



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 697 38 428 T2** 2008.12.11

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 0 844 750 B1**

(51) Int Cl.⁸: **H04B 10/17** (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **697 38 428.4**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **97 120 559.6**

(96) Europäischer Anmeldetag: **24.11.1997**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **27.05.1998**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **02.01.2008**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **11.12.2008**

(30) Unionspriorität:
31375996 25.11.1996 JP

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

(73) Patentinhaber:
Hitachi, Ltd., Tokyo, JP

(72) Erfinder:
Kosaka, Junya, Fujisawa-shi, JP; Sakano, Shinji, Yokohama-shi, JP

(74) Vertreter:
Patent- und Rechtsanwälte Bardehle, Pagenberg, Dost, Altenburg, Geissler, 81679 München

(54) Bezeichnung: **Optische Verstärkereinheitensteuerungsverfahren, optische Verstärkungssysteme, und Systeme, welche die Verfahren und Verstärkungssysteme benutzen**

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 DER ERFINDUNG

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf optische Übertragungsnetzwerke, optische Kommunikationssysteme oder optische Übertragungssysteme, verschiedenartige optische Übertragungseinrichtungen, welche die optischen Verstärkungssysteme, die in jenen Systemen verwendet werden, einschließen, und Verfahren zum Steuern dieser Systeme und Einrichtungen. Im Besonderen bezieht sich die vorliegende Erfindung auf ein Steuerverfahren von einer optischen Verstärkungseinheit, ein optisches Verstärkungssystem und ein System, welches das Verfahren und System verwendet.

[0002] Es ist äußerst wichtig, Lichtstöße in allgemeinen optischen Verstärkungssystemen zu unterdrücken. Der „Lichtstoß“, auf den sich hierin bezogen wird, bezeichnet ein optisches Signal mit einer extrem hohen Verstärkung, welches ausgegeben wird von einem optischen Verstärkungssystem, wenn das optische Signal in das optische Verstärkungssystem eingegeben wird, das augenblicklich zunimmt. Der Lichtstoß wird erzeugt aus den folgenden Gründen. Es ist notwendig, die Leistung des Pumplichtes auszudehnen bzw. zu vergrößern und den Verstärkungsgrad einer optischen Verstärkungseinheit zu erhöhen, um ein gewünschtes optisches Ausgangssignal zu erhalten, wenn das eingegebene optische Signal abnimmt. Daher, in diesem Fall, wird große, verstärkte Signalenergie hauptsächlich in der optischen Verstärkereinheit akkumuliert. In solch einem Zustand, wenn das optische Signal zunimmt, empfängt das optische Signal so weit die akkumulierte Energie und wird ausgegeben mit einer sehr hohen Verstärkung durch den Verstärker. Wenn ein Lichtstoß erzeugt wird, wirkt sich die Zerstörung von einem Photodetektor zum Ende der optischen Kommunikation aus, und ein Anschmelzen der Stirnfläche eines Verbinders tritt ein, aber es könnte auch die menschliche (Sicht-)Fähigkeit ursächlich verletzt werden. Deshalb ist es notwendig, die Erzeugung des Lichtstoßes auf das äußerste zu vermeiden. Insbesondere wenn optische Verstärkungssysteme in einer mehrstufigen Verbindung angeordnet sind, würde die Situation weiterhin ernsthaft sein. Der Grund dafür ist wie folgend: ein Stoßlicht, das einmal erzeugt ist, wird verstärkt, eines nach dem anderen, in dem entsprechenden nachfolgenden optischen Verstärkungssystem. Im Ergebnis würden die optischen Teile, welche jedes von jenen optischen Verstärkersystemen bilden, in fataler Weise zerstört werden mit entsprechend zunehmenden Stößen.

[0003] Aktuelle Beispiele von Maßnahmen gegen optische Stöße werden beschrieben in dem Schriftstück „Diskussion über Lichtstöße in mehrstufigen Verbindungen von optischen Verstärkern“ [„Discus-

sion of Light Surge in Multistageous Connection of Optical Amplifiers“] (Spring Meeting B-941, Institute of Electronics, Information and Communication Engineers of Japan, 1993). Die Zusammensetzung eines experimentellen Systems in einem Beispiel von den Messungen ist in [Fig. 41A](#) gezeigt. Der optische Ausgangspegel von jedem von den mehrstufig verbundenen optischen Verstärkern ist in [Fig. 41B](#) gezeigt. Wie in [Fig. 41A](#) gezeigt, kann ein optisches Signal mit einer verfügbaren Anstiegszeit von einer Laserdiode (LD) (eine LD-Einheit von dem DFB-(Distribution Feed Back-, Verteilungsrückführungs-)Typ, der eine zentrale Wellenlänge von 1,55 μm hat) als eine optische Signalquelle durch Ansteuerung der LD mit einem Strom erfolgen. Optische Signale von jener LD gehen folgerichtig über Verstärker AMP1-AMP5, welche erbiumdotierte optische Fiberverstärker sind, welche gepumpt werden durch einen 1,48- μm -Wellenlängenpumpplaser) mit einem optischen Abschwächer (ATTs), angeordnet vor dem entsprechenden Verstärker und betrieben als ein optischer Signalausgang. Die Wellenformen von den entsprechenden optischen Signalen, die von jenen optischen Verstärkern ausgegeben werden, werden überwacht durch entsprechende Photodioden (PDs) über ATTs. Wie aus der [Fig. 41B](#) zu sehen, ist der Stoß bzw. der Anstieg unterdrückt im Verhältnis zu einer Zunahme der Anstiegszeit des optischen Signals von der LD. Insbesondere wenn die Anstiegszeit bestimmt ist im Bereich von mehreren Millisekunden, werden Lichtstöße kaum erzeugt.

[0004] Die Verstärkerzusammensetzung von JP-A-6-45682 ist in [Fig. 42](#) gezeigt. Wie in [Fig. 42](#) gezeigt, wird das optische Signal vervielfacht durch einen optischen Multiplexer **52**, und Pumplicht von einer Diode **53**, das vorwärts gerichtet ist durch einen optischen Isolator **54** und in einen dotierten Fiberstrang **55** eintritt. Dann verursachen das Pumplicht und die seltenen Erdenelement-Dotierungen in der Hohlleiterfläche induzierte Emissionen, und das optische Signal wird verstärkt. Das verstärkte optische Signal und das Pumplicht, welches unverbraucht bleibt, treten in ein optisches Bandpassfilter **56** ein. In dem Bandpassfilter **56** werden das Pumplicht und spontanes Emissionslicht, die Elemente von Verzerrungen bzw. Rauschen darstellen, abgetrennt. Das verstärkte optische Signal allein passiert ein optisches Bandpassfilter **56**. Danach wird ein Teil des optischen Signals abgeteilt durch einen optischen Splitter **57**, und der abgeteilte Signalanteil wird empfangen durch einen Photodetektor **58**. Ein mit Vorspannung beaufschlagter Steuerschaltkreis **59** vergleicht eine Gleichspannung von einem Photodetektor **58** mit einer Referenzspannung V_{ref1} und kontrolliert einen durch Vorspannung bestimmten Strom, der in die Laserdiode **53** fließt, so dass ein Fehler zwischen der Gleichspannung und der Referenzspannung auf 0 gemacht werden kann. Bezugszeichen **60** bezeichnet einen 4 Anschlüsse aufwei-

senden optischen Zirkulator, der die Anschlüsse **60A**, **60B**, **60C** und **60D** hat. Das Licht, das an den Anschluss **60A** angelegt ist, wird ausgegeben nur durch den Anschluss **60B**, das Licht, das zu dem Anschluss **60B** geführt wird, wird ausgegeben ausschließlich durch den Anschluss **60C**, das Licht, das angelegt ist an den Anschluss **60C**, wird ausgegeben ausschließlich durch den Anschluss **60D**, und das Licht, das angelegt ist an den Anschluss **60D**, wird ausgegeben ausschließlich durch den Anschluss **60A**. Das Kontrolllicht von der Laserdiode **61** wird dem Anschluss **60A** zugeführt. Der Anschluss **60B** ist verbunden mit einem Anschluss **57B** von dem optischen Splitter **57**, der Anschluss **60C** ist verbunden mit einer ausgangsseitigen optischen Übertragungsstrecke (nicht gezeigt), und der Anschluss **60D** ist ein totes Ende bzw. ist nicht belegt. Das Kontrolllicht von der Laserdiode **61** wird eingeführt in den dotierten Fiberstrang **55** unter Hindurchgehen durch den optischen Zirkulator **60**, den optischen Splitter **57** und das optische Bandpassfilter **56** in dieser Reihenfolge. Gleichzeitig bzw. simultan steuert ein vorgespannter Steuerschaltkreis **62** einen durch Vorspannung bestimmten Strom, der durch die Laserdiode **61** fließt und dabei die Leistung des Kontrolllichtes steuert von der Laserdiode **61**, so dass der Fehler zwischen einer Gleichspannung von dem Photodetektor **58** und einer Bezugsspannung V_{ref} **4** auf null gemacht werden kann.

[0005] Entsprechend dem Stand der Technik nach JP-A-45682 wird die Wellenlänge des Kontrolllichtes vorgegeben in einem Wellenlängenband, in dem induzierte Emissionen auftreten in dem dotierten Fiberstrang **55**, z. B. bei im Wesentlichen der Wellenlänge des optischen Signals. Wenn die Leistung des Eingangssignals relativ langsam wechselt, empfängt der Photodetektor **58** einen Teil des optischen Signals, welches durch das optische Bandpassfilter **56** hindurchgetreten ist. Ein Vorspannungssteuerschaltkreis **59** steuert die Leistung des Pumplichtes von der Laserdiode **54**. Wenn die Leistung des eingangsseitigen optischen Signals sich plötzlich verändert, steuert der Vorspannungsschaltkreis **62** die Leistung des Kontrolllichtes, das durch die Laserdiode **61** versorgt wird. Im Ergebnis, auch wenn das Eingangssignal sich rasch verändert, bleibt die Leistung des Ausgangssignals konstant.

[0006] Zusätzlich ist die Zusammensetzung des Standes der Technik nach JP-A-8-18138 in [Fig. 43](#) gezeigt. Wie in [Fig. 43](#) gezeigt, werden in dieser Zusammensetzung zwei optische Verstärker AMP1 und AMP2 in Kaskade zusammengeschlossen. Der erste optische Verstärker AMP1 wird versorgt von einer ersten Pumpquelle **102**, zusammengesetzt aus einer ersten EDF, einer LD, etc., einem ersten Multiplexer **104** und einem ersten Isolator **106**. Ein optischer Signaleingang ist angelegt zu einem ersten optischen Verstärker AMP1 über einen optischen Isolator ISO, angeschlossen mit einem Ende mit der Eingangssei-

te des optischen Fiberstrangs. Das erste EDF **100** wird gepumpt durch die erste Pumpquelle **102** über den ersten Multiplexer **104**. Das optische Signal, welches durch den ersten EDF **100** hindurchgegangen ist, wird eingegeben an den zweiten optischen Verstärker AMP 2 durch den ersten optischen Isolator **106**.

[0007] Der zweite optische Verstärker hat ein zweites EDF **108**, einen Verzögerungsfiberstrang **110**, eine zweite Pumpquelle **112**, einen zweiten Multiplexer **114**, einen zweiten optischen Isolator **116**, ein drittes EDF **118**, einen Dämpfer **120**, einen dritten optischen Isolator **122**, einen ersten Splitterkoppler **124**, einen zweiten Splitterkoppler **126** und einen Photodetektor **128**. Der erste Splitterkoppler **124** teilt bzw. splittet das Licht von dem ersten Isolator **106** in zwei Lichtanteile in einem vorgegebenen Verhältnis. Der erste gesplittete Lichtanteil tritt in das zweite EDF **108** durch den Verzögerungsfiberstrang **110** ein. Der zweite gesplittete Lichtanteil tritt in das dritte EDF **118** durch den Abschwächer **120** ein. Der zweite EDF **108** ist mit dem Splitterkoppler **126** verbunden. Der dritte EDF **118** ist mit dem zweiten Splitterkoppler **126** durch den dritten optischen Isolator **122** verbunden. Der zweite EDF **108** wird erregt bzw. ausgelöst durch die zweite Pumpquelle **112** durch den zweiten Multiplexer **114**. Das Ausgangslicht des zweiten Multiplexers **114** wird ausgegeben zu dem ausgangsseitigen optischen Fiberstrang durch den zweiten optischen Isolator **116**.

[0008] Der dritte EDF **118**, der Abschwächer **120** und der dritte Isolator **122** bilden einen optischen Durchgang, welcher, wenn Licht von mehr als einer vorbestimmten optischen Stärke, z. B. ein Lichtstoßpuls, eintritt in den ersten Splitterkoppler **24**, der dann so funktioniert, um das zweite EDF-108-Licht, welches in einer Richtung umgekehrt zu jener, in welcher das optische Signal, welches durch den zweiten EDF **108** über den Splitterkoppler **126** durchtritt, nun geführt wird, abzugeben, um dabei die Verstärkung des zweiten EDF **108** herabzusetzen. Insbesondere wird der zweite EDF **108** dazu veranlasst, eine induzierte Emission auszulösen in einer Richtung umgekehrt zu jener, in welcher das optische Signal hindurchtritt. In diesem Fall wird der Verzögerungsfiberstrang **110** Licht, das durch den ersten Splitterkoppler **124** hindurchtritt, verzögern, so dass die induzierte Emission auftreten kann, bevor der Lichtstoßimpuls in den zweiten EDF **108** eintritt, durch den Verzögerungsfiberstrang **110**.

[0009] Zusammengefasst also wird Erzeugung von Stoßlicht in dem zweiten optischen Verstärker AMP 2 verhindert durch den Lichtstoßpuls, der in dem ersten optischen Verstärker AMP1 erzeugt wird.

[0010] Jedoch beschreibt das oben genannte Dokument „Diskussion eines optischen Stoßes in einem

optischen Vielfachverstärker" nur geringfügig ein Verfahren, um Stoßlicht zu unterdrücken durch das Kontrollieren bzw. Steuern einer Anstiegszeit von dem optischen Signaleingang. Sogar bei Anwendung des Verfahrens zum Unterdrücken von Stoßlicht bei einem aktuellen optischen Kommunikationssystem kann ein Stoßlicht, das bedingt ist durch einen Vorfall, der ein anderer ist als der Anstieg eines optischen Signaleingangs, nicht unterdrückt werden. Das heißt, die Anwendung einer solchen Unterdrückung ist in erheblichem Umfang beschränkt. Wenn physikalische Schwingungen und Stöße auf einen optischen Fiberstrang einwirken, welcher sich in einem Zustand der optischen Signalübertragung befindet, würde, sogar wenn die Anstiegszeit des optischen Signaleingangs kontrolliert wird, ein Lichtstoß leicht eintreten, bedingt durch einen augenblicklichen Wechsel in der optischen Signalleistung, welcher verursacht wird durch die physikalischen Schwingungen und Stoß.

[0011] Über die oben aufgeführten Fehler hinausgehend ist es erforderlich, dass die Leistung des Pumplichtes von der Pumpquelle reduziert wird, oder es ist erforderlich, dass das Pumplicht zeitweise gestoppt wird in diesem konventionellen optischen Verstärker, um ein Stoßlicht unterdrücken zu können. In jenem Fall wird das Stoßlicht nicht unterdrückt bei einer abnehmenden Geschwindigkeit von der Pumplichtleistung, die zu unterdrücken wäre. Verbesserungen in der Steueransprechbarkeit bzw. -empfindlichkeit können nicht erwartet werden. Der Grund dafür ist, dass der Grad des Unterdrückens von Lichtstößen abhängig ist von der akkumulierten Energie, bevor das optische Signal, welches eingegeben ist zu der optischen Verstärkereinheit, ansteigt, wobei die Anstiegsgeschwindigkeit des optischen Signals und dessen optische Leistung derart sind, dass die Unterdrückungsgeschwindigkeit von dem Lichtstoß geringer ist als die abnehmende Geschwindigkeit der Pumpleistung. Daher wird der Pumplichtausgang von der Pumpquelle in den Zustand eines vorübergehenden Stopps gebracht, bis der Lichtstoß unterdrückt ist zu einem vorgegebenen Wert. Das beinhaltet, dass dann aktuell eine leere Zeit vorliegt, in welcher der Stoß nicht effektiv nur mit der Pumpquelle unterdrückt werden kann. Das bedeutet auch, dass der Lichtstoß fortwährend erzeugt wird während der leeren Zeit.

[0012] Darüber hinaus ist es in dem konventionellen optischen Verstärker notwendig, in einem erheblichen Umfang den Ansteuerstrom zu der Pumpquelle zu ändern, um das optische Ausgangssignal zu stabilisieren, das von dem optischen Verstärker kommt, gegen einen augenblicklichen Wechsel in dem optischen Signaleingang des optischen Verstärkers. Wenn der Ansteuerstrom erheblich wechselt, würde der Lichtstoß zu einem Faktor von fehlender Stabilität des optischen Signalausgangs werden und zum Verschieben des S/N-Verhältnisses des ganzen opti-

schen Verstärkers als ein Ergebnis der Oszillationswellenlänge in dem Pumpquellenwechsel.

[0013] Der Stand der Technik nach JP-A-6-45682 bezieht sich auf die optische Ausgangskontrollgeschwindigkeit durch das Kontrolllicht, aber nicht auf dessen Leistung. Tatsächlich wird die Kontrolle von Verbrauch von akkumulierter Energie, die in erheblichem Übermaß in dem dotierten Fiberstrang vorliegt, eher benötigt als die Geschwindigkeitskontrolle und die speziellen Messungen der Verbrauchskontrolle der Energie, um das Stoßlicht sicher zu unterdrücken, aber dieser Stand der Technik bezieht sich nicht auf diesen Punkt.

[0014] Darüber hinaus ist es schwierig, die Verbrauchskontrolle von in erheblichem Umfang akkumulierter Energie in dem dotierten Fiberstrang in dem Kontrolllicht dieses Standes der Technik auszuführen. Der Grund dafür ist, dass das Wellenlängengebiet der LD im Wesentlichen die gleiche Wellenlänge betrifft wie das optische Signal, das für das Kontrolllicht benutzt wird, welches ungefähr 0,1 nm oder weniger in der optischen Fiberstrangübertragungstrecke ist, das Kontrolllicht ist somit veranlasst, ein Bandfilter zu durchlaufen, welches Wellenlängenkomponten ausfiltert, die anders sind als die Wellenlänge von der LD, die in den dotierten Fiberstrang eintritt, und unabhängiges Pumplicht wird benötigt, um es bereitzustellen. Jedes von diesen kann nicht genug Energie bereitstellen für die Unterdrückung von Stoßlicht.

[0015] Es ist natürlich, die Verluste des optischen Signals herabzusetzen, um so nicht die originale Funktion des optischen Verstärkers zu schwächen. In diesem Stand der Technik ist es auch erforderlich, den Verlust von Leistung des Kontrolllichtes herabzusetzen. Daher ist es nötig, teure optische Teile vorzusehen, wie z. B. optische Zirkulatoren, welche multiplexen und splitten, und zwar beides, das ausgehende optische Signal und das Kontrolllicht, bei einem geringen Verlust, wie bei dem Stand der Technik gezeigt wurde.

[0016] Darüber hinaus ist es notwendig, eine separate Laserdiode zu haben, die für das Kontrolllicht gebraucht wird, und eine LD mit besonders hohem Ausgang, welche ein neues Problem der Entwicklung mit sich bringen könnte.

[0017] Darüber hinaus, da der Rauschfaktor und der Verstärkungsfaktor, welche charakteristische Elemente des optischen Verstärkers sind, erheblich verschlechtert werden durch Einführen des Kontrolllichts, beeinflusst das Einführen von Kontrolllicht in nachteiliger Weise die inhärenten Charakteristika des optischen Verstärkers. Der Stand der Technik bezieht sich an keiner Stelle auf ein Verfahren, um dieses Problem zu vermeiden.

[0018] Darüber hinaus hat der Stand der Technik einen Aufbau, in welchem der Photodetektor **58** den Monitorausgang zurückführt, um das Pumplicht und das Kontrolllicht zu steuern, und zeigt die optischen Ausgänge von dem dotierten Fiberstrang **55** und dem Bandpassfilter **56** an, um den Lichtstoß zu unterdrücken. Daher, wenn die Eingangssignalleistung z. B. abnimmt, ist bereits übermäßige Energie in dem dotierten Fiberstrang **55** angesammelt worden. Daher würde dies ein Faktor für einen Lichtstoß sein, dieses Phänomen kann nicht durch den Photodetektor **58** allein angezeigt werden. Darüber hinaus, mit der Anzeige durch den Photodetektor **58**, kann der Lichtstoß, der bereits entstanden bzw. erzeugt ist, nicht mehr unterdrückt werden. Es ist schwierig für den ganzen optischen Verstärker, einen Lichtstoß bei hohen Geschwindigkeiten sicher zu unterdrücken nur durch Beobachten des Ausganges des Verstärkers.

[0019] Darüber hinaus, obwohl man auf einen Wechsel im optischen Ausgang Bezug nimmt, kann eine Methode des Bewältigens mit einem wechselnden Eingangslicht ihrerseits, welche eine fundamentale Ursache für den Lichtstoß darstellt, bedauerlicherweise nicht aufgefunden werden.

[0020] Zusätzlich, obwohl eine Methode des Kontrollierens des optischen Ausganges des optischen Verstärkers erwähnt ist, wird eine Steuerung über die Verstärkung des optischen Signals nicht beschrieben.

[0021] Darüber hinaus, im Stand der Technik nach JP-A-8-18138, kann, wenn der Lichtstoß erzeugt wird durch den ersten optischen Verstärker und dabei ein bestimmter Pegel nicht überschritten wird, der vorteilhafte Effekt der Erfindung nicht erhalten werden. Das bedeutet, dass der erste optische Verstärker notwendigerweise einen Lichtstoß funktional erzeugt. Deshalb wird der Lichtstoß, der vom ersten optischen Verstärker erzeugt ist, direkt eingegeben zu dem optischen Multiplexer und optischen Isolator, der nach der ersten EDF vorgesehen ist. Daher besteht eine Gefahr, dass der erzeugte Lichtstoß einen gegenteilig beeinflussenden Effekt haben kann, z. B. auf diese Einheiten bzw. Teile eingreift. Wie auch im Stand der Technik beschrieben, wird bei einem Verfahren zum Kontrollieren der ersten Pumpquelle wie jener im aktuellen System des optischen Ausganges von dem ersten optischen Verstärker AMP1 ein Split bzw. eine Abtrennung gemacht, und der abgetrennte Ausgangsteil wird angezeigt und beibehalten auf einem konstanten Wert, welcher gewöhnlich benutzt wird. Zu dieser Zeit bzw. diesem Zeitpunkt, wie man es sich leicht vorstellen kann, besteht eine Gefahr, dass der Photodetektor für Anzeigezwecke und dergleichen zerstört werden kann durch den Lichtstoß, der erzeugt wird durch den ersten optischen Verstärker.

[0022] Der Gebrauch eines Splitterkopplers, der ein

hohes Splitverhältnis aufweist, um den optischen Verlust des hauptsächlich optischen Signals zu minimieren, ist nicht zu vermeiden (im Stand der Technik werden zwei 1:10-optische Koppler eingesetzt). Als ein Ergebnis wird nicht nur der Lichtstoß, welcher den dritten EDF erreicht, sondern auch Licht, das in den zweiten EDF eingeführt wird, schwächer. Darüber hinaus, weil die optische Leistung in erheblichem Maße abgeschwächt ist durch den dritten EDF und den optischen Abschwächer in dem Stand der Technik, kann die optische Leistung, welche aktuell eingeführt ist, in den zweiten EDF, schwächer werden. Der Stand der Technik beschreibt, dass der abgetrennte bzw. gesplittete Lichtstoß in einen Bereich gebracht wird von ungefähr -10 bis -20 dBm. Es ist notwendig, optische Leistung von -10 dBm oder mehr zu erbringen, um Stoßlicht zu unterdrücken in einem sehr sicheren Maße, wie es erklärt werden wird im Detail und im entsprechend Nachfolgenden. Ein genügender Lichtstoßunterdrückungseffekt kann nicht erreicht werden durch Verfahren des Standes der Technik.

[0023] Auf der anderen Seite, wenn das Ausmaß der Abschwächung bzw. Dämpfung herabgesetzt ist, um den Stoßlichtunterdrückungseffekt des Standes der Technik zu verbessern, besteht eine Möglichkeit darin, dass eine Ringoszillation normalerweise auftritt durch eine Schleife einschließend den ersten EDF, dritten EDF und den Verzögerungsfiberstrang. Dieses ist unerwünscht, um eine Verlässlichkeit des realen Systems sicherzustellen. Nach allem ist der Effekt der Stoßlichtunterdrückung in diesem Stand der Technik in erheblicher Weise limitiert.

[0024] Zusätzlich haben wir verifiziert und bestätigt vorgefunden, dass Licht mit Wellenlängen (spontane Emissionskomponenten), die anders sind als die Wellenlängen eines optischen Signals, welches eine hauptsächlich Komponente eines Lichtstoßes ist, eine große Rolle spielt bei der Intensivierung des Stoßunterdrückungseffektes. Jedoch haben im Stand der Technik die Lichtkomponenten, die eine andere optische Signalwellenlänge haben, eine geringe Leistung, und daher werden sie absorbiert, und deren vorteilhafte Effekte können nicht zur Geltung kommen.

[0025] In der Ausführungsform wird die Zusammenstellung eines Ringlasers gezeigt. Es ist bestens bekannt in dieser Zusammensetzung, dass die maximale Verstärkung von dem EDF sicher konstant wird, weil die Oszillationsschwelle bestimmt ist. Jedoch werden keine Maßnahmen erwähnt, welche einen möglichen Lichtstoß verhindern, der auftreten kann durch Bezugnahme auf die Differenz in der Schwelle zwischen den optischen Eingangssignalen (z. B. die Differenz zwischen minus unendlich und -20 dB, von welcher das eingangsseitige optische Signal entsprechend ansteigt) bei einer Verstärkung unterhalb der

maximalen Verstärkung.

[0026] EP 0 734 129 bezieht sich auf ein optisches, mehrfache Wellenlängen betreffendes Verstärkungsgerät, in welchem, unter bündelweiser Verstärkung von einem mehrfache Wellenlängen beinhaltenden eingangsseitigen optischen Signal, die Leistungen von optischen Signalen an der Eingangs- und Ausgangsseite von einem optischen Verstärker angezeigt werden im Gesamten oder individuell, um die Leistungen von optischen Signalen auf der Ausgangsseite von dem optischen Verstärker zu kontrollieren, so dass sie in gleicher Weise festgelegt werden können. Das Gerät beinhaltet einen vollständigen Lichteingangsdetektionsabschnitt (7), um die Leistung des gesamten eingangsseitigen optischen Signals anzuzeigen auf der Eingangsseite des optischen Verstärkers (4), einen individuellen ausgangsseitigen Lichteinfassungsabschnitt (8) zum Anzeigen der Leistungen von ausgangsseitigen optischen Signalen auf der Ausgangsseite des optischen Verstärkers (4), einen zum optischen Verstärker ausgang gehörenden Justierabschnitt (9) zum Justieren des Ausgangs des optischen Verstärkers (4) und einen Kontrollabschnitt (10) zum Kontrollieren des Justierabschnittes des optischen Verstärker ausgangs (9), basierend auf den Ergebnissen der Erfassung des gesamten Lichtdetektionseingangsabschnittes (7) und des individuellen Ausgangslichterfassungsabschnittes (8), so dass die Leistungen der optischen Ausgangssignale auf der Ausgangsseite des optischen Verstärkers (4) in gleicher Weise fest ausgerichtet werden können.

[0027] GB 2 289 586 bezieht sich auf einen optischen Verstärker, der einen dotierten Fiberstrang (2) beinhaltet, der dotiert ist mit einem seltenen Erdenelement, eine Pumplichtquelle (6), Mittel (4), um ein Signallicht und Pumplicht in den dotierten Fiberstrang einzuführen, Detektionsmittel (8, 10, 12, 14, 16) zum Erfassen, ob oder nicht verstärktes Signallicht eingeführt ist in das Licht, das ausgegeben wird von dem dotierten Fiberstrang, und Mittel (18, 20, 22), um die Intensität des Pumplichtes herabzusetzen, wenn erfasst wird, dass verstärktes Signallicht nicht beinhaltet ist. Solch ein optischer Verstärker kann den Effekt eines optischen Stoßes reduzieren, der auftritt bzw. vorkommt bei einer automatischen Verstärkungskontrolle in dem Verstärker, wenn ein Signal nach einer Pause eingegeben wird.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0028] Ein erstes Ziel der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein Steuerungsverfahren für einen optischen Verstärker und ein optisches Verstärkersystem, welches einfach ist im Aufbau, das S/N-Verhältnis von einem optischen Signalausgang aufrechterhält und eine hohe Steuer- bzw. Regelansprechbarkeit hat, das die Erzeugung von einem Lichtstoß wäh-

rend der Verstärkung des optischen Eingangssignals unterdrückt, und ein System, welches das Verfahren und das Verstärkungssystem verwendet, bereitzustellen.

[0029] Ein zweites Ziel der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein optisches Verstärkungssteuerungsverfahren und ein optisches Verstärkungssystem, welches angesammelte Energie unterdrückt, welche einen Lichtstoß verursachen würde, während die Verstärkung eines optischen Eingangssignals ohne ein weiteres Gerät stattfindet, z. B. für Kontrolllicht, das benötigt wird für die Unterdrückung des Lichtstoßes, und ein System, welches das Verfahren und Verstärkersystem verwendet, bereitzustellen.

[0030] Ein drittes Ziel der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein Steuerungsverfahren für eine optische Verstärkereinheit und ein optisches Verstärkersystem, welches die Erzeugung von einem Lichtstoß unterdrückt, solange ein optisches Eingangssignal anliegt, ohne dass ein separates Gerät für das Kontrolllicht benötigt wird, und ein System, welches das Verfahren und Verstärkersystem verwendet, bereitzustellen.

[0031] Ein viertes Ziel der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein Steuerungsverfahren für eine optische Verstärkereinheit und ein optisches Verstärkersystem, welches eine hohe Energie ausschließlich für eine effiziente Unterdrückung eines Lichtstoßes bereitstellt, solange ein optisches Eingangssignal verstärkt wird, und ein System, welches das Verfahren und das Verstärkungssystem gebraucht, bereitzustellen.

[0032] Ein fünftes Ziel der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein Steuerungsverfahren für eine optische Verstärkereinheit und ein optisches Verstärkersystem, welches leicht zusammengestellt werden kann, ohne dass irgendwelche teuren optischen Teile verwendet werden müssen, und ein System, welches ein solches Verfahren und Verstärkungssystem verwendet, bereitzustellen.

[0033] Ein sechstes Ziel der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein Steuerungsverfahren für eine optische Verstärkereinheit und einen optischen Verstärker, welcher effizient einen Lichtstoß unterdrückt, solange das optische Eingangssignal verstärkt wird ohne eine nachteilige Beeinflussung von charakteristischen Elementen von der Verstärkereinheit als solche von seinen Elementen, welche das Stoßlicht in dem optischen Verstärker unterdrücken, und ein System, welches ein solches Verfahren und Verstärkungssystem verwendet, bereitzustellen.

[0034] Ein siebtes Ziel der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein Steuerungsverfahren für eine optische Verstärkereinheit und ein optisches Verstärkersys-

tem bereitzustellen, welches ein Stoßlicht sicher bei hohen Geschwindigkeiten unterdrückt, und ein System, welches das Verfahren und das Verstärkersystem verwendet, wenn das Steuerverfahren für die optische Verstärkereinheit, das optische Verstärkersystem und das System, das das Verfahren und das Verstärkersystem verwendet, als ein Ganzes betrachtet werden.

[0035] Ein achties Ziel der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein Steuerverfahren für eine optische Verstärkereinheit und einen optischen Verstärker bereitzustellen, der einen wechselnden Lichteingang bewältigt, welcher als grundsätzliche Ursache für einen ausgelösten Lichtstoß anzusehen ist, dabei Energie wegnimmt, die in höchstem Maße angesammelt ist in einem dotierten Fiberstrang, während ein optischer Signaleingang verstärkt wird, und ein System, welches das Verfahren und das Verstärkersystem verwendet.

[0036] Diese Ziele werden erreicht nach der vorliegenden Erfindung durch ein Verfahren entsprechend Anspruch 1, ein optisches Verstärkergerät entsprechend Anspruch 5 und ein optisches Übertragungssystem entsprechend Anspruch 12. Vorteilhafte Ausführungsformen werden in den abhängigen Ansprüchen beschrieben.

[0037] Entsprechend einem Aspekt der vorliegenden Erfindung sind wenigstens eine optische Verstärkereinheit und eine Pumpquelle zum Pumpen des Verstärkers als hauptsächliche Komponenten gegeben; und ein erster Splitter zum Abtrennen eines Teiles von einem optischen Signalausgang von der optischen Verstärkereinheit, eine Rückführeinheit zum Rückführen eines abgetrennten Teiles von dem optischen Signal über den ersten Splitter zu dem optischen Verstärker, ein zweiter Splitter zum Abtrennen eines Teiles von dem rückgeführten optischen Signalanteil, eine optische Erfassungseinheit zum Erfassen eines abgetrennten optischen Signalanteils von dem zweiten Splitter und eine Steuereinheit zum Steuern von wenigstens einer von der Pumpquelle und der Rückführeinheit auf der Basis von erfasster Lichtleistung von der optischen Erfassungseinheit als weitere Komponenten. Entsprechend einem anderen Aspekt der vorliegenden Erfindung sind wenigstens vorhanden eine optische Verstärkereinheit und eine Pumpquelle zum Pumpen des Verstärkers als hauptsächliche Komponenten; und ein erster Splitter zum Abtrennen eines Teiles von einem optischen Signalausgang von der optischen Verstärkereinheit, eine Rückführeinheit zum Rückführen des abgetrennten Teils von dem optischen Signal über den ersten Splitter zu dem optischen Verstärker, ein zweiter Splitter zum Abtrennen eines Teils von dem zurückgeführten optischen Signalanteil, eine erste optische Erfassungseinheit zum Erfassen des abgetrennten optischen Signalanteils von dem zweiten Splitter, ein drit-

ter optischer Splitter zum Abtrennen eines Teiles von Rückführlicht, rückgeführt zu und verstärkt durch die optische Verstärkereinheit, eine zweite Erfassungseinheit zum Erfassen des abgetrennten optischen Signalanteils von dem dritten Splitter und eine Kontrolleinheit zum Steuern von wenigstens einer von der Pumpquelle und der Rückführeinheit auf der Basis von erfasster Lichtleistung von der ersten und zweiten optischen Erfassungseinheit als weitere Komponenten.

[0038] Entsprechend einem anderen Beispiel sind vorhanden Verstärkungssteuermittel zum Steuern der Verstärkung des Verstärkungssystems abhängig von der Stärke eines optischen Signals, eingegeben zu dem Verstärkersystem in der Art, dass die Verstärkereinheit eine maximale Verstärkung hat an einem vorgegebenen Wert von der Stärke eines optischen Signals, das in das optische Verstärkersystem eingegeben wird, und einen Bereich von einer positiven Verstärkung von nicht mehr als der maximalen Verstärkung für eine Stärke des optischen Signals von nicht mehr als einem vorgegebenem Wert.

[0039] Entsprechend einem anderen Beispiel sind vorhanden Erfassungsmittel zum Erfassen der Stärke von Licht, das eingegeben wird zu dem optischen Verstärkungssystem; Steuermittel für den Empfang eines Detektionssignals, das die Stärke des eingegebenen Lichtes repräsentiert, und zum Erfassen der Stärke von dem eingegebenen Licht von nicht mehr als einem vorgegebenen Wert; Kontrolllichteinführungsmittel zum Empfangen eines Kontrollsignals von den Kontrollmitteln und zum Einführen von Stoßkontrolllicht in die optische Verstärkereinheit, welche einen Lichtstoß steuert, der in der optischen Verstärkereinheit auftritt, wobei ein Rauschfaktor des optischen Verstärkersystems unterdrückt wird auf einen Wert von nicht mehr als 10 dB.

[0040] Entsprechend einem weiteren Beispiel sind vorhanden Erfassungsmittel zum Erfassen der Stärke von Licht, das eingegeben wird in das optische Verstärkersystem; Kontrollmittel zum Empfangen von den Empfangsmitteln eines Erfassungssignals, das die Stärke des eingegebenen Lichtes wiedergibt, und zum Erfassen von jener Stärke des eingegebenen Lichtes, die nicht größer ist als ein vorgegebener Wert von wenigstens 10 μ s; Kontrolllichteinführungsmittel zum Empfangen eines Kontrollsignals von den Kontrollmitteln und zum Einführen in die optische Verstärkereinheit von Stoßkontrolllicht, welches einen Lichtstoß kontrolliert, der in der optischen Verstärkereinheit auftritt.

[0041] Entsprechend einem weiteren Beispiel sind vorhanden optische Steuermittel zum Einführen in die optische Verstärkereinheit von Kontrolllicht mit einer Wellenlänge von ungefähr wenigstens 2,7 μ m.

[0042] Die obigen Ziele werden auch erreicht durch optische Kontrollmittel zum Einführen von Kontrolllicht, das eine Stärke von nicht weniger als 80 μW hat, in die optische Verstärkereinheit.

[0043] Entsprechend einem weiteren Beispiel ist vorhanden ein optisches Empfangssystem, das eine Verstärkerfunktion hat und eine optische Verstärkereinheit einschließt zum Verstärken eines optischen Signals und Empfangsmittel zum Empfangen eines verstärkten optischen Signals von der Verstärkereinheit, der Verstärker aufweisend Stoßkontrollmittel zum Kontrollieren eines Lichtstoßes, der hierin auftritt.

[0044] Entsprechend einem weiteren Beispiel sind vorhanden Verstärkungskontrollmittel zum Kontrollieren der Verstärkung von dem Verstärkersystem abhängig von der Stärke von einem optischen Signal, das eingegeben wird an das Verstärkersystem, so dass die Stärke eines optischen Signals, das ausgegeben wird von dem Verstärkersystem, gewaltsam reduziert wird während einer Zeitperiode von dem Zeitpunkt an, wenn die Stärke des eingegebenen optischen Signals angegeben bzw. angezeigt wird mit einem Wert von nicht mehr als einem vorgegebenen Wert für nicht weniger als eine vorgegebene Zeit bis zu der Zeit, wenn die Stärke des eingegebenen Signals angegeben bzw. erfasst wird zu einem Wert von nicht weniger als einem vorgegebenen Wert.

[0045] Entsprechend einem weiteren Beispiel ist vorhanden ein optisches Übertragungssystem, enthaltend: ein Übertragungssystem zum Übertragen eines optischen Signals; ein optisches Verstärkersystem zum Erhalten eines optischen Signals von einem optischen Übertragungssystem und zum Verstärken und Ausgeben des optischen Signals; und einen Empfänger zum Empfangen des ausgegebenen Signals von dem Verstärkungssystem; das Verstärkersystem enthaltend eine optische Verstärkereinheit zum Empfangen des optischen Signals von dem Übertragungssystem, eine Pumpquelle zum Pumpen der Verstärkereinheit und einen optischen Controller zum Einführen von Kontrolllicht, das eine Wellenlänge von ungefähr wenigstens 2,7 μm hat, in die optische Verstärkereinheit.

[0046] Entsprechend einem weiteren Beispiel ist vorhanden ein optisches Übertragungssystem, enthaltend: ein optisches Übertragungssystem zum Übertragen eines optischen Signals; ein optisches Verstärkersystem mit einer maximalen Verstärkung von wenigstens 28 dB zum Empfangen des optischen Signals von dem optischen Übertragungssystem und zum Verstärken und Ausgeben des optischen Signals; und einen Empfänger zum Empfangen des ausgegebenen Signals von dem Verstärkersystem; das Verstärkersystem enthaltend eine optische Verstärkereinheit zum Empfangen des opti-

schen Signals von dem Übertragungssystem, eine Pumpquelle zum Pumpen der Verstärkereinheit und einen optischen Controller zum Einführen von Kontrolllicht mit einer Stärke von wenigstens 80 μW in die optische Verstärkereinheit.

[0047] Entsprechend einem weiteren Beispiel ist vorhanden ein optisches Übertragungssystem, enthaltend ein Übertragungssystem zum Übertragen eines optischen Signals; ein optisches Verstärkungssystem zum Empfangen des optischen Signals von dem Übertragungssystem und zum Verstärken und Ausgeben des optischen Signals, das Verstärkersystem ist direkt vorgesehen nach dem Übertragungssystem und enthält eine Stoßkontrolleinheit zum Kontrollieren von Stoßlicht, welches auftreten kann in dem optischen Verstärkersystem; einen Übertragungsfiberstrang zum Übertragen des optischen Signals, verstärkt durch das optische Verstärkersystem; und einen Empfänger zum Empfangen des optischen Signals, übertragen durch den Übertragungsfiberstrang.

[0048] Entsprechend einem weiteren Beispiel ist vorhanden ein optisches Übertragungssystem, enthaltend: einen optischen Schalter mit einem einzigen Eingang und einer Mehrzahl von Ausgängen; ein optisches Verstärkersystem zum Empfangen eines optischen Signals von wenigstens einer von der Mehrzahl der Ausgänge des optischen Schalters und zum Verstärken und Ausgeben des optischen Signals, das Verstärkersystem ist vorgesehen unmittelbar nach dem optischen Schalter und enthält eine Stoßkontrolleinheit zum Kontrollieren von einem Lichtstoß; einen Übertragungsfiberstrang zum Übertragen des optischen Signals, verstärkt durch das optische Verstärkersystem; und einen Empfänger zum Empfang des ausgegebenen Signals von dem Übertragungsfiberstrang.

[0049] Entsprechend einem weiteren Beispiel ist vorhanden ein optisches Übertragungssystem, enthaltend: einen optischen Schalter mit einer Mehrzahl von Eingängen und einem einzigen Ausgang; ein optisches Verstärkersystem zum Empfangen eines optischen Signals von dem optischen Schalter und zum Verstärken und Ausgeben des optischen Signals, das Verstärkersystem ist vorgesehen unmittelbar nach dem optischen Schalter und enthält eine Stoßkontrolleinheit zum Kontrollieren von Stoßlicht; einen Übertragungsfiberstrang zum Übertragen des optischen Signals, verstärkt durch das optische Verstärkersystem; und einen Empfänger zum Empfangen des ausgegebenen Signals von dem Übertragungsfiberstrang.

[0050] Entsprechend einem weiteren Beispiel ist vorhanden ein optisches Übertragungssystem, enthaltend: ein Übertragungssystem für die Übertragung eines optischen Signals; ein optisches Verstärkungs-

system, um das optische Signal von dem Übertragungssystem zu empfangen und um das optische Signal zu verstärken und auszugeben, das Verstärkungssystem ist vorgesehen unmittelbar vor dem optischen Empfänger und weist auf eine Stoßkontrolleinheit zum Kontrollieren von Stoßlicht, welches auftreten kann in einem optischen Verstärkersystem; einen Übertragungsfiberstrang zum Übertragen des optischen Signals, verstärkt durch das optische Verstärkersystem; und einen Empfänger zum Empfangen des ausgegebenen Signals von dem Übertragungsfiberstrang.

[0051] Entsprechend einem weiteren Beispiel ist vorhanden ein optisches Übertragungssystem, enthaltend: ein Übertragungssystem zum Übertragen eines optischen Signals mit einer gemultiplexten Wellenlänge; ein optisches Übertragungssystem zum Empfangen des optischen Signals von dem Übertragungssystem und zum Verstärken und Ausgeben des optischen Signals, das Verstärkersystem enthaltend eine optische Verstärkereinheit, die versorgt wird mit Energie durch Pumplicht zum Verstärken des optischen Signals, das eine gemultiplexte Wellenlänge hat, und eine Stoßkontrolleinheit zum Kontrollieren von einem Stoß, welcher auftreten kann in einem Empfänger; und einen Empfänger zum Empfangen des verstärkten optischen Signals von dem Verstärkersystem.

[0052] Entsprechend einem weiteren Beispiel ist vorhanden ein optisches Übertragungssystem, enthaltend: ein Übertragungssystem zum Übertragen eines optischen Signals; ein optisches Verstärkersystem zum Empfangen des optischen Signals von dem Übertragungssystem und zum Verstärken und Ausgeben des optischen Signals, das Verstärkersystem enthaltend eine optische Verstärkereinheit, versorgt mit Energie durch Pumplicht, zum Verstärken des optischen Signals mit dem Pumplicht und eine Verstärkungskontrolleinheit zum Kontrollieren einer Verstärkung abhängig von der Stärke des optischen Signals, das in das optische Verstärkersystem eingegeben ist; und einen Empfänger zum Empfangen des verstärkten Signals von dem Verstärkersystem.

[0053] Entsprechend einem weiteren Beispiel ist vorhanden ein optisches Übertragungssystem, enthaltend: ein Übertragungssystem zum Übertragen eines optischen Signals; und ein Empfangssystem mit einer Verstärkungsfunktion zum Empfangen des optischen Signals von dem Übertragungssystem, das optische Empfangssystem enthaltend einen optischen Verstärker zum Verstärken und Ausgeben des optischen Signals von dem Übertragungssystem und einen Empfänger zum Empfangen des verstärkten optischen Signals von dem optischen Verstärker, der optische Verstärker enthaltend eine Stoßkontrolleinheit zum Kontrollieren eines Lichtstoßes, welcher aufzutreten vermag in dem optischen Verstärker.

[0054] Entsprechend einem weiteren Beispiel ist vorhanden ein optisches Übertragungssystem, um eine lange Signaldistanzübertragung ausführen zu können, enthaltend: ein Übertragungssystem zum Übertragen eines optisch gemultiplexten Signals; ein optisches Übertragungssystem, vorgesehen direkt nach dem optischen Übertrager, zum Empfangen des gemultiplexten Signals von dem Übertragungssystem und zum Verstärken und Ausgeben des gemultiplexten Signals, das Verstärkersystem enthaltend eine optische Verstärkereinheit, versorgt mit Energie durch Pumplicht, zum Verstärken des optischen Signals und eine Verstärkerkontrolleinheit zum Kontrollieren einer Verstärkung des optischen Verstärkersystems abhängig von der Stärke des optischen Signals, das zu dem optischen Verstärkersystem eingegeben ist, die Verstärkerkontrolleinheit aufweisend eine maximale Verstärkung bei einem vorgegebenen Wert der Stärke des eingegebenen optischen Signals und aufweisend einen Bereich von einer positiven Verstärkung kleiner als die maximale Verstärkung für die Stärke des eingegebenen optischen Signals, wenn geringer als der vorgegebene Wert; und einen Empfänger (8) zum Empfangen des optischen Signals von dem optischen Verstärkersystem.

[0055] Entsprechend einem weiteren Beispiel ist vorgesehen ein optisches Übertragungssystem, welches bewältigt eine große Entfernung der Signalübertragung, beinhaltend: einen optischen Übertrager zum Übertragen eines gemultiplexten optischen Signals; eine Mehrzahl von kaskadierten optischen Verstärkersystemen zum Empfangen des gemultiplexten optischen Signals von dem optisch übertragenen Signal und zum Verstärken und Ausgeben des gemultiplexten optischen Signals; eines von der Mehrzahl von optischen Verstärkersystemen, die vorgesehen sind direkt nach dem optischen Übertrager, dieses eine optische Verstärkersystem beinhaltend einen Verstärker, versorgt mit Energie durch Pumplicht, zum Verstärken des gemultiplexten optischen Signals und eine Verstärkungskontrolleinheit zum Kontrollieren einer Verstärkung von einem optischen Verstärker abhängig von der Stärke des optischen Signals, eingegeben zu einem der optischen Verstärkersysteme, die Verstärkungskontrolleinheit kontrolliert in der Weise das eine optische Verstärkersystem, so dass es eine maximale Verstärkung hat bei einem vorgegebenen Wert der Stärke des eingegebenen optischen Signals und einen Bereich von einer positiven Verstärkung unterhalb einer maximalen Verstärkung; und einen optischen Empfänger zum Empfangen des verstärkten optischen Signals von dem Verstärkersystem.

[0056] Entsprechend einem weiteren Beispiel ist vorgesehen ein optisches Übertragungssystem, welches bewältigt eine Signalübertragung mit großer Entfernung, beinhaltend: ein Übertragungssystem zum Übertragen eines gemultiplexten optischen Sig-

nals; eine Mehrzahl von kaskadierten optischen Verstärkersystemen zum Empfangen des gemultiplexten optischen Signals von dem optischen Übertragungssystem und zum Verstärken und Ausgeben des gemultiplexten optischen Signals, ein erstes von einer Mehrzahl von optischen Verstärkersystemen vorgesehen unmittelbar nach dem Übertragungssystem, beinhaltend eine Stoßkontrolleinheit zum Kontrollieren von Stoßlicht, welches aufzutreten vermag hierin, so dass die Stärke von dem optischen Signal, das eingegeben ist zu dem ersten optischen Verstärkersystem, nicht mehr ist als 16 dBm; und einen Empfänger zum Empfangen des verstärkten gemultiplexten optischen Signalausgangs von einem letzten der Mehrzahl von kaskadierten optischen Verstärkern.

[0057] Entsprechend einem weiteren Beispiel ist vorhanden ein optisches Übertragungssystem, welches bewältigt eine Signalübertragung über eine längere Entfernung, beinhaltend: einen optischen Schalter, aufweisend einen einzigen Eingang und eine Mehrzahl von Ausgängen; eine Mehrzahl von kaskadierten optischen Verstärkersystemen zum Empfangen eines optischen Signals von wenigstens einer Mehrzahl von Ausgängen von einem Schalter und zum Verstärken und Ausgeben des optischen Signals, eines von der Mehrzahl von optischen Verstärkersystemen vorgesehen unmittelbar nach dem optischen Schalter, das eine optische Verstärkersystem beinhaltend eine Stoßkontrolleinheit zum Kontrollieren eines Lichtstoßes, der hierin aufzutreten vermag, so dass die Stärke des optischen Signals, das eingegeben wird zu einem der optischen Verstärkersysteme nicht größer ist als 16 dBm; und einen Empfänger zum Empfang des optischen Signals, ausgegeben von einem letzten der Mehrzahl von kaskadierten optischen Verstärkern.

[0058] Entsprechend einem weiteren Beispiel ist vorgesehen ein optisches Übertragungssystem, welches bewältigt eine große Signalübertragungstrecke, beinhaltend: einen optischen Schalter, der eine Mehrzahl von Eingängen aufweist und einen einzigen Ausgang; eine Mehrzahl von kaskadierten optischen Verstärkersystemen zum Empfangen eines optischen Signals von dem Schalter und zum Verstärken und Ausgeben des optischen Signals, ein erstes von der Mehrzahl von optischen Verstärkersystemen, vorgesehen direkt nach dem optischen Schalter, beinhaltend eine Stoßkontrolleinheit zum Kontrollieren eines Stoßlichtes, welches hierin auftreten kann, so dass die Stärke von dem optischen Signal, das eingegeben wird zu dem ersten optischen Verstärkersystem, nicht mehr ist als 16 dBm; und einen Empfänger zum Empfangen des optischen Signalausgangs von einem letzten von der Mehrzahl von kaskadierten optischen Verstärkern.

[0059] Entsprechend einem weiteren Beispiel ist vorgesehen ein optisches Übertragungssystem, wel-

ches bewältigt eine große Strecke der Signalübertragung, beinhaltend: ein Übertragungssystem zum Übertragen eines optischen Signals; ein optisches Verstärkersystem zum Empfangen eines optischen Signals von dem Übertrager und zum Verstärken und Ausgeben des optischen Signals, das optische Verstärkersystem beinhaltend eine Stoßkontrolleinheit zum Kontrollieren von Stoßlicht, welches aufzutreten vermag hierin, so dass die Stärke von dem optischen Signal, eingegeben zu dem optischen Verstärkersystem, nicht mehr ist als 16 dBm; und einen Empfänger zum Empfangen des verstärkten optischen Signalausgangs von dem optischen Verstärkersystem.

[0060] Entsprechend einem weiteren Beispiel ist vorgesehen ein optisches Übertragungssystem, welches bewältigt eine große Entfernung der Signalübertragung, beinhaltend: ein Übertragungssystem zum Übertragen eines optischen Signals; ein optisches Verstärkersystem zum Empfangen eines optischen Signals von dem Übertrager und zum Verstärken und Ausgeben des optischen Signals, das optische Verstärkersystem beinhaltend eine optische Verstärkereinheit, versorgt mit Energie durch Pumpen von Licht, zum Verstärken des gemultiplexten optischen Signals mit dem Pumplicht und eine Verstärkungskontrolleinheit zum Kontrollieren einer Verstärkung von der optischen Verstärkereinheit abhängig von der Stärke des optischen Signals, eingegeben zu der optischen Verstärkereinheit, die Verstärkerkontrolleinheit vorgesehen zum Kontrollieren der optischen Verstärkereinheit, um so ein Maximum an Verstärkung bei einem vorgegebenen Wert der Stärke des eingegebenen optischen Signals und eine positive Verstärkung unterhalb der maximalen Verstärkung in einem vorgegebenen Bereich der Stärke des eingegebenen optischen Signals unterhalb des vorgegebenen Wertes von der Stärke des eingegebenen optischen Signals zu haben; und einen Empfänger zum Empfangen des verstärkten optischen Signalausgangs von dem optischen Verstärkersystem.

[0061] Entsprechend einem weiteren Beispiel ist vorgesehen ein optisches Übertragungssystem, beinhaltend: ein optisches Übertragungssystem für die Übertragung eines optischen Signals; ein optisches Verstärkersystem zum Empfangen des optischen Signals von dem Übertrager und zum Verstärken und Ausgeben des optischen Signals, das optische Verstärkersystem beinhaltend eine Verstärkereinheit versorgt mit Energie durch Pumplicht zum Verstärken des optischen Signals mit der Energie und eine Verstärkungskontrolleinheit zum Kontrollieren einer Verstärkung der optischen Verstärkereinheit abhängig von der Stärke des optischen Signals, eingegeben zu dem optischen Verstärker, die Verstärkerkontrolleinheit kontrolliert das optische Verstärkersystem so, dass es eine maximale Verstärkung hat bei einem vorgegebenen Wert von nicht mehr als -20 dBm von der Stärke des eingegebenen optischen Signals und

eine positive Verstärkung unterhalb einer maximalen Verstärkung in einem vorgegebenen Bereich der Stärke von dem eingegebenen optischen Signal unterhalb des vorgegebenen Wertes der Stärke von dem eingegebenen optischen Signal; und einen Empfänger zum Empfangen des verstärkten optischen Signalausgangs von dem optischen Verstärkersystem.

[0062] Entsprechend einem weiteren Beispiel ist vorgesehen ein optisches Übertragungssystem, beinhaltend: ein Übertragungssystem zum Übertragen eines optischen Signals; ein optisches Verstärkersystem zum Empfangen eines optischen Signals von dem Übertragungssystem und zum Verstärken und Ausgeben des optischen Signals, das optische Verstärkungssystem beinhaltend einen Verstärker, der mit Energie versorgt ist durch Pumplicht, zum Verstärken des optischen Signals mit der Energie und eine Verstärkungskontrolleinheit zum Kontrollieren einer Verstärkung von dem optischen Verstärker abhängig von der Stärke des eingegebenen optischen Signals zu der optischen Verstärkereinheit, die Verstärkerkontrolleinheit so unabänderlich bewirkend die Abnahme der Stärke des optischen Signals, ausgegeben von dem optischen Verstärkersystem für eine Zeitdauer ab der Zeit, wenn die Stärke des eingegebenen optischen Signals anzeigt einen Wert unterhalb eines vorgegebenen Wertes für mehr als eine vorgegebene Zeit bezogen auf die Zeit, wenn die Stärke des eingegebenen optischen Signals einen Wert oberhalb des vorgegebenen Wertes anzeigt; und einen Empfänger zum Empfangen des verstärkten optischen Signalausgangs von dem optischen Verstärkersystem.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0063] [Fig. 1](#) zeigt eine grundlegende Charakteristik eines optischen Verstärkersystems entsprechend der vorliegenden Erfindung;

[0064] [Fig. 2](#) zeigt eine andere grundlegende Charakteristik des optischen Verstärkersystems entsprechend der vorliegenden Erfindung;

[0065] [Fig. 3](#) zeigt eine weitere grundsätzliche Charakteristik des erfinderischen Verstärkersystems;

[0066] [Fig. 4](#) zeigt eine grundlegende Blockanordnung von einem optischen Übertragungsnetzwerk entsprechend der vorliegenden Erfindung;

[0067] [Fig. 5](#) zeigt eine andere grundlegende Blockanordnung des erfinderischen optischen Übertragungssystems;

[0068] [Fig. 6](#) zeigt ein System, das aus zwei optischen Verstärkersystemen und einem optischen Schalter zusammengesetzt ist;

[0069] [Fig. 7](#) zeigt eine Charakteristik wie nach [Fig. 6](#) ermöglicht;

[0070] [Fig. 8](#) zeigt ein anderes System, das aus einem optischen Verstärkersystem und einem optischen Schalter zusammengesetzt ist;

[0071] [Fig. 9](#) zeigt noch ein anderes System, das aus einem optischen Verstärkersystem und einem optischen Übertragungssystem zusammengesetzt ist;

[0072] [Fig. 10](#) zeigt die Beziehung zwischen einer gesamten optischen Signaleingangsstärke und einer gesamten optischen Signalausgangsstärke von dem optischen Verstärkersystem;

[0073] [Fig. 11](#) zeigt die Beziehung zwischen einer gesamten optischen Signaleingangsstärke und jedem der Beträge einer Aktivität von einer Kontrollquelle und einer Pumpquelle des optischen Verstärkersystems;

[0074] [Fig. 12](#) zeigt noch ein anderes System, das aus einem optischen Verstärkersystem und einem optischen Empfänger zusammengesetzt ist;

[0075] [Fig. 13](#) zeigt eine spezielle Zusammensetzung von einem Beispiel des optischen Verstärkersystems, das in [Fig. 12](#) gezeigt ist;

[0076] [Fig. 14](#) zeigt eine andere spezielle Zusammensetzung eines Beispiels des optischen Verstärkersystems, das in [Fig. 12](#) gezeigt ist;

[0077] [Fig. 15](#) zeigt eine spezielle Zusammensetzung eines Beispiels von einer optischen Unterdrückungseinheit;

[0078] [Fig. 16](#) zeigt eine spezielle Zusammensetzung eines Beispiels von einem optischen Verstärker;

[0079] [Fig. 17](#) zeigt schematisch Auslösepegel von der optischen Verstärkereinheit;

[0080] [Fig. 18](#) zeigt eine spezielle Zusammensetzung eines Beispiels einer Unterdrückungsquelle von [Fig. 16](#);

[0081] [Fig. 19](#) zeigt eine Abwandlung des optischen Verstärkersystems von [Fig. 18](#);

[0082] [Fig. 20](#) zeigt eine spezielle Zusammensetzung des optischen Verstärkersystems von [Fig. 19](#);

[0083] [Fig. 21](#) zeigt eine spezielle Zusammensetzung eines Beispiels einer Justiereinheit von [Fig. 20](#);

[0084] [Fig. 22](#) zeigt schematisch ein optisches

Spektrum von Rückführlicht;

[0085] [Fig. 23A](#) und [Fig. 23B](#) zeigen jeweils experimentelle Daten von einem optischen Ausgang von dem optischen Verstärkersystem;

[0086] [Fig. 24](#) zeigt eine spezielle Zusammensetzung eines Beispiels einer Rückführeinheit;

[0087] [Fig. 25](#) zeigt eine spezielle Zusammensetzung eines Schaltkreises, der die Rückführeinheit beinhaltet;

[0088] [Fig. 26](#) zeigt eine spezielle Zusammensetzung eines anderen Schaltkreises, der die Rückführeinheit beinhaltet;

[0089] [Fig. 27](#) zeigt eine spezielle Zusammensetzung eines anderen Beispiels des optischen Verstärkersystems von [Fig. 14](#);

[0090] [Fig. 28](#) zeigt eine spezielle Zusammensetzung eines anderen Beispiels des optischen Verstärkersystems von [Fig. 27](#);

[0091] [Fig. 29](#) zeigt eine spezielle Schaltungszusammensetzung eines Beispiels einer Kontrolleinheit, die in [Fig. 24](#), [Fig. 25](#) und [Fig. 26](#) gezeigt ist;

[0092] [Fig. 30](#) zeigt eine spezielle Zusammensetzung eines anderen Beispiels des optischen Verstärkersystems von [Fig. 14](#);

[0093] [Fig. 31](#) zeigt die Beziehung zwischen dem optischen Ausgang und dem Stoßlichtspitzenverhältnis;

[0094] [Fig. 32](#) zeigt einen eingangsseitigen optischen Puls, welcher einen Pseudopuls auslöst für ein Stoßlicht, das in dem speziellen Beispiel von [Fig. 30](#) verwendet wird;

[0095] [Fig. 33](#) zeigt einen optischen Ausgang des speziellen Beispiels von [Fig. 30](#);

[0096] [Fig. 34](#) zeigt rückgeführte Lichtleistung, eingegeben zu der optischen Verstärkereinheit in Bezug zu dem Verstärkungsfaktor der optischen Verstärkereinheit in dem speziellen Beispiel von [Fig. 30](#);

[0097] [Fig. 35](#) zeigt einen Strom, benötigt durch die Pumpquelle, wenn die Wellenlängenbandbreite des Rückführlichtes gewechselt wird in dem speziellen Beispiel von [Fig. 30](#);

[0098] [Fig. 36](#) zeigt einen Wechsel in der Rückführlichtleistung, wenn der Verstärkungsparameter der optischen Verstärkereinheit wechselt im speziellen Beispiel von [Fig. 30](#);

[0099] [Fig. 37](#) zeigt Rückführlichtleistung, die benötigt wird für ein Wellenlängenband von Rückführlicht, festgelegt zu 3 nm in dem speziellen Beispiel von [Fig. 30](#);

[0100] [Fig. 38A](#) und [Fig. 38B](#) zeigen Lichtstoßausgänge, unterdrückt durch Rückführlicht, enthaltend ein optisches Signal und jenes nicht enthaltend das optische Signal, jeweilig dargestellt bezogen auf das spezielle Beispiel von [Fig. 30](#);

[0101] [Fig. 39](#) zeigt eine Verstärkungscharakteristik des optischen Verstärkungssystems, wobei das Stoßlicht unterdrückt wird auf 3 dB oder weniger in dem speziellen Beispiel von [Fig. 30](#);

[0102] [Fig. 40](#) zeigt die Beziehung zwischen der Ausgangscharakteristik des ganzen optischen Verstärkungssystems und einer momentanen Abfangzeit von einem optischen Signaleingang;

[0103] [Fig. 41A](#) und [Fig. 41B](#) zeigen die Zusammensetzung eines konventionellen optischen Verstärkers;

[0104] [Fig. 42](#) zeigt die Zusammensetzung von einem anderen konventionellen optischen Verstärker; und

[0105] [Fig. 43](#) zeigt die Zusammensetzung von noch einem anderen konventionellen optischen Verstärker.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0106] Die vorliegende Erfindung wird nachfolgend beschrieben unter Bezugnahme auf die [Fig. 1–Fig. 40](#).

[0107] Ein Verfahren zum Kontrollieren einer optischen Verstärkereinheit entsprechend der vorliegenden Erfindung wird vor der Beschreibung von einer speziellen Zusammensetzung entsprechend der vorliegenden Erfindung erklärt werden.

[0108] Wie oben beschrieben, sind Verbrauchskontrolle von akkumulierter, übermäßiger Energie in der optischen Verstärkereinheit und Maßnahmen dafür vielmehr als die Kontrolle der Geschwindigkeit nötig, um ein Stoßlicht zu unterdrücken in einer optischen Verstärkereinheit, und zwar sicher und tatsächlich.

[0109] Eine erste Ursache von Stoßlichterzeugung ist die, wenn die Stärke des eingegebenen optischen Signals zu dem optischen Verstärker klein ist und noch dazu übermäßig akkumulierte Energie gehalten wird in der optischen Verstärkereinheit.

[0110] Eine zweite Ursache ist die, dass die Verstär-

kungsanspruchsgeschwindigkeit der optischen Verstärkereinheit besonders gering ist, sogar wenn die Versorgung von Energie von einer Pumpquelle momentan abgefangen ist, um das erzeugte Stoßlicht zu unterdrücken. Daher kann die Stärke des optischen Ausgangs von der optischen Verstärkereinheit nicht momentan herabgeführt werden.

[0111] Dieses Verfahren zeigt effektiv ein Zeichenphänomen von einer optischen Verstärkereinheit, welches ein Faktor sein wird von dem Stoßlicht und eine Zunahme in dem Stoßlicht unterdrückt.

[0112] [Fig. 1](#), [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) zeigen jeweils einen ersten grundlegenden Zustand eines Verfahrens zum Kontrollieren der erfinderischen optischen Verstärkereinheit.

[0113] Als erste von allen zeigt [Fig. 1](#) die Beziehung der Stärke zwischen einem ausgangsseitigen und einem eingangsseitigen optischen Signal von dem optischen Verstärker.

[0114] Die optische Verstärkereinheit wird so kontrolliert bzw. gesteuert, dass die Verstärkung von der Stärke des ausgangsseitigen optischen Signals von der optischen Verstärkereinheit zu der Stärke ihres eingangsseitigen optischen Signals eine maximale Verstärkung hat bei einem vorgegebenen Wert der Stärke von dem eingegebenen optischen Signal und eine Verstärkung hat, die unterhalb der maximalen Verstärkung liegt für einen vorgegebenen Bereich der Stärke des eingangsseitigen optischen Signals, soweit es unterhalb eines vorgegebenen Wertes liegt.

[0115] Im Allgemeinen gibt es viele Fälle, bei denen ein Bereich von dem optischen Eingangssignal zu der optischen Verstärkereinheit so festgelegt ist, um eine normale Signalübertragung aufrechtzuerhalten und um eine Abnormalität in einem frühen Zustand der optischen Verstärkung des optischen Übertragungssystems herauszufinden. Sogar wenn die Stärke von dem optischen Eingangssignal unterhalb einer vorbestimmten ist, wird ein bestimmter Grad der optischen Verstärkung gelegentlich aufrechterhalten in Betrachtung von einem Systemrand und dergleichen. Wenn der Verstärkungsfaktor der optischen Verstärkereinheit aufrechterhalten wird bei einem normalen Betrieb, wenn das optische Signal abfällt unter den vorgegebenen Bereich, wird in großem Ausmaße Energie angesammelt in der optischen Verstärkereinheit, welche dann eine Ursache für die Erzeugung von Stoßlicht darstellt.

[0116] Entsprechend der vorliegenden Erfindung wird ein Stoßlicht verhindert – dass es überhaupt auftritt – durch Unterdrückung der akkumulierten Energie im Bereich der Eingangsstärke, wo übermäßige Energieakkumulation auftreten kann. Darüber hinaus

wird ein sicheres, hochzuverlässiges Steuerverfahren für eine optische Verstärkereinheit realisiert, ohne in die Performance einzugreifen und dergleichen, wie z. B. der Verstärkungsfaktor von den optischen Verstärkereinheiten des Standes der Technik in einem Bereich der optischen Eingangsstärke oberhalb des vorbestimmten Wertes, in welchem das optische Signal ganz normal verstärkt wird.

[0117] Im Allgemeinen tendiert die optische Signalverstärkung dazu, graduell in winziger Weise zuzunehmen, da die Stärke des optischen Eingangssignals abnimmt, wie gezeigt durch die gepunktete Linie in [Fig. 1](#). Daher, wenn die optische Signalverstärkung abnimmt unterhalb die gestrichelte Verstärkungslinie, wird der Effekt der vorliegenden Erfindung erreicht.

[0118] [Fig. 2](#) zeigt einen optischen Ausgangspuls von der optischen Verstärkereinheit, wenn ein optischer Puls eingegeben wird zu der optischen Verstärkereinheit.

[0119] Die optische Verstärkereinheit wird so kontrolliert bzw. gesteuert, dass der optische Ausgang von dem optischen Verstärker oder die optische Signalverstärkung abnimmt, wie in [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) gezeigt, wenn die Stärke von dem optischen Eingangssignal an der optischen Verstärkereinheit unterhalb des vorbestimmten Wertes ist und ein Zeitbereich unterhalb eines vorbestimmten Wertes eine vorbestimmte Zeit überschreitet.

[0120] Zum Beispiel, in einem Gebiet, bei dem die ausgangsseitige optische Signalstärke abnimmt, wenn die optische eingangsseitige Signalstärke abnimmt, wird die optische ausgangsseitige Signalstärke zwangsweise abnehmen, wenn die abgenommene eingangsseitige optische Signalstärke sich unterhalb eines vorbestimmten Wertes befindet und mehr als eine vorbestimmte Zeit abgelaufen ist.

[0121] Konventionell wird die akkumulierte Energie abnehmen durch Abnehmen der ausgangsseitigen optischen Signalstärke, indikativ zu einem konstanten Wert relativ zu dem optischen Eingangssignal. Der optische Ausgang nimmt wieder zu, wenn das eingangsseitige optische Signal wieder den vorbestimmten Wert überschreitet.

[0122] Wenn die optische Verstärkereinheit in dem optischen Übertragungssystem verwendet wird, wird ein konstantes optisches Signal nicht notwendigerweise übertragen. Das optische Signal hat eine Möglichkeit, dass das optische Signal momentan abgefangen wird, z. B. wenn ein optischer Schalter, der in der Übertragungsstrecke vorgesehen ist, geschaltet wird und/oder ein optischer Verbinder mechanisch verbunden wird. Wenn die Zeitzone, in der das optische Signal momentan abgefangen wird, sich unter-

halb eines festen Wertes befindet, wird die akkumulierte Energie in der optischen Verstärkereinheit nicht aufrechterhalten. Wenn eine Zeit, die über einem festen Zeitwert liegt, abgelaufen ist, wird die akkumulierte Energie aufrechterhalten, was die Verursachung einer Lichtstoßerzeugung bedeuten könnte.

[0123] Entsprechend diesem Verfahren wird Kontrolle der optischen Verstärkereinheit erreicht ohne Aufrechterhaltung von extra akkumulierter Energie für eine verhältnismäßig lange momentane Abfangprozedur, bedingt durch strukturelle Verbindung von einem optischen Schalter und einem optischen Fiberstrang und dergleichen zum Beispiel. Wenn die momentane Abfangprozedur verursacht wird bedingt durch eine unausweichliche sukzessive Erscheinung „0's" von einem optischen Signaldatum bzw. -daten und einem verhältnismäßig kurzen Zeitintervall, wird eine reguläre optische Signalverstärkung aufrechterhalten.

[0124] Der optische Ausgang oder die optische Signalverstärkung müssen nicht notwendigerweise diskontinuierlich gewechselt werden, aber mögen kontrolliert werden, um so kontinuierlich abzunehmen.

[0125] Nach der vorliegenden Erfindung wird ein sicheres, hochzuverlässiges Steuerverfahren für eine optische Verstärkereinheit geschaffen, ohne dass Charakteristiken des Standes der Technik von optischen Verstärkereinheiten in nachteiliger Weise beeinträchtigt werden.

[0126] [Fig. 3](#) zeigt ein optisches Spektrum von ausgangsseitigem Licht von einer optischen Verstärkereinheit. Das verstärkte optische Signal und optische Rauschelemente, die bezeichnet werden als spontanes Emissionslicht, werden ausgegeben von der optischen Verstärkereinheit in einem gepumpten Zustand. Ein optischer Anteil bzw. Beitrag von dieser spontanen Emissionskomponente **2** hängt ab von der Pumpenergie, zugeführt zu der Verstärkereinheit, und der optischen Signalverstärkung von der optischen Verstärkereinheit und zeigt den Beitrag der akkumulierten Energie in der optischen Verstärkereinheit direkt.

[0127] In der vorliegenden Erfindung wird die optische Verstärkereinheit kontrolliert, so dass der Beitrag der spontanen Emission **2** von der optischen Verstärkereinheit unterhalb eines bestimmten Maximums eins ist.

[0128] Im Allgemeinen nimmt der Beitrag der spontanen Emission einer optischen Verstärkereinheit zu, wenn die Stärke des eingegebenen optischen Signals abnimmt und wenn das Licht verstärkt wird in dem optischen Übertragungssystem. Wenn der Beitrag der spontanen Emission von der optischen Verstärkereinheit beibehalten wird, wie es der regulären

Betriebsart, wenn das optische Eingangssignal abnimmt, entspricht, wird exzessive bzw. übermäßige Energie akkumuliert in der optischen Verstärkereinheit, was wiederum einen Lichtstoß verursachen kann.

[0129] Nach der vorliegenden Erfindung wird der Lichtstoß daran gehindert aufzutreten durch Unterdrückung des Beitrags der spontanen Emission unter einen vorbestimmten Wert; die akkumulierte Energie ist unterdrückt. Darüber hinaus kann die optische Verstärkereinheit gesteuert bzw. kontrolliert werden, ohne dass ihre Performance wie der Verstärkungsfaktor von einer konventionellen optischen Verstärkereinheit in einem Bereich liegt unterhalb des vorbestimmten Wertes, in welchem das optische Signal normalerweise verstärkt wird.

[0130] Die Beschreibung erfolgt nachfolgend an einem Beispiel der Zusammenstellung eines optischen Verstärkersystems, welches eine Stoßkontrolleinheit beinhaltet, welche das Auftreten von Stoßlicht verhindert, und noch spezieller eines optischen Verstärkersystems, welches eine Verstärkungskontrolleinheit beinhaltet, welche die Verstärkung des optischen Verstärkersystems kontrolliert als die Eigenschaften bzw. Kennwerte der vorliegenden Erfindung. [Fig. 5](#), [Fig. 6](#), [Fig. 8](#), [Fig. 9](#), [Fig. 12](#), [Fig. 15](#) und [Fig. 16](#) lassen die Bezeichnung bzw. die Bestimmung der Kontrolleinheit weg, um damit der Vereinfachung zu dienen.

[0131] [Fig. 4](#) zeigt ein optisches Übertragungsnetzwerk, wobei das Steuer- bzw. Kontrollverfahren der optischen Verstärkereinheit gezeigt ist, wie es in den [Fig. 1](#), [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) angewandt wird. Das Signal wird übertragen durch den optischen Übertrager und Empfangssysteme von zentralen Terminals **3** zwischen den Terminals. Optische Multiplex-/Dumultiplexübertragung wird ausgeführt von einem zentralen Terminal **3** für jedes von bezogenen Endterminals **4** und von jedem der Endterminals **4** zu dem bezogenen zentralen Terminal **3**.

[0132] [Fig. 5](#) zeigt ein spezielles Beispiel, z. B. von einem optischen Übertragungssystem, das zwischen zwei zentralen Terminals angewandt wird von einem optischen Übertragungsnetzwerk wie in [Fig. 4](#) gezeigt. Ein optisches Übertragungssignal von einem optischen Übertragungssystem **5** von einem zentralen Terminal **3** wird geliefert an ein optisches Verstärkungssystem **6**. Das verstärkte optische Signal von dem Verstärkersystem **6** wird übertragen durch einen übertragenden Fiberstrang **7** und verstärkt durch ein Verstärkersystem **6**, um optische Verluste, die durch die Übertragung entstehen, auszugleichen. In diesem System wird das optische Signal wiederum an einen optischen Empfänger **8** gesandt von einem zentralen Terminal **3** über den Übertragungsfiberstrang **7** und ein optisches Verstärkersystem **6**.

[0133] Das erfinderische optische Übertragungssystem beinhaltet eine Mehrzahl von optischen Verstärkersystemen **6**, wobei jedes Pumpwellen **10** einschließt, welche aktiv die Verstärkung von der optischen Verstärkereinheit erhöhen. Es ist kennzeichnend, dass wenigstens eines von den optischen Verstärkersystemen **6** eine Kontrollquelle **11** mit einschließt, welche aktiv die Verstärkung von jenem Verstärkersystem in einem vorbestimmten Bereich von Eingangsstärke, einem vorbestimmten Bereich von Zeit oder einem vorbestimmten Betrag von spontaner Emission erniedrigt.

[0134] Es ist nicht notwendigerweise erforderlich, die Kontrollquelle zu veranlassen, dass sie in einer limitierten Weise im Bereich der Eingangsstärke, dem Bereich der Zeit oder dem vorbestimmten Betrag von spontaner Emission arbeitet. Beide, die Pumpquelle und die Kontrollquelle, können veranlasst werden, aktiv zu arbeiten in vorbestimmten Bereichen, während sie justiert werden.

[0135] Zum Beispiel, wenn nur die letzte Stufe des optischen Verstärkersystems **6** eine Kontrollquelle beinhaltet und wenn die Verstärkung aktiv erniedrigt wird in einem Bereich von Eingangsstärke oder einem Zeitbereich oder von einem bestimmten Betrag einer spontanen Emission, kann Stoßlicht bedingt durch alle momentanen Abfangmaßnahmen in dem optischen Eingangssignal und optische Pulse effektiv unterdrückt werden durch die letzte Stufe des optischen Verstärkersystems **6**.

[0136] Alle von den optischen Verstärkersystemen **6** von dem Übertragungssystem mögen jeweils einschließen eine Kontrollquelle **11**. In diesem Fall kontrollieren vorzugsweise alle von den optischen Verstärkersystemen **6** in gleicher Weise den Unterdrückungsgrad von Lichtstößen und Lichtstoßverhältnis, welches ist das Verhältnis von normaler optischer Ausgangsleistung zu der Lichtstoßspitze in den entsprechenden Verstärkersystemen. Wann immer auch optische Verstärkungssysteme **6** durchlaufen werden, ist der Unterdrückungsgrad von Stoßlicht oder das Stoßlichtverhältnis im Ganzen betrachtet bzw. zusammengezählt. Deshalb, wenn eine Kontrollquelle **11** benutzt wird, ist in bzw. nach der vorliegenden Erfindung jedes von all den optischen Verstärkersystemen **6** mit einer solchen Kontrollquelle versehen, und wenn der Unterdrückungsgrad oder das Lichtstoßverhältnis eingestreut ist in einem festen Wert zu dem entsprechenden optischen Verstärkersystem **6**, wird der Unterdrückungsgrad oder das Lichtstoßverhältnis heruntergedrückt, bis bzw. bis zu einem geringen festen Wert. Das Risiko von einem optischen Übertragungssystem wird moderat gestreut zu der gleichen Zeit.

[0137] [Fig. 6](#) zeigt eine Kombination von zwei optischen Verstärkersystemen und einem angewandten

optischen Schalter, z. B. für optische Multiplex- und Demultiplexübertragung von einem zentralen Terminal **3** und Endterminal **22** von dem optischen Übertragungsnetzwerk, wie in [Fig. 4](#) gezeigt.

[0138] In [Fig. 6](#) wird ein optisches Signal von einer einzigen Übertragungsstrecke übertragen, jeweils über Strecken a und b, mit dem optischen Schalter **12**. Die Richtung der Übertragung wird kontrolliert durch eine Schalterkontrolleinheit **13**, das übertragene optische Signal wird verstärkt durch das optische Verstärkersystem **6** und weitergesendet zu der Übertragungsstrecke. Wenn ein Signal von einer optischen Detektionseinheit **14** von dem optischen Verstärkersystem **6** sich in einem vorgegebenen Bereich von Eingangsstärke befindet, einem vorgegebenen Zeitbereich oder einem vorgegebenen Betrag von spontaner Emission, wird die Signalverstärkung des optischen Verstärkersystems **6** aktiv herabgeführt.

[0139] Konventionell besteht eine Möglichkeit, dass ein diskontinuierlicher Status von Eingangslicht in dem optischen Verstärker durch den optischen Schalter verursacht ist. Ein Lichtstoß, erzeugt in dem optischen Verstärkersystem, wird unterdrückt durch effektives Detektieren des diskontinuierlichen Status oder momentan Abfangen von dem Eingangslicht. A) In diesem System wird ein null betreffender optischer Eingang vorgegeben durch das optische Verstärkersystem, angeordnet in einer Strecke, in welcher der Schalter nicht verbindet. Ein optischer Eingang zu einem optischen Verstärkersystem, angeordnet in einer Strecke, mit welcher der Schalter verbunden ist, befindet sich oft innerhalb eines vorgegebenen engen Bereichs von Stärke. Deshalb ist ein Verfahren der diskontinuierlichen Herabsteuerung von Verstärkung bei einer vorgegebenen Eingangsstärke, wie in [Fig. 7](#) gezeigt, anzuwenden, da dabei kein aktueller kontinuierlicher Eingangsbereich vorliegt, wie gezeigt in [Fig. 1](#). Zu diesem Zeitpunkt wird die zugehörige optische Ausgangscharakteristik des optischen Verstärkersystems so sein wie in [Fig. 2](#). Wenn der vorgegebene Bereich von Zeit kalkuliert bzw. berechnet wird von der Abschaltzeit des optischen Schalters, ist die Stoßunterdrückung effektiver.

[0140] Das Verfahren zum Detektieren des diskontinuierlichen Status von Eingangslicht ist wirksam bzw. effektiv zum Erfassen eines Zeichenphänomens von einem Lichtstoß. Wenn es offensichtlich ist, dass der diskontinuierliche Status oder das momentane Abfangen von einem optischen Eingang auftritt, bedingt durch eine Verbindung oder Verbindungslösung von einem optischen Schalter, ist es zu bevorzugen, dass, anstatt dass der Lichtstoß kontrolliert wird abhängig von einem aktuell übertragenen eingangseitigen optischen Signal oder durch eine erzeugte spontane optische Emission, die Kontrollquelle in der vorliegenden Erfindung vorderhand dazu benutzt wird, ursächlich die Erfassung einer vorausgehenden

Information zu bewirken, die erhalten wird von der optischen Schalterkontrolleinheit, die angeordnet ist an der Vorderseite von der optischen Verstärkereinheit.

[0141] [Fig. 8](#) zeigt eine Modifikation des optischen Übertragungssystems, welches beinhaltet eine Kombination des optischen Verstärkersystems und des optischen Schalters von [Fig. 5](#). In [Fig. 8](#) wird ein optisches Signal von einer Übertragungsstrecke a oder b übertragen auf einer bestimmten Strecke durch den optischen Schalter **12**. Die Richtung der Signalübertragung wird kontrolliert durch die Schalterkontrolleinheit **13**. Das übertragene optische Signal wird verstärkt durch das optische Verstärkersystem **6** und wiederum eingeführt in die Übertragungsstrecke **23**. Die Signalverstärkung von dem optischen Verstärkersystem **6** wird aktiv herabgesetzt, wenn das Signal von der optischen Detektionseinheit **14** zeigt, dass das eingangsseitige optische Signal sich innerhalb des bestimmten Bereiches von Eingangsstärke eines bestimmten Bereiches einer Zeit oder einem bestimmten Betrag einer spontanen Emission befindet.

[0142] Während hier eine Möglichkeit besteht, dass ein diskontinuierlicher Zustand des Eingangslichts verursacht sein kann durch Schalten des optischen Schalters, kann ein Lichtstoß, erzeugt in dem optischen System **6**, unterdrückt werden durch wirksames bzw. effektives Erfassen des diskontinuierlichen Status oder momentaner Abfangprozedur von dem optischen Eingangssignal.

[0143] In dieser Zusammensetzung wird ein mit null zu betrachtender optischer Eingang vorgegeben zu einem optischen Verstärkungssystem in einer Zeitzone, in welcher der Schalter nicht angeschlossen ist. Nachdem der Schalter angeschlossen ist in dem Verstärkersystem, fällt der optische Eingang oft innerhalb in einen vorgegebenen engen Bereichs von Stärke. Sogar wenn eine Differenz in der Stärke vorliegt zwischen den optischen Signalen von den Strecken a und b, werden die entsprechenden Stärken von optischen Signalen oft hineinfallen innerhalb eines engen Bereiches von Stärke. Deshalb ist ein Verfahren zum diskontinuierlichen Herabsetzen von Verstärkung in einer vorgegebenen Eingangsstärke anzuwenden, wie in [Fig. 7](#) gezeigt. Die optische Ausgangscharakteristik des optischen Verstärkersystems ist in [Fig. 2](#) gezeigt. Wenn der vorgegebene Zeitbereich berechnet wird von dem Schaltzeitpunkt des optischen Schalters, ist die Stoßunterdrückung noch effektiver.

[0144] Das Verfahren zum Detektieren des diskontinuierlichen Status von Eingangslicht ist effektiv für das Detektieren eines zeichenartigen Phänomens von einem Lichtstoß. Wenn es augenscheinlich ist, dass der diskontinuierliche Status oder momentane

Abfangprozedur in einem optischen System auftritt, bedingt durch die Verbindung oder Verbindungslösung von einem optischen Schalter, ist es mehr zu bevorzugen, dass, anstatt dass der Lichtstoß kontrolliert wird abhängig von einem aktuell übertragenen eingegebenen optischen Signal oder von einer erzeugten spontanen optischen Emission, die Kontrollquelle gebraucht wird in der vorliegenden Erfindung, welche vorderhand ursächlich wirkt durch Erfassen von vorderhand vorliegender Information, die erhalten wird von der optischen Schalterkontrolleinheit, vorgesehen auf der Eingangsseite der optischen Verstärkereinheit.

[0145] [Fig. 9](#) zeigt ein optisches Übertragungssystem, welches einschließt eine Kombination von dem optischen Verstärkersystem **6** von [Fig. 5](#) und einem optischen Übertragungssystem **5**.

[0146] Das optische Übertragungssystem **5** hat eine Zusammensetzung, in welcher ein Multiplexer **16** 32 Wellenlängensignale multiplext von entsprechenden optischen Übertragungseinheiten **15** und ein resultierendes gemultiplextes Signal zu einem Übertragungsfiberstrang **7** überträgt. Zum Beispiel, wenn angenommen wird, dass nur ein einziges optisches Signal sich in dem Zustand der Benutzung befindet und jene Signaleingangsstärke zu dem optischen Verstärkersystem -5 dBm ist. Der Eingangspegel zu dem optischen Verstärkersystem ist gering, weil andere Signale im Moment sich im Halt- bzw. Ruhezustand befinden. Wenn das Signallicht von den verbleibenden 31 Wellenlängen benutzt wird unter einer solchen Bedingung, werden 24 optische Pulse erzeugt, die dann eine Ursache sein werden für einen erzeugten Lichtstoß. Wenn alle der Signalstärken von den Eingangspulsen zu dieser Zeit -5 dBm betragen, ist die Spitzenstärke von den Eingangspulsen $+10$ dBm.

[0147] Im Allgemeinen ist das optische Verstärkersystem vorgesehen nach dem optischen Übertragungssystem und ist so kontrolliert, dass entsprechende gemultiplexte optische Ausgänge einen konstanten Wert erreichen können. Deshalb ändert sich die gesamte optische Ausgangsstärke von dem optischen Verstärkersystem ungefähr um 15 dB, wenn nur eine Wellenlänge benutzt wird und wenn alle von den 32 Wellenlängen benutzt werden.

[0148] Wenn das eingehende optische Signal sich bezogen auf seine Eingangsstärke innerhalb eines bestimmten Bereiches befindet oder in dem bestimmten Zeitbereich oder in dem bestimmten Betrag einer spontanen Emission, wird diese Anordnung aktiv die Signalverstärkung des optischen Verstärkersystems herabsetzen.

[0149] [Fig. 10](#) zeigt die Beziehung zwischen der gesamten optischen Eingangsstärke und der gesamten

optischen Signalausgangsstärke von dem optischen Verstärkersystem in dieser Zusammensetzung. Zum Beispiel, wenn die optische Signaleingangsstärke von einer Wellenlänge -5 dBm beträgt, wird die gesamte optische Signaleingangsstärke von 32 Wellenlängen ungefähr 10 dBm betragen. Es wird angenommen, dass die entsprechenden Wellenlängen alle dieselbe Stärke haben. Zum Beispiel, wenn die Ausgangsstärke von jeder Wellenlänge vorgegeben ist bei $+7$ dBm, wird die Verstärkung von einer gesamten optischen Signalausgangsstärke zu einer gesamten optischen Signaleingangsstärke fixiert sein bei 12 dB, wenn die gesamte optische Signaleingangsstärke sich in einem Bereich von -5 bis $+10$ dBm befindet. In dieser Zusammenstellung wird die Verstärkung kontrolliert bzw. gesteuert bei 7 dB, indem die Kontrollquelle veranlasst wird, zu agieren z. B. unter 0 dB von der gesamten optischen Eingangsstärke.

[0150] [Fig. 11](#) zeigt jeden der Beträge von Aktionen der Kontrollquelle und der Pumpquelle mit der gesamten optischen Eingangsstärke. Die Kontrollquelle und die Pumpquelle zeigen die Aktionen, welche sich gegenseitig beeinflussen. [Fig. 11](#) zeigt in (1), dass der Betrag der Aktion der Pumpquelle zu einer geringen Zunahme tendiert, ohne dabei monoton unterhalb null dB abzufallen bezogen auf die gesamte Lichtstärke, um die Charakteristik zu erreichen, die in [Fig. 11](#) gezeigt ist. [Fig. 11](#) zeigt in (2), dass der Betrag der Handlung der Kontrollquelle dazu neigt, unter 0 dBm der gesamten Eingangslichtstärke zuzunehmen.

[0151] Die Charakteristiken bzw. Kennlinien, gezeigt in [Fig. 11](#), können realisiert werden bei Aufrechterhaltung des Betrags der Aktion von der Pumpquelle auf einem konstanten Wert und unter Wechsel des Betrags der Aktion der Kontrollquelle.

[0152] Die Kontrollquelle wird in der Weise benötigt, dass sie von einem vorgegebenen Wert aus agiert. Zum Beispiel kann so zugeordnet werden, dass die Kontrollquelle immer unterhalb $+10$ dB arbeitet von der gesamten Eingangslichtstärke. Zu diesem Zeitpunkt ist es ratsam, dass, wenn die Eingangslichtstärke hoch ist, der Beitrag der Aktion der Kontrollquelle minimiert werden sollte, wohingegen die Eingangslichtstärke abnimmt, der Beitrag der Aktion der Kontrollquelle sollte dann graduell zunehmen. Indem so vorgegangen wird, wird der Lichtstoß unterdrückt, ohne dabei in nachteiliger Weise den Rauschfaktor zu beeinträchtigen von dem optischen Verstärkersystem.

[0153] Alternativ kann die Kontrollquelle veranlasst werden zu handeln, z. B. wenn es erfasst wird, dass die Anzahl der Wellenformen, die benutzt werden, sich unterhalb einer vorbestimmten Nummer befindet.

[0154] Entsprechend diesem System wird der Lichtstoß, der innerhalb des optischen Verstärkersystems erzeugt wird, unterdrückt durch effektives Detektieren von Diskontinuität oder momentaner Abfangprozedur in dem Eingangslicht, verursacht durch das optische Übertragungssystem.

[0155] [Fig. 12](#) zeigt eine Kombination des optischen Verstärkersystems von [Fig. 5](#) und einen optischen Empfänger in diesem System.

[0156] Der optische Empfänger **8** empfängt Licht direkt von dem optischen Verstärker **6** und seinem Photodetektor etc., die am wahrscheinlichsten zerstört werden können. Zum Beispiel, wenn optische Solitonübertragung in Erwägung gezogen wird als ein Beispiel, um sicher einen Lichtstoß zu unterdrücken in dem optischen Verstärkersystem, das vor dem optischen Empfänger angeordnet ist. Die optische Solitonübertragung ist eine Methode der Übertragung des optischen Signals in der Form eines Pulses, um einen nichtlinearen Effekt auszugleichen, der inhärent ist in einem optischen Fiberstrang, und den Effekt von Dezentralisation des optischen Signals und unter Mitausführen einer Signalübertragung über eine große Entfernung, während der optische Puls aufrechterhalten wird. In dieser Methode gibt es viele Faktoren von Lichtstoßerzeugungen, bedingt durch eine Verzerrung oder einen Wechsel und dergleichen, in der Signalwellenform. Daher ist es unabdingbar, einen optischen Verstärker zu haben, welcher in der Lage ist, Stoßlicht zu unterdrücken.

[0157] In dieser Zusammensetzung wird die Verstärkung des optischen Verstärkersystems **6** vor dem optischen Empfänger **8** aktiv herabgesetzt in einem vorbestimmten Bereich der Eingangsstärke oder Zeit.

[0158] Entsprechend diesem System wird das optische Verstärkersystem effektiv die Erzeugung von Lichtstößen von allen plötzlichen Prozeduren von eingehenden optischen Signalen und optischen Pulsen unterdrücken, die auftreten, bevor das optische Verstärkersystem effektiv unterdrückt. Daher ist ein Stopp von Funktionen von dem gesamten System, welcher ausgelöst sein kann durch Zerstörungen und Verzerrungen, in dem optischen Empfänger verhindert.

[0159] [Fig. 13](#) zeigt ein spezielles Beispiel des optischen Verstärkersystems. Ein Teil des optischen Signaleingangs zu dem optischen Verstärkersystem **6** wird abgeteilt durch einen Splitter **17** einer Erfassungseinheit **14**. Ein optischer Detektor **18** detektiert die Stärke oder Zeitwechsel von dem eingangsseitigen optischen Signal, wobei separates Licht benutzt wird. Das eingangsseitige optische Signal, welches den Splitter **17** durchlaufen hat, wird eingeführt zusammen mit dem Pumplicht von der Pumpquelle **10**

in die optische Verstärkereinheit **9**. Die optische Verstärkereinheit **9** gibt ein entsprechendes optisches Signal aus. Gleichzeitig wirkt Kontrolllicht von einer Kontrollquelle **11** in einer Kontrolllichteinführungseinheit zusammen auf die optische Verstärkereinheit **9** über einen optischen Multiplexer **19**. Die Verstärkung von der Stärke des Ausgangssignals von der optischen Verstärkereinheit **9** zu der Stärke von dem Eingangssignal, das eingegeben wird zu der optischen Verstärkereinheit **9**, stellt ein Maximum dar zu einem vorgegebenen Wert einer Stärke des eingangsseitigen optischen Signals. Die Kontrolleinheit **20** kontrolliert die optische Verstärkereinheit **9**, dass sie eine Verstärkung hat von weniger als der maximalen Verstärkung bei einem vorgegebenen Bereich von der Eingangsstärke unterhalb des vorgegebenen Wertes, unter Heranziehung eines Signals, das ausgegeben wird von der Detektierungseinheit **14**.

[0160] Alternativ, wenn die optische Stärke des Eingangssignals zu der optischen Verstärkereinheit unter den vorbestimmten Wert fällt und der Zeitbereich unterhalb des bestimmten Zeitwertes über einer vorbestimmten Zeit ist, steuert die Kontroll- bzw. Steuereinheit **20** die optische Verstärkereinheit so, um einen optischen Ausgang der optischen Verstärkereinheit oder ihrer optischen Signalverstärkung herabzusetzen, wobei das Signal der Erfassungseinheit **14** benutzt wird.

[0161] Dieses optische Verstärkersystem behält weiterhin seine inhärenten Charakteristiken bzw. Kenndaten und hat eine hohe Sicherheit und Zuverlässigkeit.

[0162] Das Pumplicht oder Kontrolllicht kann eingeführt werden von vor und/oder nach der optischen Verstärkereinheit.

[0163] **Fig. 14** zeigt ein anderes spezielles Beispiel des optischen Verstärkersystems. Der optische Signaleingang zu dem optischen Verstärkersystem wird eingeführt entlang mit dem Pumplicht von der Pumpquelle **10** in die optische Verstärkereinheit **9**, welche ein optisches Signal ausgibt. Ein Teil des ausgegebenen Lichtes ist abgeteilt durch einen Splitter **17** von der Detektionseinheit **14**. Das abgeteilte Licht wird weitergegeben bzw. gesendet zu einem optischen Detektor **18** durch ein Bandfilter **21**, welches optische Signalkomponenten entfernt, und der optische Detektor **18** detektiert eine Menge von spontaner Emission. Gleichzeitig wirkt das Kontrolllicht von der Kontrollquelle auf die optische Verstärkereinheit über den optischen Multiplexer **19**. Die Kontrolleinheit **20** kontrolliert die optische Verstärkereinheit, so dass die Verstärkereinheit einen Beitrag von spontaner Emission hat, der unter einem vorgegebenen Maximum einer Menge von spontaner Emission liegt, indem das Signal der Detektierungseinheit **14** benutzt wird. Dieses optische Verstärkersystem behält seine origina-

len Charakteristiken bei und hat eine hohe Sicherheit und Verlässlichkeit.

[0164] Die Pumplichtquelle oder die Kontrolllichtquelle können eingeführt werden von einer oder beiden von der Eingangs- und Ausgangsseite der optischen Verstärkereinheit. Die Positionen von der Detektionseinheit **14** und dem Multiplexer **19** für das Einführen von Kontrolllicht können umgedreht werden. Während in **Fig. 13** und **Fig. 14** die Detektionseinheit gezeigt ist als vorgesehen vor und nach der optischen Verstärkereinheit, ist die vorliegende Erfindung nicht beschränkt auf diesen speziellen Fall. Die Detektionseinheit kann vorgesehen werden an einem Punkt, ausgenommen auf dem Übertragungsweg, wo spontane Emissionen entweichen können von der optischen Verstärkereinheit, um sie somit zu erfassen.

[0165] **Fig. 15** zeigt ein spezielles Beispiel von einer optischen Unterdrückungseinheit **22**. Die optische Unterdrückungseinheit **22** ist zusammengesetzt aus einer Detektionseinheit **14** und einer Kontrollquelle **11**. Ein Teil des optischen Signals, das in die optische Unterdrückungseinheit **22** eingeführt wird, wird abgeteilt durch einen Splitter **17** der Detektionseinheit **14**. Der optische Detektor **18** detektiert die Stärke oder Zeitveränderung des eingegebenen optischen Signals. Das Kontrolllicht von der Kontrollquelle **11** wirkt auf die optische Verstärkereinheit **9** ein zur gleichen Zeit, und das Kontrolllicht von der Kontrollquelle **11** wird eingeführt in die optische Verstärkereinheit **9**, abhängig von der Stärke des optischen Signals, eingegeben zu der optischen Verstärkereinheit **9**.

[0166] Somit kann nach der vorliegenden Zusammensetzung die optische Unterdrückungseinheit **22** leicht hinzugefügt werden zu einem optischen Verstärkersystem nach dem Stand der Technik und damit ausgerüstet werden. Eine Akkumulierte-Energie-Detektierungseinheit kann benutzt werden anstatt der Eingangsstärkedetektierungseinheit. Zum Beispiel können Teile des Lichtes von dem optischen Verstärkersystem abgeteilt werden durch einen optischen Splitter von der Akkumulierte-Energie-Detektierungseinheit. Die Komponenten des abgeteilten Lichtes, nämlich andere als das optische Signal, durchlaufen ein Bandpassfilter. Die Menge von Licht, welche durch das Filter hindurchtritt, wird detektiert durch einen optischen Detektor und übertragen zu der Kontrolleinheit. Das Kontrolllicht von der Kontrollquelle wird eingeführt in das optische Verstärkersystem durch die Einführungseinheit abhängig von der weitergeleiteten detektierten Menge von Licht.

[0167] **Fig. 16** zeigt ein spezielles Beispiel von einem optischen Verstärker **23** von der optischen Verstärkereinheit. Das optische Signal, das eingegeben wird in den optischen Verstärker **23**, wird eingeführt zusammen mit dem Pumplicht von der Pumpquelle

10 in die optische Verstärkereinheit **9** über einen Multiplexer **24**, und die optische Verstärkereinheit **9** erzeugt ein optisches Ausgangssignal. Gleichzeitig wirkt das Kontrolllicht von der Kontrollquelle **11** auf die optische Verstärkereinheit **9** über einen optischen Multiplexer **19**, und die optische Verstärkereinheit **9** führt aktiv beides aus, nämlich das Pumpen und Unterdrückungsaktionen.

[0168] Entsprechend dieser Zusammenstellung wird ein optischer Verstärker mit hoher Sicherheit und Verlässlichkeit geschaffen, welcher einschließt in Kombination eine bremsende bzw. herabsteuernde Funktion und ein konventionelles optisches Verstärkersystem, welches nur Licht verstärkt.

[0169] Die Funktionen der Kontrollquelle werden im Detail erläutert, bevor ein spezielles Beispiel der Kontrollquelle beschrieben wird.

[0170] **Fig. 17** zeigt schematisch Pumppegel von der optischen Verstärkereinheit. Die optische Verstärkereinheit wird gepumpt durch Pumplicht **26** von einer Pumpquelle von ihrem Grundpegel bis zu einem N-ten Erregungs- bzw. Auslösepegel und als akkumulierte Energie gespeichert, wie gezeigt. Die Atome, die angehoben werden zu dem N-ten Ansprechpegel werden weiter angehoben zu einem weiteren höheren Pegel oder erreichen den Grundpegel durch einen dazwischenliegenden Pegel, abhängig von der Energie der Pumpquelle. Um das Entstehen eines Lichtstoßes zu verhindern, wenn das optische Signal **27** eine spontane Emission ausführt, wird die Kontrollquelle in der vorliegenden Erfindung dazu herangezogen, aktiv die akkumulierte Energie zu konsumieren bzw. abzubauen, welche die spontanen Emissionen mit beinhaltet. Daher hat das korrespondierende Kontrolllicht **25** vorzugsweise breitbandige Wellenlängen von 1500–1600 nm, welche verursachen spontane Emissionen in der Übertragung von dem ersten Ansprechpegel zu dem Grundpegel, oder Wellenlängen, welche Licht aufbrauchen, welches emittiert ist in der Übertragung von dem N-ten Ansprechpegel zu dem (N – 1)-ten Ansprechpegel oder einem (N – 2)-ten Ansprechpegel, ... Alternativ wird Licht mit einer Wellenlänge, durch welche Lichtenergie von einem N-ten Ansprechpegel zeitweise angehoben wird, zu einem höheren Ansprechpegel in Gebrauch kommen.

[0171] Wenn z. B. Licht mit einem breiten Wellenlängenband von Wellenlängen von 1500–1600 nm spontane Emissionen verursacht bei der Übertragung von dem ersten Ansprechpegel zu dem Grundpegel und Licht mit einer Wellenlänge in der Übertragung von dem N-ten Ansprechpegel zu dem (N – 1)-ten Ansprechpegel oder dem (N – 2)-ten Ansprechpegel gleichzeitig wirken, fallen Atome von allen Ansprechpegeln momentan zu dem Grundpegel verglichen mit der Erzeugung von einem Lichtstoß.

Damit, als ein Ergebnis, wird die akkumulierte Energie rasch abgebaut in effektiver Weise.

[0172] Es ist wirksam, Licht einzuführen, das Wellenlängen hat, welche einschließen so viele Pegel des Übertragens wie möglich, um akkumulierte Energie effektiv abzubauen.

[0173] **Fig. 18** zeigt ein spezielles Beispiel der Kontrollquelle **11**. In der Kontrollquelle **11** verstärkt ein Erbium- (seltenes Erdenelement) dotierter optischer Fiberstrang **29** Licht von einer InGaAsP-LED **28**, welche eine Lichtemissionswellenlänge in einem 1,5- μ m-Band hat, und ein optischer Isolator **30** unterdrückt Rückführlicht, um damit Kontrolllicht zu erzeugen. Das Pumplicht von einem 0,98- μ m-Pumplaser **31**, welches als die Pumpquelle, die zu dem seltenen Erdenelementbeinhaltenden optischen Fiberstrang **39** pumpt, wird eingeführt in den Fiberstrang **29** durch einen Multiplexer **32**.

[0174] Entsprechend dieser Zusammensetzung wird Kontrolllicht bereitgestellt, das eine zufriedenstellende optische Leistung und ein weites Wellenlängenband hat. Die LED hat eine hohe Verlässlichkeit verglichen mit Pumplasern, und der 0,98- μ m-Pumplaser bringt auch einen niederen Ausgang, ist nicht teuer und stellt eine zufriedenstellende benötigte Leistung zur Verfügung. Somit ist eine wenig teure, hochzuverlässige Kontrollquelle geschaffen.

[0175] Im Allgemeinen werden optische Komponenten mit einer breiten Wellenlänge, die spontane Emissionen haben, erhalten nur durch Pumpen eines seltenen Erdenelement-dotierten optischen Fiberstrangs mit der Pumpquelle. Deshalb, wenn der seltene Erdenelement-dotierte optische Fiberstrang eine genügende spontane Emissionsleistung erzeugt, wird die LED nicht benötigt. Obwohl die LED ein Pumplaser sein kann, muss sie kein Laser sein für einen einzigen Modus wie das optische Signal, aber kann ein Laser sein von einer anderen Modus-Oszillation. Justierung von Leistung in der Kontrollquelle kann gemacht werden bei einem von dem 0,98- μ m-Pumplaser und der LED.

[0176] Ein Halbleiterverstärker kann verwendet werden anstatt des seltenen Erdenelement-dotierten optischen Fiberstrangs und der Pumpquelle, und der Multiplexer, in welchen das Pumplicht eingeführt wird, wird eingeführt. Zu dieser Zeit stellt die Pumpquelle einen Pumpstrom zur Verfügung.

[0177] Solange die Kontrollquelle **11** vorgesehen ist, um eine ausreichende oder genügende optische Leistung in einem breiten Wellenband bereitzustellen, wird die obig erwähnte Zusammenstellung nicht benötigt.

[0178] **Fig. 19** zeigt eine Modifikation von dem opti-

schen Verstärkersystem von [Fig. 18](#), in welchem Teile von dem Ausgangslicht von der optischen Verstärkereinheit zurückgeführt werden als Kontrolllicht. Wie in [Fig. 19](#) gezeigt ist, ist im Allgemeinen davon auszugehen, wenn die optische Verstärkereinheit **9** gepumpt wird durch das Pumplicht von der Pumpquelle **10**, wird ein optisches Signal Pin, das eingegeben wird von außerhalb, verstärkt durch die Verstärkereinheit **9** und ausgegeben wird als ein optisches Ausgangssignal Pout', welches hauptsächlich das optische Signal beinhaltet. In der vorliegenden Erfindung sind vorgesehen ein optischer Splitter **33** für Rückführlichterzeugung und ein Splitter **17**, der benötigt wird zum Detektieren von optischer Leistung Pout', welche hauptsächlich beinhaltet das optische Signal für den optischen Ausgang Pout. Ein Teil von dem optischen Ausgang Pout' **1**, welcher den Splitter **32** durchlaufen hat, wird abgetrennt durch den Splitter **17**. Der optische Detektor **18** detektiert die optische Leistung von dem Ausgang Pout'. Ein optisches Signal, welches den optischen Splitter **17** durchlaufen hat, wird erhalten als ein optischer Ausgang Pout, welcher hauptsächlich einschließt das optische Signal von dem optischen Verstärkersystem **6**. Auf der anderen Seite wird ein Teil des optischen Ausgangs Pout', welcher hauptsächlich beinhaltet das optische Signal von der optischen Verstärkereinheit **9**, abgetrennt durch einen optischen Splitter **33**, und dessen optische Leistung wird justiert durch eine Rückführeinheit **34** und rückgeführt als Rückführlicht zu der optischen Verstärkereinheit **9**.

[0179] [Fig. 20](#) zeigt eine spezielle Zusammensetzung von einem Beispiel des optischen Verstärkersystems **6**, gezeigt in [Fig. 19](#). Wie in [Fig. 20](#) gezeigt, beinhaltet die optische Verstärkereinheit **9** einen Multiplexer **24** und einen Erbium-dotierten optischen Fiberstrang **35**, vorgesehen für den Multiplexer. Die Pumpquelle **10** beinhaltet eine 980-nm-optische Pumpquelle **36**. Das Pumplicht von der 980-nm-Pumpquelle **38** wird eingeführt in den optischen Fiberstrang **35** über den Multiplexer **24**. Als ein Ergebnis wird das optische Signal Pin, das eingegeben wird von der Außenseite und einen optischen Isolator **37** durchläuft, verstärkt durch den Fiberstrang **35** und ausgegeben als der optische Ausgang Pout', welcher hauptsächlich beinhaltet das optische Signal von dem Fiberstrang **35**. Ein Teil (3%) von dem optischen Ausgang Pout' wird dann abgeteilt durch den Splitterkoppler (ein (3:97)-optischer Koppler) als ein optischer Splitter **33** **38** und verarbeitet durch die Rückführeinheit **34**. Das abgetrennte Licht von dem optischen Koppler **38** wird weiterhin abgetrennt durch einen (50:50)-optischen Koppler **39** von der Rückführeinheit **34** in zwei Lichtanteile, welche eintreten über korrespondierende Strecken in eine Justiereinheit **40** in entgegengesetzten Richtungen. Das Licht, das justiert wird durch die Justiereinheit **40**, wird ausgegeben von der Justiereinheit in entgegengesetzten Richtungen. Das Licht ist gemul-

tiplext wiederum durch den optischen Koppler **39** und zurückgeführt zu dem Fiberstrang **35** als Rückführlicht über den optischen Koppler **38**. Die Rückführung ist verstärkt durch den Fiberstrang **35** und fließt zurück zu der Eingangsseite. Jedoch ist der Rückfluss versperrt durch einen optischen Isolator **37**.

[0180] Ein weiterer Teil von 97% von dem gesamten Pout', welches hauptsächlich beinhaltet das optische Signal, welches den Splitter **33** durchlaufen hat, wird abgetrennt durch einen (5:95) optischen Koppler **41** als einen optischen Splitter **17**, und seine optische Leistung wird detektiert durch den optischen Detektor **18**. Nach allem, in dem vorliegenden Beispiel, wird der optische Ausgang Pout, welcher hauptsächlich beinhaltet das optische Signal von dem optischen Verstärkersystem, erhalten als 92% von dem gesamten optischen Ausgang Pout', welcher hauptsächlich beinhaltet das optische Signal. Die 980-nm-Pumpquelle **36** und die Justiereinheit **40** werden kontrolliert durch die Kontrolleinheit **20**, basierend auf der erfassten optischen Leistung von dem optischen Detektor **18**, wie später beschrieben werden wird. Natürlich wird nur eine von der Pumpquelle **36** und der Justiereinheit **40** gesteuert bzw. kontrolliert. Alternativ kann die Kontrolleinheit **20** die 980-nm-Pumpquelle **36** kontrollieren und eine Justiereinheit **40** ohne das Heranziehen des Splitters **17** und des optischen Detektors **18**. Das Pumplicht von der 980-nm-Pumpquelle **36** vergrößert die Verstärkung in dem optischen Fiberstrang **35**, und das Rückführlicht von der Rückführeinheit **34** setzt die Verstärkung herab.

[0181] Eine spezielle Zusammensetzung der Justiereinheit **40** wird gezeigt in [Fig. 21](#). Wie gezeigt, ist die Justiereinheit **40** zusammengesetzt von einem Erbium-dotierten optischen Fiberstrang **29**, einer Pumpquelle mit einer Oszillationswellenlänge von 980 nm (welche einen wenig teuren niedrigen optischen Ausgang abzugeben vermag) **31** und einem optischen Multiplexer **32**, welcher Pumplicht einführt. In diesem Beispiel wird die benötigte optische Leistung von dem Rückführlicht justiert auf einen gewünschten Wert nur durch Erhöhen und Erniedrigen des Pumplichtes von der Pumpquelle **31**. Licht, abgeteilt durch den optischen Kuppler **31**, wird benutzt, soweit es ein Teil des Rückführlichtes ist.

[0182] Im Allgemeinen hat die optische Verstärkereinheit, die einen Erbium-dotierten Fiberstrang und dergleichen beinhaltet, einen Bereich von optischen Wellenlängen von ungefähr 50 nm oder mehr, die verstärkt oder gedämpft werden müssen. Eines der Ziele der vorliegenden Erfindung ist, effektiv die Energie zu verbrauchen, die unnötigerweise in der optischen Verstärkereinheit sich angesammelt hat und welche den Fiberstrang und dergleichen mit beinhaltet. Deshalb beinhaltet das Rückführlicht vorzugsweise verstärkte (absorbierte) Wellenlängen von dem optischen Fiberstrang **29**. Der optische Fiberstrang

29 in der Justiereinheit **40** wird in [Fig. 21](#) eingesetzt bzw. gebraucht und überträgt als ein Rückführlicht Licht in einem weiten Bereich von ungefähr 1520–1570 nm.

[0183] Die Skizze von einem optischen Spektrum von dem übertragenen rückgeführten Licht wird gezeigt in (A) von [Fig. 22](#). Das Wellenlängenband von dem Pump Laser (LD), der als normales optisches Signal benutzt wird, ist ungefähr 0,1 nm oder weniger. Zusätzlich zu dem optischen Signal (von weniger als 0,1 nm) beträgt ein gewünschtes optisches Spektrum als das Rückführlicht wenigstens 0,3 nm (in der vorliegenden Ausführungsform ungefähr 1520–1570 nm) und angenähert 2570 nm. Mehr bevorzugt ist das optische Spektrum von 1500–1600 nm, wie in (B) von [Fig. 22](#) gezeigt. Um es noch genauer zu sagen, wird die Verwendung des Rückführlichtes, welches ein optisches Spektrum hat, das jenem von dem Erbium-dotierten optischen Fiberstrang **29** entspricht, bevorzugt dazu führen, dass das Rückführlicht veranlasst wird, um die verstärkte (absorbierte) Wellenlänge von dem Erbium-dotierten optischen Fiberstrang **35** zu enthalten. Wie leicht zu mutmaßen ist, sogar wenn der Erbium-dotierte Fiberstrang von der optischen Verstärkereinheit **9** ersetzt wird, z. B. mit einem Neodym-dotierten optischen Fiberstrang, dessen optisches Spektrum ein 1060-nm-Wellenformband ist, einem Praseodym-dotierter optischer Fiberstrang, dessen optisches Spektrum in 1300-nm-Wellenformband ist, oder einem optischen Halbleiterverstärker, hat das optische Spektrum vorzugsweise ein optisches Spektrum, welches gleichartig enthält ein entsprechendes von einem der Wellenlängenbänder. Multiplexwellenlängenverstärkung, bei welcher Wellenlängen von einer Mehrzahl von optischen Signalen (von nicht mehr als 0,1 nm) gemultiplext werden bei einem Verstärkungsband von einer optischen Verstärkereinheit und welche das resultierende Signal in einem optischen Verstärker verstärkt, wurde kürzlich einer Überprüfung unterzogen. In diesem Fall ist das Rückführlicht, das bei der Erfindung involviert ist, effektiv für die Unterdrückung eines Lichtstoßes, weil es als Rückführlicht wirkt, das ein breiteres Wellenlängenband als ein einziges optisches Signal (von 0,1 nm oder weniger) hat.

[0184] Der Erbium-dotierte Fiberstrang und der optische Verstärker führen dem Grunde nach zur Verursachung von Lichtstoß, wie oberhalb ausgeführt wurde. Es ist wirksam, den Betrag des Rückführlichtes zu erhöhen, das nach der vorliegenden Erfindung verwendet wird, um den Lichtstoß noch effektiver unterdrücken zu können. Auf der anderen Seite würde eine übermäßige Zunahme des Betrags von Rückführlicht dazu führen, dass die Verstärkungsgradeffizienz reduziert wird. Jedoch, wenn die Justiereinheit **40** von [Fig. 21](#) benutzt wird, wird der optische Ausgang 'Pout', welcher hauptsächlich das optische Signal beinhaltet, z. B. für den Augenblick, wenn ein

Lichtstoß erzeugt wird in dem Erbium-dotierten Fiberstrang **35** und sein Betrag an Licht vergrößert wird. Ein Lichtstoß wird auch erzeugt in dem Erbium-dotierten Fiberstrang **29** von der Justiereinheit **40** mit einem Mechanismus, der gleichartig ist zu dem in dem Fiberstrang **35**. Entsprechend [Fig. 21](#) wird der Betrag von Rückführlicht reduziert zu einem geringfügigen durch die Justiereinheit **40** in den normalen Zustand, und nur, wenn Stoßlicht erzeugt wird, wird ein genügend hoher Betrag von Rückführlicht erzeugt.

[0185] [Fig. 23A](#) zeigt ein Beispiel von einem Lichtstoß, der auftritt, wenn die Kontrollquelle nicht benutzt wird. [Fig. 23B](#) zeigt gemessene Daten, die erhalten werden, wenn Lichtstöße unterdrückt werden, in den speziellen Beispielen der [Fig. 20](#) und [Fig. 21](#). Es kann erkannt werden, dass die Lichtstöße effektiv unterdrückt werden durch die vorliegende Erfindung.

[0186] Die Länge des Erbium-dotierten Fiberstrangs **29** in [Fig. 21](#) war ungefähr 10 m, und die optische Leistung von der 980-nm-Pumpquelle war 20 mW. Um den Lichtstoß weiterhin zu unterdrücken, wird es benötigt bzw. ist es erforderlich, dass die Länge des Erbium-dotierten optischen Fiberstrangs **29** und der optische Ausgang der Pumpquelle zu erhöhen sind oder das Splitter-Verhältnis des optischen Kopplers **38** reduziert werden muss (z. B. auf 20:80), um den Betrag des Rückführlichtes zu erhöhen. Obwohl die Oszillationswellenlänge von der Pumpquelle wie gezeigt bei dem vorliegenden Beispiel sich bei 980 nm befindet, kann eine Pumpquelle mit einer Oszillationswellenlänge nahe 530, 660 oder 830 oder 1480 nm verwendet werden, wenn der Fiberstrang **29** verstärkbar ist. Besonders für 530, 660 oder 830 nm ist eine lichtausstrahlende Diode verwendbar. Für eine Wellenlänge bei 1480 nm ist eine lichtausstrahlende Diode mit einem geringen Ausgang verwendbar. Daher können Elemente mit komplexen Funktionen, wie z. B. Temperatur-Controller, das Oszillationselement bzw. -bauteil weglassen. Wie vorstehend beschrieben, kann die Pumpquelle, die in dem vorliegenden Beispiel verwendet wird, auch eine wenig teure des Typs mit geringem optischem Ausgang sein. Dadurch zum Beispiel, dass ein Teil des Ausgangs der Pumpquelle **36** auf die optische Verstärkereinheit **9** einwirkt, kann dieser Ausgang abgeteilt werden und in den Fiberstrang **29** eingeführt werden.

[0187] In dieser Hinsicht, wenn der Justierteil **40** zusammengesetzt ist als ein optischer Halbleiterverstärker, wird der Verstärkungsfaktor von dem optischen Halbleiterverstärker kontrolliert durch einen Wechsel in dem Pumpstrom. Somit wird die optische Leistung des Rückführlichtes justiert.

[0188] [Fig. 24](#) zeigt eine andere Zusammenstellung der Rückführeinheit **34**. Wie in dem vorliegenden Beispiel gezeigt, wird abgetrenntes Licht von dem optischen Koppler **38** geführt zu einer fertigen Spiegelflä-

che von dem Fiberstrang **42** direkt durch die Justiereinheit **40** und nicht durch den optischen Koppler **39**, reflektiert durch die Spiegelfläche in der entgegengesetzten Richtung zu der Versorgung mit dem abgetrennten Licht und dann wiederum ausgegeben durch die Justiereinheit **40** zu der Rückführeinheit **34**. Das heißt, die Rückführeinheit **34** ist zusammengesetzt aus einer reduzierten Anzahl von Komponenten. Nebenbei wird der optische Splitter **33** benötigt, um zwischen dem optischen Splitter **17** und dem optischen Detektor **18** eingefügt zu werden, wie in [Fig. 25](#) gezeigt, um den Betrag des Lichtes zu reduzieren, der abgetrennt ist von dem Signalausgang Pout'. Wie in [Fig. 26](#) gezeigt, als eine weitere Modifikation, kann das Rückführlicht von der Rückführeinheit **34** zurückgeführt werden zu der optischen Verstärkereinheit **9** durch den optischen Multiplexer **43** und nicht durch die optischen Splitter **33** und **17**.

[0189] Für die vorliegende Zusammensetzung ist das Rückführlicht optisch justiert mit der Leistung des optischen Ausgangs, abgeteilt durch den Splitter, und beinhaltet einen optischen Feedback- bzw. Rückführungsschaltkreis unterschiedlich von dem eines elektrischen Systems. Daher ist das Verfahren zur Unterdrückung des Stoßes sehr einfach und erzeugt in keinsten Weise irgendeinen Lichtstoß, der bedingt ist durch eine elektrische Verzögerung und/oder das Kontrollverfahren und dergleichen.

[0190] Die Zusammenstellung ist noch effektiver für Wellenlängenmultiplexübertragung. Weil das gemultiplexte Signal einen Effekt hat, der gleichartig zu dem des Rückführlichtes mit einer großen Bandbreite in einer Wellenlängenmultiplexübertragung ist, wird der Grad der Unterdrückung von dem Lichtstoß weiter erhöht. Zum Beispiel, in dem Wellenlängenmultiplexsignal, würde eine momentane Erhöhung von einer Anzahl von gemultiplexten Wellenlängen von 2 auf 32 einen Lichtstoß in dem optischen Verstärkersystem auslösen. Auch in diesem Fall unterdrückt automatisch das Rückführlicht, das nach der vorliegenden Erfindung verwendet wird, den Lichtstoß, und daher wird ein beständiges Wellenlängenmultiplexsystem konstruiert bzw. bereitgestellt.

[0191] Nach dieser Zusammenstellung hat eine Kontrollquelle eine optische Stärke, stark genug für die Unterdrückung, wenn ein Lichtstoß entstanden ist.

[0192] [Fig. 27](#) zeigt eine spezielle Zusammensetzung des optischen Verstärkersystems von [Fig. 14](#). Wie in [Fig. 27](#) gezeigt, und zwar allgemein, wird ein externes optisches Signal Pin eingegeben zu der Verstärkereinheit **9**, verstärkt in dieser Verstärkereinheit in dem Status, bei dem die Verstärkereinheit **9** gepumpt wird durch Pumplicht von der Pumpquelle **10**, und das verstärkte Signal wird ausgegeben als optischer Ausgang Pout', welcher hauptsächlich das

optische Signal beinhaltet. In der vorliegenden Erfindung sind ein Splitter **33** für die Erzeugung von Rückführlicht und ein Splitter **17**, eingesetzt für die Detektion der optischen Leistung von dem optischen Ausgang Pout', vorgesehen auf der Strecke für den optischen Ausgang Pout. Ein Teil des optischen Ausgangs Pout', welcher den Splitter **33** durchlaufen hat, wird abgeteilt durch den Splitter **17** und dann weiter durch den Splitter **44**. Der Teil des optischen Ausgangs, abgeteilt durch den Splitter **44**, wird dann abgeteilt in einen ersten Ausgangsanteil, mit welchem der optische Detektor **18** die optische Leistung von dem optischen Ausgang Pout detektiert, welcher hauptsächlich beinhaltet das optische Signal, und in einen zweiten Ausgangsanteil, welcher dann geführt wird zu einem optischen Filter **21**, welches nur optischen Komponenten, welche anders sind als optische Signale, gestattet, hindurchzutreten bzw. durchgelassen zu werden. Der Ausgang von dem optischen Filter wird dann verwendet für einen optischen Detektor **18'**, um die optische Leistung von den optischen Komponenten außer jenen des optischen Signals zu detektieren. Ein optisches Signal, welches durchgelassen wird durch den optischen Splitter **17**, hat einen optischen Ausgang Pout, welcher im Wesentlichen das optische Signal von der optischen Verstärkereinheit **9** einschließt. Ein Teil des optischen Ausgangs Pout, welcher hauptsächlich einschließt das optische Signal von der optischen Verstärkereinheit **9**, wird abgeteilt durch den Splitter **33**, dessen optische Leistung wird justiert in der Rückführeinheit **34**, und das resultierende Signal wird dann zurückgeführt als Rückführlicht zu der optischen Verstärkereinheit **9**, und zwar wieder durch den Splitter **33**. Die Kontrolleinheit **20** kontrolliert wenigstens eine von der Pumpquelle **10** und Rückführeinheit **34**, basierend auf der detektierten optischen Leistung von dem optischen Detektor **18**, so dass die optische Leistung von dem optischen Ausgang Pout, welche im Wesentlichen beinhaltet das optische Signal, aufrechterhalten wird auf einem gewünschten Wert. Der Effekt dieser Erfindung geht nicht verloren, auch wenn man den optischen Detektor **18** weglässt, welcher überwacht einen Teil von dem optischen Ausgang Pout.

[0193] [Fig. 28](#) zeigt eine spezielle Zusammenstellung von einem Beispiel von dem optischen Verstärkersystem, gezeigt in [Fig. 27](#). Wie gezeigt, wird ein Teil von dem durch den optischen Splitter **17** abgetrennten optischen Signal weiter abgeteilt durch einen optischen Koppler (50:50) **45** als ein optischer Splitter **44** in zwei Ausgangsanteile. Eine von den zwei Ausgangsanteilen wird erfasst durch den optischen Detektor **18**, und der andere Anteil wird durchgelassen durch das optische Filter **21**, welches nur Lichtkomponenten außer denen von optischen Signalen gestattet, durchgelassen zu werden, und dann detektiert durch den optischen Detektor **18'**. Zum Beispiel können Lichtelemente außer denen von dem optischen Signal liegen in einem Bereich von Wellen-

längen von 1520–1545 nm, wenn die Wellenlänge des optischen Signals 1550 nm ist. Deshalb wird der Gebrauch eines Tiefpassfilters benötigt, welcher Licht ausfiltert mit einer Wellenlänge von nicht weniger als 1545 nm.

[0194] [Fig. 29](#) zeigt eine konkrete Zusammenstellung der Kontrolleinheit **20** in den [Fig. 24](#), [Fig. 25](#) und [Fig. 26](#). Die erfasste Lichtleistung von dem Detektor **18'** wird verglichen mit einem vorgegebenen Referenzwert **46** in einem Komparator **47**. Wenn die erfasste Leistung größer ist als der vorbestimmte Referenzwert, wird der Schalter **48** eingeschaltet, und ein Strom wird geliefert von einer Stromquelle **49** zu der 980-nm-Pumpquelle **31** von der Justiereinheit **4** und bewirkt einen Betrieb der Pumpquelle **31**. Ein Rückführschaltkreis **51** steuert die 980-nm-Pumpquelle **36** an, so dass das erfasste Signal von dem Detektor **18** konstant wird im Vergleich zu dem vorbestimmten Referenzwert **50**.

[0195] Wie zuvor erwähnt, hat das Rückführlicht eine Funktion, die entgegengesetzt zu der Pumplichtes ist, und ein übermäßiger Betrag von Rückführlicht beschränkt die originale Performance bzw. Eigenschaften von dem optischen Verstärker.

[0196] Es ist wichtig zu verhindern, dass ein Stoßlicht auftritt, so dass die akkumulierte Energie in dem Erbium-dotierten Fiberstrang nicht über einem festen Wert sich vergrößert. Optische Wellenlängenelemente, die anders sind als das optische Signal, sind in dem durch die optische Verstärkereinheit **9** verstärkten optischen Signal enthalten. Die Wellenlängenbestandteile, die anders sind als das optische Signal, zeigen den Betrag der akkumulierten Energie.

[0197] Zum Beispiel, in dieser Zusammenstellung, ist die optische Verstärkung von der optischen Verstärkereinheit angenommen bei 32 dB, und ein Lichtstoß wird unterdrückt bei einem Wert von nicht mehr 1 dB von einer normalen optischen Ausgangsstärke. Zu diesem Zweck wird der Betrag der spontanen Lichtemissionen von optischen Wellenlängenbeiträgen, die anders sind als das optische Signal, so gesteuert, dass diese nicht ansteigen über $-14,0$ dBm/nm.

[0198] Bei Übernahme der Zusammenstellung, wie in dem speziellen Beispiel erklärt, wird das Rückführlicht veranlasst, nur zu wirken, wenn die akkumulierte Energie über einen vorbestimmten Wert steigt, wohingegen die Wirkung von der Pumpquelle nicht limitiert ist in einem vorgegebenen normalen Bereich von akkumulierter Energie.

[0199] Steuerung oder Kontrolle kann vorgesehen sein, so dass, wenn die akkumulierte Energie ansteigt über die vorbestimmte Leistung, das Rückführlicht wirkt und das Pumplicht vermindert wird. In die-

sem Fall, obwohl die akkumulierte Energie nicht verbraucht werden kann durch bloßes Herabsteuern des Pumplichtes, kann ein Lichtstoß noch effektiver unterdrückt werden, weil das Rückführlicht zu der gleichen Zeit wirkt.

[0200] Das Licht, das Wellenlängenelemente hat, die anders sind als jene von dem optischen Signal, welches anzeigt den Betrag von der akkumulierten Energie, wird nicht nur emittiert von der Rückseite des Erbium-dotierten Fiberstrangs, sondern auch von der Vorderseite oder der Seite des Fiberstrangs. Deshalb kann die optische Detektionseinheit Licht detektieren, indem es von der Vorderseite oder der Rückseite des Fiberstrangs kommt. Entsprechend dieser Zusammensetzung können optische Kontroll- bzw. Steuermittel eine solche Stärke haben, die groß genug ist, um Stoßlicht zu unterdrücken, und ein gutes Ansprechen (für das Steuern) wird auf einfachste Weise bereitgestellt.

[0201] [Fig. 30](#) zeigt eine Abwandlung von dem optischen Verstärkersystem von [Fig. 14](#). Diese Abwandlung beinhaltet die Rückführeinheit von [Fig. 20](#). Unterdrückung von Rückführlicht wird nachfolgend gezeigt bei der Verwendung des optischen Übertragungssystems von [Fig. 4](#), ein System, welches eine Kombination aus dem Empfänger von [Fig. 12](#) und dem optischen Verstärkersystem von [Fig. 30](#) beinhaltet.

[0202] In dieser Zusammenstellung sind ungefähr 3% von dem optischen Ausgang von dem das Kontrolllicht einführenden (97:3) Splitter **38** eingeführt in die Rückführeinheit **34**. In dem (50:50) optischen Splitter **39** von der Rückführeinheit **34** werden ungefähr 50% des Ausgangs von dem Splitter **39** so justiert durch eine im Uhrzeigersinn laufende Strecke durch die Justiereinheit **40**, um eine vorbestimmte optische Leistung zu erhalten, von der 50% zu dem Splitter **38** geführt werden. In gleicher Weise werden etwa 50% des Lichtes, welches durch eine im Gegen- uhrzeigersinn laufende Strecke zu der Justiereinheit **40** geführt wird, zurückgeführt von der Justiereinheit **40**. Als Ergebnis wird das meiste von dem Licht von einem Ende von der Justiereinheit **40** zurückgeführt als Rückführlicht. Ungefähr 3% des Rückführlichts werden eingeführt durch den Splitter **38** in die optische Verstärkereinheit **9**. Da die Leistung des Rückführlichtes höher ist, ist der Effekt der Unterdrückung größer. Jedoch, wenn das Splitting bzw. Abtrennverhältnis von dem Splitter **38** größer ist, ist der optische Ausgang von der optischen Verstärkereinheit **9** geringer, und die originalen Kenndaten von dem optischen Verstärkersystem werden verzerrt. Zum Beispiel können 50% des Rückführlichtes zurückgeführt werden durch Justieren des Splitterverhältnisses von dem (97:3) Splitter **38** auf 50%. Jedoch erniedrigt sich der Ausgangsverlust von dem optischen Verstärkersystem auch auf 50%.

[0203] Wenn Licht von genügender Leistung vorbereitet ist durch die Rückführjustiereinheit **40** in dieser Zusammenstellung, wird ein optischer Verlust in dem Splitter **38** herabgedrückt auf -3% . Sogar wenn 97% des Rückführlichtes verloren gehen, wird ein genügender Effekt der Unterdrückung herbeigeführt. Es liegt da ein Verfahren vor unter Verwendung von optischen Zirkulatoren, um den Verlust an einem optischen Ausgang herabzusetzen von der optischen Verstärkereinheit **9** und ferner den Verlust an optischer Leistung von dem Rückführlicht zu einem Minimum zu unterdrücken. Jedoch ist die Verwendung von optischen Kopplern angeraten, weil diese Zusammenstellung von jener Methode sehr komplex und viel teurer ist als die optischen Koppler.

[0204] Eine ähnliche Sache kann gesagt werden, auch wenn das Kontrolllicht eingeführt wird auf der Vorderseite der optischen Verstärkereinheit **9**. Insbesondere wenn ein optischer Signalverlust verursacht wird vor der optischen Verstärkereinheit **9**, wird der Rauschfaktor, der charakteristisch ist für das gesamte optische Verstärkersystem, verschlechtert. Deshalb ist die Rückführeinheit von dieser Erfindung exzellent, indem sie einen genügenden Effekt von Stoßunterdrückung hat, ohne dass in nachteiliger Weise die Charakteristiken von dem gesamten optischen System beeinflusst werden.

[0205] Die optische Verstärkereinheit **29** von der Justiereinheit **40** hat denselben Aufbau wie die optische Verstärkereinheit **35**. Die Justiereinheit **40** benutzt auch eine Pumplichtquelle von $0,98\ \mu\text{m}$, um die optische Verstärkereinheit **35** zu pumpen mit Pumplicht von $0,98\ \mu\text{m}$. Der Grund dafür ist der, wie oben beschrieben, dass ein Ziel der vorliegenden Erfindung ist, die Energie von einem Atom an dessen Erregungsschwelle effektiv abzubauen. Um die akkumulierte Energie von der optischen Verstärkereinheit **35** effektiv abzubauen, soll die Verstärkungsbandbreite der optischen Verstärkereinheit **29**, die benutzt wird in der Justiereinheit **40**, ähnlich sein zu der in der optischen Verstärkereinheit **35**. Wie oben erwähnt, ist es das Ziel der vorliegenden Erfindung, eine akkumulierte Energie an einer Erregungsschwelle abzubauen. Zum Beispiel, wenn die optische Verstärkereinheit **35** gepumpt wird mit einer $0,98\ \mu\text{m}$ Pumpquelle **36**, wird bei einem Licht, das ausgestrahlt wird in einem Wellenlängenband von $2,75\ \mu\text{m}$, eine Schwelle vorhanden sein, die sich oberhalb der Schwelle befindet, welche die induzierte Emission von dem optischen Signal enthält. Deshalb ist der Effekt von dem Rückführlicht weiter verbessert durch Verwendung der Pumpquelle **31** und der optischen Verstärkereinheit **29**, welche denselben Ausstrahlungsvorgang in der Justiereinheit **40** haben.

[0206] Wie auch später beschrieben werden wird, werden die optische Leistung der verwendeten Pumpquelle **31** und der Betrag von dem verbrauch-

ten Strom herabgesetzt. Deshalb ist keine Temperaturjustierfunktion bei der Pumpquelle **31** vorgesehen, und der Aufbau der Pumpquelle **31** ist vereinfacht.

[0207] Entsprechend dem optischen Übertragungssystem von [Fig. 5](#) ist die Stärke der Lichtstoßspitze unterdrückt auf $+16\ \text{dBm}$ oder weniger, um zu verhindern, dass eine optische Empfängereinheit von dem Empfänger **8** zerstört wird. Bevorzugt ist die Stärke von der Lichtstoßspitze unterdrückt auf $+10\ \text{dBm}$ oder weniger. Darüber hinaus ist die optische Ausgangsleistung von dem letzten optischen Verstärkersystem von -10 bis $+5\ \text{dBm}$. [Fig. 31](#) zeigt das Spitzenverhältnis von einem Lichtstoß, den der spezielle Aufbau unterdrücken kann, mit der optischen Ausgangsleistung. In (1) von [Fig. 31](#) gehört es zur Charakteristik von diesem Übertragungssystem, das Spitzenverhältnis von einem Lichtstoß zu unterdrücken, z. B. auf $26\ \text{dB}$ oder weniger, wenn der optische Ausgang $-110\ \text{dBm}$ beträgt. Zum Beispiel, wenn der optische Ausgang $+5\ \text{dBm}$ ist, ist das Spitzenverhältnis von Lichtstoß unterdrückt auf $11\ \text{dB}$ oder weniger. Noch mehr bevorzugt, wie in (2) von [Fig. 31](#) gezeigt, wird das Spitzenverhältnis von dem Lichtstoß unterdrückt auf $20\ \text{dB}$ oder weniger, zum Beispiel, wenn der optische Ausgang $-10\ \text{dBm}$ beträgt. Zum Beispiel, wenn der optische Ausgang $+5\ \text{dB}$ ist, wird das Spitzenverhältnis von dem Lichtstoß unterdrückt auf $5\ \text{dB}$ oder weniger.

[0208] Die Verhältnisse von einem Lichtstoß, die höchst bemerkenswert erscheinen, sind jene, dass ein steiler bzw. erheblicher optischer Puls auftritt vor dem Eingang des optischen Verstärkersystems. Das liegt vor, weil Lichtstöße erzeugt werden innerhalb entsprechender optischer Systeme und sich aufaddieren. Wie anhand von [Fig. 5](#) erklärt, wird, wenn die nach der vorliegenden Erfindung benutzte Kontrollquelle vorgesehen ist in jedem der optischen Verstärkersysteme und der Unterdrückungsgrad oder das Lichtstoßverhältnis gestreut wird auf einen konstanten Wert zu jedem der optischen Verstärkersysteme, der Unterdrückungsgrad von dem Lichtstoß oder das Lichtstoßverhältnis unterdrückt zu einem niederen konstanten Wert auf der Strecke des optischen Übertragungssystems. Das Risiko des optischen Übertragungssystems wird moderat verteilt zur gleichen Zeit. Deshalb, wie gezeigt in (3) von [Fig. 31](#), wenn vier optische Verstärkersysteme benutzt werden auf der Strecke von dem Übertragungssystem, sind die Kenndaten von den individuellen optischen Verstärkersystemen jene, wenn der optische Ausgang von dem letzten Verstärkersystem $-10\ \text{dBm}$ ist, das Spitzenverhältnis von dem Lichtstoß wird unterdrückt auf $6,5\ \text{dB}$ oder weniger. Ebenso bzw. ähnlich, wenn der optische Ausgang z. B. bei $+5\ \text{dBm}$ ist, wird das Spitzenverhältnis von dem Lichtstoß unterdrückt auf $2,75\ \text{dB}$ oder weniger. Noch mehr bevorzugt wird, wie gezeigt in (4) von [Fig. 3](#), wenn der optische Ausgang bei $10\ \text{dBm}$ ist, das Spitzenverhältnis des Lichtstoßes

herabgedrückt auf 5 dB oder weniger. Zum Beispiel, wenn der optische Ausgang +5 dBm ist, wird das Spitzenverhältnis von dem Stoß herabgedrückt auf 1,25 dB oder weniger.

[0209] Um die Zerstörung von einer optischen Empfängereinheit in dem optischen Empfänger wie in einem Beispiel des aktuellen Systementwurfs zu verhindern, war das Spitzenverhältnis von dem Lichtstoß unterdrückt auf +10 dBm oder weniger. Darüber hinaus, da die optische Ausgangsleistung von dem letzten optischen Verstärkersystem -2 dBm in diesem System ist, ist es notwendig, das Verhältnis von dem Lichtstoß in dem letzten optischen Verstärkersystem so zu entwerfen bzw. zu dimensionieren, dass es nicht 12 dB übersteigt. Da die vier optischen Verstärkersysteme benutzt werden auf der Strecke des Übertragungssystems, wird das Verhältnis von dem Lichtstoß zu dem normalen optischen Ausgang so entworfen, dass es unterdrückt wird auf einen Wert kleiner als 3 dB.

[0210] Als eine unmittelbare Ursache für einen zerstörten Empfänger mit einem Lichtstoß wird als ursächlich Joule'sche Wärme angesehen. Weil der Ausgangspuls als der Lichtstoß ein relativ lang andauernder Puls ist, ist es notwendig, jenen Lichtstoß so schnell wie möglich auszugleichen.

[0211] [Fig. 32](#) zeigt einen optischen Puls, welcher einen falschen Lichtstoß in diesem speziellen Beispiel auslöst. Licht, dessen optische Leistung ansteigt von minus unendlich auf plus 3 dBm und dessen maximale Anstiegszeit 2 μ s war, wurde eingegeben in das optische Verstärkersystem.

[0212] [Fig. 33](#) zeigt ein Ergebnis der Unterdrückung von dem Spitzenverhältnis von einem Lichtstoß von einem kleineren Wert als 3 dB durch diesen Aufbau. [Fig. 34](#) zeigt die Rückführlichtleistung, die eingegeben wird in die optische Verstärkereinheit bei einem Verstärkungsfaktor der Verstärkung von der optischen Verstärkereinheit zu diesem Zeitpunkt. Rückführlicht von wenigstens 100 μ W wird benötigt, um es einzugeben in das optische Verstärkersystem, um den Lichtstoß innerhalb eines entworfenen Wertes zu unterdrücken. Zu diesem Zeitpunkt wird optische Leistung von dem Rückführlicht von wenigstens 3,3 mW zugeführt zu der Eingangsseite von dem (3:97) optischen Koppler **38**.

[0213] Es ist wichtig, den Effekt des Rückführlichtes als das Kontrolllicht zu verbessern mit jenem Wellenlängenband von dem Rückführlicht, das ein anderes Wellenlängenband hat als jenes von dem optischen Signal. [Fig. 35](#) zeigt einen benötigten Strom, der durch die Pumplichtquelle fließt, wenn die Breite des Wellenlängenbandes von dem Rückführlicht verändert wird. Entsprechend dem erfinderischen Aufbau wird der benötigte Strom zunehmen bei Reduzierung

des Wellenlängenbandes, während der Lichtstoß effektiv unterdrückt wird durch einen kleinen Strom. Insbesondere wenn die Verstärkung von der optischen Verstärkereinheit herabgesetzt wird auf einen verhältnismäßig geringen Wert, ist der Unterschied zwischen den benötigten Strömen bemerkenswert. In einem 0,3-nm- oder weniger als -3-dB-Wellenlängenband steigt der benötigte Strom an bei Herabsetzung der Verstärkung der optischen Verstärkereinheit.

[0214] Als Ergebnis von einem Experiment zeigt sich, dass das Wellenlängenband von dem Rückführlicht vorzugsweise Licht ist mit einem Wellenlängenband von 0,1 nm oder mehr in einem 3-dB-Wellenlängenband. Sogar wenn das Licht ein Wellenlängenband von 0,1 nm oder weniger hat, ist dieses effektiv, solange es eine Mehrzahl von Wellenlängen besitzt. Zum Beispiel, wenn eine Mehrzahl von optischen Signalen zur gleichen Zeit verstärkt wird durch die optische Verstärkereinheit wie in einem Wellenlängenmultiplexsystem, ist der Gebrauch von der Mehrzahl von optischen Signalen für das Rückführlicht effektiv. Alternativ ist es auch effektiv, als Rückführlicht ein optisches Signal zu verwenden, das einen 40-dB- oder weniger Rand von einem S/N-Anstiegsverhältnis aufweist, oder Licht mit einer Wellenlänge mit einem Seitenbereich von 40 dB oder weniger, das an sich nicht geeignet ist für ein optisches Signal, außer einem optischen Signal, das normalerweise ein Seitenmodusunterdrückungsverhältnis von ungefähr 30–40 dB verwendet.

[0215] Die optische Verstärkereinheit wechselt oft in der Vorrichtungslänge der Zusammensetzungskonzentration oder Gestaltung, abhängig von dem erfolgenden Gebrauch. Zum Beispiel in dem im Allgemeinen verwendeten seltenen Erdenelement-dotierten Fiberstrang sind der Verstärkungswirkungsgrad und der Rauschfaktor im Allgemeinen in einer Austauschbeziehung zueinanderstehend. Um den Rauschfaktor herabzusetzen, ist der Anteil von dem seltenen Erdenelement, mit dem der optische Fiberstrang dotiert wird, herabzusetzen, oder die Länge von einem optischen Fiberstrang, in welchem eine seltene Erdenelement-Dotierung erfolgt ist, ist herabzusetzen. Als ein Ergebnis jedoch wird der Wirkungsgrad der Verstärkung herabgesetzt.

[0216] [Fig. 36](#) zeigt einen Wechsel bzw. eine Änderung in der Rückführlichtleistung, welche auftritt, wenn der Verstärkungsparameter der optischen Verstärkereinheit wechselt. Als ein Ergebnis wird der Verstärkungsfaktor der optischen Verstärkereinheit oft festgelegt in einem real ausgelegten System. Experimentelle Verwendungen dieser Gestaltung zeigen auch, dass die benötigte Verstärkung von dem optischen Verstärkersystem bei 28 dB ist, und dass eine Rückführlichtleistung, die benötigt wird, wenn die Länge oder Konzentration von einem seltenen erdendotierten Fiberstrang wechselt, von der Verwen-

dung abhängt. Wenn die Länge oder Konzentration von dem optischen Fiberstrang wechselt, wird die benötigte Leistung von der Pumpquelle erhöht, wohingegen der Rauschfaktor abfällt.

[0217] Wenn die Verstärkung von dem optischen Verstärkersystem festgelegt ist auf 28 dB entsprechend [Fig. 36](#), ist es nötig, die Justiereinheit so zu gestalten, dass die Rückführlichtleistung justierbar ist in einem Bereich von ungefähr 80–110 μ W.

[0218] Wenn die benötigte Verstärkung wechselt abhängig vom Gebrauch des optischen Verstärkersystems, kann der Bereich für das Justieren der Rückführlichtleistung bestimmt werden wie in dem vorliegenden Verfahren.

[0219] Es wird bevorzugt, das gesamte Licht in einem Wellenlängenband wie dem des Rückführlichtes von der Justiereinheit in das Verstärkersystem einzuführen, ohne Lichtwellenlängen auszuschließen mit einem optischen Filter oder dergleichen, wie in diesem Aufbau. Wenn jedoch das Rückführlicht eingeführt ist bzw. wird an der Vorderseite von der Verstärkereinheit und speziell wenn ein optisches Filter zwischengeschaltet werden muss, ist es nötig, das Wellenlängenband festzulegen für das Rückführlicht in einem bevorzugten Wellenlängenband.

[0220] [Fig. 37](#) zeigt Rückführlichtleistung, die benötigt wird für ein Wellenlängenband von Rückführlicht, festgelegt in 3 nm. Die Wellenlänge von dem optischen Signal war angenommen, bei 1550 nm zu liegen.

[0221] Das Rückführlicht wird erhalten durch Justierung eines Teils von dem optischen Ausgang. Was die maximale Leistung des optischen Ausgangs am meisten betrifft, ist eine optische Signalwellenlänge. Deshalb wird Licht, das die Signalwellenlänge oder andere Wellenlängen hat, am effektivsten sein.

[0222] Licht, das die Signalwellenlänge hat oder andere Wellenlängen, ist am effektivsten auch aus den folgenden Gründen. Wenn ein Lichtstoß erzeugt wird, z. B. in der optischen Verstärkereinheit, wenn das optische Signal ein Band hat, welches eine Wellenlänge hat von dem optischen Signal, wird ein neuer Lichtstoß erzeugt mit diesem Lichtstoßpuls in der optischen Verstärkereinheit von der Justiereinheit. Wenn der Lichtstoß steiler und höher ist im Pegel, wird der Lichtstoß in der Justiereinheit größer. Deshalb wird Rückführlicht von einer Leistung, welche größer ist als die Leistung von Licht als normales Rückführlicht, zurückgeführt im Augenblick, wenn ein Lichtstoß erzeugt wird in der optischen Verstärkereinheit. Deshalb unterdrückt dieser synergistische Effekt noch effektiver den Lichtstoß in der optischen Verstärkereinheit. Der Effekt der Lichtstoßunterdrückung wird größer, wenn der erzeugte Lichtstoß größer ist.

[0223] [Fig. 38A](#) und [Fig. 38B](#) zeigen korrespondierende Stoßpulse, die unterdrückt werden auf 3 dB oder weniger, wenn Rückführlicht, welches ein Band hat von 3 nm und welches ein optisches Signal enthält, verwendet wird und wenn Rückführlicht, welches nicht das verwendete Signallicht enthält, verwendet wird. Wie augenfällig aus den [Fig. 38A](#) und [Fig. 38B](#) zu entnehmen, wird das Rückführlicht mit der Wellenlänge des optischen Signals den erzeugten Stoß in höherem Maß unterdrücken als das Rückführlicht, das keine Wellenlänge von dem optischen Signal aufweist, und die benötigte Zeit, um den Stoß zu einem normalen auszugleichen, ist in dem zurückliegenden Fall ([Fig. 38A](#)) reduziert verglichen zu jenem nach dem späteren Fall ([Fig. 38B](#)). Deshalb ist der Betrag der Erzeugung von Joule'scher Wärme, welche eine unmittelbare Ursache einer Zerstörung von einem optischen Empfänger sein wird, reduziert. Um die Ausgleichszeit zu reduzieren, ist es effektiv, ein geringfügiges Rückführlicht einzuführen, sogar wenn das normale optische Signal eingeführt ist. Das gilt, weil die Energie, die in der Justiereinheit akkumuliert ist, aufrechterhalten wird und ein Lichtstoß so viel leichter erzeugt wird in der Justiereinheit. Eine Abnahme von dem Verstärkungsfaktor von der optischen Verstärkereinheit in Abhängigkeit von der Einführung des geringfügigen Rückführlichtes wird genügend ausgeglichen durch Erhöhung des Betrages von Pumpleistung von der Pumpquelle in einem gewissen Ausmaß.

[0224] [Fig. 39](#) zeigt die Verstärkungscharakteristik von der gesamten optischen Verstärkereinheit, durch welche das Stoßlicht unterdrückt ist auf 3 dB oder weniger. Ein normaler Bereich der optischen Signaleingangsstärke ist -20 dBm oder mehr, und eine Eingangslichtstärke ist ungefähr 15 dB (ungefähr -35 dBm), und diese Werte stellen einen Systemrand (Randbedingungen des Systems) dar. Noch spezieller kann das Rückführlicht auch so kontrolliert werden, dass die Verstärkungscharakteristik kontinuierlich herabgesetzt wird in einem kleinen Ausmaß und die Abnahme des Rauschfaktors auf das äußerste unterdrückt wird, gerade so, um nicht die optische Verstärkung abrupt zu unterbrechen und somit die Signalübertragung zu verhindern, sogar wenn das Eingangssignal -20 dB oder weniger wird.

[0225] Zum Beispiel ist der Strom, der durch die Pumpquelle fließt, ungefähr 35 mA bei einer Eingangsstärke von -21 dBm. Der Strom, der durch die Pumpquelle fließt, ist ungefähr 40 mA bei einer Eingangsstärke von -27 dBm. Der Strom, der durch die Pumpquelle fließt, ist ungefähr 45 mA bei einer Eingangsstärke von $-29,5$ dBm. Der Strom, der durch die Pumpquelle fließt, ist ungefähr 60 mA bei einer Eingangsstärke von -33 dBm.

[0226] Zu diesem Zeitpunkt ist die spontane Lichtemission ungefähr $-16,18$ dBm/nm bei einer Ein-

gangsstärke von -21 dBm; $-17,97$ dBm/nm bei einer Eingangsstärke von -27 dBm; $21,36$ dBm/nm bei einer Eingangsstärke von $-29,5$ dBm; und $-23,70$ dBm bei einer Eingangsstärke von -33 dBm. Da der spontane Lichtemissionsbetrag $-16,09$ dBm/nm beträgt bei einer Eingangsstärke von -20 dBm, wird er unterdrückt auf etwa -16 dBm/nm oder weniger in diesem Aufbau.

[0227] Die Verstärkung nimmt z. B. nur um ungefähr 2 dB ab, während die maximale Verstärkung bei -20 dBm liegt, sogar bei einer optischen Eingangssignalsstärke von -26 dBm. Die Verstärkung ist so gesteuert, dass eine Minderung kaum erkannt werden kann in der Nähe des Bereiches von einer Eingangsstärke von dem normalen optischen Signal. Weil eine Minderung in dem Rauschfaktor ungefähr $0,2$ dB ist, erhält dieses Übertragungssystem keine nachteiligen Effekte.

[0228] In den optischen Verstärkungssystemen des Standes der Technik ist es notwendig, das momentane Abfangen von und/oder Abfall an einem optischen Eingang unmittelbar zu erfassen und den Ausgang oder die Verstärkung des Verstärkungssystems herabzusetzen, um das Auftreten eines Lichtstoßes hierin zu verhindern. Jedoch wird dies verursachen eine Verschlechterung in einer Charakteristik wie Rauschfaktor und dergleichen für die Bestimmung des Bereiches von einer normalen Eingangsstärke und wird bewirken, dass eine Kontrolle über die Stabilisierung und dergleichen von dem optischen Ausgang außerhalb des normalen Bereichs liegt. Nach dieser Erfindung wird ein abnormaler Abfall in dem Signaleingang genau detektiert, und das optische Verstärkersystem wird gesteuert in einer stabilen Weise, weil das Problem dieser Lichtstöße gelöst ist.

[0229] [Fig. 40](#) zeigt die Ausgangscharakteristik von dem gesamten optischen Verstärkersystem und wird weiter gezeigt in Bezug auf eine momentane Abfangzeit von diesem Eingang. Die Ansprechgeschwindigkeit von dem seltenen Erdenelementdotierten optischen Fiberstrang übernimmt nicht einen wechselnden Eingang, wenn die momentane Abfangzeit bei 10 μ s oder weniger liegt, und es wird kein Lichtstoß erzeugt. Deshalb kontrolliert die Signalverstärkung die Justiereinheit, um so zu einer Kurve von [Fig. 40](#) zu kommen für einen Eingang, der 10 μ s oder weniger hat. Auf der anderen Seite wird die Signalverstärkung die Justiereinheit kontrollieren, um zu einer Kurve b von [Fig. 40](#) zu kommen für einen Eingang, der eine momentane Abfangzeit von 10 μ s oder mehr hat. Deshalb, mit einem momentanen Abbruch, welcher nicht die Signalcharakteristik beeinflusst, wird die Verstärkung des optischen Verstärkersystems aufrechterhalten.

[0230] Um das Auftreten von einem Stoßlicht in den optischen Verstärkersystemen des Standes der

Technik zu verhindern, ist es notwendig, momentan zu detektieren einen momentanen Abfang von oder einen Abfall in dem optischen Eingang, um damit den optischen Ausgang oder die Verstärkung von dem Verstärkersystem herabzusetzen. Jedoch würde dies eine Charakteristik des Rauschfaktors usw. verschlechtern von dem Verstärkersystem zur Bestimmung des Stärkenbereiches von einem normalen Eingangssignal, und/oder es würde verursacht werden, dass eine Kontrolle über die Stabilisation des optischen Ausgangs fehlerhaft wird. Nach dieser Erfindung wird ein abnormaler Abfall in dem Signaleingang genau erfasst, und das optische Verstärkersystem arbeitet in stabilisierter Weise, weil das Problem von jenen Lichtstößen gelöst ist.

[0231] Wie vorangehend beschrieben, werden nach der vorliegenden Erfindung ein Steuerverfahren für eine optische Verstärkereinheit und ein optisches Verstärkungssystem, welches in der Lage ist, einen Stoß zu unterdrücken, und welches eine hohe Zuverlässigkeit und Sicherheit hat, und ein optisches Übertragungsnetzwerk, das die Einheit und das System verwendet, bereitgestellt.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Steuern einer optischen Verstärkereinheit (9), welche versorgt wird mit Energie durch Pumpen von Licht (10), das eine Pumpwellenlänge hat, und ein optisches Signal verstärkt mit der gelieferten Energie, gekennzeichnet durch die Schritte:

- Detektieren (18) einer Stärke des optischen Signals, das in die optische Verstärkereinheit (9) eingegeben wird,
- Einführen eines Stoßkontrolllichts (11) in die optische Verstärkereinheit (9) mit einer Wellenlänge, die im Wesentlichen unterschiedlich ist von der Pumpwellenlänge, um einen Lichtstoß zu unterdrücken in der optischen Verstärkereinheit (9), wenn die Stärke des eingegebenen optischen Signals kleiner wird als ein vorgegebener Wert in Übereinstimmung mit dem Ergebnis des Erfassens einer zu geringen Verstärkung der optischen Verstärkereinheit (9) bei einer geringen Eingangsleistung, um die Akkumulation von Energie in der Verstärkereinheit (9) zu verhindern.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Schritt b) weiter gekennzeichnet ist durch den Schritt:

- des Steuerns der optischen Verstärkereinheit (9) in der Weise, dass die Einheit (9) eine maximale Verstärkung hat bei einem vorgegebenen Wert einer optischen Signalstärke durch Abstrahlen von Energie, die akkumuliert ist in der optischen Verstärkereinheit (9) durch das Stoßkontrolllicht, und Vermindern der Verstärkung der optischen Verstärkereinheit (9), wenn die Stärke des eingegebenen optischen Signals kleiner wird als ein vorgegebener Wert in Übereinstimmung mit dem Ergebnis der Erfassung.

3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei der Schritt b1) weiter gekennzeichnet ist durch die Schritte:
 b12) des Messens einer Zeitperiode, während die erfasste Stärke gleich ist oder kleiner als der vorbestimmte Wert; und
 b13) des Steuerns der optischen Verstärkereinheit (9) so, dass die Verstärkung der Einheit abnimmt, wenn die Zeitdauer der Messung eine vorgegebene Zeit überschreitet.

4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei der Schritt b13) weiter gekennzeichnet ist durch den Schritt:
 des Steuerns der optischen Verstärkereinheit (9) so, dass die Einheit eine maximale Verstärkung bei dem vorgegebenen Wert der optischen Signalstärke hat durch Erhöhen der Verstärkung der optischen Verstärkereinheit (9) durch Herabsetzen der Leistung des Stoßkontrolllichtes, das in die optische Verstärkereinheit (9) eingegeben wird, wenn die optische Signalstärke wiederum den vorgegebenen Wert überschreitet.

5. Optische Verstärkervorrichtung (6), beinhaltend eine optische Verstärkereinheit (9), eine Pumpquelle (10) zum Zupumpen zu der Verstärkereinheit (9) bei einer Pumpwellenlänge, gekennzeichnet durch Erfassungsmittel (14), um die Stärke eines optischen Lichtes, das in die optische Verstärkereinheit (9) eingegeben wird, zu erfassen und ein erfasstes Signal auszugeben, Steuermittel (20) zum Ausgeben eines Steuersignals in Übereinstimmung mit dem erfassten Signal der Erfassungsmittel (14), wenn die Stärke eines eingegebenen optischen Lichtes kleiner ist als ein vorgegebener Wert, und das Steuerlichteinführungsmittel (11, 19), um das Steuersignal von den Steuermitteln (20) zu empfangen und ein Stoßkontrolllicht mit einer Wellenlänge, die im Wesentlichen unterschiedlich ist von der Pumpwellenlänge, in die optische Verstärkereinheit (9) einzuführen, um einen Lichtstoß zu unterdrücken, der in der optischen Verstärkereinheit (9) auftritt und dabei die Verstärkung der optischen Verstärkereinheit (9) bei geringer Eingangsleistung herabzusetzen, um dabei die Akkumulation von Energie in der Verstärkereinheit (9) zu verhindern.

6. Vorrichtung (6) nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuermittel (20) so angepasst sind, dass die optische Verstärkereinheit (9) ihre Verstärkung vermindert, wenn die Stärke des eingegebenen optischen Lichtes sich unterhalb eines vorgegebenen Wertes befindet und dabei eine vorgegebene Zeitperiode überschreitet.

7. Vorrichtung (6) nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die vorgegebene Zeitperiode wenigstens 10 μ s ist.

8. Vorrichtung (6) nach irgendeinem der vorangehenden Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet,

dass die Steuermittel (20) angepasst sind, um die Verstärkung zu steuern mit einem Rauschfaktor, der unterdrückt wird bei einem Wert gleich oder kleiner als 10 dB.

9. Vorrichtung (6) nach irgendeinem der vorangehenden Ansprüche 5 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die das Kontrolllicht einführenden Mittel (11, 19) so angepasst sind, um ein Stoßkontrolllicht mit einer Wellenlänge von 1500 nm bis 1600 nm einzuführen.

10. Vorrichtung (6) nach irgendeinem der vorangehenden Ansprüche 5 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Pumpquelle (10) so angepasst ist, um in die optische Verstärkereinheit (9) mit einem Licht bei einer Wellenlänge von 0,98 μ m zu pumpen.

11. Vorrichtung (6) nach irgendeinem der vorangehenden Ansprüche 5 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuermittel (20) so angepasst sind, um die optische Verstärkereinheit (9) so zu steuern, um eine maximale Verstärkung gleich oder größer als 28 dB für das Signallicht zu erhalten; und die Steuerlichteinführungsmittel (11, 19) so angepasst sind, um in die optische Verstärkereinheit (9) das Stoßkontrolllicht mit einer Stärke gleich oder größer als 80 μ W einzuführen.

12. Optisches Übertragungssystem, beinhaltend: ein Übertragungssystem (5) für das Übertragen eines optischen Signals; ein optisches Verstärkersystem (6), um das optische Signal zu erhalten von dem optischen Übertragungssystem (5) und um das optische Signal zu verstärken und auszugeben; und einen optischen Empfänger (8), um das ausgegebene Signal von dem Verstärkersystem (6) zu empfangen, wobei das optische Verstärkersystem (6) folgendes beinhaltet:

eine optische Verstärkereinheit (9), in welche das optische Signal eingeführt ist, eine Pumpquelle (10), zum Pumpen der optischen Verstärkereinheit (9) bei einer Pumpwellenlänge, gekennzeichnet durch: Erfassungsmittel (14), um die Stärke des optischen Signals, das in die optische Verstärkereinheit (9) eingeführt ist, zu erfassen und ein erfasstes Signal auszugeben, Steuermittel (20) für das Ausgeben eines Steuersignals in Übereinstimmung mit dem erfassten Signal von den Erfassungsmitteln (14), wenn die Stärke des optischen Signals kleiner ist als ein vorgegebener Wert, und Steuerlichteinführungsmittel (11, 19), um das Steuersignal von den Steuermitteln (20) zu empfangen und ein Stoßkontrolllicht in die optische Verstärkereinheit (9) einzuführen, um einen Lichtstoß, der in der optischen Verstärkereinheit (9) auftritt, zu unterdrücken und um dabei die Verstärkung der optischen Verstärkereinheit (9) herabzusetzen bei einer geringen Eingangsleistung, um dabei die Akkumulation von Energie in der optischen Verstärkereinheit (9) zu verhindern.

13. System nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass der optische Verstärker (8) beinhaltet: eine optische Verstärkereinheit (9), zu welcher das optische Signal eingeführt wird; eine Pumpquelle (10), um die optische Verstärkereinheit (9) aufzupumpen; Erfassungsmittel (14), um die Stärke des eingegebenen optischen Signals zu erfassen und das erfasste Signal auszugeben; Steuermittel (20), um ein Steuersignal in Übereinstimmung mit dem erfassten Signal durch die Erfassungsmittel (14) auszugeben, wenn die Stärke des eingegebenen optischen Lichtes kleiner ist als ein vorgegebener Wert, und Steuerlichteinführungsmittel (11, 19), um ein Steuersignal von den Steuermitteln (20) zu empfangen und in die optische Verstärkereinheit (9) ein Stoßkontrolllicht einzuführen, um einen Lichtstoß zu unterdrücken, der in der optischen Verstärkereinheit auftritt.

14. System nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuermittel (20) angepasst sind, um die optische Verstärkereinheit (9) so zu steuern, dass deren Verstärkung vermindert wird, wenn die Stärke des eingegebenen optischen Lichtes unterhalb eines vorgegebenen Wertes liegt und eine vorgegebene Zeitdauer überschreitet.

15. System nach irgendeinem der vorangehenden Ansprüche 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuerlichteinführungsmittel (11, 19) so angepasst sind, um das Stoßkontrolllicht mit einer Wellenlänge von 1500 nm bis 1600 nm hereinzulassen.

16. System nach irgendeinem der vorangehenden Ansprüche 12 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Pumpquelle (10) so ausgelegt ist, um in die optische Verstärkereinheit (9) ein Licht mit einer Wellenlänge von 0,98 μm einzupumpen.

17. System nach irgendeinem der vorangehenden Ansprüche 12 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuermittel (20) so ausgelegt sind, um die optische Verstärkereinheit (9) so zu steuern, um eine maximale Verstärkung zu erhalten, die gleich oder größer als 28 dB für das Signallicht ist; und die Steuerlichteinführungsmittel (11, 19) so ausgelegt sind, um in die optische Verstärkereinheit (9) das Stoßkontrolllicht einzuführen mit einer Stärke, die gleich oder größer als 80 μW ist.

Es folgen 26 Blatt Zeichnungen

FIG.1

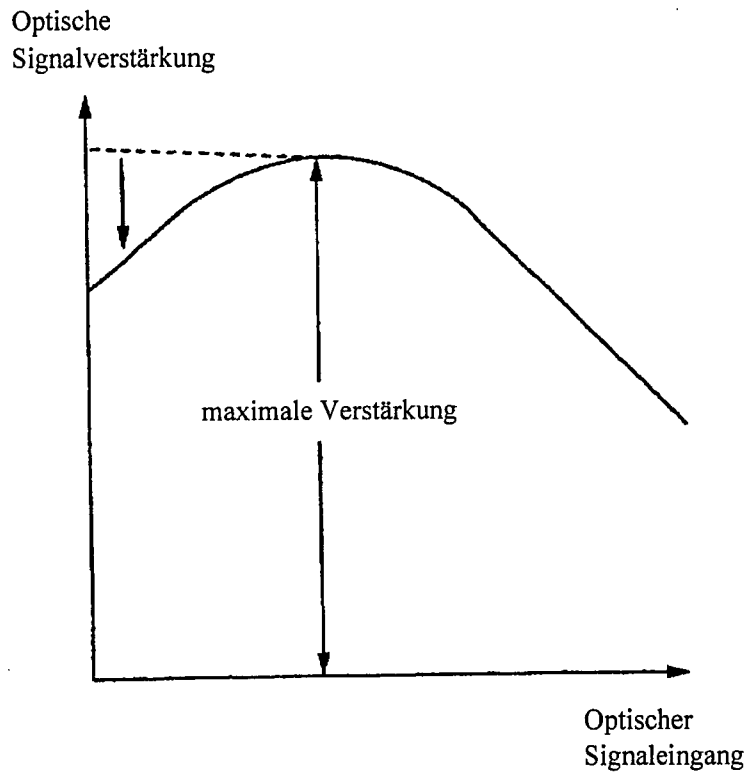


FIG.2

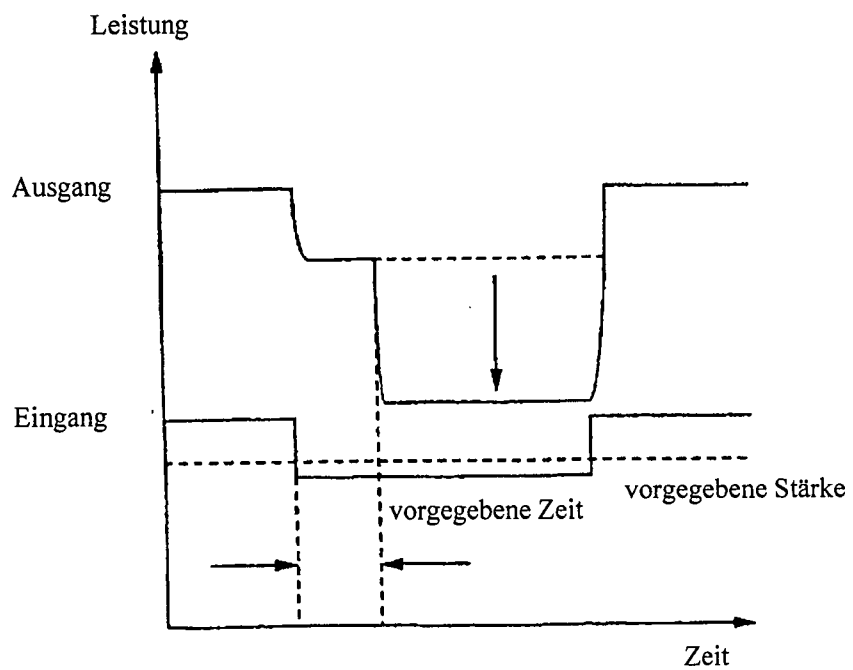


FIG.3

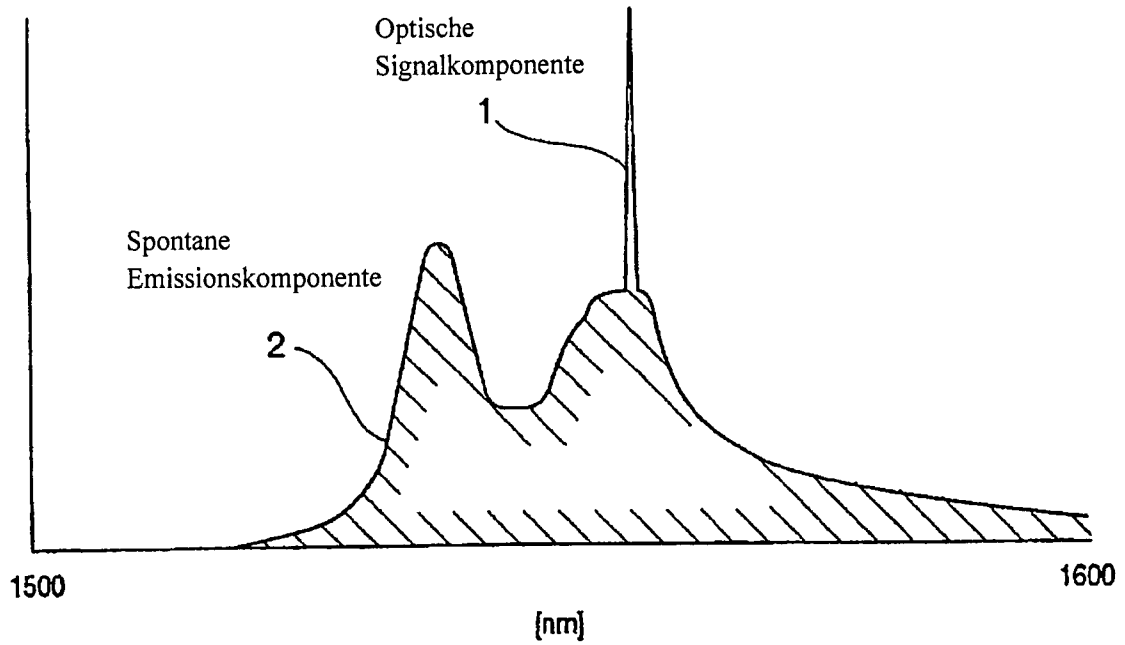


FIG.4

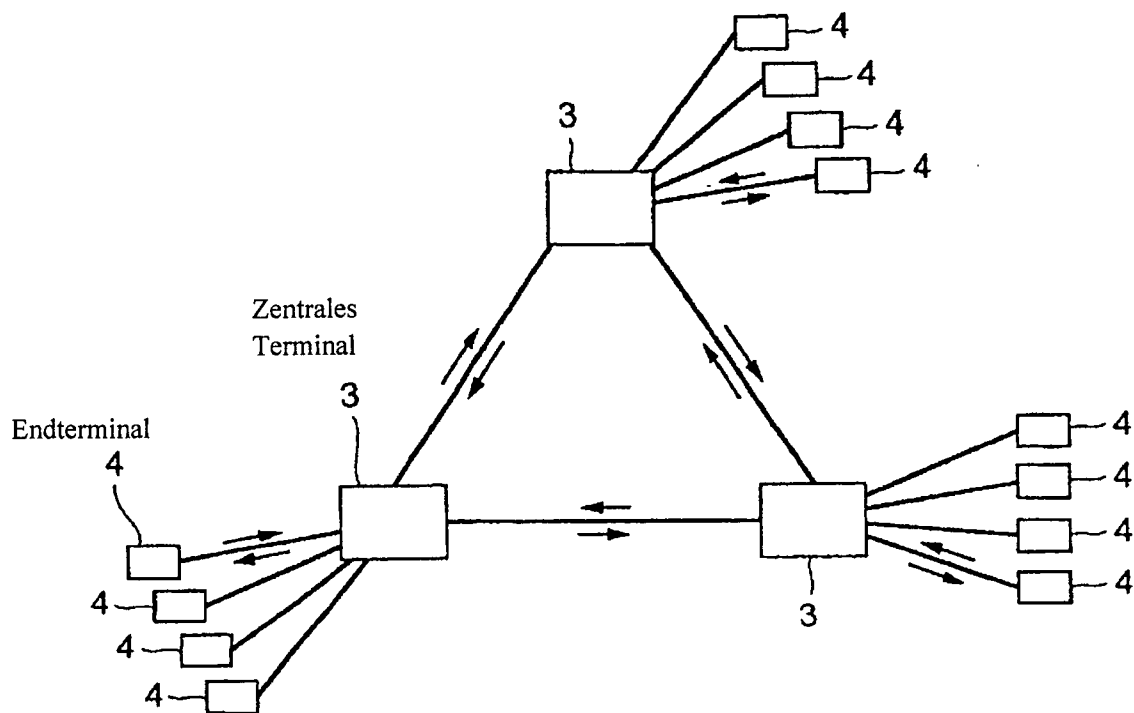


FIG.5

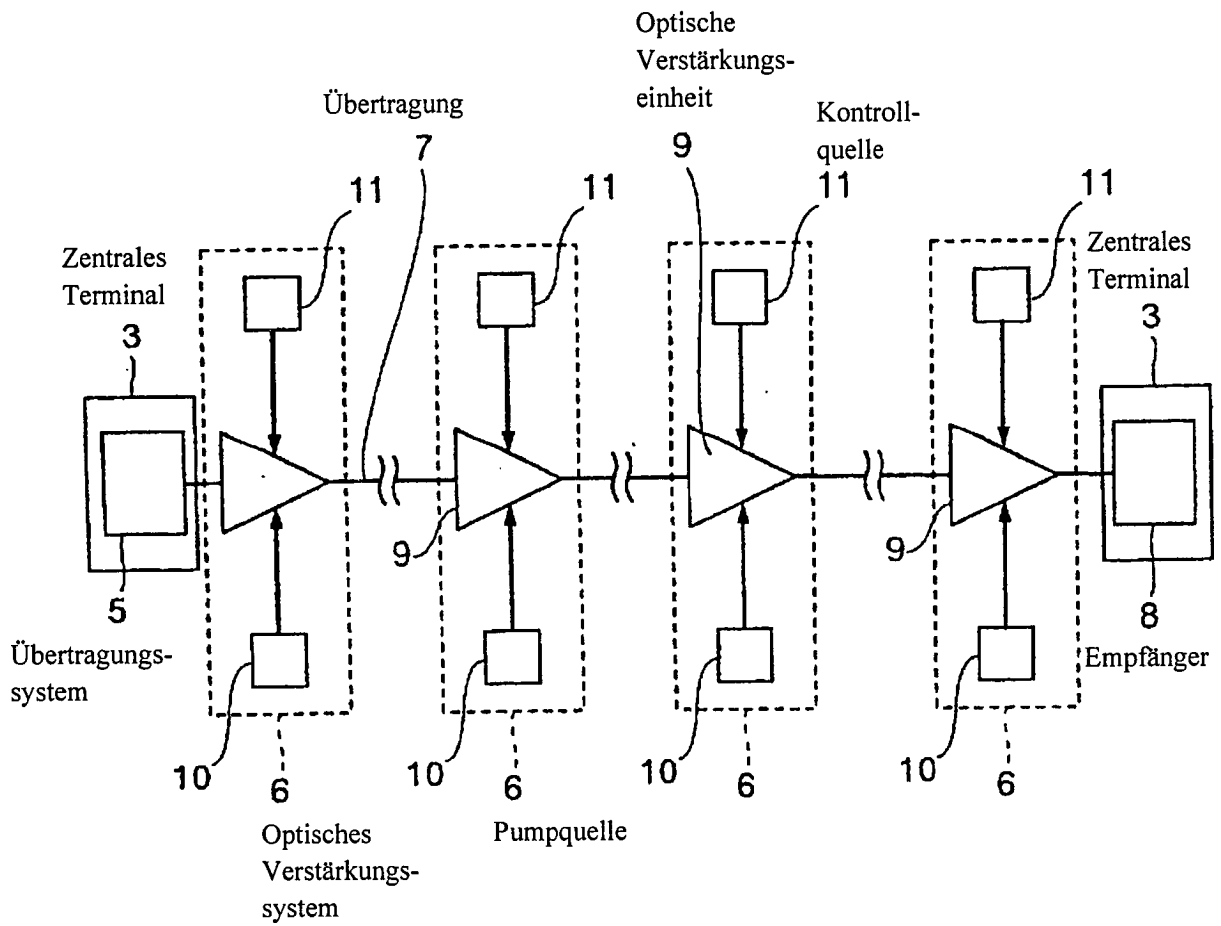


FIG.6

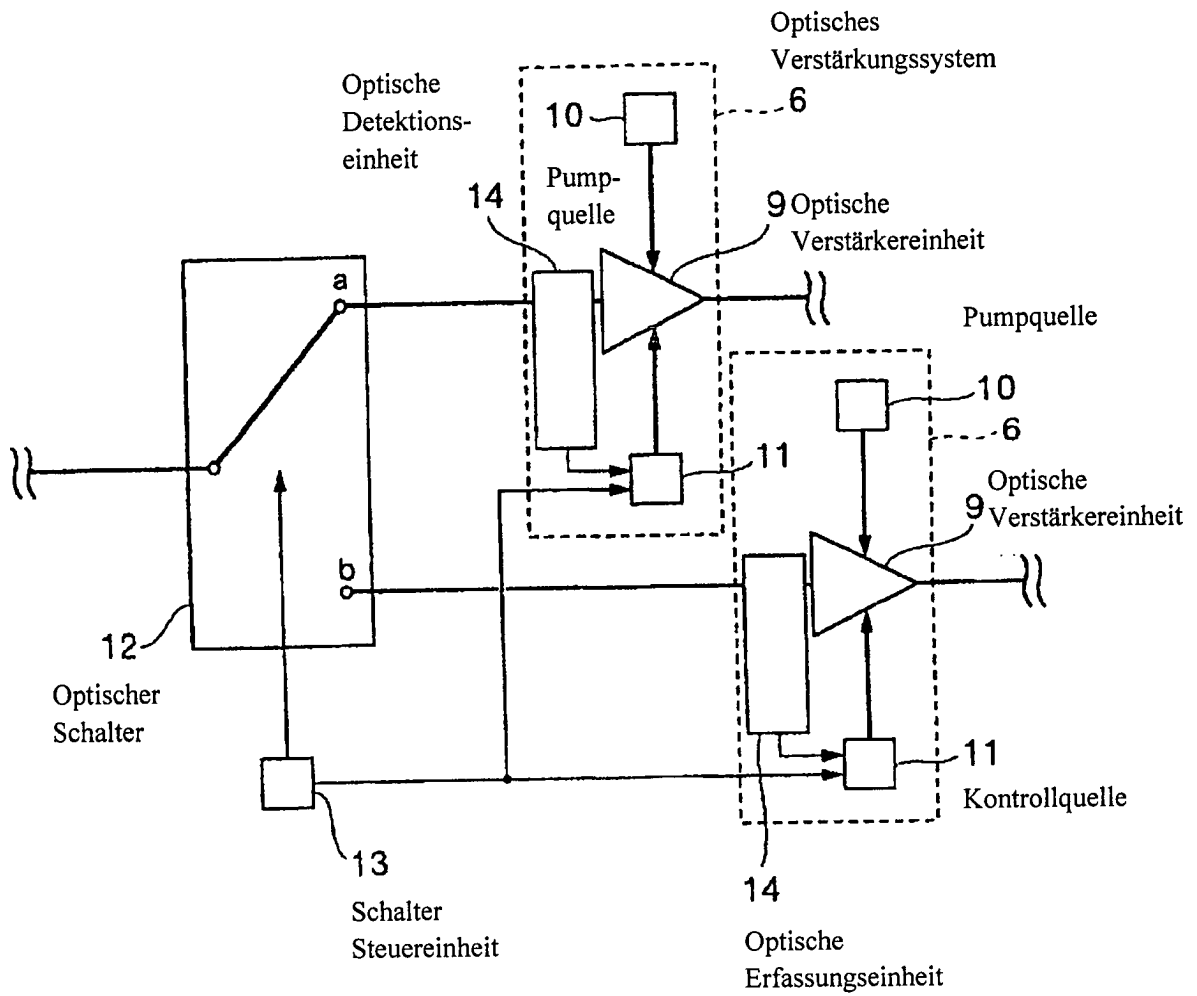


FIG.7

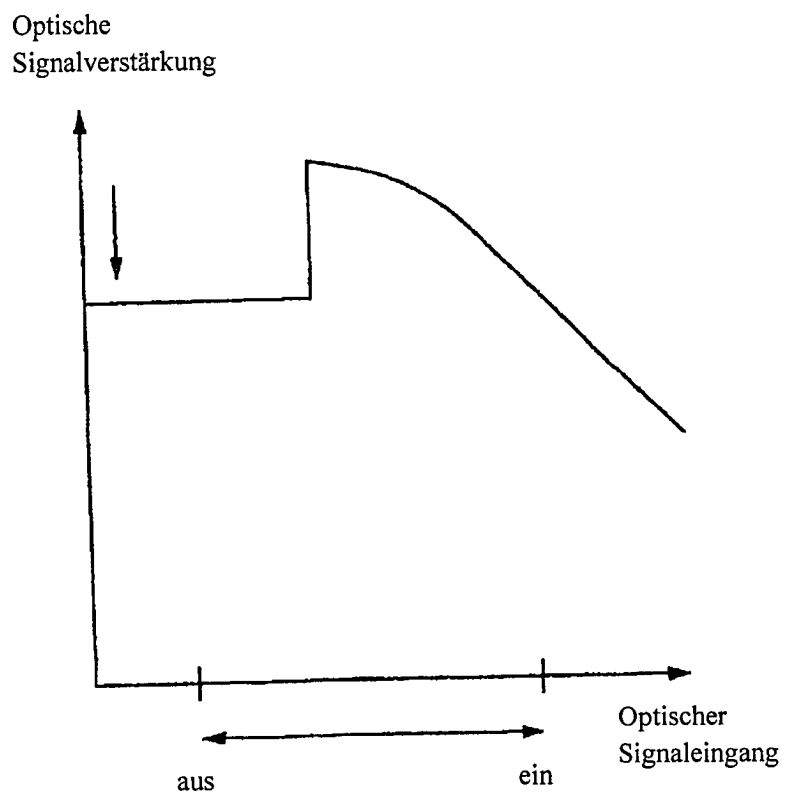


FIG.8

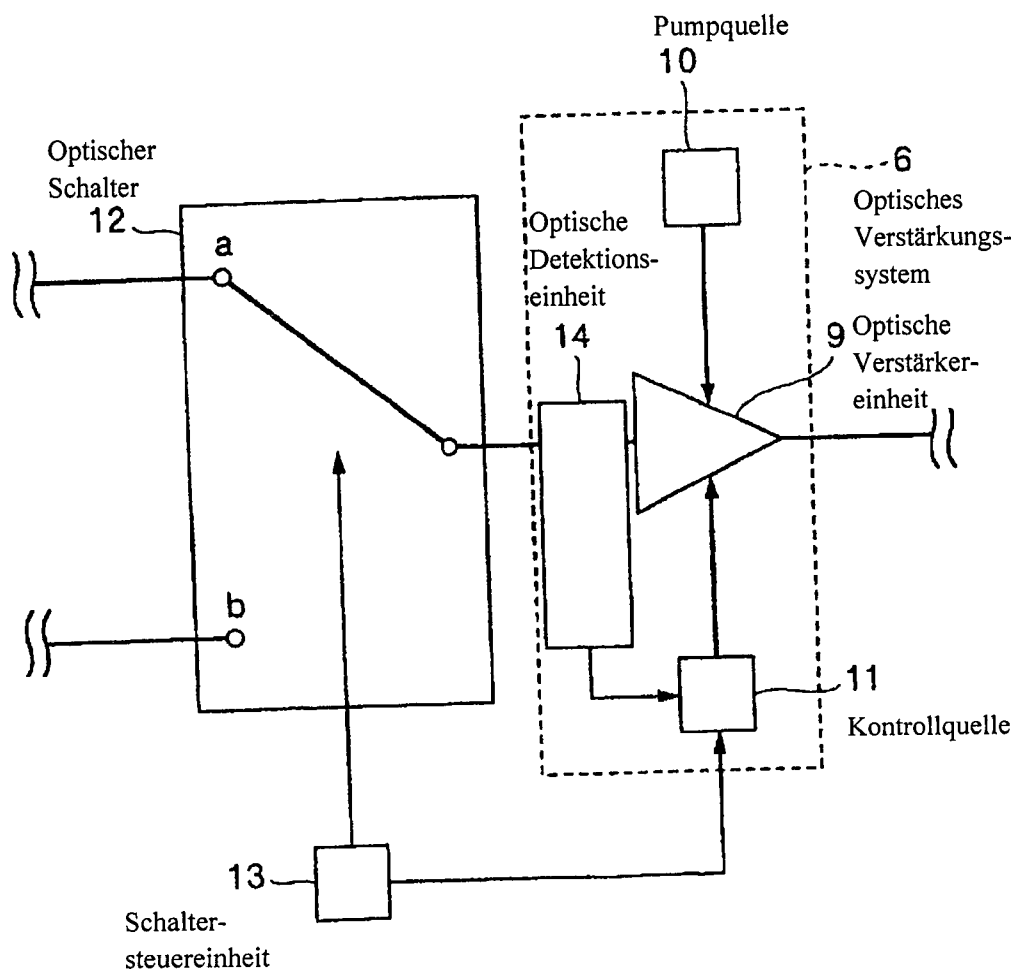


FIG.9

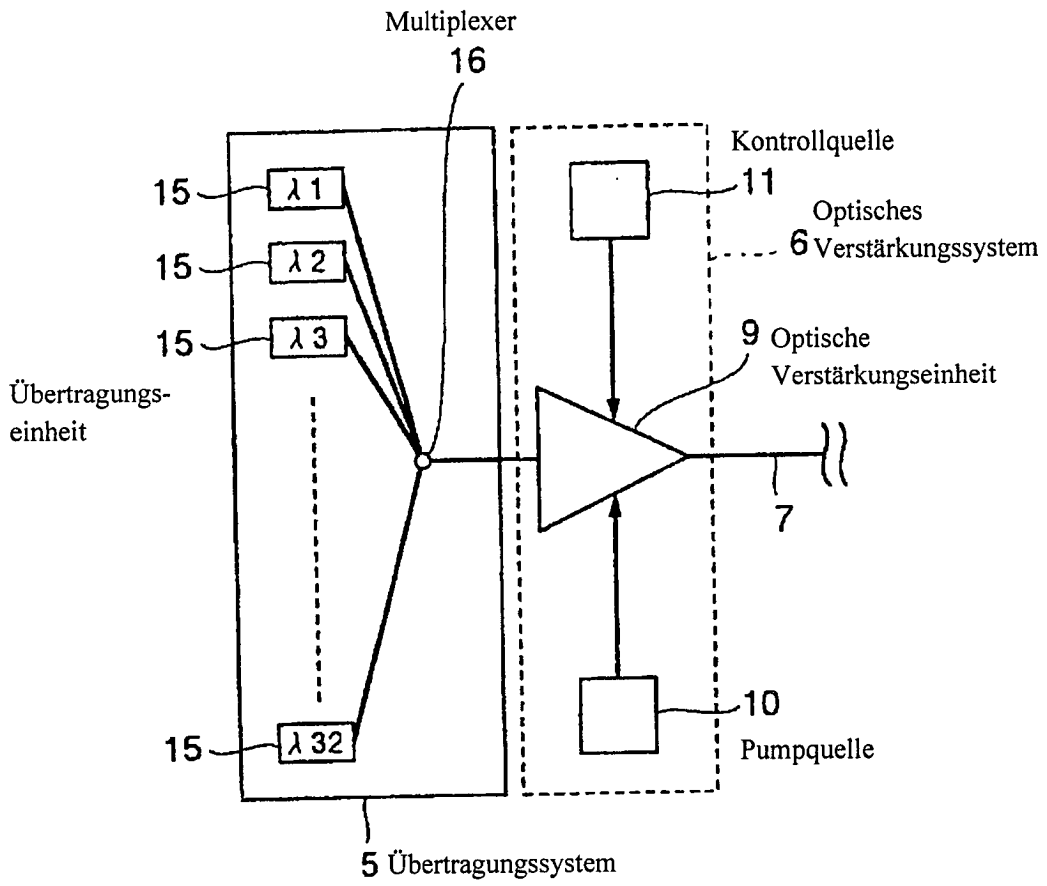


FIG.10

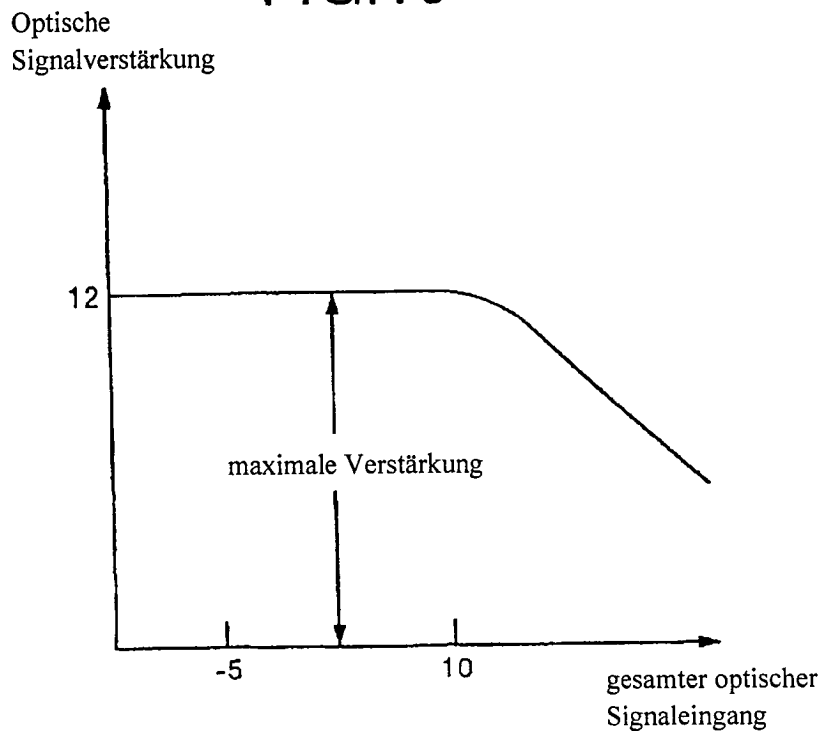


FIG.11

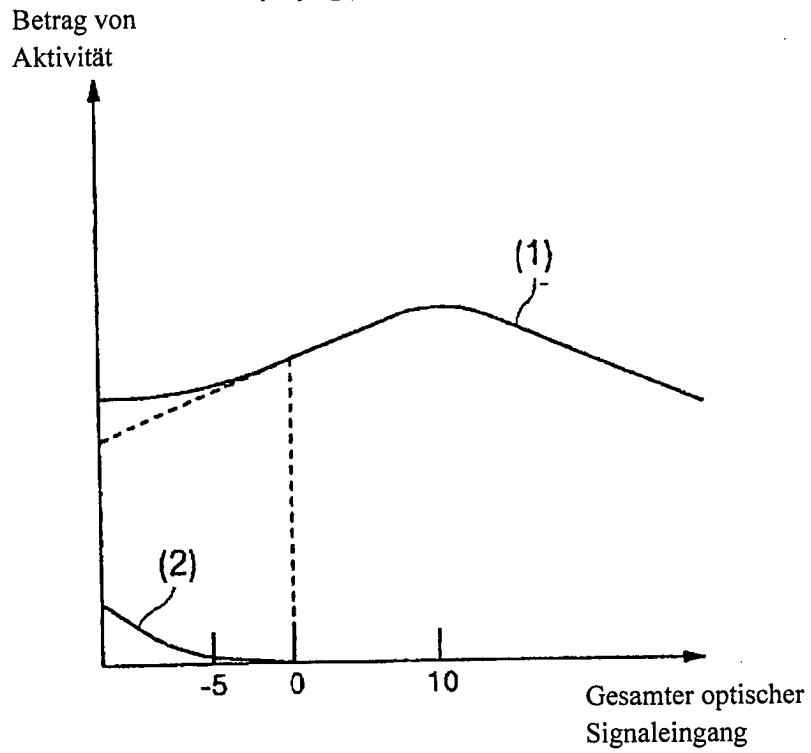


FIG.12

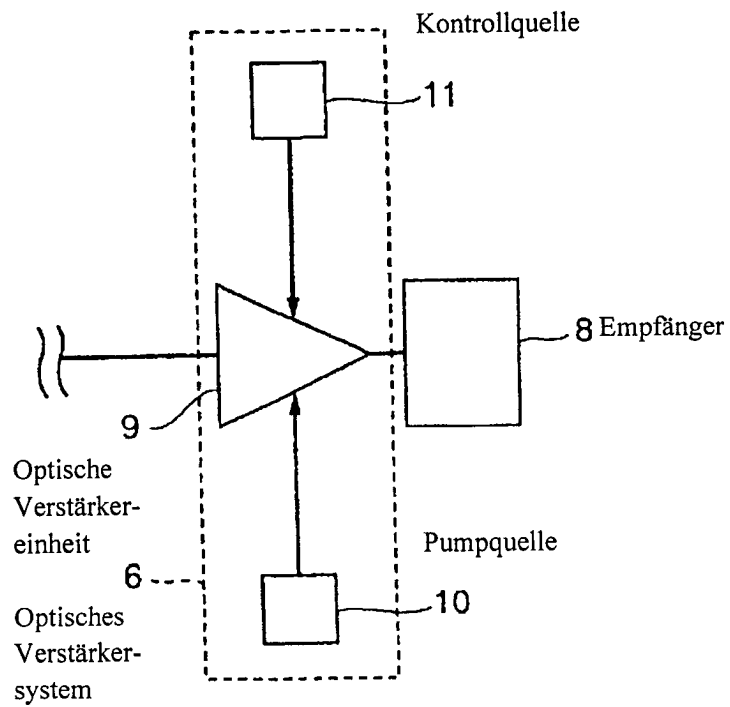


FIG.13

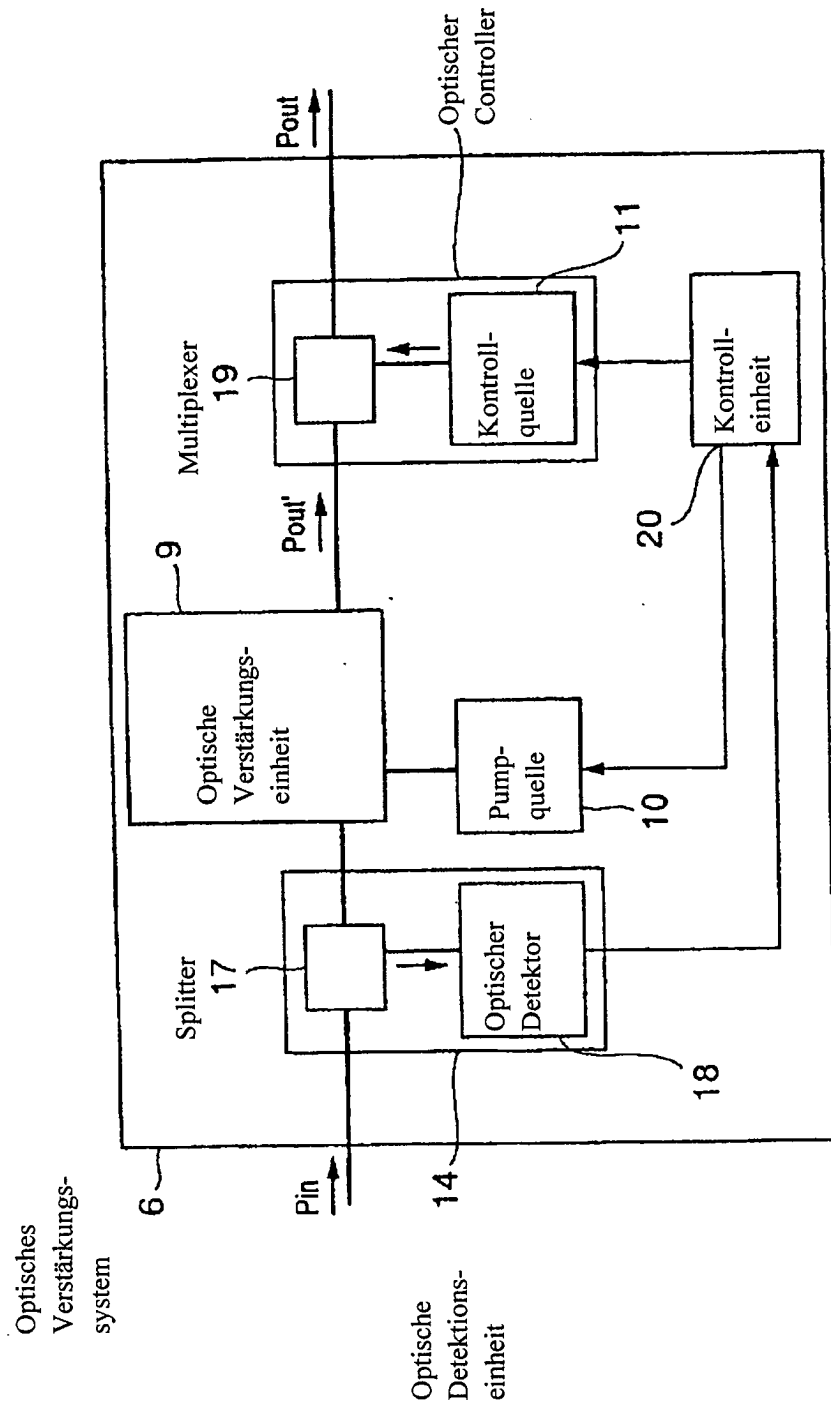


FIG.14

Optisches Verstärkungssystem

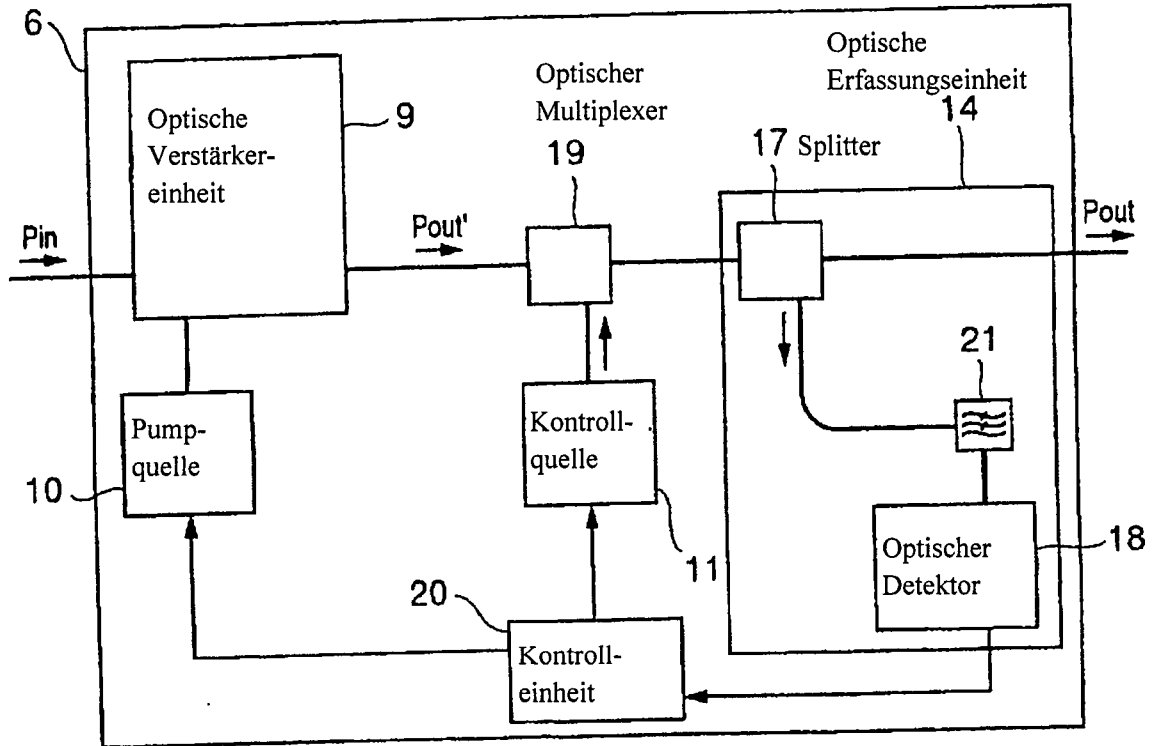


FIG.15

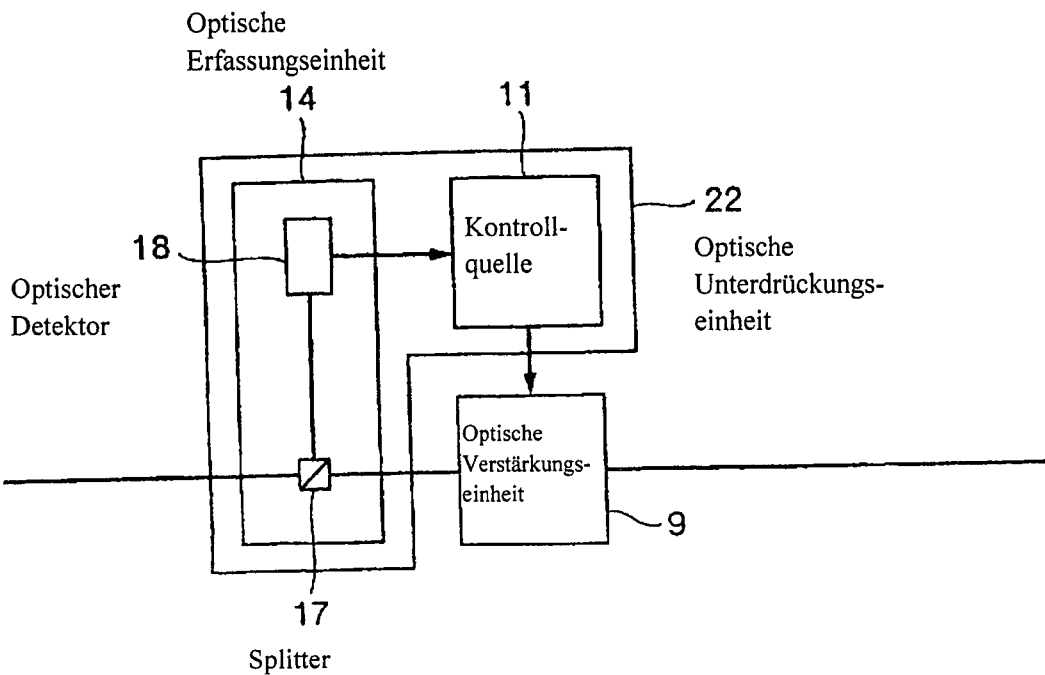


FIG.16

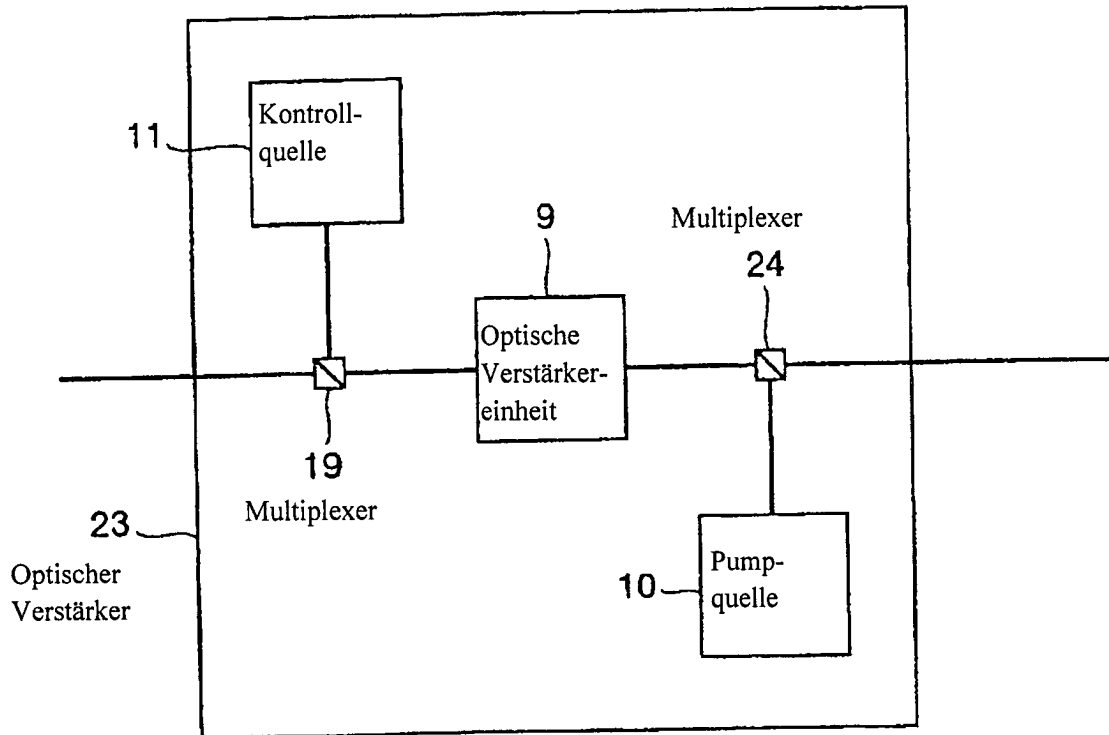


FIG.17

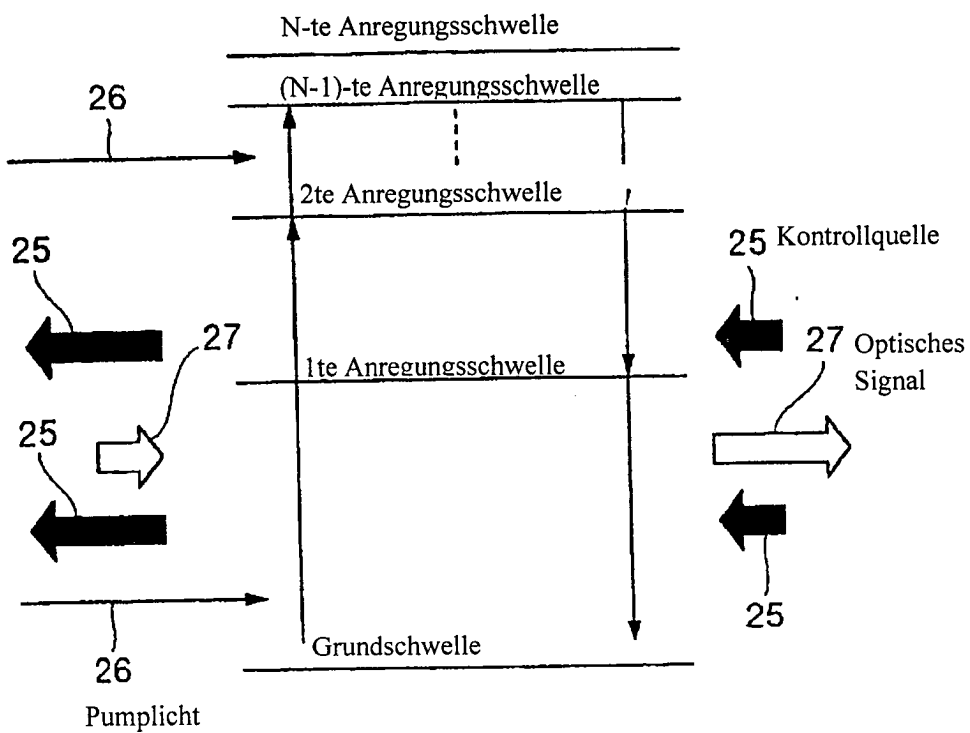


FIG.18

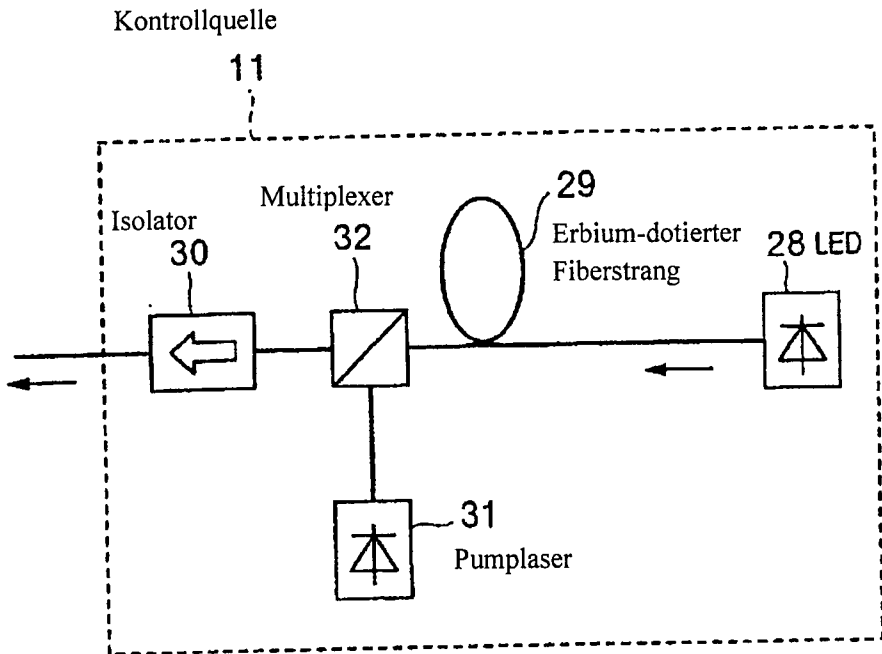


FIG.19

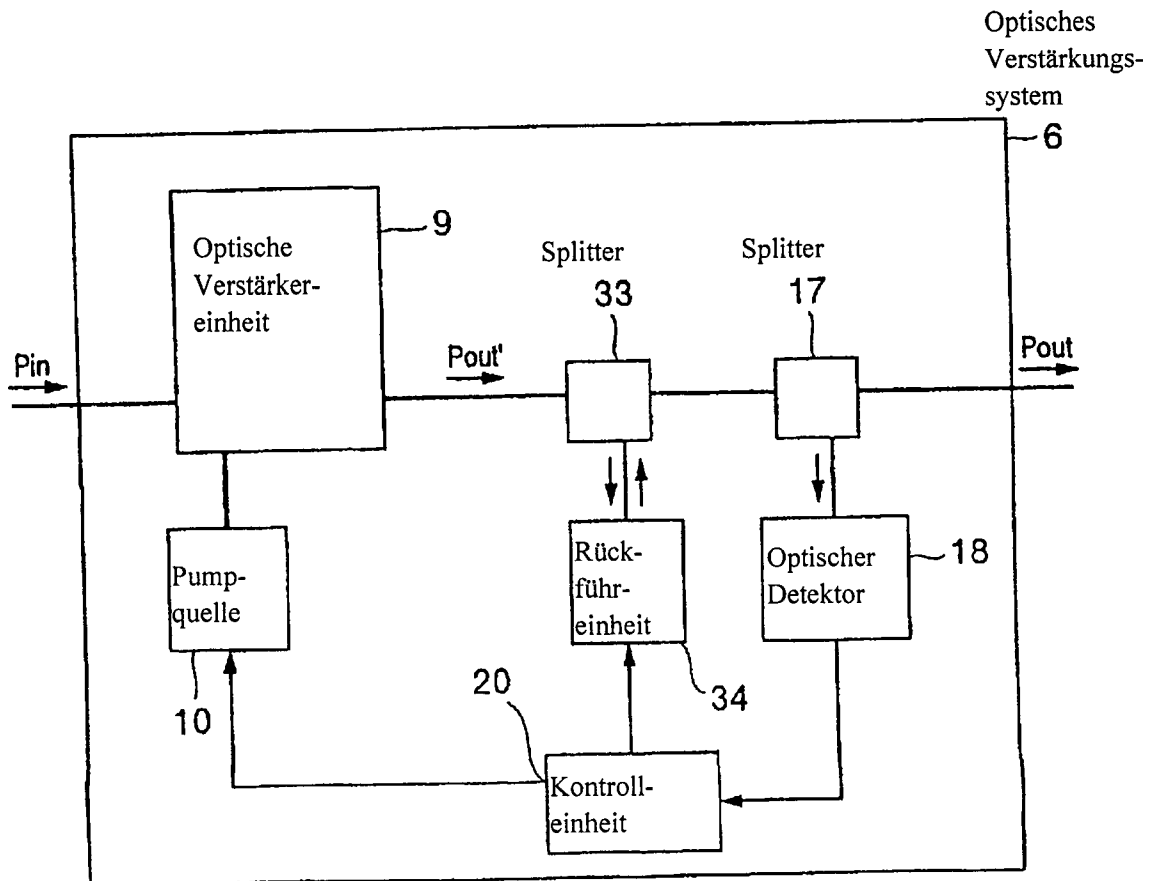


FIG.20

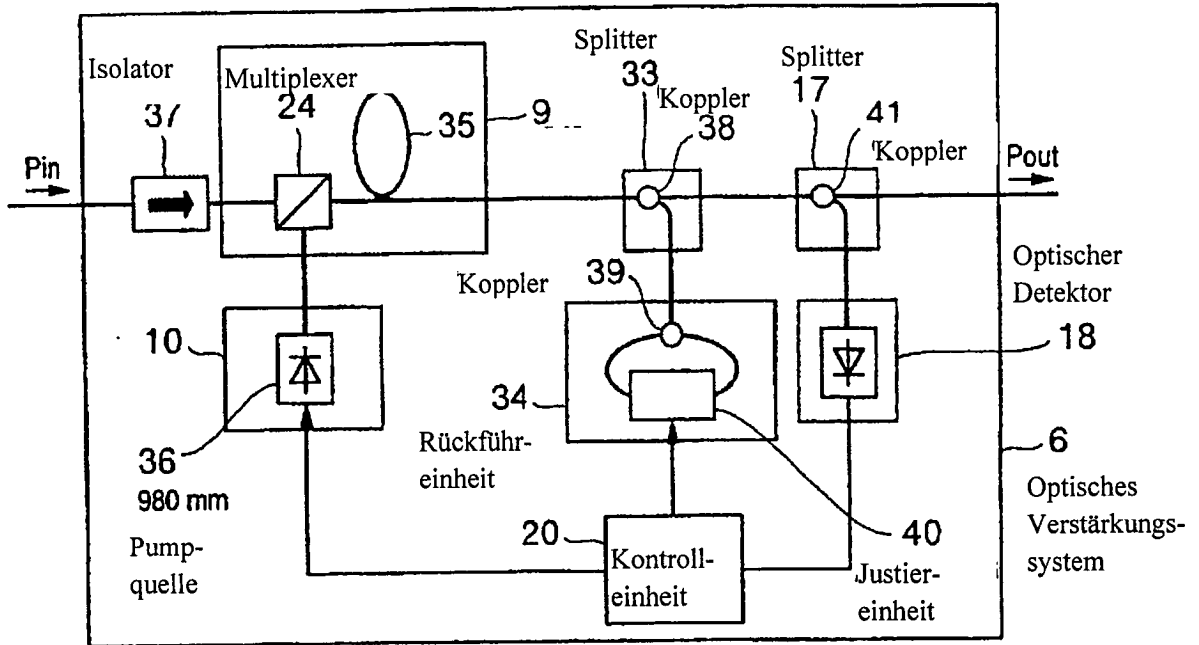


FIG.21

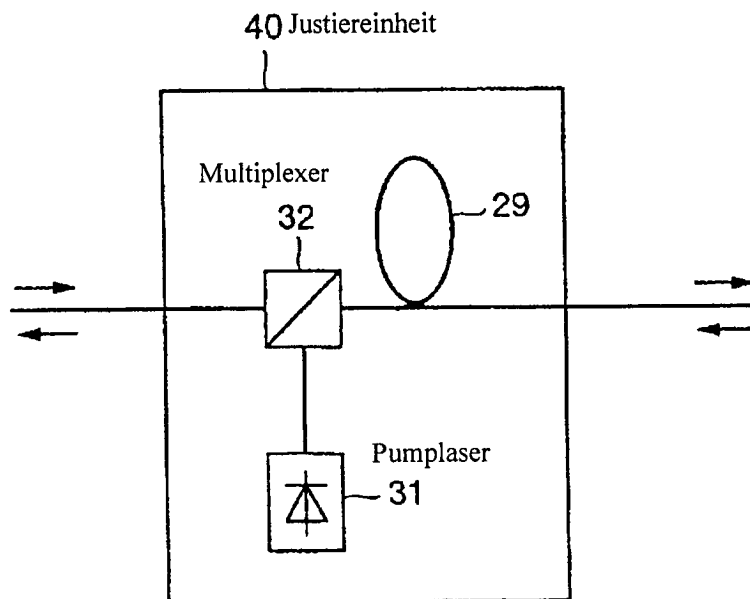


FIG.22

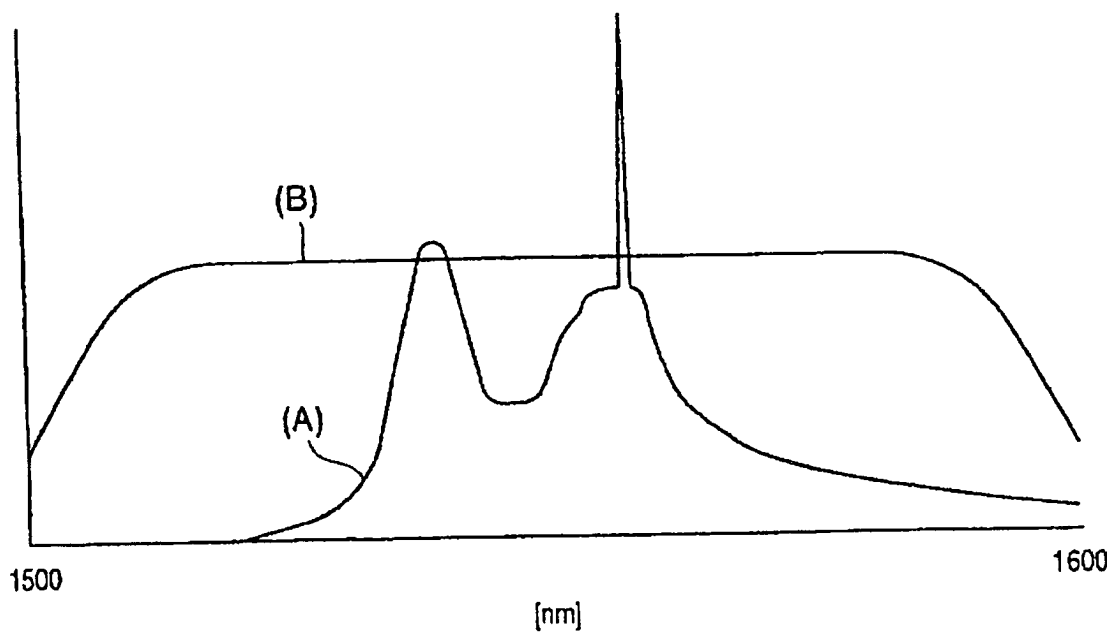


FIG.23A

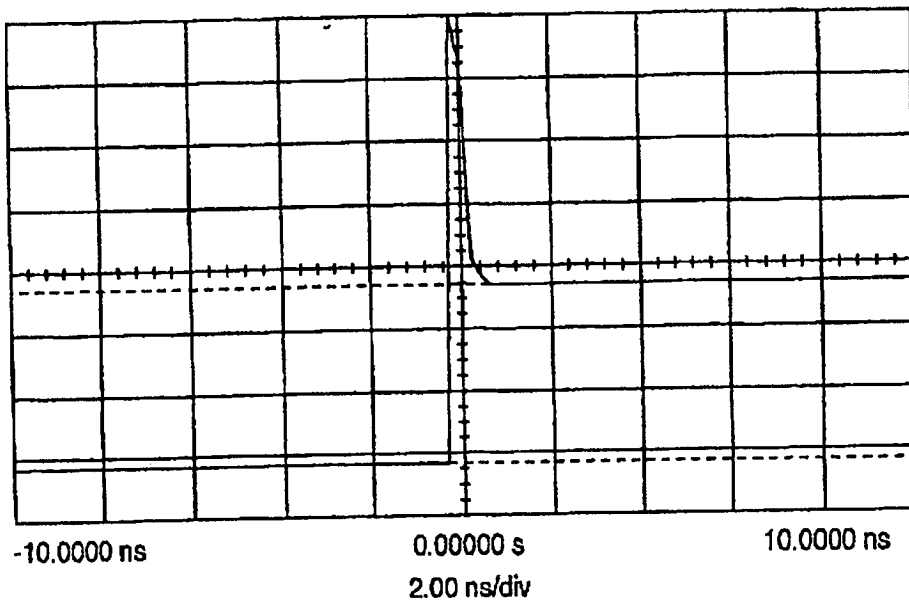


FIG.23B

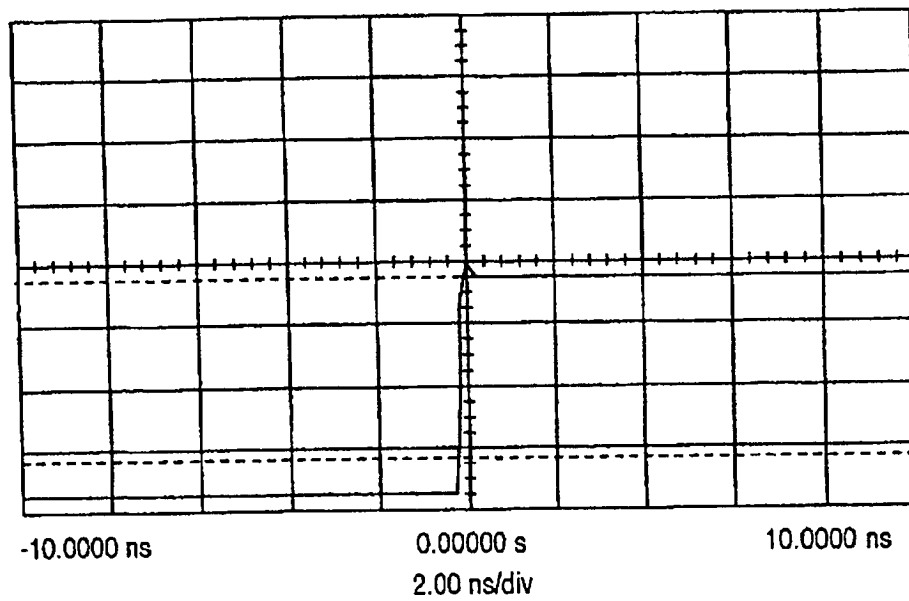


FIG.24

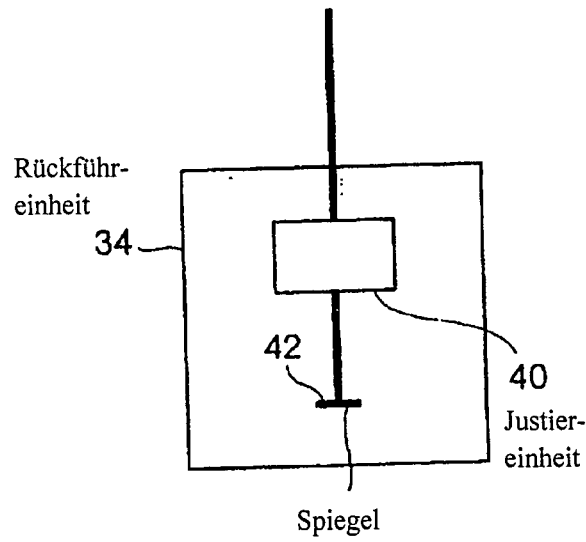


FIG.25

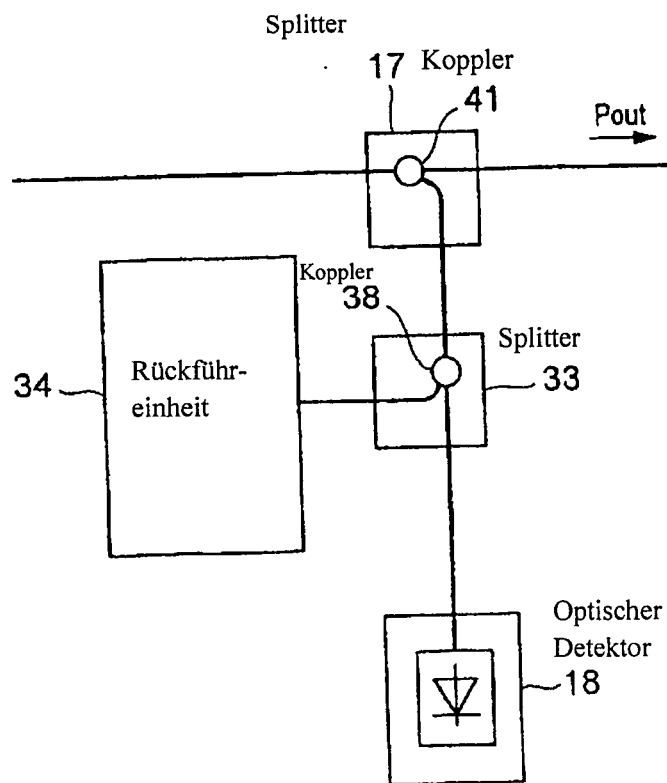


FIG.26

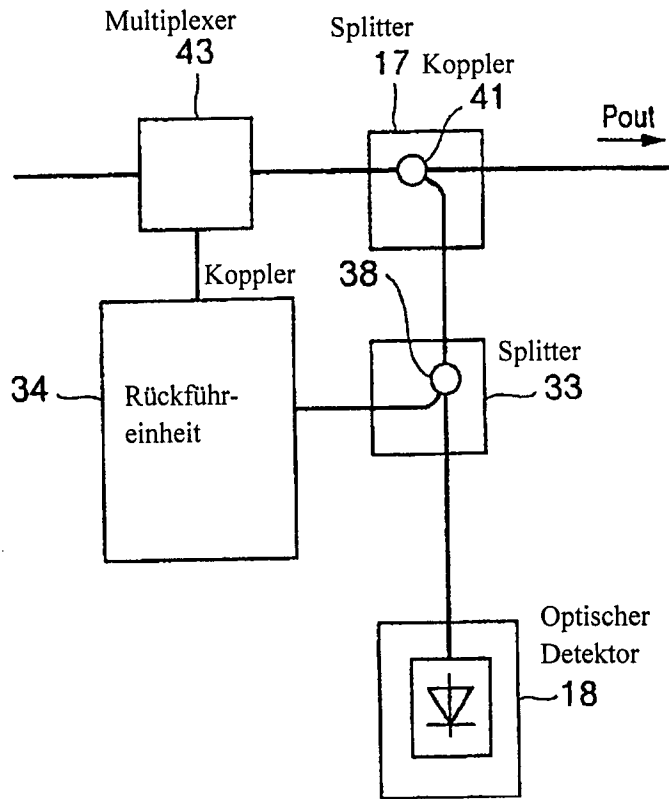


FIG.27

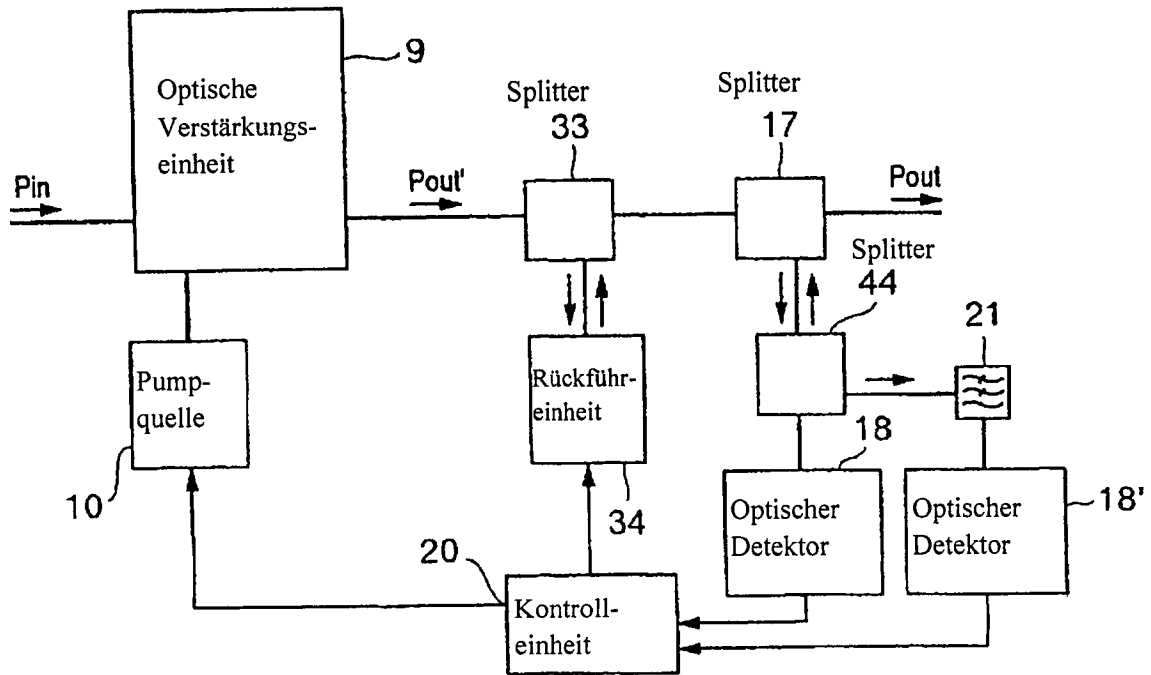


FIG.28

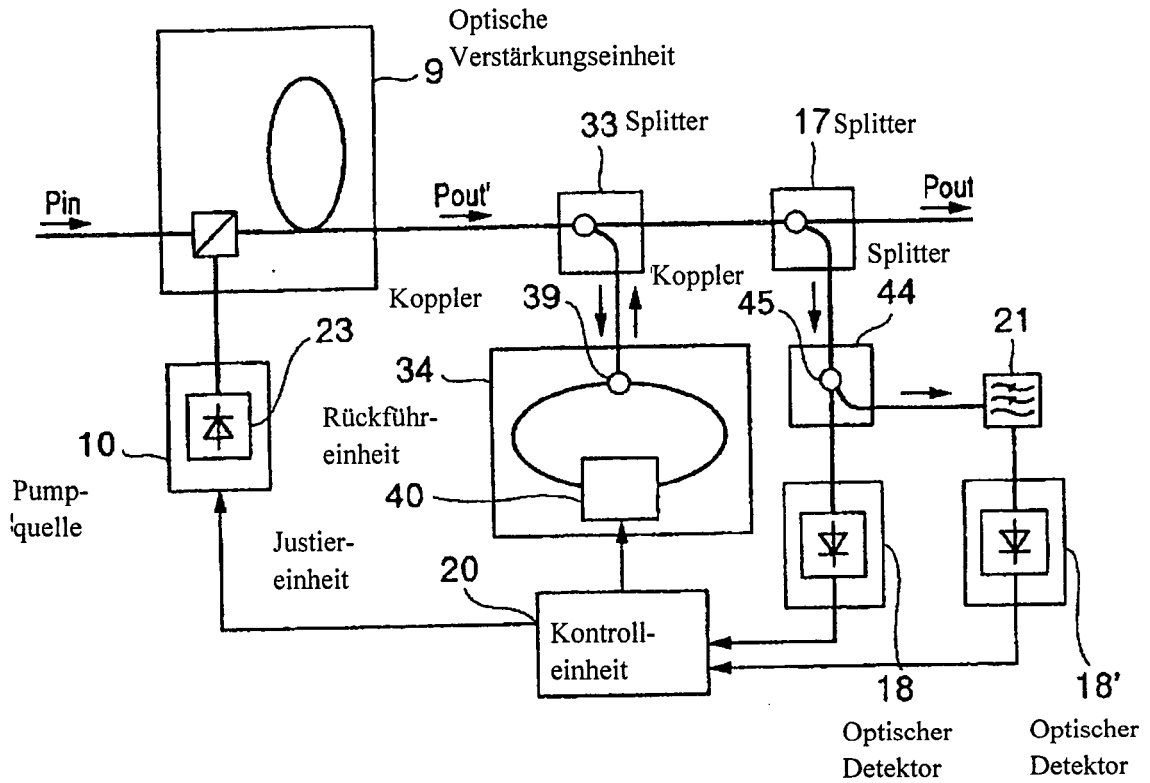


FIG.29

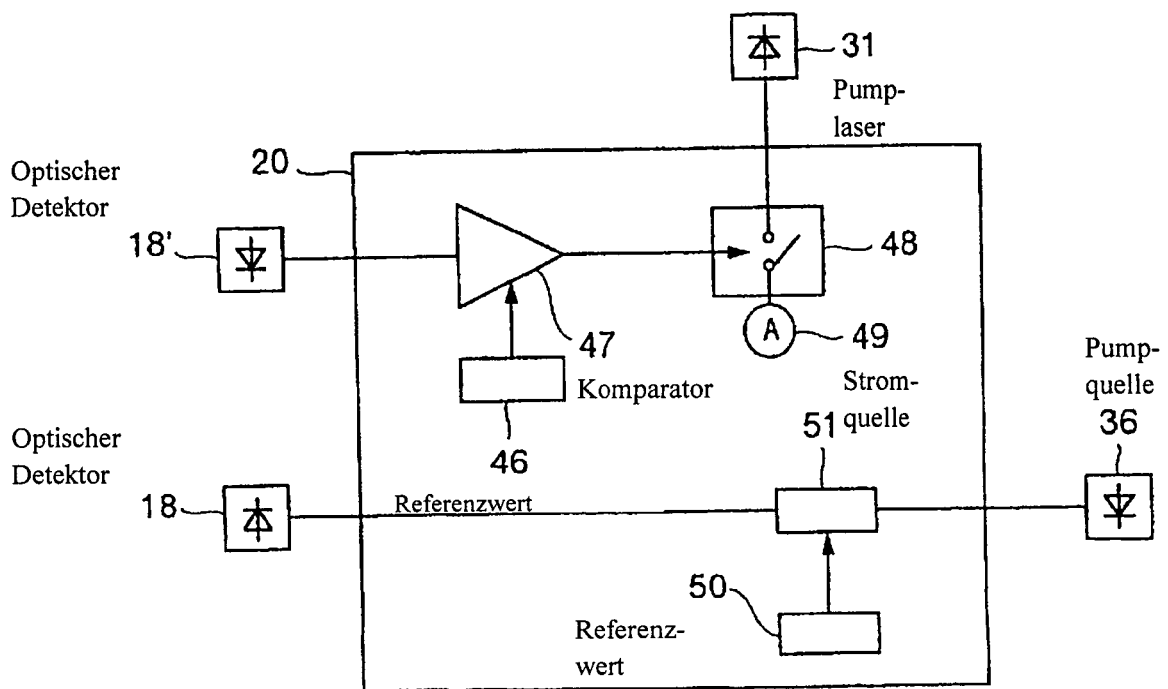


FIG.30

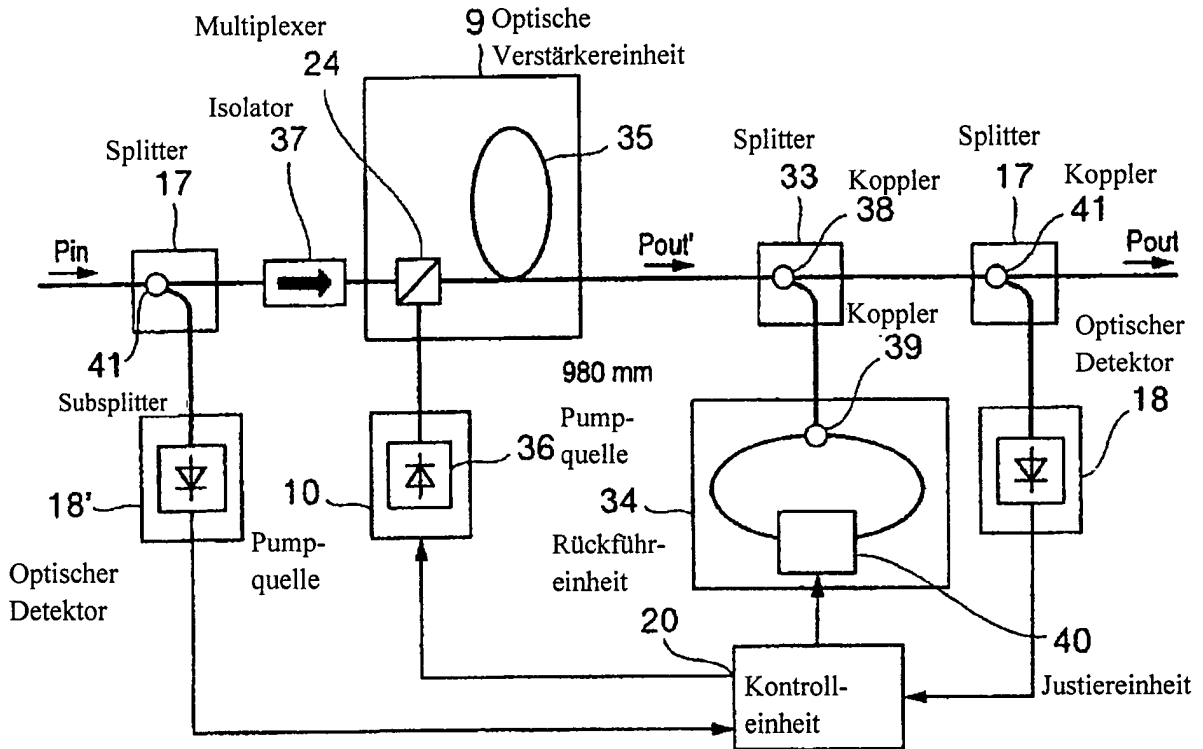


FIG.31

Optisches Stoßspitzenverhältnis

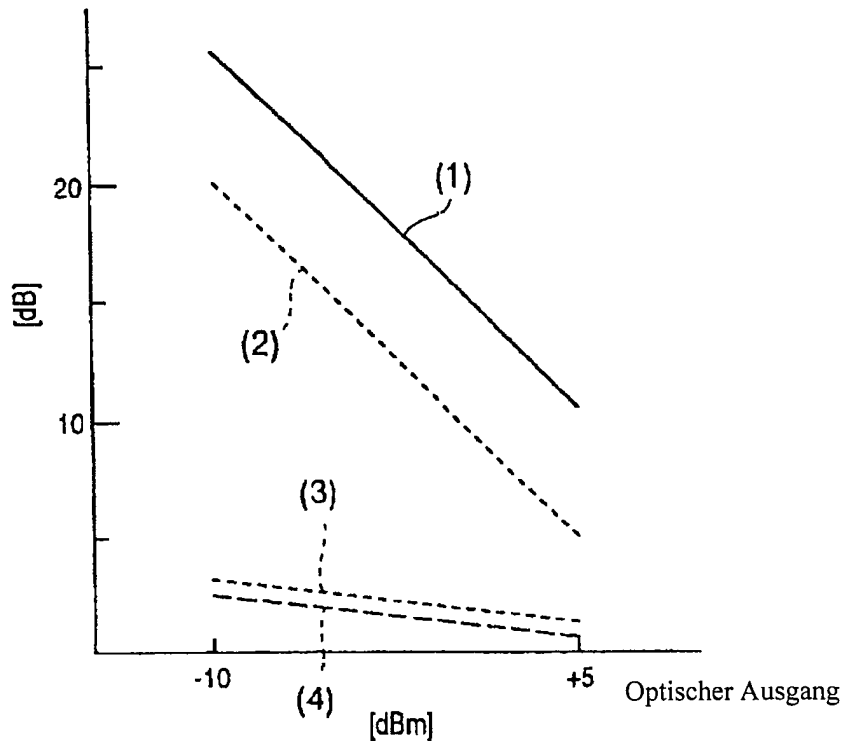


FIG.32

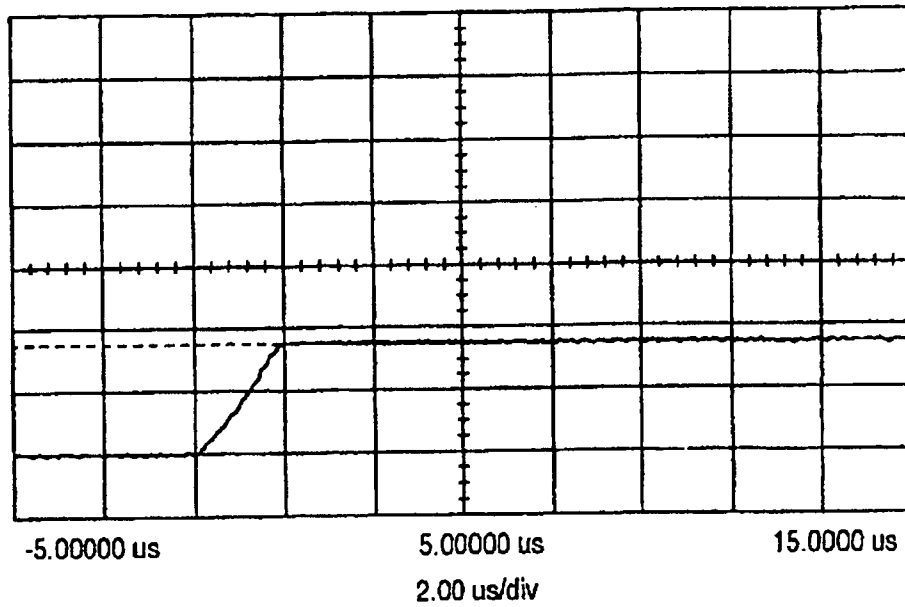


FIG.33

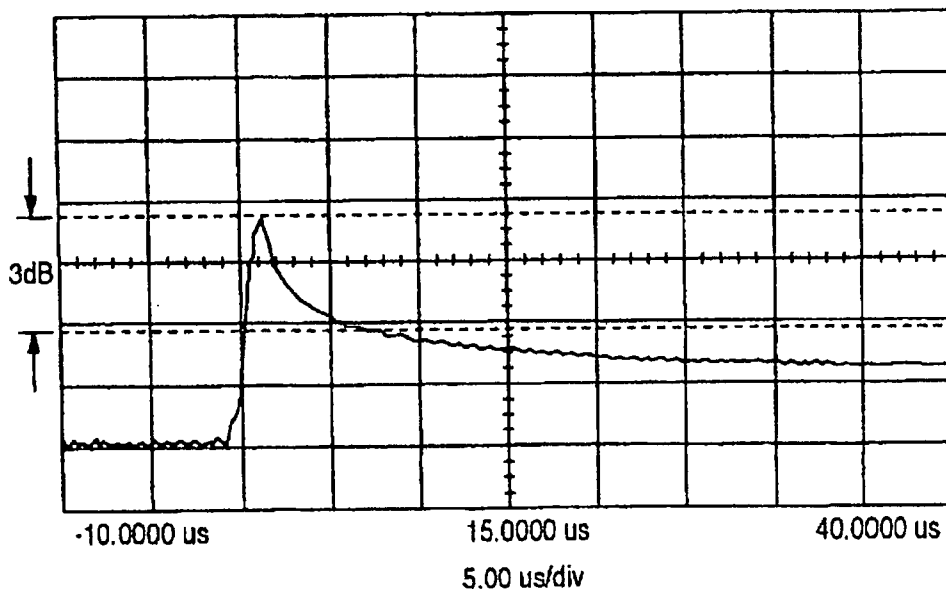


FIG.34

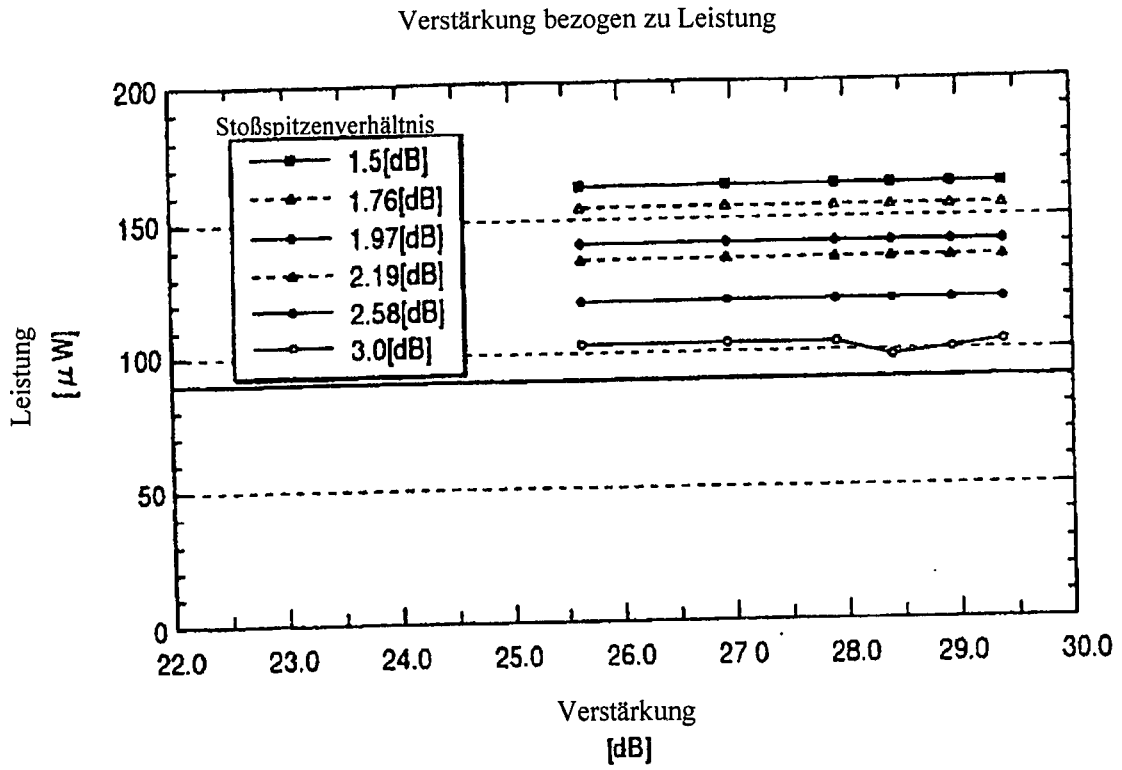


FIG.35

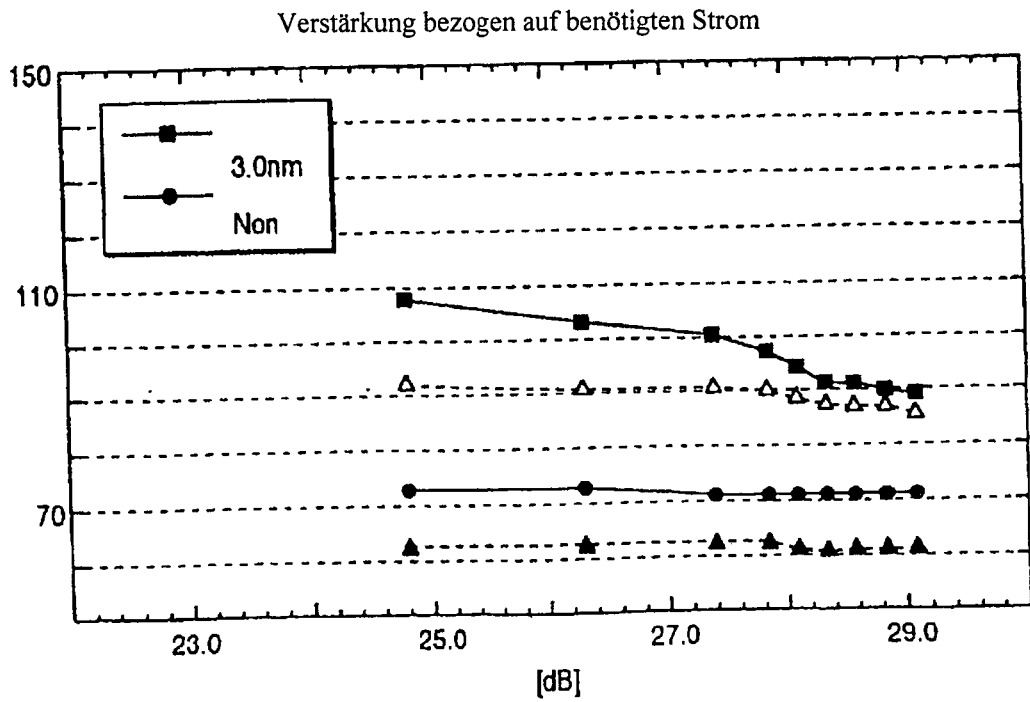


FIG.36

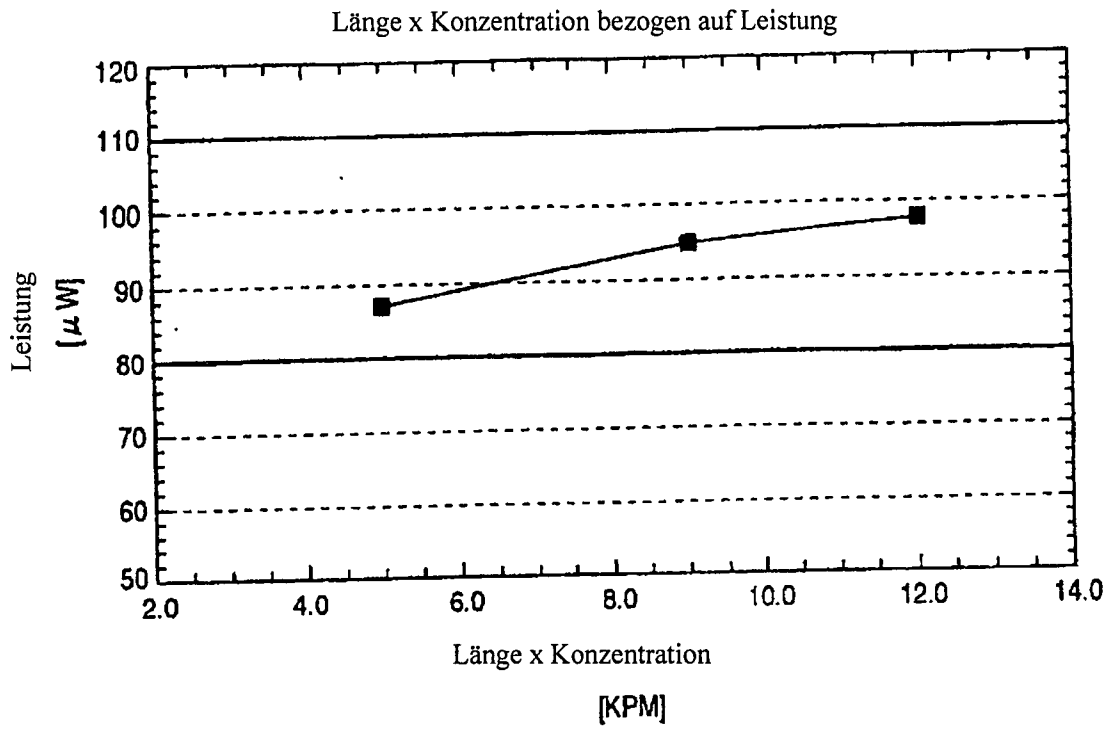


FIG.37

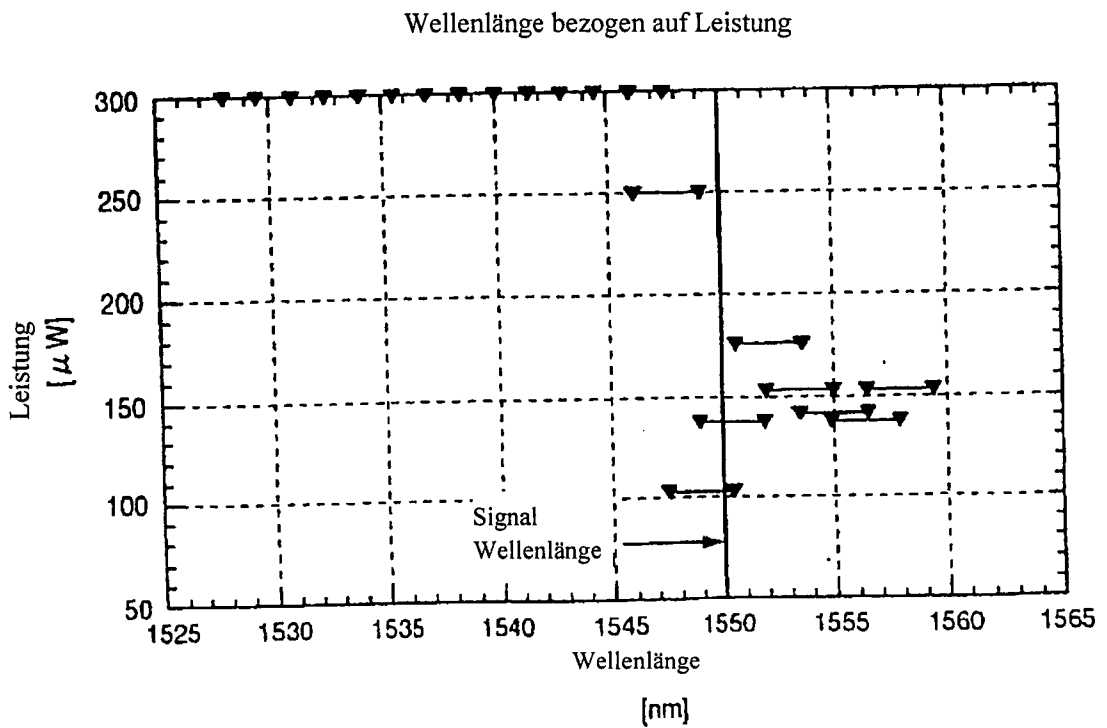


FIG.38A

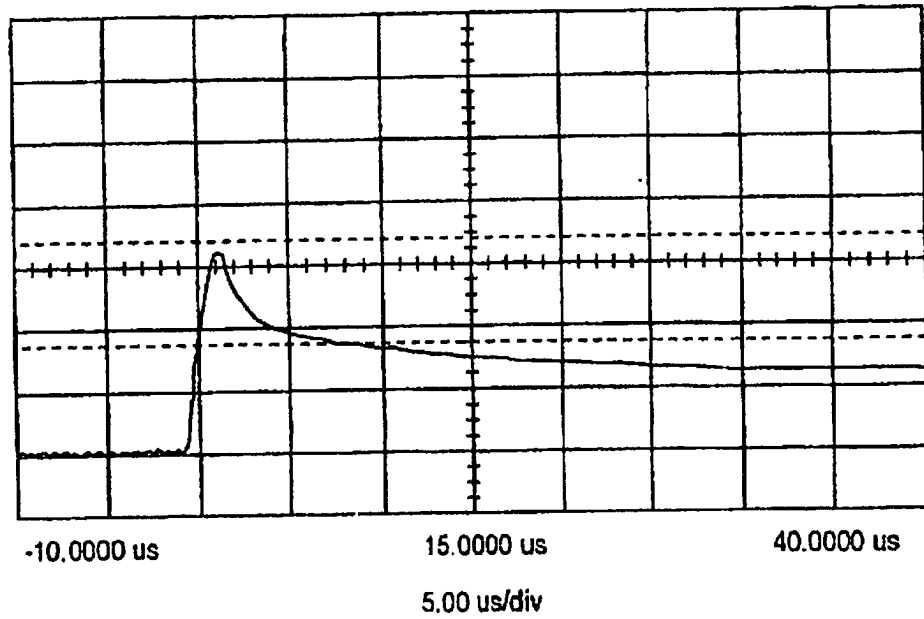


FIG.38B

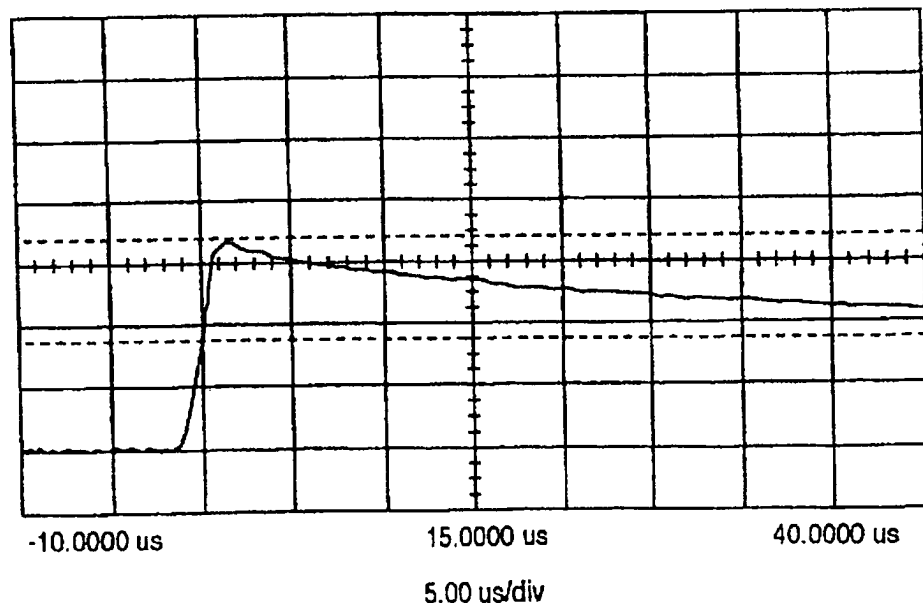


FIG.39

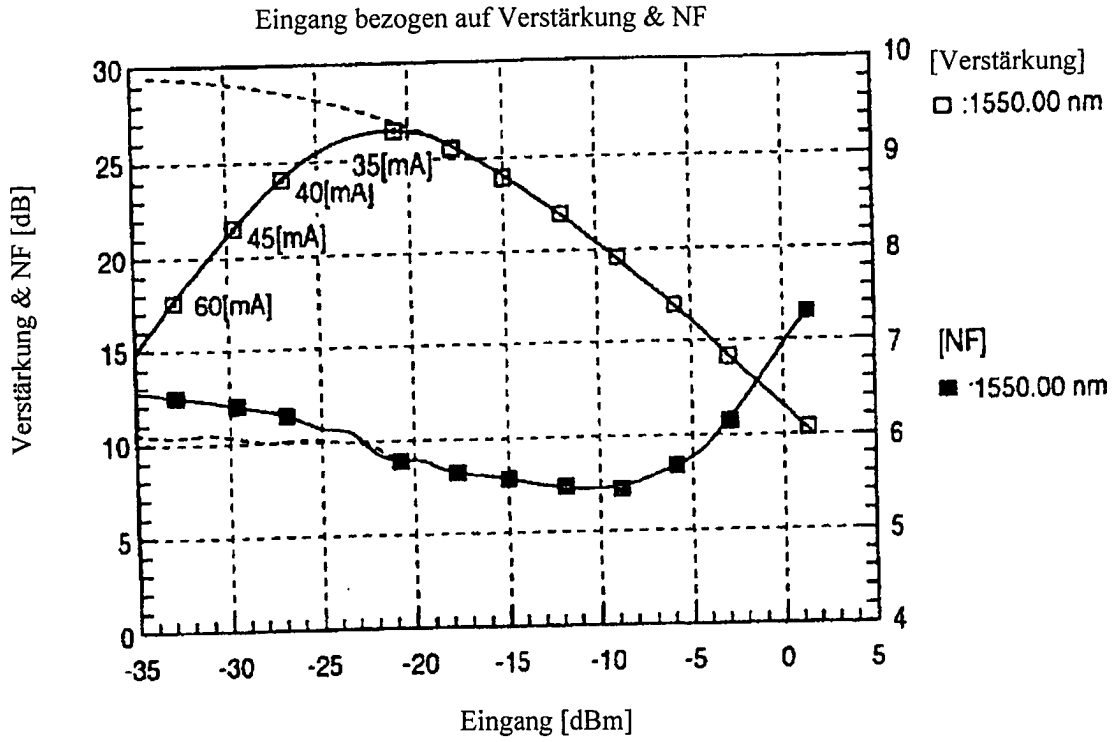


FIG.40

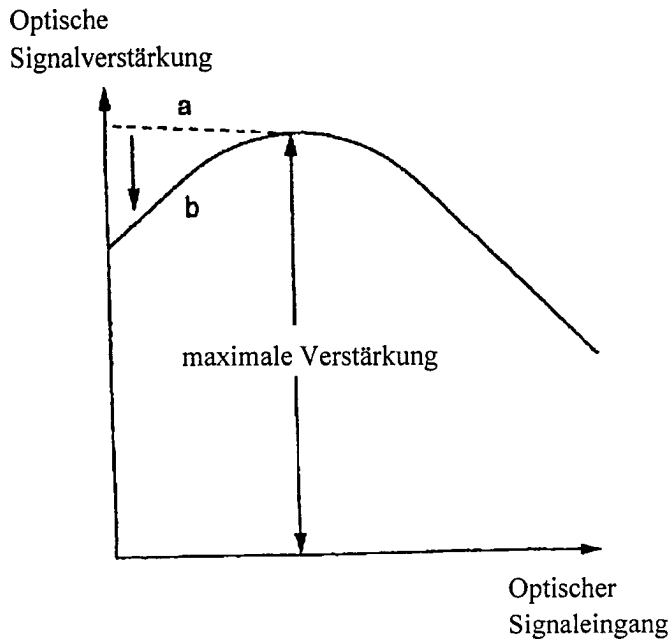


FIG.41A
STAND DER TECHNIK

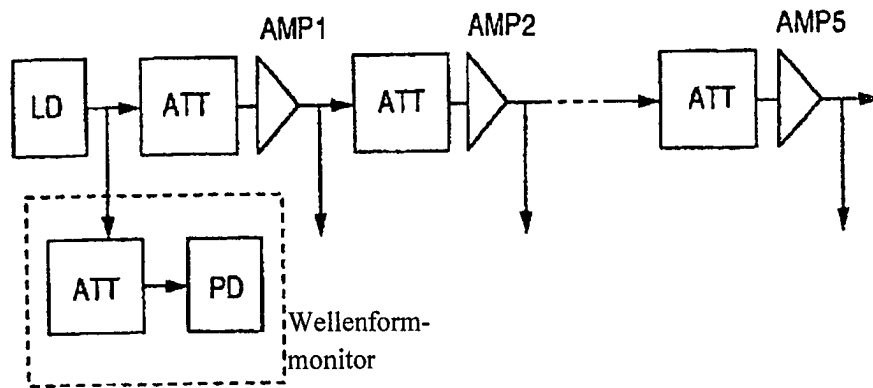


FIG.41B

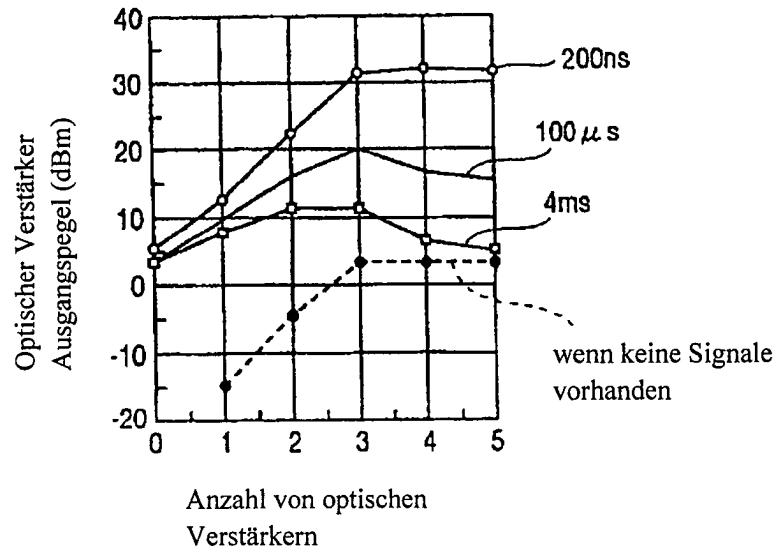


FIG.42

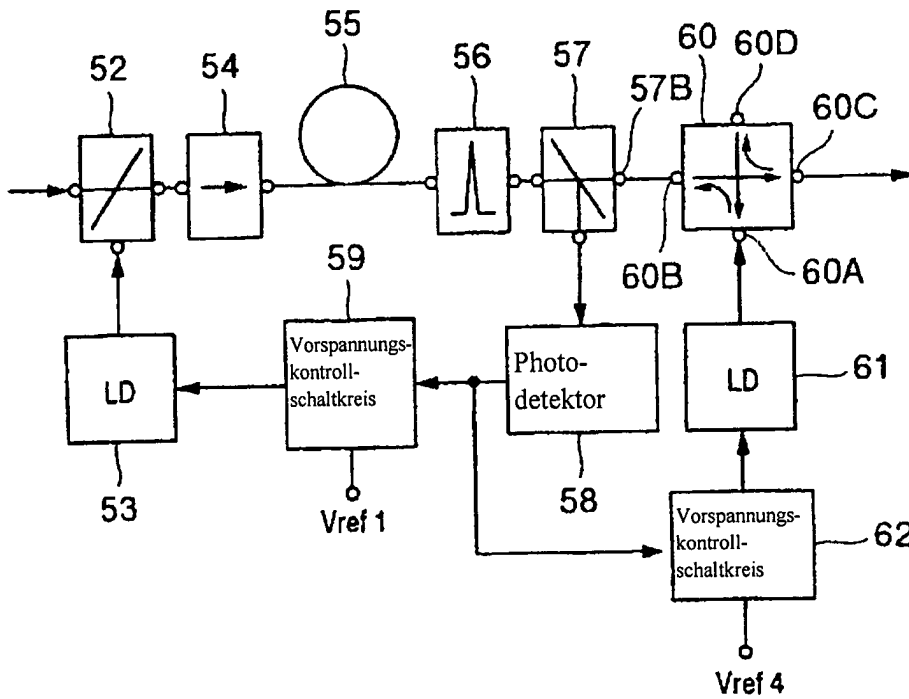


FIG.43

STAND DER TECHNIK

