



MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO
DIREZIONE GENERALE PER LA LOTTA ALLA CONTRAFFAZIONE
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI

DOMANDA NUMERO	101998900721374
Data Deposito	01/12/1998
Data Pubblicazione	01/06/2000

Priorità	331975
Nazione Priorità	JP
Data Deposito Priorità	

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
G	02	F		

Titolo

AMPLIFICATORE OTTICO BIDIREZIONALE PER L'AMPLIFICAZIONE OTTICA DI UNA LUCE
DI SEGNALE CHE SI PROPAGA BIDIREZIONALMENTE



NEC CORPORATION,

con sede a Minato-ku, Tokyo (Giappone)

* * * * *

M198A002600

DESCRIZIONE

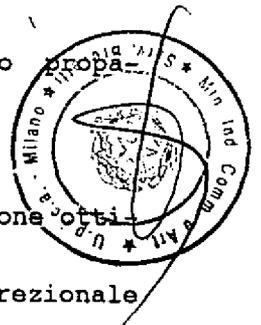
La presente invenzione riguarda un amplificatore ottico bidirezionale amplificante otticamente una luce di segnale propagantesi bidirezionalmente.

01 DIC. 1998

Una fibra ottica a cui è aggiunto un elemento delle terre rare, realizzata aggiungendo un elemento delle terre rare quale l'erbio (Er) a fibra ottica di silice (SiO_2) come un elemento di amplificazione ottica, che amplifica otticamente una luce di segnale smorzata bidirezionale e la trasmette per una lunga distanza. In anni recenti, l'amplificatore ottico con l'elemento di amplificazione ottica è stato usato al posto dell'amplificatore con una funzione di effettuare una conversione fotoelettrica.

Nei sistemi di comunicazione ottica, una comunicazione ottica bidirezionale o una ricezione di trasmissione bidirezionale di una luce di segnale sono entrambe effettuate. Nella comunicazione ottica bidirezionale, allo scopo di utilizzare in modo più efficiente la linea di trasmissione ottica, il sistema di comunicazione ottica bidirezionale è disponibile dove lunghezze d'onda identiche o differenti di luci di segnale sono propagati bidirezionalmente lungo la fibra ottica.

Quando un amplificatore ottico con l'elemento di amplificazione ottica precedente è applicato al sistema di comunicazione ottica bidirezionale allo scopo di amplificare otticamente, è necessario un amplificatore ottico bidirezionale. Gli amplificatori ottici bidirezionali convenzionali





hanno incorporata una tecnologia, per esempio, quella descritta nella domanda di "brevetto giapponese resa accessibile No. Hei-9-18417" o nella domanda di "brevetto giapponese reso accessibile No. Hei-4-62528". La prima (domanda di brevetto giapponese resa accessibile No. Hei-9-18417) è configurata in un modo tale che EDF (fibre drogate con erbio) sono collegate a quattro aperture in un circolatore ottico, rispettivamente. D'altra parte, la seconda (domanda di brevetto giapponese resa accessibile No. Hei-4-62528) è configurata in modo tale che un dispositivo ottico, diverso dalle fibre ottiche a cui sono aggiunti elementi delle terre rare, è collegato all'apertura d'ingresso/uscita di un circolatore ottico.

Tuttavia, entrambe le configurazioni precedenti richiedono un punto di riflessione su cui una luce di segnale può essere totalmente riflessa. Inoltre, si richiede una fibra ottica allo scopo di impedire una possibile emissione di luce d'immissione spontanea ad un'estremità di ingresso/uscita ottica. Di conseguenza, la sua configurazione diventa complessa, provocando un incremento di perdita di trasmissione.

Di conseguenza, lo scopo di un amplificatore ottico bidirezionale secondo la presente invenzione è diminuire il fattore di rumore, permettendo una trasmissione ottica di qualità elevata.

Un amplificatore ottico bidirezionale secondo la presente invenzione è costituito da: un circolatore ottico con quattro aperture; una prima e una seconda fibra di amplificazione ottica; due sorgenti di luce di pompaggio, ciascuna emettente una luce di pompaggio; due accoppiatori ottici; e un filtro di selezione/riflessione di lunghezza d'onda.

Il circolatore ottico secondo la presente invenzione comprende quat-



tro aperture dalla prima alla quarta, ciascuna inviante luce in ingresso una dopo l'altra all'apertura adiacente. Le fibre di amplificazione ottica dalla prima alla terza sono collegate alle aperture dalla prima alla terza del circolatore ottico, rispettivamente.

Il primo accoppiatore ottico, collegato alla seconda apertura del circolatore ottico, riceve una prima luce di segnale (luce di segnale diretta verso il basso) emessa dalla seconda apertura. Il primo accoppiatore ottico ha una caratteristica di far passare la prima luce di segnale. Sul lato opposto della seconda apertura del primo accoppiatore ottico, una prima unità di selezione/riflessione di lunghezza d'onda è preparata per riflettere selettivamente in lunghezze d'onda specifiche della prima luce di segnale.

Il primo accoppiatore ottico sintetizza una luce di pompaggio emessa dalla prima sorgente di luce di pompaggio con la prima luce di segnale riflessa sulla prima unità di selezione/riflessione di onda, emettendo sia la prima luce di segnale risultante che la prima luce di pompaggio alla seconda apertura. La prima luce di segnale e la prima luce di pompaggio ricevute in corrispondenza della seconda apertura sono entrambe emesse dalla terza apertura. La prima luce di segnale entra in una seconda fibra di amplificazione ottica collegata al terzo terminale d'ingresso ottico dove la prima luce di segnale è otticamente amplificata con l'ausilio della prima luce di pompaggio e poi è emessa.

La seconda luce di segnale (luce di segnale diretta verso l'alto) è pure otticamente amplificata con l'ausilio delle seguenti unità: il secondo accoppiatore ottico; la seconda sorgente di luce di pompaggio; la se-



conda unità di selezione/riflessione di lunghezza d'onda; e la prima fibra di amplificazione ottica, nello stesso modo in cui la prima luce di segnale è otticamente amplificata.

Il secondo accoppiatore ottico, collegato alla quarta apertura del circolatore ottico, riceve la seconda luce di segnale emessa dalla quarta apertura. Il secondo accoppiatore ottico ha una caratteristica di far passare la seconda luce di segnale. Sull'altro lato della quarta apertura del secondo accoppiatore ottico, una seconda unità di selezione/riflessione di lunghezza d'onda è preparata per riflettere selettivamente le lunghezze d'onda specifiche della seconda luce di segnale.

Il secondo accoppiatore ottico sintetizza la seconda luce di pompaggio emessa dalla seconda sorgente di luce di pompaggio con la seconda luce di segnale riflessa sulla seconda unità di selezione/riflessione di lunghezza d'onda, emettendole alla quarta apertura. La seconda luce di segnale e la seconda luce di pompaggio ricevute dalla quarta apertura sono entrambe emesse dalla prima apertura. La seconda luce di segnale entra nella prima fibra ottica di amplificazione ottica collegata al primo terminale d'ingresso di luce. Essa è poi otticamente amplificata con l'ausilio della seconda luce di pompaggio. Utilizzando l'operazione precedente, la prima e la seconda luce di segnale sono entrambe amplificate otticamente con successo.

Si noti che ciascuna della prima e della seconda fibra di amplificazione ottica è una fibra ottica a cui è aggiunto un elemento delle terre rare. La prima e la seconda unità di selezione/riflessione di lunghezza d'onda usate nell'amplificatore ottico secondo la presente invenzione sono



fatte da un filtro a pellicola a strati multipli dielettrici o da un reticolo di fibre ottiche. Un accoppiatore ottico includente il filtro a pellicola a strati multipli dielettrici o un accoppiatore ottico giuntato a fusione di fibre è usato per il primo e il secondo accoppiatore ottico.

Nell'amplificatore ottico bidirezionale secondo la presente invenzione con la configurazione precedente, entrambe le posizioni tra la seconda apertura del circolatore ottico e la prima o la seconda unità di selezione/riflessione di lunghezza d'onda, e tra la quarta apertura e la seconda unità di selezione/riflessione di lunghezza d'onda, su cui sono preparati il primo e il secondo accoppiatore ottico, possono essere cambiate ad altre posizioni tra la prima apertura e la prima fibra di amplificazione ottica, e tra la terza apertura e la seconda fibra di amplificazione ottica, rispettivamente. In questo caso, si noti che dato che l'accoppiatore ottico è preparato sulla linea di trasmissione principale, la prima e la seconda luce di segnale devono essere utilizzate nella stessa banda di lunghezza d'onda.

Inoltre, nell'amplificatore ottico bidirezionale, secondo la presente invenzione, il primo e il secondo accoppiatore ottico possono essere posizionati o sul lato opposto sia della prima fibra di amplificazione ottica che la prima apertura, o sul lato opposto della terza apertura della seconda fibra di amplificazione ottica. In questo caso, dato che l'accoppiatore ottico è pure posizionato nella linea di trasmissione principale, la prima e la seconda luce di segnale richiedono di essere utilizzate nella stessa banda di lunghezza d'onda.

Inoltre, nell'amplificatore ottico bidirezionale, secondo la presente



invenzione, la prima e la seconda sorgente di luce di pompaggio possono essere collegate al lato opposto della seconda o della quarta apertura del primo o del secondo filtro di selezione di lunghezza d'onda. In questa configurazione, i filtri di selezione di lunghezza d'onda hanno una caratteristica per cui essi riflettono selettivamente lunghezze d'onda specifiche della prima e della seconda luce di segnale. Essi passano inoltre le lunghezze d'onda specifiche della prima e della seconda luce di pompaggio. Nella configurazione precedente, il primo e il secondo accoppiatore ottico non sono necessari, permettendole allora di essere una configurazione semplice.

Gli scopi, le caratteristiche e i vantaggi precedenti ed altri della presente invenzione diverranno più evidenti dai seguenti dettagli quando considerati in unione con i disegni allegati, in cui:

la figura 1 mostra la configurazione di un amplificatore ottico bidirezionale convenzionale;

la figura 2 mostra la configurazione di un amplificatore ottico bidirezionale secondo una prima forma di realizzazione della presente invenzione;

la figura 3 mostra la configurazione di un amplificatore ottico bidirezionale in conformità con una seconda forma di realizzazione della presente invenzione;

la figura 4 mostra la configurazione di un amplificatore ottico bidirezionale secondo una terza forma di realizzazione della presente invenzione;

la figura 5 mostra la configurazione di un amplificatore ottico bidi-



reazionale secondo una quarta forma di realizzazione della presente invenzione; e

la figura 6 mostra la configurazione di un amplificatore ottico bidirezionale secondo una quinta forma di realizzazione della presente invenzione.

Dapprima, allo scopo di rendere più semplice comprendere l'idea della presente invenzione, sarà spiegato qui di seguito l'amplificatore ottico bidirezionale convenzionale prima di spiegare un amplificatore ottico bidirezionale secondo la presente invenzione.

La figura 1 mostra la configurazione di un amplificatore ottico bidirezionale convenzionale. Una luce di segnale che entra nell'apertura P1(P3) di un circolatore ottico 113 è emessa da un'apertura P2(P4), entrando in amplificatore a fibra ottica 120a (120b). La luce di segnale poi entra in una fibra di amplificazione ottica 104, tramite un accoppiatore ottico 102. La luce di pompaggio emessa da una sorgente 107 di luce di pompaggio entra pure nella fibra di amplificazione ottica 104, dove è formata una distribuzione invertita, tramite un isolatore ottico 108 e l'accoppiatore ottico 102. All'estremità della fibra di amplificazione ottica 104, è preparato uno specchio di riflessione totale 109. La luce di segnale amplificata dall'emissione indotta è riflessa dallo specchio di riflessione totale 109, e si piega nella fibra di amplificazione ottica 104, provocando la sua amplificazione. La luce di segnale amplificata passa l'accoppiatore ottico 102, e ritorna all'apertura P2(P4), essendo emessa dall'apertura P3(P1).

Filtri ottici 122 sono preparati tra l'apertura P2 del circolatore



ottico 113 e l'accoppiatore ottico 102, e pure tra l'apertura P4 e l'accoppiatore ottico 102, rispettivamente. Il filtro ottico 122 elimina bande di luce di lunghezza d'onda non necessaria della luce di segnale prima dell'amplificazione, inviando le luci di segnali risultanti all'accoppiatore ottico 102. Il filtro ottico 122 elimina pure dalle luci di segnale amplificate, le bande di lunghezza d'onda che sono non necessarie per trasmissione attraverso la linea di trasmissione.

Tuttavia, come dovrebbe essere compreso tramite riferimento alla figura 1, un punto di riflessione su cui una luce di segnale è totalmente riflessa è necessario. Inoltre, allo scopo di impedire un'emissione possibile di luce di emissione spontanea dal terminale d'ingresso/uscita ottico, sono richiesti altri filtri ottici. Di conseguenza, la configurazione diventa complessa, avendo come risultato un aumento di perdita di trasmissione.

Poi, un amplificatore ottico bidirezionale secondo la presente invenzione sarà spiegato qui di seguito con riferimento ai disegni.

La figura 2 mostra la configurazione dell'amplificatore ottico bidirezionale secondo la prima forma di realizzazione della presente invenzione. Come mostrato nella figura 2, l'amplificatore ottico bidirezionale secondo la presente invenzione è costituito da un circolatore ottico 2, fibre ottiche 3 e 4 a cui è aggiunto un elemento di terre rare, sorgenti di luce di pompaggio 5 e 6, accoppiatori ottici 7 e 8, e filtri 9 e 10 di selezione/riflessione di lunghezza d'onda.

Il circolatore ottico 2 è un circolatore ottico di tipo a circolazione completa a quattro aperture con quattro aperture da 2a a 2d. Una luce



che entra nella prima apertura 2a è inviata alla seconda apertura 2b. Una luce che entra nella prima apertura 2b è inviata alla terza apertura 2c. La luce che entra nella prima apertura 2c è inviata alla quarta apertura 2d. Inoltre, una luce che entra nella prima apertura 2d è inviata alla prima apertura 2a.

La fibra drogata con erbio (qui di seguito, chiamata "EDF") è usata per fibre ottiche 3 e 4 a cui è aggiunto un elemento di terre rare. Quelle delle estremità di uscita ottica di EDF rispettive sono collegate alla prima apertura 2a e 2c del circolatore ottico 2, rispettivamente.

Accoppiatori ottici 7 e 8 sono preparati tra la seconda apertura 2a del circolatore ottico 2 e un filtro 9 di selezione/riflessione di lunghezza d'onda, e tra la quarta apertura 2d e un filtro 10 di selezione/riflessione di lunghezza d'onda, rispettivamente. Il filtro a pellicole multiple dielettriche o accoppiatore giuntato a fusione di fibre sono usati per gli accoppiatori ottici. I filtri 9 e 10 di selezione/riflessione di lunghezza d'onda hanno una caratteristica che riflette solamente luce di lunghezza d'onda specifica, ma fa passare le altre luci di lunghezza d'onda. Per esempio, il filtro a pellicola d'interferenza con pellicola astrati multipli di dielettrico è disponibile per il filtro di selezione/riflessione di lunghezza d'onda con la caratteristica precedente.

Sorgenti 5 e 6 di luce di pompaggio emettono rispettive luci di pompaggio, che fanno sì che EDF corrispondenti entrino in uno stato di eccitazione. Per esempio, una luce di segnale di $1,48 \mu\text{m}$ in lunghezza d'onda è emessa da ciascuna di esse così che le EDF usate nella forma di realizzazione per amplificare la luce di segnale in una banda di lunghezza d'onda



di $1,55 \mu\text{m}$ possono essere eccitate. Le luci emesse dalle sorgenti 5 e 6 di luce di pompaggio sono collegate con una prima e una seconda luce di segnale tramite gli accoppiatori ottici 7 e 8, rispettivamente.

Gli accoppiatori ottici 7 e 8 ricevono la prima luce di segnale (luce di segnale verso il basso) e la seconda luce di segnale (luce di segnale verso l'alto) dalla seconda apertura 2b e dalla quarta apertura 2d, rispettivamente. La prima e la seconda luce di segnale che sono state ricevute passano attraverso gli accoppiatori ottici 7 e 8, essendo riflesse dai filtri 9 e 10 di selezione/riflessione di lunghezza d'onda, rispettivamente. Luci diverse dalla luce di segnale con lunghezze d'onda specifiche passano attraverso i filtri 9 e 10 di selezione/riflessione di lunghezza d'onda, rispettivamente. In cui, i filtri di selezione/riflessione di lunghezza d'onda sono già stati soggetti ad un trattamento di terminazione senza riflessione così che le luci precedenti non sono riflesse alle loro estremità dei filtri, e non passano attraverso il filtro di selezione di lunghezza d'onda ancora, e non ritornano agli accoppiatori ottici 9 e 10, rispettivamente.

Poi, sarà spiegata qui di seguito l'operazione di amplificazione ottica di una luce di segnale nell'amplificatore ottico bidirezionale precedente.

Per rendere più semplice la comprensione, sarà descritta l'operazione dove una luce di segnale unidirezionale (verso il basso) entra nel terminale 3a di ingresso/uscita ottica, ed è pure trasmessa nella direzione destra nella figura 2.

Una prima luce di segnale (nella banda di lunghezza d'onda di $1,55$



μm), che è entrata nel terminale 3a di ingresso/uscita ottico e poi è passata attraverso la EDF 3; entra nella prima apertura 2a del circolatore ottico 2. Essa è poi emessa dalla seconda apertura 2b. La luce di segnale emessa passa attraverso l'accoppiatore ottico 7, entrando nel filtro 9 di selezione/riflessione di lunghezza d'onda. Il filtro 9 di selezione/riflessione di lunghezza d'onda riflette selettivamente non più delle lunghezze d'onda specifiche della luce di segnale originale. L'accoppiatore 9 accoppia la luce di segnale riflessa con la luce di pompaggio emessa dalla sorgente 13 di luce di pompaggio. D'altra parte, luci diverse dalle lunghezze d'onda specifiche passano attraverso il filtro di selezione/riflessione di lunghezza d'onda, ma non ritornano all'accoppiatore ottico 7.

Dopo aver passato l'accoppiatore ottico, la luce di segnale e la luce di pompaggio entrano nella seconda apertura 2b nel circolatore ottico 2, e poi entrano pure nella EDF 4 tramite la terza apertura 2c. L'eccitazione della EDF 4 si verifica tramite la luce di pompaggio emessa dalla sorgente 5 di luce di pompaggio. Come risultato, la luce di segnale è otticamente amplificata, ed emessa dalla EDF 4 alla linea di trasmissione.

D'altra parte, è effettuata l'operazione similare di trasmettere la luce di segnale verso l'alto nella direzione opposta. La seconda luce di segnale (nella banda di lunghezza d'onda di $1,55 \mu\text{m}$) entrante nel terminale 4a d'ingresso/uscita ottica passa attraverso la EDF 4, ed entra poi anche nella terza apertura 2c del circolatore ottico 2. La luce di segnale entrante nella terza apertura 2c è emessa dalla quarta apertura 2d del circolatore ottico 2, passando attraverso l'accoppiatore ottico 8. La seconda luce di segnale entra nel filtro 10 di selezione/riflessione di lun-



ghezza d'onda dove le lunghezze d'onda specifiche della luce di segnale originale sono selettivamente riflesse. Le altre lunghezze d'onda di luce passano attraverso il filtro 10 di selezione/riflessione di lunghezza d'onda. La luce di segnale riflessa è accoppiata, tramite l'accoppiatore ottico 8, con la luce di pompaggio emessa dalla sorgente 6 di luce di pompaggio, entrante nella quarta apertura 2d del circolatore ottico 2. Esse sono poi emesse dalla prima apertura 2a. La luce di segnale e la luce di pompaggio emesse dalla prima apertura 2a, entrano nella EDF 7. Di conseguenza, nella EDF 7 si verifica eccitazione, avendo come risultato il fatto che la luce di segnale viene amplificata otticamente ed emessa dal terminale 3a d'ingresso/uscita ottico alla linea di trasmissione.

Con la procedura precedente, le luci di segnale entrate in entrambe le direzioni sono otticamente amplificate ed emesse alla linea di trasmissione. Nella forma di realizzazione, dato che un filtro di selezione di lunghezza d'onda è usato per collegare non più di luce di segnale, si proibisce che la luce di emissione spontanea sia emessa. Inoltre, un filtro ottico non è necessario tra il circolatore ottico e l'accoppiatore ottico per eliminare la luce di emissione spontanea. Quindi, una possibile perdita di trasmissione ottica non può essere incrementata. Inoltre, il fattore di rumore può rimanere basso.

Poi, un amplificatore ottico bidirezionale in conformità con una seconda forma di realizzazione della presente invenzione sarà spiegato qui di seguito con riferimento alla figura 3.

La figura 3 mostra la configurazione dell'amplificatore ottico bidirezionale in conformità con la seconda forma di realizzazione della pre-



sente invenzione. Come mostrato nella figura 3, l'amplificatore ottico bidirezionale secondo la presente invenzione è costituito da un circolatore ottico 12, EDF 13 e 14, accoppiatori ottici 17 e 18, filtri 19 e 20 di selezione/riflessione di lunghezza d'onda, e sorgenti 15 e 16 di luce di pompaggio.

L'amplificatore ottico bidirezionale della seconda forma di realizzazione ha la stessa configurazione di quella della prima forma di realizzazione tranne per la differenza in filtri 19 e 20 di selezione/riflessione di lunghezza d'onda. I filtri 19 e 20 di selezione/riflessione di lunghezza d'onda della forma di realizzazione, collegati ad accoppiatori ottici 17 e 18, sono entrambi fatti dai reticoli di fibre ottiche, rispettivamente. Poichè questi sono uguali ai filtri di selezione/riflessione di lunghezza d'onda della prima forma di realizzazione, essi hanno la caratteristica di riflettere selettivamente lunghezze d'onda specifiche di luce. I reticoli di fibre ottiche sono usate per riflettere selettivamente la banda stretta delle lunghezze d'onda specifiche della luce di segnale originale.

L'amplificatore ottico bidirezionale della forma di realizzazione amplifica otticamente la luce di segnale ad entrambe le direzioni trasmesse dalla EDF 3 o 4, emettendo la luce di segnale amplificata risultante dal terminale 14a o 13a d'ingresso/uscita ottico. Quindi, una grande quantità di luce di emissione spontanea non può essere emessa dalle aperture, a differenza di configurazioni convenzionali. Di conseguenza, una possibile perdita di trasmissione ottica non è incrementata. Inoltre, il fattore di rumore rimane piccolo.



Poi, un amplificatore ottico bidirezionale in conformità con una terza forma di realizzazione della presente invenzione sarà spiegato qui di seguito.

La figura 4 mostra la configurazione dell'amplificatore ottico bidirezionale in conformità con la terza forma di realizzazione della presente invenzione. Nella descrizione che segue, ad elementi identici a quelli nella figura 1 sono assegnati gli stessi numeri usati nella figura 1. Di conseguenza, la loro spiegazione dettagliata corrispondente è omessa.

Come mostrato nella figura 4, l'amplificatore ottico bidirezionale della forma di realizzazione è costituito da un circolatore ottico 22, EDF 23 e 24, accoppiatori ottici 27 e 28, filtri 29 e 30 di selezione/riflessione di lunghezza d'onda, e sorgenti 25 e 26 di luce di pompaggio. L'amplificatore ottico bidirezionale è fondamentalmente configurato con elementi identici a quelli nell'amplificatore ottico bidirezionale della prima forma di realizzazione. Tuttavia, solamente le posizioni degli accoppiatori ottici 27 e 28 sono differenti.

Nella forma di realizzazione, gli accoppiatori ottici 27 e 28 sono posizionati tra la prima apertura del circolatore ottico 2 e la EDF 23, e tra la terza apertura e la EDF 24, rispettivamente. Le sorgenti 25 e 26 di luci di pompaggio, che sono entrambe usate per eccitazione nelle EDF 3 e 4, sono collegate agli accoppiatori ottici 27 e 28, rispettivamente.

Poi, l'operazione dell'amplificatore ottico bidirezionale della forma di realizzazione sarà spiegata qui di seguito. Per rendere più semplice la comprensione, la prima luce di segnale (luce di segnale verso il basso) sarà spiegata. La luce di segnale che entra nel terminale 3a d'ingresso



ottico è propagata attraverso la EDF 3. D'altra parte, la luce di pompaggio emessa dalla sorgente 25 di luce di pompaggio tramite l'accoppiatore ottico 7 entra nella EDF 3. L'eccitazione nella EDF 3 è provocata dalla luce di pompaggio, avendo come risultato l'amplificazione ottica della luce di segnale, che si propaga attraverso la EDF 3.

La luce di segnale amplificata otticamente poi entra nella prima apertura 22a del circolatore ottico 2, essendo emessa dalla seconda apertura 22b.

La luce di segnale amplificato otticamente emessa dalla seconda apertura 22b entra nel filtro 29 di selezione/riflessione di lunghezza d'onda. In cui, le lunghezze d'onda specifiche della luce di segnale originale sono selettivamente riflesse, mentre una luce di emissione spontanea passa attraverso, avendo come risultato la sua eliminazione. Luce di segnale riflessa entra nella seconda apertura 22b del circolatore ottico 2 ancora, essendo emessa dalla terza apertura 22c.

La luce di segnale emessa dalla terza apertura 22c passa attraverso l'accoppiatore ottico 28, entrando nella EDF 4. D'altra parte, la luce di pompaggio emessa dalla sorgente di segnale di luce di pompaggio è pure collegata tramite l'accoppiatore ottico 28, entrando nella EDF 4. Di conseguenza, l'eccitazione provocata dalla luce di pompaggio nella EDF 4 ha come risultato l'amplificazione ottica della luce di segnale e l'emissione della luce di segnale risultante dal terminale 4a d'ingresso/uscita ottico.

In un'operazione similare a quella descritta in precedenza, la seconda luce di segnale (luce di segnale verso l'alto) entrante nel terminale 24a d'ingresso/uscita ottico è otticamente amplificata dalla EDF 4, e ri-



flessa dal filtro 30 di selezione di lunghezza d'onda. La seconda luce di segnale è poi otticamente amplificata dalla EDF 3 ancora, ed emessa dal terminale 23a di ingresso/uscita ottico.

In questo modo come descritto in precedenza, nell'amplificatore ottico bidirezionale della forma di realizzazione, la prima e la seconda luce di segnale immesse in entrambe le direzioni sono otticamente amplificate dalle EDF 3 e 4, ed emesse, rispettivamente. Anche in questo caso, dato che i filtri di selezione/riflessione di lunghezza d'onda 29 e 30 eliminano una luce di emissione spontanea, il fattore di rumore è ridotto.

Poi, un amplificatore ottico bidirezionale secondo una quarta forma di realizzazione della presente invenzione sarà spiegato qui di seguito con riferimento alla figura 5.

La figura 5 mostra la configurazione dell'amplificatore ottico bidirezionale secondo la quarta forma di realizzazione della presente invenzione. L'amplificatore ottico bidirezionale della forma di realizzazione mostrata nella figura 5 è simile a quello della terza forma di realizzazione. Nella terza forma di realizzazione, gli accoppiatori ottici 27 e 28 sono preparati tra la EDF 23 e il circolatore ottico 22, e tra la EDF 4 e il circolatore ottico 22, rispettivamente. Contrariamente a questo, in questa forma di realizzazione, gli accoppiatori ottici 37 e 38 sono preparati tra il terminale 33a d'ingresso/uscita ottico e la EDF 33, e tra il terminale 34a d'ingresso/uscita ottico e la EDF 34, rispettivamente. Direzioni in ingresso alle EDF 33 e 34, delle luci di pompaggio emesse dalle rispettive sorgenti 35 e 36 di luce di pompaggio sono differenti da quelle della terza forma di realizzazione, ma l'operazione è uguale.



Poi, la figura 6 mostra la configurazione di un amplificatore ottico bidirezionale secondo una quinta forma di realizzazione della presente invenzione. L'amplificatore ottico bidirezionale secondo la forma di realizzazione della presente invenzione ha una caratteristica per cui le sorgenti 45 e 46 di luce di pompaggio sono collegate ai filtri 49 e 50 di selezione di lunghezza d'onda, rispettivamente. In altre parole, esse sono preparate su lati opposti del circolatore ottico 42. I filtri 49 e 50 di selezione di lunghezza d'onda hanno una caratteristica che riflette le lunghezze d'onda specifiche della prima e della seconda luce di segnale, rispettivamente, mentre essi fanno passare le lunghezze d'onda specifiche della prima e della seconda luce di pompaggio, rispettivamente. La luce di segnale nella banda di lunghezza d'onda di $1,55 \mu\text{m}$ e la luce di pompaggio nella banda di lunghezza d'onda di $1,48 \mu\text{m}$ sono usate nella forma di realizzazione. Quindi, i filtri 49 e 50 di selezione di lunghezza d'onda hanno una caratteristica di far passare una luce di banda di lunghezza d'onda di $1,55 \mu\text{m}$, mentre essi riflettono la luce di $1,48 \mu\text{m}$ in lunghezza d'onda.

Nell'amplificatore ottico bidirezionale della forma di realizzazione, la prima luce di segnale immessa nel terminale 43a all'ingresso/uscita ottico si propaga attraverso la EDF 43. La luce di segnale è riflessa dal filtro 49 di selezione di lunghezza d'onda, tramite il circolatore ottico 42. D'altra parte, la luce di pompaggio emessa dalla sorgente 45 di luce di pompaggio passa attraverso il filtro 49 di selezione di lunghezza d'onda. Essa, insieme con una luce di segnale, poi entra nella EDF 44, tramite il circolatore ottico 42. Di conseguenza, eccitazione provocata nella EDF 44 dalla luce di pompaggio emessa dalla sorgente 45 di luce di pompaggio,



ha come risultato amplificazione ottica della luce di segnale ed emissione della luce di segnale risultante.

La seconda luce di segnale che entra nel terminale 44a di ingresso/uscita ottica è pure otticamente amplificata ed emessa dal terminale 43a d'ingresso/uscita ottico, avendo come risultato l'eccitazione della EDF 43 costituita dalla luce di pompaggio emessa dalla sorgente 47 di luce di pompaggio.

In tutta l'operazione sopra menzionata, le luci di segnale che entrano nei terminali 43a e 44a d'ingresso/uscita ottico, possono ciascuna essere otticamente amplificata ed emessa, nello stesso modo come viene effettuato nelle forme di realizzazione dalla prima alla quarta. Quindi, in questa forma di realizzazione, il fattore di rumore è ridotto, il che è uguale alla prima forma di realizzazione. Inoltre, dato che un accoppiatore ottico non è preparato in questa forma di realizzazione, perdite di giunzione possibili possono essere ridotte.

Negli amplificatori bidirezionali sopra menzionati secondo rispettive forme di realizzazione della presente invenzione, è usato il materiale realizzato aggiungendo l'erbio (Er) a fibra ottica di silice (SiO_2). Tuttavia, materiali possibili usati nella presente invenzione non sono limitati ad esso. Per esempio, un altro elemento delle terre rare quale Neodymium (Nd) può essere aggiunto alla fibra ottica. Anche in questa configurazione, possono essere realizzati risultati simili.

Come menzionato in precedenza, secondo un amplificatore ottico bidirezionale della presente invenzione, una grande quantità di luci di emissione spontanea non è amplificata ed emessa dal terminale d'ingresso/uscita



ta ottico, a differenza della configurazione convenzionale. Di conseguenza, un filtro ottico addizionale non è richiesto, e la perdita di emissione ottica non può essere aumentata. Quindi, il fattore di rumore è diminuito, per cui può essere realizzata trasmissione ottica con successo di qualità elevata.

Si noti che sebbene questa invenzione sia stata descritta in connessione con certe forme di realizzazione preferite, si deve comprendere che la materia abbracciata da questa invenzione non deve essere limitata a quelle specifiche forme di realizzazione. Al contrario, si intende che la materia dell'invenzione includa tutte le alternative, modifiche e equivalenti che possono essere inclusi entro lo spirito e l'ambito delle seguenti rivendicazioni.

* * * * *



RIVENDICAZIONI

1. Amplificatore ottico bidirezionale, comprendente:

un circolatore ottico, includente quattro aperture, aperture dalla prima alla quarta, per emettere luci immesse una dopo l'altra a ciascuna apertura adiacente;

una prima fibra di amplificazione ottica, collegata alla prima apertura, per amplificare otticamente la luce di segnale immessa con l'ausilio di una luce di pompaggio;

una prima sorgente di luce di pompaggio per emettere una prima luce di pompaggio;

primi mezzi di selezione/riflessione di lunghezza d'onda per riflettere selettivamente una lunghezza d'onda specifica di una prima luce di segnale;

primi mezzi di collegamento in modo ottico, collegati alla seconda apertura, per ricevere la prima luce di segnale emessa dalla seconda apertura, collegando la prima luce di pompaggio con la prima luce di segnale riflessa dai primi mezzi di selezione/riflessione di lunghezza d'onda, ed emettere la prima luce di segnale e la prima luce di pompaggio alla seconda apertura;

una seconda fibra di amplificazione ottica, collegata alla terza apertura adiacente alla seconda apertura, per amplificare otticamente una luce di segnale immessa con l'ausilio della luce di pompaggio;

una seconda sorgente di luce di pompaggio per emettere una seconda luce di pompaggio;

secondi mezzi di selezione/riflessione di lunghezza d'onda per ri-



flettere selettivamente una lunghezza d'onda specifica di una seconda luce di segnale; e

secondi mezzi di collegamento in modo ottico, collegati alla quarta apertura, per ricevere la seconda luce di segnale emessa dalla quarta apertura, collegando la seconda luce di pompaggio con la seconda luce di segnale riflessa dai secondi mezzi di selezione/riflessione di lunghezza d'onda; ed emettere la seconda luce di segnale e la seconda luce di pompaggio alla quarta apertura.

2. Amplificatore ottico bidirezionale secondo la rivendicazione 1, in cui, la prima fibra di amplificazione ottica e la seconda fibra di amplificazione ottica sono una fibra ottica a cui è aggiunto un elemento delle terre rare.

3. Amplificatore ottico bidirezionale secondo la rivendicazione 1, in cui, i primi mezzi di selezione/riflessione di lunghezza d'onda e i secondi mezzi di selezione/riflessione di lunghezza d'onda includono un filtro a pellicola a strati multipli dielettrici.

4. Amplificatore ottico bidirezionale secondo la rivendicazione 1, in cui, i primi mezzi di selezione/riflessione di lunghezza d'onda e i secondi mezzi di selezione/riflessione di lunghezza d'onda includono un reticolo di fibre ottiche.

5. Amplificatore ottico bidirezionale secondo la rivendicazione 1, in cui, i primi mezzi di collegamento in modo ottico e i secondi mezzi di collegamento in modo ottico sono un accoppiatore ottico con un filtro a pellicola a strati multipli di dielettrico.

6. Amplificatore ottico bidirezionale secondo la rivendicazione 1, in



cui, i primi mezzi di collegamento in modo ottico e i secondi mezzi di collegamento in modo ottico sono un accoppiatore ottico a giunzione a fusione di fibre.

7. Amplificatore ottico bidirezionale, comprendente:

un circolatore ottico, includente quattro aperture, aperture dalla prima alla quarta, per emettere luci immesse una dopo l'altra a ciascuna apertura confinante;

una prima sorgente di luce di pompaggio per emettere una prima luce di pompaggio;

una prima fibra di amplificazione ottica per amplificare otticamente la luce di segnale immessa con l'ausilio di una luce di pompaggio;

primi mezzi di collegamento ottico, posizionati tra la prima apertura e la prima fibra di amplificazione ottica, per collegare una luce di segnale propagata attraverso la prima fibra di amplificazione ottica con la prima luce di pompaggio;

primi mezzi di selezione/riflessione di lunghezza d'onda, collegati alla seconda apertura confinante con la prima apertura, per riflettere selettivamente la lunghezza d'onda specifica della prima luce di segnale;

una seconda sorgente di luce di pompaggio per emettere una seconda luce di pompaggio;

una seconda fibra di amplificazione ottica per amplificare otticamente una luce di segnale immessa con l'ausilio di una luce di pompaggio;

secondi mezzi di collegamento ottico, posizionati tra la terza apertura adiacente alla seconda apertura e la seconda fibra di amplificazione ottica, per collegare una luce di segnale propagata attraverso la seconda



fibra di amplificazione ottica con la seconda luce di pompaggio; e

secondi mezzi di selezione/riflessione di lunghezza d'onda, collegati alla quarta apertura adiacente alla terza apertura, per riflettere selettivamente una lunghezza d'onda specifica di una seconda luce di segnale.

8. Amplificatore ottico bidirezionale secondo la rivendicazione 7, in cui la prima fibra di amplificazione ottica e la seconda fibra di amplificazione ottica sono una fibra ottica a cui è aggiunto un elemento delle terre rare.

9. Amplificatore ottico bidirezionale secondo la rivendicazione 7, in cui, i primi mezzi di selezione/riflessione di lunghezza d'onda e i secondi mezzi di selezione/riflessione di lunghezza d'onda includono un filtro a pellicola a strati multipli di dielettrico.

10. Amplificatore ottico bidirezionale secondo la rivendicazione 7, in cui, i primi mezzi di selezione/riflessione di lunghezza d'onda e i secondi mezzi di selezione/riflessione di lunghezza d'onda sono un reticolo di fibre ottiche.

11. Amplificatore ottico bidirezionale secondo la rivendicazione 7, in cui, i primi mezzi di collegamento ottico e i secondi mezzi di collegamento ottico sono un accoppiatore ottico con un filtro a pellicola a strati multipli di dielettrico.

12. Amplificatore ottico bidirezionale secondo la rivendicazione 7, in cui, i primi mezzi di collegamento ottico e i secondi mezzi di collegamento ottico sono un accoppiatore ottico giuntato a fusione.

13. Amplificatore ottico bidirezionale, comprendente:

un circolatore ottico, includente quattro aperture, aperture dalla



prima alla quarta, per emettere luci immesse l'una dopo l'altra a ciascuna apertura adiacente;

una prima sorgente di luce di pompaggio per emettere una prima luce di pompaggio;

una prima fibra di amplificazione ottica, una cui estremità è collegata alla prima apertura, per amplificare otticamente la luce di segnale immessa con l'ausilio della luce di pompaggio;

primi mezzi di collegamento ottico, collegati all'altra estremità della fibra di amplificazione ottica, per collegare la luce di segnale propagata attraverso la prima fibra di amplificazione ottica con la prima luce di pompaggio;

primi mezzi di selezione/riflessione di lunghezza d'onda, collegati alla seconda apertura adiacente alla prima apertura, per riflettere selettivamente una lunghezza d'onda specifica della prima luce di segnale;

una seconda sorgente di luce di pompaggio per emettere una seconda luce di pompaggio;

una seconda fibra di amplificazione ottica, una cui estremità è collegata alla terza apertura adiacente alla seconda apertura, per amplificare otticamente la luce di segnale immessa con l'ausilio di una luce di pompaggio;

secondi mezzi di collegamento ottico, collegati all'altra estremità della seconda fibra di amplificazione ottica, per collegare la luce di segnale propagata attraverso la seconda fibra di amplificazione ottica con la seconda luce di pompaggio; e

secondi mezzi di selezione/riflessione di lunghezza d'onda,



collegati alla quarta apertura adiacente alla terza apertura, per riflettere selettivamente una lunghezza d'onda specifica di una seconda luce di segnale.

14. Amplificatore ottico bidirezionale secondo la rivendicazione 13, in cui, la prima fibra di amplificazione ottica e la seconda fibra di amplificazione ottica sono una fibra ottica a cui è aggiunto un elemento delle terre rare.

15. Amplificatore ottico bidirezionale secondo la rivendicazione 13, in cui, i primi mezzi di selezione/riflessione di lunghezza d'onda e i secondi mezzi di selezione/riflessione di lunghezza d'onda includono un filtro a pellicola a strati multipli di dielettrico.

16. Amplificatore ottico bidirezionale secondo la rivendicazione 13, in cui, i primi mezzi di selezione/riflessione di lunghezza d'onda e i secondi mezzi di selezione/riflessione di lunghezza d'onda sono un reticolo di fibre ottiche.

17. Amplificatore ottico bidirezionale secondo la rivendicazione 13, in cui, i primi mezzi di collegamento ottico e i secondi mezzi di collegamento ottico sono un accoppiatore ottico con un filtro a pellicola a strati multipli di dielettrico.

18. Amplificatore a fibra ottica secondo la rivendicazione 13, in cui, i primi mezzi di collegamento ottico e i secondi mezzi di collegamento ottico sono un accoppiatore ottico giuntato a fusione.

19. Amplificatore ottico bidirezionale, comprendente:

un circolatore ottico, includente quattro aperture, aperture dalla prima alla quarta, per emettere luci inmesse l'una dopo l'altra a ciascuna



apertura adiacente;

una prima fibra di amplificazione ottica, una cui estremità è collegata alla prima apertura, per amplificare otticamente la luce di segnale immessa con l'ausilio di una luce di pompaggio;

una prima sorgente di luce di pompaggio per emettere una prima luce di pompaggio;

primi mezzi di selezione a lunghezza d'onda, posizionati tra la seconda apertura adiacente alla prima apertura e la prima sorgente di luce di pompaggio, per riflettere selettivamente una lunghezza d'onda specifica di una prima luce di segnale, e far passare la prima luce di pompaggio;

una seconda fibra di amplificazione ottica, una cui estremità è collegata alla terza apertura adiacente alla seconda apertura, per amplificare otticamente una luce di segnale immessa con l'ausilio di una luce di pompaggio;

una seconda sorgente di luce di pompaggio per emettere una seconda luce di pompaggio; e

secondi mezzi di selezione di lunghezza d'onda, posizionati tra la quarta apertura adiacente alla terza apertura e la seconda sorgente di luce di pompaggio, per riflettere selettivamente una lunghezza d'onda specifica di una seconda luce di segnale, e far passare la seconda luce di pompaggio.

20. Amplificatore ottico bidirezionale secondo la rivendicazione 19, in cui, la prima fibra di amplificazione ottica e la seconda fibra di amplificazione ottica sono una fibra ottica a cui è aggiunto un elemento di terre rare.

21. Amplificatore ottico bidirezionale secondo la rivendicazione 19, in cui, i primi mezzi di selezione/riflessione di lunghezza d'onda e i secondi mezzi di selezione/riflessione di lunghezza d'onda includono un filtro a pellicola a strati multipli di dielettrico.

22. Amplificatore ottico bidirezionale secondo la rivendicazione 20, in cui, i primi mezzi di selezione di lunghezza d'onda e i secondi mezzi di selezione di lunghezza d'onda sono un reticolo di fibre ottiche.

23. Amplificatore ottico bidirezionale secondo la rivendicazione 21, in cui, i primi mezzi di collegamento ottico e i secondi mezzi di collegamento ottico sono un accoppiatore ottico con un filtro a pellicola a strati multipli di dielettrico.

24. Amplificatore ottico bidirezionale secondo la rivendicazione 22, in cui, i primi mezzi di accoppiamento ottico e i secondi mezzi di accoppiamento ottico sono un accoppiatore ottico giuntato a fusione.

Il mandatario:

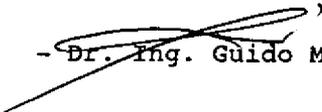
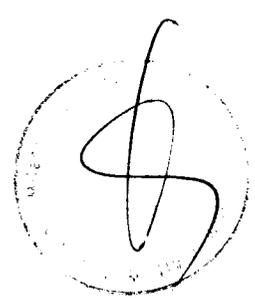
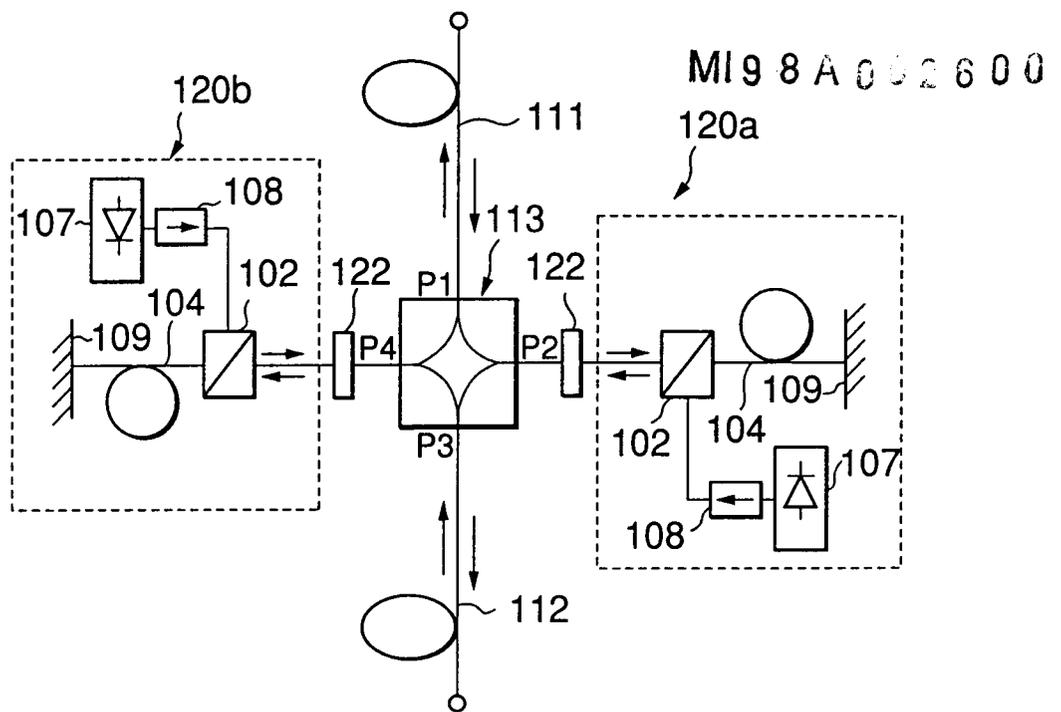
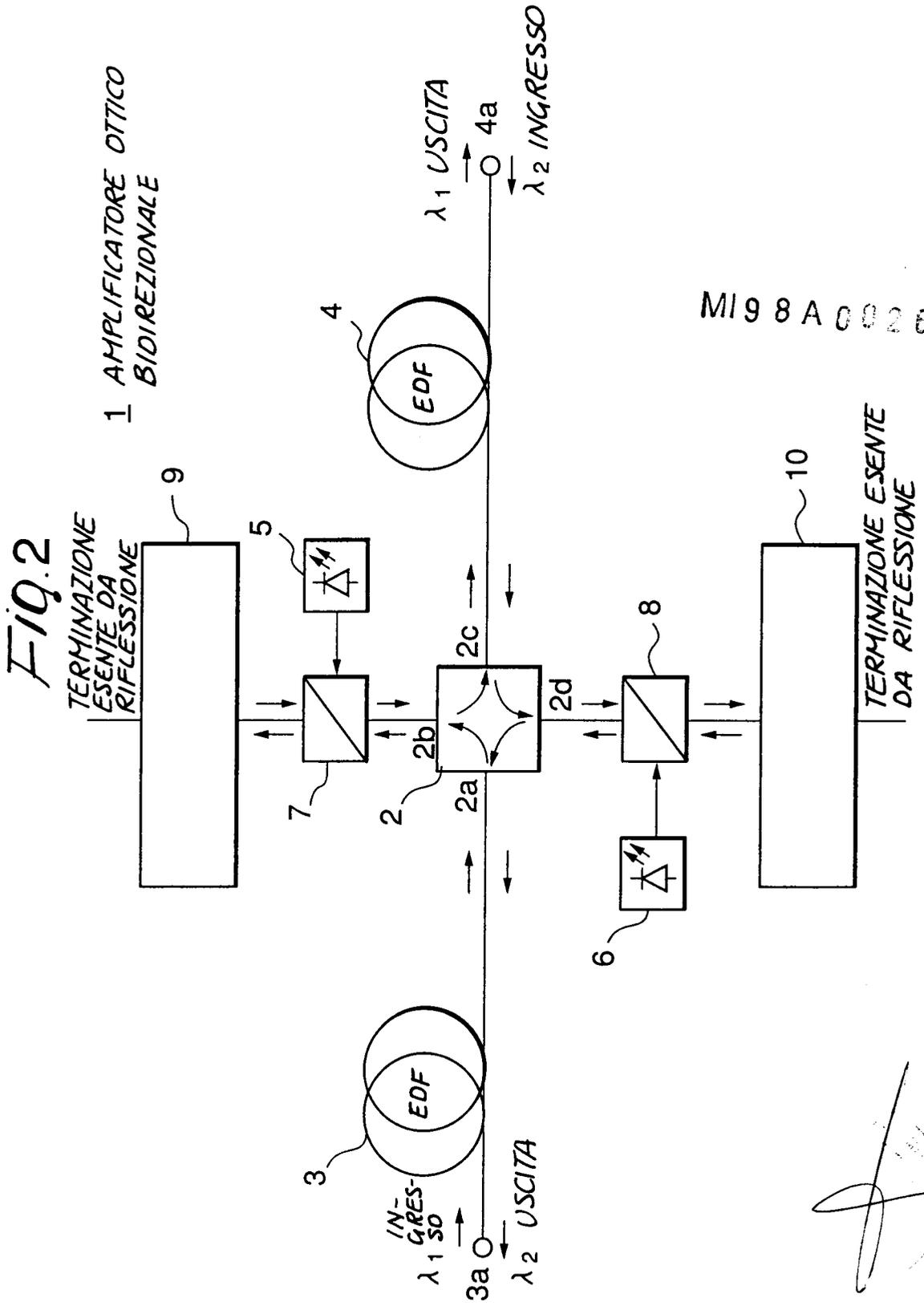

- Dr. Ing. Guido MODIANO -

Fig. 1 TECNICA NOTA

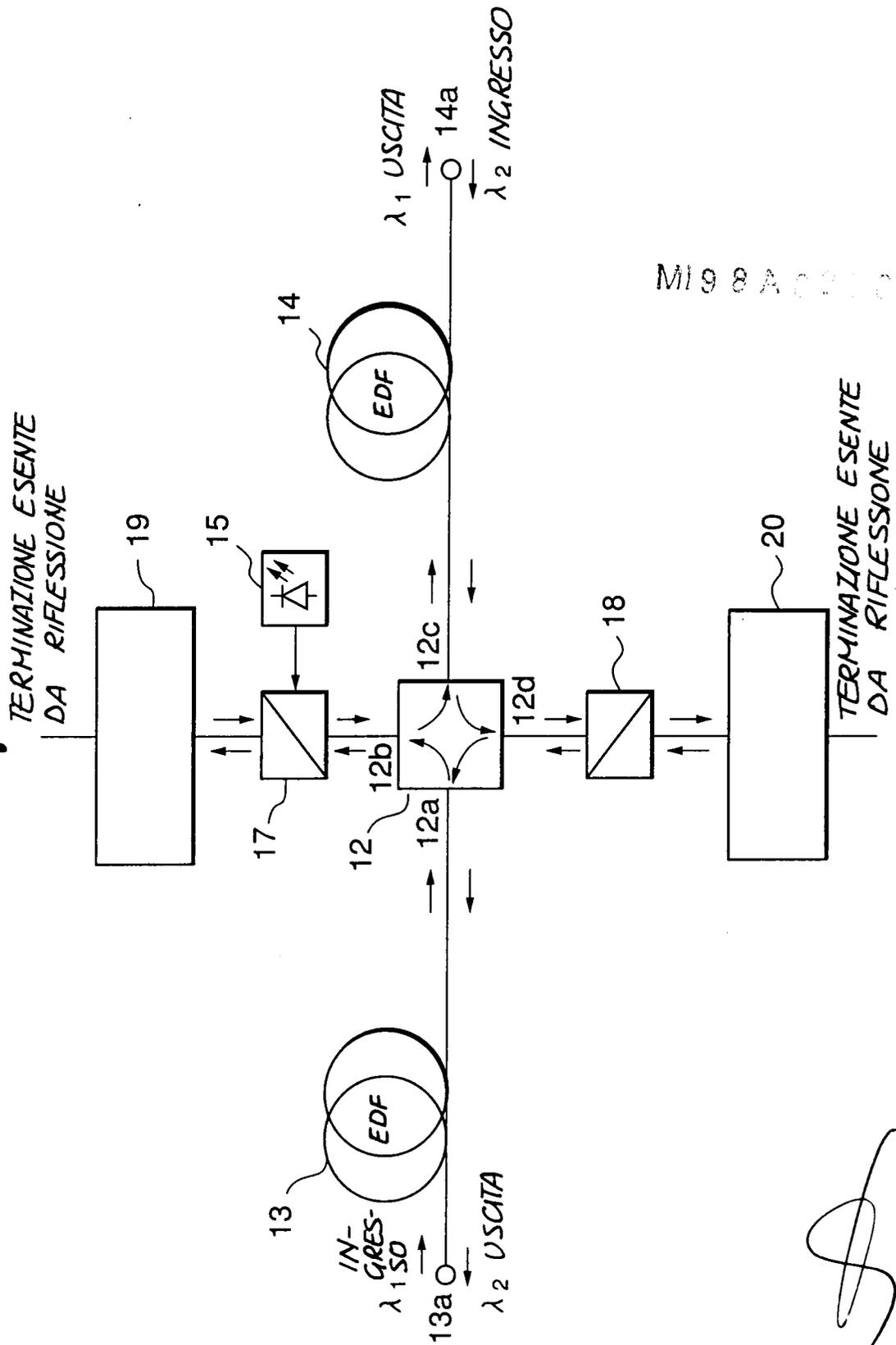


A handwritten signature or scribble located at the bottom right of the page.



MI98A002600

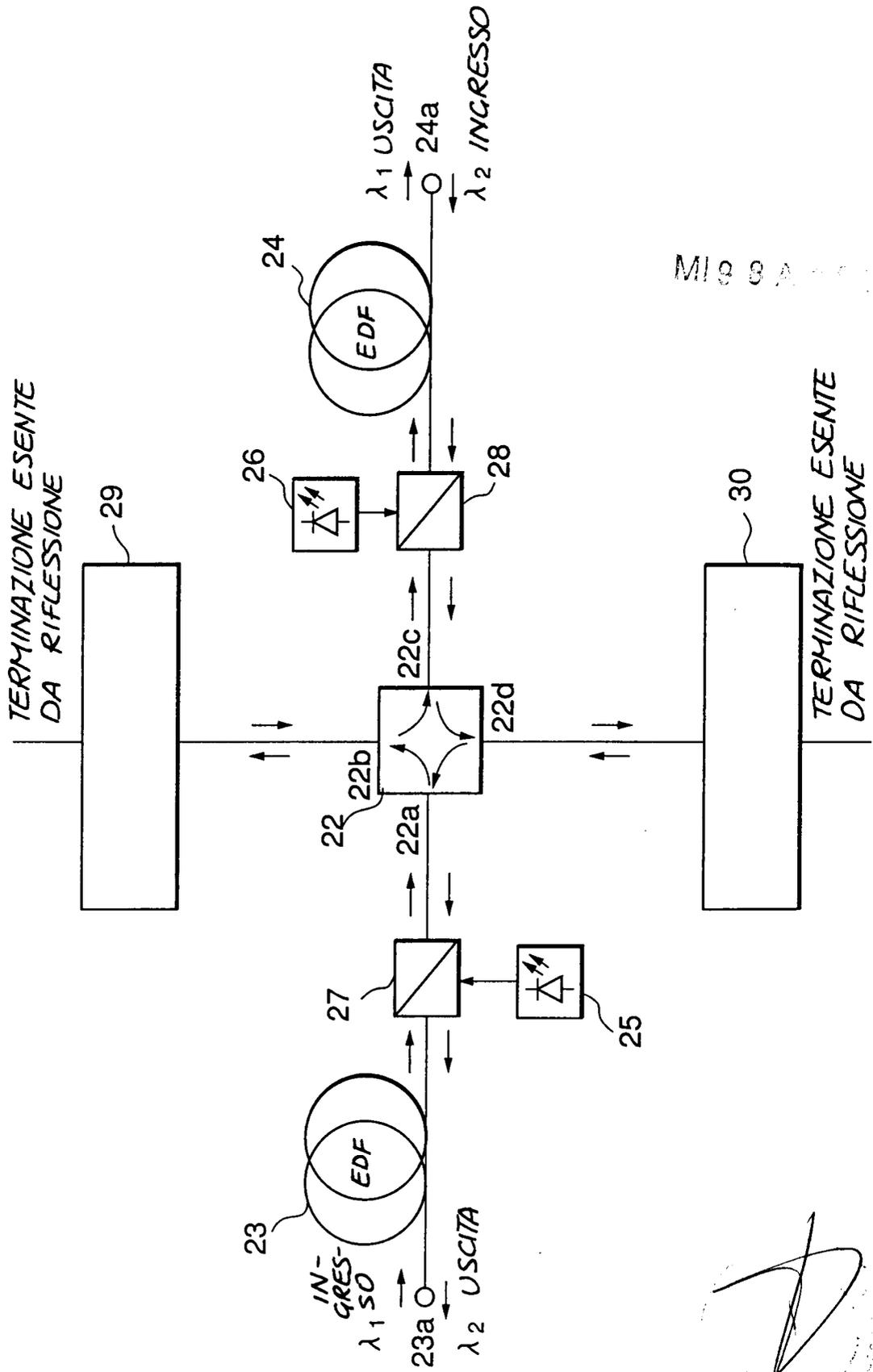
Fig. 3



M198A001000



Fig.4



MI 9 9 A 701 8 00

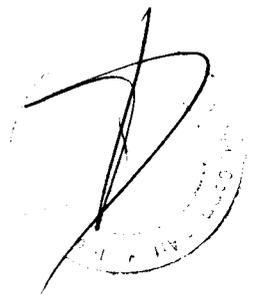
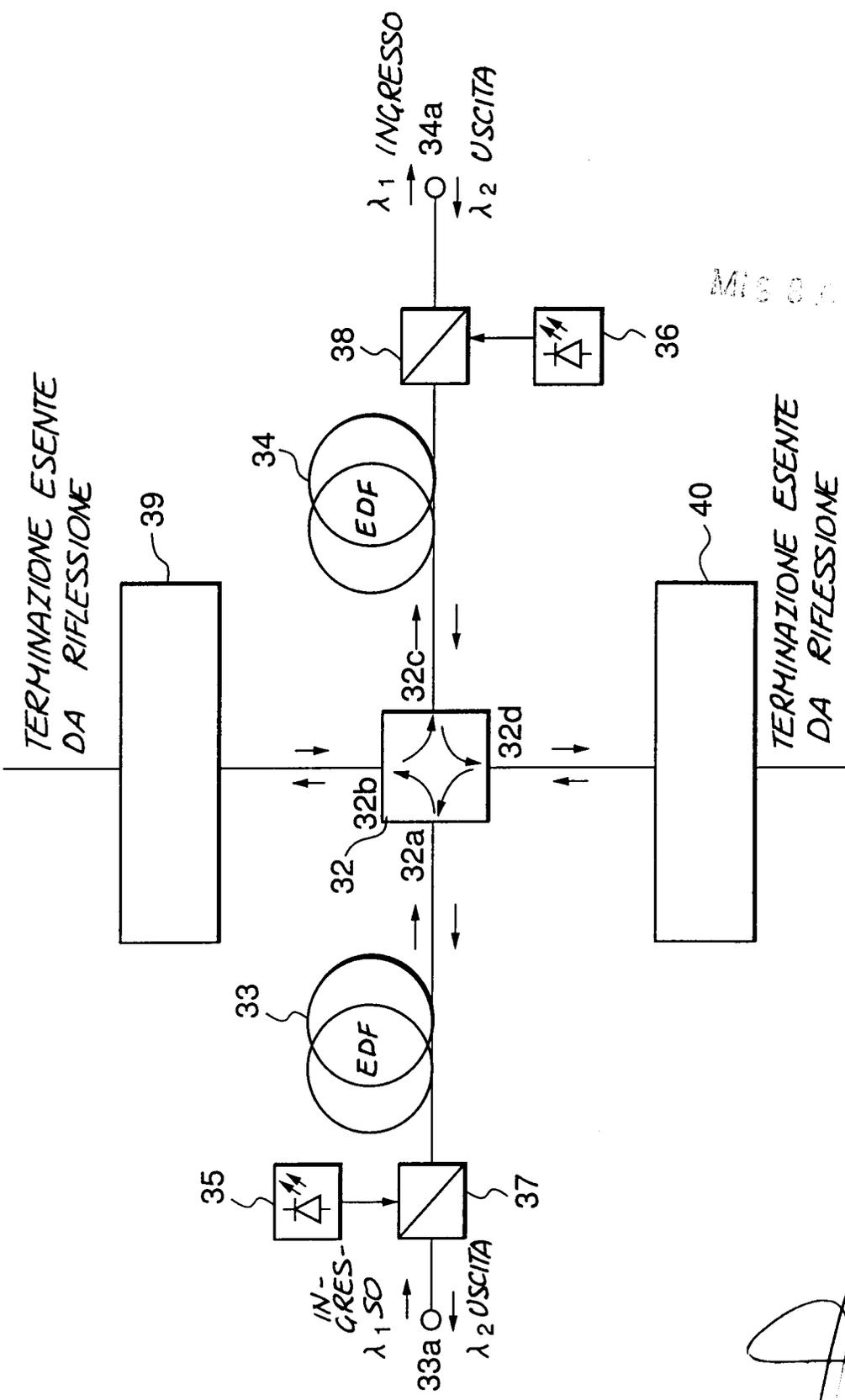
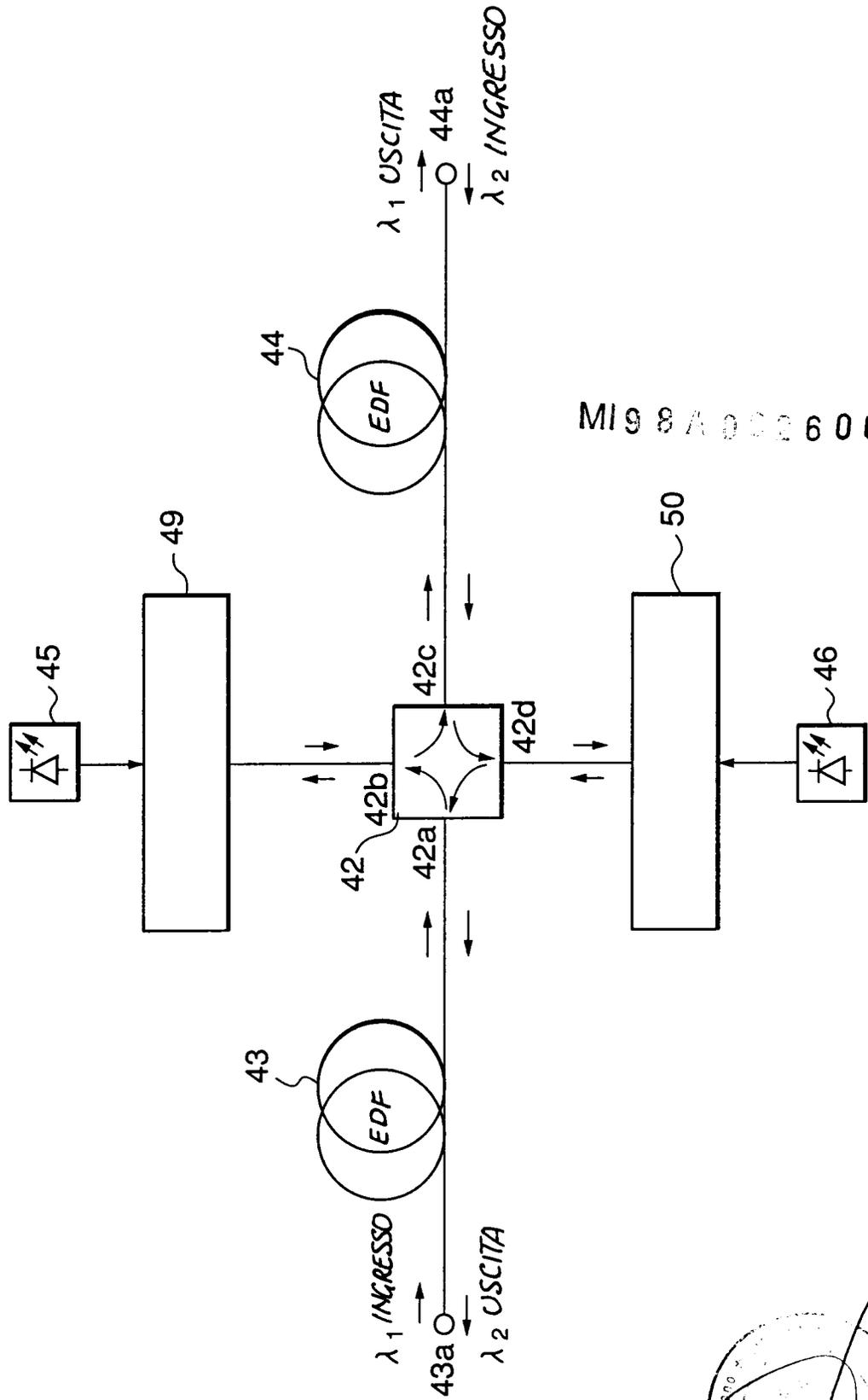


Fig. 5

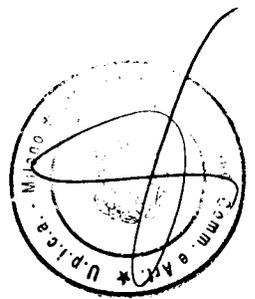


MIS 00002600

FIG. 6



MI 98 A 000600



[Handwritten signature]