. Im Vergleich mit dem Fall, dass die Wellenlängendispersion und ihr Vorzeichen durch getrennte Vorrichtungen bestimmt werden, wird es insbesondere möglich, die Mühe und Zeit der Bestimmung stark zu vermindern.

#### Zusammenfassung

**[0068]** Ein Wellenlängendispersions-Abtastsystem zum Bestimmen eines Wertes der Wellenlängendispersion und ihres Vorzeichens und Vermindern der für diese Bestimmung nötigen Zeit und Mühe. Dieses Wellenlängendispersions-Abtastsystem enthält Lichtquellen **10** und **12**, Lichtabschwächer **14** und **16**, einen optischen Multiplexer **18**, einen Phasenmodulator **20**, optische Verstärker **22**, **26**, einen akustooptischen Modulator **24**, einen optischen Empfänger **30**. Das Intensitätsverhältnis von zwei Wellenlängen wird auf 1 zu 2 eingestellt, um im rücklaufenden Licht eines Lichtwellenleiters **100** enthaltenes Stalks-Licht oder Anti-Stalks-Licht durch den optischen Empfänger **30** zu detektieren, so dass die Wellenlängendispersion abgetastet wird. Die Wellenlängendispersion wird abgetastet, indem das Intensitätsverhältnis der zwei Wellenlängen geändert wird, um den Zustand der Änderung der Wellenlängendispersion zu beobachten, so dass das Vorzeichen der Wellenlängendispersion durch den optischen Empfänger **30** bestimmt wird.

#### Patentansprüche

1. Wellenlängendispersions-Abtastsystem, das Folgendes aufweist:  
 einen Einfallsmechanismus, gepulstes Licht, bei dem ein Intensitätsverhältnis von zwei Wellenlängenkomponenten mit einem vorbestimmten Abstand justierbar eingestellt ist, in ein Ende eines zu untersuchenden Lichtwellenleiters eintreten zu lassen;  
 eine Intensitätsverhältnis-Einstelleinheit zum Einstellen des Intensitätsverhältnisses von zwei Wellenlängenkomponenten für den Einfallsmechanismus;  
 eine Detektionseinheit zum Detektieren von Stalks-Licht und/oder Anti-Stalks-Licht in rücklaufendem Licht, das von einem Ende des zu untersuchenden Lichtwellenleiters emittiert wird, und Erzeugen eines elektrischen Detektionssignals;  
 eine Frequenzrecheneinheit zum Berechnen einer Frequenz des Detektionssignals;  
 eine Wellenlängendispersions-Recheneinheit zum Berechnen der Wellenlängendispersion des zu untersuchenden Lichtwellenleiters auf Basis der von der Frequenzrecheneinheit berechneten Frequenz; und  
 eine Vorzeichen-Beurteilungseinheit zum Beurteilen eines Vorzeichens der Wellenlängendispersion auf Basis der mehrfachen Berechnungsergebnisse der Wellenlängendispersion durch die Frequenzrecheneinheit, durchgeführt vor und nach Modifizieren des Intensitätsverhältnisses von zwei Wellenlängenkomponenten durch die Intensitätsverhältnis-Einstelleinheit.

2. Wellenlängendispersions-Abtastsystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorzeichenbeurteilung der Wellenlängendispersion durch die Vorzeichen-Beurteilungseinheit nicht nur dadurch durchgeführt wird, dass ein Intensitätsverhältnis von zwei Wellenlängenkomponenten durch die oben erwähnte Intensitätsverhältnis-Einstelleinheit auf 1 zu 2 eingestellt wird und die Wellenlängendispersion durch die Wellenlängendispersions-Recheneinheit erhalten wird, sondern auch das Intensitätsverhältnis von zwei Wellenlängenkomponenten durch die Intensitätsverhältnis-Einstelleinheit auf ausgenommen 1 zu 2 eingestellt wird und ein durch die Wellenlängendispersions-Recheneinheit berechneter Wert mit dem Wert der Wellenlängendispersion verglichen wird.

3. Wellenlängendispersions-Abtastsystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Einfallsmechanismus Folgendes aufweist:  
 zwei Lichtquellen, die jeweils unabhängig Licht zweier Wellenlängenkomponenten erzeugen;

einen optischen Multiplexer, der das von den zwei Lichtquellen ausgegebene Licht vereinigt;  
 eine Impulsformeinheit, die aus dem Ausgangslicht des optischen Multiplexers Impulse formt; und  
 einen Lichtabschwächer, der in die Strecke von den zwei Lichtquellen zum optischen Multiplexer eingefügt ist  
 und die Intensität des von mindestens einer der zwei Lichtquellen ausgegebenen Lichts ändert.

4. Wellenlängendispersions-Abtastsystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Einfallsmechanismus Folgendes aufweist:

zwei Lichtquellen, die jeweils unabhängig Licht zweier Wellenlängenkomponenten erzeugen;  
 einen optischen Multiplexer, der das von den zwei Lichtquellen ausgegebene Licht vereinigt;  
 eine Impulsformeinheit, die aus dem Ausgangslicht des optischen Multiplexers Impulse formt; und  
 einen Modulator, der in die Strecke von den zwei Lichtquellen zum optischen Multiplexer eingefügt ist und das von mindestens einer der zwei Lichtquellen ausgegebene Licht justierbar abschwächt.

5. Wellenlängendispersions-Abtastsystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Einfallsmechanismus Folgendes aufweist:

zwei Lichtquellen, die jeweils unabhängig Licht zweier Wellenlängenkomponenten erzeugen, deren Intensitäten justierbar sind;  
 einen optischen Multiplexer, der das von den zwei Lichtquellen ausgegebene Licht vereinigt; und  
 eine Impulsformeinheit, die aus dem Ausgangslicht des optischen Multiplexers Impulse formt.

6. Wellenlängendispersions-Abtastsystem nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Einfallsmechanismus weiterhin einen Zirkulator aufweist, der nicht nur das Ausgangslicht des optischen Multiplexers in ein Ende des zu untersuchenden Lichtwellenleiters eintreten lässt, sondern auch das von diesem Ende emittierte rücklaufende Licht in die Detektionseinheit eintreten lässt.

7. Wellenlängendispersions-Abtastsystem nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Einfallsmechanismus weiterhin einen Zirkulator aufweist, der nicht nur das Ausgangslicht des optischen Multiplexers in ein Ende des zu untersuchenden Lichtwellenleiters eintreten lässt, sondern auch das von diesem Ende emittierte rücklaufende Licht in die Detektionseinheit eintreten lässt.

8. Wellenlängendispersions-Abtastsystem nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Einfallsmechanismus weiterhin einen Zirkulator aufweist, der nicht nur das Ausgangslicht des optischen Multiplexers in ein Ende des zu untersuchenden Lichtwellenleiters eintreten lässt, sondern auch das von diesem Ende emittierte rücklaufende Licht in die Detektionseinheit eintreten lässt.

9. Wellenlängendispersions-Abtastsystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Detektionseinheit Folgendes aufweist:

ein optisches Filter, das Stalks-Licht oder Anti-Stalks-Licht extrahiert, welches ein im rücklaufenden Licht enthaltenes Detektionsziel ist; und  
 eine Detektionssignalformeinheit, die die Intensität der durch das Durchlaufen des optischen Filters extrahierten Lichtkomponente detektiert und ein Detektionssignal erzeugt.

10. Wellenlängendispersions-Abtastsystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass es weiterhin eine Anzeigeeinheit aufweist, die das Vorzeichen als Beurteilungsergebnis durch die oben erwähnte Vorzeichenbeurteilungseinheit visuell und identifizierbar anzeigt.

11. Wellenlängendispersions-Abtastverfahren, dadurch gekennzeichnet, dass es Folgendes umfasst:

einen Schritt, gepulstes Licht, bei dem ein Intensitätsverhältnis von zwei Wellenlängenkomponenten mit einem vorbestimmten Abstand justierbar eingestellt ist, in ein Ende eines zu untersuchenden Lichtwellenleiters eintreten zu lassen;

einen Schritt, ein Intensitätsverhältnis von zwei Wellenlängenkomponenten einzustellen;

einen Schritt, Stalks-Licht und/oder Anti-Stalks-Licht in rücklaufendem Licht, das von einem Ende des zu untersuchenden Lichtwellenleiters emittiert wird, zu detektieren und ein elektrisches Detektionssignal zu erzeugen;

einen Schritt, eine Frequenz des Detektionssignals zu berechnen;

einen Schritt, die Wellenlängendispersion des zu untersuchenden Lichtwellenleiters auf Basis der von der Frequenzrecheneinheit berechneten Frequenz zu berechnen; und

einen Schritt, das Vorzeichen der Wellenlängendispersion auf Basis der mehrfachen Berechnungsergebnisse der Wellenlängendispersion durch die Frequenzrecheneinheit, durchgeführt vor und nach Modifizieren des In-

DE 102 97 428 T5 2005.01.27

tensitätsverhältnisses von zwei Wellenlängenkomponenten, zu bestimmen.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

