



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 697 37 269 T2** 2007.05.24

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 025 432 B1**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **G01N 21/88** (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **697 37 269.3**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US97/18149**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **97 954 515.9**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 1998/016017**

(86) PCT-Anmeldetag: **08.10.1997**

(87) Veröffentlichungstag  
der PCT-Anmeldung: **16.04.1998**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **09.08.2000**

(97) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung beim EPA: **17.01.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **24.05.2007**

(30) Unionspriorität:  
**728656                      10.10.1996                      US**

(74) Vertreter:  
**Vossius & Partner, 81675 München**

(73) Patentinhaber:  
**Tyco Telecommunications (US) Inc., Eatontown,  
N.J., US**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**DE, FR, GB, IT**

(72) Erfinder:  
**JANDER, B., Ralph, Coopersburg, PA 18036, US**

(54) Bezeichnung: **VERRIEGELBARES FASEROPTISCHES HOCHLEISTUNGSSYSTEM MIT ZEITBEREICHSR-  
FLEKTOMETER**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

**Beschreibung****Hintergrund**

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft optische Faserkommunikationssysteme und insbesondere ein sicherheitsverriegeltes Hochleistungsfasersystem, das ein OTDR verwendet.

**[0002]** Die Faseroptiktechnologie hat sich seit der Erfindung des Lasers bedeutend entwickelt. Halbleiterlaser, Fasern und Vorrichtungen sind in der Unterstützung zunehmend hochentwickelter Faserkommunikationssysteme kontinuierlich verbessert worden. Eine Zeitlang entwickelten brauchbare Faserkommunikationssysteme optische Leistungspegel von weniger als 10 mW. Eine neue Generation von Lasern und Vorrichtungen ist nun imstande, eine sehr viel größere Leistung zu erzeugen.

**[0003]** Halbleiterlaserdioden, die einst imstande waren, nur ein Milliwatt optischer Leistung zu erzeugen, können nun mehrere hundert Milliwatt liefern. Diese Hochleistungs-Klasse-IV-Laser können einzeln oder in Kombination verwendet werden, um seltenerd-dotierte Faserverstärker und Faserlaser zu pumpen, die mehr als ein Watt kohärenter Infrarotfaserkopplungsleistung liefern.

**[0004]** Um Hochleistungsfaserübertragungssysteme praktisch zu realisieren, ist ein Problem, dem man sich zuwenden muß, der sichere Einsatz von hochleistungsführenden Fasern. Industriestandards und Gesetze bestimmter Ländern verbieten den Betrieb oder die Installation von Klasse-IV-Lasersystemen ohne eine gewisse Art eines Sicherheitsverriegelungssystems, um, die unabsichtliche Freisetzung von optischen Hochenergiepegeln aus dem Laser zu verhindern. Nach Kenntnis des Anmelders existiert keine spezifische Ausnahme für geschlossene Faserübertragungssysteme. Im Fall eines Faserbruchs in einem Hochleistungsfaserübertragungssystem stellen die schädliche Laseremissionen aus der gebrochenen Faser eine extreme Gefahr dar und können ernste Verletzungen, wie verbrannte Netzhäute oder eine Schädigung anderer lebender Gewebe verursachen und können Feuer oder andere Sachschäden verursachen. Zusätzlich kann das Pumpen eines Hochleistungslasers in einem System mit einer Faser das optische Fasersystem infolge eines Faserschmelzens ernstlich beschädigen. Es ist daher aus vielen Gründen wichtig, einen Hochleistungslaser abzuschalten, nachdem ein Bruch oder Defekt im ausgedehnten Fasersystem auftritt. Es existieren keine Sicherheitssysteme zur Verwendung in einem ausgedehnten Fasersystem zur automatischen Abschaltung des Hochleistungslasers, wenn es einen Bruch in der Faser gibt.

**[0005]** Daher existiert ein Bedarf nach einem Si-

cherheitsverriegelungssystem, das mit dem Hochleistungslaser zur automatischen Abschaltung oder Sperrung des Lasers verblockt ist, wenn ein Defekt oder Bruch in einem ausgedehnten Fasersystem detektiert wird.

**[0006]** Der technologische Hintergrund von optischen Fasertestsystemen wird in US-A-5 251 001 und US-A-5 270 537 offenbart.

**Zusammenfassung der Erfindung**

**[0007]** Die vorliegende Anmeldung beansprucht ein faserinternes Sicherheitsverriegelungssystem gemäß Anspruch 1.

**[0008]** Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung überträgt ein Hochleistungs-(Klasse-IV)Laser optische Hochleistungssignale über ein Fasersystem, das einen (lokalen und zugänglichen, z.B. an Land gelegenen) Abschlußabschnitt und einen ausgedehnten (entfernten und unzugänglichen, z.B. unter Wasser gelegenen) Abschnitt aufweist. Es können mehrere WDM-Datensignale über das Fasersystem übertragen werden. Der Abschlußabschnitt weist einen lokalen optischen Verstärker auf, und der ausgedehnte Abschnitt kann einen entfernten optischen Verstärker aufweisen. Der Laser liefert Pumpenergie für die optische Verstärkung.

**[0009]** Der Laser ist mit einem optischen Zeitbereichsreflektometer (OTDR) verblockt, das die Integrität der Fasersystems überwacht, das sowohl den Abschlußabschnitt als auch den ausgedehnten Abschnitt umfaßt. Das OTDR überwacht die Integrität des Lichtwegs durch Übertragen eines periodischen oder kontinuierlichen optischen Impulszugs mit niedriger Leistung (Klasse I) und überwacht das Rücksignal. Auf diese Weise kann das OTDR die Wegintegrität und das Vorhandensein irgendwelcher Defekte im Fasersystem detektieren, wie Faserbrüche oder Probleme mit Komponenten.

**[0010]** Es ist eine Steuerschaltung sowohl mit dem Laser als auch mit dem OTDR verbunden. Wenn das OTDR die Wegintegrität abtastet, ist die Hochleistungslaserquelle freigegeben. Wenn das OTDR einen Defekt im optischen Übertragungsweg detektiert, arbeiten das OTDR und die Steuerschaltung, um den Laser automatisch zu sperren (nicht mehr freizugeben) oder abzuschalten. Auf diese Weise stellt die vorliegende Erfindung ein faserinternes Verriegelungssystem bereit, das ein OTDR verwendet, das kontinuierlich die Integrität des ausgedehnten Fasersystems abtastet, so daß der Hochleistungslaser sicher eingesetzt werden kann.

**[0011]** In einer anderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung sind mehrere Hochleistungslaser, die jeweils auf einer anderen Wellenlänge arbeiten,

mit einem einzelnen Fasersystem verbunden, das einen entfernten optischen Verstärker aufweisen kann. Jeder Laser ist getrennt mit seinem eigenen Abtastungs-OTDR verblockt, das eine eindeutige Wellenlänge aufweist. Jedes OTDR ist mit einem Diskriminierungsbandpaßfilter verbunden, so daß jedes OTDR nur sein eigenes Rücksignal überwacht.

**[0012]** In noch einer anderen Ausführungsform sind mehrere redundante Hochleistungslaser mit einem lokalen Verstärker verbunden, der hohe Signalleistungen in einem einzelnen Fasersystem erzeugt.

**[0013]** Jeder Laser ist mit seinem eigenen OTDR verblockt. Der Weg, der durch die OTDRs überwacht wird, umfaßt einen ausgedehnten Abschnitt des Faserwegs, der verstärkte Hochleistungssignale befördert. Die Laser können zusammen oder getrennt arbeiten. Der Betrieb der Laser kann beruhend auf den Leistungsanforderungen des Fasersystems und darauf, ob irgendeiner der Laser gesperrt worden ist, automatisch eingestellt oder koordiniert werden.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

**[0014]** [Fig. 1](#) stellt ein Blockdiagramm eines faserinternen Sicherheitsverriegelungssystems gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dar.

**[0015]** [Fig. 2](#) stellt ein Blockdiagramm eines faserinternen Sicherheitsverriegelungssystems gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dar.

**[0016]** [Fig. 3](#) stellt ein Blockdiagramm eines faserinternen Sicherheitsverriegelungssystems gemäß einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dar.

#### Detaillierte Beschreibung

**[0017]** Im Detail auf die Zeichnungen bezugnehmend, worin gleiche Ziffern gleiche Elemente bezeichnen, stellt [Fig. 1](#) ein Blockdiagramm eines faserinternen Sicherheitsverriegelungssystems gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dar. Das Sicherheitsverriegelungssystem **10** weist ein optisches Fasersystem **12** auf, das einen Abschlußabschnitt **14** und einen ausgedehnten Abschnitt **16** zum Transport oder zur Übertragung mehrerer optischer Signale aufweist. Der Abschlußabschnitt **14** kann einen lokalen optischen Verstärker **15** aufweisen, während der ausgedehnte Abschnitt **16** einen entfernten optischen Verstärker **17** aufweisen kann. Die Verstärker **15** und **17** können zum Beispiel dotierte Faserverstärker oder angeregte Raman-Verstärker aufweisen. Das Fasersystem **12** kann zum Beispiel in einem unter Wasser gelegenen faseroptischen Langstreckenübertragungssystem verwendet

werden, in dem sich der Abschlußabschnitt **14** an Land befindet und der ausgedehnte Abschnitt **16** sich unter Wasser befindet. Der ausgedehnte Abschnitt **16** des Fasersystems **12** kann sich über 40-60 km oder mehr unter Wasser erstrecken.

**[0018]** Es können ein oder mehrere optische Signale, die jeweils auf einer anderen Wellenlänge arbeiten, gleichzeitig über das Fasersystem **12** unter Verwendung eines Wellenlängen-Multiplex-Verfahrens (WDM) übertragen werden.

**[0019]** Es werden mehrere WDM-Datensignale **18** mit den Wellenlängen  $\lambda_1, \lambda_2 \dots \lambda_n$  über den Datensignalweg **20** transportiert. Die Datensignale **18** sind mit dem Fasersystem **12** durch einen Optokoppler **22** verbunden. Der Signalweg **20** und das Fasersystem **12** können bidirektional sein. Die vorliegende Erfindung kann auch mit alternativen optischen Faseranordnungen arbeiten.

**[0020]** Das Sicherheitsverriegelungssystem **10** weist außerdem einen Hochleistungs-(Klasse IV)-Laser **24** auf, der Hochleistung bei einer Wellenlänge  $\lambda_p$  überträgt. Der Laser **24** kann als Pump Laser verwendet werden, um optische Energie zu den optischen Verstärkern **15** und/oder **17** im Fasersystem **12** zu pumpen, um die Datensignale **18** zu verstärken. Ein optisches Zeitbereichsreflektometer (OTDR) **26** überwacht die Kontinuität oder Integrität eines Lichtwegs, der die Faser, die sich vom Ausgang des OTDR **26** erstreckt, und das Fasersystem **12** umfassen kann (das den Abschlußabschnitt **14** und den ausgedehnten Abschnitt **16** umfaßt). Das OTDR **26** überwacht die Kontinuität oder Integrität des Lichtwegs durch Übertragen eines periodischen oder kontinuierlichen optischen Impulszugs mit niedriger Leistung mit der Wellenlänge  $\lambda_s$  und Überwachen des kleinen Bruchteils des Lichts mit der Wellenlänge  $\lambda_s$ , der zum OTDR **26** zurückgestreut wird. Insbesondere detektieren ein Detektions-, Schwellen- und/oder Vergleichsschaltungskomplex im OTDR **26** die Kontinuität oder Integrität des optischen Faserwegs des Systems und/oder bedeutsame Änderungen der Wegkontinuität, oder eine bestimmte Länge des optischen Faserwegs. Das OTDR **26** kann die Kontinuität oder Integrität und/oder Änderungen der Kontinuität des Lichtwegs detektieren, der sich bis zum Endpunkt **38** erstreckt. Folglich erstreckt sich der Schutzbereich des Verriegelungssystems **10** nur bis zum Endpunkt **38**.

**[0021]** Das OTDR **26** kann ein vereinfachtes OTDR mit nur einer Teilmenge der Merkmale oder Fähigkeiten aufweisen, die an den meisten serienmäßigen OTDRs vorhanden sind, um die Kosten des Systems zu reduzieren. Obwohl kommerziell erhältliche OTDRs typischerweise viele Merkmale und Fähigkeiten aufweisen, kann die vorliegende Erfindung nur ein OTDR benötigen, das die Fähigkeit besitzt, die Inte-

grität eines Lichtwegs einer spezifizierten Distanz zu bestimmen. Einige Aspekte der vorliegenden Erfindung können auch das OTDR benötigen (oder davon profitieren), um auch den Ort irgendwelcher Defekte oder Faserbrüche festzustellen, die im System detektiert werden.

**[0022]** Es ist ein Optokoppler **28** durch eine Faser mit dem Laser **24**, dem OTDR **26** und dem Koppler **22** verbunden und kombiniert die optischen Signale, die durch den Laser **24** ( $\lambda_p$ ) und das OTDR **26** ( $\lambda_s$ ) übertragen werden. Der Koppler **22** kombiniert das OTDR-Ausgangssignal ( $\lambda_s$ ), das Laserausgangssignal ( $\lambda_p$ ) und die Datensignale **18** ( $\lambda_1, \lambda_2 \dots \lambda_n$ ) zur Übertragung über das Fasersystem **12**. Jedes dieser Signale weist eine andere Wellenlänge auf.

**[0023]** Es ist eine Steuerschaltung **30** mit dem Laser **24** und dem OTDR **26** verbunden, um den Laser **24** beruhend auf Informationen selektiv freizugeben oder zu sperren, die vom OTDR **26** empfangen werden. Die Steuerschaltung **30** kann einen Mikroprozessor und/oder einen anderen Schaltungskomplex aufweisen. Ein „Prüfdistanz“-Eingang **32** von der Steuerschaltung **30** zeigt dem OTDR **26** die Distanz des Lichtwegs an, die überwacht werden sollte. Das OTDR **26** kann einen eingebauten Selbsttest durchführen und gibt ein „OTDR OK“-Signal über einen Ausgang **34** aus, um anzuzeigen, daß das OTDR richtig arbeitet. Der Detektions- und Schwellenschaltungskomplex des OTDR **26** detektiert das Vorhandensein oder Fehlen der Kontinuität oder Integrität und/oder bedeutsame Änderungen der Lichtwegverluste des Lichtwegs, der sich vom OTDR **26** über eine Distanz erstreckt, die durch den „Prüfdistanz“-Eingang **32** angegeben wird, und gibt ein „freier Weg vorhanden/fehlt“-Signal am Ausgang **34** aus. Die Steuerschaltung **30** gibt den Laser **24** durch Ausgeben eines „Laserfreigabe“-Signals über den Ausgang **36** nur dann frei, wenn das OTDR **26** (beruhend auf dem Zustand des „OTDR OK“-Signals) richtig arbeitet und das OTDR **26** die Integrität oder Kontinuität des Lichtwegs (beruhend auf dem Zustand des „freier Weg vorhanden/fehlt“-Signals) bestätigt hat. Andernfalls sperrt die Steuerschaltung **30** den Laser **24** oder schaltet ihn ab, indem sie ein „Lasersperr“-Signal über den Ausgang **36** ausgibt.

**[0024]** Die Arbeitsweise des faserinternen Sicherheitsverriegelungssystems **10** gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann durch Bezugnahme auf [Fig. 1](#) verstanden werden. Der Hochleistungslaser **24** ist mit dem OTDR **26** über die Steuerschaltung **30** verblockt. Vor der Aktivierung des Lasers **24** muß das OTDR selbstgetestet werden, und die Integrität des Faserwegs des Systems muß bestätigt werden, um schädliche Laseremissionen aus einer gebrochenen Faser oder andere Defekte im System zu vermeiden.

**[0025]** Vor dem Betrieb und/oder während seines Betriebs führt das OTDR **26** einen eingebauten Selbsttest durch. Wenn das OTDR seinen eingebauten Selbsttest nicht besteht, wird über den Ausgang **34** aus dem OTDR **26** an die Steuerschaltung **30** ein Signal ausgegeben, um anzuzeigen, daß das OTDR **26** nicht richtig arbeitet. Die Steuerschaltung gibt dann ein „freier Weg fehlt“-Signal auf dem Ausgang **34** an den Laser **24** aus, wodurch der Laser **24** gesperrt (oder nicht freigegeben) wird, da man sich nicht auf das defekte OTDR **26** verlassen kann, um die Integrität des Systemlichtwegs genau zu überwachen. Alternativ kann die Steuerschaltung **30** beseitigt werden, und das „freier Weg vorhanden/fehlt“-Signal am Ausgang **34** kann direkt in den Laser **24** eingegeben werden.

**[0026]** Wenn das OTDR **26** seinen eingebauten Selbsttest besteht, gibt das OTDR **26** ein „OTDR OK“-Signal über den Ausgang **34** an die Steuerschaltung **30** aus, um anzuzeigen, daß das OTDR **26** richtig arbeitet. Danach wird die „Prüfdistanz“-Eingabe **32** durch das OTDR **26** von der Steuerschaltung **30** empfangen. Wie oben erläutert, gibt die „Prüfdistanz“-Eingabe **32** eine spezifische Lichtwegdistanz an, die das OTDR **26** überwachen sollte.

**[0027]** Danach bestätigt das OTDR **26** die anfängliche Integrität der spezifizierten Distanz des Lichtwegs des Systems, d.h. des Lichtwegs, der sich vom OTDR **26** durch die Koppler **28** und **22** und das Fasersystem **12** erstreckt. Um die Integrität des Lichtwegs des Systems zu bestätigen, überträgt das OTDR **26** mehrere optische Impulse mit der Wellenlänge  $\lambda_s$  längs des Lichtwegs. Der Detektions- und Schwellenschaltungskomplex im OTDR **26** stellt die Integrität des optischen Faserwegs beruhend auf der Rückstreuung des Lichts mit der Wellenlänge  $\lambda_s$  fest.

**[0028]** Im Fall, daß das OTDR **26** einen Faserbruch oder anderen Defekt im Lichtweg detektiert, gibt das OTDR **26** ein „freier Weg fehlt“-Signal auf dem Ausgang **34** an die Steuerschaltung **30** aus.

**[0029]** Als Reaktion auf das „freier Weg fehlt“-Signal gibt die Steuerschaltung **30** ein „Lasersperr“-Signal auf dem Ausgang **36** aus, um den Laser **24** zu sperren.

**[0030]** Im Fall, daß das OTDR **26** die Integrität des Lichtwegs bestätigt (d.h. es werden keine Brüche oder Defekte im Weg detektiert), gibt das OTDR **26** ein „freier Weg vorhanden“-Signal am Ausgang **34** an die Steuerschaltung **30** aus. Als Reaktion auf das „freier Weg vorhanden“-Signal gibt die Steuerschaltung **30** ein „Laserfreigabe“-Signal am Ausgang **36** aus, um den Laser **24** freizugeben oder zu aktivieren.

**[0031]** Sobald der Laser **24** freigegeben worden ist, überwacht das OTDR **26** kontinuierlich die Integrität

des Lichtwegs durch Übertragen mehrerer optischer Impulse und Überwachen der Rücksignale. Wenn irgendwann das OTDR **26** einen Faserbruch oder anderen Defekt irgendwo im Lichtweg (einschließlich des ausgedehnten Abschnitts **16**) detektiert, gibt das OTDR **26** sofort ein „freier Weg fehlt“-Signal über den Ausgang **34** aus. Als Reaktion gibt die Steuerschaltung **30** ein „Lasersperr“-Signal über den Ausgang **36** aus, um den Laser **24** zu sperren. Auf diese Weise ist der Hochleistungslaser **24** mit einer Lichtwegüberwachungs-OTDR **26** und der Steuerschaltung **30** verblockt, um unmittelbar nachdem ein Faserbruch oder anderer Defekt im Lichtweg detektiert wird, den Laser **24** automatisch abzuschalten oder zu sperren.

**[0032]** Die Wellenlänge  $\lambda_s$  des OTDR **26** sollte so gewählt werden, daß sie beträchtlich kleiner als die Wellenlänge ( $\lambda_p$ ) des Hochleistungslasers **24** ist, um ein Raman-Übersprechen und eine nichtlineare Kopplung im ausgedehnten Abschnitt **16** des Fasersystems **12** zu minimieren. Zum Beispiel kann bei einer Wellenlänge ( $\lambda_p$ ) für den Laser **24** von 1480 nm eine Wellenlänge ( $\lambda_s$ ) für den OTDR **26** von 1310 nm oder 1360 nm gewählt werden, um die nichtlineare Kopplung zu minimieren.

**[0033]** [Fig. 2](#) stellt ein Blockdiagramm eines faserinternen Sicherheitsverriegelungssystems gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dar. Das in [Fig. 2](#) dargestellte faserinterne Verriegelungssystem **40** weist mehrere Hochleistungs-(Klasse IV)-Laserquellen **24a**, **24b** auf, die über ein Fasersystem **12** senden. Das Fasersystem umfaßt einen Abschlußabschnitt **14** und einen ausgedehnten Abschnitt **16**. Ein erster Laser **24a** arbeitet bei einer Wellenlänge  $\lambda_{p1}$ , während der zweite Laser **24b** bei einer Wellenlänge  $\lambda_{p2}$  arbeitet. Jeder der Laser **24a** und **24b** ist mit seinem eigenen Lichtwegüberwachungs-OTDR, den OTDRs **26a** bzw. **26b** verblockt. Das erste OTDR **26a** arbeitet bei einer Wellenlänge  $\lambda_{s1}$  und der zweite OTDR **26b** arbeitet bei einer Wellenlänge  $\lambda_{s2}$ .

**[0034]** Ähnlich zur Steuerschaltung **30** in der ersten Ausführungsform ([Fig. 1](#)) ist eine erste Steuerschaltung **30a** mit dem ersten OTDR **26a** und dem ersten Laser **24a** verbunden, um den ersten Laser **24a** beruhend auf Informationen, die von der ersten OTDR **26a** empfangen werden, selektiv freizugeben oder zu sperren. Eine zweite Steuerschaltung **30b** ist entsprechend mit einem zweiten OTDR **26b** und dem zweiten Laser **24b** verbunden, um den zweiten Laser **24b** beruhend auf Informationen, die vom zweiten OTDR **26b** empfangen werden, selektiv freizugeben oder zu sperren.

**[0035]** Es ist ein optischer Bandpaßfilter **42a** mit dem Ausgangsweg des ersten OTDR **26a** verbunden, und läßt nur die Wellenlänge ( $\lambda_{s1}$ ) durch, die durch das erste OTDR **26a** ausgegeben wird, und

sperrt andere Wellenlängen. Der Bandpaßfilter **42a** stellt sicher, daß das erste OTDR **26a** nur sein eigenes Rücksignal ( $\lambda_{s1}$ ) abtasten wird, indem er alle anderen Wellenlängen einschließlich des Rücksignals vom zweiten OTDR **26b** ( $\lambda_{s2}$ ) sperrt. Ein zweiter Bandpaßfilter **42b** ist mit dem zweiten OTDR **26b** verbunden und läßt entsprechend nur die Wellenlänge ( $\lambda_{s2}$ ) des zweiten OTDR **26b** durch. Der Bandpaßfilter **42b** stellt sicher, daß der zweite OTDR **26b** nur sein eigenes Rücksignal ( $\lambda_{s2}$ ) abtasten wird. Auf diese Weise ermöglichen es die Bandpaßfilter **42a** und **42b**, daß mehrere OTDRs **26a** und **26b**, die bei unterschiedlichen Wellenlängen arbeiten, denselben (oder einen gemeinsamen) Lichtweg überwachen, ohne sich gegenseitig zu stören.

**[0036]** Ein Optokoppler **28a** kombiniert das Signal  $\lambda_{p1}$ , das durch den ersten Laser **24a** ausgegeben wird, und das Signal  $\lambda_{s1}$ , das durch das erste OTDR **26a** ausgegeben wird. Entsprechend kombiniert der Optokoppler **28b** die Ausgabe des zweiten Lasers **24b** und die Ausgabe des zweiten OTDR **26b**. Obwohl nur zwei Laser und OTDRs in [Fig. 1](#) dargestellt werden, können zusätzliche Hochleistungslaser, OTDRs und zugehörige Steuerschaltungen und Bandpaßfilter mit dem faserinternen Verriegelungssystem **40** der [Fig. 2](#) verbunden werden.

**[0037]** Ein Optokoppler **44** kombiniert das Signal ( $\lambda_{p1}$ ,  $\lambda_{s2}$ ) aus dem ersten Laser **24a** und dem ersten OTDR **26a** mit dem Signal ( $\lambda_{p2}$ ,  $\lambda_{s2}$ ). Ein Optokoppler **46** kombiniert die Signale aus den mehreren OTDRs und Lasern ( $\lambda_p$ ,  $\lambda_s$ ) mit dem einen oder mehreren WDM-Datensignalen **18** mit den Wellenlängen  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$  ...  $\lambda_n$  die über den Signalweg **20** zur Übertragung über das Fasersystem **12** transportiert werden.

**[0038]** Die Arbeitsweise des faserinternen Sicherheitsverriegelungssystems **40** gemäß der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann durch Bezugnahme auf [Fig. 2](#) verstanden werden. Das erste OTDR **26a** und der erste Laser **24a** arbeiten in einer Weise, die ähnlich zum OTDR **26** und zum Laser **24** ist, die oben in der ersten Ausführungsform beschrieben werden. Das erste OTDR **26a** überwacht kontinuierlich die Integrität eines ersten Lichtwegs, der den Bandpaßfilter **42a**, den Weg **48a**, die Koppler **28a**, **44** und **46**, den Abschlußabschnitt **14** und den ausgedehnten Abschnitt **16** des Fasersystems **12** umfaßt. Im Fall, daß das erste OTDR **26a** einen Faserbruch oder anderen Defekt im ersten Lichtweg detektiert, arbeiten das OTDR **26a** und die Steuerschaltung **30a**, um den ersten Laser **24a** zu sperren.

**[0039]** Entsprechend überwacht der zweite OTDR **26b** kontinuierlich die Integrität eines zweiten Lichtwegs, der den Bandpaßfilter **42b**, den Weg **48b**, die Koppler **28b**, **44** und **46**, den Abschlußabschnitt **14** und den ausgedehnten Abschnitt **16** des Fasersys-



tems **12** umfaßt. Im Fall, daß das zweite OTDR **26b** einen Faserbruch oder anderen Defekt im zweiten Lichtweg detektiert, arbeiten das zweite OTDR **26b** und die Steuerschaltung **30b**, um den zweiten Laser **24b** zu sperren.

**[0040]** Beide OTDRs **26a**, **26b** überwachen gleichzeitig sowohl einen getrennten (nicht gemeinsamen) Faserabschnitt (den Weg **48a** bzw. den Weg **48b**) und einen gemeinsamen Abschnitt ihrer jeweiligen Lichtwege (die sich durch den Koppler **46**, den Abschlußabschnitt **14** und den ausgedehnten Abschnitt **16** des Fasersystems **12** erstrecken). Im Fall, daß durch das erste OTDR **26a** nur im Weg **48a** ein Faserbruch detektiert wird, arbeiten das erste OTDR **26a** und die erste Steuerschaltung **30a**, um sofort den ersten Laser **24a** zu sperren oder abzuschalten. In einem solchen Fall arbeitet jedoch der zweite Laser **24b** weiter, da es keinen Bruch oder Defekt im zweiten Lichtweg gibt.

**[0041]** Ebenso arbeiten im Fall, daß durch das zweite OTDR **26b** ein Faserbruch im Weg **48b** detektiert wird, das zweite OTDR **26b** und die zweite Steuerschaltung **30b**, um sofort den zweiten Laser **24b** zu sperren oder abzuschalten, während der erste Laser **24a** normal weiter arbeitet.

**[0042]** Wenn ein Faserbruch in irgendeinem Abschnitt der Lichtwege detektiert wird, die den Lasern **24a**, **24b** gemeinsam sind, müssen alle Laser gesperrt oder abgeschaltet werden. Wenn ein Bruch in einem gemeinsamen Abschnitt von zwei oder mehreren Lichtwegen vorhanden ist, sollten alle OTDRs, die den gemeinsamen Abschnitt überwachen, den Bruch detektieren und sofort ihre jeweiligen Laser sperren oder abschalten. Zur zusätzlichen Sicherheit kann eine (nicht gezeigte) getrennte Steuereinrichtung oder ein getrennter Schaltungskomplex mit allen Steuerschaltungen und OTDRs verbunden sein, um sicherzustellen, daß alle Laser gesperrt werden, wenn durch irgendeines der Abtastungs-OTDRs ein Bruch an einem gemeinsamen Abschnitt der Wege detektiert wird. Diese getrennte Steuereinrichtung kann daher arbeiten, um eine gestörte OTDR oder anderen Schaltungskomplex zu detektieren.

**[0043]** Die Wellenlängen ( $\lambda_{s1}$ ,  $\lambda_{s2}$ ) der OTDRs **26a** und **26b** sollten so gewählt werden, daß sie beträchtlich kleiner als beide Wellenlängen ( $\lambda_{p1}$ ,  $\lambda_{p2}$ ) der Hochleistungslaser **24a** und **24b** sind, um eine Raman-Streuung und nichtlineare Kopplung im ausgedehnten Abschnitt **16** des Fasersystems **12** zu minimieren. Zum Beispiel können bei den Wellenlängen  $\lambda_{p1}$ ,  $\lambda_{p2}$  der Laser **24a** bzw. **24b** von 1475 nm bzw. 1495 nm, die Wellenlängen  $\lambda_{s1}$ ,  $\lambda_{s2}$  für die OTDRs **26a** und **26b** als 1310 nm und 1360 nm gewählt werden. Außerdem kann zum Beispiel die Wellenlänge eines der Datensignale **18** als 1555 nm gewählt werden.

**[0044]** **Fig. 3** stellt ein Blockdiagramm eines faserinternen Sicherheitsverriegelungssystems **50** gemäß einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dar. Das in **Fig. 2** dargestellte faserinterne Verriegelungssystem **50** umfaßt mehrere Hochleistungs-(Klasse IV)-Laserquellen **24a**, **24b**, die über ein lokales Fasersystem senden, das einen Abschlußabschnitt **14** und einen ausgedehnten Abschnitt **16** umfaßt. Beide Laser **24a** und **24b** arbeiten mit derselben oder einer ähnlichen Wellenlänge  $\lambda_p$ . Jeder der Laser **24a** und **24b** ist mit seinem eigenen Lichtwegüberwachungs-OTDR, den OTDRs **26a** bzw. **26b** verblockt. Das erste OTDR **26a** arbeitet bei einer Wellenlänge  $\lambda_{s1}$ , und das zweite OTDR **26b** arbeitet bei einer Wellenlänge  $\lambda_{s2}$ . Steuerschaltungen **30a** und **30b** geben die Laser **24a** bzw. **24b** beruhend auf Informationen, die von den OTDRs **26a** bzw. **26b** empfangen werden, selektiv frei oder sperren sie. Obwohl dies nicht erforderlich ist, kann das Verriegelungssystem **50** auch eine Überwachungsschaltung **70** aufweisen, die mit den Lasern **24a** und **24b** und den Steuerschaltungen **30a** und **30b** zur Überwachung und Koordination des Betriebs der Laser **24a** und **24b** verbunden ist.

**[0045]** Ein Koppler **28a** kombiniert die Ausgangs- $\lambda_p$  aus dem ersten Laser **24a** mit der Ausgangs- $\lambda_{s1}$  aus dem ersten OTDR **26a**.

**[0046]** Ein Koppler **28b** kombiniert die Ausgangs- $\lambda_p$  aus dem zweiten Laser **24b** mit der Ausgangs- $\lambda_{s2}$  aus dem zweiten OTDR **26b**. Da die Laser **24a** und **24b** zusammen oder getrennt arbeiten können, arbeitet ein Optokoppler **60** als ein optischer Verteiler/Kombinator und kombiniert beide Ausgänge  $\lambda_p$  aus den Lasern **24a** und **24b** zu einem einzelnen Signal und verteilt dann dieses kombinierte  $\lambda_p$ -Signal über beide Wege **62** und **63**. Der Koppler **60** kombiniert außerdem die Ausgangs- $\lambda_{s1}$  aus dem ersten OTDR **26a** und die Ausgangs- $\lambda_{s2}$  aus dem zweiten OTDR **26b** und gibt dieses kombinierte Signal auf dem Weg **62** aus.

**[0047]** Ein Optokoppler **52** arbeitet als ein Verteiler/Kombinator und verteilt das kombinierte Signal  $\lambda_{s1}$ ,  $\lambda_{s2}$ ,  $\lambda_p$  aus dem Ausgang **62**, wobei die Signale  $\lambda_p$ ,  $\lambda_{s1}$  und  $\lambda_{s2}$  auf dem Weg **64** ausgegeben werden und das Signal  $\lambda_p$  auf dem Weg **65** ausgegeben wird. Folglich arbeitet der Optokoppler **52**, um Abtastsignale  $\lambda_{s1}$  und  $\lambda_{s2}$  um den lokalen Verstärker **15** zu leiten, um es den OTDRs **26a** und **26b** zu ermöglichen, eine größere Distanz des ausgedehnten Abschnitts **16** zu überwachen.

**[0048]** Anstatt (unter Verwendung des Kopplers **52** und des Wegs **64**) beide Abtastsignale  $\lambda_{s1}$  und  $\lambda_{s2}$  zusammen um die Verstärker **15** und **17** zu leiten, können die Signale  $\lambda_{s1}$  und  $\lambda_{s2}$  einzeln um die optischen Verstärker **15** und **17** geleitet werden, indem zwei Koppler in die Wege hinter (links vom) Koppler **60**

eingefügt werden.

**[0049]** Ein Koppler **58** kombiniert die WDM-Datensignale **18** mit den Wellenlängen  $\lambda_1 \lambda_2 \dots \lambda_n$  auf einem Signalweg **66** mit dem Signal  $\lambda_p$  auf dem Weg **63**. Die Datensignale **18** werden durch den lokalen Verstärker **15** verstärkt, in dem das Signal  $\lambda_p$  als Pumpenergie für den Verstärker **15** dient. Ein Optokoppler **56** arbeitet als ein Verteiler, um die Signale, die durch den Verstärker **15** gehen, in die Datensignale **18** ( $\lambda_1 \lambda_2 \dots \lambda_n$ ) und das Signal  $\lambda_p$  auf dem Weg **65** aufzuspalten. Es sind zwei Wege zur Einspeisung des Verstärkungssignals  $\lambda_p$  in den Verstärker **15** ausgebildet. Ein erster Weg erstreckt sich vom Koppler **60**, Weg **63** und Koppler **58**. Ein zweiter Weg wird vom Koppler **60**, Weg **62**, Koppler **52**, Weg **65** und Koppler **56** gebildet. Folglich kann das Verstärkungssignals  $\lambda_p$  dem Verstärker **15** aus beiden Richtungen zugeführt werden.

**[0050]** Ein Koppler **54** kombiniert die Datensignale **18** ( $\lambda_1 \lambda_2 \dots \lambda_n$ ) aus dem Koppler **56** mit den OTDR-Signalen  $\lambda_{s1}$  und  $\lambda_{s2}$  auf dem Weg **64**. Das kombinierte Signal ( $\lambda_{s1}, \lambda_{s2}$  und  $\lambda_1 \lambda_2 \dots \lambda_n$ ) wird dem ausgedehnten Abschnitt **16** zugeführt.

**[0051]** Da die OTDRs **26a** und **26b** die Integrität der Lichtwege durch Überwachen der Rückstreuung (Rücksignale) der übertragenen Signale  $\lambda_{s1}$  und  $\lambda_{s2}$  prüfen, sind die übertragenen Signale  $\lambda_{s1}$  und  $\lambda_{s2}$  bidirektional. Folglich arbeitet jeder Koppler **60**, **52** und **54** abhängig von der Richtung des OTDR-Signalfusses sowohl als Verteiler als auch als Kombinator.

**[0052]** Die Arbeitsweise des fasern internen Sicherheitsverriegelungssystems **50** gemäß der dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann durch Bezugnahme auf [Fig. 3](#) verstanden werden. Die Laser **24a** und **24b** sind mit den OTDRs **26a** bzw. **26b** verblockt. Das erste OTDR **26a** überwacht einen ersten Lichtweg, der sich durch die Bandpaßfilter **42a**, den Weg **48a**, den Koppler **28a** und einen gemeinsamen Weg für beide OTDRs erstreckt (der sich durch den Koppler **60**, den Weg **62**, den Koppler **52**, den Weg **64**, den Koppler **54** und den ausgedehnten Abschnitt **16** erstreckt). Entsprechend überwacht das zweite OTDR **26b** die Integrität eines zweiten Wegs, der sich durch den Bandpaßfilter **42b**, den Weg **48b**, den Koppler **28b** und den gemeinsamen Weg erstreckt.

**[0053]** Im Fall, daß das erste OTDR **26a** einen Defekt im ersten Lichtweg (sogar im ausgedehnten Abschnitt **16**) detektiert, arbeiten das OTDR **26a** und die Steuerschaltung **30a**, um sofort den Laser **24a** zu sperren oder abzuschalten. Wenn der Defekt nicht im gemeinsamen Weg enthalten ist, muß der zweite Laser **24b** nicht gesperrt werden und bleibt in Betrieb.

**[0054]** Im Fall, daß das zweite OTDR **26b** einen De-

fekt im zweiten Lichtweg (sogar im ausgedehnten Abschnitt **16**) detektiert, arbeiten das zweite OTDR **26b** und die Steuerschaltung **30b**, um den Laser **24b** sofort zu sperren oder abzuschalten. In diesem Fall muß der erste Laser **24a** nicht gesperrt werden und bleibt in Betrieb, wenn der Defekt nicht im gemeinsamen Weg enthalten ist.

**[0055]** Die Laser **24a** und **24b** können als redundante Laserpumpquellen arbeiten. Der Laser **24a** und der Laser **24b** sind jeweils getrennt imstande, gleichzeitig den lokalen Verstärker **15** zu pumpen. Folglich ist es notwendig, nur einen Laser auf einmal zu betreiben. Wenn nur einer der Laser **24a** und **24b** arbeitet, arbeitet der freigegebene Laser mit 100% Leistung. Wenn beide Laser arbeiten, können beide Laser zum Beispiel mit 50% Leistung arbeiten. Alternativ können beide Laser **24a** und **24b** gleichzeitig mit 100% Leistung arbeiten, um die Verstärkung des Verstärkers **15** zu erhöhen.

**[0056]** Eine Überwachungsschaltung **70**, wie ein Mikroprozessor und/oder ein anderer Schaltungskomplex kann verwendet werden, um den Ausgangsleistungsprozentanteil jedes Lasers **24a** und **24b** zu überwachen und automatisch die Ausgangsleistung jedes Lasers **24a** und **24b** einzustellen oder zu koordinieren. Die Überwachungsschaltung **70** empfängt ein elektrisches Signal von beiden Lasern **24a** und **24b**, das anzeigt, ob jeder Laser eingeschaltet ist, und die Ausgangsleistung jedes Lasers anzeigt. Die Überwachungsschaltung **70** kann außerdem Signale von Schaltungen **30a** und **30b** empfangen, die anzeigen, ob ein Bruch oder Defekt detektiert worden ist, und den Ort des Defekts anzeigen.

**[0057]** Zum Beispiel können anfänglich beide Laser **24a** und **24b** mit 50% Leistung arbeiten. Zu einer gewissen späteren Zeit detektiert das erste OTDR **26a** einen Bruch oder Defekt im gemeinsamen Abschnitt des ersten Lichtwegs und schaltet den ersten Laser **26a** sofort ab. Die Überwachungsschaltung **70** steuert dann den zweiten Laser **26b** und die Steuerschaltung **30b**, um die Leistungsabgabe des zweiten Lasers **26b** auf 100% zu erhöhen, um den Verlust des ersten Lasers **26a** auszugleichen. Auf diese Weise wird der Verstärker **15** trotz des Defekts im ersten Lichtweg und der Sperrung des ersten Lasers **26a** mit ausreichend Pumpenergie versorgt. Die Verwendung der Überwachungsschaltung **70** zur Überwachung des Systems und automatischen Einstellung der Leistungsabgabe kann entsprechend auf das in [Fig. 2](#) dargestellte System angewendet werden.

**[0058]** Es sollte sich natürlich verstehen, daß während die vorliegende Erfindung unter Bezugnahme auf spezifische Hardwarekonfigurationen beschrieben worden ist, alternativer Konfigurationen möglich sind. Zum Beispiel können die Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung anstelle der Verwendung

der Koppler Kombinatoren, Verteiler, Wellenlängenmultiplixer, Polarisationsmultiplixer oder Verhältnisverteiler/Kombinatoren einsetzen, falls geeignet.

### Patentansprüche

1. Faserinternes Sicherheitsverriegelungssystem, das ein OTDR verwendet, das aufweist:  
mindestens einen ersten Hochleistungslaser (**24**; **24a**), der mit einem Fasersystem (**12**) gekoppelt ist, das einen Abschlußabschnitt (**14**) und einen ausgedehnten Abschnitt (**16**) aufweist;  
mindestens ein erstes OTDR-System (**26**; **26a**), das einen Lasersender mit einer Wellenlänge aufweist, die so ausgewählt ist, daß die nichtlineare Kopplung im ausgedehnten Abschnitt des Fasersystems minimiert wird;  
mindestens einen ersten wellenlängenselektiven Koppler (**28**; **28a**), der den Hochleistungslaser und das OTDR-System mit dem Fasersystem koppelt; und  
mindestens eine erste Steuerschaltung (**30**; **30a**), die mit dem Hochleistungslaser und dem OTDR-System gekoppelt ist, wobei die Steuerschaltung (**30**; **30a**) eingerichtet ist, den Hochleistungslaser als Reaktion darauf freizugeben, daß das OTDR-System die Integrität eines ersten Lichtwegs des Systems detektiert, wobei der erste Lichtweg die Faser, die sich vom Ausgang des ersten OTDR-Systems (**26**; **26a**) erstreckt, und das Fasersystem (**12**) aufweist.

2. System nach Anspruch 1, wobei der mindestens eine erste Hochleistungslaser (**24**; **24a**) und das mindestens eine erste OTDR-System (**26**; **26a**) mit dem Abschlußabschnitt des Fasersystems gekoppelt sind.

3. System nach Anspruch 1 oder 2, das ferner aufweist:  
einen zweiten Hochleistungslaser (**24b**), der mit dem Fasersystem (**12**) gekoppelt ist;  
ein zweites OTDR-System (**26b**), das einen Lasersender mit einer zweiten Wellenlänge aufweist, die so ausgewählt ist, daß eine nichtlineare Kopplung im Fasersystem (**12**) minimiert wird, wobei sich die zweite Wellenlänge von der ersten Wellenlänge unterscheidet;  
einen zweiten wellenlängenselektiven Koppler (**28b**), der eingerichtet ist, den zweiten Hochleistungslaser (**24b**) und das zweite OTDR-System (**26b**) mit dem Fasersystem (**12**) zu koppeln;  
eine zweite Steuerschaltung (**30b**), die mit dem zweiten Hochleistungslaser (**24b**) und dem zweiten OTDR-System (**26b**) gekoppelt ist, wobei die zweite Steuerschaltung (**30b**) eingerichtet ist, den zweiten Hochleistungslaser (**24b**) als Reaktion darauf freizugeben, daß das zweite OTDR-System (**26b**) die Integrität eines zweiten Lichtwegs des Systems detektiert, wobei der zweite Lichtweg die Faser, die sich vom Ausgang des zweiten OTDR-Systems (**26b**) er-

streckt, und das Fasersystem (**12**) aufweist.

4. System nach Anspruch 3, das ferner einen dritten wellenlängenselektiven Koppler (**44**) aufweist, der eingerichtet ist, Signale aus dem ersten wellenlängenselektiven Koppler (**28**; **28a**) und Signale aus dem zweiten wellenlängenselektiven Koppler (**28b**) mit dem Fasersystem zu koppeln.

5. System nach Anspruch 3 oder 4, das ferner aufweist:  
einen ersten optischen Bandpaßfilter (**42a**), der mit dem ersten OTDR-System (**26**; **26a**) und mit dem ersten wellenlängenselektiven Koppler (**28**; **28a**) gekoppelt ist, wobei der erste optische Bandpaßfilter eingerichtet ist, optische Signale nur an annähernd der ersten Wellenlänge durchzulassen; und  
einen zweiten optischen Bandpaßfilter (**42b**), der mit dem zweiten OTDR-System (**26b**) und dem zweiten wellenlängenselektiven Koppler (**28b**) gekoppelt ist, wobei der zweite optische Bandpaßfilter eingerichtet ist, optische Signale nur an annähernd der zweiten Wellenlänge durchzulassen.

6. System nach Anspruch 3, 4 oder 5, wobei das Fasersystem (**12**) einen ersten Lichtweg, der durch das erste OTDR-System überwacht werden soll, und einen zweiten Lichtweg aufweist, der durch das zweite OTDR-System überwacht werden soll, wobei mindestens ein Abschnitt des ersten Lichtwegs dem zweiten Lichtweg gemeinsam ist.

7. System nach Anspruch 3, 4, 5 oder 6, das ferner eine Überwachungsschaltung (**70**) aufweist, die mit dem ersten und zweiten Hochleistungslasern (**24a**; **24b**) und mit den ersten und zweiten Steuerschaltungen (**30a**; **30b**) gekoppelt ist, wobei die Überwachungsschaltung (**70**) dazu dient, den Betrieb der ersten und zweiten Hochleistungslaser (**24a**; **24b**) beruhend auf Signalen zu koordinieren, die aus den ersten und zweiten Steuerschaltungen (**30a**; **30b**) bereitgestellt werden.

8. System nach Anspruch 7, wobei die Überwachungsschaltung (**70**) eingerichtet ist, die Leistung des ersten Hochleistungslasers (**24a**) beruhend darauf einzustellen, ob der zweite Hochleistungslaser (**24b**) freigegeben ist oder nicht, und eingerichtet ist, die Leistung des zweiten Hochleistungslasers (**24b**) beruhend darauf einzustellen, ob der erste Hochleistungslaser (**24a**) freigegeben ist oder nicht.

9. Verfahren zum Überwachen der Integrität eines Fasersystems (**12**) unter Verwendung eines OTDR (**26**; **26a**), wobei das Fasersystem (**12**) einen Abschlußabschnitt (**14**) und einen ausgedehnten Abschnitt (**16**) aufweist, wobei das Verfahren die Schritte aufweist:  
Übertragen mehrerer optischer Impulse mit niedriger Leistung auf dem Fasersystem (**12**), wobei die Wel-



lenlänge der optischen Impulse mit niedriger Leistung so ausgewählt wird, daß eine nichtlineare Kopplung im ausgedehnten Abschnitt des Fasersystems minimiert wird;

Detektion der Integrität eines ersten Lichtwegs des Fasersystems (12) beruhend auf dem Rücksignal der optischen Impulse mit niedriger Leistung;

Übertragen eines Hochleistungslasersignals auf dem Fasersystem (12) unter Verwendung eines Hochleistungslasers (24; 24a), nur dann, wenn die Integrität des ersten Lichtwegs des Fasersystems (12) detektiert worden ist; und

Koppeln des Hochleistungslasersignals und der optischen Impulse mit niedriger Leistung auf dem Fasersystem (12);

wobei der erste Lichtweg die Faser, die sich vom OTDR (26; 26a) erstreckt, und das Fasersystem (12) umfaßt.

10. Verfahren nach Anspruch 9, das ferner die Schritte aufweist:

Durchführen eines eingebauten Selbsttests am OTDR (26; 26a) vor dem Freigeben des Hochleistungslasers (24; 24a); und

Freigeben des Hochleistungslasers, nur dann, wenn das OTDR (26; 26a) den eingebauten Selbsttest besteht und die Integrität des Lichtwegs detektiert worden ist.

11. Verfahren nach Anspruch 9, das ferner die Schritte aufweist:

Durchführen eines eingebauten Selbsttests am OTDR (26; 26a) während des Betriebs des Hochleistungslasers (24; 24a); und

Sperren des Hochleistungslasers (24; 24a), wenn das OTDR (26; 26a) den eingebauten Selbsttest nicht besteht.

12. Verfahren nach Anspruch 9, 10 oder 11, das ferner den Schritt des Empfangens eines Prüfdivergenzwerts am OTDR (26; 26a) aufweist;

wobei der Detektionsschritt den Schritt der Detektion der Integrität des ersten Lichtwegs beruhend auf dem Rücksignal der optischen Impulse niedriger Leistung aufweist.

13. Verfahren nach Anspruch 9, 10, 11 oder 12, wobei die Wellenlänge des OTDR-Systems (26; 26a) so ausgewählt wird, daß sie beträchtlich kleiner als die Wellenlänge des Hochleistungslasers (24; 24a) ist, um eine nichtlineare Kopplung im Fasersystem (12) zu minimieren.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 13, wobei das Verfahren ferner die Schritte aufweist: Verwenden eines ersten OTDR (26; 26a), um mehrere optische Impulse mit niedriger Leistung mit einer ersten Wellenlänge auf dem Fasersystem (12) zu übertragen, wobei das erste OTDR (26; 26a) den ersten Lichtweg des Fasersystems (12) überwacht;

Verwenden des ersten OTDR (26; 26a), um die Integrität des ersten Lichtwegs beruhend auf dem Rücksignal der optischen Impulse mit niedriger Leistung mit der ersten Wellenlänge zu detektieren;

Übertragen eines ersten Hochleistungslasersignals auf dem Fasersystem (12) unter Verwendung des ersten Hochleistungslasers (24; 24a), nur dann, wenn die Integrität des ersten Lichtwegs des Fasersystems (12) detektiert worden ist;

Koppeln des ersten Hochleistungslasersignals und der optischen Impulse mit niedriger Leistung der ersten Wellenlänge auf dem Fasersystem (12);

Verwenden eines zweiten OTDR (26b), um mehrere optische Impulse mit niedriger Leistung mit einer zweiten Wellenlänge auf dem Fasersystem (12) zu übertragen, wobei sich die zweite Wellenlänge von der ersten Wellenlänge unterscheidet, wobei das zweite OTDR (26b) einen zweiten Lichtweg des Fasersystems überwacht;

Verwenden des zweiten OTDR (26b), um die Integrität des zweiten Lichtwegs beruhend auf dem Rücksignal der optischen Impulse mit niedriger Leistung mit der zweiten Wellenlänge zu detektieren;

Übertragen eines zweiten Hochleistungslasersignals auf dem Fasersystem (12) unter Verwendung des zweiten Hochleistungslasers (24b), nur dann, wenn die Integrität des zweiten Lichtwegs des Fasersystems (12) detektiert worden ist;

Koppeln des zweiten Hochleistungslasersignals und der optischen Impulse mit niedriger Leistung der zweiten Wellenlänge auf dem Fasersystem (12);

wobei der erste Lichtweg einen ersten getrennten Abschnitt aufweist, der zweite Lichtweg einen zweiten getrennten Abschnitt aufweist, und die ersten und zweiten Lichtwege einen gemeinsamen Abschnitt gemeinsam nutzen.

15. Verfahren nach Anspruch 14, das ferner die Schritte aufweist:

Filtern aller Rücksignale, die in das erste OTDR (26; 26a) eingegeben werden, um nur die optischen Impulse mit niedriger Leistung mit der ersten Wellenlänge durchzulassen; und

Filtern aller Rücksignale, die in das zweite OTDR (26b) eingegeben werden, um nur die optischen Impulse mit niedriger Leistung mit der zweiten Wellenlänge durchzulassen.

16. Verfahren nach Anspruch 14 oder 15, das ferner die Schritte aufweist:

Verwenden des ersten OTDR (26; 26a), um den Ort eines Defekts, falls vorhanden, im ersten Lichtweg zu detektieren; und

Verwenden des zweiten OTDR (26b), um den Ort eines Defekts, falls vorhanden, im zweiten Lichtweg zu detektieren.

17. Verfahren nach Anspruch 14, 15 oder 16, das ferner die Schritte aufweist:

Sperren nur des ersten Hochleistungslasers (24;

**24a**), wenn nur im ersten getrennten Abschnitt ein Defekt detektiert wird;  
Sperren nur des zweiten Hochleistungslasers (**24b**), wenn nur im zweiten getrennten Abschnitt ein Defekt detektiert wird; und  
Sperren sowohl den ersten als auch den zweiten Hochleistungslaser (**24**; **24a**, **24b**), wenn im gemeinsamen Abschnitt ein Defekt detektiert wird.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

## Anhängende Zeichnungen

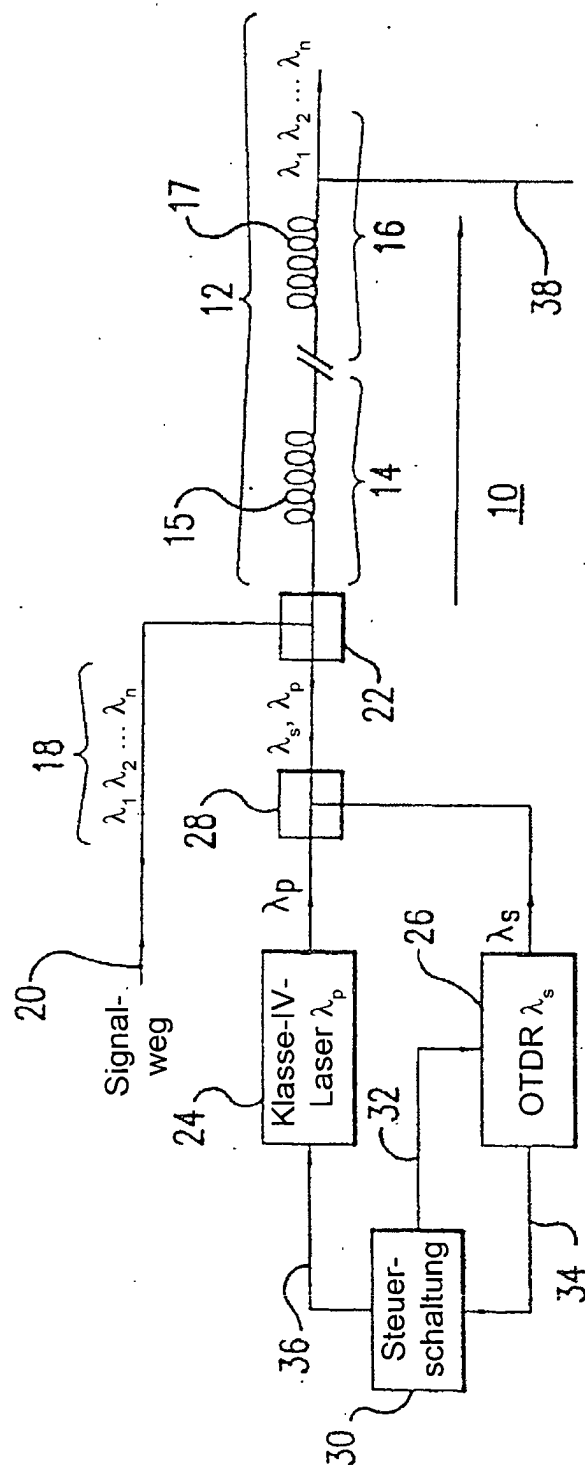


FIG. 1

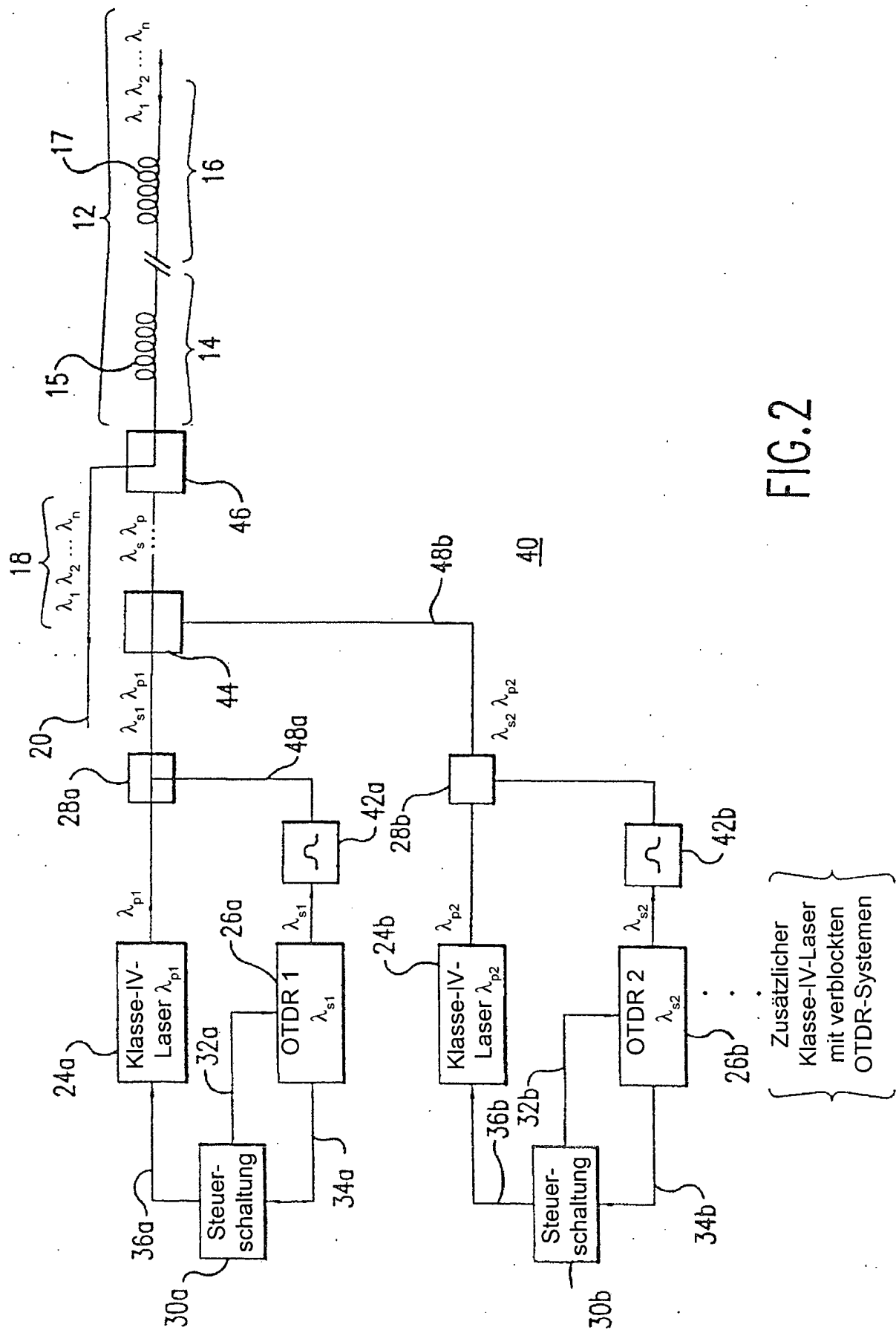


FIG. 2

