



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 601 30 091 T2** 2008.05.21

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 223 442 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **601 30 091.2**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **01 120 881.6**

(96) Europäischer Anmeldetag: **30.08.2001**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **17.07.2002**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **22.08.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **21.05.2008**

(51) Int Cl.⁸: **G02B 6/293** (2006.01)
H04J 14/02 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

2001007206 16.01.2001 JP

(73) Patentinhaber:

Hitachi, Ltd., Tokio/Tokyo, JP

(74) Vertreter:

Strehl, Schübel-Hopf & Partner, 80538 München

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB

(72) Erfinder:

Sakano, Shinji, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8220, JP

(54) Bezeichnung: **Leistungsstarker optischer Einfüge-/Abzweigungsmultiplexer und optisches Netzwerk mit Wellenlängenmultiplex**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

Hintergrund der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft die optische Übertragung mit Wellenlängenmultiplex bei einer optischen Glasfaserverbindung, insbesondere den Aufbau eines optischen Einfüge-/Abzweigungsmultiplexers, der für einen Einfüge-/Abzweigungsmultiplexabschnitts zur Durchführung der Verbindung zwischen einer Mehrzahl von Knoten und einem optischen Netzwerk verwendet wird, wobei der Knotenaufbau eine optische Einfüge-/Abzweigungseinrichtung hat.

[0002] Bei einer optischen Verbindung über eine große Entfernung, die eine optische Glasfaser verwendet, wurde die Übertragungskapazität einer einzelnen optischen Glasfaser schnell dadurch erweitert, dass eine optische Wellenlängenmultiplextechnik eingeführt wurde, um unabhängige Signale mit einer Mehrzahl von unterschiedlichen Wellenlängen in einer einzelnen optischen Glasfaser unterzubringen. Beispielsweise ist es möglich, durch die Kombination eines optischen Glasfaserverstärkers, der die optischen Verstärkungseigenschaften des 1,5 μm -Bandes einer erbiumdotierten Glasfaser benutzt, mit der Wellenlängenmultiplextechnik, eine Übertragungsrate von 10 Gbit/s auf jeder Wellenlänge unterzubringen, um 160 Wellenlängen über mehrere hundert Kilometer zu übertragen.

[0003] Außerdem wurde kürzlich die optische Einfüge-/Abzweigungsmultiplextechnik (Separation und Multiplexen) eingeführt, bei der in der optischen Signalübertragung zwischen einer Mehrzahl von Anschlusspunkten ein gemeinsamer optischer Glasfaserübertragungspfad verwendet wird, um die Datenanschlüsse bei jeder Wellenlänge des Multiplexsignals zu wechseln, wobei optische Signale direkt übertragen und verbunden werden, ohne diese in elektrische Signale umzuwandeln. Die Wellenlängenmultiplextechnik und das optische Einfüge-/Abzweigungsmultiplex werden kombiniert, wobei die Verbindung zwischen zwei bestimmten Anschlussknoten bei jeder Wellenlänge ausgeführt werden kann, unter Verwendung der gemeinsamen optischen Glasfaser, um dadurch eine kostengünstige optische Übertragung zwischen vielen Anschlüssen zu realisieren.

[0004] Zum Demultiplexen eines Multiplexsignals wurden etwa zwei Verfahren angewendet. Im Allgemeinen gibt es das Verfahren zur Trennung aller Wellenlängen und das Verfahren einen einzelnen Kanal abzuzweigen, welches nur eine spezifische Wellenlänge mittels eines Wellenlängenfilters herausgreift. Beispielsweise können im Zentralknoten elektrische Signale aus all den optischen Signalen entnommen und verarbeitet werden, so dass das frühere Verfahren, welches alle Wellenlängen separiert, angewen-

det wird. Jedoch im lokalen Knoten, der die Trennung von nur wenigen optischen Wellenlängensignalen aus einer Anzahl von Hunderten von optischen Signalen aus dem Wellenlängenmultiplex erfordert, ist es nicht ökonomisch, dass alle Wellenlängensignale getrennt und gemultiplext werden, und im Falle des Durchgangs durch eine Vielzahl von Knoten tritt der Formungseffekt eines Wellenlängenfilters auf. Der Formungseffekt, wie er hier bezeichnet ist, ist ein Bandverengungseffekt, bei dem eine Verlustreduzierung von 0,3 dB in der Form eines Einzelfilters eine zehnfache Übertragung einen Verlust von 0,3 dB ergibt, und das 3 dB-Band insgesamt einem 0,3 dB-Band eines Einzelfilters entspricht. Da das letztere Verfahren die Einrichtung mit dem einzelnen Abzweigen kombiniert, ist es ökonomisch und das Wellenlängenübertragungssignal wird nicht durch ein Wellenlängenfilter entnommen, und es entsteht keine Beeinflussung durch den Formungseffekt eines Wellenlängenfilters; daher wurde die Einrichtung an einem Punkt zum Demultiplexen/Multiplexen für nur wenige optische Wellenlängensignale verwendet.

[0005] Für einen Einzelkanal-Abzweigungsabschnitt gibt es ein Verfahren, welches von einem dielektrischen Mehrschichtfilmfilter Gebrauch macht, welches einen Aufbau mit einer Mehrzahl von dielektrischen Schichten hat, die mit einem großen Brechungsindexunterschied geschichtet sind, und welches ein optisches Bragg-Fasergitterfilter mit einem Aufbau verwendet, bei dem zur Übertragung eines optischen Signals eine optische Glasfaser den Brechungsindex fein ändert. Licht ist reziprok und ein optischer Kanal des Einzelkanal-Abzweigungsabschnitts bildet umgekehrt den Einzelkanal-Einfügeabschnitt.

[0006] Beim Aufbau der Wellenlängen-Einfügung/Abzweigung unter Verwendung eines dielektrischen Mehrschichtfilmfilters ist ein Einzelkanal-Abzweigungsfilter mit einer optischen Faser unter Anwendung von Wellenlängenmultiplex verbunden, wobei nur eine spezielle Wellenlänge separiert und herausgenommen wird, ein optisches Signal der anderen Wellenlänge wird durchgelassen, damit dieses das Einzelkanal-Einfügefilter der gleichen Wellenlänge erreicht, und das Signallicht der gleichen Wellenlänge, wie die Abzweigungswellenlänge, wird gemultiplext. Das dielektrische Mehrschichtfilmfilter führt ein Demultiplex und ein Multiplex aus mit einer Dicke von wenigen Wellenlängen und der Filteraufbau ist ein Mehrschichtfilm, so dass eine genaue Massenproduktion gegeben ist, aber die Unterdrückungseigenschaften des gedemultiplexten/gemultiplexten Lichts für den Übertragungspfad sind grundsätzlich nicht zufriedenstellend, die bei einigen Dutzend dB liegen. Das Streulicht im Übertragungspfad erfährt einen Verlust von mehreren 10 dB in einem nachfolgenden Filter, welches insgesamt 30 dB ergibt, die eine kohärente Kreuzung des gedemultiplexten/ge-

multiplexten Signals und des optischen Signals erzeugt. Gemäß dem General Meeting SB-11-7 (p.747) von The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers in 1996, erfordert das kohärente Übersprechen eine Unterdrückung von etwa 38 dB oder mehr. Normalerweise, bei einem System, welches das Einfüge-/Abzweigungsmultiplexen von Einzelwellenlängen verwendet, gibt es dort viele Ringzusammenstellungen über eine Vielzahl von Knoten oder Langdistanzübertragungen über eine Vielzahl von Knoten, und die Aufsummierung von Faserunterschieden zwischen Wellenlängen werden durch Übertragungswiederholungen groß. Bezogen auf spezielle Wellenlängensignale, so wie die Streucharakteristik des Demultiplexabschnitts, ist ein Lichtsignalpegel manchmal höher als ein festgelegter Mittelwert, und da der gemultiplexte optische Pegel einen optischen Pegel unabhängig davon hat, werden Unterdrückungseigenschaften so groß wie Verstärkungsunterschiede weiterhin gefordert, um das kohärente Übersprechen zu verhindern. Herkömmlich wird zur Erhöhung der Unterdrückungseigenschaften ein Verfahren angewendet, bei dem ein weiteres Filter zwischen dem Abzweigfilter und dem Einfügefilter eingesetzt wird, um die Unterdrückungseigenschaften zu erhöhen, aber dabei ergibt sich ein Zuwachs beim Durchgangsverlust der Lichtübertragung oder eine Erhöhung der Kosten.

[0007] Beim Aufbau des Einfüge-/Abzweigungswellenlängenmultiplex unter Verwendung eines Bragg-Fasergitterfilters ist das Bragg-Fasergitter ein Reflexions-Umkehrfilter, bei dem Licht reversibel in der gleichen optischen Faser verläuft, wie der Zugangskanal, wie beschrieben in General Meeting SB-11-7 (p.747) von The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers in 1996, so dass es notwendig ist, einen Zirkulator zu verwenden, um das Demultiplexlicht abzunehmen oder zugeführtes Licht zu multiplexen. Im Zirkulator können drei Eingangspositionen und Ausgangspositionen entsprechend der Lichtaufrichtung unterschieden werden, wodurch das Rücklauflicht nicht zur Eingangsglasfaser ausgegeben wird, aber zu der Glasfaser, die das Demultiplexlicht herausführt. Das Bragg-Fasergitter hat eine exzellente Wellenlängenselektivität und Streuung des Demultiplexlichts zum Übertragungskanal wird mit zumindest 40 dB unterdrückt. Der Herstellungsprozess des Bragg-Fasergitters ist leicht und dessen Kosten sind gering, aber eine Zirkulator, der einen komplexen Aufbau und eine geringe Massenproduktionsfähigkeit hat, ist erforderlich, und somit ist der Preis für den Erhalt der Einfüge-/Abzweigmultiplexfunktion hoch. Außerdem wurden in letzter Zeit eine höhere Modulationsgeschwindigkeit eines optischen Signals und eine höhere Wellenlängendichte beim Multiplexen vorangetrieben und es wurde der Aufbau eines Systems zum Multiplexen mit einer Rate von 10 Gbit/s bei 100 GHz-Intervallen oder 50 GHz Intervallen untersucht.

[0008] Unsere Untersuchungen haben ergeben, dass im Bragg-Fasergitter ein großes Programm auftritt, wie unten angemerkt. Wenn ein Abstand zwischen Wellenlängen eng ist, wird das Filterband eines Bragg-Fasergitters eng und es ist notwendig, eine Änderung im Brechungsindex eines Gitters klein zu machen, beispielsweise ist es notwendig, diesen auf ungefähr 5×10^{-4} für einen 100 GHz-Abstand zu verringern. Um hohe Unterdrückungseigenschaften in diesem Fall zu erhalten, ist es notwendig einen längeren Reflexionsbereich zu haben, da ein Reflexionskoeffizient sich in einem Bereich durch einen Abschnitt verringert, der die Änderung im Brechungsindex verringert, beispielsweise ist es erforderlich, nicht weniger als 10 mm im oben beschriebenen Beispiel zu haben. Jedoch in einem Fall, bei dem ein Digitalsignal von 10 Gbit/s eingegeben wird, tritt eine räumliche Streuung aufgrund der Reflexion vom Einfallende des Gitters und der Reflexion von einem Tiefpunkt des Reflexionsbereichs auf. Beispielsweise, wenn die Länge des partiellen Bragg-Fasergitters 10 mm beträgt, tritt in Folge der räumlichen Streuung eine Verzögerung von 60 ps auf, was ein Problem, wie bei einem NRZ-Signal, darstellt und es tritt eine Verschlechterung der Wellenform bzgl. der Pulsbreite von 100 ps auf.

[0009] US-A-5 712-717 offenbart eine optische Signalübertragungseinrichtung, die mit der vorliegenden Erfindung die im Oberbegriff des Anspruchs 1 aufgeführten Merkmale gemeinsam hat. Weiterhin sind optische Einfüge-/Abzweigungsmultiplexer in der EP-A-0 794 629 und der US-A-5 778 118 offenbart.

Zusammenfassung der Erfindung

[0010] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein kohärentes Übersprechen zu verhindern, was bei einem optischen Einfüge-/Abzweigungsmultiplexer gefordert wird, und eine räumliche Streuung während des Einfüge-/Abzweigungsmultiplexens eines Hochgeschwindigkeits-Modulationssignals zu vermeiden. Außerdem soll das obige realisiert werden, während der Verlust eines Durchgangssignals gering gehalten und die Kosten reduziert werden sollen. Die Lösung dieser Aufgabe wird durch die optische Signalübertragungseinrichtung gemäß Anspruch 1 erhalten.

[0011] Um eine Wellenlängenverschlechterung, resultierend vom Demultiplexen/Multiplexen eines Hochgeschwindigkeits-Modulationssignals in einem optischen Wellenlängenmultiplexsystem mit geringen Kosten zu unterdrücken, bei dem der Wellenlängenabstand eng ist und kohärentes Übersprechen auftritt, wird ein Filter zum Demultiplexen/Multiplexen einer spezifischen Wellenlänge von einem gemultiplexten optischen Signal verwendet, ein Filter, welches einen dielektrischen Mehrschichtfilm umfasst, wir für ein Filter zum Multiplexen einer spezifischen Wellenlänge zur anderen optischen Signalübertra-

gung verwendet, und ein Bragg-Fasergitterfilter wird als Sperrfilter zur Zurückweisung einer Streuung eines gedemultiplexten optischen Signals in einen Übertragungspfad verwendet.

[0012] Ein dielektrisches Mehrschichtfilmfilter ist einige wenige μm kurz in einem Multiplex-Reflexionsbereich und kann im Demultiplexbetrieb oder Multiplexbetrieb ohne eine Verschlechterung der Wellenform hervorzubringen verwendet werden. Beim vorliegenden Aufbau und der Kombination mit einem dielektrischen Mehrschichtfilmfilter ist ein optischer Zirkulator nicht notwendig und die Sperrcharakteristik von 40 dB wird bzgl. der Sperrung eines Lichtsignals unter Verwendung der Tatsache erhalten, dass die Kosten des Bragg-Fasergitters selbst niedrig sind und dass der Verlust hinsichtlich des übertragenen Lichts gering ist.

[0013] Da das Übertragungs-Sperrsignallicht als Reflexion in umgekehrter Richtung vom Bragg-Fasergitterfilter, welches zum Sperren verwendet wird, zurückkehrt, ist zu befürchten, dass das Rückkehrlicht in das Demultiplexende einstreut. Normalerweise gelangt das Übertragungs-Sperrsignal durch das dielektrische Mehrschichtfilmfilter zweimal, und wird nicht weniger als um 20 dB gedämpft, und die Reflexion am Anschluss der Eingangsfasern beträgt nicht mehr als 20 dB, was ein Problem darstellt. Andererseits ist ein optischer Isolator eingefügt, um das reflektierte Rückwärtslicht vom Bragg-Fasergitterfilter zu sperren, um dadurch das Streulicht zu entfernen.

[0014] Bei einem Filter zum Demultiplexen einer spezifischen Wellenlänge aus einem optischen Multiplexsignal, wenn ein optisches Signal mit einer spezifischen Wellenlänge gedemultiplext aus dem anderen optischen Durchgangssignal verbleibt, tritt im allgemeinen ein kohärentes Übersprechen auf, wenn die Einrichtung zum Multiplexen eines optischen Signals mit einer speziellen Wellenlänge später weiterbesteht, aber mit der vorliegenden Einrichtung kann ein kohärentes Übersprechen durch starke Sperrung des Streulichts mit einer spezifischen Wellenlänge vermieden werden.

[0015] Durch Unterdrückung der Wellenlängenverschlechterung des Demultiplexlichts und des Multiplexlichts, um ein kohärentes Übersprechen des Demultiplexlichts und des Multiplexlichts gering zu halten, und unter Verwendung eines Einfüge-/Abzweigungsvervielfachers für optische Signale, der den Übertragungslicht-Verlust niedrig hält, kann ein optisches Netzwerk hoher Signalqualität und mit niedrigen Kosten realisiert werden.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

[0016] [Fig. 1](#) ist eine Darstellung des Aufbaus eines Einfüge-/Abzweigungsvervielfachers für optische Sig-

nale, der nicht Teil der vorliegenden Erfindung ist, mit einem dielektrischen Multiplexfilmfilter zugehörig zu einer einzelnen Wellenlänge in einem Demultiplexteil und einem Multiplexteil und ein Bragg-Fasergitter in einem Demultiplexstreu-licht-Sperrteil.

[0017] [Fig. 2](#) ist die Ansicht des Aufbaus eines Einfüge-/Abzweigungsvervielfachers für optische Signale mit einem dielektrischen Multiplexfilmfilter korrespondierend zu einer Wellenlängenanzahl N in einem Demultiplexteil und einem Multiplexteil und mit einem Bragg-Fasergitter in einem Demultiplexstreu-licht-Sperrteil.

[0018] [Fig. 3](#) ist eine Ansicht des Aufbaus eines Einfüge-/Abzweigungsvervielfachers für optische Signale mit einem optischen Isolator zum Abblocken des Sperrlichtrücklaufs von einem Bragg-Fasergitter.

[0019] [Fig. 4](#) ist die Ansicht des Aufbaus eines optischen Ringnetzwerkssystems, welches eine Wellenlängenverschlechterung bei geringem optischen Signaldemultiplexen hat, und optisches Signaldemultiplex/Signalmultiplex einer starken Demultiplexstreu-lichtsperre hat.

[0020] [Fig. 5](#) ist eine Ansicht des Aufbaus eines Einfüge-/Abzweigungsvervielfachers für optische Signale, der nicht Teil der vorliegenden Erfindung ist, mit einer Signaleinfügung/Abzweigung mit einer starken Zurückweisung von Demultiplexstreu-licht und einem optischen Signalmultiplexaufbau mit einem optischen Koppler.

Beschreibung des bevorzugten Ausführungsbeispiels

[0021] Ein Beispiel, welches nicht Teil der vorliegenden Erfindung ist, ist in [Fig. 1](#) dargestellt. Ein optisches Signal **1-1** mit 16 Wellenlängen, die einem optischen Wellenlängenmultiplex mit Intervallen von 0,8 nm (100 GHz) von 1547,72 nm bis 1559,79 nm eines Wellenlängenbereichs unterzogen worden sind, wird über eine Eingangsfasern **11-1** eines optischen Einfüge-/Abzweigungsvervielfacherkanales **12-1** eingespeist. Eine optische Abzweigungseinheit (ein Wellenlängendemultiplexer) **22-1** umfasst ein dielektrisches Mehrschichtfilmfilter **23-1**, und ein Lichtsignal **2-1** mit einer spezifischen Wellenlänge, beispielsweise einer fünften Wellenlänge mit 1550,92 nm, wird über eine optische Fasern **21-1** am Demultiplexende abgestrahlt. In der Zeichnung wird der Aufbau eines Mehrschichtfilmfilters des Übertragungstyps verwendet, aber es kann auch ein Filteraufbau, bei dem Demultiplexlicht reflektiert wird, ebenfalls verwendet werden, wobei das Demultiplexende der optischen Fasern **21-1** mit der Reflexionsseite verbunden wird. Der Verlust am Demultiplexlicht mit der fünften Wellenlänge von 1550,92 nm beträgt 1,2 dB im Maximum und der Verlust am Durchgangsende beträgt 10 dB im Mi-

nimum. Andere Wellenlängenlichtsignale gelangen über eine optische Abzweiginheit (Wellenlängendemultiplexer) **22-1**, das heißt, dass ein Lichtsignal, welches ein anderes ist als die Wellenlänge des fünften Signals mit 1550,92 nm, und Wellenlängenstreulicht des Demultiplexlichts mit 1550,92 nm fallen an dem Demultiplexstreulicht-Sperrteil **32-1** ein. Ein Sperrfilter für Demultiplexstreulicht umfasst ein Bragg-Fasergitter **33-1** zur Reflexion eines Lichtsignals mit einer Wellenlänge von 1550,92 nm. Der Durchgangsverlust für das andere Licht als die Wellenlänge von 1550,92 nm beträgt maximal 0,5 dB und der Verlust des zurückgewiesenen Lichts, das heißt das Lichtsignal der Wellenlänge von 1550,92 nm, beträgt nicht weniger als 40 dB. Lichtsignale mit anderen Wellenlängen als die Wellenlänge von 1550,92 nm gelangen durch das Demultiplexstreulicht-Sperrteil **32-1** und erreichen eine optische Einfügeeinheit (Multiplexer) **42-1**. Hier hat das eingefügte Lichtsignal **4-1** der Einzelwellenlänge von 1550,92 nm die gleiche Wellenlänge, wie das Demultiplexlicht, und wird über ein Einfallsende einer optischen Faser **41-1** eingespeist und in den Durchgang anderer Wellenlängenlichtsignale gemultiplext über ein Einfügemultiplexfilter **43-1**. Das Multiplexfilter **43-1** umfasst ein dielektrisches Mehrschichtfilmfilter mit der Dicke von wenigen μm . Damit beträgt gerade bei der Hochgeschwindigkeitsmodulation von 10 Gbit/s die Ausbreitungsverzögerung in Folge von räumlicher Streuung durch das dielektrische Mehrschichtfilmfilter ungefähr 0,1 ps und die Wellenform-Beeinträchtigung tritt kaum bei einer Pulsbreite von 0,1 ns bei 10 Gbit/s auf. Der Eingangsverlust des zugeführten Lichtsignals beträgt 1,2 dB im Maximum, der Durchgangsverlust des Lichtsignals anderer Wellenlängen als der Wellenlänge von 1550,92 nm beträgt 0,8 dB im Maximum und das gemultiplexte Lichtsignal **1-2** tritt über eine emittierende optische Faser **11-2** aus. Weiterhin beträgt der Verlust des vorhergehenden Sperrstreulichts im Minimum 10 dB. Während der Multiplexteil als Durchgangstyp ähnlich dem Demultiplexteil dargestellt ist, kann dieses auch als Reflexionstyp ausgebildet sein.

[0022] Der Durchgangsverlust des Lichtsignals mit anderer Wellenlänge wird auf maximal 2,1 dB gedrückt und der Verlust, der eine Interferenzstörung am Multiplexlicht von Demultiplexlicht ist, kann auf nicht weniger als 50 dB eingedämmt werden. Sogar in einem Falle, bei dem die Verstärkungsdifferenz zwischen Wellenlängen eines Wellenlängenmultiplexsignals über eine Mehrzahl von Knoten von 16 Wellenlängen bei Intervallen von 0,8 nm (100 GHz) von 1547,72 nm bis 1559,79 nm eines Wellenlängenbereichs 10 dB beträgt, ist eine Unterdrückung von nicht weniger als 48 dB zur Aufrechterhaltung einer Pegelunterdrückung des kohärenten Übersprechens einer optischen Streuung von 38 dB möglich, damit dies ein penaltyfreier Durchgang ist. Wenn eine Penalty von nicht mehr als 0,5 dB zugelassen ist, wer-

den Sperreigenschaften von 40 dB als Vorgabewert für den Aufbau genügen, bei dem das substantielle kohärente Übersprechen 30 dB beträgt.

[0023] Bei einem Verfahren, bei dem mehrere dielektrische Mehrschichtfilme zur Verbesserung der Sperreigenschaften von Streulicht überlagert sind, ist die Filterform abgerundet im Vergleich zu dem Bragg-Fasergitter. Daher ist die Wellenlängenabhängigkeit der Verlustcharakteristik des Demultiplexlichts oder der Verlustcharakteristik des eingespeisten Lichts groß, so dass in der Anordnung bei Wellenlängenintervallen von 0,8 nm der Verlust mit einer leichten Wellenlängenabweichung größer wurde.

[0024] Im Allgemeinen ist eine zulässige Wellenlängenabweichung von $\pm 1,5$ nm notwendig, aber die Wellenlängenbreite kann in diesem Ausmaß nicht erhalten werden. Andererseits wurde ein Bragg-Fasergitter mit einer Bandbreite von $\pm 1,5$ nm zum Sperren von Streulicht verwendet, und zwar nur unter Anwendung der Demultiplex- oder Multiplexeigenschaften für den dielektrischen Mehrschichtfilm.

[0025] Bezüglich der Abweisung des Streulichts im vorgenannten Ausführungsbeispiel, sendet der dielektrische Mehrschichtfilm des Multiplexteils auch zur Abschirmung des Demultiplexstreulichts hin, um ein kohärentes Übersprechen zu vermeiden, aber im Wesentlichen wird ein ausreichender Abschirmeffekt durch den dielektrischen Mehrschichtfilm des Demultiplex-/Multiplexteils und durch das Bragg-Fasergitter erhalten. Mit anderen Worten werden Funktion und Aufbau der vorliegenden Erfindung durch das dielektrische Mehrschichtfilmfilter zur Abweisung von nicht weniger als 10 dB des Demultiplexlichts und durch das Bragg-Fasergitterfilter realisiert, welches das Streulicht mit nicht weniger als 30 dB abweist.

[0026] Ein Ausführungsbeispiel ist in [Fig. 2](#) dargestellt. Während im vorhergehenden Beispiel das Demultiplexen/Multiplexen für eine Wellenlänge gezeigt worden ist, wird in diesem Beispiel das Demultiplexen/Multiplexen für eine Mehrzahl von Wellenlängen dargestellt. Ein optisches Signal **1-1** mit Wellenlängenmultiplex wird über eine Eingangsfasern **11-1** eines optischen Einfüge/Abzweigungskanalmultiplexers **12-1** eingespeist. Eine optische Abzweigungseinheit (Wellenlängendemultiplexer) **22-1** umfasst ein dielektrisches Mehrschichtfilmfilter **23-1** zum Demultiplexen einer ersten Wellenlänge durchgehend zu einem dielektrischen Mehrschichtfilmfilter **23-N** zum Demultiplexen der N Anzahl von Wellenlängen, und das Signallicht **2-1** bis **2-N** einer spezifischen gedemultiplexten Wellenlänge wird über eine optische Faser **21-1** am Demultiplexende ausgegeben. Die erste bis zur N-ten Wellenlänge können eine geeignete Kombination von Wellenlängen aufnehmen. Während in der Zeichnung der Aufbau eines Multiplexfilmfilters vom Übertragungstyp dargestellt ist,

kann auch ein Filteraufbau, bei dem Demultiplexlicht reflektiert wird, verwendet werden. Dabei werden die optischen Fasern **21-1** bis **21-N** am Demultiplexende mit der Reflektionsseite verbunden. Der Verlust von Demultiplexlicht zum Demultiplexende beträgt dabei 1,2 dB im Maximum für einen ersten Wellenleiter und ungefähr $0,8 \cdot N + 1,2$ dB im Maximum für die N-te Wellenlänge. Der Verlust des jeweiligen Demultiplex-Streulichts zum Durchgangsende beträgt 10 dB im Minimum. Das andere Wellenlängenlichtsignal, welches über die optische Abzweigungseinheit (Wellenlängendemultiplexer) **22-1** durchgegangen ist, und das Streulicht des Demultiplexlichts werden in ein Demultiplexstreulicht-Sperrteil **32-1** eingespeist. Ein Sperrfilter für Demultiplexstreulicht umfasst Bragg-Fasergitter **33-1** bis **33-N** mit den Sperreigenschaften korrespondierend zu jeder Wellenlänge. Der Verlust des Durchgangslichts beträgt 0,5 dB im Maximum und der Verlust jedes abgewiesenen Streulichts beträgt nicht weniger als 40 dB. Andere Wellenlängenlichtsignale, die das Demultiplexstreulicht-Sperrteil **32-1** passiert haben, erreichen eine optische Einfügeeinheit (Multiplexer) **42-1**. Hier wird einfallendes Lichtsignal **4-1** bis **4-N** mit der gleichen Wellenlänge wie das Demultiplexlicht über das Einfallsende optischer Fasern **41-1** bis **41-N** eingespeist und gemultiplext in den Durchgang anderer Wellenlängenlichtsignale über Einfügemultiplexfilter **43-1** bis **43-N**. Die Einfügemultiplexfilter **43-1** bis **43-N** entsprechender Wellenlängen umfassen dielektrische Mehrschichtfilmfilter, deren Dicke wenige μm beträgt. Gerade bei der Hochgeschwindigkeitsmodulation von 10 Gbit/s tritt daher selten eine Wellenformverschlechterung auf. Der Wellenlängeneingangsverlust, der den Minimalverlust des eingespeisten Lichtsignals erreicht, beträgt im Maximum 1,2 dB, und der Wellenlängeneingangsverlust, der den Maximalverlust erreicht, beträgt $(0,8 \cdot N + 1,2)$ dB im Maximum. Der Verlust anderer Durchgangs-Wellenlängenlichtsignale beträgt 0,8 dB·N im Maximum und das gemultiplexte Lichtsignal **1-2** wird über die emittierende optische Faser **11-2** ausgegeben. Der Streuverlust des vorherigen Demultiplexlichts beträgt 10 dB im Minimum. Während der dargestellte Multiplexteil vom Übertragungstyp ist, ähnlich dem des Demultiplexteils, kann auch einer des Reflexionstyps verwendet werden.

[0027] Damit wird der Durchgangsverlust des sonstigen Wellenlängenlichtsignals auf $(0,8 \text{ dB} \cdot 2 \cdot N + 0,5)$ dB im Maximum gedrückt und die Streuung, welche eine Interferenzsturbulenz des Demultiplexlichts zum Eingangssignal ist, kann auf nicht weniger als 50 dB gedämpft werden. Gerade wenn die Verstärkungsdifferenz zwischen Wellenlängen eines Wellenlängenmultiplexsignals 10 dB beträgt, kann eine Unterdrückung auf nicht mehr als 48 dB erfolgen, die notwendig ist, um einen zulässigen Pegel des kohärenten Übersprechens von 38 dB einzuhalten.

[0028] [Fig. 3](#) zeigt einen Aufbau, deren Anordnung

so ausgeführt ist, dass keine Turbulenz in Folge der Streuung des reflektierenden Umkehrlichts in das Demultiplexstück bei der Abweisung des Demultiplexlichts in dem von [Fig. 2](#) dargestellten Beispiel auftritt. Signallicht mit anderer Wellenlänge, welches durch eine optische Abzweigungseinheit (Wellenlängendemultiplexer) **22-1** gegangen ist und das Streulicht des Demultiplexlichts treffen auf ein Demultiplexstreulicht-Sperrteil **32-1**. Ein Demultiplexstreulicht-Sperrfilter umfasst Bragg-Fasergitter **33-1** bis **33-N** mit Abweisungseigenschaften korrespondierend zu jeder Wellenlänge. Der Verlust des Durchgangslichts beträgt 0,5 dB im Maximum und der Verlust jedes abgewiesenen Lichts beträgt nicht weniger als 40 dB. Im Bragg-Fasergitter läuft das abgewiesene Licht zurück in den Kanal und versucht zur Einfallslichtfaser **11-1** zurückzukehren. Durch Einfügung des Sperrteils **5-2** für rücklaufendes Licht bezogen auf das reflektierte zurücklaufende Licht, kann das zurücklaufende Licht um nicht weniger als 30 dB in seiner Intensität verringert werden. Das Sperrteil für das zurücklaufende Licht umfasst einen optischen Isolator **5-1**, wobei der Verlust in Vorwärtsrichtung etwa 0,5 dB beträgt, was kein Problem darstellt. Durch Einfügung des Sperrteils für das zurücklaufende Licht, kann die Streuung des Demultiplexlichts der Demultiplexfilter **23-1** bis **23-N** zum Durchgang gemildert werden, wobei die Leistungsfähigkeit bei ansteigender Anzahl von Wellenlängen erreicht werden kann, so dass eine Kostenreduzierung möglich ist.

[0029] [Fig. 4](#) zeigt ein Ausführungsbeispiel eines optischen Ringnetzwerksystems, welches in einem lokalen Knoten einen Einfüge-/Abzweigungsmultiplexer für optische Signale für die Wellenformverschlechterung beim Demultiplexen/Multiplexen bei schwachem Signal und zum Sperren von Streulicht von stark gedemultiplextem Licht hat. Der Ring umfasst einen faseroptischen Übertragungspfad **60**, um ein Signal gegen den Uhrzeigersinn weiterzuleiten, und eine optische Faser **61**, um es im Uhrzeigersinn fortzuführen. Ein optisches Signal entlang des faseroptischen Übertragungspfads **60** wird beschrieben, aber im faseroptischen Übertragungspfad **61** ist die ähnliche Funktion ausgebildet.

[0030] In einem Zentralknoten **6-1** werden alle Wellenlängensignale λ_1 bis λ_8 eingespeist. Ein optisches Signal **1-1**, welches einem optischen Wellenlängenmultiplex unterzogen ist, demultiplext ein optisches Signal vom Zentralknoten der Einzelwellenlänge λ_1 am ersten lokalen Knoten **6-2** und fügt das optische Übertragungssignal λ_1 am Zentralknoten ein. Dabei wird das dielektrische Mehrschichtfilmfilter korrespondierend zu der ersten Wellenlänge des ersten Beispiels im Demultiplexteil und im Multiplexteil verwendet und das Bragg-Fasergitter wird für die Demultiplexsperrlichtabweisung verwendet, wobei gerade bei dem Signal mit einer Rate von 10 Gbit/s kaum eine Wellenformverschlechterung aufgrund des Fil-

ters auftritt und eine hohe Übertragungsqualität ohne Beeinträchtigung durch kohärentes Übersprechen erhalten werden kann. Bei der Durchführung des Lichtsignal-Demultiplex-/Multiplex der zwei Wellenlängen λ_2 bis λ_3 von $N = 2$ am zweiten lokalen Knoten **6-3**, der Einzelwellenlänge λ_4 am dritten lokalen Knoten **6-4**, der drei Wellenlängen λ_5 , λ_6 und λ_7 am vierten lokalen Knoten **6-5** und der Einzelwellenlänge λ_8 am fünften lokalen Knoten **6-6**, wird ein Einfüge-/Abzweigungsmultiplexer für optische Signale mit einem dielektrischen Mehrschichtfilmfilter verwendet, korrespondierend zu einer Einzelwellenlänge oder zu N Wellenlängen und ein Bragg-Fasergitterfilter zur Abweisung von Demultiplexstreulicht, um dadurch ein optisches Netzwerksystem mit hoher Signalqualität zu erstellen. Außerdem gelangt das Signallicht der Wellenlänge λ_8 vom Zentralknoten über vier Knoten, bis es am lokalen Knoten **6-6** gedemultiplext wird, wobei sich Verstärkungsdifferenzen aufsummieren. Ein hoher optischer Level von 4 dB kann erreicht werden, da aber die Zurückweisung von Demultiplexstreulicht in dem Einfüge-/Abzweigungsmultiplexer mit bis zu etwa 50 dB erreichbar ist, wird ein Streulichtpegel weit unterhalb des zulässigen Interferenzpegels von 38 dB erhalten.

[0031] **Fig. 5** zeigt einen Aufbau eines Einfüge-/Abzweigungsmultiplexers, der nicht Teil der vorliegenden Erfindung ist, der einen Demultiplexteil einer Wellenlänge und einen optischen Koppler umfasst. Ein optisches Signal **1-1**, welches einem Wellenlängenmultiplex unterzogen ist, ist für optische Signale mit spezifischer Wellenlänge an einer optischen Abzweigeeinheit (Wellenlängendemultiplexer) **22-1** gemultiplext, die ein dielektrisches Multiplexfilmfilter **23-1** umfasst. Optische Signale anderer Wellenlängen gelangen durch die optische Abzweigungseinheit (Wellenlängendemultiplexer) **22-1** und werden in ein Demultiplexstreulicht-Sperrteil **32-1** eingespeist, welches ein Bragg-Fasergitter **33-1** umfasst, zur Abweisung von Licht mit einer Wellenlänge des Demultiplexlichts mit nicht weniger als 30 dB. Andere optische Wellenlängensignale erfahren kaum mehr Dämpfung als 1 dB, aber Streuung von Demultiplexlicht wird mit nicht weniger als 30 dB gedämpft. Die Streuung von Demultiplexlicht in das Bragg-Fasergitter **33-1** and er vorherigen optischen Abzweigungseinheit (Wellenlängendemultiplexer) **22-1** wird mit nicht weniger als 10 dB abgewiesen und insgesamt mit nicht weniger als 40 dB. Im vorliegenden Beispiel hat das Multiplexteil die gleiche Wellenlänge wie das Demultiplexlicht unter Verwendung eines optischen Kopplers **44-1**, aber ein separates Lichtsignal wird gemultiplext. Gleichzeitig wird ein optischer Pegel eines Ausgangsteils **11-2** des optischen Kupplers **44-1** so eingestellt, dass das Multiplexlicht im Mittelwert gleich ist, wie das Durchgangslight. Die Einspeisung über einen optischen Koppler hat die Vorzüge, dass die Kosten gering sind und das Einstellen einer Wellenlänge im Multiplexteil unnötig ist und der Arbeitsvorgang leicht durchzuführen

ist. Da jedoch keine Funktion eines Filters gegeben ist, führt dies möglicherweise zu einer Verschlechterung der Signalqualität aufgrund von kohärentem Übersprechen, wenn die Abschirmungseigenschaften des Demultiplexlichts schlecht sind. Wird der Aufbau der vorliegenden Erfindung angewendet, wird die Streuung von Demultiplexlicht mit nicht weniger als 40 dB abgeschirmt und gerade bei dem Aufbau, der einen optischen Koppler verwendet, ist es möglich, den Einfluss kohärenten Übersprechens zu vermeiden.

[0032] Obwohl hier das Demultiplexen/Multiplexen einer Wellenlänge dargestellt worden ist, kann ein Einfüge-/Abzweigungsmultiplexer zweier Wellenlängen dadurch aufgebaut werden, dass ein Demultiplexteil einer separaten Wellenlänge und ein Sperrteil in eine Durchgangsfaser nachfolgend zur ersten Wellenlänge eingesetzt werden, wobei drei Eingänge in einen optischen Koppler verwendet werden. Der Aufbau für eine Mehrzahl von Wellenlängen kann ebenfalls in ähnlicher Weise, wie oben beschrieben, realisiert werden.

Patentansprüche

1. Optische Signalübertragungseinrichtung (**12-1**) zum Empfangen eines optischen Wellenlängenmultiplexsignals, das optische Multiplexsignale mit mehreren Wellenlängen trägt, Abzweigen eines optischen Signals mit einer ausgewählten Wellenlänge, die in den mehreren Wellenlängen aus dem optischen Wellenlängenmultiplexsignal enthalten ist, und Ausgeben des abgezweigten optischen Signals, Empfangen eines anderen optischen Signals mit der gleichen Wellenlänge wie der des ausgegebenen optischen Signals und Ausgeben des empfangenen anderen optischen Signals nach dem Multiplexen des optischen Signals mit der ausgewählten Wellenlänge in das optische Wellenlängenmultiplexsignal, wobei die optische Signalübertragungseinrichtung (**12-1**) umfasst eine erste Wellenlängenabzweigungseinheit (**23-1**) zum Abzweigen eines optischen Signals mit einer ersten Wellenlänge, die in den mehreren Wellenlängen aus dem optischen Wellenlängenmultiplexsignal enthalten ist, und zum Ausgeben des abgezweigten optischen Signals, wobei die erste Wellenlängenabzweigungseinheit (**23-1**) ein Filter mit mehreren geschichteten dielektrischen Filmen aufweist, die sich voneinander im Brechungsindex unterscheiden; ein erstes Bragg-Fasergitterfilter (**33-1**) und eine erste Wellenlängenmultiplexeinheit (**43-1**) mit einem Filter, das mehrere geschichtete dielektrische Filme enthält, die sich im Brechungsindex voneinander unterscheiden; **dadurch gekennzeichnet**, daß die optische Signalübertragungseinrichtung (**12-1**) ferner umfasst:

eine zweite Wellenlängenabzweigungseinheit (**23-2**) mit einem Filter, das mehrere geschichtete dielektrische Filme enthält, die sich voneinander im Brechungsindex unterscheiden;

ein zweites Bragg-Fasergitterfilter (**33-2**) und eine zweite Wellenlängenmultiplexeinheit (**43-2**) mit einem Filter, das mehrere geschichtete dielektrische Filme enthält, die sich voneinander im Brechungsindex unterscheiden;

wobei die zweite Wellenlängenabzweigungseinheit (**23-2**) dazu ausgelegt ist, ein optisches Signal, das eine zweite Wellenlänge, die in den mehreren Wellenlängen aus dem optischen Wellenlängenmultiplexsignal enthalten ist, hat und die erste Wellenlängenabzweigungseinheit durchlaufen hat, abzuzweigen und das abgezweigte optische Signal auszugeben;

das erste Bragg-Fasergitterfilter (**33-1**) dazu ausgelegt ist, das optische Wellenlängenmultiplexsignal, das die zweite Wellenlängenabzweigungseinheit durchlaufen hat, zu empfangen und das Durchlaufen von entweder dem ersten optischen Wellenlängensignal oder dem zweiten optischen Wellenlängensignal, die im optischen Wellenlängenmultiplexsignal enthalten sind, zu verhindern;

das zweite Bragg-Fasergitterfilter (**33-2**) dazu ausgelegt ist, das optische Wellenlängenmultiplexsignal, das das erste Bragg-Fasergitterfilter durchlaufen hat, zu empfangen und das Durchlaufen des jeweils anderen von dem ersten und dem zweiten optischen Wellenlängensignal, die im optischen Wellenlängenmultiplexsignal enthalten sind, zu verhindern;

die erste Wellenlängenmultiplexeinheit (**43-1**) dazu ausgelegt ist, entweder das erste optische Wellenlängensignal oder das zweite optische Wellenlängensignal zum optischen Wellenlängenmultiplexsignal, das das zweite Bragg-Fasergitterfilter (**33-1**) durchlaufen hat, hinzu zu multiplexen; und

die zweiten Wellenlängenmultiplexeinheit (**43-2**) dazu ausgelegt ist, das jeweils andere von dem ersten und dem zweiten optischen Wellenlängensignal mit einer Wellenlänge, die sich von der des optischen Signals unterscheidet, das von der ersten Wellenlängenmultiplexeinheit gemultiplext wurde, unterscheidet, zum optischen Wellenlängenmultiplexsignal, das die erste Wellenlängenmultiplexeinheit (**43-1**) durchlaufen hat, hinzu zu multiplexen; und

wobei die erste Wellenlängenabzweigungseinheit (**23-1**), die zweite Wellenlängenabzweigungseinheit (**23-2**), das erste Bragg-Fasergitterfilter (**33-1**), das zweite Bragg-Fasergitterfilter (**33-2**), das erste Wellenlängenmultiplexfilter (**43-1**) und das zweite Wellenlängenmultiplexfilter (**43-2**) in dieser Reihenfolge in der Lichtdurchlaufrichtung in der optischen Signalübertragungseinrichtung (**12-1**) angeordnet sind.

2. Optische Signalübertragungseinrichtung (**12-1**) nach Anspruch 1, wobei das Filter sowohl von der ersten als auch von der zweiten Wellenlängenabzweigungseinheit (**23-1**, **23-2**) oder das von sowohl

von der ersten als auch der zweiten Wellenlängenmultiplexeinheit (**43-1**, **43-2**) eine Dicke von einigen μm aufweist.

3. Optische Signalübertragungseinrichtung (**12-1**) nach Anspruch 1, wobei das Filter von sowohl der ersten als auch der zweiten Wellenlängenabzweigungseinheit (**23-1**, **23-2**) oder das von sowohl der ersten als auch der zweiten Wellenlängenmultiplexeinheit (**43-1**, **43-2**) eine Dicke aufweist, die einigen Wellenlängen von optischen Signalen entspricht, die im optischen Wellenlängenmultiplexsignal enthalten sind.

4. Optische Signalübertragungseinrichtung (**12-1**) nach Anspruch 1, wobei das erste und das zweite Bragg-Fasergitterfilter (**33-1**, **33-2**) die Intensität sowohl des ersten als auch des zweiten optischen Wellenlängensignals um mindestens 40 dB abschwächen.

5. Optische Signalübertragungseinrichtung (**12-1**) nach Anspruch 1, ferner umfassend einen zwischen der zweiten Wellenlängenabzweigungseinheit (**23-2**) und dem ersten Bragg-Fasergitterfilter (**33-1**) angeordneten optischen Isolator, um so ein optisches Signal abzuschwächen, das vom ersten Bragg-Fasergitterfilter (**33-1**) zur zweiten Wellenlängenabzweigungseinheit (**23-2**) hin läuft.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

FIG. 1

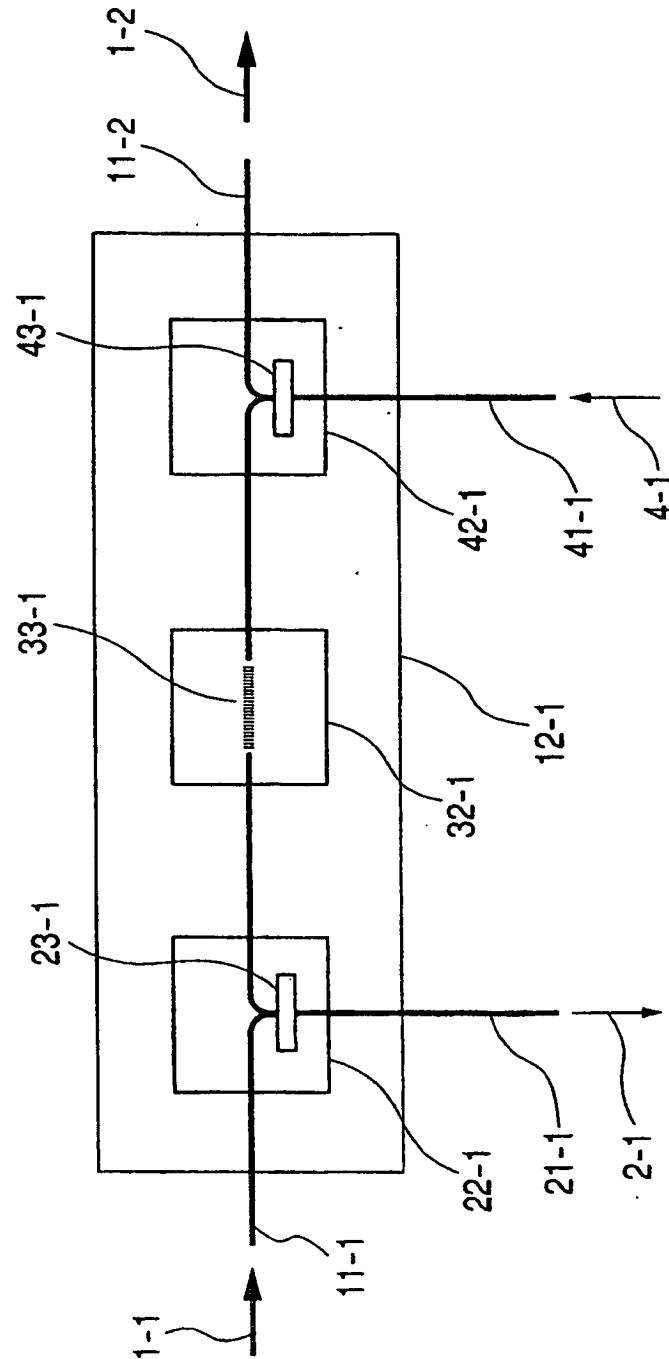


FIG. 2

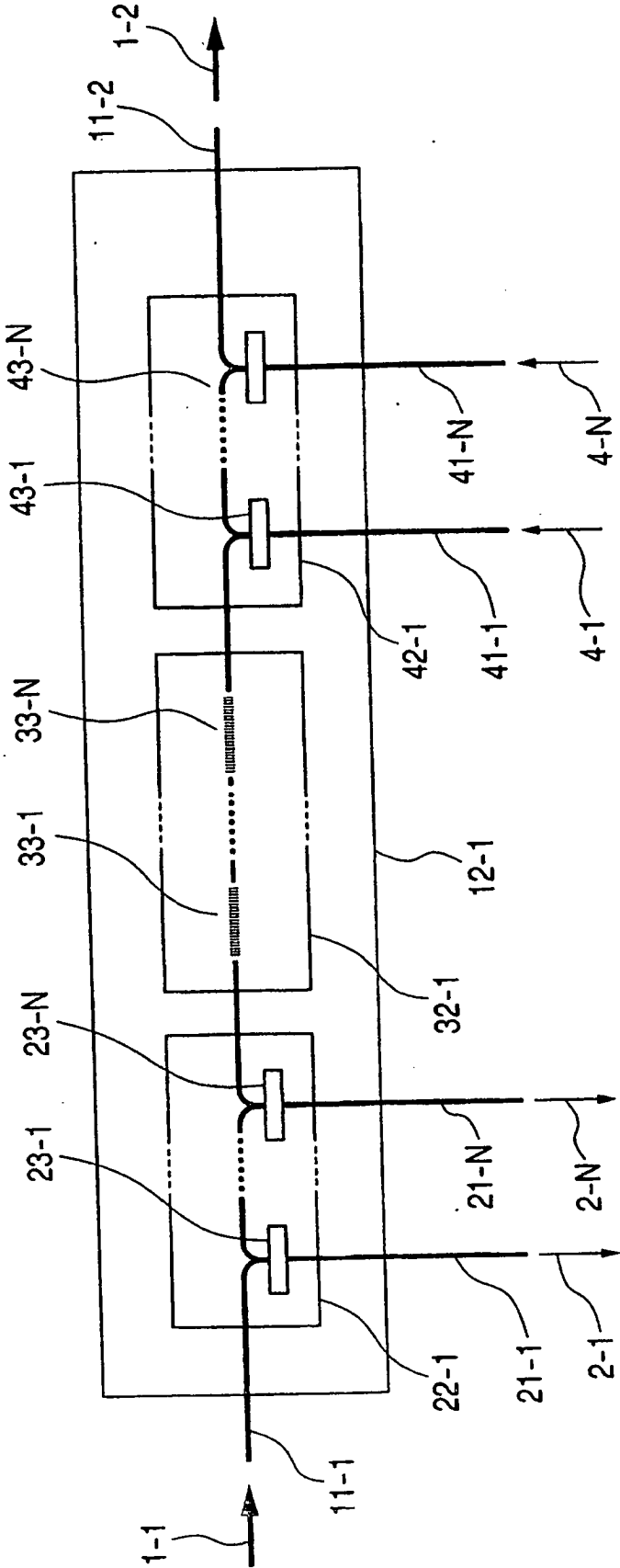


FIG. 3

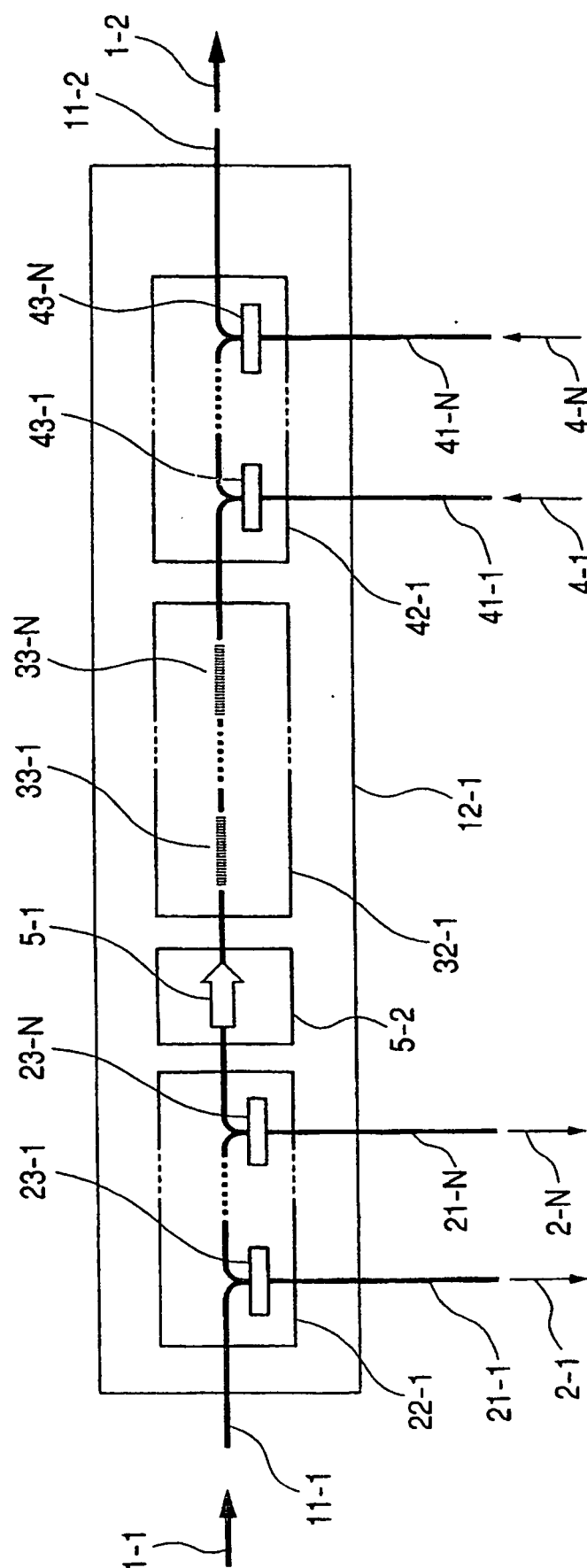


FIG. 4

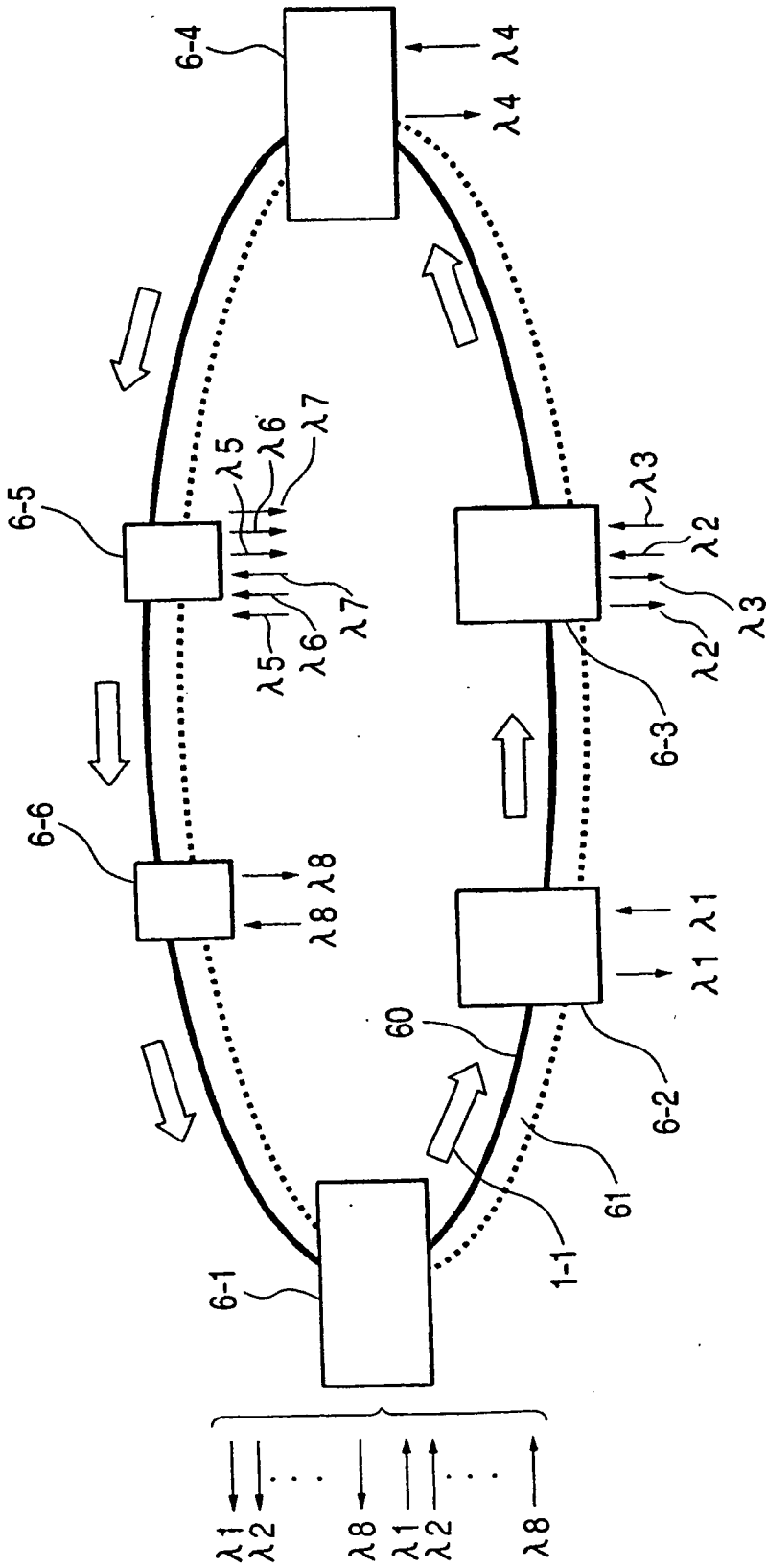


FIG. 5

