



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 05 339 T2 2004.06.24**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 183 799 B1**

(51) Int Cl.⁷: **H04B 10/17**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 05 339.3**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/FR00/01542**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 938 891.9**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 00/76094**

(86) PCT-Anmeldetag: **06.06.2000**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **14.12.2000**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **06.03.2002**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **17.09.2003**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **24.06.2004**

(30) Unionspriorität:
9907200 08.06.1999 FR

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,
LI, LU, MC, NL, PT, SE**

(73) Patentinhaber:
Alcatel, Paris, FR

(72) Erfinder:
**JANZ, Christopher, Nepean Ontario K2H9G8, CA;
BISSESSUR, Hans, F-75014 Paris, FR; DEVAUX,
Fabrice, F-92120 Montrouge, FR; CHIARONI,
Dominique, F-92160 Antony, FR**

(74) Vertreter:
**Dreiss, Fuhlendorf, Steimle & Becker, 70188
Stuttgart**

(54) Bezeichnung: **REGENERATOR MIT WIEDERABGABE EINER OPTISCHEN TRÄGERWELLE**

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

Gebiet der Erfindung

[0001] Die Erfindung liegt auf dem Gebiet der Verarbeitung eines optischen Signals. Genauer gesagt betrifft die Erfindung die Regenerierung eines optischen Informationsübertragungssignals.

Technischer Hintergrund

[0002] **Fig. 8** zeigt sehr schematisch einen Regenerator **20**, in den ein von einer Übertragungsleitung **L** kommendes Signal eingespeist wird. Die Funktion des Regenerators ist, das Signal zu regenerieren, indem er es neu verstärkt, neu formt und wieder in Phase bringt. Diese Funktion ist bekannt unter der Bezeichnung 3R-Wiederherstellung für „Reamplification, Reshaping, Retiming“. Die Regenerierung kann auch nur bestimmte der Regenerierungsfunktionen, z.B. die Neuformung oder die Neuverstärkung, umfassen. Der Regenerator **20** umfasst einen Detektor **21**, der das empfangene optische Signal in ein elektrisches Signal wandelt, das die Modulation des optischen Signals trägt, ein Taktwiedergewinnungsmittel **22** zum Wiederherstellen des Taktsignals des Signals, ein Mittel **23** zur Wiederherstellung der Form der Modulation des von der Leitung **L** empfangenen Signals und schließlich einen Modulator **24**, der einerseits eine Trägerwelle von einem gestrichelt dargestellten Lokaloszillator **100** und das neu geformte elektrische Signal von dem Mittel **23** zur Wiederherstellung der Form der Modulation des auf der Leitung **L** empfangenen Signals empfängt, um am Ausgang ein wiederhergestelltes weitergesendetes Signal zu ergeben.

[0003] Man stellt fest, dass bei dieser Vorrichtung **20** die Trägerwelle des weitergesendeten Signals lokal wieder hergestellt wird und sich deshalb von der ursprünglichen Trägerwelle durch Veränderungen von Eigenschaften wie etwa der Wellenlänge, die geringfügig anders sein kann, selbst wenn die zwei Wellenlängen den gleichen nominellen Wert haben, der Polarisation, der Phase unterscheiden kann.

[0004] Ein anderes Ausführungsbeispiel ist beschrieben in dem Patent US-A-S 781 326 der Anmelderin, erteilt am 14.07.1998 (EP 813 097 A1). Die in diesem Patent beschriebene Erfindung hat die Aufgabe, eine rein optische Regenerationsvorrichtung vorzuschlagen, d.h. ohne optisch-elektrische und entgegengesetzte Wandlung.

[0005] Die Vorrichtung zur Formung eines binären Eingangssignals in Form einer ersten, zwischen hohen und niedrigen Leistungspegeln modulierten optischen Welle umfasst:

- eine erste Stufe zum Liefern, in Abhängigkeit von dem Eingangssignal, eines modulierenden optischen Signals in Form einer zweiten optischen Welle mit festgelegter Wellenlänge, die zwischen ersten und zweiten Leistungsniveaus moduliert

ist, wobei die höheren unter den ersten und zweiten Niveaus stabilisiert sind, so dass sie wenig von Fluktuationen der niedrigen und hohen Niveaus des Eingangssignals abhängen, und

- eine zweite Stufe mit einer interferometrischen Struktur, die an die erste Stufe gekoppelt ist, um das modulierende Signal zu empfangen und konstruiert ist, um ein Ausgangssignal zu liefern, das aus einer konstruktiven bzw. destruktiven Interferenz zwischen ersten und zweiten Hilfswellen resultiert, wenn die Leistung des modulierenden Signals gleich den ersten bzw. zweiten Niveaus ist.

[0006] Die erste und die zweite Stufe dieser Formungsvorrichtung könnte jeweils isoliert verwendet werden, um ein regeneriertes Ausgangssignal aus dem Eingangssignal zu erzeugen. Natürlich können die erste und zweite Stufe auch – wie in diesem Patent beschrieben – hintereinander geschaltet werden, um ein verbessertes regeneriertes Signal zu liefern, d.h. sie sind in der Lage, ausgehend von einem modulierten Eingangssignal von schlechter Qualität ein Ausgangssignal zu liefern, dessen hohe Pegel mit einer konstanten optischen Leistung stabilisiert sind und dessen niedrige Pegel eine praktisch verschwindende Leistung haben, und das dabei ein sehr hohes Signal-Rausch-Verhältnis aufweist.

[0007] Für ein gutes Verständnis des Beitrags der Erfindung zu der in diesem Patent beschriebenen Vorrichtung ist jede der Stufen der in diesem Patent beschriebenen Vorrichtung in **Fig. 1** der vorliegenden Anmeldung dargestellt.

[0008] Die erste Stufe ist in einem Teil A dargestellt, und die zweite Stufe ist in einem Teil B dargestellt.

[0009] Die erste Stufe **61** empfängt ein optisches Signal **E** in Form einer binär modulierten kontinuierlichen optischen Welle λ_e .

[0010] Die erste Stufe **61** umfasst einen optischen Faserverstärker **63**, der das Eingangssignal **E** empfängt und ein verstärktes Eingangssignal **AE** an eine Spitzendämpfungsvorrichtung **64** liefert. Die Spitzendämpfungsvorrichtung **64** umfasst einen optischen Halbleiterverstärker **OA**, von dem eine erste Seite an einen Laseroszillator **66** gekoppelt ist, der eine intermediäre Trägerwelle **L** liefert. Die andere Seite des Verstärkers **OA** ist mit einem Zirkulator **5** verbunden, der einen ersten und einen zweiten Anschluss aufweist, die vorgesehen sind, um das verstärkte Eingangssignal **AE** von dem Faserverstärker **63** zu empfangen bzw. es in den Verstärker **OA** einzuspeisen. Ein dritter Anschluss des Zirkulators **65** liefert das Signal **B** über ein auf die Wellenlänge λ_e des Eingangssignals eingestelltes Unterdrückungsfilter **F**. Die Wellenlänge λ_b der intermediären Welle **L** ist verschieden von der des Signal **E** gewählt.

[0011] Das Signal **B** kann das regenerierte Signal oder ein modulierendes Signal für die im Abschnitt B dargestellte zweite Stufe darstellen, die nun beschrieben wird.

[0012] Die zweite Stufe **62** der Vorrichtung aus

Fig. 1B umfasst eine interferometrische Struktur **67**, bestehend aus zwei leitenden Zweigen, die jeweils mit optischen Halbleiterverstärkern OA1 und OA2 versehen sind. Ein erster Koppler K1 erlaubt es, ein Ende jedes dieser Zweige an eine Laserquelle **68** zu koppeln, die eine Ausgangsträgerwelle M mit Wellenlänge λ_s liefert. Ein zweiter Koppler K2 ist so angeordnet, dass er die Einspeisung des zu regenerierenden ersten Signals in den ersten Verstärker OA1 ermöglicht. Ein mit dem Koppler K2 und dem zweiten Verstärker OA2 verbundener dritter Koppler ist so angeordnet, dass er ein Ausgangssignal S liefert, das aus der Kopplung von jeweils von den Verstärkern OA1 bzw. OA2 gelieferten Hilfswellen AM1 und AM2 resultiert. Die Wellen AM1 und AM2 entsprechen den Wellen M1 und M2 aus dem Koppler M1, jeweils durch die Verstärker OA1 bzw. OA2 verstärkt.

[0013] Ströme I1 und I2 werden jeweils in die Verstärker OA1 und OA2 eingespeist. Einer ersten Möglichkeit zufolge sind diese Ströme so angepasst, dass das Ausgangssignal S aus einer konstruktiven Interferenz der Wellen AM1 und AM2 resultiert, wenn die Leistung des Eingangssignals niedrig ist und im entgegengesetzten Fall aus einer destruktiven Interferenz resultiert.

[0014] Einer anderen Möglichkeit zufolge kann der Strom I2 auf einen Wert I21 oberhalb von I20 eingestellt sein, um eine destruktive Interferenz bei niedriger Leistung des Eingangssignals und konstruktive Interferenz bei hoher Leistung zu erreichen. Unabhängig davon, ob man sich im Fall der **Fig. 1A** oder der

[0015] **Fig. 1B** oder auch in dem im vorgenannten Patent zitierten Fall befindet, wo das Signal B das Eingangssignal der im Teil B dargestellten Vorrichtung bildet, ist die Ausgangswellenlänge wie in der in Verbindung mit **Fig. 8** beschriebenen Vorrichtung verschieden von der Eingangswellenlänge λ_e . Entsprechend weisen die Polarisation und die Phase der Ausgangswelle Abweichungen in Bezug auf die Eingangswelle auf.

[0016] Das Patent US 5 781 327, erteilt an TRW Inc. beschreibt ein elektrooptisches Modulationssystem, das im geschlossenen Regelkreis arbeitet. Die optische Trägerwelle wird von einem optischen Verstärkermedium **12**, **Fig. 1** und 5 und 32, **Fig. 3** erzeugt. Dieses Verstärkermedium wird von einer kontinuierlichen Welle gepumpt, die die kontinuierliche Welle am Ausgang des Verstärkermediums ist, an den Eingang dieses Mediums durch die Schleife zurückgeführt.

[0017] Dieser Zyklus der Schleife weist Modulationsmittel **10** zum Modulieren der aus dem optischen Verstärkermedium hervorgehenden Welle auf. Die Schleife hat einen Schleifenausgang für die modulierte optische Welle. Der Zyklus der Schleife umfasst Filter- oder Demodulationsmittel zum Verringern der Bandbreite der Pumpwelle. Dadurch wird die optische Effizienz der gesamten Vorrichtung verbessert (Spalte 2, Zeile 43). Insbesondere wird die Rückeinspeisung von unerwünschten Resonanzen in den

Modulator vermieden, die die Modulation stören würden (Ende des Anspruchs 1 dieses Patents).

[0018] Das optische Verstärkungsmedium in diesem Patent verhält sich wie ein Lokaloszillator mit einer Rückkoppelschleife, die auf den Eingang einen Teil des Ausgangs zurückführt. Dieses Patent wird zitiert, weil es bestimmte Filtermittel offenbart, die in der nachfolgend beschriebenen Erfindung verwendet werden.

[0019] In den Regenerationsvorrichtungen können die Schwankungen der Phase, der Wellenlänge oder der Polarisation, die auf eine lokale Erzeugung der Schwebungswelle zurückgehen, Nachteile aufweisen, insbesondere in einem Wellenlängenmultiplex-Übertragungssystem (WDM, Wavelength Division Multiplex). Entsprechend sind die Vorrichtungen zur kohärenten Verarbeitung eines optischen Signals, in denen die Polarisation des empfangenen Signals nicht bekannt ist, realisiert wie in **Fig. 9** dargestellt. In der in dieser Figur dargestellten Vorrichtung **40** wird, um sicher zu sein, dass ein auf einer Leitung L eintreffendes Signal mit einer Welle mit gleicher nomineller Wellenlänge wie eine Trägerwelle des Signals zur Schwebung gebracht werden kann, mit Hilfe von Lokaloszillatoren **28**, **29** und Mischern **26** bzw. **27** eine polarisierte Trägerwelle TE bzw. eine polarisierte Trägerwelle TM eingespeist. So wird eine Erfassung des von der Trägerwelle getragenen Signals realisiert. Die aus den Mischerdetektoren **26** und **27** hervorgehenden elektrischen Signale werden anschließend in bekannter Weise in einem Addierer **31** addiert.

Kurzbeschreibung der Erfindung

[0020] Ziel der Erfindung ist, Verbesserungen an einer Übertragungsleitung zu erreichen, insbesondere zielt sie darauf ab, die Wellenlänge der Trägerwelle auf der gesamten Länge einer Übertragungsleitung konstant zu halten. Hierfür wird erfindungsgemäß die von einem Lokaloszillator lokal erzeugte kontinuierliche Welle durch eine aus der vorhandenen modulierten Trägerwelle extrahierte kontinuierliche Welle in Höhe eines Eingangs eines Regenerators des von der Übertragungsleitung übertragenen Signals ersetzt. Wenn jeder der Regeneratoren erfindungsgemäß ist, bleibt die Wellenlänge der ursprünglichen Welle mit ihrer Phase und ihrer Polarisation auf der gesamten Länge der Übertragungsleitung erhalten. Wenn gesagt wird, dass die Phase und die Polarisation erhalten bleiben, bedeutet dies, dass der Phasen- oder Polarisationsversatz in Bezug auf die gesendete Welle konstant ist.

[0021] Diese Aufrechterhaltung hat Vorteile im Fall einer WDM-Übertragung, aber auch Vorteile im Hinblick auf das optische Rauschen auf der Leitung.

[0022] Die Erfindung betrifft somit einen Regenerator für optische Telekommunikation, mit:

- einem optischen Eingang zum Empfangen einer ein Modulationssignal tragenden, von einem an-

deren Regenerator oder einer entfernten Sendequelle kommenden Welle über eine optische Übertragungsleitung (L),

- Mittel zum Erzeugen einer reinen optischen Welle,
- einem Modulator, der eine für die am Eingang empfangene Modulation repräsentative Modulation empfängt, wobei dieser Modulator eine von den Mitteln zum Erzeugen einer reinen optischen Welle kommende reine optische Welle empfängt, wobei ein Ausgang des Modulators an einen Ausgang des Regenerators gekoppelt ist,

wobei der Regenerator dadurch gekennzeichnet ist, dass die Mittel zum Erzeugen der reinen optischen Welle durch Extraktionsmittel gebildet sind, die die von dem anderen Regenerator oder der entfernten Sendequelle kommende optische Welle empfangen und diese Extraktionsmittel diese Welle verarbeiten, um die Trägerwelle wiederherzustellen.

[0023] In ihrer einfachsten Form umfassen die Mittel zum Extrahieren der Trägerwelle Tiefpassfiltermittel, die das modulierte Signal empfangen und die von dem Generator erzeugte kontinuierliche optische Welle abgeben. Wenn von Hochpass- oder Tiefpassfilter die Rede ist, handelt es sich um tiefe oder hohe Frequenzen in Bezug auf das Basisband des getragenen Signals.

[0024] Das Tiefpassfilter kann durch eine Fabry-Perot-Kavität gebildet sein, von der eine der nominellen Resonanzfrequenzen gleich der nominellen Frequenz der vom Regenerator empfangenen Trägerwelle ist, wobei die Kavität das modulierte Signal empfängt und die kontinuierliche optische Welle liefert.

[0025] Je nach Art des ursprünglichen Signals und der Qualität, die man für die regenerierte Trägerwelle erreichen will, kann man auch ein Hochpassfilter vorsehen, das die vom Tiefpassfilter kommende optische Welle empfängt, wobei diese optische Welle in diesem Fall nicht mehr die kontinuierliche Ausgangswelle wird, sondern eine erste intermediäre kontinuierliche Welle. Das Hochpassfilter beseitigt Niederfrequenzkomponenten, die in dieser intermediären kontinuierlichen Welle noch vorhanden sein könnten. Das Ausgangssignal des Hochpassfilters stellt in diesem Fall die von den Mitteln zum Erzeugen einer reinen optischen Welle erzeugte kontinuierliche optische Welle dar. Später wird man sehen, dass das Hochpassfilter durch einen optischen Halbleiterverstärker gebildet sein kann.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0026] Ausführungsbeispiele und Anwendungen der Erfindung sowie Ergebnisse von mit einer erfindungsgemäßen Vorrichtung durchgeführten Versuchen werden nun in Verbindung mit den beigefügten Zeichnungen beschrieben. Es zeigen:

[0027] **Fig. 1** mit Teilen A und B, bereits kommen-

tiert, Beispiele von bekannten Regeneratoren;

[0028] **Fig. 2** die einfachste Ausgestaltung eines für die Erfindung verwendbaren Generators für eine kontinuierliche Welle;

[0029] **Fig. 3** eine besondere Form der einfachsten Ausgestaltung des Generators einer kontinuierlichen Welle, wie in **Fig. 2** dargestellt;

[0030] **Fig. 4** und **5** eine Ausgestaltung eines für die Erfindung verwendbaren Generators einer kontinuierlichen Welle, bei dem ein Hochpassfilter in Reihe mit dem Tiefpassfilter montiert ist.

[0031] **Fig. 4** umfasst einen Teil A, der schematisch die Vorrichtung darstellt, und einen Teil B, der eine Kurve zur Erläuterung von dessen Betriebsweise ist;

[0032] **Fig. 6** eine Ausgestaltung eines für die Erfindung verwendbaren Generators einer kontinuierlichen Welle, bei dem ein Phasenfilter in Reihe mit dem Tiefpassfilter montiert ist;

[0033] **Fig. 7** eine Ausgestaltung eines für die Erfindung verwendbaren Generators einer kontinuierlichen Welle, bei dem ein Hochpassfilter und dann ein Phasenfilter in Reihe hinter dem Tiefpassfilter montiert sind;

[0034] **Fig. 8** bereits teilweise kommentiert, Abwandlungen, die an einer bekannten Vorrichtung vorgenommen werden können, um daraus einen erfindungsgemäßen Regenerator zu machen;

[0035] **Fig. 9** bereits kommentiert, eine Vorrichtung nach dem Stand der Technik zur lokalen Erzeugung eines Trägers mit Polarisierungen TE und TM;

[0036] **Fig. 10** die Vorrichtungen, die an der in **Fig. 9** gezeigten bekannten Vorrichtung vorzunehmen sind, um zu dieser eine Vorrichtung nach einer der **Fig. 2** bis **7** hinzuzufügen;

[0037] **Fig. 11** schematisch einen experimentellen Aufbau zum Durchführen von Versuchen an der Erfindung;

[0038] **Fig. 12** Kurven von Versuchsergebnissen der Erfindung, erzielt mit dem in **Fig. 11** gezeigten experimentellen Aufbau.

[0039] In den Figuren tragen die Elemente mit gleicher Funktion das gleiche Bezugszeichen.

Beschreibung der Ausgestaltungen der Erfindung

[0040] Die **Fig. 2** bis **7** zeigen eine Vorrichtung **1** mit Mitteln (**2**) zum Extrahieren einer reinen kontinuierlichen Welle aus einer an einem Eingang der Vorrichtung **1** empfangenen, eine Modulation tragenden kontinuierlichen Welle, die von einer entfernten Quelle über eine Übertragungsleitung L kommt. Die Mittel **66**, **68** der **Fig. 8** und die Mittel **26** bis **29** und **31** können jeweils vorteilhaft durch eine Vorrichtung nach einer der **Fig. 2** bis **7** ersetzt werden. Bei ihrer in **Fig. 2** dargestellten einfachsten Ausgestaltung sind die Mittel **2** durch ein Tiefpassfilter **3** dargestellt. Dieses Tiefpassfilter kann die Form eines Fabry-Perot-Resonators **30** annehmen, wie schematisch in **Fig. 3** gezeigt. Bei diesem Resonator **30** ist eine seiner nominellen Resonanzfrequenzen gleich der Trägerfrequenz des

empfangenen modulierten Signals. Wenn das empfangene Signal ein wellenlängengemultiplextes Signal ist, ist es vorteilhaft, einen Resonator vorzusehen, dessen Resonanzfrequenzen mehrere oder gar alle Wellenlängen des gemultiplexten Signals umfassen. So ist es möglich, am Ausgang des Resonators jede der Signalträgerwellenlängen des gemultiplexten Signals wiederzufinden. Die Trägerwelle wird dadurch wiederhergestellt, dass das Filter, z.B. der Resonator, ein sehr schmales Durchgangsband um die Trägerwelle herum hat, so dass nur die Trägerwelle es passiert. Die durch die Modulation eingespeisten Frequenzkomponenten werden nicht durchgelassen. [0041] Wenn man unter Berücksichtigung des modulierten Signals und der Qualität, die man für den Träger erhalten will, den Träger am Ausgang des Filters **3, 30** weiter filtern will, kann man ein Hochpassfilter **5** vorsehen, wie in den **Fig. 4 bis 7** dargestellt. In diesem Fall kann das am Ausgang des Tiefpassfilters **3, 30** vorliegende Signal nicht mehr als die wieder hergestellte Trägerwelle angesehen werden. Aus terminologischen Gründen werden die verschiedenen Signale, die die Trägerwelle in einer mehr oder weniger reinen Form bilden, als „intermediäre kontinuierliche Welle“ bezeichnet. Je nach der Zahl von Vorrichtungen zur Verbesserung dieser Welle, die hinter dem Tiefpassfilter **3, 30** vorhanden sind, kann es eine erste intermediäre kontinuierliche Welle oder eine zweite intermediäre kontinuierliche Welle oder gar eine dritte intermediäre kontinuierliche Welle geben. Das Hochpassfilter ist vorgesehen, um Niederfrequenzkomponenten zu beseitigen, die den Träger am Ausgang des Tiefpassfilters **3, 30** noch verunreinigen. Zwei Ausgestaltungen dieses Filters sind dargestellt, die eine in **Fig. 4** und die andere in **Fig. 5**. Bei der in **Fig. 4** dargestellten Form ist das Filter ein optischer Halbleiterverstärker **6**. Die Funktionsweise wird deutlich anhand der Kurve, die die Verstärkung des Verstärkers in Dezibel in Abhängigkeit von der optischen Leistung des Eingangssignals, dargestellt an der Abszisse, darstellt. Diese Verstärkung weist ein Plateau für einen Leistungsbereich um eine nominelle Leistung des Verstärkers herum und dann eine Abnahme auf, wenn die optische Eingangsleistung zunimmt. Wenn man darauf achtet, durch eine geeignete vorherige Verstärkung die erste intermediäre kontinuierliche Welle so zu platzieren, dass ihr Leistungspegel in den Leistungswerten liegt, die sich in den von zwei gestrichelten vertikalen Linien in **Fig. 4**, Teil B, eingerahmten Werten der Verstärkung finden, werden die Fluktuationen des Ausgangsleistungspegels stark gedämpft oder gar unterdrückt. Die hohen Leistungspegel werden wenig verstärkt, da die Verstärkung für sie gering ist, die niedrigen Leistungspegel hingegen werden stärker verstärkt, da sie sich in einer Zone höherer Verstärkung befinden. Der Pegel der ersten intermediären kontinuierlichen Welle ist daher konstanter, was auch einer Frequenz mit einem Spektrum näher an dem einer reinen Welle entspricht. Diese Ausgestaltung hat den Vorteil, dass sie

auf einem einzigen Bauelement realisiert werden kann, das nur optische Verarbeitungen des Signals durchführt. **Fig. 5** zeigt eine andere Ausgestaltung des dem Tiefpassfilter **3, 30** nachgeschalteten Hochpassfilters. Bei dieser Ausgestaltung wird die erste intermediäre kontinuierliche Welle in einen elektrooptischen Demodulator **8** über eine Verzögerungsvorrichtung **9** eingespeist. Die erste intermediäre kontinuierliche Welle wird ebenfalls in einem invertierenden elektrooptischen Verstärker **7** empfangen. Ein am Ausgang des invertierenden Detektors **7** vorliegendes elektrisches Signal, das die Restmodulation invers zu der der ersten intermediären kontinuierlichen Welle darstellt, wird an den Modulator **8** angelegt. Wenn die Verzögerung geeignet gewählt ist, das heißt wenn sie gleich der in der den invertierenden Detektor **7** und ggf. einen Verstärker **10** aufweisenden Schleife zum Erfassen notwendigen Zeit ist, wird die erste intermediäre kontinuierliche Welle im Modulator **8** durch ein von dem Detektor **7** kommendes elektrisches Signal moduliert, das gegenphasig zur Restmodulation der ersten intermediären Trägerwelle ist. Die kontinuierliche Welle am Ausgang des Modulators **8** wird so von der am Ausgang des Tiefpassfilters **3, 30** vorhandenen Restmodulation befreit. Man erkennt, dass die erste intermediäre kontinuierliche Welle vor ihrer Einspeisung in das Hochpassfilter **5** mit Hilfe eines Verstärkers **4** verstärkt oder nicht verstärkt sein kann. Genauso kann am Ausgang des invertierenden Detektors **7** die erste intermediäre kontinuierliche Welle mit Hilfe eines Verstärkers **10** verstärkt oder nicht verstärkt sein. Die Notwendigkeit des einen oder des anderen der zwei Verstärker **4** und **10** ist für den Fachmann in Abhängigkeit vom Pegel der ersten intermediären kontinuierlichen Welle und der für den Modulator **8** und den invertierenden Detektor **7** erforderlichen Pegel erkennbar.

[0042] Eine Verbesserung der ersten intermediären kontinuierlichen Welle am Ausgang des Tiefpassfilters **3, 30** kann auch erzeugt werden durch eine Filterung einer evtl. Restmodulation der Phase. Hierfür und wie in **Fig. 6** dargestellt wird ein Phasenfilter **11** hinter das Tiefpassfilter **3, 30** eingefügt. Bei der als Beispiel in **Fig. 6** dargestellten Ausgestaltung wird die erste intermediäre kontinuierliche Welle, die von dem Tiefpassfilter **3, 30** kommt, über eine erste Verzögerung **30**, z.B. in Form einer Länge von optischer Faser, in einen Phasenmodulator **12** eingespeist. Dieser Modulator empfängt ein Modulationssignal in Form eines elektrischen Signals von einem Phasenkomparator **14**. Der Phasenkomparator **14** empfängt an einem ersten Eingang **15** die erste intermediäre kontinuierliche Welle und an einem zweiten Eingang **17** eine durch eine zweite Verzögerung **16** verzögerte Welle. Diese am zweiten Eingang **17** über die Verzögerung **16** eintreffende Welle ist die Ausgangswelle des Modulators **12**. Diese Welle stellt in diesem Fall die vom Generator **1** erzeugte kontinuierliche optische Welle dar. Das von dem Phasenkomparator **14** kommende elektrische Modulationssignal moduliert

gegenphasig zur Restphasenmodulation die erste intermediäre kontinuierliche Welle, so dass am Ausgang des Modulators **12** diese erste intermediäre kontinuierliche Welle von einer eventuellen Rest-Phasenmodulation befreit ist, und bildet so die vom Generator **1** erzeugte kontinuierliche Welle. Natürlich kann – wie im Fall des Hochpassfilters **5** – die erste intermediäre kontinuierliche Welle vor ihrer Einspeisung in das Phasenfilter **11** mit Hilfe eines Verstärkers **4** verstärkt oder nicht verstärkt sein. Genau so kann das detektierte und phaseninvertierte elektrische Signal an seinem Ausgang des Phasenkomparators **14** mit einem Verstärker **19** verstärkt oder nicht verstärkt werden. Die Notwendigkeit des einen oder anderen oder beider Verstärker **4** und **19** ist dem Fachmann in Abhängigkeit vom Pegel der ersten intermediären kontinuierlichen Welle und, in dem in **Fig. 6** dargestellten Beispiel, der für den Phasenmodulator **12** und den Phasenkomparator **14** erforderlichen Pegel erkennbar.

[0043] Bei der in **Fig. 7** dargestellten Ausgestaltung folgt auf das Hochpassfilter **5**, wie z.B. in **Fig. 4A** oder **5** dargestellt, ein Phasenfilter **11**, wie z.B. in **Fig. 6** dargestellt. In diesem Fall wird die am Ausgang des Hochpassfilters **5** vorhandene kontinuierliche Welle zu der zweiten intermediären kontinuierlichen Welle, und die von dem Generator **1** erzeugte kontinuierliche Welle ist in diesem Fall am Ausgang des Phasenfilters **11** vorhanden. Die Betriebsweise jedes dieser Filter **5**, **11** ist die gleiche wie oben in Verbindung mit den **Fig. 4**, **5** bzw. **6** beschrieben, und wird nicht erneut erläutert. Dadurch, dass die Filter, Hochpassfilter **5** und Phasenfilter **11**, in Reihe geschaltet sind, werden die erste bzw. die zweite intermediäre kontinuierliche Welle von den Rest-Amplituden- und -Phasenmodulationen befreit.

[0044] Anwendungsbeispiele einer durch einen Generator **1** erzeugten kontinuierlichen Welle, wie z.B. in einer der **Fig. 2** bis **7** dargestellt, werden nun in Verbindung mit den **Fig. 1** bis **8** und **10** behandelt. In den in den Teilen A und B der **Fig. 1** dargestellten Regeneratoren können die Wellengeneratoren **66**, **68** durch einen Generator **1** ersetzt werden, wie in Verbindung mit den **Fig. 2** und **Fig. 7** beschrieben, was zu einem Regenerator gemäß der Erfindung führt. Die bereits kommentierte **Fig. 8** stellt einen anderen Regenerator **20** dar, wie etwa jene, die bei der optischen Telekommunikation verwendet werden, um ein z.B. aufgrund des bereits zurückgelegten Abstandes abgeschwächtes Signal zu regenerieren. Wie weiter oben erläutert, kann dieses Signal in 3R-Form regeneriert werden. Die Weitersendung dieses Signals erfordert die Erzeugung einer Trägerwelle, die, wie man gesehen hat, von einem Lokaloszillator **100**, gestrichelt dargestellt, erzeugt wird. Vorteilhafterweise kann der in **Fig. 8** gestrichelt dargestellte Lokaloszillator **100** durch einen Generator **1** für eine kontinuierliche Welle, wie in den **Fig. 2** bis **7** dargestellt, ersetzt werden. Der durch diese Ersetzung erreichte Hauptvorteil ist, dass die Wellenlänge für das weitergesen-

dete Signal exakt gleich der Sendewellenlänge des ersten Senders des Signals bleibt. Der evtl. Nachteil kann daher rühren, dass das in dem Band vorhandene spontane Emissionsrauschen aufrecht erhalten bleibt. Es ist jedoch zu erkennen, dass es sich nur um Rauschen in einem sehr engen Band um die reine Frequenz des Trägers herum handelt, weil die anderen Teile des vom Regenerator **20** empfangenen Signals gefiltert worden sind. Wie man später sehen wird, erhöht dieses Rauschen nicht wesentlich den Gesamtwert des Signal-Rausch-Verhältnisses.

[0045] Ein anderes Ausführungsbeispiel wird nun in Bezug mit den **Fig. 9** und **10** kommentiert. Die bereits kommentierte **Fig. 9** zeigt einen Teil **40** einer bekannten Vorrichtung, die vorgesehen ist, um eine Verarbeitung an einem auf einer Leitung **L** eintreffenden Signal vorzunehmen. Es könnte sich typischerweise um einen Teil eines kohärenten Empfängers handeln. Das auf der Leitung eintreffende Signal ist gebildet durch eine modulierte Trägerwelle. Um sicher zu sein, dass eine Erfassungsschwebung zwischen einer lokal mit der nominellen Wellenlänge des Trägers erzeugten Welle und dem Signal erfolgreich realisiert werden kann, wird in dieser Vorrichtung das Signal mit zwei Trägerwellen, einer TE-Welle und einer TM-Welle, in den zwei Mischerdetektoren **26** und **27** gemischt, die jeweils einen TE- bzw. TM-Träger von lokalen Oszillatoren **28** bzw. **29** empfangen. Die an dem Ausgang der Mischer **26** bzw. **27** vorhandenen elektrischen Erfassungssignale werden anschließend in einem Addierer **31** addiert. Mit einigen bekannten Einschränkungen betreffend die Verstärkungen der zwei Detektoren **26**, **27** ist das am Ausgang des Addierers **31** erfasste Signal unabhängig von Fluktuationen der Polarisation des auf der Leitung **L** vorhandenen Signals. Wie in **Fig. 10** dargestellt, kann der Teil **40** der Vorrichtung vorteilhaft durch einen Vorrichtungsteil **41** ersetzt werden, der einen Generator **1** für eine Trägerwelle nach einer der **Fig. 2** bis **7** und einen einzigen Mischerdetektor **32** umfasst. Der Mischerdetektor **32** empfängt das von der Leitung **L** kommende modulierte Signal und die von der Vorrichtung **1** erzeugte wieder hergestellte Trägerwelle. Die eventuelle Polarisationsdifferenz zwischen der Polarisation der auf der Leitung **L** eintreffenden Trägerwelle und der am Ausgang der erfindungsgemäßen Vorrichtung **1** vorhandenen Trägerwelle ist konstant. Dadurch ist man nach Zufügung von nicht dargestellten bekannten Mitteln vor einem der zwei Eingänge des Mischerdetektors **32** zum Kompensieren der Polarisationsdrehung sicher, dass die am Eingang des Mischerdetektors **32** anliegenden Signale die gleiche Polarisation und natürlich die gleiche Wellenlänge haben.

[0046] Versuche an einem Regenerator mit einem Generator **1** werden nun in Verbindung mit den **Fig. 11** und **12** kommentiert. Die **Fig. 11** zeigt schematisch einen experimentellen Aufbau, der dazu dient, Versuche an der Erfindung durchzuführen. **Fig. 12** zeigt Kurven von Versuchsergebnissen der

Erfindung, die mit dem in **Fig. 11** dargestellten experimentellen Aufbau erhalten wurden.

[0047] Mit Bezug auf **Fig. 11** wird ein gleicher Generator **54** einer pseudozufälligen binären Folge als Modulationssignal einerseits für einen Modulator **51**, der einen Teil dessen bildet, was als anfängliche Sendekette angesehen werden kann, und andererseits für einen zweiten Modulator **55** verwendet, der Teil einer Vorrichtung ist, die als ein Regenerator angesehen werden könnte. Der erste Modulator **51** empfängt eine von einem Halbleiterlaseroszillator mit verteiltem Reflektor (Distributed Feedback Laser) erzeugte Trägerwelle. Dieser Trägerwelle wird von dem Pseudozufallsbinärfolgenerator **54** moduliert. Der Modulator **51** versorgt über einen regelbaren Dämpfer, der vorgesehen ist, um eine Dämpfung aufgrund eines zurückgelegten Abstandes zu simulieren, und einen Verstärker **53** einen Generator **1** nach einer der **Fig. 2 bis 7**, der in Form eines gestrichelten Blocks dargestellt ist. Bei der für die Versuche verwendeten Konfiguration wies der Generator in Reihe ein Tiefpassfilter **3** in Form eines Fabry-Perot-Resonators **30**, einen Verstärker **4** und ein Hochpassfilter **5** in Form eines optischen Halbleiterverstärkers **6** auf. Die wieder hergestellte Trägerwelle am Ausgang des Generators **1** versorgt den zweiten Modulator **55** und wird daher durch das Signal am Ausgang des Pseudozufallsbinärfolgenerators **54** moduliert. Die von den Modulatoren **51** und **52** kommenden Signale werden in Empfänger **56** bzw. **57** eingespeist, und die erfassten Signale werden in einem Fehlerdetektor **58** verglichen.

[0048] Gemessene Fehlerraten sind Gegenstand der Kurven a, b, c und d der **Fig. 12**. Diese Kurven stellen die Fehlerraten zwischen Ausgangssignalen der Empfänger **56** bzw. **57** und dem von dem Pseudozufallsbinärfolgenerator **54** erzeugten Modulationssignal dar. Die Kurven a und b stellen die Fehlerraten in Abhängigkeit von den empfangenen Leistungen in am Ausgang des Empfängers **56** vorhandenen Signalen dar. Die von dem Pseudozufallsbinärfolgenerator **54** erzeugten Signale hatten Folgen einer Länge von $2^7 - 1$ Bits und ein optisches Auslöschungsverhältnis am Ausgang des Modulators **51** von 7 dB. Für die Kurve a ist das Signal-Rausch-Mischverhältnis 44 dB, und 25 dB ist es für die Kurve b. Die in diesem Versuchsbericht angegebenen Werte der Signal-Rauschverhältnisse werden immer für Frequenzbandbreiten entsprechend einer Schwankung der Wellenlänge von 0,1 nm um die zentrale Wellenlänge gemessen. Die Fehlerraten in den Kurven c und d dargestellten Bits stellen die Bitfehlerrate für das am Ausgang des Empfängers **57** vorliegende Signal dar, d. h. für ein Signal, das als Träger einen von einer erfindungsgemäßen Vorrichtung **1** erzeugten Träger verwendet, wie in **Fig. 11** dargestellt. Die Kurve c stellt die Bitfehlerrate dar, wenn der Träger extrahiert wird, während das Signal-Rauschverhältnis 44 dB ist, und die Kurve d, wenn es 25 dB ist.

[0049] In beiden Fällen hatte das mit Hilfe der Trägerwelle erzeugte wieder hergestellte Signal eine Standardempfindlichkeit für den verwendeten Empfänger von ca. 15,5 dB bei einer Fehlerquote von 10^{-9} . Diese Ergebnisse wurden erhalten mit einer ausreichenden Leistung, um den optischen Halbleiterverstärker **6** in dem Eingangsleistungsbereich arbeiten zu lassen, wo die Verstärkung mit der Eingangsleistung abnimmt.

Patentansprüche

1. Regenerator (**20**) für optische Telekommunikation, mit:

einem optischen Eingang zum Empfangen einer von einem anderen Regenerator oder einer entfernten Sendequelle kommenden, ein Modulationssignal tragenden reinen optischen Welle über eine optische Übertragungsleitung (L),

Mitteln (**1, 100**) zum Erzeugen einer reinen optischen Welle,

einem Modulator (**24**), der einen für die am Eingang empfangene Modulation repräsentativen Modulationsbefehl empfängt, wobei dieser Modulator (**24**) eine von den Mitteln zum Erzeugen einer reinen optischen Welle kommende reine optische Welle empfängt und ein Ausgang des Modulators (**24**) an einen Ausgang des Regenerators (**20**) gekoppelt ist,

dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel (**1**) zum Erzeugen der reinen optischen Welle durch Extraktionsmittel (**2**) gebildet sind, die die von dem anderen Regenerator oder der entfernten Sendequelle kommende modulierte optische Welle empfangen, wobei diese Extraktionsmittel (**2**) diese Welle verarbeiten, um die Trägerwelle wiederherzustellen.

2. Regenerator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel (**2**) zur Extraktion der Trägerwelle Tiefpassfiltermittel (**3**) aufweisen, die das modulierte Signal empfangen und die von den Extraktionsmitteln (**2**) erzeugte reine optische Welle liefern.

3. Regenerator nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Tiefpassfiltermittel (**3**) einen Fabry-Perot-Resonator (**30**) aufweisen, von dem eine der nominellen Resonanzfrequenzen gleich der nominellen Frequenz der von dem Regenerator empfangenen Trägerwelle ist, wobei dieser Resonator (**30**) das modulierte Signal empfängt und die von den Extraktionsmitteln (**2**) erzeugte reine optische Welle liefert.

4. Regenerator nach einem der Ansprüche 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Extraktionsmittel (**2**) ferner ein Hochpassfilter (**5**) aufweisen, das die von dem Tiefpassfilter (**3**) kommende optische Welle empfängt, wobei diese optische Welle in diesem Fall eine erste intermediäre reine Welle wird, und das Niederfrequenzkomponenten dieser inter-

mediären reinen Welle beseitigt, wobei ein Ausgangssignal des Hochpassfilters (5) die von den Extraktionsmitteln (1) erzeugte reine optische Welle bildet.

5. Regenerator (20) nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Hochpassfilter (5) einen optischen Halbleiterverstärker (6) aufweist.

6. Regenerator (20) nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Hochpassfilter (5) einen invertierenden Photodetektor (7), der die von dem Tiefpassfilter (3) kommende intermediäre reine Welle empfängt und ein elektrisches Modulationssignal liefert, und einen Intensitätsmodulator (8) aufweist, der ebenfalls, über ein Mittel (9) zum Erzeugen einer Verzögerung, die vom Tiefpassfilter (3) ausgegebene intermediäre reine Welle, das vom invertierenden Photodetektor (7) kommende elektrische Modulationssignal empfängt und die verzögerte intermediäre reine Welle moduliert, um am Ausgang des Modulators (18) die von den Extraktionsmitteln (2) erzeugte reine optische Welle zu liefern.

7. Regenerator (20) nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Hochpassfilter (5) einen ersten Verstärker (10) umfasst, der das vom invertierenden Photodetektor (7) kommende erfasste Signal empfängt und das elektrische Signal liefert, das die von dem Modulator (8) empfangene verzögerte intermediäre reine Welle moduliert.

8. Regenerator (20) nach einem der Ansprüche 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Hochpassfilter (5) an das Tiefpassfilter (3) über einen zweiten Verstärker (4) gekoppelt ist, der die von dem Tiefpassfilter (3) kommende intermediäre reine Welle verstärkt.

9. Regenerator (20) nach einem der Ansprüche 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Extraktionsmittel ferner ein Phasenfilter (11) aufweisen, das die von dem Tiefpassfilter (3) kommende optische Welle empfängt, wobei diese optische Welle in diesem Fall eine erste intermediäre reine Welle wird, das aus dieser ersten intermediären reinen Welle eine Rest-Phasenmodulation beseitigt und ein Ausgangssignal des Phasenfilters (11) liefert, das die von den Extraktionsmitteln (2) erzeugte reine optische Welle darstellt.

10. Regenerator (20) nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Phasenfilter (11) einen Phasenmodulator (12), der über ein erstes Verzögerungsmittel (13) die erste intermediäre reine Welle empfängt und die von den Extraktionsmitteln (2) erzeugte reine optische Welle liefert, und einen Phasenkomparator (14) umfasst, der ebenfalls an einem ersten Eingang (15) die erste intermediäre reine Welle und über ein zweites Verzögerungsmittel (16) an

einem zweiten Eingang (17) die von den Extraktionsmitteln (2) erzeugte reine optische Welle empfängt und ein elektrisches Signal abgibt, das eine Phasenmodulation darstellt, wobei ein elektrisches Ausgangssignal des Phasendetektors (14) an einen Modulationseingang (18) des Phasenmodulators (12) gekoppelt ist.

11. Regenerator (20) nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Phasenfilter (11) ferner einen Verstärker (19) umfasst, der das vom Phasenkomparator (14) kommende elektrische Signal empfängt, wobei dieser Komparator (14) an den Phasenmodulator (12) über diesen Verstärker (19) gekoppelt ist.

12. Regenerator (20) nach einem der Ansprüche 4 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Extraktionsmittel (2) ferner ein Phasenfilter (11) aufweisen, das die von dem Hochpassfilter (5) kommende optische Welle empfängt, wobei diese optische Welle in diesem Fall eine zweite intermediäre reine Welle wird, das Phasenfilter (11) aus dieser zweiten intermediären reinen Welle eine Rest-Phasenmodulation beseitigt und ein Ausgangssignal des Phasenfilters (11) liefert, das die von den Extraktionsmitteln erzeugte reine optische Welle darstellt.

13. Regenerator (20) nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass das Phasenfilter (11) einen Phasenmodulator (12), der über ein erstes Verzögerungsmittel (13) die zweite intermediäre reine Welle empfängt und die von den Extraktionsmitteln (2) erzeugte reine optische Welle liefert, und einen Phasenkomparator (14) aufweist, der ebenfalls auf einem ersten Eingang (15) die zweite intermediäre reine Welle und, über ein zweites Verzögerungsmittel (16), an einem zweiten Eingang (17) die von den Extraktionsmitteln (2) erzeugte reine optische Welle empfängt und ein elektrisches Signal, das eine Phasenmodulation darstellt, abgibt, wobei ein elektrisches Ausgangssignal des Phasenkomparators (14) an einen Modulationseingang (18) des Phasenmodulators (12) gekoppelt ist.

14. Regenerator (20) nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass das Phasenfilter (11) ferner einen Verstärker (19) aufweist, der das vom Phasenkomparator (14) kommende elektrische Signal empfängt, und wobei dieser Komparator (14) an den Phasenmodulator (12) über diesen Verstärker (19) gekoppelt ist.

Es folgen 8 Blatt Zeichnungen

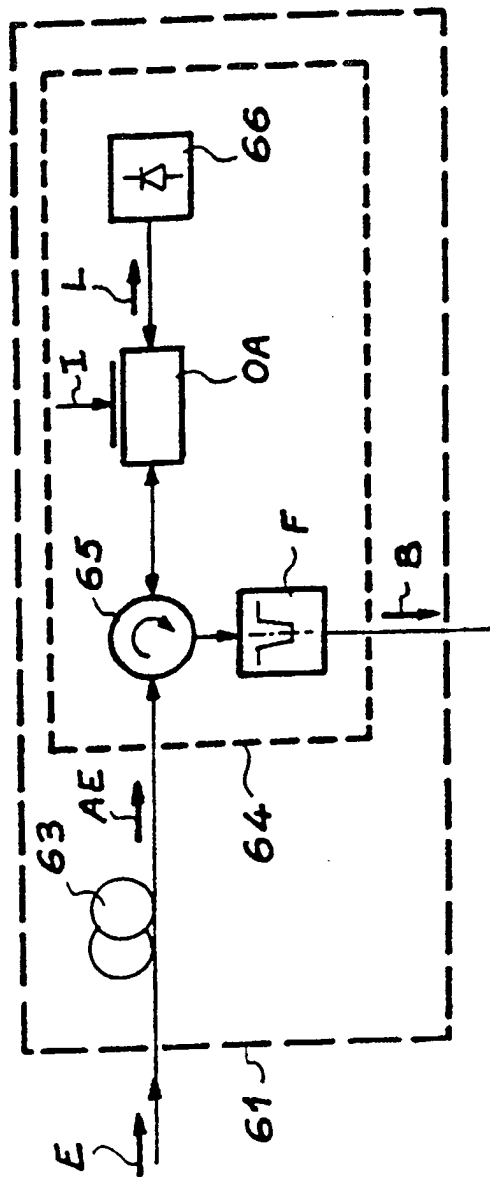
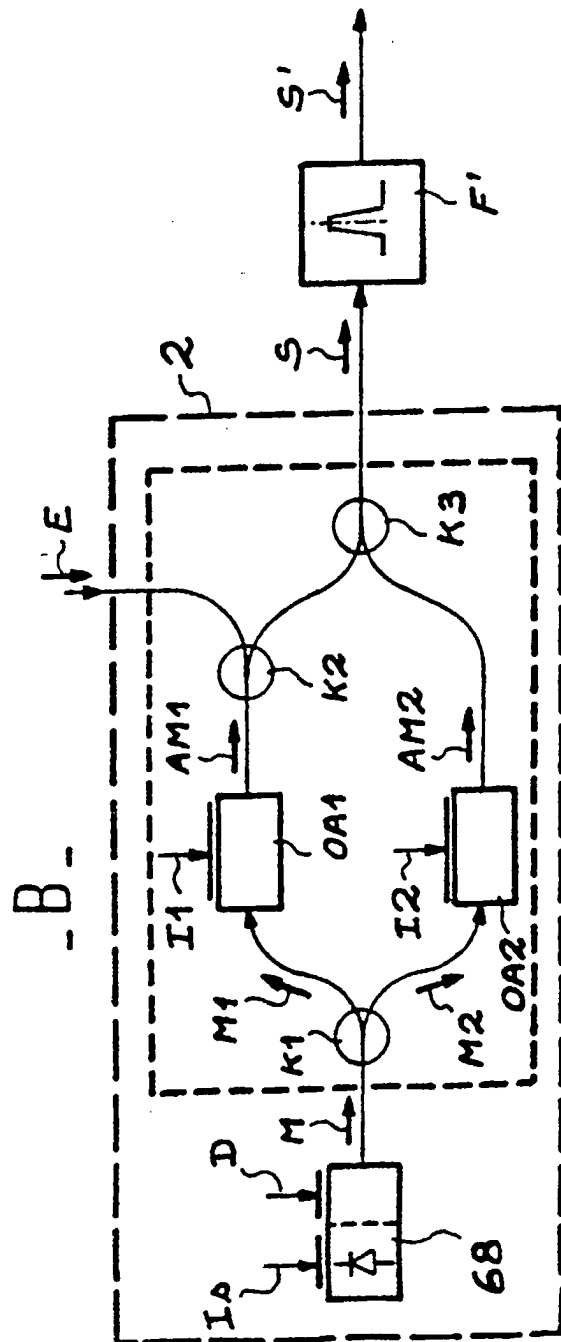


FIG. 1

- A -



- B -

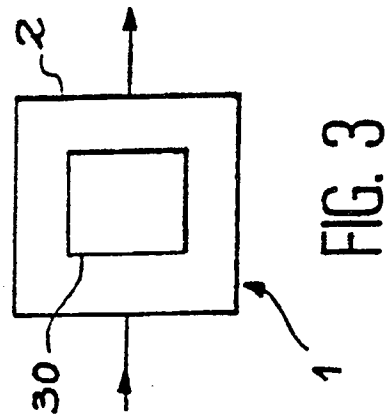


FIG. 3

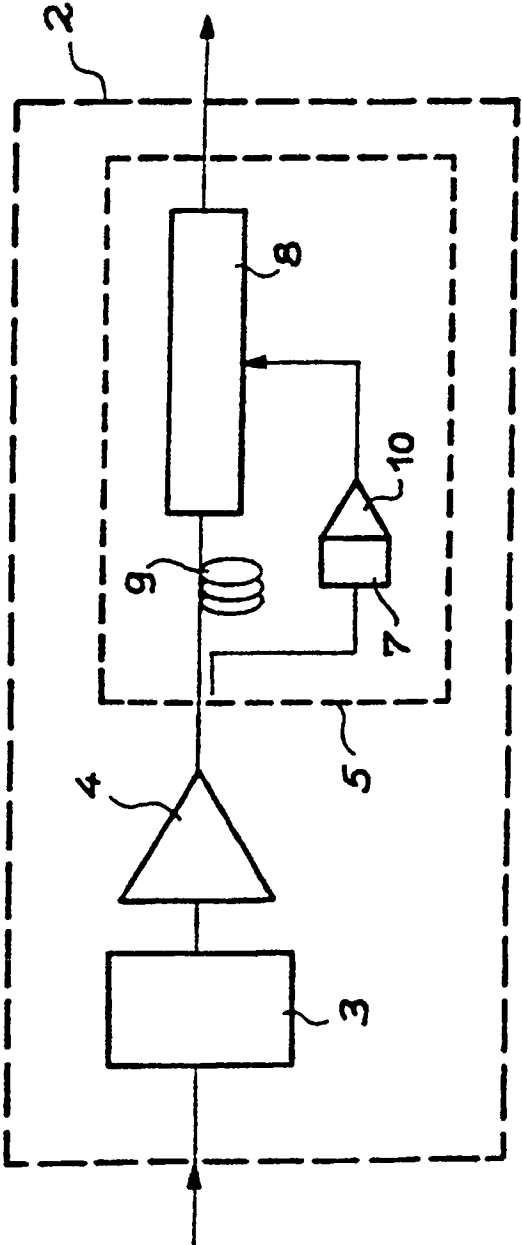
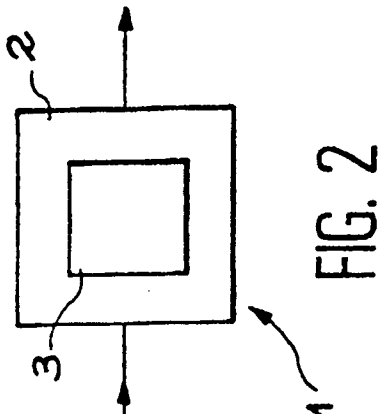


FIG. 5

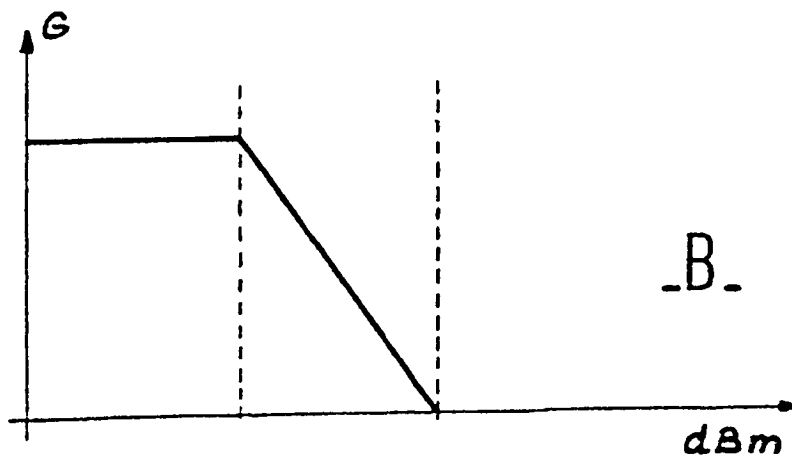
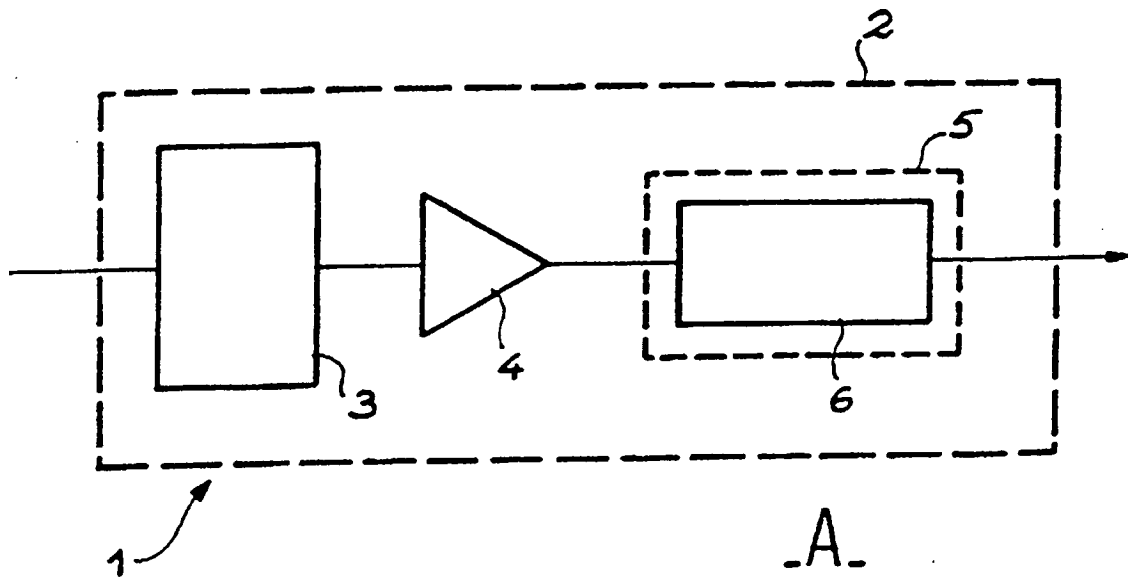


FIG. 4

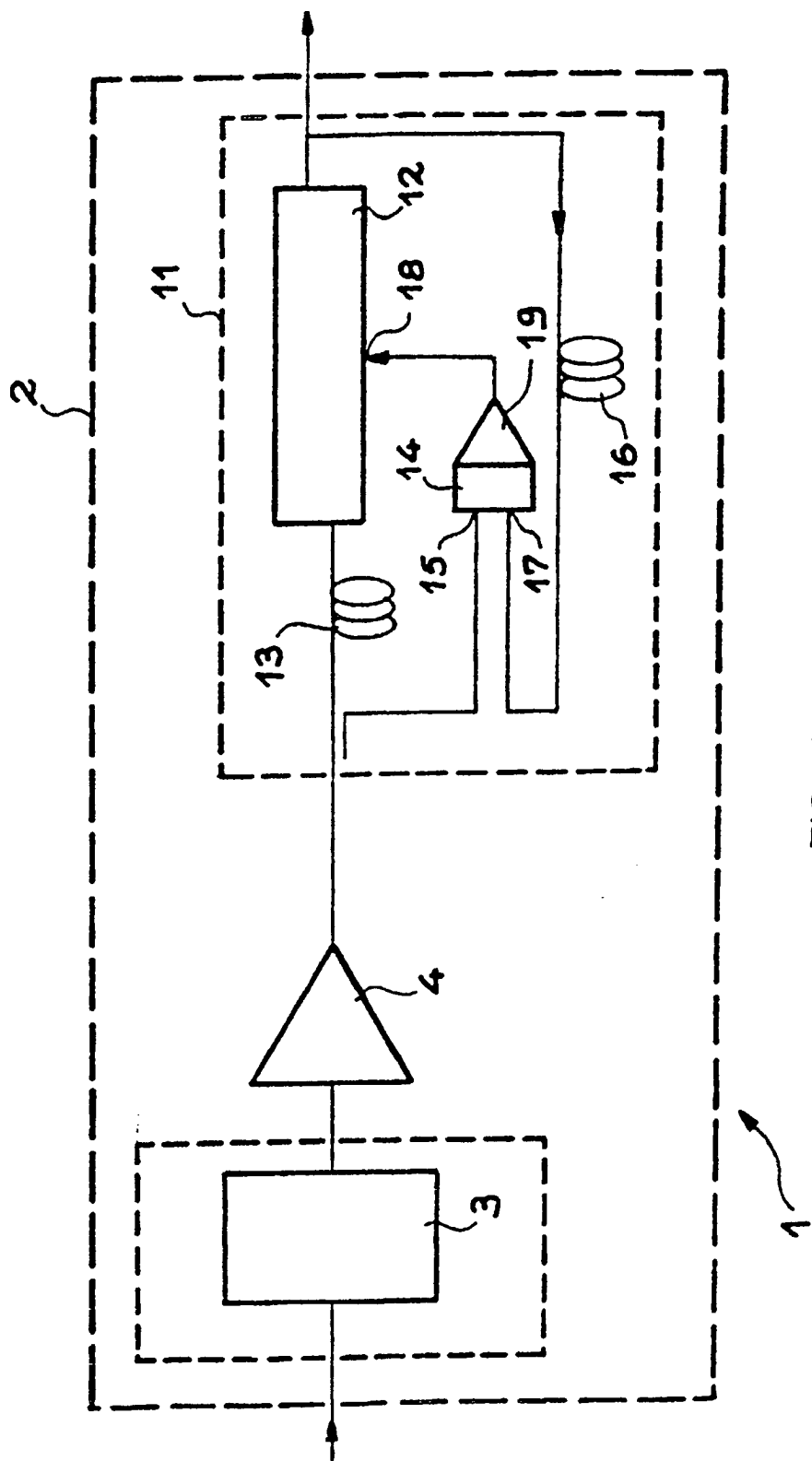
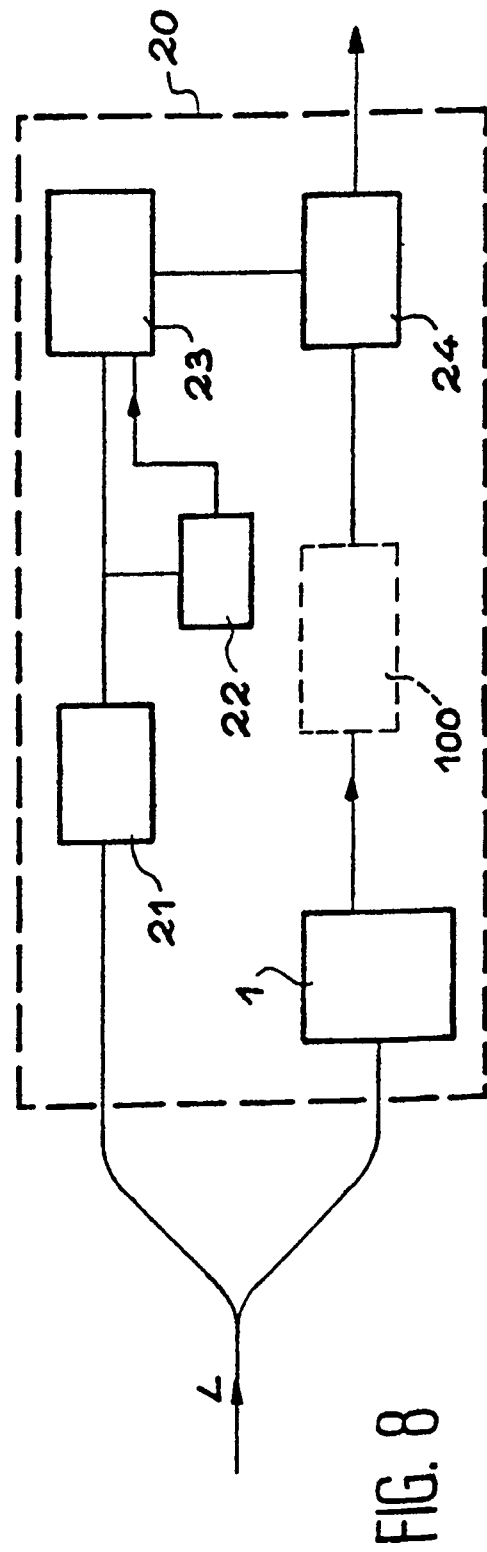
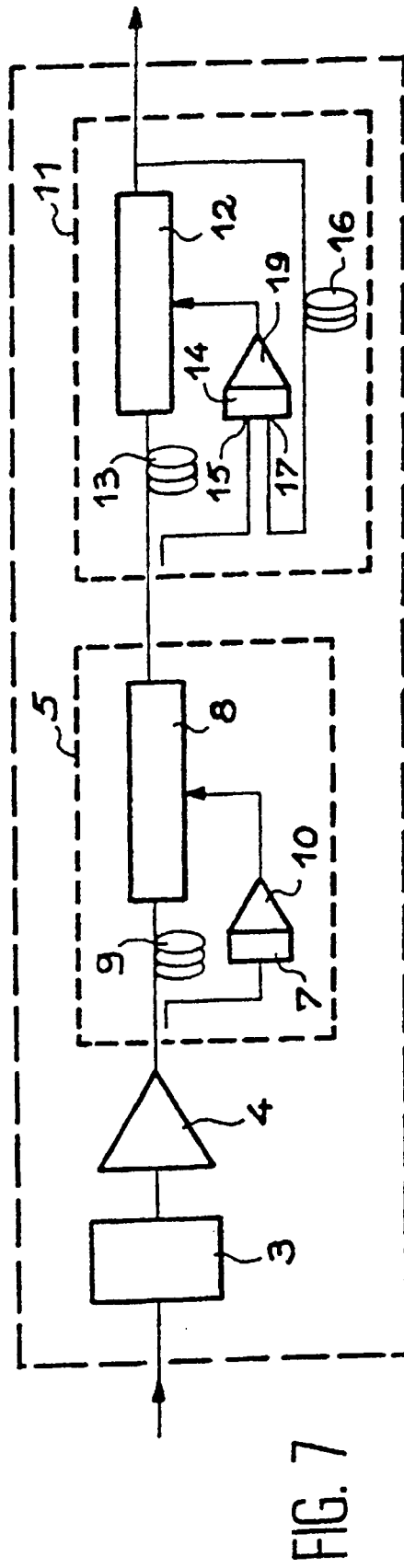


FIG. 6



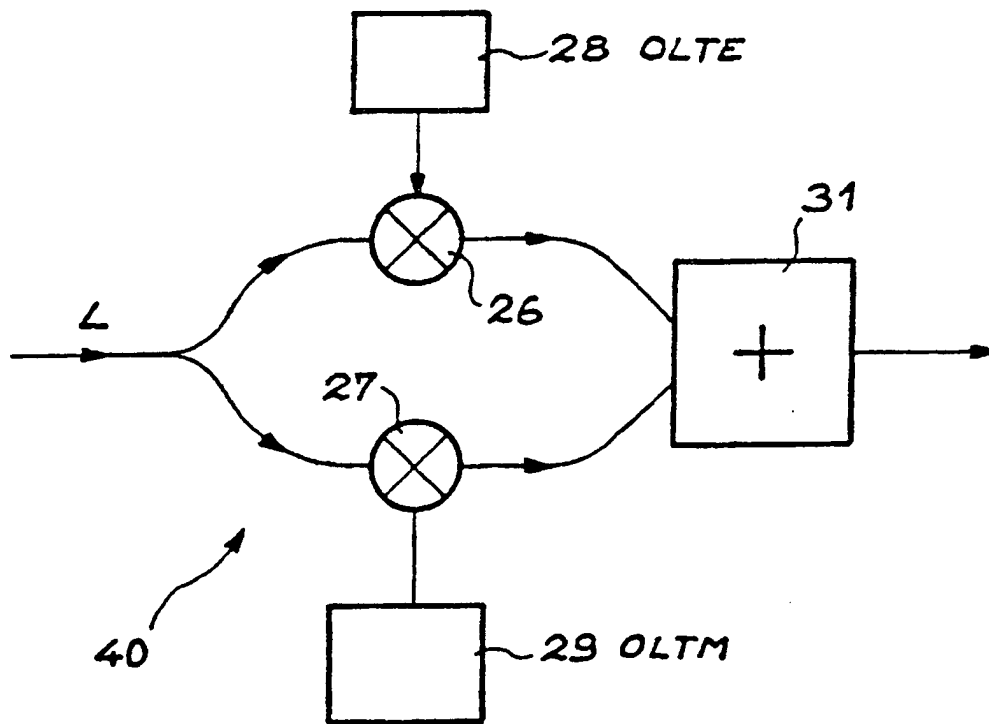


FIG. 9

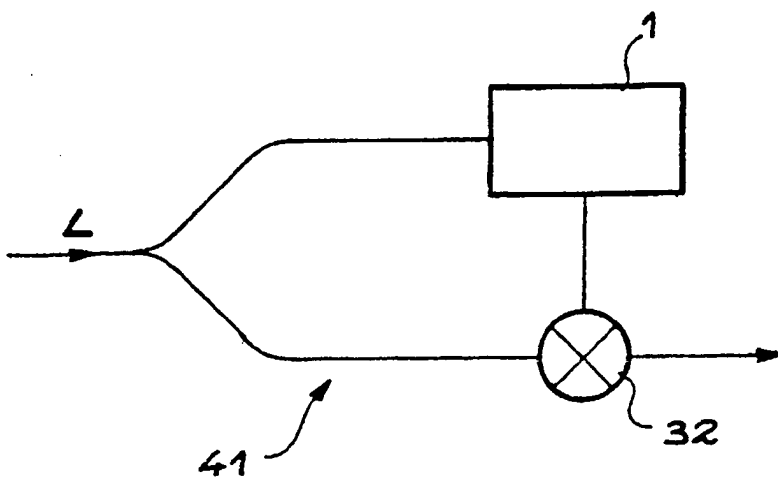


FIG. 10

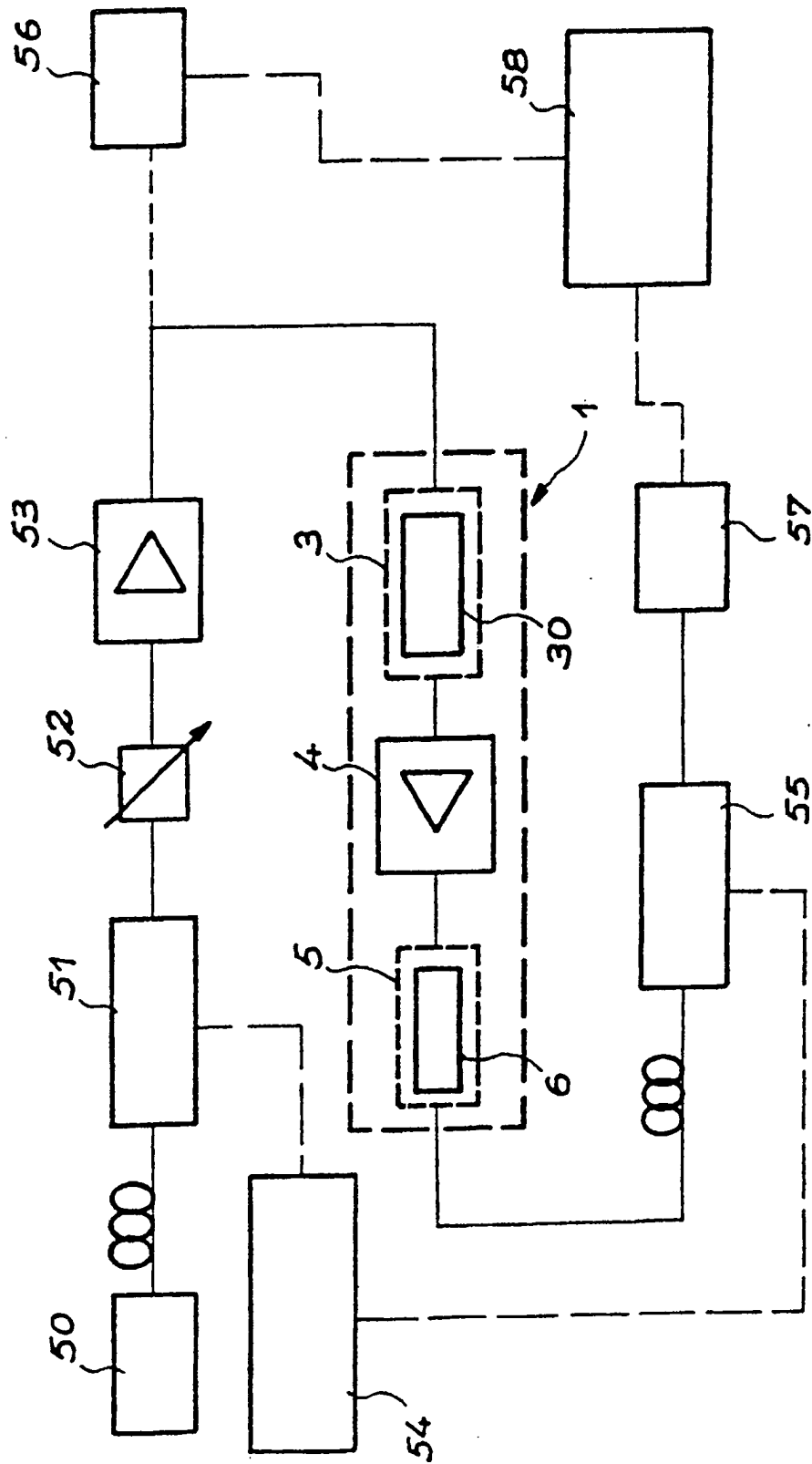


FIG. 11

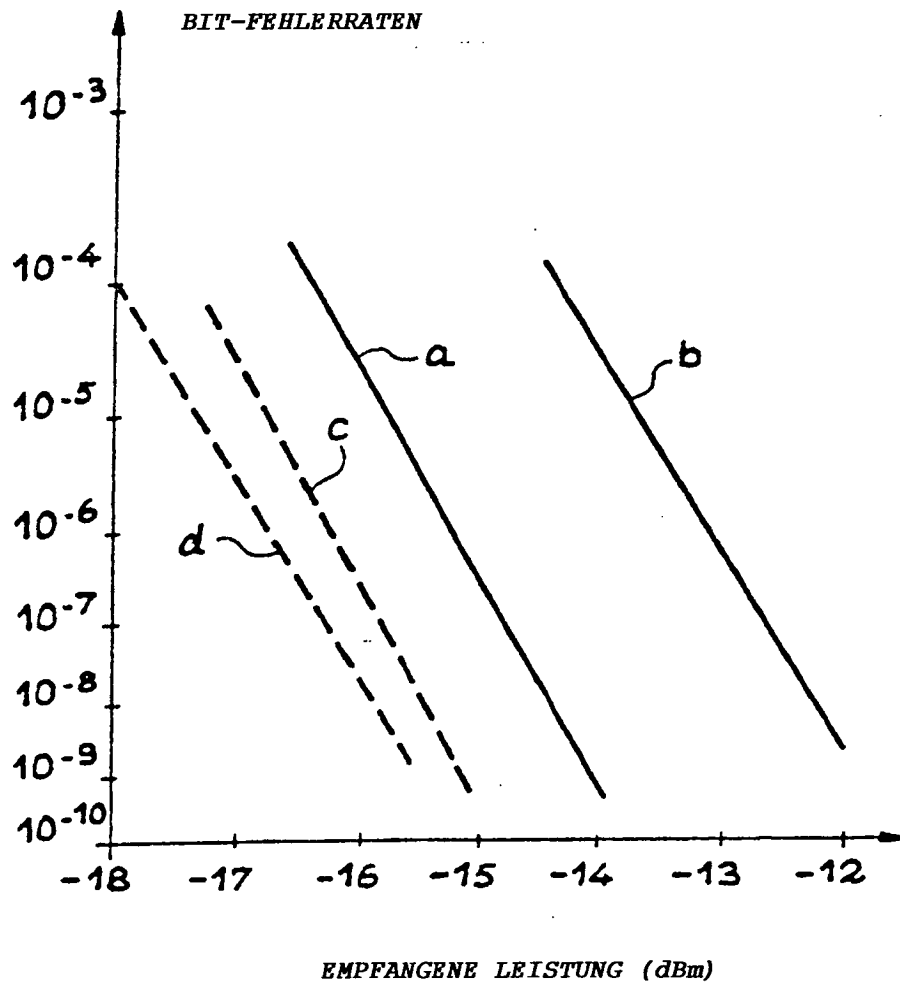


FIG. 12