

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2004 年 12 月 2 日 (02.12.2004)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2004/105275 A1

(51) 国際特許分類: H04B 10/18, 10/17, G02F 1/35

(21) 国際出願番号: PCT/JP2003/006479

(22) 国際出願日: 2003 年 5 月 23 日 (23.05.2003)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 富士通株式会社 (FUJITSU LIMITED) [JP/JP]; 〒211-8588 神奈川県 川崎市中原区 上小田中 4 丁目 1 番 1 号 Kanagawa (JP).

北区 北七条西四丁目 3 番地 1 富士通東日本デジタル・テクノロジー株式会社内 Hokkaido (JP). 大谷 俊博 (OTANI, Toshihiro) [JP/JP]; 〒060-0807 北海道 札幌市北區 北七条西四丁目 3 番地 1 富士通東日本デジタル・テクノロジー株式会社内 Hokkaido (JP).

(74) 代理人: 笹島 富二雄 (SASAJIMA, Fujio); 〒105-0001 東京都 港区 虎ノ門 1 丁目 1 9 番 5 号 虎ノ門 1 丁目 森ビル Tokyo (JP).

(81) 指定国 (国内): JP, US.

添付公開書類:
— 国際調査報告書

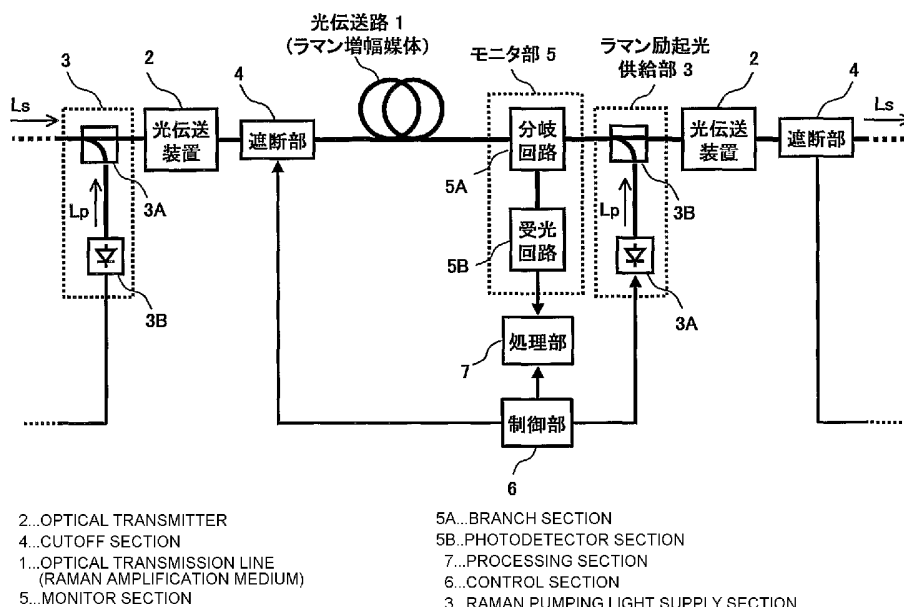
(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 石川 英治 (ISHIKAWA, Eiji) [JP/JP]; 〒060-0807 北海道 札幌市

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(54) Title: OPTICAL TRANSMISSION SYSTEM HAVING FUNCTION OF CORRECTING NOISE LIGHT DUE TO RAMAN AMPLIFICATION

(54) 発明の名称: ラマン増幅による雑音光の補正機能を備えた光伝送システム



(57) Abstract: An optical transmission system wherein a main signal light is amplified by Raman amplification and noise light (ASS light) produced by Raman amplification can be corrected with a simple constitution and with high accuracy. The optical transmission system comprises, in each transmission section, a cutoff section for transmitting/cutting off a main signal light outputted from the optical transmitter disposed on the preceding stage and inputted into a Raman amplification medium disposed on an optical transmission line, a control section for varying the power of the pumping light supplied to the Raman amplification medium and changing the status of the cutoff section depending on the variation of the pumping light power, a monitor section for measuring the power of the pumping light supplied to the Raman amplification medium and the power of the light propagated through the optical transmission line and inputted into an optical

[続葉有]



transmitter disposed on the succeeding stage, and a processing section for separately determining the power of the main signal light and the power of the ASS light on the basis of the results of the measurement by the monitor section and correcting the ASS light.

(57) 要約: 本発明は、ラマン増幅を利用して主信号光を増幅する光伝送システムについて、ラマン増幅により発生する雑音光（ASS光）の補正を簡略な構成により高い精度で実現可能にすることを目的とする。このため本発明の光伝送システムは、各伝送区間について、前段の光伝送装置から出力され光伝送路上のラマン増幅媒体に入力される主信号光を伝達／遮断する遮断部と、ラマン増幅媒体に供給する励起光のパワーを変化させると共に、その励起光パワーの変化に連動させて遮断部の状態を切り替える制御部と、ラマン増幅媒体に供給される励起光パワーおよび光伝送路を伝搬して後段の光伝送装置に入力される光のパワーを測定するモニタ部と、そのモニタ部での測定結果を基に主信号光パワーおよびASS光パワーを切り分けて検出してASS光の補正を行う処理部とを備えて構成される。

明 細 書

ラマン増幅による雑音光の補正機能を備えた光伝送システム

技術分野

本発明は、ラマン増幅を利用して主信号光の増幅を行う光伝送システムに関し、特に、ラマン増幅により発生する雑音光のパワーを測定してその補正を行う機能を備えた光伝送システムに関する。

背景技術

従来の光伝送システムとして、例えば、波長の異なる複数の信号光を合波した波長多重（WDM）信号光を送信端局から光伝送路に送信し、そのWDM信号光を光伝送路上に配置された複数の中継局（光増幅器）で増幅しながら受信端局まで中継伝送するシステムが知られている。このようなシステムについては、例えば、光増幅器への入力光パワーを測定し、その測定結果を基に自局で発生する雑音光のパワーを算出して自動レベル制御（ALC）の出力設定レベルに対する補正を行うことにより、光増幅器の出力光に含まれる1波長あたりの信号光パワーを波長数に拘わらず一定に保つようにして、伝送特性の向上を図る技術が提案されている（例えば、下記の特許文献1参照）。

しかしながら、上記のような従来の技術については次のような課題がある。すなわち、従来の技術では、出力設定レベルに対する補正を実施するにあたり、光増幅器の入力部に設けられたモニタによる測定値、具体的には、光増幅器に入力されるWDM信号光パワーおよび前段の中継局で発生した雑音光パワーの総和に相当する入力光パワーの測定値と、それに対応した光増幅器の諸特性およびWDM信号光の波長数とを基に、自局で発生する雑音光パワーが計算により求められる。この雑音光パワーの計算値は、上記のように入力光パワーの測定値が信号光パワーおよび雑音光パワーの和となるため、前段の中継局における出力設定レベルの補正值を加味して推定により求めざるを得ない。従って、上記のような雑音光パワーの計算値を用いて求められる自局の出力設定レベルの補正值は誤差を含

むことになり、この誤差は中継局数の増加に伴って蓄積されてしまうという課題がある。

また、近年注目されているラマン増幅器を併用してWDM信号光の中継伝送を行うシステムについて上記のような従来の技術を応用した場合、前段の中継局と自局の間に配置されたラマン増幅媒体に供給する励起光に起因して発生する誘導ラマン散乱による雑音光の補正を行う必要がある。なお、以下の説明では誘導ラマン散乱による雑音光のことをA S S (Amplified Stimulated Raman Scattering) 光と呼ぶことにする。このようなA S S 光の補正に関しても、前述した前段の中継器で発生した雑音光の補正の場合と同様に、その発生状態をWDM信号光と切り分けて測定することが難しいため、予め決められた係数等を用いて計算によりA S S 光パワーを推定することになる。このため、演算処理が繁雑になると同時に誤差要因にもなってしまうという問題点がある。

ところで、光増幅器の雑音特性を測定する公知の技術として、例えば、光増幅器に入力される信号光に所要のパルス変調をかけると共に、光増幅器の出力側に光遮断手段を設け、入力光レベルに同期して光遮断手段を動作させながら出力光を受光して雑音特性を測定したり、あるいは、光増幅器の出力側に光カプラを設けて出力光を2つに分岐し、互いに相関がなくなるまで一方の出力光を遅延等して局発光とし、デュアルバランス型光受信機を用いてヘテロダイン検波を行うことで雑音特性を測定したりする技術が提案されている（例えば、下記の特許文献2参照）。

この公知の技術を応用して前述したような雑音光の補正を行った場合、光増幅器の出力側に光遮断手段等を配置することで自局において局所的に発生する雑音光のパワーを実測することは可能になるものの、自局よりも上流側で発生する雑音光、具体的には、前述したような前段の中継局との間の光伝送路上で分布的に発生するA S S 光などのパワーを測定することはできないため、雑音光の補正を高い精度で実現することは困難である。また、光増幅器への入力光に所要の変調をかけて光遮断手段と同期させたり、あるいは、デュアルバランス型光受信機を使用したりして雑音光の測定が行われることになるため、複雑な構成および複雑な処理が必要になるという欠点もある。

本発明は上記の点に着目してなされたもので、ラマン増幅を利用して主信号光を増幅する光伝送システムについて、ラマン増幅により発生する雑音光の補正を簡略な構成により高い精度で実現可能にすることを目的とする。

特許文献 1

特開 2 0 0 0 - 2 3 2 4 3 3 号公報

特許文献 2

特開平 5 - 2 5 7 1 7 7 号公報

発明の開示

上記の目的を達成するため、本発明のラマン増幅による雑音光の補正機能を備えた光伝送システムは、信号光が伝搬する光伝送路と、該光伝送路上に配置された複数の光伝送装置と、該複数の光伝送装置の入力側にそれぞれ接続する光伝送路上のラマン増幅媒体に励起光を供給する複数のラマン励起光供給部と、を備えた光伝送システムにおいて、各光伝送装置に対応した伝送区間ごとに、遮断部、制御部、モニタ部および処理部をそれぞれ備えて構成される。遮断部は、前段の光伝送装置から出力されラマン増幅媒体に入力される主信号光を遮断することが可能である。制御部は、システム起動時に、ラマン励起光供給部を制御して、ラマン増幅媒体に供給される励起光のパワーを変化させると共に、該励起光パワーの変化に連動させて遮断部を制御して、主信号光がラマン増幅媒体を伝搬する接続状態と、主信号光がラマン増幅媒体を伝搬しない分断状態との切り替えを行う。モニタ部は、ラマン励起光供給部からラマン増幅媒体に供給される励起光のパワーおよび光伝送路を伝搬して後段の光伝送装置に送られる光のパワーをそれぞれ測定する。処理部は、制御部による遮断部の制御状態およびモニタ部の測定結果に基づいて、ラマン励起光に起因して発生する雑音光のパワーと、後段の光伝送装置に入力される主信号光のパワーとを切り分けて検出して雑音光の補正を行う。

かかる構成の光伝送システムでは、光伝送路上のラマン増幅媒体に供給される励起光のパワーの変化に連動して遮断部の状態が制御されることにより、主信号光がラマン増幅媒体を伝搬する接続状態では、主信号光および A S S 光の総パワーが測定され、主信号光がラマン増幅媒体を伝搬しない分断状態では、A S S 光

のみのパワーが測定され、これらの測定結果を用いることにより後段の光伝送装置に入力される主信号光のパワーとA S S光のパワーとを切り分けて検出できるようになる。これにより、従来と比べて簡略な構成によりA S S光の補正を高い精度で行うことが可能になる。

なお、本発明の他の目的、特徴および利点に関しては、添付図面に関連する実施の形態についての以下の説明で明白になるであろう。

図面の簡単な説明

図1は、本発明に係る光伝送システムの基本的な構成を示すブロック図である。

図2は、本発明の光伝送システムにおいて起動時に取得されるデータの一例を示す図である。

図3は、図2のデータ取得時におけるラマン励起光のパワー変化の一例を示す図である。

図4は、図2のデータ取得時におけるラマン励起光のパワー変化の他の一例を示す図である。

図5は、本発明の第1の実施例による光伝送システムの構成を示すブロック図である

図6は、上記第1の実施例に関連した他の構成の一例を示す図である。

図7は、本発明の第2の実施例による光伝送システムの構成を示すブロック図である

図8は、上記第2の実施例におけるデータ取得処理を説明するためのタイムチャートである。

図9は、上記第2の実施例におけるラマン励起光パワーの変化とデータ取得タイミングとの関係を説明するための図である。

図10は、本発明の第3の実施例による光伝送システムの構成を示すブロック図である

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明のラマン増幅による雑音光の補正機能を備えた光伝送システムに

関する実施の形態について添付図面を参照しながら説明する。なお、全図を通して同一の符号は同一または相当部分を示すものとする。

図1は、本発明に係る光伝送システムの基本的な構成を示すブロック図である。

図1において、本光伝送システムは、例えば、主信号光 L_s が伝搬する光伝送路1上に複数の光伝送装置2を配置し、各光伝送装置2の入力側にそれぞれ接続する光伝送路1上にラマン励起光供給部3からの励起光 L_p を供給して主信号光 L_s をラマン増幅しながら伝送するシステムについて、各光伝送装置2に対応した伝送区間ごとに、遮断部4、モニタ部5、制御部6および処理部7をそれぞれ設けたものである。以下、上記の各構成について詳しく説明する。

光伝送路1は、図示しない送信端局および受信端局の間を光ファイバ等の一般的な光伝送媒体を用いて互いに接続するものである。この光伝送路1上には、複数の中継局が所要の間隔で配置されていて、送信端局から光伝送路1に送信された主信号光 L_s が各中継局を介して受信端局まで中継伝送される。主信号光 L_s は、単一波長の信号光または波長の異なる複数の信号光を合波したWDM信号光のいずれであってもよい。

各光伝送装置2は、上記の送信端局、受信端局または中継局に使用される一般的な光伝送装置である。この光伝送装置2は、希土類ドープファイバ増幅器や半導体増幅器などの公知の光増幅器を利用して、入力される主信号光 L_s を局所的に増幅する機能を備えていてもよい。ただし、光伝送装置2が主信号光 L_s の増幅機能を備えていない場合であっても本発明は有効である。

ラマン励起光供給部3は、例えば、ラマン励起光源3AおよびWDMカプラ3Bを備える。ラマン励起光源3Aは、主信号光 L_s の波長帯域に応じて設定した波長を持つ励起光 L_p を発生する。このラマン励起光源3Aから出力される励起光 L_p のパワーは、制御部6からの制御信号に従って制御される。WDMカプラ3Bは、例えば、光伝送装置2の入力ポートに接続される光伝送路1の信号光出力端近傍に設けられ、ラマン励起光源3Aから出力される励起光 L_p を光伝送路1上に、主信号光 L_s の伝搬方向とは逆方向に供給すると共に、光伝送路1を伝搬した主信号光 L_s を後段の光伝送装置2に伝える。ここでは、各光伝送装置2の間を接続する光伝送路1がラマン増幅媒体となり、光伝送路1を伝搬する主信

号光 L_s が分布的にラマン増幅される。

なお、ここでは分布型のラマン増幅を適用したシステムについて説明するが、本発明はこれに限定されるものではなく、集中型のラマン増幅を適用したシステム、すなわち、一般的な光伝送媒体に比べて非線形効果が発生し易いラマン増幅媒体を光伝送路1上に別途配置し、そのラマン増幅媒体内で主信号光 L_s を集中的にラマン増幅するようなシステムであってもよい。また、ここでは1つのラマン励起光源3Aから出力される励起光 L_p をWDMカプラ3Bを介して光伝送路1上に供給する構成について説明するが、例えば、複数のラマン励起光源を使用し、各々から出力される各励起光を1つに合波した後にWDMカプラ3Bを介して光伝送路1上に供給するようにしてもよい。この場合、各ラマン励起光源から出力される光パワーは、予め設定した分配比を保った状態で制御部6からの制御信号に従って制御されるものとする。

遮断部4は、前段の光伝送装置2の出力ポートと、後段の光伝送装置2の入力側に設けられたラマン励起光供給部3からの励起光 L_p の供給を受けるラマン増幅媒体（ここでは光伝送路1全体）の信号光入力端との間に配置され、前段の光伝送装置2から出力されラマン増幅媒体に入力される主信号光 L_s を、制御部6からの制御信号に従って遮断するものである。この遮断部4は、具体的には、1つの入力および2つの出力を有する光スイッチや光シャッターなどを使用することが可能である。

モニタ部5は、例えば、分岐回路5Aおよび受光回路5Bを有する。分岐回路5Aは、ラマン励起光供給部3から光伝送路1上に供給された励起光 L_p の一部を分岐して受光回路5Bに伝えると共に、光伝送路1を主信号光 L_s と同方向に伝搬した光の一部を分岐して受光回路5Bに伝える機能を備える。受光回路5Bは、分岐回路5Aで分岐された光を受光してそのパワーを測定し、光伝送路1に供給されるラマン励起光 L_p のパワーおよび光伝送路1を伝搬した光のパワーをそれぞれ検出し、その結果を示す信号を処理部7に出力する。

制御部6は、後述するような所要の制御シーケンスに従ってラマン励起光源3Aの動作を制御し、光伝送路1に供給される励起光 L_p のパワーを変化させると共に、上記の制御シーケンスに従って遮断部4の状態を制御し、前段の光伝送装

置 2 から光伝送路 1 への主信号光 L_s の伝達／遮断の切り替えを行う。

処理部 7 は、モニタ部 5 からの出力信号および制御部 6 による遮断部 4 の制御状態を示す信号に基づいて、A S S 光のパワーと、後段の光伝送装置 2 に入力される主信号光 L_s のパワーとを分離して検出し、該検出結果に応じて A S S 光の補正を行って、励起光パワーに対する主信号光パワーの関係を求める。

次に、上記のような基本的な構成を備えた光伝送システムの動作について説明する。

上記の光伝送システムでは、その起動時において、主信号光 L_s の伝送特性に関する所要のデータを取得するために、各光伝送装置 2 に対応した伝送区間ごとに、光伝送路 1 上に供給される励起光 L_p のパワーを予め設定した範囲内に亘って変化させ、かつ、前段の光伝送装置 2 から光伝送路 1 への主信号光 L_s の伝達／遮断の状態を切り替えながら、光伝送路 1 を伝搬した光のパワーが測定される。この測定により、後で詳しく説明するように、ラマン励起光パワーに対する A S S 光を含んだ主信号光パワーの関係と、ラマン励起光パワーに対する A S S 光パワーのみの関係とがそれぞれ取得され、これらの関係を用いて A S S 光の補正を行うことで、ラマン励起光パワーに対する主信号光パワーの関係を求めることができるようになる。

システム起動時に各々の伝送区間で実行される処理の具体的な 1 つの手順としては、まず、前段の光伝送装置 2 から出力される主信号光 L_s が光伝送路 1 に伝達されるように遮断部 4 の状態を制御しておき（以下、この状態を「伝送路接続状態」と呼ぶ）、ラマン励起光源 3 A の駆動状態を制御して励起光 L_p のパワーを所要の範囲の最小値から最大値まで連続的に変化させ、光伝送路 1 上に実際に供給されている励起光 L_p のパワーと、その励起光供給時に光伝送路 1 を伝搬した光のパワーとがモニタ部 5 で逐次測定される。これにより、例えば図 2 (A) に示すように、励起光 L_p のパワーの最小値から最大値に亘る変化に対して、前段の光伝送装置 2 から出力され光伝送路 1 を伝搬してラマン増幅された主信号光 L_s に、励起光 L_p により発生した A S S 光を加えた光のトータルパワーがどのように変化するか関係 (i) が取得される。

次に、前段の光伝送装置 2 から光伝送路 1 への主信号光 L_s の伝達が遮断され

るように遮断部4の状態を切り替え（以下、この状態を「伝送路分断状態」と呼ぶ）、上記の場合と同様の測定を繰り返す。この伝送路分断状態では、光伝送路1に対する主信号光 L_s の入力はないが、ラマン励起光供給部3から供給される励起光 L_p により光伝送路1中で発生したASS光は主信号光 L_s の有無に関係なく同じ量だけモニタ部5に入力されることになる。これにより、図2（B）に示すように、励起光 L_p のパワーの最小値から最大値に亘る変化に対して、励起光 L_p により発生したASS光のみのパワーがどのように変化するかの関係（ii）が取得される。

上記のようにして（i）および（ii）の関係が取得されると、互いに等しい励起光 L_p パワーに対応したデータについて、伝送路接続状態で取得した光パワーから伝送路分断状態で取得した光パワーを減算する処理、すなわち、図2（C）に示すように（i）－（ii）の関係を求める演算処理が処理部7で実行される。これにより、ASS光の補正が行われ、ラマン励起光パワーに対する主信号光 L_s のみのパワーの関係が求められる。

なお、上記のようなシステム起動時に実行される処理の手順では、伝送路接続状態と伝送路分断状態の双方で、ラマン励起光パワーを所要の範囲の最小値から最大値に亘って変化させる必要がある。一方、データ取得処理の他の手順として、例えば図3に示すように、ラマン励起光パワーを最小値から最大値まで連続的に変化させる過程において、伝送路接続状態（図3中の時間 T_1 ）および伝送路分断状態（図3中の時間 T_2 ）の切り替えが所要の周期 ΔT （ $=T_2-T_1$ ）で繰り返されるように遮断部4を制御し、遮断部4の各状態に対応させて光パワーの測定を繰り返し行うようにしてもよい。これにより、ラマン励起光パワーを最小値から最大値に亘って1回変化させるだけでも、前述の図2（A）～（C）に示した場合と同様な各関係を得ることが可能になる。

ただし、上記のような他の手順については、ラマン励起光パワーを変化させる速度によって、ASS光の補正の精度が変化する点に注意を要する。すなわち、ラマン励起光パワーを変化させる速度が十分に遅い場合、 ΔT の1周期におけるラマン励起光パワーの差は小さく、その差によるASS光パワーの変化は無視できるレベルとなる。このため、ラマン励起光パワーに対応したASS光および主

信号光 L_s の各パワーを比較的高い精度で求めることが可能である。しかし、ラマン励起光パワーを変化させる速度が速くなるにつれて、1周期におけるラマン励起光パワーの差による ASS 光パワーの変化が大きくなるため、その影響を無視できなくなる場合がある。このような場合には、例えば図4に示すように、ラマン励起光パワーがステップ状に変化するようにラマン励起光源3Aを制御して、ラマン励起光パワーが一定に保たれている間に、伝送路接続状態および伝送路分断状態の切り替えを行い、各々の状態における光パワーの測定を行うようにするのが望ましい。これにより、ラマン励起光パワーに対応した ASS 光および WDM 信号光 L_s の各パワーを十分に高い精度で求めることが可能になる。

上記のようにしてシステムの起動時に取得したラマン励起光パワーに対する各関係を利用することにより、例えば、ラマン励起光パワーに対応した光信号対雑音比 (Optical Signal to Noise Ratio: $OSNR$) を求めることができるため (図2 (C) の S/N を参照)、各伝送区間について、 $OSNR$ を最適にするラマン励起光パワーの設定値を決定することが可能になる。このラマン励起光パワーの設定値は、上述した従来技術のように計算により雑音光パワーを推定してその補正を行ったものではなく、雑音光パワーを実際に測定してその補正を行ったものであるため、高い精度が得られる。また、本光伝送システムにおける ASS 光の補正は、各々の伝送区間ごとに行われ、他の伝送区間における補正の状態とは無関係になるため、伝送区間数が増大しても誤差が蓄積されることはない。

次に、上記のような本発明の基本的な構成を適用した光伝送システムの具体的な実施例について説明する。

図5は、第1の実施例による光伝送システムの構成を示すブロック図である。

図5に示す光伝送システムにおいて、光伝送路1上に配置された光増幅器20は、前述の図1に示した光伝送装置2の具体例であり、光伝送路1を伝搬して入力される主信号光 L_s をその内部で局所的に所要のレベルまで増幅して出力する。この光増幅器20は、ここでは出力光のレベルを一定に制御する自動レベル制御 (ALC) が行われているものとする。

光スイッチ40、無反射終端器41および光スイッチ制御回路 (SWC) 42は、前述の図1に示した遮断部4を構成するものである。光スイッチ40は、1

つの入力ポートが光増幅器 20 の出力端子に接続され、2つの出力ポートのうちの一方が光伝送路 1 の信号光入力端に接続され、他方が無反射終端器 41 に接続されている。この光スイッチ 40 は、光スイッチ制御回路 42 から出力される信号に従って入出力ポートの接続状態が切り替えられる。入力ポートと光伝送路 1 に繋がる出力ポートとの間が接続されると前述した伝送路接続状態となり、入力ポートと無反射終端器 41 に繋がる出力ポートとの間が接続されると前述した伝送路分断状態となる。光スイッチ制御回路 42 は、後述する CPU 60 から伝えられる制御情報に応じて光スイッチ 40 を制御するための信号を生成する。

光カプラ 50 および受光素子 51, 52 は、前述の図 1 に示したモニタ部 5 の分岐回路 5A および受光回路 5B にそれぞれ対応するものである。光カプラ 50 は、4つのポート P1~P4 を有し、ラマン励起光源 3A から WDM カプラ 3B を介して光伝送路 1 上に供給されポート P4 に入力する励起光 L_p の一部をポート P2 に分岐し、それをモニタ光 L_{mp} として受光素子 51 に出力すると共に、光伝送路 1 を主信号光 L_s と同じ方向に伝搬しポート P1 に入力する光の一部をポート P3 に分岐し、それをモニタ光 L_{ms} として受光素子 52 に出力する。受光素子 51, 52 は、光カプラ 50 で分岐されたモニタ光 L_{mp} , L_{ms} をそれぞれ受光し、各々の光パワーに応じた電気信号を出力する。

CPU 60 およびメモリ (MEM) 61 は、前述の図 1 に示した制御部 6 および処理部 7 の具体的な構成例であり、CPU 60 には受光素子 51, 52 からそれぞれ出力される電気信号が入力される。CPU 60 は、受光素子 51, 52 からの出力信号を基に、光伝送路 1 に供給される励起光 L_p のパワーおよび光伝送路 1 を伝搬した光のパワーをそれぞれ判断して、前述したような ASS 光の補正のための演算処理を実行する。この CPU 60 で処理されたデータはメモリ 61 に蓄積される。また、CPU 60 は、励起光 L_p のパワーおよび光スイッチ 40 の状態を制御するための信号を生成し、各制御信号をラマン励起光源 3A および光スイッチ制御回路 42 にそれぞれ出力する。

上記のような構成の光伝送システムでは、前述した場合と同様にして、システム起動時に、主信号光 L_s の伝送特性に関する所要のデータが各々の伝送区間ごとに取得される。ここでは、例えば波長の異なる複数の信号光を合波した WDM

信号光が主信号光 L_s として光増幅器20に入力されると、その主信号光 L_s は、A/LC動作する光増幅器20で一定の出力レベルまで増幅されて光伝送路1に出力される。このような状態で、前述したデータ取得のための具体的な手順のいずれかに従い、ラマン励起光源3Aの出力パワーおよび光スイッチ40の接続状態がそれぞれ制御され、光伝送路1に供給される励起光 L_p のパワーが受光素子51で測定されると共に、光伝送路1を伝搬した光のパワーが受光素子52で測定される。そして、各受光素子51、52でのモニタ結果がCPU60で演算処理されることにより、前述の図2(A)～(C)に示したようなラマン励起光パワーに対する各データが取得され、その結果がメモリ61に格納される。

そして、上記のようにしてシステムの起動時に取得および格納したデータを利用して、ラマン励起光パワーに対応したOSNRが求められ、OSNRを最適にするラマン励起光パワーの設定値が各々の伝送区間ごとに決定される。この最適化されたラマン励起光パワーの設定値は、光伝送路1を伝搬してラマン増幅された主信号光 L_s のレベルが、当該伝送区間の光増幅器20（隣り合う光増幅器のうちの後段（受信）側に位置する光増幅器）の入力ダイナミックレンジ内であることが確認された後に、実際の運用時におけるラマン励起光パワーの設定値として適用される。なお、OSNRを最適にするラマン励起光パワーが光増幅器20の入力ダイナミックレンジ外となってしまう場合には、その入力ダイナミックレンジ内でOSNRが最も良くなるときのラマン励起光パワーが、運用時の設定値として適用される。

上記のように第1の実施例の光伝送システムによれば、従来、主信号光 L_s と切り分けて測定することが難しかったASS光を簡略な構成によって容易に測定することができ、ASS光の補正を高い精度で行うことが可能である。また、システム起動時に取得したデータをメモリ61に格納するようにしたことで、例えば運用開始後の波長増減設時においても、新たにデータを取得することなく、メモリ61に格納されたデータに基づいて波長増減設に対応した最適な設定値を求めることができるため、システム運用上非常に有効である。

なお、上記第1の実施例では、4つのポートを有する光カプラ50を利用してモニタ部5を構成する一例を示したが、例えば図6に示すように、光伝送路1に

供給される励起光 L_p の一部を分岐するための光カプラ50Aと、光伝送路1を伝搬した光の一部を分岐するための光カプラ50Bとを個別に設けるようにしてもよい。この場合、ASS光の補正の精度を向上させるためには、各光カプラ50A、50Bをできるだけ近づけて配置することが望ましい。

次に、第2の実施例による光伝送システムについて説明する。

図7は、第2の実施例による光伝送システムの構成を示すブロック図である。

図7に示す光伝送システムは、上記の図5に示した第1の実施例の構成について、CPU60から光スイッチ制御回路42に制御信号を伝達する手段として、対向回線を伝送される監視制御用信号（Optical Supervisory Channel：OSC）を使用するようにしたものである。図7の上段に示す一方の回線（上り回線）側の構成は、第1の実施例の場合の構成と基本的に同様であり、その相違点は、光スイッチ40を制御するためにCPU60から出力される制御情報が、図7の下段に示す他方の回線（下り回線）側のOSC送信回路（OSCE/O）70に送られると共に、下り回線側のOSC受信回路73から上り回線側の光スイッチ制御回路42に上記の制御情報が伝達されるようにした点である。

下り回線側では、図7で右側に位置する前段の光増幅器20'から出力される主信号光 L_s' が、ラマン励起光源3A'およびWDMカプラ3B'により励起光 L_p' の供給された光伝送路1'を伝搬してラマン増幅されながら、図7で左側に位置する後段の光増幅器20'に伝送される。また、OSC送信回路70から出力されるOSC信号がWDMカプラ71を介して光伝送路1'に送られ、主信号光 L_s' の伝搬方向と同じ方向に光伝送路1を伝搬して、後段の光増幅器20'の入力端近傍に設けられたWDMカプラ72によりOSC信号が分波されてOSC受信回路73に送られる。

上記のOSC信号は、従来の光伝送システムにおいて中継ノード間で監視制御情報を伝達するために利用されている一般的な光信号であって、ここでは、その一般的なOSC信号に対して、上り回線側の光スイッチ40を切り替えるための制御情報が付加される。

なお、図7の構成では、図示しないが上り回線側についてもOSC信号を送受信するための一般的な構成を備えているものとする。また、下り回線側について、

遮断部、モニタ部および制御部に相当する構成を特に設けていないが、上り回線側と同様にしてこれらの構成を設けるようにしてもよい。この場合、上り回線側のOSC信号を利用して下り回線側の制御情報が伝達されることになる。

次に、上記のような光伝送システムにおける起動時のデータ取得処理について、図8および図9のタイムチャートを参照しながら説明する。ここでは例えば前述の図4に示したように、励起光 L_p のパワーがステップ状に変化するようにラマン励起光源3Aを制御する場合について考え、具体的に、ラマン励起光源3Aの出力パワーの可変範囲を0mW～1000mWとし、1秒間に5回ずつ4mWのステップで(4mW/200ms)出力パワーを増加させてデータを取得するものとする。このような設定ではすべてのデータを取得するのに約50秒を要することになる。

まず、ラマン励起光源3Aの出力パワーを初期値で安定させるための制御信号が、CPU60からラマン励起光源3Aに出力される(図7および図8の(1)参照)。また、これと同時に光スイッチ40を伝送路接続状態にするための制御情報がCPU60から下り回線側のOSC送信回路70に伝えられる(図7および図8の(2)参照)。CPU60からの制御情報を受けたOSC送信回路70では、その制御情報を載せたOSC信号が生成されWDMカプラ71を介して光伝送路1'上に送信される。そして、光伝送路1'を伝搬したOSC信号はWDMカプラ72で取り出されOSC受信回路73で受信処理されて、上記の制御情報が抽出される(図7および図8の(3)参照)。このOSC受信回路73で抽出された制御情報は、上り回線側の光スイッチ制御回路42に伝えられ、光スイッチ40を伝送路接続状態にするための制御信号が光スイッチ制御回路42から出力される(図7および図8の(4)参照)。光スイッチ40が伝送路接続状態で安定すると、それを知らせる情報が例えば上り回線側のOSC信号を利用してCPU60に伝えられる。

CPU60では、光スイッチ40の安定が確認されると共に、ラマン励起光源3Aの出力安定が判断されると、受光素子51からの出力信号を基に励起光パワーの検出が行われ、続いて、受光素子52からの出力信号を基に光伝送路1を伝搬した光(主信号光+ASS光)のパワーが検出されて、各々の検出結果がメモ

り61に記憶される（図7および図8の（5）～（7）参照）。

処理開始から100msが経過すると、光スイッチ40を伝送路分断状態にするための制御情報が、CPU60から下り回線側のOSC送信回路70に伝えられ、下り回線のOSC信号に載せられて光スイッチ制御回路42まで伝えられる。そして、上記の場合と同様にして伝送路分断状態における励起光パワーおよびASS光パワーの検出が行われて、各々の検出結果がメモリ61に記憶される（図8の中央部分参照）。

このようにして同一の励起光パワーにおける伝送路接続／分断状態の各データが取得され、処理開始から200msが経過すると、ラマン励起光源3Aの出力パワーを4mWに増加させるための制御信号がCPU60からラマン励起光源3Aに出力されて、上記の場合と同様の処理が順次繰り返される。図9は、ラマン励起光源3Aの出力パワーを0mW～1000mWで変化させた場合の一連の処理の流れを模式的にまとめたものである。

上記のように第2の実施例の光伝送システムによれば、対向回線のOSC信号を利用して光スイッチ40の切り替え制御を行うようにしたことで、離れた場所に設置されるCPU60と光スイッチ制御回路42との間における制御情報の伝達を容易に実現することが可能になる。

次に、第3の実施例による光伝送システムについて説明する。

図10は、第3の実施例による光伝送システムの構成を示すブロック図である。

図10に示す光伝送システムは、上記の図5に示した第1の実施例の構成について、前段の光増幅器20から光伝送路1に送出する主信号光Lsのパワーに関する情報を、自回線のOSC信号に載せて後段側に伝送することにより、ASS光の補正を行ったラマン利得についてのデータを取得できるようにした応用例である。

具体的には、前段の光増幅器20から出力される主信号光Lsのパワー（主信号光LsがWDM信号光の場合には各波長の信号光のトータルパワー）に関する情報が、前段の光増幅器20からOSC送信回路80に伝えられる。OSC送信回路80は、従来の光伝送システムにおいて一般的に使用されているOSC信号に、上記前段の光増幅器20から出力される主信号光Lsのパワーに関する情報

を載せてWDMカプラ81に出力する。WDMカプラ81は、例えば、前段の光増幅器20と光スイッチ40の間に配置され、OSC送信回路80からのOSC信号を主信号光Lsに合波して光伝送路1上に送出する。

光伝送路1を主信号光Lsと共に伝搬したOSC信号は、例えば、励起光Lpを光伝送路1上に供給するWDMカプラ3Bと後段の光増幅器20との間に配置されたWDMカプラ82で分波されてOSC受信回路83に送られる。OSC受信回路83は、WDMカプラ82からのOSC信号を受信処理して、前段の光増幅器20から出力される主信号光Lsのパワーに関する情報を抽出し、それをCPU60に伝える。なお、OSC送信回路80、WDMカプラ81、82およびOSC受信回路83以外の他の部分の構成は、第1の実施例の場合の構成と同様である。

上記のような構成の光伝送システムでは、例えば、前述の第1実施例で説明したようなシステム起動時のデータ取得処理において、最初に、前段の光増幅器20から出力される主信号光Lsのパワーに関する情報がOSC信号に載せられ、そのOSC信号が伝送路接続状態に制御された光スイッチ40および光伝送路1を伝搬してOSC受信回路83まで伝送される。このOSC信号の伝送の際、ラマン励起光源3Aを駆動せずに励起光Lpが光伝送路1に供給されないようにして、前段の光増幅器20から出力され光伝送路1を伝搬した主信号光Lsのパワーを受光素子52を用いて測定し、その測定結果をCPU60に伝えるようにする。これによりCPU60では、OSC信号に載せて伝えられた主信号光Lsの送信パワーから受光素子52を用いて測定された主信号光Lsの受信パワーを減算することにより、当該伝送区間における光伝送路1の損失が求められ、主信号光Lsの送信パワーおよび光伝送路1の損失に関するデータがメモリ61に格納される。

上記のようにして光伝送路1の損失についてのデータが取得された後に、前述した第1の実施例の場合と同様にして、ラマン励起光パワーに対する主信号光パワーおよびASS光パワーの測定が行われ、その測定結果がメモリ61に格納される。そして、CPU60では、メモリ61に格納された各データを用いることにより、ASS光の補正を行ったラマン利得が計算される。このラマン利得の計

算は、具体的には、前段の光増幅器 20 から出力される主信号光 L_s のパワーを P_1 、光伝送路 1 の損失を L_{oss} 、OSNR が最適になるような所要のパワーのラマン励起光を光伝送路 1 に供給したときの受信光（主信号光 L_s + ASS 光）のパワーを P_2 、ASS 光のみのパワーを P_{ASS} として、次の (1) 式に示す関係に従って行われる。

$$\text{ラマン利得} : G = (P_2 - P_{ASS}) / (P_1 - L_{oss}) \quad \dots (1)$$

このようにして ASS 光の補正を行ったラマン利得を算出し、そのデータをメモリ 61 に格納しておくことにより、運用開始時やその後の波長増減設時などに、当該伝送区間のラマン利得をより正確に設定できるようになり、後段の光増幅器 20 に入力される主信号光 L_s についての高精度のレベル調整を実現することが可能になる。

なお、上記第 3 の実施例に示した構成は、前述した第 2 の実施例との組み合わせも勿論可能である。この場合、各回線を伝搬する OSC 信号には、自回線における前段の光増幅器から出力される主信号光のパワーに関する情報と、対向回線における光スイッチの制御情報とがそれぞれ載せられることになる。

産業上の利用可能性

本発明は、簡略な構成によって容易に主信号光と ASS 光とを切り分けて測定することができ、各々の伝送区間についての ASS 光の補正を他の伝送区間における補正の状態に関係なく高い精度で行うことのできる光伝送システムを提供することが可能になるため、産業上の利用可能性が大である。

請 求 の 範 囲

1. 信号光が伝搬する光伝送路と、該光伝送路上に配置された複数の光伝送装置と、該複数の光伝送装置の入力側にそれぞれ接続する光伝送路上のラマン増幅媒体に励起光を供給する複数のラマン励起光供給部と、を備えた光伝送システムにおいて、

前記各光伝送装置に対応した伝送区間ごとにそれぞれ、

前段の光伝送装置から出力され前記ラマン増幅媒体に入力される主信号光を遮断することが可能な遮断部と、

システム起動時に、前記ラマン励起光供給部を制御して、前記ラマン増幅媒体に供給される励起光のパワーを変化させると共に、該励起光パワーの変化に連動させて前記遮断部を制御して、主信号光が前記ラマン増幅媒体を伝搬する接続状態と、主信号光が前記ラマン増幅媒体を伝搬しない分断状態との切り替えを行う制御部と、

前記ラマン励起光供給部から前記ラマン増幅媒体に供給される励起光のパワーおよび前記光伝送路を伝搬して後段の光伝送装置に送られる光のパワーをそれぞれ測定するモニタ部と、

前記制御部による前記遮断部の制御状態および前記モニタ部の測定結果に基づいて、ラマン励起光に起因して発生する雑音光のパワーと、後段の光伝送装置に入力される主信号光のパワーとを切り分けて検出して前記雑音光の補正を行う処理部と、を備えて構成されたことを特徴とする光伝送システム。

2. 請求項 1 に記載の光伝送システムであって、

前記制御部は、前記ラマン増幅媒体に供給される励起光のパワーが予め設定した範囲に亘って連続して変化するように前記ラマン励起光供給部を制御し、該励起光パワーの前記範囲に亘る 1 回の変化が完了すると、前記ラマン増幅媒体における主信号光の伝搬状態が切り替わるように前記遮断部を制御することを特徴とする光伝送システム。

3. 請求項 1 に記載の光伝送システムであって、

前記制御部は、前記ラマン増幅媒体に供給される励起光のパワーが予め設定し

た範囲に亘って連続して変化するように前記ラマン励起光供給部を制御し、該励起光パワーの前記範囲に亘る 1 回の変化の間に、前記ラマン増幅媒体における主信号光の伝搬状態が周期的に切り替わるように前記遮断部を制御することを特徴とする光伝送システム。

4. 請求項 3 に記載の光伝送システムであって、

前記制御部は、前記ラマン増幅媒体に供給される励起光のパワーが前記範囲に亘ってステップ状に連続して変化するように前記ラマン励起光供給部を制御し、当該ステップの時間幅に対応した周期に従って前記遮断部の切り替え制御を行うことを特徴とする光伝送システム。

5. 請求項 1 に記載の光伝送システムであって、

前記処理部は、前記遮断部が分断状態に制御されているときの前記モニタ部における測定結果を用いてラマン励起光パワーに対する雑音光パワーの関係を求めると共に、前記遮断部が接続状態に制御されているときに前記モニタ部で測定された伝搬光のパワーから、前記遮断部が分断状態に制御されているときに前記モニタ部で測定された伝搬光のパワーを減算することにより、ラマン励起光パワーに対する主信号光パワーの関係を求めることを特徴とする光伝送システム。

6. 請求項 5 に記載の光伝送システムであって、

前記処理部は、前記ラマン励起光パワーに対する雑音光パワーの関係と、前記ラマン励起光パワーに対する主信号光パワーの関係をj用いて、ラマン励起光パワーに対する光信号対雑音比の関係を求め、当該関係に基づいて運用時におけるラマン励起光パワーの設定値を決定することを特徴とする光伝送システム。

7. 請求項 1 に記載の光伝送システムであって、

前記処理部は、処理したデータを格納するための記憶回路を含むことを特徴とする光伝送システム。

8. 請求項 1 に記載の光伝送システムであって、

前記制御部は、前記遮断部を制御するための情報を、対向回線を伝搬する監視制御信号を利用して前記遮断部まで伝達することを特徴とする光伝送システム。

9. 請求項 1 に記載の光伝送システムであって、

前段の光伝送装置から出力される主信号光のパワーに関する情報を、前記主信

号光と共に伝送される監視制御信号を利用して前記処理部まで伝達する手段を備え、前記処理部は、前記検出した雑音光パワーおよび主信号光パワー、並びに、前記監視制御信号を介して伝達される主信号光パワーに関する情報に基づいてラマン利得を演算することを特徴とする光伝送システム。

10. 請求項1に記載の光伝送システムであって、

前記遮断部は、光スイッチを含むことを特徴とする光伝送システム。

11. 請求項1に記載の光伝送システムであって、

前記遮断部は、光シャッターを含むことを特徴とする光伝送システム。

12. 請求項1に記載の光伝送システムであって、

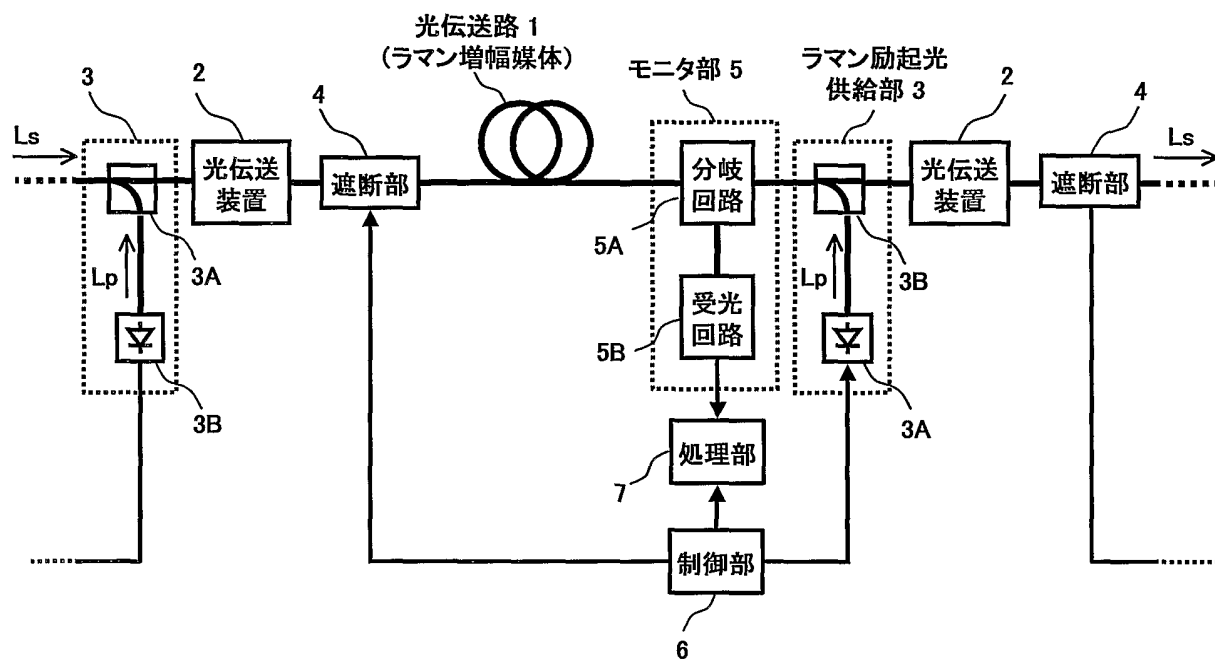
前記光伝送装置は、出力光のレベルを一定に制御する自動レベル制御が行われる光増幅器を含むことを特徴とする光伝送システム。

13. 請求項1に記載の光伝送システムであって、

前記モニタ部は、前記ラマン励起光供給部から前記ラマン増幅媒体に供給される励起光の一部および前記光伝送路を伝搬して後段の光伝送装置に送られる光の一部をそれぞれ分岐する光カプラと、該光カプラで分岐された励起光のパワーを測定するための第1の受光素子と、前記光カプラで分岐された後段の光伝送装置に送られる光のパワーを測定するための第2の受光素子とを含むことを特徴とする光伝送システム。

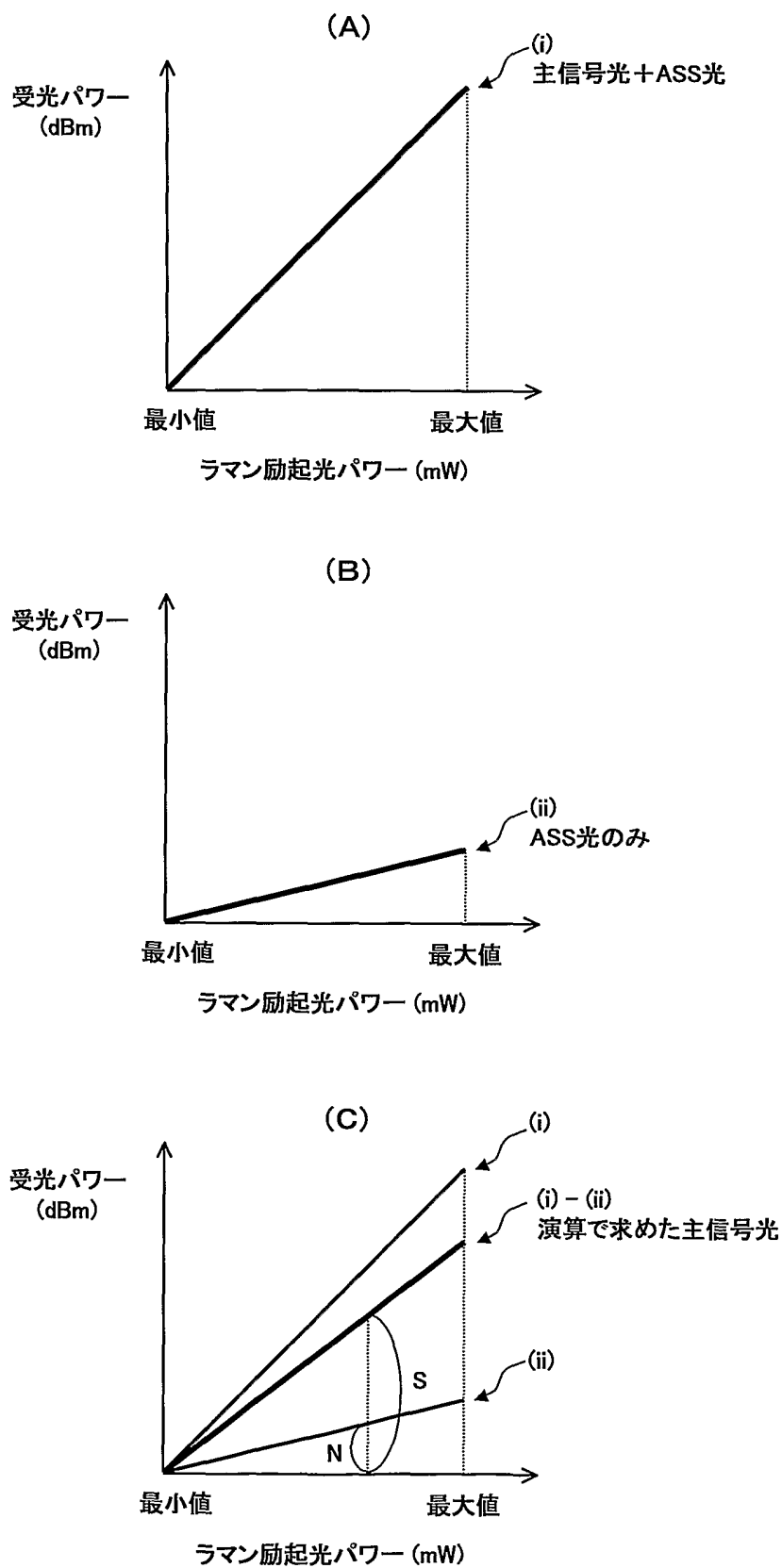
1/6

図 1



2/6

図2



3/6

図3

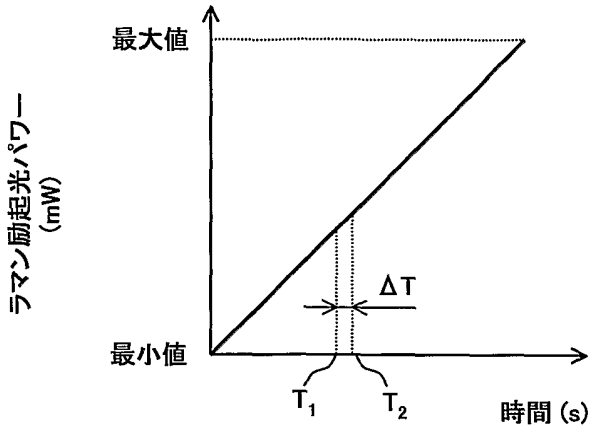
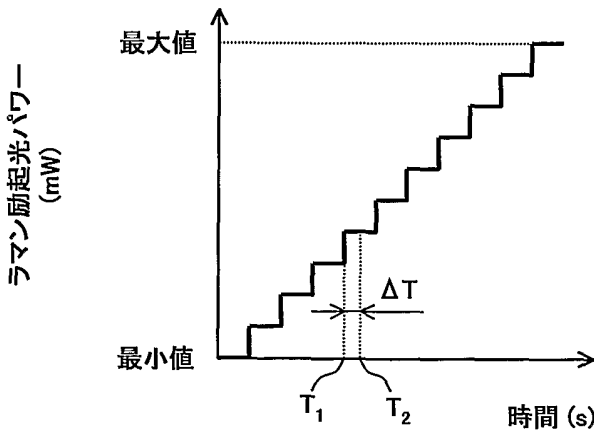


図4



4/6

図5

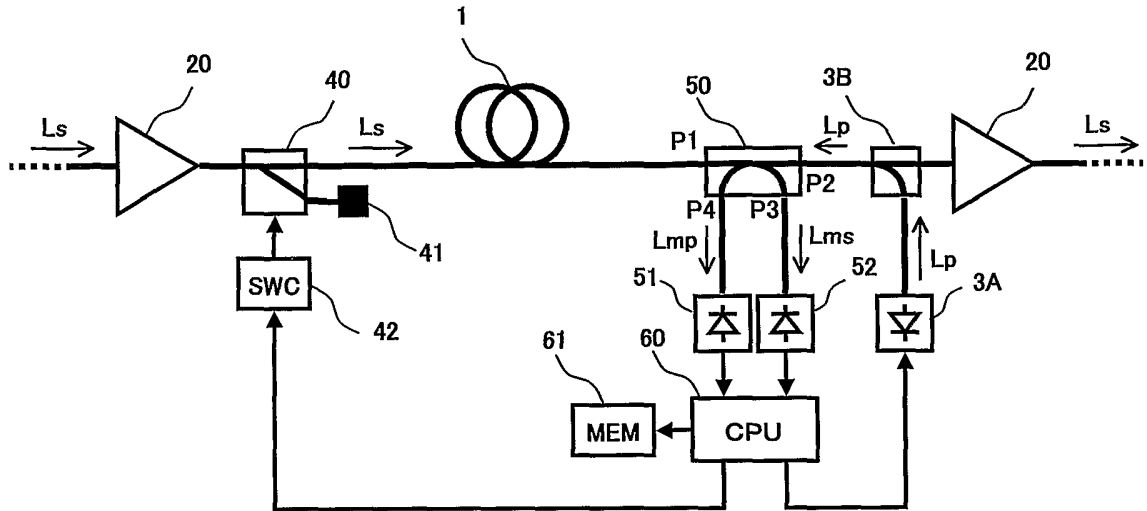


図6

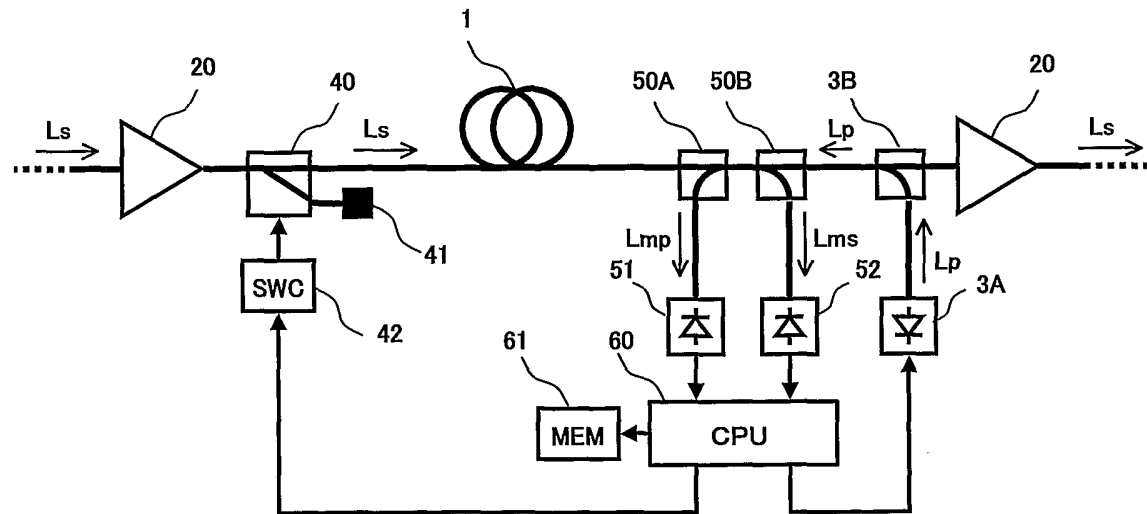


图7

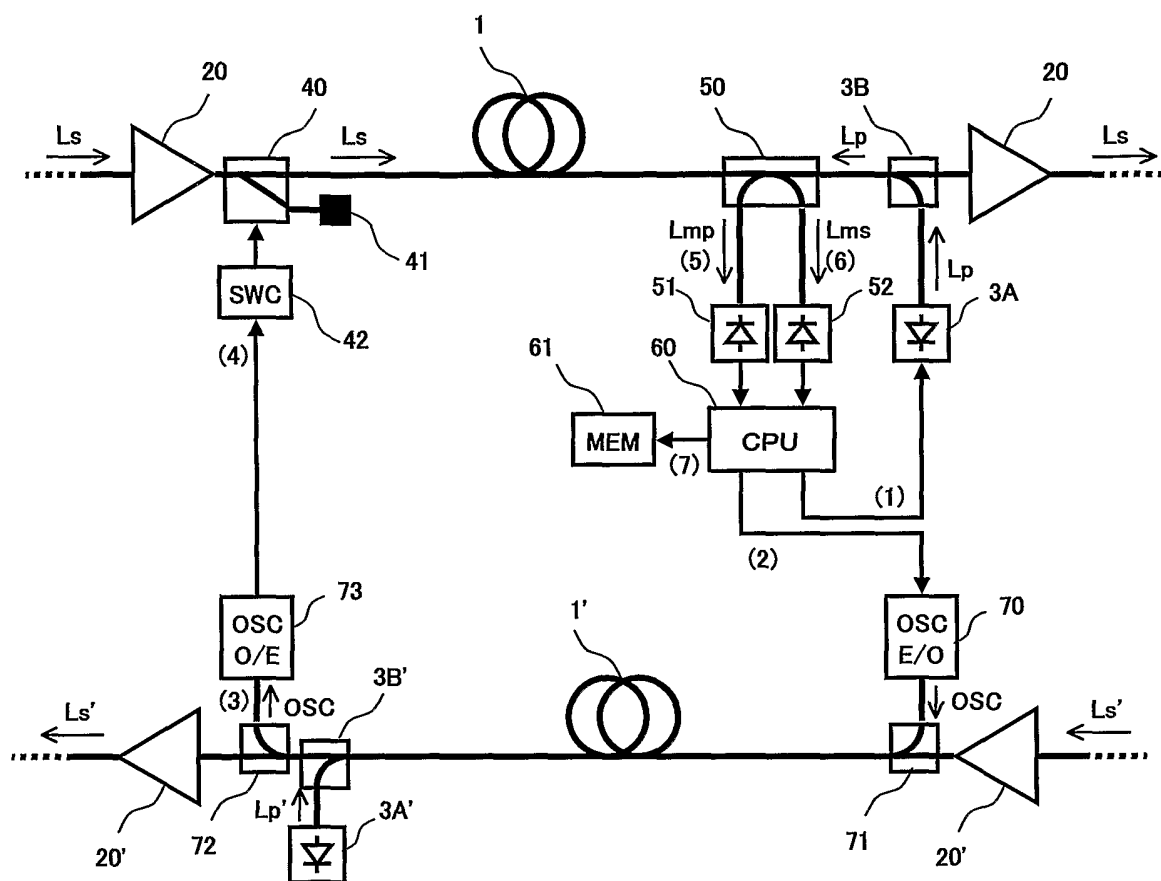
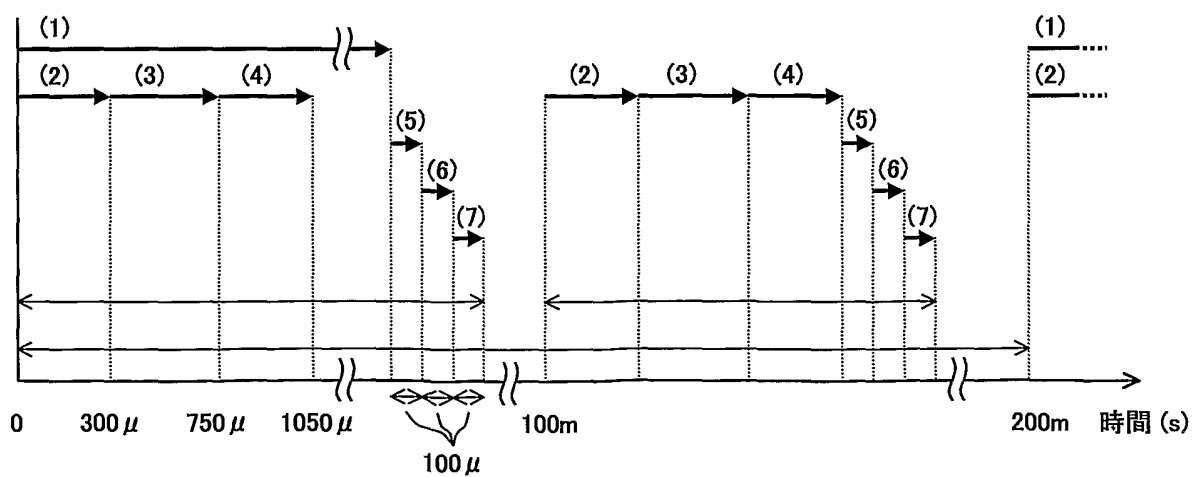


图 8



6/6

図9

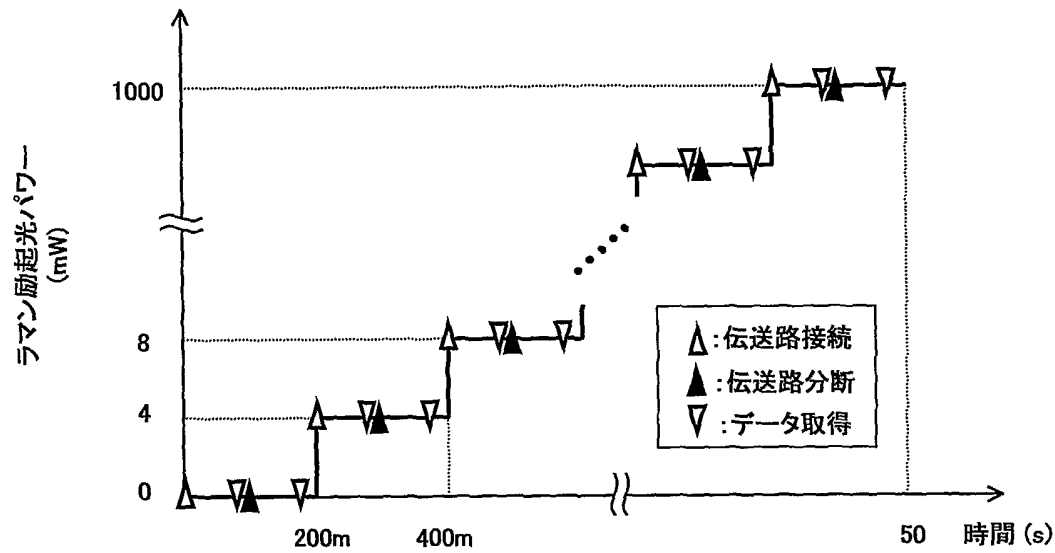
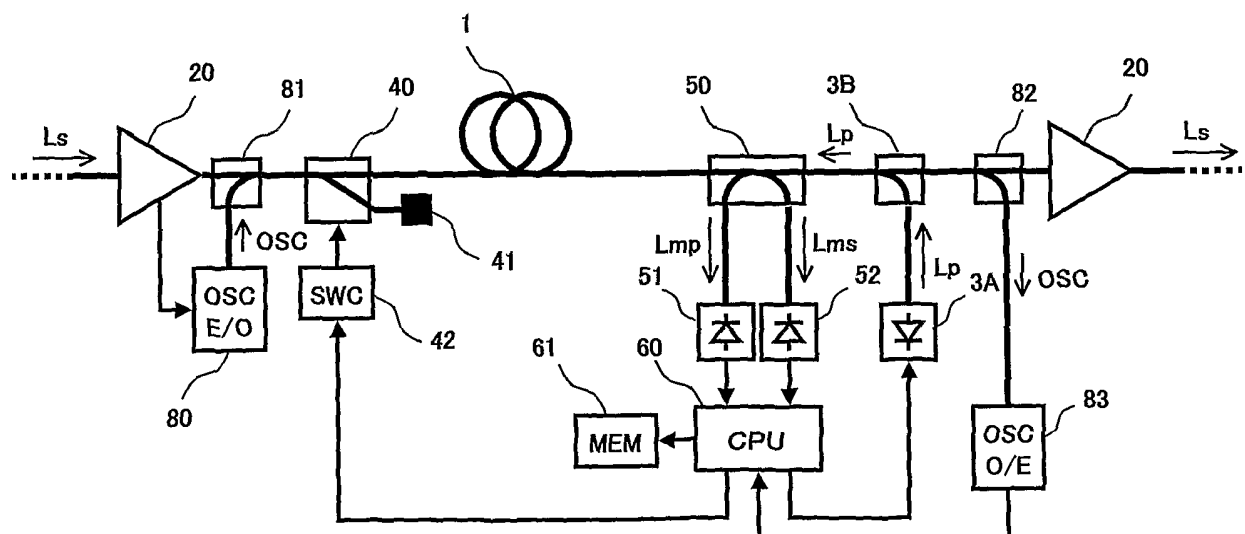


図10



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/06479

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁷ H04B10/18, H04B10/17, G02F1/35

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl⁷ H04B10/00-10/28, H04J14/00-14/08, G02F1/35

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2003 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2000-349718 A (NEC Corp.), 15 December, 2000 (15.12.00), Full text; all drawings (Family: none)	1-13
Y	JP 2003-114453 A (The Furukawa Electric Co., Ltd.), 18 April, 2003 (18.04.03), Full text; all drawings (Family: none)	1-13
A	JP 2003-101480 A (Fujitsu Access Kabushiki Kaisha), 04 April, 2003 (04.04.03), Par. No. [0020]; Fig. 1 (Family: none)	2-4, 6

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 18 June, 2003 (18.06.03)	Date of mailing of the international search report 01 July, 2003 (01.07.03)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/06479

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 08-331048 A (Fujitsu Ltd.), 13 December, 1996 (13.12.96), Par. No. [0011]; Fig. 8 (Family: none)	11
A	JP 11-275025 A (Fujitsu Ltd.), 08 October, 1999 (08.10.99), Par. No. [0098]; Fig. 2 & US 6219177 B1	13

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H04B10/18, H04B10/17, G02F1/35

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H04B 10/00-10/28, H04J 14/00-14/08, G02F1/35

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2003年
日本国登録実用新案公報	1994-2003年
日本国実用新案登録公報	1996-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	J P 2000-349718 A (日本電気株式会社) 200 0. 12. 15, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-13
Y	J P 2003-114453 A (古河電気工業株式会社) 2 003. 04. 18, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-13
A	J P 2003-101480 A (富士通アクセス株式会社) 2003. 04. 04, 第20段落目, 第1図 (ファミリーなし)	2-4, 6

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

18. 06. 03

国際調査報告の発送日

01.07.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

遠山 敬彦

電話番号 03-3581-1101 内線 3535

5 J 3138

C (続き). 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	J P 08-331048 A (富士通株式会社) 1996. 1 2. 13, 第11段落目, 第8図 (ファミリーなし)	11
A	J P 11-275025 A (富士通株式会社) 1999. 1 0. 08, 第98段落目, 第2図 & US 6219177 B 1	13