(19) **Bundesrepublik Deutschland**
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 696 33 843 T2** 2005.11.03

(12) # Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 743 771 B1**
(21) Deutsches Aktenzeichen: **696 33 843.2**
(96) Europäisches Aktenzeichen: **96 107 797.1**
(96) Europäischer Anmeldetag: **15.05.1996**
(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **20.11.1996**
(97) Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA: **17.11.2004**
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **03.11.2005**

(51) Int Cl.[7]: **H04J 14/02**
H04B 10/207, H04Q 11/00

(30) Unionspriorität:
11849595 17.05.1995 JP

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, ES, FR, GB, IT, NL, SE

(73) Patentinhaber:
Canon K.K., Tokio/Tokyo, JP

(72) Erfinder:
Kubota, Ouichi, Tokyo 146, JP

(74) Vertreter:
TBK-Patent, 80336 München

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zur optischen Übertragung anhand einer Vielzahl von Wellenlängen**

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

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft jeweils ein optisches Übermittlungsverfahren nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 sowie ein optisches Übermittlungssystem nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 6, um eine Übertragung unter Verwendung einer Vielzahl von Wellenlängen auszuführen.

[0002] In einem optischen Wellenlängen-Multiplex-Übertragungsverfahren werden optische Signale verschiedener Wellenlängen auf einem einzelnen Übertragungsweg bzw. Sendepfad übertragen, um die Auslastung bzw. Nutzeffizienz des Übertragungsweges zu verbessern. In der Regel besteht solch ein System aus mehreren Terminals, um optische Signale mit verschiedenen Wellenlängen zu übertragen, einer optischen Leistungs-Multiplexer-Einrichtung, um solche optische Signale auf den Übertragungsweg bzw. Sendepfad auszugeben, einer Wellenlängen-Separationseinrichtung, um nur eine erwünschte Wellenlänge von einem Wellenlängen-Multiplex-Signal zu separieren, sowie aus mehreren Terminals, um die Signale zu empfangen.

[0003] In diesem System wird vor allem ein Halbleiterlaser (von nun an als LD abgekürzt) als eine in jeder Terminalstation vorgesehene Lichtquelle, eine optische Faser als Übertragungsweg, ein aus einem Halb-Spiegel oder einem Licht-Wellenleiter bestehender optischer Leistungs-Multiplexer als optische Leistungs-Multiplexer-Einrichtung sowie ein optischer Wellenlängen-Filter (von nun an als optischer Filter bezeichnet) als Wellenlängen-Separationseinrichtung eingesetzt.

[0004] Als Übertragungs-/Empfangs-Verfahren sind die im Nachfolgenden beschriebenen Verfahren geläufig: ein Verfahren, bei welchem die Übertragungswellenlänge der Übertragungsseite festgelegt und die Empfangswellenlänge der Empfangsseite variabel ist, so dass die Empfangsseite eine gewünschte Wellenlänge auswählt; ein Verfahren, bei welchem die Empfangswellenlänge der Empfangsseite festgelegt und die Übertragungswellenlänge der Übertragungsseite variabel ist, so dass die Übertragungsseite eine von einem gewünschten Ziel zu empfangende Wellenlänge auswählt; ein Verfahren, bei welchem sowohl die Wellenlängen der Übertragungsseite als auch die der Empfangsseite variabel sind; und dergleichen.

[0005] Als Beispiel einer Laserdiode LD, welche die Wellenlänge ändern kann, ist eine DFB-(Distributed Feed Back-)Laserdiode LD bekannt, die in OQE89-116, "THREE-ELECTRODE LENGTH RESONATOR λ/4 SHIFT MQW-DFB LASER", The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers, beschrieben wird. Als optischer Filter, der eine gewünschte Wellenlänge von dem optischen Wellenlängen-Multiplex-Signal extrahieren kann, ist ein FFP-(Fiber Fabry Perot-)Filter bekannt, der in "PASSIVLY TEMPERATURE-COMPENSATED FIBRE FABRY-PEROT FILTER AND ITS APPLICATION IN WAVELENGTH DIVISION MULTIPLE ACCESS COMPUTER NETWORK", Electronics Letters, 1990, Vol. 26, Nr. 25, Seiten 2122–2123 beschrieben wird.

[0006] Der FFP-Filter weist mehrere Durchlass-Peaks auf, und sein optisches Frequenzintervall wird gewöhnlich FSR (Free Spectral Range; Freier Spektralbereich) genannt. Andererseits wird das Verhältnis zwischen dem FSR und der Mesialbreite (von nun an als Bandbreite bezeichnet) des Spektrums eines jeden Durchlass-Peaks eine Finesse F genannt.

[0007] Wenn solch ein optischer Filter verwendet wird, können festgelegtes Einfallslicht und anderes Einfallslicht mit einer Wellenlängendifferenz, die ein ganzzahliges Vielfaches des Wellenlängenintervalls ΔλFSR beträgt, welches der FSR entspricht, nicht voneinander getrennt werden, da sie gleichzeitig durch den Filter übertragen werden. Im Hinblick auf dieses Problem wird in dem herkömmlichen Wellenlängen-Multiplex-Übertragungssystem das Wellenlängen-Multiplex-Verfahren innerhalb eines einzelnen freien Spektralbereiches FSR des optischen Filters durchgeführt, um derart Störungen bzw. Störungen zu vermeiden.

[0008] Fig. 15 ist eine grafische Darstellung, die das Prinzip dieser Technik zeigt. In Fig. 15 sind über die Abszissenachse die Wellenlänge λ und über die Ordinatenachse die Lichtintensität aufgetragen. λf1 sowie λf2 stellen die Wellenlängen dar, die das Ende des Wellenlängenintervalls angeben, das einem einzelnen freien Spektralbereich FSR entspricht (optische Frequenz = f1 bis f2). λ1 bis λm stellen die Übertragungswellenlängen der Terminalstationen 1 bis m dar, und der Bereich von λmin bis λmax ist der in dem System einsetzbare Wellenlängenbereich.

[0009] Die Wellenlänge der Lichtemission der Laserdioden LDs variiert gelegentlich um einige nm infolge einer geringen Differenz der Strahlbrechungsindizes der aktiven Schichten und der Neigungen der Beugungsgitter bei der Herstellung. Dieser Bereich der Variation ist gleich wie oder größer als die Breite des wellenlängenvariablen Bereiches der Laserdiode LD. Damit die Wellenlängen der Lichtemission der Laserdioden LDs so eingestellt sind, dass sie in den freien Spektralbereich FSR des optischen Filters fallen, um derart eine Wellenlängen-Multiplex-Übertragung zu ermöglichen, müssen die Laserdioden LDs vorab selektiert werden.

[0010] Um mit den individuellen Unterschieden in der Wellenlänge der Lichtemission der Laserdioden LDs zurecht zu kommen, kann der in dem System verwendbare Wellenlängenbereich (d. h. der freie

Spektralbereich FSR des FFP-Filters) verbreitert werden. Jedoch ist es in der Regel schwierig, bei der Herstellung den Wert der Finesse F in großem Maße zu ändern, und der verbreiterte freie Spektralbereich FSR führt zu einer Vergrößerung der Bandbreite, d. h. zu einer Vergrößerung im Kanalintervall. Andererseits müssen die Wellenlängen der Lichtemission der Laserdioden LDs in ihren wellenlängenvariablen Bereiche festgelegt werden, damit sie nicht irgendwelche Störungen mit anderen Stationen hervorrufen. Die Zunahme der Kanalintervalle verringert den Freiheitsgrad zum Einstellen der Wellenlänge der Lichtemission der Laserdiode LD.

[0011] Wie zuvor beschrieben, müssen die als Lichtquellen verwendeten Laserdioden LDs im Hinblick auf die Wellenlänge selektiert oder eingestellt werden, um in dem herkömmlichen Wellenlängen-Multiplex-Übertragungssystem eine hochintegrierte Wellenlänge-Multiplex-Übertragung bzw. eine Wellenlänge-Multiplex-Übertragung hoher Dichte zu realisieren.

[0012] Aus der Druckschrift US-A-4 625 305 sind ein gewöhnliches optisches Übertragungsverfahren sowie ein gewöhnliches optisches Übertragungssystem bekannt. Mehrere optische Knoten sind über einen optischen Übertragungsweg bzw. Sendepfad verbunden. Eine Übertragung wird durchgeführt, indem in dem optischen Übertragungsweg bzw. Sendepfad mehrere Kanäle gemultiplext bzw. mehrfach ausgenutzt werden. Die Übertragung wird durch einen optischen Übertragungsknoten unter Verwendung einer Wellenlänge ausgeführt, die zu einer Wellenlängengruppe gehört, welche einen einzelnen Kanal begründet, wobei jeder der Vielzahl der Kanäle durch eine Wellenlängengruppe aufgebaut wird, die aus mehreren, voneinander über ein festgelegtes erstes Wellenlängenintervall separierten Wellenlängen besteht. Der Empfang wird durch einen optischen Empfängerknoten ausgeführt, indem Lichterfassungs-Peaks der optischen Erfassungseinrichtung angeglichen bzw. abgestimmt werden, wobei die optische Erfassungseinrichtung in dem optischen Übertragungsweg bzw. Sendepfad Licht erfasst und mehrere Erfassungspeaks bzw. Erfassungsausschläge aufweist, die von den Wellenlängen, welche die Wellenlängengruppe eines erforderlichen Kanals begründen, durch Intervalle separiert sind, welche einem ganzzahligen Vielfachen des festgelegten ersten Wellenlängenintervalls entsprechen.

[0013] Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung liegt darin, ein optisches Übertragungsverfahren gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 oder ein optisches Übertragungssystem gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 6 derart weiterzuentwickeln, dass zwischen den benutzten bzw. eingesetzten Wellenlängen größere Intervalle zugelassen werden können, um dadurch eine deutliche Abnahme der Übersprechung zwischen direkt benachbarten Wellenlängen zu ermöglichen.

[0014] Gemäß der Erfindung wird diese Aufgabe mit einem optischen Übertragungsverfahren, welches die Merkmale des Patentanspruchs 1 aufweist, oder mit einem optischen Übertragungssystem, welches die Merkmale des Patentanspruchs 6 aufweist, gelöst.

[0015] Vorteilhafte Weiterentwicklungen sind in den abhängigen Patentansprüchen ausgeführt.

[0016] Gemäß der vorliegenden Erfindung kann die Effektivität bzw. Ausbeute erhöht werden, indem vermieden wird, dass die Laserdioden LD im Hinblick auf ihre Wellenlängen selektiert werden müssen, weil für jede Lichtquelle eine festgelegte Variation in der Wellenlänge der Lichtemission gestattet ist.

[0017] In diesem optischen Übertragungsverfahren müssen die zur Verfügung stehenden Bereiche der Übertragungswellenlängen der Übertragungseinrichtungen einer Vielzahl optischer Knoten, welche eine Übertragung ausführen, nicht eingestellt werden. Wenn ein optischer Knoten, der einen Empfang ausführt, zu einem ersten Zeitpunkt eine erste Wellenlänge (d. h. einen Kanal, zu welchem die erste Wellenlänge gehört) empfängt, und danach zu einem zweiten Zeitpunkt eine zweite Wellenlänge (d. h. einen Kanal, zu welchem die zweite Wellenlänge gehört) empfängt, wobei die zweite Wellenlänge von der ersten Wellenlänge durch das Intervall der Erfassungspeaks bzw. Erfassungsausschläge der optischen Erfassungseinrichtung oder weiter separiert ist, dann kann der Knotenpunkt die zweite Wellenlänge empfangen, indem eine Erfassungspeak-Differenz von dem zur Erfassung der ersten Wellenlänge verwendeten Erfassungspeak verwendet wird. Bei der Verlagerung vom ersten Zeitpunkt zum zweiten Zeitpunkt überschreitet von daher das Maß der Verschiebung des Erfassungspeaks nicht das Intervall der Erfassungspeaks.

[0018] Da Wellenlängen zu unterschiedlichen Kanälen gehören und da direkt benachbarte Wellenlängen so eingestellt sind, dass sie um zumindest ein zweites Wellenlängen-Intervall voneinander separiert sind, können Interferenzen bzw. Störungen verhindert werden, so dass die direkt benachbarten Wellenlängen keine Interferenzen hervorrufen.

[0019] Da mehrere Wellenlängen bzw. eine Vielzahl von Wellenlängen so festgelegt werden können, dass sie durch die zweiten Wellenlängen-Intervalle separiert sind, um in das festgelegte ersten Wellenlängen-Intervall zu fallen, wobei die mehreren Wellenlängen zu verschiedenen Kanälen gehören, kann der zur Verfügung stehende Wellenlängenbereich bei einer hohen Dichte verwendet werden.

[0020] Da der Vielzahl der optischen Knoten verschiedene Wellenlängenkanäle zugeordnet werden kann, kann jeder optische Knoten einen Kanal belegen.

[0021] Der optische Übertragungsknoten weist eine Licht-Erfassungseinrichtung auf, die Licht in dem optischen Übertragungsweg bzw. Sendepfad detektiert, und die mehrere durch die festgelegten ersten Wellenlängenintervalle separierte Erfassungspeaks aufweist, tastet unter Verwendung der Licht-Erfassungseinrichtung eine Wellenlänge innerhalb zumindest des festgelegten ersten Wellenlängenintervalls ab, um einen verwendeten Kanal zu erfassen, und führt eine Übertragung unter Verwendung einer Wellenlänge aus, die zu einer Wellenlängengruppe gehört, welche einen Kanal begründet, der keine Interferenzen bzw. Störungen mit dem erfassten, verwendeten Kanal bewirkt. Da mit dieser Anordnung, ohne dass vorab jedem optischen Knoten ein Kanal zugeordnet wird, eine Übertragung erreicht werden kann, und da lediglich verwendete Kanäle auf dem Übertragungsweg bzw. Sendepfad vorhanden sind, kann der zur Verfügung stehende Kanalbereich effizient verwendet werden.

[0022] In bevorzugter Weise erfasst der optische Übertragungsknoten unter Verwendung der Licht-Erfassungseinrichtung die in dem optischen Übertragungsweg bzw. Sendepfad verwendeten Kanäle sowie einen Übertragungskanal des eigenen optischen Knotens, erfasst auf der Basis der erfassten Kanäle ein Intervall zwischen dem Übertragungskanal des eigenen optischen Knotens und dem am nächsten zu dem Übertragungskanal des eigenen optischen Knotens liegenden Kanal von den erfassten, verwendeten Kanälen, und behält das erfasste Intervall bei, um ein festgelegtes Intervall zu sein, indem eine Übertragungswellenlänge des eigenen optischen Knotens gesteuert wird, da dann das Kanalintervall erfasst werden kann, und zwar auch dann, wenn sich die Wellenlänge infolge einer Veränderung der Umgebungsbedingungen verändert.

[0023] Die vorliegende Erfindung stellt ebenso ein optisches Übertragungssystem bereit, in welchem das optische Übertragungsverfahren durchgeführt wird.

[0024] Fig. 1 ist eine grafische Darstellung zum Erläutern des Wellenlängen-Verwendungsverfahrens gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0025] Fig. 2 ist eine grafische Darstellung zum Erläutern der Beziehung zwischen der Filter-Steuerspannung und der Verstärkerausgabe in der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0026] Fig. 3 ist ein Blockdiagramm, das die Anordnung eines optischen Übertragungssystems zeigt, in welchem das Wellenlängen-Steuerverfahren gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung eingesetzt wird;

[0027] Fig. 4 ist ein Blockdiagramm, welches die Anordnung eines optischen Knotens in der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0028] Fig. 5 ist ein Blockdiagramm, welches die Anordnung einer optischen Übertragungseinheit in der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0029] Fig. 6 ist ein Blockdiagramm, welches die Anordnung eines optischen Empfängers in der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0030] Fig. 7 ist eine grafische Darstellung, die das Übertragungsspektrum eines optischen Filters in der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0031] Fig. 8 ist ein Blockdiagramm, welches die Anordnung eines optischen Knotenpunktes in der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0032] Fig. 9 ist ein Blockdiagramm, welches die Anordnung einer optischen Übertragungseinheit in der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0033] Fig. 10 ist eine grafische Darstellung, die das Wellenlängen-Verwendungsverfahren in der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0034] Fig. 11 ist eine grafische Darstellung zum Erläutern der Beziehung zwischen der Filter-Steuerspannung HF und der Verstärker-Ausgabeintensität I in der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0035] Fig. 12A bis Fig. 12C sind grafische Darstellungen zum Erläutern der Übertragungs-Vorbereitungsoperation in der Übertragungsprozedur von jeder Terminalstation in der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0036] Fig. 13 ist eine grafische Darstellung zum Erläutern der Wellenlängen-Verschiebungsoperation in der Übertragungsprozedur von jeder Terminalstation in der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0037] Fig. 14 ist eine grafische Darstellung zum Erläutern der Wellenlängen-Verschiebungsoperation in der Übertragungsprozedur von jeder Terminalstation in der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung; und

[0038] Fig. 15 ist eine grafische Darstellung, die das herkömmliche Wellenlängen-Verwendungsverfahren zeigt.

Erste Ausführungsform

[0039] Nachfolgend wird die erste Ausführungsform der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben.

[0040] In der vorliegenden Spezifikation wird das Prinzip und die Operation unter Verwendung von Wellenlängen anstelle von optischen Frequenzen erläutert. Es sei darauf hingewiesen, dass die Wellenlänge λ sowie die optische Frequenz v auf der Basis der Beziehung λ = c/(nv) ineinander umgewandelt werden können (wobei c die Lichtgeschwindigkeit und n der Strahlbrechungsindex eines Mediums ist und wobei beide Werte Konstanten sind).

[0041] In den nachfolgend beschriebenen Ausführungsformen wird der freier Spektralbereich FSR eines optischen Filters, welcher der Betrag davon ist, was ursprünglich das "optische Frequenzintervall" darstellt, wird "Wellenlängen-Intervall" erläutert.

[0042] Fig. 3 ist ein Blockdiagramm, welches die Anordnung eines optischen Übertragungssystems dieser Ausführungsform zeigt. Dieses optische Übertragungssystem ist ein sternförmig angeordnetes Netzwerk, welches n Terminalstationen aufweist, und besteht aus Terminalstationen **301-1** bis **301-n**, optischen Knoten **302-1** bis **302-n**, einem n × n-Sternkoppler **303** sowie optischen Fasern **304-1** bis **304-n** und **305-1** bis **305-n**.

[0043] Die Terminalstationen **301-1** bis **301-n** sind mit dem n × n-Sternkoppler **303** über die optischen Knoten **302-1** bis **302-n** sowie den optischen Fasern **305-1** bis **305-n** verbunden. Übertragungslicht von jeder optischen Übertragungseinheit wird zu dem n × n-Sternkoppler **303** über eine entsprechende Faser der optischen Übertragungsfasern **304-1** bis **304-n** übertragen. Der n × n-Sternkoppler **303** verteilt das Übertragungslicht gleichmäßig auf die optischen Empfangsfasern **305-1** bis **305-n** und sendet es zu den optischen Knoten **302-1** bis **302-n**.

[0044] Fig. 4 ist ein Blockdiagramm, welches die Anordnung des optischen Knotens **302** zeigt. Der optische Knoten **302** besteht aus einer optischen Übertragungseinrichtung **401** sowie einem optischen Empfänger **402**.

[0045] Fig. 5 ist ein Blockdiagramm, welches die Anordnung einer optischen Übertragungseinrichtung **401** zeigt. Die optische Übertragungseinrichtung **401** besteht aus einer Steuerschaltung **501**, einer Laserdioden-Steuerschaltung **502**, einer Laserdiode LD **503**, einem Licht-Empfangselement **504**, einem Verstärker **505**, einer Temperatur-Einstellvorrichtung **506** sowie einem optischen Teiler **507**.

[0046] Die Steuerschaltung **501** gibt auf der Basis von Steuersignalen von der Terminalstation und dem Verstärker **505** ein Steuersignal an die Laserdioden-Steuerschaltung **502** aus. Die Laserdioden-Steuerschaltung **502** gibt auf der Basis des eingegebenen Steuersignals einen Ansteuerstrom an die Laserdiode LD **503** aus. Ebenso gibt die Laserdioden-Steuerschaltung **502** auf der Basis eines Übertragungssignals von der Terminalstation einen modulierten Strom an die Laserdiode LD **503** aus. Die Laserdiode LD **503** sendet an den optischen Teiler **507** Signallicht aus. Der optische Teiler **507** splittet bzw. teilt das Signallicht von der Laserdiode LD **503** in zwei optische Signale und gibt ein Signal an den Übertragungsweg und das andere Signal an das Licht-Empfangselement **504** aus.

[0047] Fig. 6 ist ein Blockdiagramm, welches die Anordnung des optischen Empfängers **402** zeigt. Der optische Empfänger **402** besteht aus einer Wellenlängen-Steuerschaltung **601**, einer Filter-Steuerschaltung **602**, einem optischen Filter **603**, einem Licht-Empfangselement **604** sowie einem Verstärker **605**.

[0048] Das von dem Übertragungsweg zugeführte optische Signal wird in den optischen Filter **603** eingegeben. Das durch den optischen Filter **604** durchgelassene Licht fällt auf das Licht-Empfangselement **604**, welches das empfangene Licht in ein elektrisches Signal umwandelt. Das elektrische Signal wird durch den Verstärker **605** verstärkt und dann in die Wellenlängen-Steuerschaltung **601** eingegeben. Die Wellenlängen-Steuerschaltung **601** gibt auf der Basis eines Steuersignals von der Terminalstation und dem empfangenen Signal von dem Verstärker **605** ein Steuersignal an die Filter-Steuerschaltung **602** aus, wodurch die Übertragungswellenlänge des optischen Filters gesteuert wird. Ebenso gibt die Schaltung **601** das empfangene Signal an die Terminalstation aus.

[0049] Es sei angenommen, dass der Betrag ΔVF der Änderung der Steuerspannung VF, die der optischen Filter-Steuerschaltung **602** zugeführt wird, proportional zu dem Betrag ΔλF der Änderung des Übertragungsspektrums des optischen Filters **603** ist.

[0050] Fig. 7 ist eine grafische Darstellung, die das Übertragungsspektrum des optischen Filters **603** zeigt. In Fig. 7 stellt die Abszissenachse die Wellenlänge λ, die Ordinatenachse die Durchlässigkeit T dar, und λf1 bis λf5 sind bei einem festgelegten Fall die Mitten-Wellenlängen der m-ten bis (m + 4)-ten Ordnung der Übertragungspeaks (die von nun an als Filter-Übertragungswellenlängen bezeichnet werden). Wie in der Fig. 7 gezeigt, sind bei festgelegten Intervallen eine Vielzahl von Übertragungsspektren

vorhanden, und ihr Intervall beträgt ΔλFSR. Andererseits ist ΔλBW die Bandbreite des Übertragungsspektrums, und der Bereich von λA bis λB stellt den für die Verwendung in dem optischen Filter zur Verfügung stehenden Wellenlängenbereich dar.

[0051] Die Steuerschaltung **501** überwacht die Ausgabe von dem Verstärker **505**, um eine ausgegebene Lichtintensität der Laserdiode LD **502** konstant beizubehalten. Die Temperatur-Einstellvorrichtung **506** hält die Umgebungstemperatur der Laserdiode LD **502** auf einem festgelegten Wert. Die Übertragungswellenlänge der Terminalstation i ist derart festgelegt, dass sie eine spezielle Wellenlänge λi aufweist. In dieser Ausführungsform wird lediglich die Temperatursteuerung durchgeführt. Wenn jedoch die Übertragungswellenlänge mit höherer Präzision stabilisiert sein muss, werden einige Wellenlängen-Referenzeinrichtungen und eine Wellenlängen-Diskriminierungseinrichtung hinzugefügt, einige Lichtkomponenten des Ausgabelichtes abgetrennt und mit dem Referenzwert verglichen, und der erzielte Fehler zu dem Laserdioden LD-Ansteuerstrom zurückgekoppelt.

[0052] Der optische Filter **603** weist, wie es in der Fig. 7 gezeigt ist, eine Vielzahl von Durchlass-Peaks auf. Die Wellenlängendifferenz zwischen angrenzenden Peaks beträgt ΔλFSR.

[0053] Nachfolgend wird das charakteristische Merkmal dieser Ausführungsform beschrieben.

[0054] In dieser Ausführungsform ist ein Wellenlängensatz mit gleichen Wellenlängenintervallen einem Kanal zugeordnet. Ebenso sind in dieser Ausführungsform den jeweiligen Terminalstationen Kanäle individuell zugeordnet. Wenn die Übertragung durchgeführt wird, wählt und verwendet jede Terminalstation als Übertragungswellenlänge eine der Wellenlängen, die den zugeordneten Kanal begründen. Die zu verwendende Wellenlänge von jenen Wellenlängen, die den zugeordneten Kanal begründen, kann durch den optischen Knoten festgelegt werden, der die Übertragung ausführt.

[0055] Der Empfang der unter Verwendung der zuvor erwähnten Kanäle übertragenen Signale kann realisiert werden, indem als Filter des Empfängers zum Auswählen eines zu empfangenden Kanals (d. h. zum Auswählen eines Kanals, der die Wellenlänge enthält, die empfangen werden muss) ein Filter verwendet wird, der A) eine Vielzahl von Durchlass-Peaks aufweist, bei welchem B) die Wellenlängenintervalle zwischen angrenzenden Peaks gleich zueinander und gleich zu dem Wellenlängenintervall der Wellenlängen sind, die jeden Kanal begründen, und der c) kontinuierlich die Wellenlänge abtasten (wobbeln) kann, während das Wellenlängenintervall beibehalten wird. Als solch ein Filter ist der FFP-Filter bekannt. Der FFP-Filter weist bei der Periode von FSR eine Vielzahl von Durchlass-Peaks auf, und das Wellenlängenintervall FSR weist nahezu keine Änderung vor und nach der Abtast-Operation auf.

[0056] Da in dieser Ausführungsform der Empfang durchgeführt wird, indem simultan eine Vielzahl von Durchlass-Peaks verwendet wird, kann, wie es in der Fig. 1 gezeigt ist, der Übertragungswellenlängenbereich über dem Wellenlängenbereich gleich wie oder größer als ΔλFSR festgelegt werden.

[0057] Fig. 1 zeigt das Wellenlängen-Verwendungsverfahren dieser Ausführungsform. Auf der Abszissenachse ist die Wellenlänge λ und auf der Ordinatenachse die Lichtintensität aufgetragen. Der Bereich von λmin bis λmax stellt den in dem System verwendbaren Wellenlängenbereich dar, und der Bereich von λA bis λB ist der für die Verwendung in dem optischen Filter zur Verfügung stehende Wellenlängenbereich. λf1 bis λf5 sind bei einem festgelegten Referenzfall die Mitten-Wellenlängen der m-ten bis (m + 4)-ten Ordnung der Durchlass-Peaks (die von nun an als Filter-Durchlasswellenlängen bezeichnet werden). Ebenso zeigt die Fig. 1 das Transmissionsspektrum des optischen Filters für einem anderen Fall (und zwar, wenn die Durchlasswellenlängen des optischen Filters auf den Kanal eingestellt ist, zu welchem eine Wellenlänge λ3 gehört).

[0058] In der Fig. 1 stellen durchgezogene Linien optische Signale auf dem Übertragungsweg und gestrichelte Linien die Wellenlängen dar, die in den jeweiligen Kanälen nicht verwendet werden. In der Fig. 1 sind λ1, λ2, λ(3,3) und λ(4,2) die Wellenlängen, die tatsächlich verwendet werden. Λ1 bis Λ4 sind äquivalente Wellenlängensätze (welche später beschrieben werden), zu welchen λ1 bis λ4 gehören.

[0059] Nachfolgend wird das zuvor beschriebene charakteristische Merkmal detaillierter beschrieben.

[0060] Wenn in der vorliegenden Erfindung die Wellenlängendifferenz zwischen zwei beliebigen Wellenlängen ein ganzzahliges Vielfaches von ΔλFSR des optischen Filters ist, dann sind diese beiden Wellenlängen äquivalent zueinander. Eine zu einer Wellenlänge λi äquivalente Wellenlänge λ(i,m) ist wie folgt gegeben:

$$\lambda(i,m) = \lambda i + m \cdot \Delta\lambda FSR \quad (m: \text{Ganzzahl}),$$

und zwar für λ(i,0) = λi. Die Durchlass-Peak-Wellenlängen des FFP-Filters sind äquivalent zueinander. Ein Detektor kann Signale nicht voneinander unterscheiden, die äquivalente Wellenlängen aufweisen, da sie für den Detektor als gleiche Signale erscheinen.

[0061] Ein Wellenlängensatz, der in dem Wellenlängenbereich λmin bis λmax zur Verwendung in dem

System enthalten ist, von solchen Wellenlängen, die äquivalent zu λi sind, wird äquivalenter Wellenlängensatz von λi genannt. Das heißt:

$\Lambda i \in \{\lambda(i,m) | \lambda min \leq \lambda(i,m) \leq \lambda max;\ m: \text{Ganzzahl}\}$

[0062] Anders ausgedrückt bedeutet dies, dass ein Wellenlängensatz, der simultan unter Verwendung des FFP-Filters empfangen werden kann, ein äquivalenter Wellenlängensatz ist. Beispielsweise ist ein äquivalenter Wellenlängensatz von λ3 Λ3 = {λ3, λ(3,1), λ(3,2), λ(3,3)} in der Fig. 1.

[0063] In dieser Ausführungsform wird ein zuvor beschriebener Durchlasswellenlängensatz als ein Kanal verwendet. Die Übertragungswellenlängen von jedem optischen Knoten sind wie folgt definiert:

1) Um zwischen Wellenlängen, die zu verschiedenen Kanälen gehören, Interferenzen bzw. Störungen zu vermeiden, werden temporäre Kanal-Wellenlängen λi ermittelt, und zwar indem als Δλ jenes Wellenlängenintervall verwendet wird, das nicht Interferenzen bzw. Störungen bewirkt. Das heißt:

λ1, λ2 = λ1 – Δλ, λ3 = λ1 – 2Δλ, ...

Gleichzeitig sind die temporären Kanal-Wellenlängen derart festgelegt, dass sie bei dem Referenzfall innerhalb eines ΔλFSR fallen. In diesem Fall ist die Summe aus dem Wellenlängenintervall zwischen λ1 und dem Ende bei der längeren Wellenlängenseite von dem einen ΔλFSR, und das Wellenlängenintervall zwischen der kürzeren Kanal-Wellenlänge der temporären Kanal-Wellenlängen und das Ende bei der kürzeren Wellenlängenseite des einen ΔλFSR so eingestellt, dass sie gleich wie oder größer als Δλ sind.

2) Jedem optischen Knotenpunkt wird ein äquivalenter Wellenlängensatz Λi von λi als ein Kanal zugeordnet.

3) Der optische Knoten, dem der äquivalente Wellenlängensatz Λi zugeordnet ist, verwendet als Übertragungswellenlänge seines eigenen optischen Knotens ein willkürliches Element λ(i,k).

[0064] Fig. 1 zeigt einen Zustand, in welchem auf den Übertragungsweg vier Signale ausgegeben werden. Der optische Knoten, dem der äquivalente Wellenlängensatz Λ1 als Kanal zugeordnet ist, verwendet als seine Übertragungswellenlänge die Wellenlänge λ1, der optische Knoten, dem Λ2 zugeordnet ist, verwendet als seine Übertragungswellenlänge die Wellenlänge λ2, der optische Knoten, dem Λ3 zugeordnet ist, verwendet als seine Übertragungswellenlänge die Wellenlänge λ(3,3), und der optische Knoten, dem Λ4 zugeordnet ist, verwendet als seine Übertragungswellenlänge die Wellenlänge λ(4,2).

[0065] Die Beziehung zwischen der Steuerspannung VF für den Empfangsfilter und der Verstärkerausgabe I in dem Empfänger ist eine solche, wie sie in Fig. 2 gezeigt ist. Fig. 2 ist eine grafische Darstellung zum Erläutern der Beziehung zwischen der Filter-Steuerspannung und der Verstärkerausgabe in dieser Ausführungsform. Auf der Abszissenachse ist die Filter-Steuerspannung VF und auf der Ordinatenachse die Verstärkerausgabe I aufgetragen. Vf1 bis Vf3 stellen die Filter-Steuerspannungen dar, wenn die Filter-Durchlasswellenlängen der m-ten Ordnung mit λf1 bis λf3 übereinstimmt. V1 bis V4 stellen die Filter-Steuerspannungen dar, wenn die Filter-Durchlasswellenlängen der m-ten Ordnung mit λ1 bis λ4 übereinstimmt. ΔVFSR stellt die Potentialdifferenz dar, die zu dem freiem Spektralbereich FSR gehört.

[0066] Wenn in diesem Empfänger die Filter-Durchlasswellenlängen der m-ten Ordnung des optischen Filters bei V1 mit λ1 übereinstimmt, stimmt die Filter-Durchlasswellenlängen der m-ten Ordnung bei V2 mit λ2 überein, die Filter-Durchlasswellenlängen der (m + 3)-ten Ordnung bei V3 mit λ(3,3) überein, und die Filter-Durchlasswellenlängen der (m + 2)-ten Ordnung bei V4 mit λ(4,2) überein. Wie es in der Fig. 2 gezeigt ist, erscheinen wiederholt bei einer Periode ΔVFSR identische Signale entlang der VF-Achse. Von daher kann der Abtastungs-Bereich der für den Empfang von sämtlichen Signalen erforderlichen Filter-Steuerspannung VF der Bereich von VFmin bis VFmax (= VFmin + ΔVFSR) sein. Das heißt, in der vorliegenden Erfindung stimmt durch ein Abtasten des Filter über ΔλFSR ein Peak einer Vielzahl von Durchlass-Peaks mit einer gewünschten Wellenlänge überein. Aus diesem Grund können sämtliche Kanäle erfasst werden, indem der Filter über ΔλFSR abgetastet wird. Anders ausgedrückt bedeutet dies, dass dieser Zustand als solch ein Zustand erkannt wird, in welchem die eine Wellenlänge mit einem Peak der Vielzahl der Durchlass-Peaks übereinstimmt, wenn eine Wellenlänge mit einem Peak einer Vielzahl von Durchlass-Peaks übereinstimmt, und zwar ohne dass der übereinstimmende Durchlass-Peak spezifiziert wird, d. h., als solch ein Zustand, in welchem ein Kanal, zu welchem die eine Wellenlänge gehört, erfasst wird.

[0067] Nachfolgend wird der Übertragungsablauf von jeder Terminalstation in dieser Ausführungsform beschrieben.

[0068] Operation (1) Eine Station in einem Leerlaufzustand (ein Zustand, in welchem weder eine Übertragung noch ein Empfang durchgeführt wird) versucht einen Empfang durchzuführen, indem die Steuerspannung VF der Filter-Steuerschaltung über den Bereich von VFmin bis VFmax abgetastet wird.

[0069] Operation (2) Bei der Erfassung bzw. Detektion eines Signals prüft die Station, ob das Signal ein Identifikationssignal enthält, welches an ihre eigene

Station adressiert ist.

[0070] Operation (3) Wenn das Signal ein an die eigene Station adressiertes Identifikationssignal enthält, wird die Steuerspannung VF der Filter-Steuerschaltung festgehalten bzw. eingefroren.

[0071] Operation (4) Wenn das Signal kein an die eigene Station adressiertes Identifikationssignal enthält, fährt die Station mit der Abtastung fort.

[0072] Operation (5) Wenn die Station kein Signal detektieren kann, hält sie die Abtastung der Steuerspannung bei Vfmax an, setzt die Steuerspannung auf VFmin zurück und startet dann erneut die Abtastung zu VFmax.

[0073] Wie zuvor beschrieben, kann gemäß dieser Ausführungsform unter der gleichen Empfangssteuerung wie in dem herkömmlichen System der gesamte für die Verwendung in dem Filter zur Verfügung stehende Wellenlängenbereich als zur Verfügung stehender Übertragungswellenlängenbereich verwendet werden. Als ein Ergebnis hiervon können, selbst wenn die Wellenlängen der Laserdioden LDs infolge ihrer individuellen Differenzen über einen weiten Bereich variieren, diese als Lichtquellen verwendet werden.

Zweite Ausführungsform

[0074] In der ersten Ausführungsform werden vorab Kanäle festgelegt, die jeweils durch Übertragungswellenlängen begründet werden, und diese werden den entsprechenden optischen Knoten zugeordnet. In dieser Ausführungsform beginnt jedoch ein optischer Knoten einer Terminalstation, welche Kanäle zum Erfassen einer Übertragungsanforderung in Verwendung hat, die Übertragung bei einer Wellenlänge, die keine Interferenzen bzw. Störungen mit den erfassten Kanälen hervorrufen kann, und belegt so lange einen Kanal, der aus Wellenlängen besteht, die äquivalent zu der Übertragungswellenlänge sind, bis die Übertragung vollendet ist.

[0075] Nachfolgend wird die zweite Ausführungsform der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben.

[0076] Fig. 8 ist ein Blockdiagramm, welches die Anordnung des optischen Knotens **302** dieser Ausführungsform zeigt. Der optische Knoten **302** besteht aus einem optischen Sender **801**, einem optischen Empfänger **802** sowie einem optischen Teiler **803**. Der optische Sender **801** gibt auf den Übertragungsweg Übertragungslicht aus. Der optische Teiler **803** teilt Signallicht von dem Übertragungsweg in zwei Signale und gibt ein Signal an den optischen Empfänger **802** und das andere Signal an den optischen Sender **801** aus.

[0077] Fig. 9 ist ein Blockdiagramm, welches die Anordnung des optischen Senders dieser Ausführungsform zeigt. Der optische Sender besteht aus einer Wellenlängen-Steuerschaltung **901**, einer Laserdiode LD **902**, einem optischen Filter **903**, einer Laserdioden-Steuerschaltung **904**, einer optischen Filter-Steuerschaltung **905**, einem Licht-Empfangselement **906**, einem Verstärker **907**, einer Entscheidungsschaltung **908**, einem optischen Teiler **909**, einem optischen Leistungs-Multiplexer **910** sowie aus einem optischen Schalter **911**.

[0078] Die Wellenlängen-Steuerschaltung **901** besteht aus einer arithmetischen Verarbeitungsschaltung, einem Speicherelement, einem A/D-Konverter, einem D/A-Konverter und dergleichen. Die Steuerschaltung **901** steuert auf der Basis eines Steuersignals von der Terminalstation und dem Ausgabesignal von der Entscheidungsschaltung **908** die Laserdioden-Steuerschaltung **904** sowie die optische Filter-Steuerschaltung **905**, um eine Abstimmoperation durchzuführen. Ebenso speichert die Schaltung **901** Parameter und Operationsabläufe, die für Operationen erforderlich sind.

[0079] Es sei angenommen, dass der Betrag ΔVFD der Änderung der Steuerspannung VFD, die der Laserdioden-Steuerschaltung **904** zugeführt werden muss, proportional zu dem Betrag ΔλF der Änderung der Übertragungswellenlänge λL der Laserdiode LD **902** ist. Auf ähnliche Weise sei angenommen, dass der Betrag ΔVF der Änderung der Steuerspannung VF, die der optischen Filter-Steuerschaltung **905** zugeführt werden muss, proportional zu dem Betrag ΔλF der Änderung des Transmissionsspektrums des optischen Filters **903** ist. Darüber hinaus sei angenommen, dass die Wellenlängen-Steuerschaltung **901** auf der Basis der zu Δλ zugehörigen Filter-Steuerspannungsdifferenz ΔVF eine Laserdioden-Steuerspannung ΔVLD berechnen kann, die einer vorgegebenen Wellenlängendifferenz Δλ entspricht. Das heißt, die Schaltung **901** kann ΔVLD = f(ΔVF) berechnen.

[0080] Mit dem optischen Leistungs-Multiplexer **910** können optische Signale von dem Übertragungsweg und dem optischen Teiler gemultiplext bzw. gebündelt werden, und das gebündelte Signal wird in den optischen Filter **903** eingegeben. Das durch den optischen Filter **903** übertragene Licht wird über das Lichtempfangselement **904** und über den Verstärker **905** in ein elektrisches Signal umgewandelt. Die Entscheidungsschaltung **908** gibt in Abhängigkeit von der Intensität eines Eingangssignals ein digitales H- oder L-Pegelsignal aus. Der Schwellenwert der Entscheidungsschaltung **908** ist vorab so eingestellt, um eine Spannung zu sein, wenn der Filter zuverlässig ein optisches Signal detektiert.

[0081] Der optische Teiler **909** teilt die Ausgabe der

Laserdiode LD **902** in zwei Signale ein und gibt ein Signal an den optischen Schalter **911** und das andere Signal an den optischen Leistungs-Multiplexer **910** aus. Der optische Schalter **911** schaltet auf der Basis eines Steuersignals von der Wellenlängen-Steuerschaltung **901** eine optische Schaltung ein/aus, um den Ausgabe-/Nichtausgabezustand der Laserdioden-Ausgabe auf den Übertragungsweg zu schalten. Der optische Leistungs-Multiplexer **910** multiplext das optische Signal von dem Übertragungsweg und der Laserdioden-Ausgabe von dem optischen Teiler **909** und gibt das Übertragungssignal von seiner eigenen Station und anderen Stationen zu dem optischen Filter **903** aus.

[0082] Fig. 10 zeigt das Wellenlängen-Verwendungsverfahren dieser Ausführungsform. In der Fig. 10 ist auf der Abszissenachse die Wellenlänge λ und auf der Ordinatenachse die Signalintensität I aufgetragen. In dieser Ausführungsform werden Übertragungen unter der Verwendung von Wellenlängen λ1 bis λ8 durchgeführt, die für vier freie Spektralbereiche FSRs über den Wellenlängenbereich verteilt sind. Um Interferenzen bzw. Störungen zu verhindern, sind die Wellenlängen λ1 bis λ8 derart festgelegt, dass ihre äquivalenten Wellenlängen nicht kleiner als das Kanalintervall Δλ werden.

[0083] Fig. 11 ist eine grafische Darstellung, um in dieser Ausführungsform die Beziehung zwischen der Filter-Steuerspannung VF und der Verstärker-Ausgabeintensität zu erläutern. Vf1 bis Vf3 zeigen die Filter-Steuerspannungen, wenn die Filter-Durchlasswellenlänge der m-ten Ordnung mit λf1 bis λf3 übereinstimmt. Auf ähnliche Weise zeigen V1 bis V8 die Filter-Steuerspannungen an, wenn die Filter-Übertragungswellenlänge der m-ten Ordnung mit λ1 bis λ8 übereinstimmt. Darüber hinaus zeigt ΔVFSR die Filter-Steuerspannung an, die dem freien Spektralbereich FSR entspricht, und ΔV zeigt die Steuerspannung an, die dem Kanalintervall Δλ entspricht.

[0084] Fig. 12A bis Fig. 12C sind grafische Darstellungen zum Erläutern der Übertragungs-Vorbereitungsoperation des Übertragungsablaufes von jeder Terminalstation in dieser Ausführungsform. In jeder Fig. 12A bis Fig. 12C ist auf der Abszissenachse die Filter-Steuerspannung VF und auf der Ordinatenachse die Ausgabe von der Entscheidungsschaltung aufgetragen.

[0085] Fig. 12A ist eine grafische Darstellung zum Erläutern der Operation 1-1, und zeigt einen Zustand unmittelbar bevor die Übertragung beginnt. Va1 bis Vak zeigen die Werte der Filter-Steuerspannung VF bei der Erfassung von Übertragungssignalen auf dem Übertragungsweg während dieser Operation. Der Bereich von VLmin bis VLmax stellt den Bereich der Filter-Steuerspannung VF dar, der dem Abtast-Wellenlängenbereich (λLmin bis λLmax) der Laserdiode LD eines vorgegebenen optischen Knotenpunktes entspricht, und der Bereich von VFmin bis VFmax stellt den Bereich der Filter-Steuerspannung dar, der dem Abtast-Bereich (λFmin bis λFmax) des Filters entspricht.

[0086] Fig. 12A zeigt den verfügbaren Abtastbereich der Laserdiode LD als Bereich (VLmin bis VLmax) der Filter-Steuerspannung VF. Dieser Bereich entspricht dem Bereich von λLmin bis λLmax auf der Wellenlängenachse. Auf ähnliche Weise zeigt Fig. 12A den Filter-Abtastbereich als Bereich von VFmin bis VFmax. Dieser Bereich entspricht dem Bereich von λLmin bis λFmax für die Durchlass-Peak-Wellenlänge der m-ten Ordnung. Wenn in diesem Fall der freie Spektralbereich FSR des Filters ΔλFSR beträgt, gilt λFmax = λFmin + ΔFSR. Zusätzlich hierzu zeigt ΔV die Potentialdifferenz der Steuerspannung, die Δλ entspricht.

[0087] Fig. 12B ist eine grafische Darstellung zum Erläutern der Operation 1-2 und zeigt einen Zustand, in welchem die Übertragung bei der Wellenlänge ΔLmin begonnen hat, bei welcher jedoch auf den Übertragungsweg noch kein optisches Signal ausgegeben wurde. Vb1 bis Vbk + 1 zeigen die Werte der Filter-Steuerspannung VF bei der Erfassung von Übertragungssignalen auf dem Übertragungsweg während dieser Operation.

[0088] Fig. 12C ist eine grafische Darstellung zum Erläutern der Operation 1-3 und zeigt einen Zustand, in welchem ein optisches Signal damit begonnen hat, bei einer Wellenlänge λL' auf den Übertragungsweg ausgegeben zu werden.

[0089] Fig. 13 ist eine grafische Darstellung zum Erläutern der Wellenlängen-Verschiebungsoperation des Übertragungsablaufes von jeder Terminalstation in dieser Ausführungsform. Auf der Abszissenachse ist die Filter-Steuerspannung VF und auf der Ordinatenachse die Ausgabe von der Entscheidungsschaltung aufgetragen. VL ist die Filter-Steuerspannung, die der Übertragungswellenlänge λL von der eigenen Terminalstation entspricht. Gestrichelte Linien zeigen das Übertragungsspektrum des Filters an. ΔV ist die Potentialdifferenz der Steuerspannung, die Δλ entspricht. δV zeigt eine zuvor festgelegte Potentialdifferenz an, d. h. einen Spielraum, um einen Fehler oder dergleichen für die minimal erforderliche Abtast-Potentialdifferenz zuzulassen, und um die Übertragungswellenlängen von der eigenen Terminalstation und anderen Terminalstationen zuverlässig zu erfassen. ΔVj zeigt ebenso ein zuvor festgelegtes Potential an, d. h. den Verschiebungsbetrag der Abtast-Startspannung zum Verschieben des Abtast-Bereiches.

[0090] Fig. 14 ist eine grafische Darstellung zum Erläutern der Wellenlängenintervall-Halteoperation des

Übertragungsablaufes von jeder Terminalstation in dieser Ausführungsform. Auf der Abszissenachse ist die Filter-Steuerspannung VF und auf der Ordinatenachse die Ausgabe von der Entscheidungsschaltung aufgetragen. VL und VL' zeigen jeweils die Spannungs-Steuerspannungen, die λL und λL' entsprechen. ΔV ist die Potentialdifferenz der Steuerspannung, die Δλ entspricht, und ΔV' ist die Potentialdifferenz zwischen VL und VL'.

[0091] Fig. 3 ist ein Blockdiagramm, welches die Anordnung eines optischen Übertragungssystems zeigt, in welchem das Wellenlängen-Steuerverfahren dieser Ausführungsform angewandt wird.

[0092] Fig. 6 ist ein Blockdiagramm, das die Anordnung des optischen Empfängers dieser Ausführungsform zeigt.

[0093] Fig. 7 ist eine grafische Darstellung, die das Übertragungsspektrum der optischen Filter **603** und **903** dieser Ausführungsform zeigt.

[0094] Da die Fig. 3, Fig. 6 und Fig. 7 bereits in der ersten Ausführungsform beschrieben wurden, wird auf eine detaillierte Beschreibung hiervon verzichtet.

[0095] Die charakteristischen Merkmale dieser Ausführungsformen werden nachfolgend beschrieben.

[0096] In dieser Ausführungsform sind sowohl die Übertragungswellenlänge eines optischen Knotenpunktes, der die Übertragung ausführt, als auch die Empfangswellenlänge eines optischen Knotenpunktes, der den Empfang ausführt, variabel.

[0097] Als Empfänger wird der gleiche Empfänger wie in der ersten Ausführungsform verwendet. Der Sender weist eine wellenlängenvariable Lichtquelle und einen wellenlängenvariablen optischen Filter auf. Der wellenlängenvariable Filter ist ein FFP-Filter mit dem gleichen freien Spektralbereich FSR, wie der des in dem Empfänger verwendeten Filters.

[0098] Der Sender überträgt unter Verwendung des FFP-Filters die Wellenlängen der optischen Signale auf dem Übertragungsweg und erkennt den Verwendungs-Zustand des Übertragungsweges als die positionelle Beziehung entlang der Achse der Filter-Steuerspannung VF. Das heißt, der Sender erfasst den Verwendungs-Zustand der Kanäle, ohne dass die Ordnung der Übertragungspeaks des übertragenen optischen Signals ermittelt wird. Ebenso wird auf der VF-Achse das Intervall (d. h. die Potentialdifferenz) zwischen dem von dem eigenen Knotenpunkt verwendeten Kanal und dem benachbarten Kanal konstant gehalten, um Interferenzen bzw. Störungen zu vermeiden, sowie um die Auslastungseffizienz der verfügbaren Wellenlängen zu verbessern.

[0099] Fig. 10 zeigt ein Verwendungsbeispiel der Wellenlängen in dieser Ausführungsform. In dieser Ausführungsform werden Übertragungen durchgeführt, indem die Wellenlängen λ1 bis λ8 verwendet werden.

[0100] Fig. 11 zeigt die Beziehung zwischen der Filter-Steuerspannung VF und der Verstärkerausgabe I des Senders, wenn sich die Wellenlängen auf dem Übertragungsweg in dem in Fig. 10 gezeigten Zustand befinden, und wenn die optischen Filter, die das in der Fig. 7 gezeigte Übertragungsspektrum aufweisen, verwendet werden. In der Fig. 11 entsprechen V1 bis V8 jeweils den Wellenlängen λ1 bis λ8.

[0101] Der Sender steuert grundsätzlich die Übertragungswellenlänge λL von seiner eigenen Terminalstation, um auf der VF-Achse ein konstantes Intervall von einer anderen Terminalstation beizubehalten, wodurch Störungen vermieden werden. Es sei beispielsweise angenommen, dass die eigene Terminalstation eine Übertragung unter Verwendung der Wellenlänge λ5 ausführt. V5 entspricht auf der VF-Achse λ5. Der Sender steuert die Übertragungswellenlänge λ5 von seiner eigenen Terminalstation, so dass auf der VF-Achse die Potentialdifferenz V4–V5 zwischen dem Signal V4 der benachbarten Terminalstation und dem Signal V5 von seiner eigenen Terminalstation immer mit ΔV übereinstimmt.

[0102] Nachfolgend wird der Übertragungsablauf von jeder Terminalstation in dieser Ausführungsform beschrieben. Da die Empfangsoperation die gleiche wie die in der ersten Ausführungsform ist, wird auf eine detaillierte Beschreibung hiervon verzichtet. Die Übertragungsoperation wird nachfolgend beschrieben.

Operation 1-1: Vorbereitung zur Übertragung 1

[0103] Fig. 12A ist eine grafische Darstellung zum Erläutern der Operation 1-1. In der Operation 1-1 werden Kanäle, die auf dem Übertragungsweg von anderen Knotenpunkten verwendet werden, vor der Übertragung erfasst. Die Wellenlängen-Steuerschaltung setzt den optischen Schalter in den Aus-Zustand und tastet die Filter-Steuerspannung innerhalb des Bereichs von VFmin bis VFmax ab. Gleichzeitig mit der Abtastoperation überwacht die Wellenlängen-Steuerschaltung die Ausgabe der Entscheidungsschaltung und speichert die Filter-Steuerspannungen Va1 bis Vak (k: Anzahl der Terminalstationen, die eine Übertragung ausführen), die optischen Signalen auf dem Übertragungsweg entsprechen.

Operation 1-2: Vorbereitung zur Übertragung 2

[0104] Fig. 12B ist eine grafische Darstellung zum Erläutern der Operation 1-2. In der Operation 1-2 wird

die relative positionelle Beziehung zwischen der Übertragungswellenlänge (d. h. einem Kanal, zu welchem die Wellenlänge gehört) von seinem eigenen Knotenpunkt und von Kanälen, die von anderen Knotenpunkten verwendet werden, erkannt. Die Wellenlängen-Steuerschaltung steuert die Laserdiode LD derart, dass sie bei einer Übertragungswellenlänge λL = λLmin oszilliert, während der optische Schalter in dem Aus-Zustand gehalten wird. Danach tastet die Wellenlängen-Steuerschaltung die Filter-Steuerspannung VF innerhalb des Bereichs von VFmin bis VFmax ab. Zur gleichen Zeit überwacht die Wellenlängen-Steuerschaltung die Ausgabe der Entscheidungsschaltung und speichert die Filter-Steuerspannungen Vb1 bis Vbk + 1, die optischen Signalen auf dem Übertragungsweg und dem Übertragungssignal von seinem eigenen Knotenpunkt entsprechen.

[0105] Die bei der Operation 1-1 erzielten Spannungen Va1 bis Vak und die bei der Operation 1-2 erzielten Spannungen Vb1 bis Vbk + 1 werden verglichen, um die Filter-Steuerspannung VL zu erhalten, die der Übertragungswellenlänge λLmin von der eigenen Terminalstation entspricht. In der Fig. 12B ist VL = Vb3. Dann sei eine Potentialdifferenz ΔVa1 (= Va1 + 1 – Va1) für die Spannungen Va1 bis Vak und VFmax beachtet, eine Potentialdifferenz ΔVam (= Vam + 1 – Vam), die A) gleich wie oder größer als 2ΔV ist, und die B) der kürzesten Wellenlängenseite entspricht, wird erfasst. Wenn keine Potentialdifferenz, die gleich wie oder größer als 2ΔV ist, erfasst werden kann, bedeutet dies, dass kein Übertragungskanal zugeordnet werden kann, und die Übertragung wird unterbrochen. Dann kehrt die Steuerung zur Operation 1-1 zurück und wiederholt die Operation 1-1 und 1-2, um so auf einen Zustand zu warten, in welchem eine Potentialdifferenz erzeugt wird, die gleich wie oder größer als 2ΔV ist, d. h. in welchem ein Übertragungskanal zugeordnet werden kann.

Operation 1-3: Start der Übertragung

[0106] Fig. 12C ist eine grafische Darstellung zum Erläutern der Operation 1-3. Bei der Operation 1-3 wird die Übertragungswellenlänge von der eigenen Terminalstation ermittelt und die Übertragung gestartet. Die Wellenlängen-Steuerschaltung legt auf der Basis von dem während der Operation 1-2 erfassten Vam die Filter-Steuerspannung VF so fest, dass VF = Vam + ΔV gilt. Dann tastet die Wellenlängen-Steuerschaltung die Steuerspannung ab, die der Laserdioden-Steuerschaltung zugeführt werden muss, und legt diese fest, wenn die Ausgabe der Entscheidungsschaltung auf H wechselt. Da die Wellenlänge der Lichtemission der Laserdiode LD mit der Übertragungswellenlänge des Filters übereinstimmt, die derart festgelegt ist, dass sie eine Wellenlänge ist, die irgendwelche Störungen mit anderen Kanälen hervorruft, setzt die Wellenlängen-Steuerschaltung dann mit dieser Operation den optischen Schalter in den Ein-Zustand, um die Übertragung zu starten. Danach wird von diesem optischen Knoten der Kanal, der aus der Licht-Emissionswellenlänge von dieser Laserdiode LD und seinen äquivalenten Wellenlängen besteht, verwendet. Da die Licht-Emissionswellenlänge der Laserdiode LD geändert wird, ändern sich demgemäss, wie es nachfolgend beschrieben wird, die äquivalenten Wellenlängen, die diesen Kanal begründen.

Operation 2: Wellenlängenverschiebung

[0107] Fig. 13 ist eine grafische Darstellung zum Erläutern der Operation 2. In der Operation 2 wird, während die Übertragung durchgeführt wird, die Übertragungswellenlänge λL in Richtung der längeren Wellenlängenseite geändert. Die Wellenlängen-Steuerschaltung stellt auf der Basis der Filter-Steuerspannung VL, die λL entspricht, die Spannungs-Steuerspannung VF derart ein, dass VF = VL – δV gilt. Nachfolgend tastet die Wellenlängen-Steuerschaltung VF bis zu VL + ΔV + δV ab. Zu diesem Zeitpunkt speichert bei der Erfassung der Übertragungswellenlänge λL der eigenen Terminalstation die Wellenlängen-Steuerschaltung VF als VL'. Es sei darauf hingewiesen, dass δV eine festgelegte Potentialdifferenz ist, die ΔV >> δV > 0 erfüllt, d. h. ein Spielraum ist, um die Übertragungswellenlängen der eigenen Terminalstation und anderer Terminalstationen zuverlässigen zu erfassen.

[0108] Wenn während der Abtastoperation die Übertragungswellenlänge λL' einer anderen Terminalstation erfasst wird, bedeutet dies, dass ein von dem eigenen Knotenpunkt verwendeter Kanal und ein benachbarter Kanal in dem Abtastbereich dieser Operation vorhanden sind, d. h. in dem Bereich, der der Summe von ΔV und 2δV entspricht. Von daher geht die Steuerung zur Operation 3 über. Wenn die Übertragungswellenlänge λL' nicht erfasst werden kann, bedeutet dies, dass der von dem eigenen Knotenpunkt verwendete Kanal von einem benachbarten Kanal hinreichend getrennt ist. Um von daher dieses Intervall näher an ein zuvor festgelegtes Intervall festzulegen, verschiebt die Wellenlängen-Steuerschaltung die Übertragungswellenlänge λL der eigenen Terminalstation um einen zuvor festgelegten Wert Δλj in die Richtung der Seite des benachbarten Kanals. Im Einzelnen addiert die Steuerschaltung eine Laserdioden-Steuerspannung ΔVLDj, die Δλj entspricht, zu der soweit verwendeten Laserdioden-Steuerspannung. Die Wellenlängen-Steuerschaltung verschiebt ebenso die Abtast-Startspannung der Filter-Steuerspannung um ΔVj als jene Filter-Steuerspannung, die Δλj entspricht (d. h. sie legt fest, dass folgendes gilt: VF = VL – δV + ΔVj), und die Steuerung wiederholt die Operation 2. Immer dann, wenn diese Operation wiederholt wird, verschieben sich der Abtastbereich und die Licht-Emissionswellenlänge der Laserdiode LD von dem eigenen Knotenpunkt in Richtung

der Seite des benachbarten Kanals (in diesem Fall zu der längeren Wellenlängenseite). Es sei darauf hingewiesen, dass Δλj die festgelegte Wellenlänge ist, die die Bedingung Δλ > Δλj > 0 erfüllt. Von daher ist ΔVj die festgelegte Potentialdifferenz, die die Bedingung ΔV > ΔVj > 0 erfüllt. Der Wert Δλj ist so festgelegt, um die Bedingung Δλ – Δλj ≥ Δλct zu erfüllen (wobei Δλct das minimale Wellenlängenintervall ist, welches von dem System erforderlich ist, um ein Übersprechen zu verhindern), so dass der Filter allen Änderungen in der Wellenlänge nachfolgen kann und Störungen verhindert werden können.

[0109] Wenn die Übertragungswellenlänge λL der eigenen Terminalstation die längste Wellenlänge λLmax erreicht hat, stoppt die Wellenlängen-Steuerschaltung die Verschiebungsoperation der Übertragungswellenlänge und setzt die Übertragung fort, während λL = λLmax gilt.

Operation 3: Halten des Wellenlängenintervalls

[0110] Fig. 14 ist eine grafische Darstellung zum Erläutern der Operation 3. Auf der Abszissenachse ist VF und auf der Ordinatenachse die Ausgabe der Entscheidungsschaltung aufgetragen. Es seien VL und VL', die Filter-Steuerspannungen VF, die λL und λL' entsprechen. Ebenso sei VLD die Laserdioden-Steuerspannung, die λL entspricht, und s sei die Terminalstation, die λL' überträgt. Bei der Operation 3 wird die Potentialdifferenz ΔV' (= VL' – VL) von der benachbarten Terminalstation auf der VF-Achse immer so gesteuert, um während des Durchführens der Übertragung mit ΔV überein zu stimmen.

[0111] Die Wellenlängen-Steuerschaltung setzt die Filter-Steuerspannung VF so fest, dass VF = VL – δV gilt. Anschließend tastet die Wellenlängen-Steuerschaltung VF bis nach VF = VL + ΔV + δV ab, um λL und λL' zu erfassen, wodurch VL und VL' erzielt werden. Ebenso berechnet die Wellenlängen-Steuerschaltung die Differenz, ΔVerr (= ΔV – ΔV'), zwischen den Potentialdifferenzen ΔV' und ΔV. Ferner berechnet die Wellenlängen-Steuerschaltung eine Laserdioden-Steuerspannung ΔVLD_err, die ΔVerr entspricht, als ΔVLD_err = ΔVerr. Zuletzt setzt die Wellenlängen-Steuerschaltung eine neue Laserdioden-Steuerspannung VLD_neu fest, die im Nachfolgenden angegeben wird, um die Übertragungswellenlänge der eigenen Terminalstation zu ändern:

VLD_neu = VLD + ΔVLD_err

[0112] Mit dieser Steuerung wird die Potentialdifferenz von der benachbarten Terminalstation auf der VF-Achse auf ΔV gehalten.

[0113] Nach der zuvor geschilderten Operation wird die Operation 3 wiederholt.

[0114] Wenn während der Wiederholung der Operation 3 das Kanalintervall auf einem festgelegten Intervall gehalten wird, kann, falls sich die Wellenlänge des benachbarten Kanals in großem Maße ändert oder verschwindet, die Übertragungswellenlänge einer anderen Terminalstation nicht länger erfasst werden, selbst wenn ΔV bis zu VL + ΔV + δV abgetastet wird. In diesem Fall kehrt die Steuerung zur Operation 2 zurück, um das Kanalintervall von dem benachbarten Kanal beizubehalten, der sich in großem Maße geändert hat, oder von einem neuen benachbarten Kanal, um ein festgelegtes Intervall zu sein.

[0115] In dieser Ausführungsform beginnt die Übertragung von der kürzeren Wellenlängenseite, und die Übertragungswellenlänge von jeder Terminalstation ändert sich in Richtung der längeren Wellenlängenseite. Jedoch kann die Übertragung von der längeren Wellenlängenseite beginnen, und die Übertragungswellenlänge kann sich in Richtung der kürzeren Wellenlängenseite ändern.

[0116] Wie obig beschrieben, kann gemäß dieser Ausführungsform der insgesamt verfügbare Wellenlängenbereich des Filters verwendet werden. Als ein Ergebnis hiervon kann, selbst wenn die Wellenlängen der Laserdiode LD infolge ihrer individuellen Unterschiede über einen breiten Bereich variieren, sie als Lichtquellen verwendet werden. Da darüber hinaus Kanäle nicht im voraus zugeordnet werden müssen, können die Kanäle effizient verwendet werden. Da das Kanalintervall auf einem festgelegten Intervall gehalten wird, kann ein Bereich, wo ein Kanal erzeugt werden kann, effektiv verwendet werden. Das festgelegte Kanalintervall kann grundsätzlich gehalten werden, und zwar unabhängig von Änderungen hinsichtlich der äußeren Umgebung, und keine absolute Wellenlängensteuerung, wie etwa eine Temperatursteuerung, ist erforderlich.

Andere Ausführungsform

[0117] Die jeweiligen Bauteile sind nicht auf jene begrenzt, die in den zuvor ausgeführten Ausführungsformen beschrieben werden, solange sie ähnliche Funktionen aufweisen.

[0118] In der vorliegenden Erfindung, und insbesondere in der zweiten Ausführungsform, die eine Abstimmung der Übertragungswellenlänge ausführt, wird in bevorzugter Weise eine Licht-Emissionsvorrichtung verwendet, die in der Lage ist, eine Hochgeschwindigkeits-Abstimmung durchzuführen. In der obigen Ausführungsform wird eine λ/4-verschobene 3-Elektroden-Laserdiode als Laserdiode LD verwendet. Jedoch können auch andere Lichtquellen als Lichtquelle der vorliegenden Erfindung verwendet werden, soweit sie ihre Oszillations-Wellenlängen kontinuierlich ändern können. Beispielsweise kann eine Multi-Elektroden-DBR-(Distributed Bragg Re-

flector)-Laserdiode verwendet werden, die in "1,55 µm WAVELENGTH TUNABLE FBH-DBR LASER", Electronics Letters, 1987, Vol. 23, Nr. 7, Seiten 325–327, beschrieben wird. Diese Vorrichtung kann eine Hochgeschwindigkeits-Abstimmung ausführen.

[0119] In den obigen Ausführungsformen wird als optischer Filter der FFP-Filter verwendet, der eine einfache Anordnung aufweist, und der die Übertragungswellenlänge über einen breiten Bereich abtasten (wobbeln) kann. Jedoch können auch andere optische Filter verwendet werden, solange sie periodische Durchlass-Peaks aufweisen und solange sie kontinuierlich die Wellenlänge der Durchlass-Peaks ändern können. Beispielsweise kann ein FP-Etalon verwendet werden, das in "ANGLE-TUNED ETALON FILTERS FOR OPTICAL CHANNEL SELECTION IN HIGH DENSITY WAVELENGTH DIVISION MULTIPLEXED SYSTEMS", Journal of lightwave technology, 1989, Vol. 7, Nr. 4, Seiten 615–624, beschrieben wird. Ebenso kann ein Flüssigkristall-FP-Filter verwendet werden, der in "TUNABLE LIQUID-CRYSTAL FABRY-PEROT INTERFEROMETER FILTER FOR WAVELENGTH-DIVISION MULTIPLEXING COMMUNICATION SYSTEMS", Journal of lightwave technology, 1993, Vol. 11, Nr. 12, Seiten 2033–2043, beschrieben wird.

[0120] Darüber hinaus kann als optischer Filter ein dielektrischer Mutli-Schichten-Filmfilter verwendet werden. In diesem Fall wird der Filter so vorbereitet, so dass das Wellenlängenintervall von n Übertragungswellenlängen λi(i = 1, 2, ..., n) gleich mit dem freien Spektralbereich FSR ist.

[0121] In den obigen Ausführungsformen ist das Wellenlängenintervall (das Wellenlängenintervall von äquivalenten Wellenlängen) zwischen zwei direkt benachbarten Wellenlängen äquivalenter Wellenlängen, die zu einem einzelnen Kanal gehören, gleich dem Wellenlängenintervall FSR zwischen angrenzenden Übertragungspeaks des optischen Filters in dem Empfänger. Jedoch muss in der vorliegenden Erfindung das Wellenlängenintervall zwischen angrenzenden Übertragungspeaks nicht gleich einem ganzzahligen Vielfachen des Wellenlängenintervalls zwischen angrenzenden äquivalenten Wellenlängen sein. Um jedoch sämtliche Kanäle zu empfangen, muss der optische Filter in dem Empfänger zumindest den in dem System verwendeten Wellenlängenbereich in seinem zur Verwendung verfügbaren Wellenlängenbereich enthalten. Zusätzlich muss der Übertragungspeak in der Lage sein, in zumindest einem kleineren Wellenlängenintervall der Wellenlängenintervalle der angrenzenden Übertragungspeaks des optischen Filters in dem Empfänger oder in dem in dem System verwendeten Wellenlängenbereich abgetastet zu werden.

[0122] In den zuvor beschriebenen Ausführungsformen werden als optische Übertragungswege optische Fasern verwendet. Jedoch ist die vorliegende Erfindung nicht hierauf beschränkt. Beispielsweise können auch anderen Einrichtungen als optische Übertragungswege verwendet werden, in welchen optische Signale bestehen können, wie etwa ein optischer Weg, der ein optisches System, einen Zwischenraum und dergleichen verwendet.

[0123] Wie zuvor erläutert, kann gemäß der vorliegenden Erfindung beim Empfang oder bei dem Verbreitern des Abtastbereichs des optischen Filters beim Empfang der in dem System verwendete Wellenlängenbereich verbreitert werden, ohne dass das Intervall zwischen angrenzenden Übertragungspeaks des optischen Filters vergrößert wird. Zusätzlich kann in Bezug auf die Oszillationswellenlänge der Lichtquelle eine Variation zugelassen werden, und eine auf Wellenlängen basierende Selektion kann vermieden werden, wodurch der Gewinn bzw. die Ausbeute erhöht wird.

Patentansprüche

1. Optisches Übermittlungsverfahren für ein optisches Übermittlungssystem, welches eine Vielzahl optischer Knoten (**302-1** ... **302-n**) über einen optischen Sendepfad (**304-1** ... **304-n**; **305-1** ... **305-n**) verbindet und eine Übermittlung durch Multiplexverarbeitung einer Vielzahl von Kanälen in dem optischen Sendepfad durchführt, welches die folgenden Schritte aufweist:
Senden durch einen sendenden optischen Knoten unter Verwendung einer Wellenlänge (λ_3) die zu einer Wellenlängengruppe (λ_3, $\lambda_{(3,1)}$, $\lambda_{(3,2)}$, $\lambda_{(3,3)}$) gehört, die einen einzelnen Kanal bildet, wobei jeder der Vielzahl von Kanälen durch eine Wellenlängengruppe ($\Lambda_1...\Lambda_n$) gebildet wird, die aus einer Vielzahl von voneinander durch ein vorbestimmtes erstes Wellenlängenintervall ($\Delta\lambda_{FSR}$) getrennten Wellenlängen besteht, und
Empfangen durch einen empfangenden optischen Knoten durch übereinstimmende Lichterfassungsausschläge von optischen Erfassungseinrichtungen (**504**; **604**), die Licht in dem optischen Sendepfad erfassen und eine Vielzahl von Erfassungsausschlägen haben, die bei Intervallen voneinander beabstandet sind, die einem Vielfachen einer natürlichen Zahl des vorbestimmten ersten Wellenlängenintervalls ($\Delta\lambda_{FSR}$) entsprechen, wobei die Wellenlängen die Wellenlängengruppen (Λ_3) eines erforderlichen Kanals bilden, wobei die Wellenlängen zu verschiedenen Kanälen gehören, wobei das Verfahren **dadurch gekennzeichnet** ist, dass
die am nächsten benachbarten Wellenlängen so eingestellt sind, dass sie voneinander bei zumindest einem zweiten Wellenlängenintervall beabstandet sind, welches Interferenzen verhindert, so dass die am nächsten benachbarten Wellenlängen keine Interferenzen verursachen, wobei das erste Wellenlän-

genintervall ($\Delta\lambda_{FSR}$) für jede Wellenlängengruppe das gleiche ist, und dadurch gekennzeichnet, dass zu einem vorbestimmten Zeitpunkt lediglich eine Wellenlänge in jeder Gruppe von Wellenlängen, die einen Kanal bilden, verwendet wird.

2. Verfahren gemäß Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
eine Vielzahl von Wellenlängen so eingestellt ist, dass sie durch das zweite Wellenlängenintervall voneinander beabstandet sind, um innerhalb des vorbestimmten ersten Wellenlängenintervalls ($\Delta\lambda_{FSR}$) zu fallen, wobei die Vielzahl von Wellenlängen zu unterschiedlichen Kanälen gehört.

3. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass
die verschiedenen Kanäle der Vielzahl von optischen Knoten zugewiesen sind.

4. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 2,
dadurch gekennzeichnet, dass
der sendende optische Knoten Lichterfassungseinrichtungen (**504**; **604**) aufweist, die in der Lage sind, Licht in dem optischen Sendepfad zu erfassen und die eine Vielzahl von Erfassungsausschlägen haben, die durch die vorbestimmten ersten Wellenlängenintervalle ($\Delta\lambda_{FSR}$) beabstandet sind, um eine Wellenlänge innerhalb zumindest des vorbestimmten ersten Wellenlängenintervalls ($\Delta\lambda_{FSR}$) unter Verwendung der Lichterfassungseinrichtung (**504**; **604**) zu wobbeln, um einen verwendeten Kanal zu erfassen, und um unter Verwendung einer Wellenlänge zu senden, die zu einer Wellenlängengruppe gehört, die einen Kanal bildet, der keine Interferenzen mit dem erfassten verwendeten Kanal verursacht.

5. Verfahren gemäß Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet, dass
der sendende optische Knoten in der Lage ist, unter Verwendung der Lichterfassungseinrichtung (**504**; **604**) verwendete Kanäle in dem optischen Sendepfad und einen Sendekanal des eigenen optischen Knotens zu erfassen, ein Intervall zwischen dem Sendekanal des eigenen optischen Knotens und dem Kanal, der am nächsten zu dem Sendekanal des eigenen optischen Knotens liegt, aus den erfassten verwendeten Kanälen auf Grundlage der erfassten Kanäle zu erfassen und das erfasste Intervall durch Steuern einer Sendewellenlänge des eigenen optischen Knotens so beizubehalten, dass es ein vorbestimmtes Intervall ist.

6. Optisches Übermittlungssystem, das eine Vielzahl optischer Knoten (**302-1** ... **302-n**) über einen optischen Sendepfad (**304-1** ... **304-n**; **305-1** ... **305-n**) aufweist und in der Lage ist, eine Übermittlung durch Multiplexverarbeitung einer Vielzahl von Kanälen in dem optischen Sendepfad durchzuführen, wobei das System ferner folgendes aufweist:
einen optischen Sendepfad;
einen sendenden optischen Knoten, der Sendeeinrichtungen (**401**) zum Senden unter Verwendung einer Wellenlänge (λ_3) aus einer Wellenlängengruppe (λ_3, $\lambda_{(3,1)}$, $\lambda_{(3,1)}$, $\lambda_{(3,3)}$), die einen Kanal bildet, hat, wobei jeder der Vielzahl von Kanälen durch eine Wellenlängengruppe (Λ_1... Λ_n) gebildet ist, die aus einer Vielzahl von bei einem vorbestimmten ersten Wellenlängenintervall ($\Lambda\lambda_{FSR}$) voneinander beabstandeten Wellenlängen besteht, und
einen empfangenden optischen Knoten, der Lichterfassungseinrichtungen (**504**; **604**) zum Erfassen von Licht in dem optischen Sendepfad hat, wobei die Lichterfassungseinrichtung eine Vielzahl von Erfassungsausschlägen hat, die bei Intervallen beabstandet sind, die einem Vielfachen einer natürlichen Zahl des vorbestimmten ersten Wellenlängenintervalls ($\Delta\lambda_{FSR}$) entsprechen, und der Einrichtungen (**501**, **506**) hat, um die Lichterfassungsausschläge der Lichterfassungseinrichtung mit Wellenlängen übereinstimmen zu lassen, die die Wellenlängengruppen (Λ_3) eines erforderlichen Kanals bilden, wobei Wellenlängen zu verschiedenen Kanälen gehören, wobei das System dadurch gekennzeichnet ist, dass
am nächsten benachbarte Wellenlängen so eingestellt sind, dass sie voneinander bei zumindest einem Interferenzen verhindernden zweiten Wellenlängenintervall beabstandet sind, so dass die am nächsten benachbarten Wellenlängen keine Interferenzen verursachen, wobei das erste Wellenlängenintervall ($\Delta\lambda_{FSR}$) für jede Wellenlängengruppe das gleiche ist, und dadurch gekennzeichnet, dass zu einem vorgegebenen Zeitpunkt lediglich eine Wellenlänge in jeder Gruppe von Wellenlängen, die einen Kanal bilden, verwendet wird.

7. System gemäß Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet, dass
eine Vielzahl von Wellenlängen so eingestellt sind, dass sie bei einem zweiten Wellenlängenintervall beabstandet sind, um innerhalb des vorbestimmten ersten Wellenlängenintervalls zu fallen, wobei die Vielzahl von Wellenlängen zu verschiedenen Kanälen gehören.

8. System gemäß einem der Ansprüche 6 oder 7,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Vielzahl der Kanäle Einheiten sendender optischer Knoten zugewiesen sind.

9. System gemäß einem der Ansprüche 6 bis 8,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Lichterfassungseinrichtung (**504**; **604**) einen optischen Filter aufweist, der periodische Sendeausschläge hat und die Sendeausschläge steuern kann, während er die Perioden der Ausschläge beibehalten bleiben.

10. System gemäß einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass
die Lichterfassungseinrichtung eine Vielzahl von Erfassungsausschlägen hat, die bei dem vorbestimmten ersten Wellenlängenintervall beabstandet sind; wobei
Einrichtungen in der Lage sind, die Lichterfassungsausschläge der Lichterfassungseinrichtung zu ändern, während die vorbestimmten ersten Wellenlängenintervalle beibehalten bleiben, und
der sendende optische Knoten eine Funktion zum Erfassen verwendeter Kanäle durch Wobbeln der Lichterfassungseinrichtungen hat.

11. System gemäß Anspruch 10,
dadurch gekennzeichnet, dass
der sendende optische Knoten folgendes aufweist:
Steuereinrichtungen zum Steuern einer Sendewellenlänge des optischen Knotens;
Einrichtungen zum Erfassen verwendeter Kanäle in dem optischen Sendepfad und einem Sendekanal des eigenen Knotens, zum Erfassen eines Intervalls zwischen dem Sendekanal des eigenen optischen Knotens und dem Kanal, der am nähesten zu dem Sendekanal des eigenen optischen Knotens liegt, aus den erfassten verwendeten Kanälen auf Grundlage der erfassten Kanäle, und beibehalten des erfassten Intervalls bei einem vorbestimmten Intervall durch Steuern einer Sendewellenlänge des eigenen optischen Knotens.

12. System gemäß Anspruch 10 oder 11,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Lichterfassungseinrichtung (**401**) des sendenden optischen Knotens einen optischen Filter aufweist, der periodische Sendeausschläge hat und die Sendeausschläge steuern kann, während er die Perioden der Ausschläge beibehält.

Es folgen 10 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

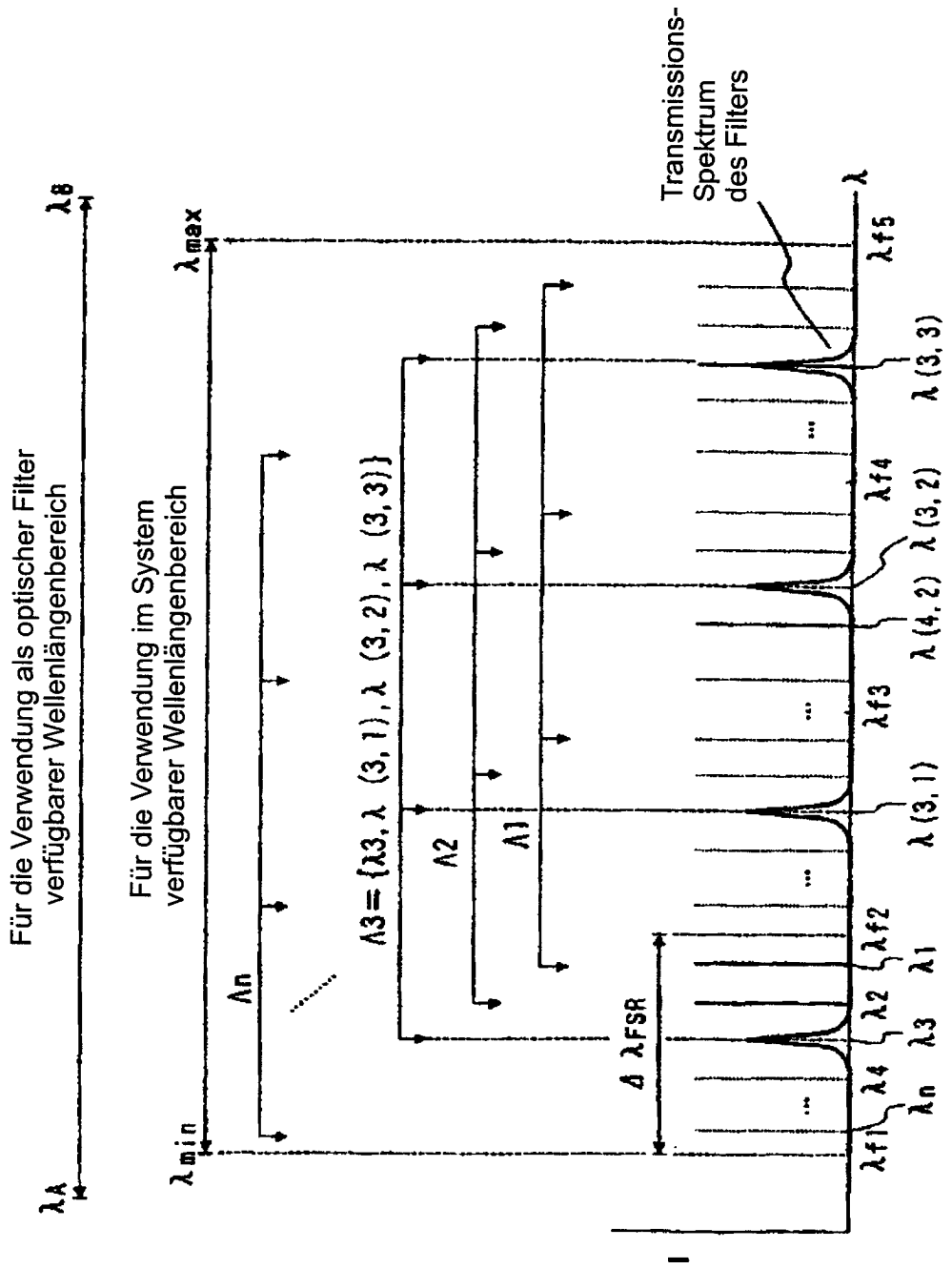

FIG. 2

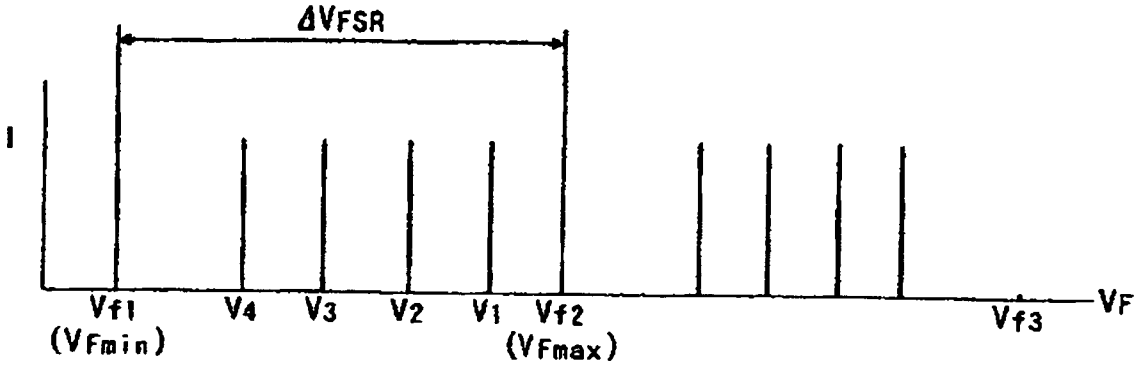
ΔVFSR
I
Vf1
(VFmin)
V4
V3
V2
V1
Vf2
(VFmax)
Vf3
VF

FIG. 3

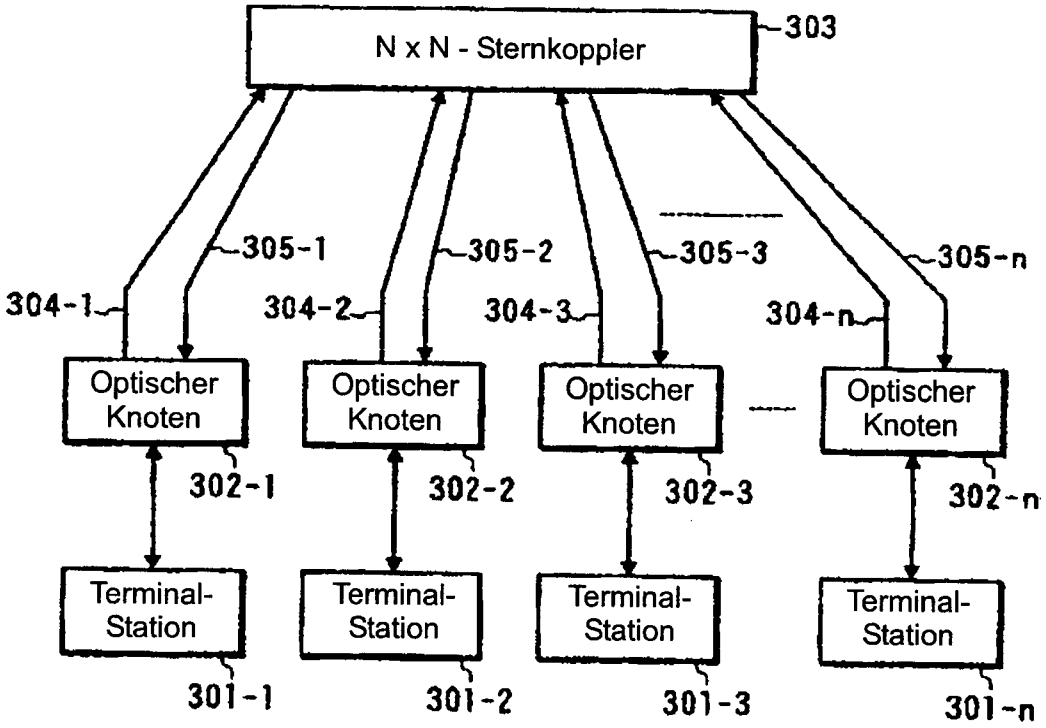
N x N - Sternkoppler
303
305-1
305-2
305-3
305-n
304-1
304-2
304-3
304-n
Optischer Knoten
Optischer Knoten
Optischer Knoten
Optischer Knoten
302-1
302-2
302-3
302-n
Terminal-Station
Terminal-Station
Terminal-Station
Terminal-Station
301-1
301-2
301-3
301-n

FIG. 4

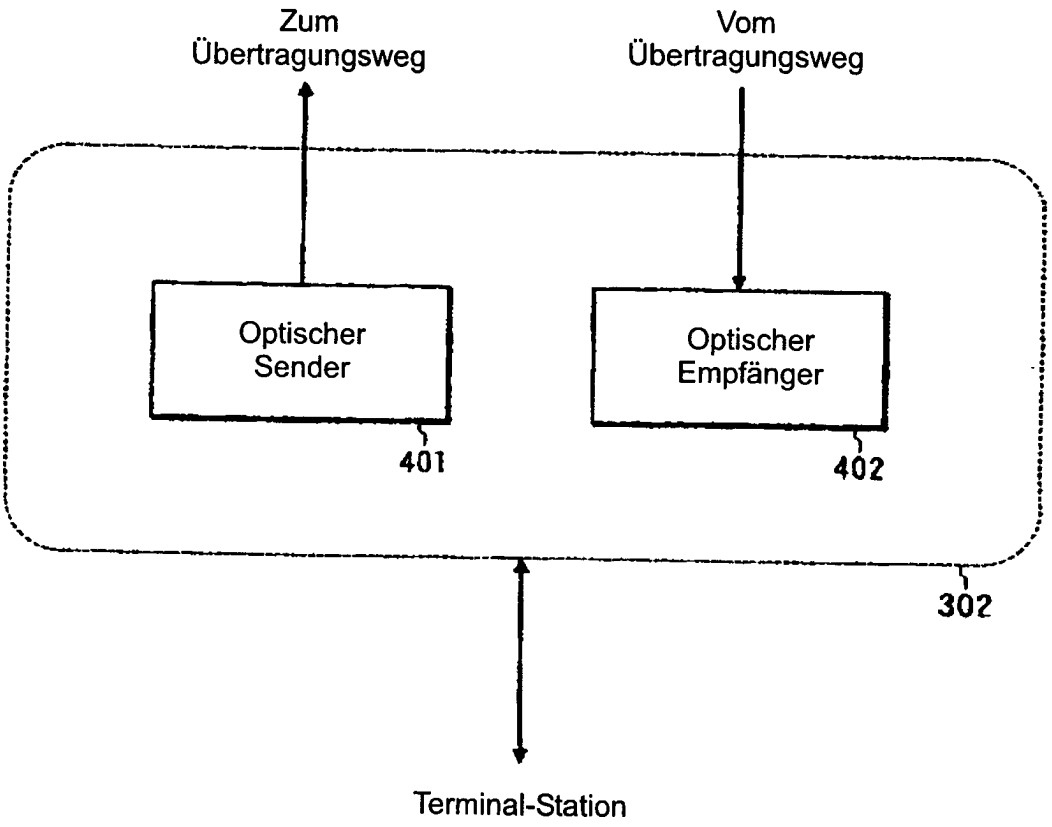
Zum
Übertragungsweg
Vom
Übertragungsweg
Optischer
Sender
Optischer
Empfänger
401
402
302
Terminal-Station

FIG. 5

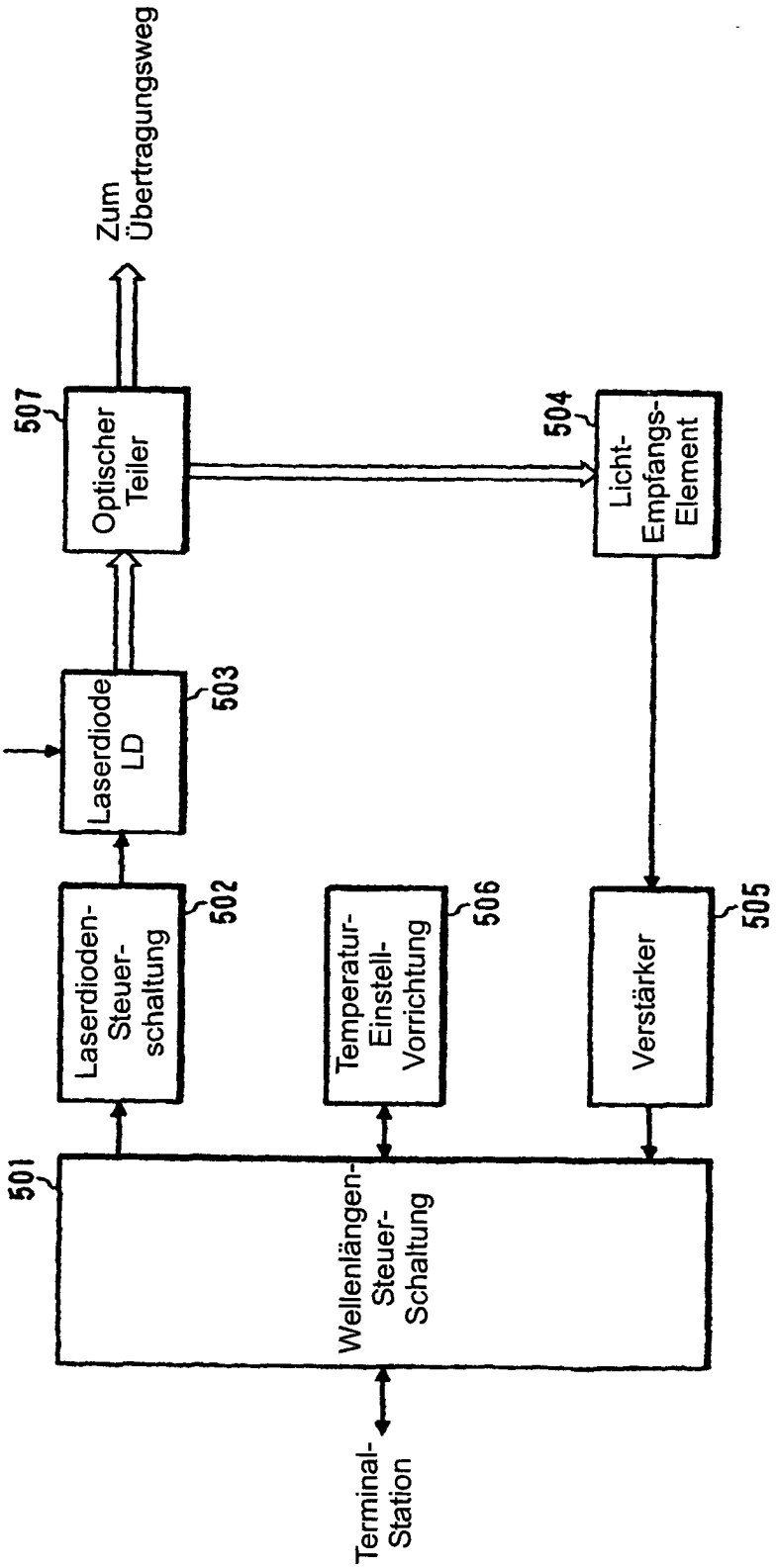
Zum Übertragungsweg
507
Optischer Teiler
504
Licht-Empfangs-Element
Laserdiode LD
503
Laserdioden-Steuer-schaltung
502
Temperatur-Einstell-Vorrichtung
506
Verstärker
505
501
Wellenlängen-Steuer-Schaltung
Terminal-Station

FIG. 6

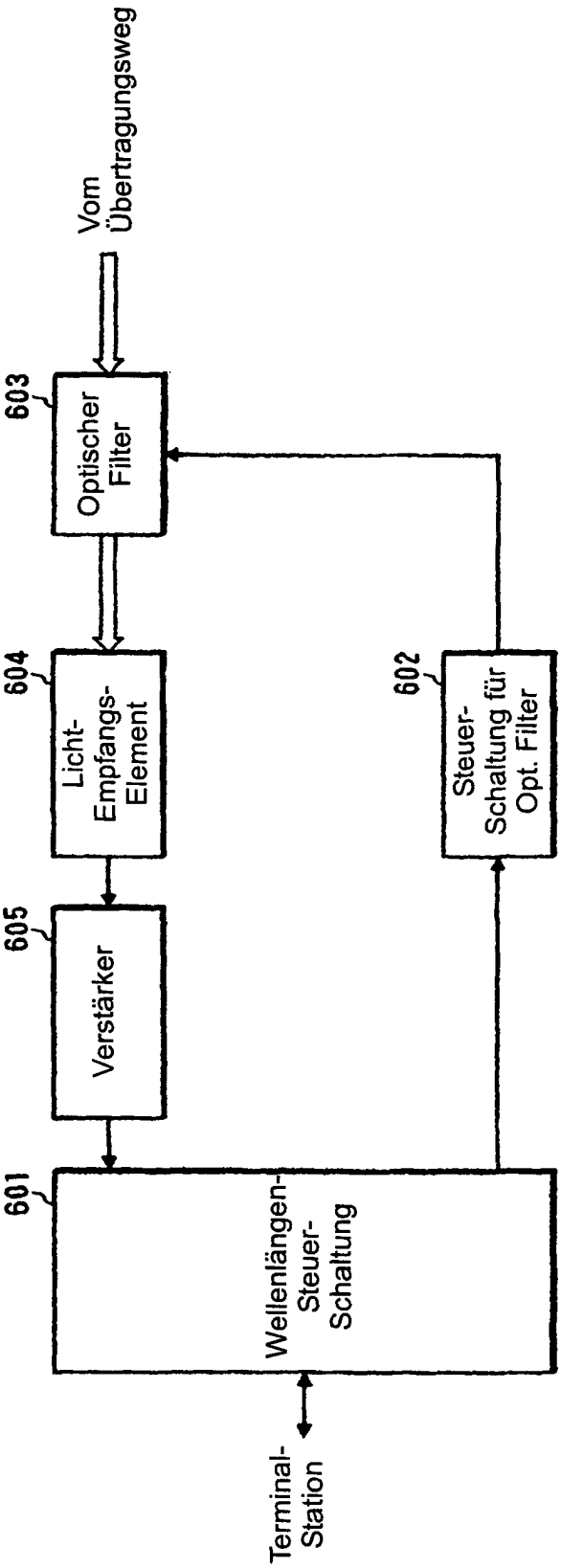
Vom Übertragungsweg
603
Optischer Filter
604
Licht-Empfangs-Element
605
Verstärker
601
Wellenlängen-Steuer-Schaltung
602
Steuer-Schaltung für Opt. Filter
Terminal-Station

FIG. 7

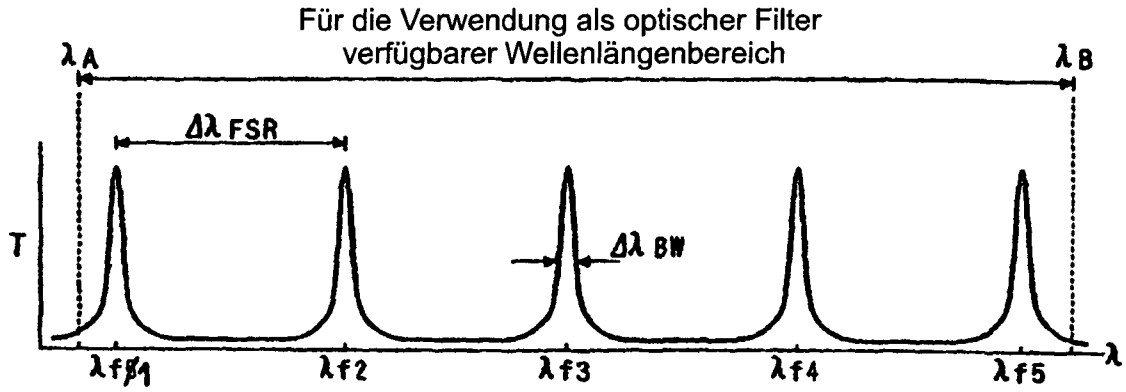
Für die Verwendung als optischer Filter
verfügbarer Wellenlängenbereich
λA
λB
Δλ FSR
T
Δλ BW
λf1
λf2
λf3
λf4
λf5
λ

FIG. 8

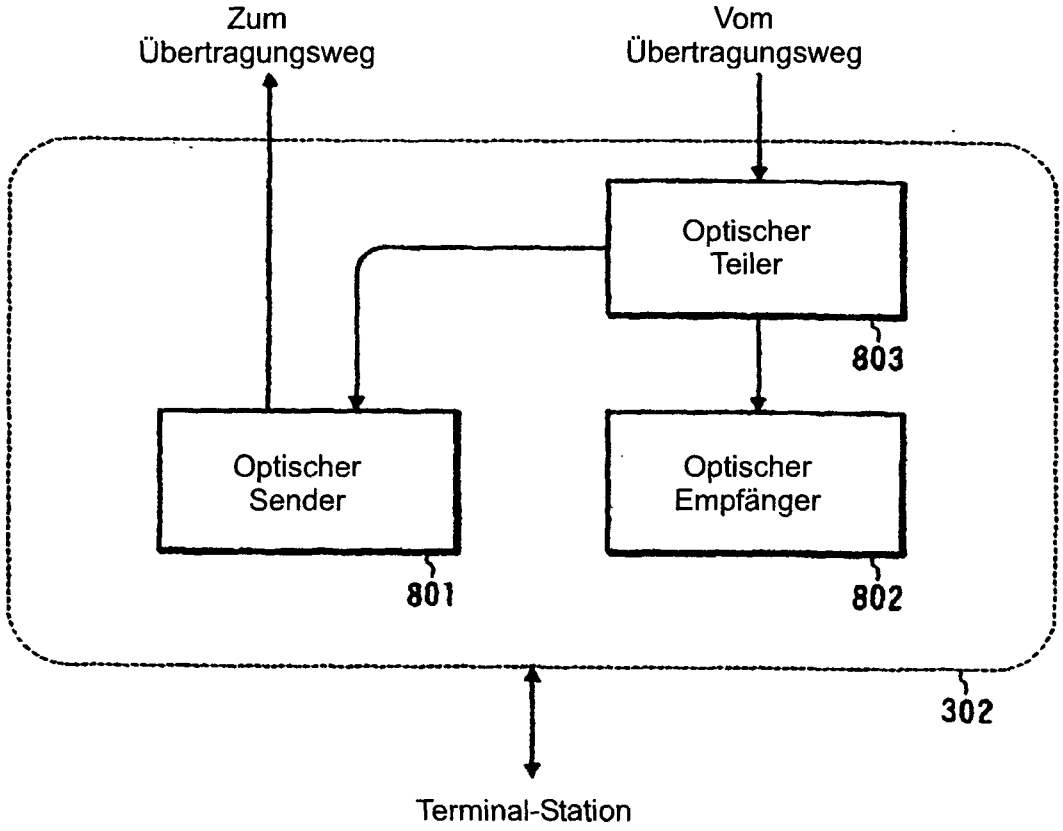
Zum
Übertragungsweg
Vom
Übertragungsweg
Optischer
Teiler
803
Optischer
Sender
Optischer
Empfänger
801
802
302
Terminal-Station

FIG. 9

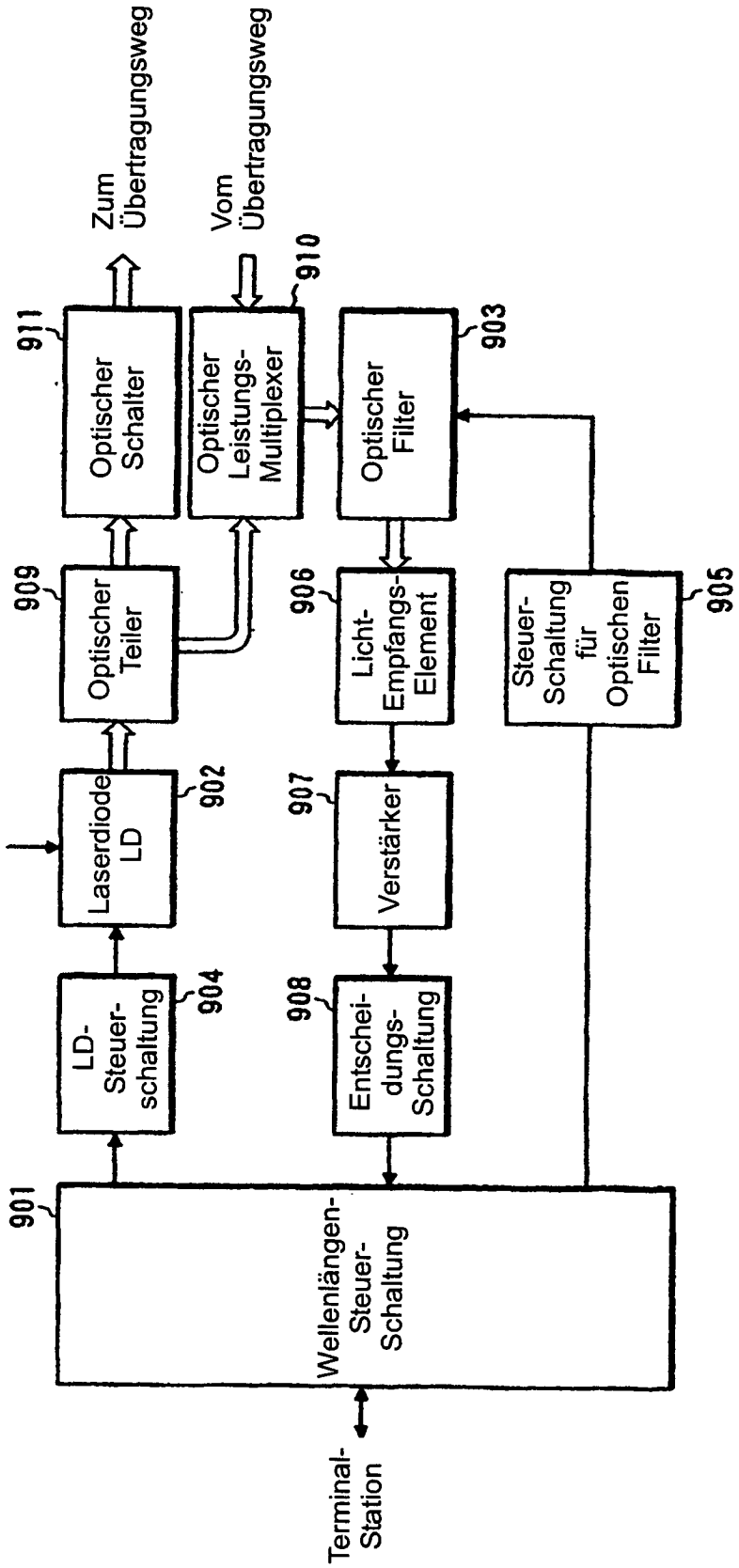
Zum Übertragungsweg
Vom Übertragungsweg
910
911
Optischer Schalter
Optischer Leistungs-Multiplexer
Optischer Filter
903
909
Optischer Teiler
906
Licht-Empfangs-Element
Steuer-Schaltung für Optischen Filter
905
Laserdiode LD
902
907
Verstärker
LD-Steuer-schaltung
904
908
Entschei-dungs-Schaltung
901
Wellenlängen-Steuer-Schaltung
Terminal-Station

FIG. 10

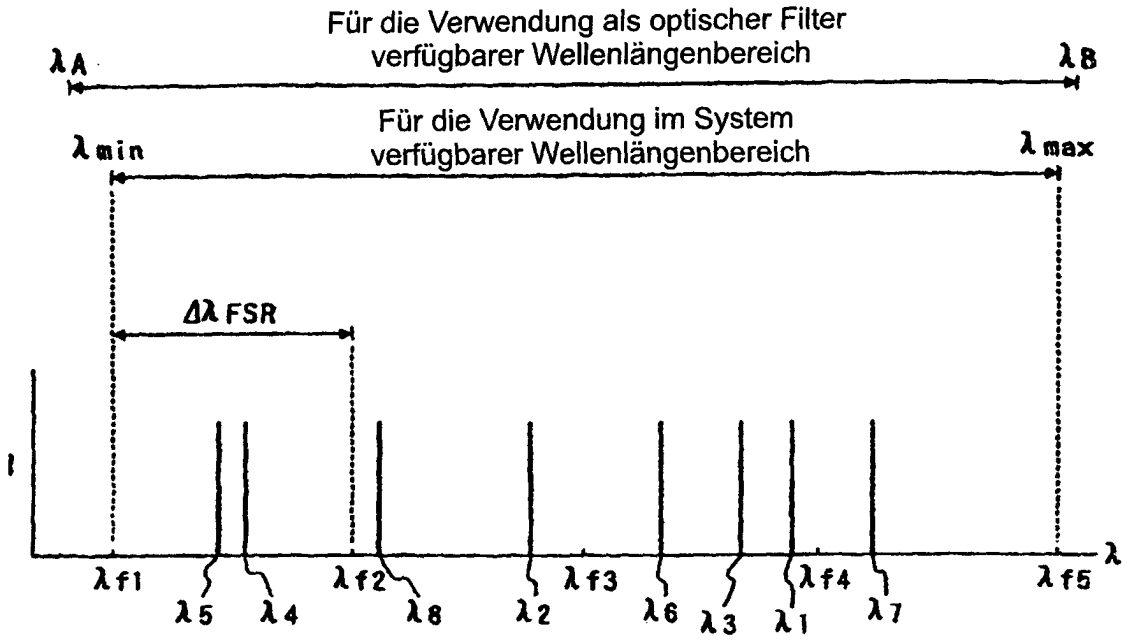
Für die Verwendung als optischer Filter verfügbarer Wellenlängenbereich
λA
λB
Für die Verwendung im System verfügbarer Wellenlängenbereich
λmin
λmax
Δλ FSR
I
λ
λf1
λ5
λ4
λf2
λ8
λ2
λf3
λ6
λ3
λ1
λf4
λ7
λf5

FIG. 11

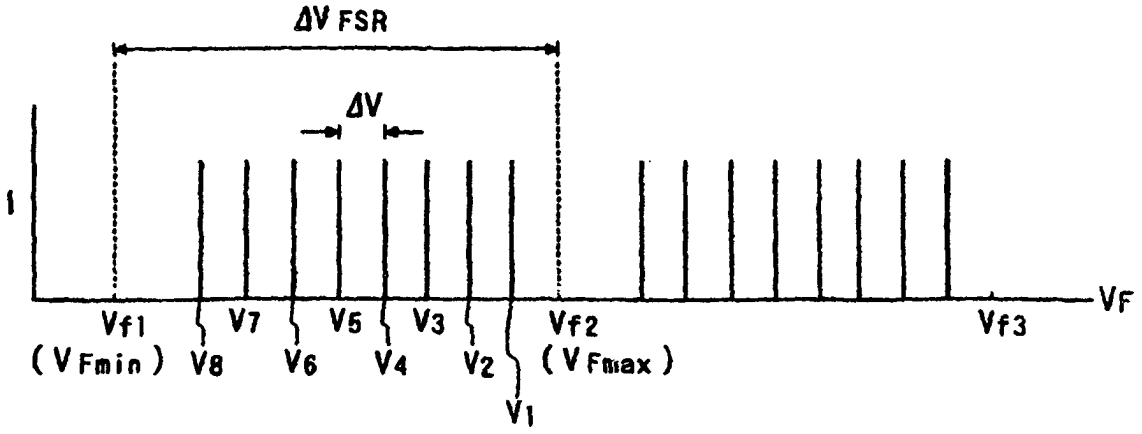
ΔV FSR
ΔV
I
VF
Vf1
(VFmin)
V8
V7
V6
V5
V4
V3
V2
V1
Vf2
(VFmax)
Vf3

FIG. 12A

Operation 1-1 : Vorbereitung für die Übertragung 1

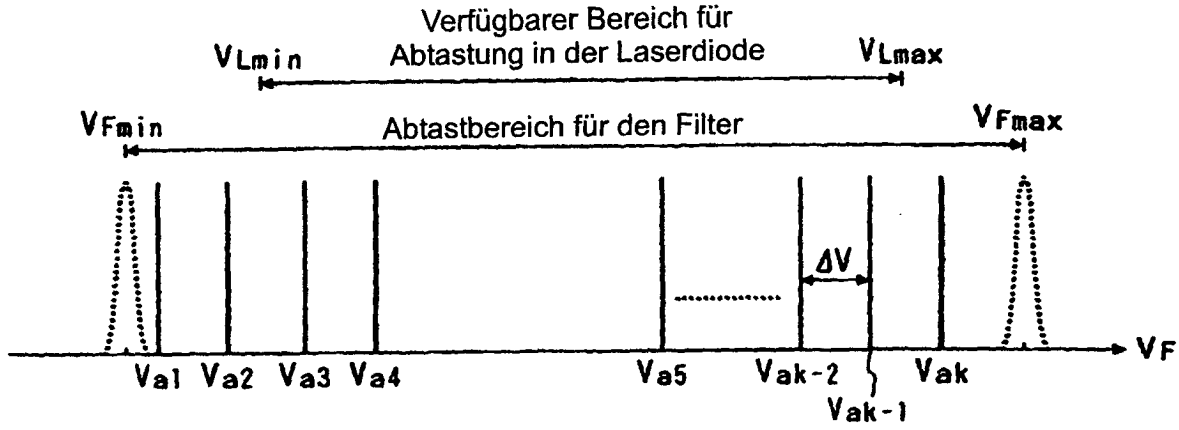

FIG. 12B

Operation 1-2 : Vorbereitung für die Übertragung 2

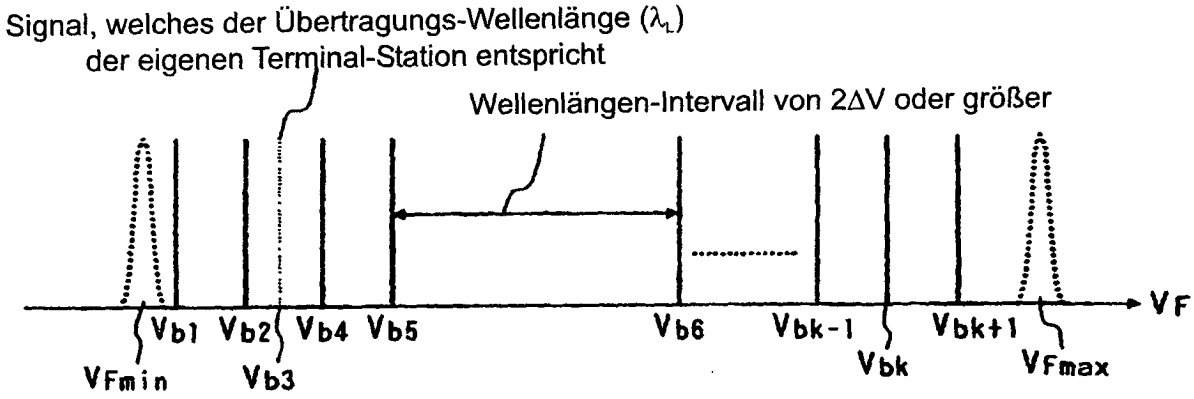

FIG. 12C

Operation 1-3 : Beginn der Übertragung

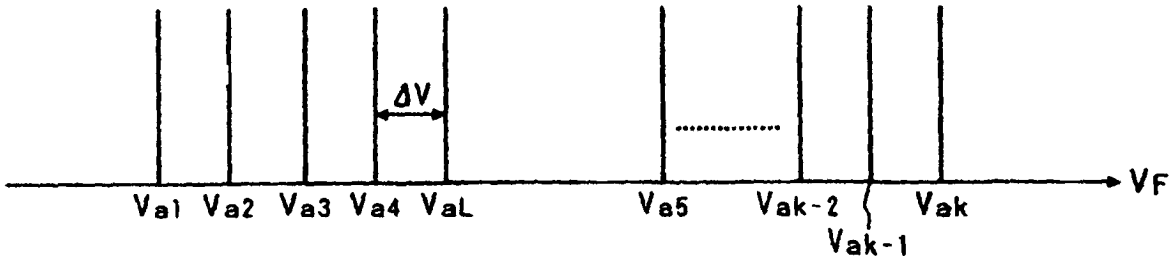

FIG. 13

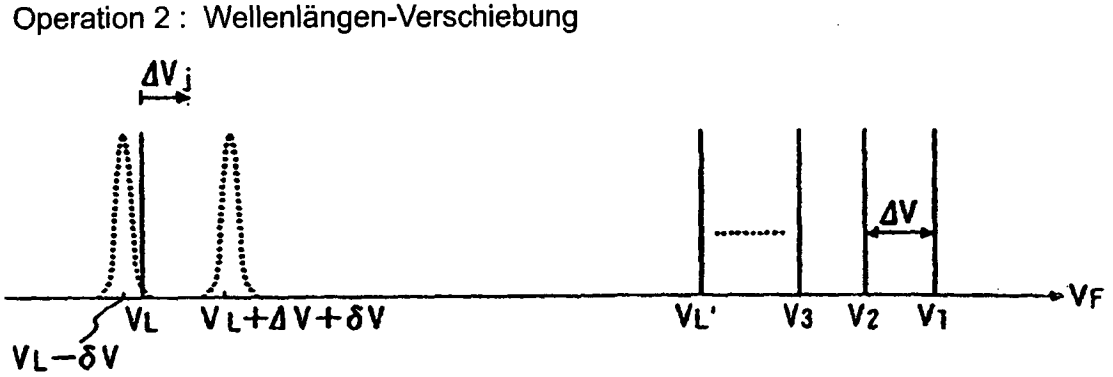

FIG. 14

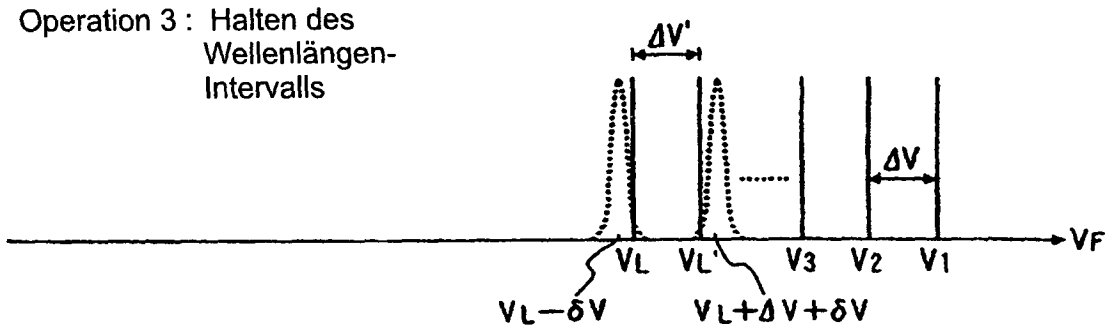

FIG. 15

STAND DER TECHNIK

