



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 698 31 764 T2** 2006.06.29

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 0 859 486 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **698 31 764.5**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **98 300 948.1**

(96) Europäischer Anmeldetag: **10.02.1998**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **19.08.1998**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **05.10.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **29.06.2006**

(51) Int Cl.⁸: **H04J 14/02** (2006.01)
H04B 10/155 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

802809 18.02.1997 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB

(73) Patentinhaber:

Lucent Technologies Inc., Murray Hill, N.J., US

(72) Erfinder:

**Giles, Clinton Randy, Morganville, New Jersey
07751, US; Jiang, Song, Whippany, New Jersey
07981, US**

(74) Vertreter:

derzeit kein Vertreter bestellt

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung und Verfahren zur Synchronisierung einer optische Quelle und eines Wegsuchers
in einem faseroptischen wellenlängenmultiplexierten Netzwerk**

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

Erfindungsgebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft die Faseroptik und insbesondere wellenlängenmultiplexierte faser-optische Netze.

Allgemeiner Stand der Technik

[0002] Ein üblicher Typ von faseroptischem Netz ist das WDM-Netz (Wavelength Division Multiplexed). Bei einem typischen WDM-Netz wird eine Mehrfrequenzquelle verwendet, um zwei oder mehr Signale mit verschiedenen Wellenlängen zu erzeugen. Die Signale werden über eine einzelne Faser zu einem entfernten Router geführt, wo sie entsprechend ihren Wellenlängen auf Netzteilnehmer verteilt werden. Analog kann bei Netzen, die eine Zweiwege-Signalisierung bereitstellen, der Router dazu verwendet werden, von den Teilnehmern erzeugte Signale zu kombinieren.

[0003] Um die Effizienz eines WDM-Netzes zu maximieren, muß der Router die Quellenwellenlängen genau verfolgen. Der Router ist im wesentlichen ein Kammfilter, dessen Keulen im Idealfall auf die Quellensignalwellenlängen zentriert sind. Wenn die Keulen des Routers nicht auf die Quellenwellenlängen ausgerichtet sind, dämpft der Router entsprechend die für die Teilnehmer bestimmten Signale, wobei der Dämpfungsgrad proportional ist zu dem Ausmaß der Fehlausrichtung zwischen der Quelle und dem Router. Zudem kann eine Fehlausrichtung von Quelle und Router zu einem Nebensprechen zwischen Routerausgangssignalen führen, wodurch die Leistung noch weiter herabgesetzt wird. Eine Fehlausrichtung kann beispielsweise auftreten, wenn eine Temperaturänderung an der Quelle ein Driften der Quellenfrequenzen verursacht oder wenn analog eine Temperaturänderung am Router ein Driften der Routerfilterbänder verursacht.

[0004] Beim Versuch, Fehlausrichtung zwischen Quellen und Routernetz zu eliminieren, haben Designer Prüfschleifen-WDMs vorgeschlagen. Bei einem Prüfschleifensystem wird ein Teil des von einem Teilnehmer empfangenen Signals über eine getrennte Rückkopplungsfaser an eine Zentrale zurückgeschickt. Der Leistungspegel des Rückkopplungssignals wird untersucht. Eine etwaige Fehlausrichtung zwischen Quelle und Router zeigt sich als Abfall beim Leistungspegel des Rückkopplungssignals, und eine Neuausrichtung kann erzielt werden, indem die Quellenwellenlängen eingestellt werden, um das Rückkopplungssignal zu maximieren. Ein derartiges System erfordert jedoch eine getrennte Faserleitung, um die Rückkopplung an die Zentrale zu schicken, und dadurch steigen die Gesamtkosten eines das System verwendenden Netzes.

[0005] Aus US-A-4,839,614 sind ein System und Verfahren zum Referenzieren von Strahlungsfrequenzen von mehreren Quellen bekannt, das ein Filterelement enthält, auf das die Strahlung auftrifft. Das Filterelement weist eine kopierte Menge von Durchlaßbändern auf, die hinsichtlich der Frequenz beabstandet sind. Detektionsmittel detektieren durch das Filterelement hindurchtretende Strahlung und liefert entsprechende Ausgangssignale. Steuermittel reagieren auf die Ausgangssignale von den Detektionsmitteln, um die Quellen so zu steuern, daß die durch das Filterelement übertragene Strahlung im wesentlichen konstant gehalten wird. Optische Signale werden jedoch in US-A-4,839,614 von Faserverteilern auf eine erste Menge von Linsen abgelenkt, danach so fokussiert, daß sie auf Etalon mit einer kopierten Menge von Durchlaßbändern fallen, und dann von einer zweiten Menge von Linsen zu Fotodioden geführt, die einen Komparator speisen, mit dem ein Lasertreiber gesteuert wird. Ein ein derartiges System verwendendes Netz erfordert zusätzlich zu einem kopierten Filterelement eine eigene Faserleitung zur Rückkopplung, wodurch die Gesamtsystemkosten steigen.

Kurze Darstellung der Erfindung

[0006] Systeme und Verfahren gemäß der Erfindung sind wie in den unabhängigen Ansprüchen dargelegt. Bevorzugte Formen sind in den abhängigen Ansprüchen dargelegt.

[0007] Bei einem WDM-Netz gemäß der vorliegenden Erfindung wird die zur Aufrechterhaltung einer Ausrichtung zwischen einer WDM-Quelle und einem WDM-Router erforderliche Rückkopplung ohne Einsatz einer Prüfschleifenfaser bereitgestellt.

[0008] Bei einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird ein schmales Band der von der Quelle emittierten Wellenlängen als ein Überwachungskanal bezeichnet. Der Überwachungskanal ist hinsichtlich der Wellenlänge an ein Fasergitter angepaßt, das im optischen Weg zwischen der Quelle und dem Router liegt. Das Gitter ist so ausgelegt, daß es alles Licht der Überwachungskanalwellenlänge reflektiert und dabei alle

anderen Quellenwellenlängen ungehindert hindurchtreten läßt. Bevorzugt ist das Gitter in unmittelbarer Nähe zu dem Router angeordnet, so daß ein etwaiger durch die Umwelt erzeugter Wellenlängendrift, den der Router erfährt, auch von dem Gitter erfahren wird. Auf diese Weise verfolgt der Drift in dem Gitter den Drift in dem Router.

[0009] Unter normalen Arbeitsbedingungen bleiben der Überwachungskanal und das Fasergitter in Wellenlängenausrichtung aufeinander, und die Menge an reflektiertem Überwachungskanallicht befindet sich auf ihrem Spitzenwert. Wenn jedoch eine Umweltstörung dazu führt, daß die Quelle und das Gitter die Ausrichtung verlieren, ist die Menge an reflektiertem Überwachungskanallicht geringer als der Spitzenwert, wobei die Abnahme bei reflektiertem Licht proportional zu der Fehlausrichtung zwischen der Quelle und dem Gitter ist. Da das Gitter den Router verfolgt, ist die Abnahme beim reflektierten Licht auch proportional zu der Fehlausrichtung zwischen der Quelle und dem Router. Somit kann die Abnahme bei dem reflektierten Licht als ein Fehlersignal verwendet werden, das das Ausmaß der Fehlausrichtung zwischen Quelle und Router anzeigt. Dieses Fehlersignal wird zum Zweck des Einstellens der Quellenwellenlängen, um die Fehlausrichtung zu kompensieren, zur WDM-Quelle zurückgeführt.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0010] [Fig. 1](#) ist ein Blockschaltbild eines faseroptischen WDM-Systems (Wavelength Division Multiplexed) gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung.

[0011] [Fig. 2A–Fig. 2C](#) zeigen Beispiele von Reflexionsgradkennlinien, die durch Fasergitter realisiert werden können.

[0012] [Fig. 3](#) ist ein Blockschaltbild eines alternativen WDM-Routers, der sich für den Einsatz bei einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung eignet.

[0013] [Fig. 4](#) ist ein Blockschaltbild eines faseroptischen WDM-Systems gemäß einer alternativen Ausführungsform der Erfindung.

[0014] [Fig. 5](#) ist eine graphische Darstellung, die die Reflexionskennlinie eines in einer Testausführungsform der Erfindung verwendeten Fasergitters darstellt.

[0015] [Fig. 6](#) ist eine graphische Darstellung, die die Übertragungskennlinie eines in einer Testausführungsform der Erfindung verwendeten Fasergitters darstellt.

[0016] [Fig. 7](#) ist eine graphische Darstellung, die die Routerübertragung gegenüber der Gitterübertragung für eine Testausführungsform der Erfindung darstellt.

[0017] [Fig. 8](#) ist eine graphische Darstellung, die die Mehrfrequenzquellenausgabe gegenüber der Routerportausgabe für eine Testausführungsform der Erfindung darstellt.

Ausführliche Beschreibung

[0018] [Fig. 1](#) ist ein Blockschaltbild eines faseroptischen WDM-Systems (Wavelength Division Multiplexed) gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung. Wie man aus der Figur erkennen kann, enthält das WDM-System eine Mehrfrequenzquelle **10**, die Quellenlicht in $N + 1$ verschiedenen Wellenlängenbändern (oder "Kanälen") erzeugen kann. Es gibt viele Arten von Mehrfrequenzquellen, die mit der Erfindung verwendet werden können. Beispielsweise kann die Mehrfrequenzquelle **10** ein Mehrfrequenzlaser in Form eines integrierten verteilten Rückkopplungsarrays sein. Alternativ kann die Quelle **10** aus mehreren individuellen Lasern bestehen, die jeweils innerhalb eines eigenen Wellenlängenbands übertragen.

[0019] Jedenfalls werden die Quellenlichtbänder zur Übertragung durch eine faseroptische Strecke **12** kombiniert, die das Licht zu einem WDM-Router **14** leitet. Eine optische Verbindungsstelle **18** befindet sich im optischen Weg zwischen der Quelle und der Faser, und zwar zu einem unten zu beschreibenden Zweck. Hinsichtlich von der Quelle zur Faser **12** austretendem Licht gestattet die Verbindungsstelle **18**, daß alles derartige Licht durch den Router hindurchtritt, und lenkt wenig oder kein Licht in die Faser **13**. Am Router angekommen werden die zur Verwendung durch Netzteilnehmer zugeteilten Lichtbänder für den Empfang durch die Teilnehmer entkombiniert.

[0020] Von $N + 1$ Kanälen sind bis zu N Kanäle zur Verwendung durch Netzteilnehmer vorgesehen. Diese Kanäle werden als "Teilnehmerkanäle" bezeichnet. Jeder einzelne der Teilnehmerkanäle wird dazu verwendet, optische Übertragungen zu einem bestimmten Netzteilnehmer zu tragen, und deshalb wird das Quellenlicht für einen bestimmten Teilnehmerkanal gemäß den Informationen moduliert, die für den Empfang durch den diesem Kanal zugewiesenen Teilnehmer bestimmt sind. Die übrigen ein oder mehreren Kanäle sind als Überwachungskanäle bestimmt. (Zum Zweck der Veranschaulichung werden im folgenden nur Einzelüberwachungskanalsysteme betrachtet).

[0021] Der Überwachungskanal ist nicht für den Empfang durch Netzteilnehmer bestimmt, sondern wird vielmehr zum Aufrechterhalten einer Wellenlängenausrichtung zwischen der Mehrfrequenzquelle und dem Router verwendet. Wieder unter Bezugnahme auf [Fig. 1](#) ist der Überwachungskanal hinsichtlich der Wellenlänge an ein Fasergitter **16** angepaßt, das sich in dem optischen Weg zwischen der Quelle und dem Router befindet. Das Gitter ist so ausgelegt, daß es alles Licht der Überwachungskanalwellenlänge reflektiert und dabei alle anderen Quellenwellenlängen ungehindert hindurchtreten läßt. Bevorzugt ist das Gitter in unmittelbarer Nähe zu dem Router angeordnet, so daß ein etwaiger durch die Umwelt erzeugter Wellenlängendrift, den der Router erfährt, auch von dem Gitter erfahren wird. Auf diese Weise verfolgt der Drift in dem Gitter den Drift in dem Router.

[0022] Unter normalen Arbeitsbedingungen bleiben der Überwachungskanal und das Fasergitter in Wellenlängenausrichtung aufeinander, und die Menge an reflektiertem Überwachungskanallicht befindet sich auf ihrem Spitzenwert. Wenn jedoch eine Umweltstörung dazu führt, daß die Quelle und das Gitter die Ausrichtung verlieren, ist die Menge an reflektiertem Überwachungskanallicht geringer als der Spitzenwert, wobei die Abnahme bei reflektiertem Licht proportional zu der Fehlausrichtung zwischen der Quelle und dem Gitter ist. Da das Gitter den Router verfolgt, ist die Abnahme beim reflektierten Licht auch proportional zu der Fehlausrichtung zwischen der Quelle und dem Router. Somit kann die Abnahme bei dem reflektierten Licht als ein Fehlersignal verwendet werden, das das Ausmaß der Fehlausrichtung zwischen Quelle und Router anzeigt. Dieses Fehlersignal wird zum Zweck des Einstellens der Quellenwellenlängen, um die Fehlausrichtung zu kompensieren, zur WDM-Quelle zurückgeführt.

[0023] Nach Reflexion durch das Fasergitter wird das Überwachungskanallicht von der Faserstrecke zurück zur Mehrfrequenzquelle geführt, bis es den Abgriff **18** erreicht. Der Abgriff, z.B. ein Richtkoppler, lenkt das reflektierte Licht in die Faser **13**, die wiederum das reflektierte Licht zu einer Rückkopplungsschaltung **20** lenkt. Die Funktion der Rückkopplungsschaltung besteht darin, das reflektierte Licht durch Einstellen der Quellenwellenlängen zu maximieren. Um einen hohen Dynamikbereich in der Rückkopplungsschaltung zu erzielen, können Synchrondetektionstechniken (oder "Lock-in-Techniken") verwendet werden.

[0024] Eine wichtige Überlegung bei dem System in [Fig. 1](#) und bei der Erfindung im allgemeinen ist die Reflexionskennlinie des Fasergitters. Ein ideales Gitter reflektiert 100 des Überwachungskanallichts und gestattet dabei, daß 100% des Teilnehmerkanallichts ungehindert hindurchtreten können. Praktische Gitter jedoch gestatten den Durchtritt von etwas Überwachungskanallicht und reflektieren etwas Teilnehmerkanallicht.

[0025] Die [Fig. 2A–Fig. 2C](#) veranschaulichen Reflexionsgradkennlinien von Fasergittern, die mit der Erfindung verwendet werden können. Die horizontale Achse in den Figuren stellt die Wellenlänge in Nanometern dar, und die vertikale Achse stellt den Reflexionsgrad in Prozent dar. [Fig. 2A](#) zeigt die Reflexionsgradkennlinie eines schmalbandigen Gitters. Der Kurve überlagert und durch eine gestrichelte Linie angegeben ist eine idealisierte Reflexionsgradkennlinie. [Fig. 2B](#) zeigt die Kennlinie eines Gitters mit einem hohen Reflexionsgrad in der Mitte seines Bands und einem niedrigeren Reflexionsgrad am Rand seines Bands. Diese Kennlinie kann alternativ realisiert werden durch Kombinieren von zwei Gittern, einem schmalbandigen Gitter mit einem hohen Reflexionsgrad und einem breitbandigen Gitter mit einem niedrigeren Reflexionsgrad. [Fig. 2C](#) zeigt die Reflexionsgradkennlinie eines Gitterfilters mit einer Null in seiner Mitte. Diese Kennlinie kann alternativ realisiert werden durch Kombinieren zweier schmalbandiger Gitter mit Offsetwellenlängen. Wenn diese Art von Filterform verwendet wird, synchronisiert sich die Rückkopplungsschaltung mit der Null statt der Spitze.

[0026] Eine weitere wichtige Überlegung bei der Erfindung besteht darin, wie ein Umgebungsdrift in der Quelle (anstatt dem Router) die Leistung beeinflusst. In dieser Hinsicht wird angemerkt, daß die Erfindung einen Umgebungsdrift in der Quelle auf die gleiche Weise kompensiert, wie sie einen Drift in dem Router kompensiert. Wie oben erörtert bewirkt ein Drift bei der Routerwellenlänge eine Abnahme beim reflektierten Überwachungskanallicht. Analog bewirkt ein Drift bei den Quellenwellenlängen eine Abnahme beim reflektierten Überwachungskanallicht. Ungeachtet der Quelle für die Abnahme versucht die Rückkopplungsschaltung, dies zu kompensieren, und deshalb wird ein Drift bei der Quelle auf die gleiche Weise gehandhabt, wie ein Drift beim Router ge-

handhabt wird.

[0027] Es ist außerdem wichtig anzumerken, daß, damit die Driftkompensation mit maximaler Effektivität funktioniert, es notwendig ist, daß alle Quellenwellenlängen (einschließlich dem Überwachungskanal) als ein Kamm von Wellenlängen zusammendrften. Das heißt, für eine maximale Effektivität müssen alle Quellenwellenlängen um das gleiche Ausmaß drften. Unter solchen Bedingungen ist die Überwachungskanaldriftkompensation nach Bestimmung durch das Fehlersignal präzise das Kompensationsausmaß, das für die Quellenkanäle notwendig ist, wodurch eine optimale Quellenkanalkompensation gestattet wird. Wenn jedoch der Drift in einem oder mehreren der Quellenkanäle von dem Drift in dem Überwachungskanal verschieden ist, liegt die Kompensation bei Anwendung auf jene Kanäle etwas unter dem Optimum. Je größer der Unterschied zwischen dem Drift in einem bestimmten Quellenkanal und dem Drift in dem Überwachungskanal, umso weniger effektiv ist die Kompensation für diesen Quellenkanal.

[0028] Oftmals hängt das Ausmaß, in dem ein Kanal driftet, von seiner Frequenz ab. Bei dem System von [Fig. 1](#) beispielsweise kann der Kanal mit der höchsten Frequenz um ein gegebenes Ausmaß drften, der Kanal mit der zweithöchsten Frequenz etwas weniger, der Kanal mit der dritthöchsten Frequenz noch weniger und so weiter. Bei einem derartigen System kann das maximale Ausmaß des Unterschieds zwischen Überwachungskanaldrift und Quellenkanaldrift minimiert werden, indem der Überwachungskanal aus einem Kanal gewählt wird, der bei oder in der Nähe der Mitte der Frequenzen liegt, die von den $N + 1$ Kanälen überspannt werden. Wenngleich der Überwachungskanal aus einem beliebigen der $N + 1$ Kanäle gewählt werden kann, wird, wenn er in Richtung der Mitte gewählt wird, sichergestellt, daß er um ein Ausmaß driftet, das in der Mitte (oder etwa in der Mitte) zwischen den Drifts liegt, die die weiter außen liegenden Quellenkanäle erfahren.

[0029] [Fig. 3](#) zeigt einen alternativen WDM-Router **22**, der sich für die Verwendung bei einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung eignet. Der Router ist über einen Eingangsport **24** an eine Faserstrecke **12'** gekoppelt. Die Faserstrecke ist analog zur Strecke **12** in [Fig. 1](#) und ist wie die Strecke **12** der optische Weg, durch den der Router an eine Mehrfrequenzquelle gekoppelt ist. Dieser Eingangsport enthält ein Fasergitter **16'**. Das Fasergitter **16'** führt die gleiche Funktion wie das Gitter **16** von [Fig. 1](#) aus; durch direktes Schreiben des Gitters in den Router entfällt jedoch die Notwendigkeit für ein getrenntes Fasergitter, und die Umgebungskopplung zwischen dem Gitter und dem Router wird verbessert. Durch diese verbesserte Kopplung erhält man eine bessere Umgebungsverfolgung zwischen dem Gitter und dem Router, und deshalb eine verbesserte Gesamtsystemleistung.

[0030] [Fig. 4](#) zeigt eine weitere alternative Ausführungsform der Erfindung. Jedes Element, das sowohl in [Fig. 1](#) als auch [Fig. 4](#) erscheint, führt bei beiden Ausführungsformen die gleiche Funktion aus und ihm ist die gleiche Bezugszahl zugewiesen. Dementsprechend erzeugt der Mehrfrequenzlaser **10** von [Fig. 4](#) wie der Laser von [Fig. 1](#) Quellenlicht in $N + 1$ verschiedenen Wellenlängenbändern, von denen eines als ein Überwachungskanal verwendet wird. Das Quellenlicht, das für Teilnehmer bestimmt ist, wird durch die Faserstrecke **12** in Kombination mit dem WDM-Router **24** an die Teilnehmer verteilt. Zudem wird das Überwachungskanallicht zum Mehrfrequenzlaser zurückreflektiert und in Richtung auf die Rückkopplungssteuerschaltung **20** durch Abgriff **18** umgelenkt. Die Rückkopplungssteuerschaltung verwendet die vom Überwachungskanal erhaltenen Informationen zum Aufrechterhalten einer Ausrichtung der Quelle und des Routers.

[0031] Im Gegensatz zu der Ausführungsform von [Fig. 1](#) jedoch enthält die Ausführungsform von [Fig. 4](#) kein Fasergitter zum Zweck des selektiven Reflektierens des Überwachungskanallichts von innerhalb des kombinierten Quellenlichts. Stattdessen wird das Überwachungskanallicht reflektiert, nachdem es durch den Router hindurchgetreten und von dem Teilnehmerkanallicht getrennt worden ist. Wie in der Figur gezeigt, kann dies dadurch geschehen, daß ein Reflektor **28** in dem Weg der Routerausgabe entsprechend dem Überwachungskanal angeordnet wird.

[0032] Wenn die Ausführungsform von [Fig. 4](#) mit den anderen vorgelegten Ausführungsformen verglichen wird, sollten zwei wichtige Unterschiede angemerkt werden. Zunächst tritt bei der Ausführungsform von [Fig. 4](#) das Überwachungskanallicht durch den Router hindurch und wird deshalb aufgrund des Faser-Router-Kopplungsverlusts gedämpft. Die Dämpfung wird durch die Tatsache verstärkt, daß das Überwachungskanallicht eine Rundreise durch den Router unternimmt, einmal bei Übertragung von der Quelle und einmal bei der Reflexion in Richtung auf die Rückkopplungsschaltung. Im Gegensatz dazu braucht bei der Ausführungsform von [Fig. 1](#) das Überwachungskanallicht überhaupt nicht durch den Router hindurchzutreten und wird somit nicht durch den Faser-Router-Kopplungsverlust beeinflusst. Dementsprechend wird bei Anwendungen, bei denen der Pegel des Überwachungskanallichts kritisch ist, die Ausführungsform von [Fig. 1](#) bevorzugt. Zweitens belegt bei der Ausführungsform von [Fig. 4](#) der Überwachungskanal einen der Routerausgänge, wodurch die An-

zahl an Routerausgängen reduziert wird, die zum Bedienen von Teilnehmern verwendet werden kann. Im Gegensatz dazu braucht bei der Ausführungsform von [Fig. 1](#) der Überwachungskanal nicht durch den Router hindurchzutreten und kann deshalb so ausgewählt werden, daß er zwischen Routerkanälen liegt. Auf diese Weise stört der Überwachungskanal nicht die volle Ausnutzung des Routers.

[0033] Um die Ausführungsform von [Fig. 1](#) zu testen und die Durchführbarkeit der Erfindung zu demonstrieren, wurde ein Versuch vorgenommen. Zu Testzwecken wurde das vom Fasergitter **16** zurückgeschickte Fehlersignal gemessen, aber nicht zum Einstellen der Wellenlängen der Mehrfrequenzquelle verwendet. Stattdessen wurden die Quellenwellenlängen durch Temperaturabstimmung eingestellt. Der Test ist unten ausführlicher beschrieben.

[0034] Die bei dem Test verwendete Mehrfrequenzquelle war ein integriert-optischer 24-Kanal-Mehrfrequenzlaser. Das vom Laser emittierte Licht lag im 1555 nm-Wellenlängengebiet bei einem Kanalabstand von 100 GHz und einer Faser-Verbindungsstelle-Gesamtausgangsleistung von -9,90 dBm. Mit dem Laser wurden 7 Teilnehmerkanäle mit einem Kanalabstand von 200 GHz erzeugt. Die Kanäle wurden mit pseudozufälligen 50 Mb/s-NRZ-Daten (Nonreturn-to-Zero) moduliert.

[0035] Die für den Test verwendete Faserstrecke war eine 6,3 km-Strecke aus 5 mit Verbindern versehenen Sektionen. Die Strecke war an ein Fasergitter mit einer bei 1557,0 nm zentrierten Bandbreite mit 13,6 GHz und einer Reflexion von 3 dB (Temperatur = 20°C) gekoppelt. Die Reflexionskennlinie des Gitters und seine Übertragungskennlinie sind in den [Fig. 5](#) bzw. [Fig. 6](#) gezeigt.

[0036] Der in dem Experiment verwendete Router war ein 8-Kanal-Arrayed-Waveguide-Grating-Router mit einem Kanalabstand von 200 GHz und einer mittleren Einfügedämpfung von 8,9 dB. Der Router war an den Ausgang des Fasergitters gekoppelt, und sowohl der Router als auch das Gitter waren innerhalb eines temperaturgesteuerten Ofens angeordnet. Während des Tests wurden die Ausgangsports des Routers ohne Abschluß gelassen, um einen Worst-Case-Zustand zu simulieren. Die Übertragungskennlinie des Routers im Vergleich zu der des Gitters ist in [Fig. 7](#) gezeigt. Wie man an Hand der Figur erkennen kann, ist die Fasergitterwellenlänge gegenüber der Wellenlänge des nächsten Routerkanals um etwa 0,6 nm versetzt (Temperatur = 19,3°C).

[0037] Der Überwachungskanal für den Test wurde so gewählt, daß er im Gebiet von 1558 nm lag. Er war 100 GHz von dem nächsten Teilnehmerkanal beabstandet. Der Gesamtfrequenzplan des Mehrfrequenzlasers ist in [Fig. 8](#) gezeigt. Auch gezeigt ist die Ausgabe des Routerports, der hinsichtlich der Wellenlänge dem Überwachungskanal am nächsten liegt. Wie man sehen kann, gibt es keine signifikante Störung zwischen dem Überwachungskanal und der Routerportausgabe.

[0038] Die Ergebnisse des Tests sind in Tabelle I dokumentiert. Die in der Tabelle gezeigten Messungen der normierten Routerausgabe wurden an dem hinsichtlich der Wellenlänge dem Überwachungskanal am nächsten liegenden Routerport vorgenommen. Die folgende Testprozedur wurde aufgerufen.

Tabelle I

Temperatur von Router und Gitter (°C)	Temperatur des Mehrfrequenz- lasers (°C)	Normierte Routerausgabe (dB)	Fehler- signal (µV)	Kanalwellen- länge (nm)
19,3	14,5	0,0	42,5	1558,65
73,0	14,5	-8,6	0,9	1558,65
73,0	19,3	+0,5	35,5	1559,22

[0039] Zuerst wurden der Router und das Gitter bei Raumtemperatur (19,3°C) stabilisiert und der Mehrfrequenzlaser wurde hinsichtlich der Temperatur abgestimmt, um das maximale Fehlersignal zu erhalten. Wie aus Zeile 1 der Tabelle ersichtlich ist, wurde ein maximales Fehlersignal von 42,5 µV bei einer Mehrfrequenzlasertemperatur von 14,5°C und einer Überwachungskanalwellenlänge von 1558,65 nm erzielt. Die Routerausgabe unter diesen Bedingungen wurde als Referenz für den Rest des Tests verwendet, und somit beträgt die normierte Routerausgabe für Zeile 1 der Tabelle 0 dB.

[0040] Als nächstes wurde die Temperatur des Ofens auf 73,0°C erhöht, so daß der Router und das Gitter eine Temperatur von 73,0°C erhalten würden. Dies führte zum Verlust sowohl des Routerausgangssignals als auch des Fehlersignals (Zeile zwei der Tabelle). Schließlich wurde das Fehlersignal wiederhergestellt, indem die Mehrfrequenzlasertemperatur von 14,5°C auf 19,3°C erhöht wurde. Da das Fehlersignal wiederhergestellt war, wurde die normierte Routerausgabe wiederhergestellt (Zeile drei der Tabelle). Durch Abstimmen der Temperatur der Quelle gemäß der Überwachungskanalrückkopplung wurde somit zwischen der Quelle und der Routerausgabe, von der Wellenlänge her dem Überwachungskanal am nächsten gelegen, erzielt. Da die Quelle ein Mehrfrequenzlaser war, führte außerdem eine Ausrichtung zwischen der Quelle und dem dem Überwachungskanal am nächsten gelegenen Routerausgang zu einer Ausrichtung zwischen der Quelle und allen anderen Routerausgängen. Dadurch wird demonstriert, daß eine Wellenlängenausrichtung zwischen der Quelle und dem Router aufrechterhalten werden kann durch Beobachten der ÜberwachungskanalReflexion und entsprechendes Einstellen der Quelle.

[0041] Wenngleich die beste Weise zum Ausführen der Erfindung ausführlich beschrieben worden ist, erkennt der Fachmann auf dem Gebiet, auf das sich die Erfindung bezieht, zahlreiche alternative Designs und Ausführungsformen zur Ausübung der Erfindung wie durch die folgenden Ansprüche definiert.

Patentansprüche

1. System zum Aufrechterhalten einer Wellenlängenausrichtung zwischen einer optischen Quelle und einem Router, wobei die Quelle so ausgelegt ist, daß sie Quellenlicht erzeugt, das aus Licht mit mehreren Quellenwellenlängen besteht, gekennzeichnet durch:

- a) reflektierende Mittel (**16**), die in einem im wesentlichen geraden optischen Weg zwischen der Quelle (**10**) und dem Router (**14**) angeordnet sind, wobei die reflektierenden Mittel so ausgelegt sind, daß sie Quellenlicht bei einer oder mehreren Quellenwellenlängen selektiv reflektieren und dabei Licht mit den anderen Quellenwellenlängen ungehindert hindurchtreten lassen; und
- b) Mittel zum Überwachen (**20**) des reflektierten Lichts und Einstellen der Quellenwellenlängen zum Maximieren oder Minimieren der reflektierten Lichtmenge, so daß die Quelle in Wellenlängenausrichtung auf die reflektierenden Mittel bleibt.

2. System nach Anspruch 1, wobei das reflektierende Mittel innerhalb eines Eingangsports (**24**) des Routers angeordnet ist.

3. System nach Anspruch 1 oder 2, wobei das reflektierende Mittel ein Fasergitter umfaßt, das in den Router geschrieben ist.

4. System nach Anspruch 1, wobei der optische Weg zwischen der Quelle und dem Router eine optische Faser (**12**) umfaßt.

5. System nach Anspruch 4, wobei das reflektierende Mittel ein Fasergitter umfaßt, das in die optische Faser geschrieben ist.

6. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Mittel zum Überwachen und Einstellen einen Synchrondetektor umfaßt.

7. Verfahren zum Aufrechterhalten einer Wellenlängenausrichtung zwischen einer optischen Quelle und einem Router, wobei die Quelle Quellenlicht erzeugt, das aus Licht mit mehreren Quellenwellenlängen besteht, gekennzeichnet durch die folgenden Schritte:

- a) Bereitstellen eines reflektierenden Mittels (**16**) in einem im wesentlichen geraden optischen Weg zwischen der Quelle (**10**) und dem Router (**14**) zum selektiven Reflektieren von Quellenlicht bei einer oder mehreren der Quellenwellenlängen und gleichzeitiges ungehindertes Durchlassen von Licht mit den verbleibenden Quellenwellenlängen;
- b) Überwachen der reflektierten Lichtmenge und
- c) Einstellen der Quellenwellenlängen zum Maximieren oder Minimieren der reflektierten Lichtmenge, so daß die Quelle in Wellenlängenausrichtung auf das reflektierende Mittel bleibt.

8. System zum Aufrechterhalten einer Wellenlängenausrichtung zwischen einer optischen Quelle und einem Router, wobei die Quelle so ausgelegt ist, daß sie Quellenlicht erzeugt, das aus Licht mit mehreren Quellenwellenlängen besteht, gekennzeichnet durch:

- a) ein reflektierendes Mittel (**28**), das in dem optischen Weg am Ausgang des Routers (**14**) angeordnet ist, wo-

bei das reflektierende Mittel so ausgelegt ist, daß es Quellenlicht bei einer oder mehreren der Quellenwellenlängen zurück durch den Router zu der Quelle reflektiert; und
b) ein Mittel zum Überwachen (**20**) des reflektierten Lichts und Einstellen der Quellenwellenlängen zum Maximieren oder Minimieren der reflektierten Lichtmenge, so daß die Quelle in Wellenlängenausrichtung auf das reflektierende Mittel bleibt.

9. System nach Anspruch 8, wobei das reflektierende Mittel ein Breitbandreflektor ist.

10. System nach Anspruch 8 oder 9, wobei der optische Weg zwischen der Quelle und dem Router eine optische Faser (**12**) umfaßt.

11. System nach einem der Ansprüche 8 bis 10, wobei das Mittel zum Überwachen und Einstellen einen Synchrondetektor umfaßt.

12. Verfahren zum Aufrechterhalten einer Wellenlängenausrichtung zwischen einer optischen Quelle und einem Router, wobei die Quelle Quellenlicht erzeugt, das aus Licht mit mehreren Quellenwellenlängen besteht, gekennzeichnet durch die folgenden Schritte:

a) Bereitstellen eines reflektierenden Mittels (**28**) in dem optischen Weg im Ausgang des Routers (**14**), wobei das reflektierende Quellenlicht bei einer oder mehreren der Quellenwellenlängen zurück durch den Router zur Quelle reflektiert;

b) Überwachen der reflektierten Lichtmenge und

c) Einstellen der Quellenwellenlängen zum Maximieren oder Minimieren der reflektierten Lichtmenge, so daß die Quelle in Wellenlängenausrichtung auf das reflektierende Mittel bleibt.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

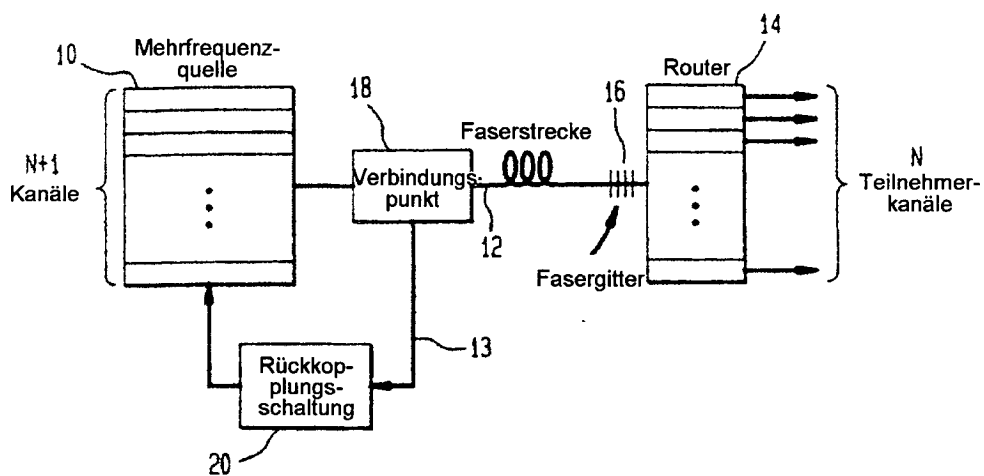


FIG. 3

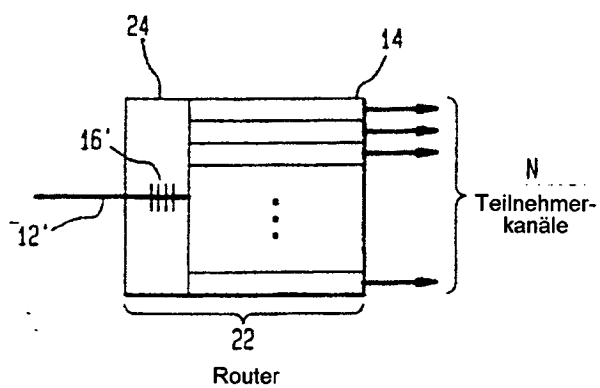


FIG. 2A

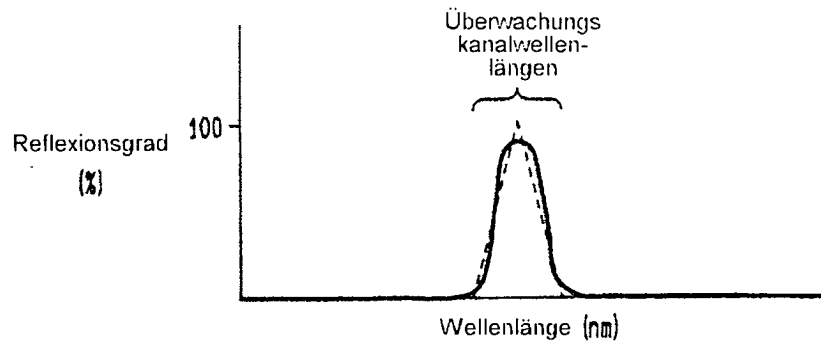


FIG. 2B

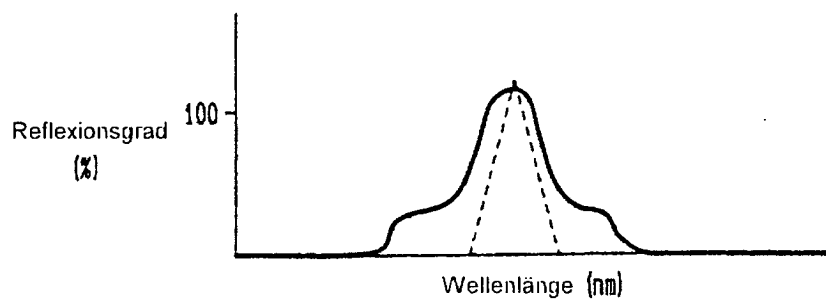


FIG. 2C

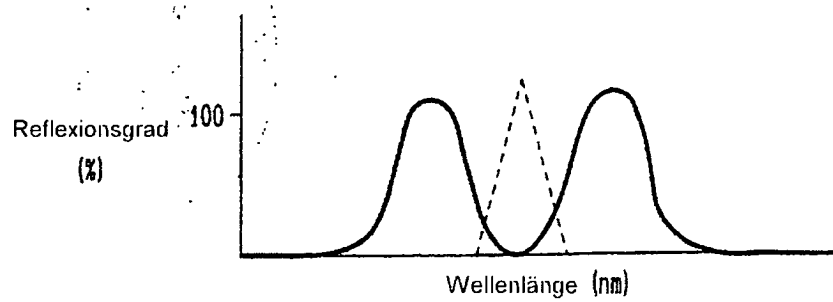


FIG. 4

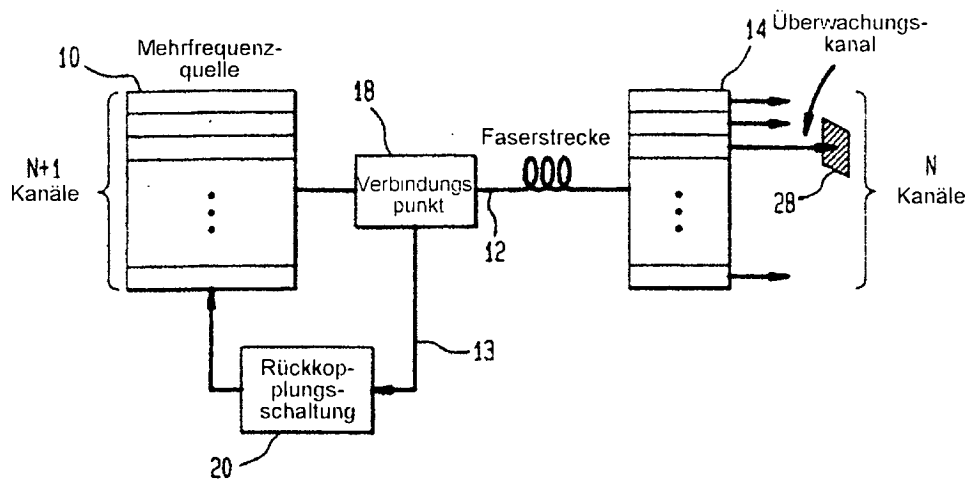


FIG. 5

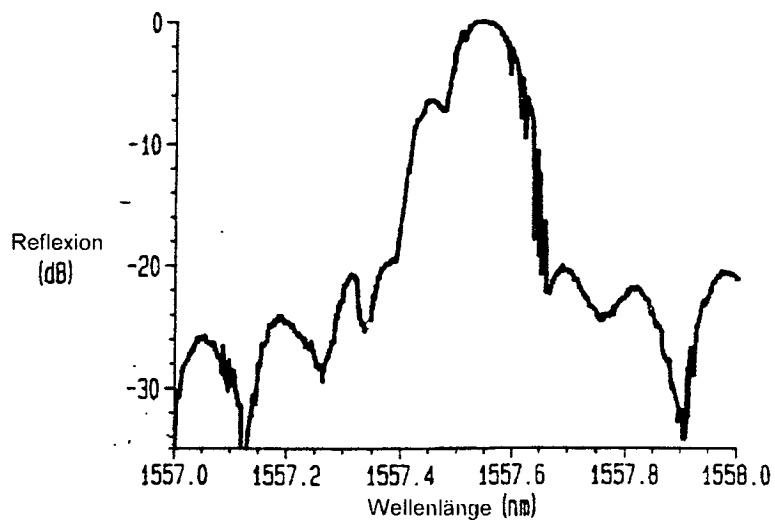


FIG. 6

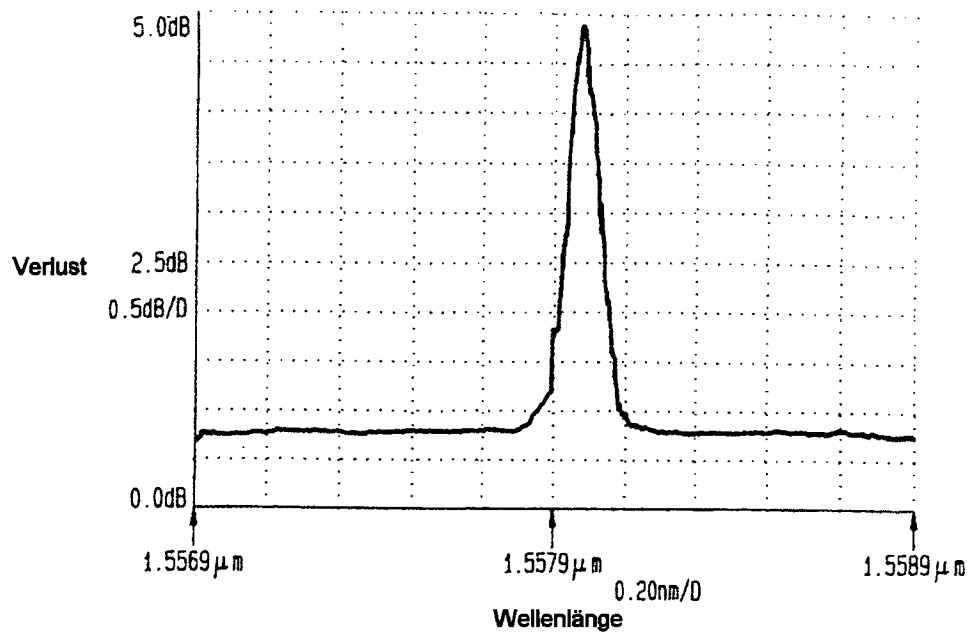


FIG. 7

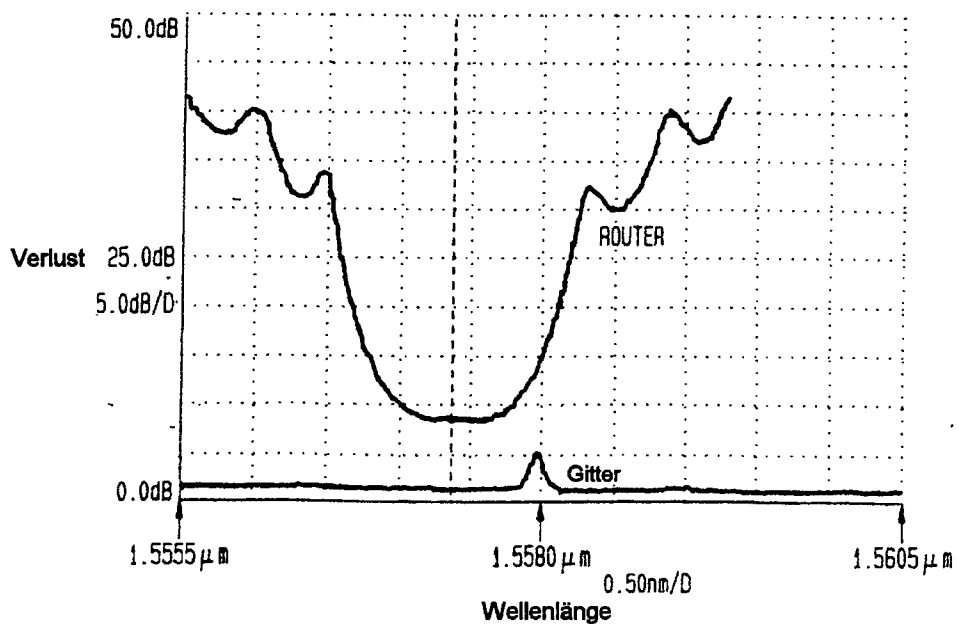


FIG. 8

