(19) Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 103 49 891 A1** 2005.05.25

(12) # Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **103 49 891.5**
(22) Anmeldetag: **25.10.2003**
(43) Offenlegungstag: **25.05.2005**

(51) Int Cl.[7]: **H04B 10/08**
H04B 10/20, H04J 14/02

(71) Anmelder:
Marconi Communications GmbH, 71522 Backnang, DE

(74) Vertreter:
Heuer, W., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat., Pat.-Anw., 82335 Berg

(72) Erfinder:
Pegg, Steven Ian, 71522 Backnang, DE

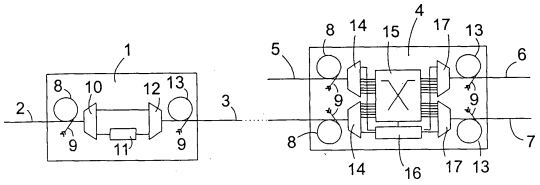
(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht zu ziehende Druckschriften:
DE 198 31 801 A1
US 60 57 959 A
US 57 98 855 A
US 64 11 407 B1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Optisches Netzwerk und Verstärkerknoten dafür**

(57) Zusammenfassung: Ein optisches Netzwerk umfasst einen Senderknoten (1), einen Empfängerknoten (4) und optische Faser (3) zum Übertragen eines optischen Wellenlängenmultiplexsignals, das Nutzlastkanäle und einen Überwachungskanal aufweist, zwischen den Knoten (1, 4). Wenigstens einer der Knoten weist einen von dem Multiplexsignal durchlaufenen Verstärker (13; 8) auf. Der Senderknoten (1) umfasst eine Quelle (11) für den Überwachungskanal und einen Multiplexer (12) zum Zusammenfügen des Überwachungskanals und von Nutzlastkanälen zu dem optischen Wellenlängenmultiplexsignal und der Empfängerknoten eine Senke (16) für den Überwachungskanal und einen Demultiplexer (14) zum Zerlegen des Wellenlängenmultiplexsignals in den Überwachungskanal und die Nutzlastkanäle. Der Multiplexer (12) und der Demultiplexer (14) sind eingerichtet, als dem Überwachungskanal eine Wellenlänge in das optische Multiplexsignal einzufügen bzw. daraus zu extrahieren, deren Dämpfung zwischen der Quelle (11) und der Senke (16) im Wesentlichen gleich der Dämpfung im ungepumpten Zustand des Verstärkers ist.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein optisches Netzwerk für die Informationsübertragung sowie Verstärkerknoten, die in einem solchen Netzwerk einsetzbar sind. Genauer gesagt, betrifft sie ein Netzwerk bzw. Netzwerkknoten für die Wellenlängenmultiplex-Übertragung.

Stand der Technik

[0002] Ein solches optisches Netzwerk ist im Allgemeinen aufgebaut aus einer Mehrzahl von Knoten, die untereinander durch optische Fasern verbunden sind, auf denen Nachrichtensignale in Form eines Wellenlängenmultiplex, d.h. auf eine Mehrzahl von sich gleichzeitig in der Faser ausbreitenden Trägerwellen unterschiedlicher Wellenlänge aufmoduliert, übertragen werden.

[0003] Die Dämpfung der Trägerwellen macht es erforderlich, Nachrichtensignale, die über weite Strecken übertragen werden sollen, in regelmäßigen Abständen nachzuverstärken. Diese Nachverstärkung kann in speziell für diesen Zweck vorgesehenen, zwischen jeweils zwei Faserabschnitten angeordneten Knoten stattfinden, die Knoten können aber auch eine größere Zahl von Faserabschnitten untereinander verbinden und dabei eine Vermittlungsfunktion wahrnehmen, d.h. einen eintreffenden Wellenlängenmultiplex in seine jeweils unterschiedlichen Trägerwellenlängen entsprechenden Nutzlastkanäle zerlegen und diese an unterschiedliche ausgehende Faserabschnitte weiterleiten.

[0004] Die vorliegende Erfindung betrifft Verstärkerknoten von beiderlei Typ.

[0005] Zusammen mit den Nutzlastkanälen, d.h. den Trägerwellen, die Nutzdaten zwischen Endgeräten des Netzwerks befördern, ist es gebräuchlich, auf einer optischen Faser einen sogenannten optischen Überwachungskanal (Optical Supervisory Channel OSC) zu übertragen, der für die Verwaltung der Nutzlastkanäle und der darauf übertragenen Nachrichten in den Knoten des Übertragungsnetzwerks benötigte Information transportiert.

[0006] Die auf dem Überwachungskanal übertragene Information ist eine rein interne Information des Netzwerks, die nicht an die an das Netzwerk angeschlossenen Endgeräte übertragen wird und deshalb andere Übertragungsformate als die Nutzlastkanäle nutzen kann und in den Knoten des Netzwerks unabhängig von den Nutzlastkanälen verarbeitet wird.

[0007] Bei den meisten herkömmlichen Netzwerken für die Wellenlängenmultiplex-Übertragung ist unmittelbar am Eingang des Knotens ein Demultiplexer zum Zerlegen des eintreffenden Wellenlängenmultiplex in die Nutzlastkanäle einerseits und einen Überwachungskanal andererseits vorgesehen, und die Verarbeitung der Nutzdatenkanäle und des Überwachungskanals im Netzknoten erfolgt völlig getrennt voneinander bis zu einem Multiplexer unmittelbar vor dem Ausgang des Netzknotens, der die Nutzdatenkanäle und den Überwachungskanal wieder zu einem Wellenlängenmultiplex zusammenfügt.

[0008] Ein Nachteil dieser herkömmlichen Konstruktion ist, dass mit der Verwendung des Demultiplexers und Multiplexers verbundene Einfügungsverluste den eintreffenden Wellenlängenmultiplex an dem Ort seines Übertragungswegs dämpfen, an dem er am schwächsten ist bzw. ihn noch vor seiner Einspeisung in die Übertragungsfaser abschwächen. Um die Einfügungsverluste zu kompensieren und am Ausgang des Demultiplexers eine für die Weiterverarbeitung ausreichende Signalstärke zur Verfügung zu haben, wäre es denkbar, die in die optische Faser eingespeiste Sendeleistung zu erhöhen. Dies scheitert jedoch in der Regel daran, dass die meisten Netzwerke bereits eine so hohe Sendeleistung verwenden, dass die weitere Erhöhung zu einer starken Zunahme von die Signale verfälschenden nichtlinearen Effekten führen. Es bleibt daher nur die Möglichkeit, den Abstand zwischen zwei Verstärkerknoten zu reduzieren.

[0009] In US 6,411,407 wird ein Verstärkerknoten bzw. ein optisches Netzwerk nach den Oberbegriffen der unabhängigen Ansprüche vorgeschlagen. Bei diesen Verstärkerknoten ist ein Vorverstärker zwischen dem Eingangsanschluss und dem Demultiplexer bzw. ein Nachverstärker zwischen dem Multiplexer und dem Ausgangsanschluss vorgesehen, die die Einfügungsverluste des Demultiplexers und Multiplexers mehr als kompensieren. Die Trägerwellenlängen der Nutzdatenkanäle sind in einem auf diesem Gebiet der Technik üblichen Wellenlängenbereich von 1530 bis 1560 nm verteilt, der einem Wellenlängenbereich entspricht, in dem die Verstärkung eines erbiumdotierten Faserverstärkers unabhängig von der Wellenlänge ist. Die Überwachungskanäle sind außerhalb dieses Wellenlängenbereichs bei Wellenlängen angesiedelt, wo der erbiumdotierte Faserverstärker einer geringere oder keine Verstärkung aufweist. Ein nach dem Durchgang durch den Vorverstärker im Demultiplexer abgetrennter Überwachungskanal wird in dem Knoten terminiert und an seiner Ausgangsseite neu erzeugt, im Multiplexer mit den ausgehenden Nutzlastkanälen zusammengeführt, durchläuft gemeinsam mit ihnen einen Nachverstärker und wird auf einer ausgehenden optischen Faser gesendet. Mit Hilfe des Vorverstärkers ist es zwar möglich, in den Demultiplexer einen eintreffenden Wellenlängenmultiplex mit einer ausreichenden Leistung einzuspeisen, damit an dessen Ausgang genügend Signalleistung für die Weiterverarbeitung zur Verfügung steht, und aufgrund der Anordnung

des Nachverstärkers hinter dem Multiplexer steht die Ausgangsleistung des Nachverstärkers ungeschmälert zum Einspeisen in die ausgehende Faser zur Verfügung, doch muss dafür eine Einbuße an Betriebssicherheit in Kauf genommen werden. Wenn von den zwei Verstärkern am Anfang und Ende einer Übertragungsfaser einer ausfällt, so führt dies nicht nur dazu, dass die Nutzlastkanäle nicht mehr übertragen werden, sondern auch die im Empfängerknoten zur Verfügung stehende Leistung des Überwachungskanals nimmt ab, so dass diese nicht mehr mit Sicherheit korrekt verarbeitet werden kann, was die Erkennung der Störung und ihrer Ursachen sowie ihre Behebung erschwert, wenn nicht gar unmöglich macht.

Aufgabenstellung

[0010] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist, eine Lösung für dieses Problem anzugeben.

[0011] Die erfindungsgemäße Lösung liegt in der geeigneten Auswahl einer Wellenlänge für den Überwachungskanal.

[0012] Betrachtet man die Empfängerseite eines Verstärkerknotens, so sollte die vom Demultiplexer als Überwachungskanal aus dem Wellenlängenmultiplex abgetrennte Wellenlänge so gewählt sein, dass deren Dämpfung zwischen dem Eingangsanschluss und der den Überwachungskanal empfangenden Senke im gepumpten Zustand des Verstärkers im Wesentlichen gleich der Dämpfung im ungepumpten Zustand des Verstärkers ist.

[0013] Betrachtet man die Ausgangsseite eines solchen Verstärkerknotens, so ergibt sich als Kriterium für die Wellenlänge des Überwachungskanals, dass die Dämpfung zwischen der Quelle des Überwachungskanals und dem Ausgangsanschluss im gepumpten Zustand des Verstärkers im Wesentlichen gleich der im ungepumpten Zustand sein sollte.

[0014] Diese Wellenlänge kann geringfügig von der Wellenlänge abweichen, bei der die Dämpfung des Verstärkers für sich allein betrachtet im gepumpten und ungepumpten Zustand gleich ist, da auf dem optischen Weg zwischen Eingangsanschluss und Senke bzw. Quelle und Ausgangsanschluss Komponenten mit wellenlängenabhängiger Dämpfung wie etwa gekrümmte Wellenleiter vorhanden sein können. Bei einem hinreichend symmetrischen Aufbau von Sender- und Empfängerseite des Netzknotens sind die beiden oben angegebenen Kriterien für die Wellenlänge des Überwachungskanals gleichbedeutend.

[0015] Betrachtet man nicht nur den isolierten Verstärkerknoten sondern ein komplettes Netzwerk, bei dem ein Sender- und ein Verstärkerknoten durch eine optische Faser verbunden sind, so kann auch diese Faser eine wellenlängenabhängige Dämpfung aufweisen, die die optimale Wellenlänge für den Überwachungskanal beeinflusst. In diesem Fall wird man die Wellenlänge für den Überwachungskanal so wählen, dass die gesamte Dämpfung, die der Überwachungskanal auf dem Weg von einer Quelle zu einer Senke erfährt, unabhängig davon ist, ob ein auf seinem Weg angeordneter Verstärker gepumpt oder ungepumpt ist.

[0016] Wenn der Verstärker ein erbiumdotierter Faserverstärker ist, wird man die Wellenlänge des Überwachungskanals vorzugsweise zwischen 1600 und 1650 nm, insbesondere zwischen 1610 und 1650 nm, wählen.

[0017] Um den für die Nutzdatenkanäle des Wellenlängenmultiplex nutzbare Bandbreite über den Bereich hinaus zu verbreitern, in dem die Verstärkung eines aktiven Mediums des Verstärkers von sich aus im Wesentlichen unabhängig von der Wellenlänge ist, kann in dem Verstärker ein verstärkungsnivellierendes Filter mit dem aktiven Medium in Reihe kombiniert sein. Dieses Filter muss dann auch bei der Wellenlänge des Überwachungskanals transparent sein, um diesen nicht zu unterdrücken.

Ausführungsbeispiel

[0018] Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels mit Bezug auf die beigefügten Figuren. Es zeigen:

[0019] Fig. 1a schematisch einen Ausschnitt aus einem optischen Netzwerk mit zwei Verstärkerknoten und einer diese Verstärkerknoten verbindenden optischen Faser, in dem die Erfindung anwendbar ist;

[0020] Fig. 1b eine Abwandlung des Ausschnitts aus Fig. 1a;

[0021] Fig. 2 die Dämpfung bzw. Verstärkung eines erbiumdotierten Faserverstärkers als Funktion der Wellenlänge für unterschiedliche Werte der Pumpleistung;

[0022] Fig. 3 das Verhältnis zwischen den Ausgangsleistungen des Verstärkers im gepumpten und im ungepumpten Zustand als Funktion der Wellenlänge; und

[0023] Fig. 4 eine bevorzugte Ausgestaltung eines Netzknotens.

[0024] Fig. 1a zeigt schematisch einen Ausschnitt aus einem Netzwerk mit einem Netzknoten **1** mit reiner Verstärkerfunktion, der ein auf einer optischen Faser **2** eintreffendes, auf der Faser **2** gedämpftes Wellenlängenmultiplexsignal verstärkt und auf eine weitere optische Faser **3** ausgibt, und einem Netz-

knoten **4**, der neben der Verstärkungsfunktion auch eine Vermittlungsfunktion wahrnimmt und hierfür ein optisches Wellenlängenmultiplexsignal nicht nur von der optischen Faser **3**, sondern wenigstens noch von einer weiteren Faser **5** empfängt und an Fasern **6**, **7** ausgibt.

[0025] In der Beschreibung wird nur der Fall einer unidirektionalen Übertragung, von links nach rechts in der Figur, betrachtet, doch versteht sich, dass durch Verdoppeln der entsprechenden Einrichtungen der Netzknoten **1**, **4** auch eine bidirektionale Übertragung möglich ist.

[0026] Die auf den optischen Fasern **2**, **3**, **5**, **6**, **7** zirkulierenden Wellenlängenmultiplexsignale setzen sich zusammen aus einer Vielzahl von Nutzdatenkanälen in einem Wellenlängenbereich von ca. 1530 bis 1560 nm und einem optischen Überwachungskanal bei einer Wellenlänge von wenigstens 1600 nm.

[0027] Ein Wellenlängenmultiplexsignal, das den Netzknoten **1** über die Faser **2** erreicht, durchläuft in dem Netzknoten **1** zunächst einen Vorverstärker **8**.

[0028] Dieser Vorverstärker **8** kann in Form einer erbiumdotierten Faser realisiert sein, die durch eine Pumplichtquelle **9**, wie etwa einen Diodenlaser, gepumpt ist, um das Wellenlängenmultiplexsignal in einem Wellenlängenbereich von ca. 1527 bis 1565 nm zu verstärken. Zusätzlich kann der Verstärker wie in Fig. 1b gezeigt, ein verstärkungsnivellierendes Filter **24** aufweisen, das der erbiumdotierten Faser **25** nachgeschaltet ist. Ein verstärkungsnivellierendes Filter, das jeweils für ein bestimmtes aktives Lasermedium wie etwa die erbiumdotierte Faser spezifisch ist, hat eine zur Wellenlängen-Verstärkungs-Charakteristik des aktiven Mediums inverse Transmissionscharakteristik, mit einem Minimum der Transmission beim Verstärkungsmaximum des aktiven Mediums und Absorptionsminima außerhalb des Wellenlängenbandes, in dem die Abhängigkeit der Verstärkung des aktiven Mediums von der Wellenlänge von sich aus gering ist, so dass die globale Wellenlängen-Verstärkungs-Charakteristik des gesamten Vorverstärkers **8** ein Band mit geringer Wellenlängenabhängigkeit aufweist, das breiter ist als das des aktiven Mediums allein und daher mehr Nutzlastkanäle zu befördern vermag. Das verstärkungsnivellierende Filter ist bei der Wellenlänge des Überwachungskanals transparent, vorzugsweise weist es bei dieser Wellenlänge ebenfalls ein Minimum der Absorption auf.

[0029] Das so vorverstärkte Wellenlängenmultiplexsignal durchläuft einen Demultiplexer **10**, in welchem der optische Überwachungskanal, der den Vorverstärker **8** durchläuft, ohne darin verstärkt zu werden und im Wesentlichen auch, ohne darin gedämpft zu werden, von den Nutzlastkanälen abgetrennt wird, um ihn durch einen an seine Wellenlänge angepassten Verstärker **11** zu führen. Die Nutzdatenkanäle werden vom Demultiplexer **10** direkt zu einem Multiplexer **12** weitergeführt, in welchem sie mit dem in dem Verstärker **11** verstärkten optischen Überwachungskanal wieder zusammengeführt werden. Das somit wieder vollständige Multiplexsignal durchläuft einen Nachverstärker **13**. Dieser kann wiederum gemäß Fig. 1a in Form einer einfachen erbiumdotierten, von einer Pumplichtquelle **9** gepumpten erbiumdotierten Faser als aktives Medium, oder gemäß Fig. 1b mit einem verstärkungsnivellierenden Filter **24** wie oben für den Vorverstärker **8** beschrieben, realisiert sein, wobei allerdings beim Nachverstärker das verstärkungsnivellierende Filter **24** dem aktiven Medium, d. h. der Faser **25**, vorgeschaltet ist, um eine möglichst hohe Ausgangsleistung des Nachverstärkers **13** ohne Sättigung des aktiven Mediums zu erreichen.

[0030] Nach dem Durchgang durch den Nachverstärker **13** wird der Wellenlängenmultiplex auf die zu dem Netzknoten **4** führende optische Faser **3** ausgegeben.

[0031] Am Netzknoten **4** ist ebenfalls an jedem Eingangsanschluss für eine Faser **3**, **5** ein Vorverstärker **8** und anschließend an diesen ein Demultiplexer **14** angeordnet. Während der Demultiplexer **10** des Knotens **1** den Wellenlängenmultiplex nur in zwei Komponenten, die Nutzlastkanäle einerseits und den Überwachungskanal andererseits, zerlegen muss, trennen die Demultiplexer **14** ferner auch die einzelnen Nutzlastkanäle voneinander und führen sie einzeln einer Vermittlungsmatrix **15** zu. Die an dem Demultiplexer **14** abgetrennten Überwachungskanäle werden an einer Steuereinheit **16** terminiert, die die zwischen Ein- und Ausgängen der Vermittlungsmatrix **15** geschalteten Verbindungen kontrolliert. Außerdem erzeugt die Steuereinheit **16** neue Überwachungskanäle, die in Multiplexern **17** mit den in der Vermittlungsmatrix **15** vermittelten Nutzlastkanälen zu neuen Wellenlängenmultiplexsignalen zusammengefügt werden. Diese durchlaufen die Nachverstärker **13** und werden auf die Fasern **6**, **7** ausgegeben.

[0032] Fig. 2 zeigt die Verstärkung einer typischen erbiumdotierten Faserverstärkers ohne verstärkungsnivellierendes Filter als Funktion der zu verstärkenden Wellenlänge bei Pumpleistungen von 0 mW, 40 mW, 80 mW und 200 mW. Die Verstärkungskurven für positive Pumpleistungen zeigen ein Plateau zwischen 1530 und 1560 nm, das dem für die Übertragung der Nutzlastkanäle verwendeten Band entspricht. Oberhalb und unterhalb dieses Bandes schließen sich Wellenlängenbereiche an, in denen die Verstärkung zwar geringer, aber immer noch deutlich positiv ist. In diesen Wellenlängenbereichen weist die Verstärkerfaser aber auch eine nicht zu vernachlässigende Absorption auf, wenn die Pumpleis-

tung Null ist, d.h. wenn die Pumplichtquelle **9** des Verstärkers ausfällt.

[0033] Fig. 3 zeigt die Differenz zwischen den Verstärkungswerten des Verstärkers bei voller Pumpleistung und verschwindender Pumpleistung als Funktion der Wellenlänge. Bei einer Wellenlänge von z.B. 1580 nm, die bereits weit außerhalb des für die Nutzlastkanäle benutzen Frequenzbereichs liegt, beträgt diese Differenz immer noch 7,3 dB. Bei 1615 nm liegt sie bereits unter 3 dB und bei 1620 nm bei ca. 2 dB. Erst ab ca. 1630 nm ist praktisch keine Differenz mehr vorhanden.

[0034] Auf den ersten Blick könnte man meinen, dass man, um eine Unabhängigkeit des Leistungsniveaus des Überwachungskanals vom Funktionieren der Verstärker **8** oder **13** zu erreichen, eine Wellenlänge für den Überwachungskanal von wenigstens 1630 nm wählen müsste. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Transmission der verwendeten optischen Werkstoffe wellenlängenabhängig ist, und dass Krümmungen der Wellenleiter, auf denen sich das Multiplexsignal ausbreitet, eine um so stärkere Dämpfungswirkung haben, je größer die Wellenlänge ist. Daher ist die intrinsische Dämpfung, die der Überwachungskanal innerhalb eines Netzknotens auf dem Weg von dessen Eingangsanschluss zu einer Senke, als die jeweils der Eingang des Verstärkers **11** bzw. der Steuereinheit **16** angenommen werden kann, oder von einer Quelle, d.h. dem Ausgang des Verstärkers **11** oder der Steuereinheit **16**, zum Ausgang des Netzknotens oder zwischen Quelle und Senke von durch eine optische Faser wie die Faser **3** verbundenen Netzknoten erfährt, um so stärker, je größer die Wellenlänge ist. Um diesem Einfluss Rechnung zu tragen und die Leistung des optischen Überwachungskanals an der Senke oder am Ausgangsanschluss eines Netzknotens **1** oder **4** tatsächlich vom Betriebszustand der Verstärker **8** bzw. **13** unabhängig zu machen, muss daher die Wellenlänge des Überwachungskanals bei den derzeit verfügbaren optischen Komponenten in einem Bereich gewählt werden, wo die Abhängigkeit der Verstärkung in den Verstärkern vom Pumpzustand zwar sehr gering, aber noch nicht exakt Null ist. Es liegt auf der Hand, dass eine solche Wellenlänge vom Aufbau der Netzknoten und der in ihnen verwendeten Materialien sowie gegebenenfalls vom Material der verwendeten optischen Faser abhängig ist. Hier haben sich Wellenlängen ab 1600 nm, insbesondere im Bereich 1610 bis 1650 nm und insbesondere 1620 bis 1630 nm als geeignet erwiesen.

[0035] Beim Einsatz von verstärkungsnivellierenden Filtern, ggf. in Kombination mit anderen aktiven Medien, können sich natürlich andere Grenzwellenlängen als zweckmäßig erweisen.

[0036] Fig. 4 zeigt als Blockdiagramm eine Struktur eines alternativen Aufbaus des Netzknotens **1** mit reiner Verstärkungsfunktion. Demultiplexer **10** und Multiplexer **12** aus **Fig.** 1 sind hier zu einer zusammenhängenden, wellenlängenselektiv reflektierenden Struktur **18** mit vier Toren vereint, die an einem ersten Tor **19** das eintreffende Wellenlängenmultiplexsignal vom Vorverstärker **8** empfängt, dessen optischen Überwachungskanal an einem zweiten Tor **20** an den Verstärker **11** ausgibt, den verstärkten Überwachungskanal an einem dritten Tor **21** empfängt und ihn, mit den Nutzlastkanälen rekombiniert, an einem vierten Tor **22** über einen Dispersionskompensator **23** an den Nachverstärker **13** ausgibt. Eine solche viertorige Struktur **18** ist leicht in Form eines optisch integrierten Bragg-Gitters realisierbar, dessen Gitterkonstante gewählt ist, um den Überwachungskanal zu reflektieren, die Nutzlastkanäle aber durchzulassen.

Patentansprüche

1. Verstärkerknoten für ein optisches Netzwerk, mit wenigstens einem Eingangsanschluss zum Empfangen eines optischen Wellenlängenmultiplexsignals, einem Demultiplexer (**10**, **14**, **18**) zum Zerlegen des empfangenen Wellenlängenmultiplexsignals wenigstens in Nutzlastkanäle einerseits und einen Überwachungskanal andererseits, einer mit einem Ausgang des Demultiplexers (**10**, **14**, **18**) verbundenen Senke (**11**, **16**) für den Überwachungskanal und einem zwischen dem Eingangsanschluss und dem Demultiplexer (**10**, **14**, **18**) angeordneten, von dem optischen Wellenlängenmultiplexsignal durchlaufenen optischen Verstärker (**8**), dadurch gekennzeichnet, dass der Demultiplexer (**10**, **14**, **18**) eingerichtet ist, als den Überwachungskanal eine Wellenlänge abzutrennen, deren Dämpfung zwischen dem Eingangsanschluss und der Senke (**11**, **16**) im gepumpten Zustand des Verstärkers (**8**) im Wesentlichen gleich der Dämpfung im ungepumpten Zustand des Verstärkers (**8**) ist.

2. Verstärkerknoten für ein optisches Netzwerk, mit wenigstens einem Ausgangsanschluss zum Senden eines optischen Wellenlängenmultiplexsignals, einem Multiplexer (**12**, **17**, **18**) zum Zusammenfügen des zu sendenden Wellenlängenmultiplexsignal wenigstens aus Nutzlastkanälen einerseits und einem Überwachungskanal andererseits, einer mit einem Eingang des Multiplexers (**12**) verbundenen Quelle (**11**, **16**) für den Überwachungskanal und einem zwischen dem Multiplexer (**12**, **17**, **18**) und dem Ausgangsanschluss angeordneten, von dem optischen Wellenlängenmultiplexsignal durchlaufenen optischen Verstärker (**13**), dadurch gekennzeichnet, dass der Multiplexer (**12**, **17**, **18**) eingerichtet ist, als den Überwachungskanal eine Wellenlänge einzufügen, deren Dämpfung zwischen der Quelle (**11**, **16**) und dem Ausgangsanschluss im gepumpten Zustand des Verstärkers (**13**) im Wesentlichen gleich der

Dämpfung im ungepumpten Zustand des Verstärkers (**13**) ist.

3. Verstärkerknoten nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Verstärker (**8**; **13**) ein erbiumdotierter Faserverstärker ist und dass die Wellenlänge des Überwachungskanals zwischen 1600 und 1650 nm, vorzugsweise zwischen 1610 und 1650 nm, beträgt.

4. Verstärkerknoten nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Verstärker (**8**, **13**) ein aktives Medium in Reihe mit einem im Wellenlängenband der Nutzlastkanäle die Verstärkung des aktiven Mediums nivellierenden Filter aufweist, und dass das nivellierende Filter für den Überwachungskanal transparent ist.

5. Verstärkerknoten nach Anspruch 1 und Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass in dem Verstärker (**8**) das aktive Medium dem Filter vorgeschaltet ist.

6. Verstärkerknoten nach Anspruch 2 und Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass in dem Verstärker (**8**) das aktive Medium dem Filter nachgeschaltet ist.

7. Optisches Netzwerk mit einem Senderknoten (**1**), einem Empfängerknoten (**4**) und einer den Senderknoten (**1**) mit dem Empfängerknoten (**4**) verbindenden optischen Faser (**3**) zum Übertragen eines optischen Wellenlängenmultiplexsignals, das Nutzlastkanäle und einen Überwachungskanal aufweist, wobei von den Knoten (**1**; **4**) wenigstens einer einen von dem Multiplexsignal durchlaufenen Verstärker (**8**, **13**) aufweist und der Senderknoten (**1**) eine Quelle (**11**) für den Überwachungskanal und einen Multiplexer (**12**) zum Zusammenfügen des Überwachungskanals und von Nutzlastkanälen zu dem optischen Wellenlängenmultiplexsignal und der Empfängerknoten (**4**) eine Senke (**16**) für den Überwachungskanal und einen Demultiplexer (**14**) zum Zerlegen des Wellenlängenmultiplexsignals in den Überwachungskanal und die Nutzlastkanäle aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass der Multiplexer und der Demultiplexer (**12**, **14**) eingerichtet sind, als den Überwachungskanal eine Wellenlänge in das optische Multiplexsignal einzufügen bzw. daraus zu extrahieren, deren Dämpfung zwischen der Quelle (**11**) und der Senke (**16**) im Wesentlichen gleich der Dämpfung im ungepumpten Zustand des Verstärkers (**8**; **13**) ist.

8. Optisches Netzwerk nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Verstärker (**8**; **13**) ein erbiumdotierter Faserverstärker ist und dass die Wellenlänge des Überwachungskanals zwischen 1600 und 1650 nm, vorzugsweise zwischen 1610 und 1650 nm, beträgt.

9. Optisches Netzwerk nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Verstärker (**8**, **13**) ein aktives Medium in Reihe mit einem im Wellenlängenband der Nutzlastkanäle die Verstärkung des aktiven Mediums nivellierenden Filter aufweist, und dass das nivellierende Filter für den Überwachungskanal transparent ist.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1a

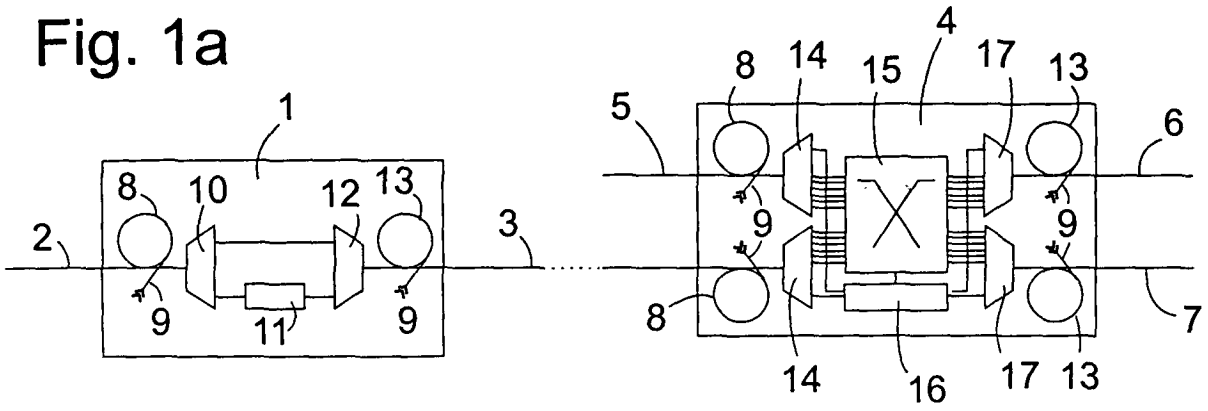


Fig. 1b

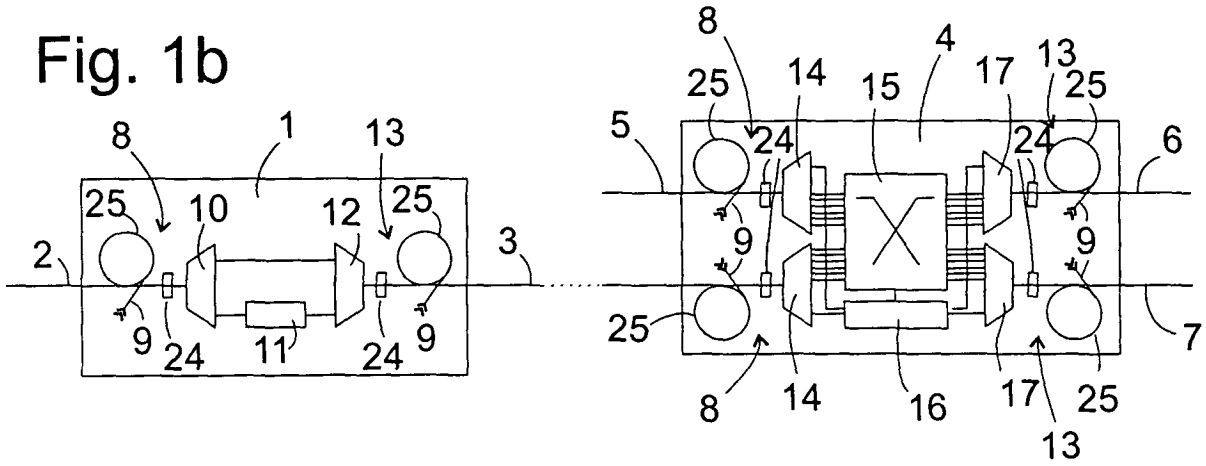


Fig. 2

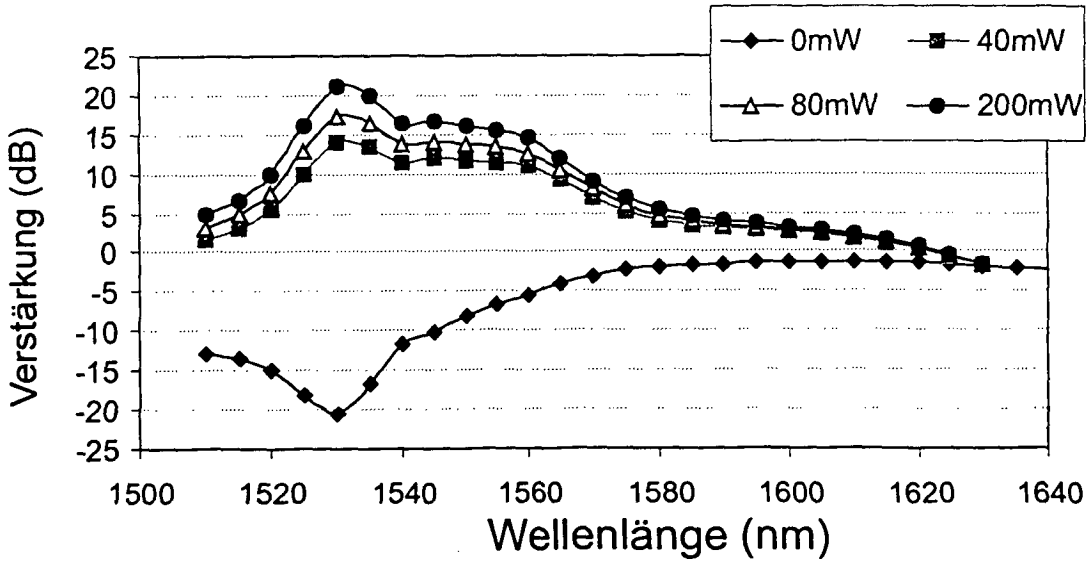


Fig. 3

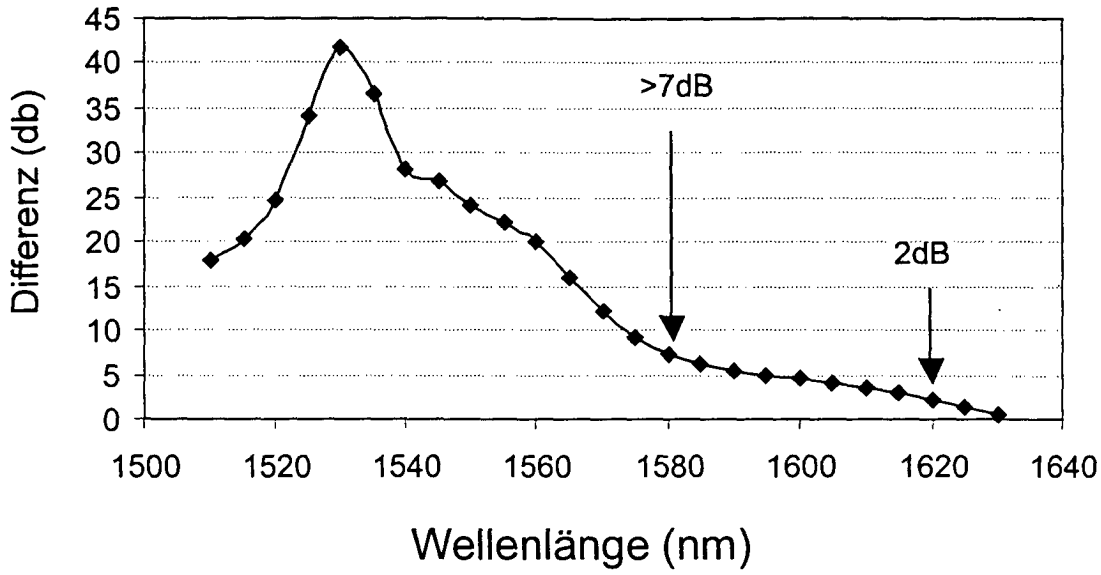
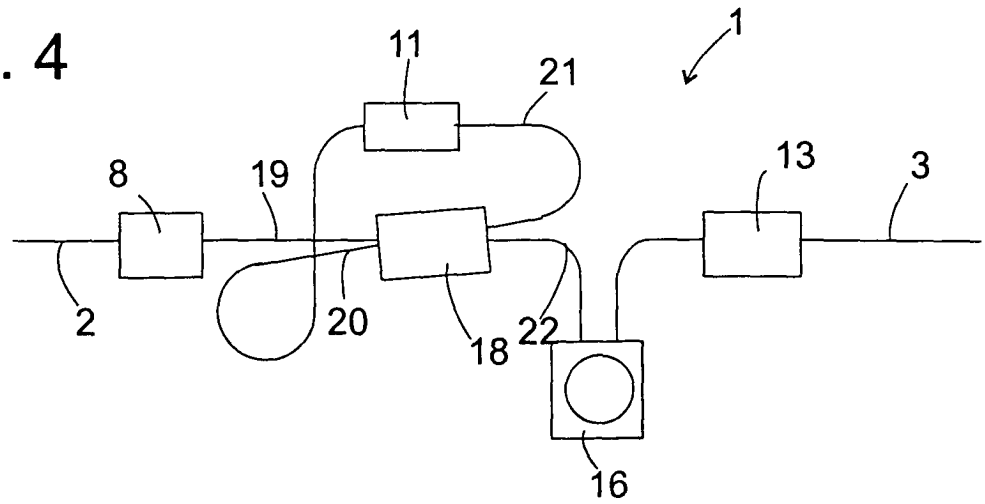

45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
Differenz (db)
>7dB
2dB
1500
1520
1540
1560
1580
1600
1620
1640
Wellenlänge (nm)

Fig. 4


1
11
21
8
19
13
3
2
20
18
22
16