

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2013年12月5日(05.12.2013)



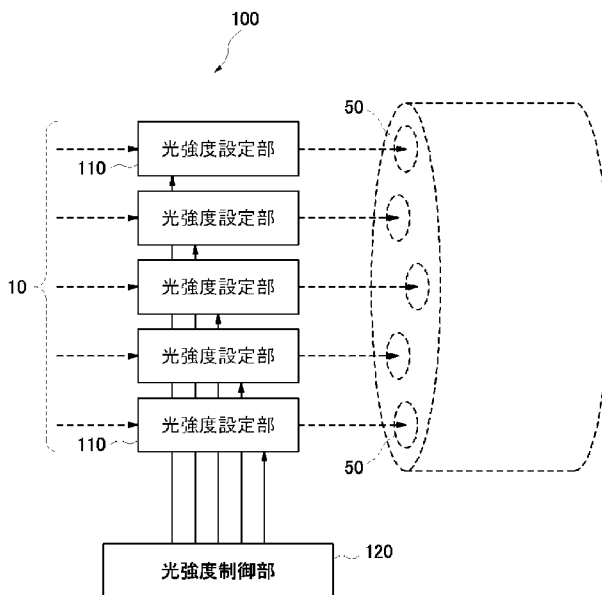
(10) 国際公開番号
WO 2013/179604 A1

- (51) 国際特許分類:
H04B 10/564 (2013.01) H04J 14/04 (2006.01)
H04B 10/25 (2013.01) H04J 14/06 (2006.01)
H04J 14/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/003178
- (22) 国際出願日: 2013年5月20日(20.05.2013)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2012-122085 2012年5月29日(29.05.2012) JP
- (71) 出願人: 日本電気株式会社(NEC CORPORATION)
[JP/JP]; 〒1088001 東京都港区芝五丁目7番1号
Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 有川 学(ARIKAWA, Manabu); 〒1088001
東京都港区芝五丁目7番1号日本電気株式会社
内 Tokyo (JP). ル タヤンディエ ドウ ガボリ
エ マニュエル(LE TAILLANDIER DE GABORY,
Emmanuel); 〒1088001 東京都港区芝五丁目7番1
号日本電気株式会社内 Tokyo (JP). 伊東 俊治
- (74) 代理人: 下坂 直樹(SHIMOSAKA, Naoki); 〒
1088001 東京都港区芝五丁目7番1号日本電気
株式会社内 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA,
BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN,
CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES,
FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN,
IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR,
LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX,
MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH,
PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保
護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW,
MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシ
ア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ
(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR,
GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT,

[続葉有]

(54) Title: OPTICAL TRANSMISSION DEVICE, OPTICAL TRANSMISSION SYSTEM, AND OPTICAL TRANSMISSION METHOD

(54) 発明の名称: 光伝送装置、光伝送システムおよび光伝送方法



110 Optical intensity setting unit
120 Optical intensity controller

(57) Abstract: In an optical transmission system in which a multicore fiber is used, it is difficult to optimize the characteristics of the optical transmission system. Therefore, this optical transmission device has a plurality of optical intensity setting units controlling the optical intensity of an input optical signal inputted into each of a plurality of optical transmission lines and setting the optical intensity to a predetermined input optical intensity, and an optical intensity controller for determining the input optical intensity for each of the optical transmission lines and controlling the optical intensity setting units on the basis of the determined input optical intensities. The optical intensity controller determines the input optical intensity for at least one of the optical transmission lines on the basis of information relating to the signal quality of each optical signal after having passed through the respective optical transmission lines.

(57) 要約: マルチコアファイバを用いた光伝送システムにおいては、光伝送システムの特性を最適化することが困難であるため、本発明の光伝送装置は、複数の光伝送路にそれぞれ入力する入力光信号の光強度を制御し、所定の入力光強度に設定する複数の光強度設定部と、入力光強度を複数の光伝送路ごとにそれぞれ決定し、決定した入力光強度に基づいて複数の光強度設定部を制御する光強度制御部、を有し、光強度制御部は、複数の光伝送路をそれぞれ通過した後の各光信号の信号品質に関する情報に基づいて、複数の光伝送路の少なくとも一的光伝送路に対する入力光強度を決定する。

WO 2013/179604 A1

NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI 添付公開書類:
(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, — 国際調査報告 (条約第 21 条(3))
NE, SN, TD, TG).

明 細 書

発明の名称：光伝送装置、光伝送システムおよび光伝送方法

技術分野

[0001] 本発明は、光伝送装置、光伝送システムおよび光伝送方法に関し、特に、マルチコアファイバなどの複数の光伝送路を用いる場合における光伝送装置、光伝送システムおよび光伝送方法に関する。

背景技術

[0002] 近年、データトラフィックの著しい増大を背景として、光通信のさらなる大容量化が求められている。大容量化を実現するための一つの技術として、マルチコアファイバやマルチモードファイバなどを利用した空間多重技術が注目を集めており、大容量伝送のデモンストレーションも行われている（例えば、非特許文献1を参照）。マルチコアファイバを用いた光伝送では、マルチコアファイバの複数のコアに信号を多重することによって、ファイバ1本あたりの伝送容量を増大することが可能になる。

[0003] このようなマルチコアファイバを用いた光伝送システムの一例が特許文献1に記載されている。特許文献1に記載された関連する光伝送システムにおいては、7コアの単一モード多芯ファイバ（マルチコアファイバ）が用いられている。図8に、関連するマルチコアファイバ600の例示的な断面構成を示す。同図からわかるように、7つの個々のコア610は六角形の構成でクラッド620中に配置される。つまり、6つのコアが六角形の頂点の位置に配置され、1つのコアが六角形の中央に配置されている。

[0004] 関連する光伝送システムでは、単一モード多芯ファイバと光デバイスを接続するために、テーパ多芯コネクタが使用されている。ここで光デバイスには、波長分割多重（Wavelength Division Multiplexing：WDM）方式に対応した多重化デバイスおよび多重分離デバイスが用いられる。

[0005] テーパ多芯コネクタは複数の光ファイバを含み、テーパ・カプラ本体

で一緒にまとめられる。テーパ多芯コネクタは多芯ファイバの端面の外径と一致する外径を有する。さらに、テーパ多芯コネクタの端面は、コア直径、コア・ピッチ、モードフィールド・サイズ、モードフィールド形状などに関して、多芯ファイバのコアの構成と一致するコア構成を有している。テーパ・カプラ本体の端面は、カプラのコアがそれぞれの多芯ファイバのコアに位置合せされた状態で、多芯ファイバの端面に直接に接続される。そして個々の光ファイバが波長分割多重デバイスまたは偏波分割多重デバイスに接続される構成としている。

[0006] このような構成により、WDM方式による光伝送システムにおいて、空間分割多重 (Space Division Multiplexing: SDM) 機能を実行でき、それにより伝送容量を増大させることができるとしている。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：特開2011-193459号公報（段落「0041」～「0053」、図7、図8）

非特許文献

[0008] 非特許文献1：B. Zhu, T. Taunay, M. Fishteyn, X. Liu, S. Chandrasekhar, M. Yan, J. Fini, E. Monberg, and F. Dimarcello, "Space-, Wavelength-, Polarization-Division Multiplexed Transmission of 56-Tb/s over a 7.68-km Seven-Core Fiber," in National Fiber Optic Engineers Conference, OSA Technical Digest (CD) (Optical Society of America, 2011), paper PDPB7.

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0009] 上述したようなマルチコアファイバを用いた光伝送システムにおいては、複数のコア間でクロストークが生じることが知られており、これにより受信

信号品質が劣化する。このクロストークによる信号品質の劣化に対して、様々な研究が行われている。例えば、マルチコアファイバにおける光伝送を多入力・多出力 (Multiple-Input Multiple-Output: MIMO) システムと見なし、信号処理技術によって補償する手法が検討されている。

[0010] 一方、特許文献1に記載された関連する光伝送システムでは、シングルコアの光ファイバによる光伝送で用いられている1組の光送受信機を、マルチコアファイバのそれぞれのコアごとに割り当てて運用している。このような構成では、システムを分割して管理できるというメリットがある。しかし、この場合には以下に説明するように、それぞれのコアにおける受信信号の信号品質が不均一になる、という問題がある。

[0011] すなわち、例えば、中心に位置するコアを伝送する光信号の強度が、周辺に配置されたコアを伝送する光信号の強度よりも極めて大きい場合を考える。この場合、周辺に配置されたコアを伝送する光信号はクロストークの影響を大きく受けるため、中心に位置するコアを伝送する光信号と比べて受信信号の品質が劣化する。その結果、各コアにおける受信信号の信号品質が不均一になる。

[0012] この問題を回避するため、全てのコアを均一に扱い、各コアを伝送する光信号の変調方式および強度等を同一にした場合について検討する。コアの配置として図8に示した構成を例として説明すると、中心に位置するコアに隣接するコアの個数は6個であるのに対して、外周に位置するコアに隣接するコアの個数は3個である。このように、コアによって隣接するコアの個数は異なる。ここで、コア間に生じるクロストークに関しては、隣接しないコア同士のクロストークよりも隣接するコア同士のクロストークの方が大きい。そのため、隣接するコアの個数の相違によって、各コアを伝送する光信号の間に特性差が生じる。すなわち、マルチコアファイバを用いた光伝送においては、全てのコアを同一に扱い、各コアを伝送する光信号の条件を全て等しくした場合であっても、光信号を伝送するコアの配置によって各コアを伝送

した後の受信信号の信号品質が均一とはならない。

[0013] 上述したように、マルチコアファイバを用いた光伝送システムでは、各コア毎に任意に光伝送条件を設定することとすると、クロストークの発生により、受信信号の良好な信号品質を確保することは困難である。一方、全てのコアを同一に扱い、同じ条件で光伝送することとしても、各コアにおいて隣接するコアの個数が異なることから、受信信号の信号品質はやはり不均一になる。このとき、光伝送システムとして伝送可能な距離は、受信信号の信号品質が最も低くなるコアによって制限されることになる。そのため、個々のコアにおける光伝送条件が最適であっても、コア全体からなる光伝送システムとしての特性は最適とはならない。

[0014] このように、マルチコアファイバを用いた光伝送システムにおいては、光伝送システムの特性を最適化することが困難である、という問題があった。

[0015] 本発明の目的は、上述した課題である、マルチコアファイバを用いた光伝送システムにおいては、光伝送システムの特性を最適化することが困難である、という課題を解決する光伝送装置、光伝送システムおよび光伝送方法を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0016] 本発明の光伝送装置は、複数の光伝送路にそれぞれ入力する入力光信号の光強度を制御し、所定の入力光強度に設定する複数の光強度設定部と、入力光強度を複数の光伝送路ごとにそれぞれ決定し、決定した入力光強度に基づいて複数の光強度設定部を制御する光強度制御部、を有し、光強度制御部は、複数の光伝送路をそれぞれ通過した後の各光信号の信号品質に関する情報に基づいて、複数の光伝送路の少なくとも一の光伝送路に対する入力光強度を決定する。

[0017] 本発明の光伝送方法は、複数の光伝送路にそれぞれ入力する入力光信号の光強度を制御して所定の入力光強度に設定し、複数の光伝送路をそれぞれ通過した後の各光信号の信号品質に関する情報を取得し、信号品質に関する情報に基づいて、複数の光伝送路の少なくとも一の光伝送路に対する入力光強

度を決定し、決定した入力光強度に基づいて入力光信号の光強度を制御する。

発明の効果

[0018] 本発明の光伝送装置、光伝送システムおよび光伝送方法によれば、マルチコアファイバを用いた光伝送システムにおいて、光伝送システムの特性を最適化することができる。

図面の簡単な説明

[0019] [図1]本発明の第1の実施形態に係る光伝送装置の構成を示すブロック図である。

[図2]本発明の第2の実施形態に係る光伝送装置の構成を示すブロック図である。

[図3]本発明の第2の実施形態に係る光伝送システムの構成を示すブロック図である。

[図4]本発明の第2の実施形態に係る光伝送装置の光強度制御部が入力光強度を決定する方法を説明するためのフローチャートである。

[図5]本発明の第2の実施形態に係る光伝送装置において、入力光強度を決定する処理フローを行った結果を示す図である。

[図6]本発明の第3の実施形態に係る光伝送システムの構成を示すブロック図である。

[図7]本発明の第4の実施形態に係る光伝送システムの構成を示すブロック図である。

[図8]関連するマルチコアファイバの概略構成を示す断面図である。

発明を実施するための形態

[0020] 以下に、図面を参照しながら、本発明の実施形態について説明する。

[0021] [第1の実施形態]

図1は、本発明の第1の実施形態に係る光伝送装置100の構成を示すブロック図である。光伝送装置100は、複数の光強度設定部110と、それぞれの光強度設定部110を制御する光強度制御部120を有する。光強度

設定部 110 は、複数の光伝送路 50 にそれぞれ入力する入力光信号 10 の光強度を制御し、所定の入力光強度に設定する。

[0022] 光強度制御部 120 は、入力光強度を複数の光伝送路 50 ごとにそれぞれ決定し、決定した入力光強度に基づいて複数の光強度設定部 110 を制御する。このとき、複数の光伝送路 50 をそれぞれ通過した後の各光信号の信号品質に関する情報に基づいて、複数の光伝送路 50 の少なくとも一の光伝送路に対する入力光強度を決定する。ここで複数の光伝送路には、クラッド中に複数のコアが配置されたマルチコアファイバを用いることができる。

[0023] このような構成とすることにより、本実施形態の光伝送装置 100 によれば、複数の光伝送路 50 を通過した全ての光信号の信号品質に関する情報に基づいて、一の光伝送路に対する入力光強度が決定される。すなわち、個々の光伝送路を通過する光信号の信号品質に基づいて最適化されるのではなく、複数の光伝送路を通過する光信号の全てを考慮して個々の光伝送路に入力する光信号の強度が定められる。そのため、複数の光伝送路 50 を用いた光伝送システムの特性を最適化することが可能になる。

[0024] 具体的には例えば、光強度制御部 120 は信号品質に関する情報を用いて、複数の光伝送路 50 の中から信号品質が最高である第 1 の光伝送路を選択する。そして、第 1 の光伝送路に対する入力光信号の光強度の設定値を低減し、低減した後の光強度を第 1 の光伝送路に対する入力光強度に決定することができる。

[0025] また、光強度制御部 120 は信号品質に関する情報を用いて、複数の光伝送路 50 の中から信号品質が最低である第 2 の光伝送路を選択することとしてもよい。このときは、第 2 の光伝送路に対する入力光信号の光強度の設定値を増加し、増加した後の光強度を第 2 の光伝送路に対する入力光強度に決定することとすればよい。このとき、光強度制御部 120 は信号品質が光強度に対して単調に増加する範囲内で、光強度の設定値を増加する動作を行うこととすることができる。

[0026] また、本実施形態による光伝送方法においては、まず、複数の光伝送路に

それぞれ入力する入力光信号の光強度を制御して所定の入力光強度に設定する。そして複数の光伝送路をそれぞれ通過した後の各光信号の信号品質に関する情報を取得し、このときの信号品質に関する情報に基づいて、複数の光伝送路の少なくとも一の光伝送路に対する入力光強度を決定する。続いて、決定した入力光強度に基づいて入力光信号の光強度を制御する。

[0027] 上述した入力光強度を決定する工程は、以下の工程とすることができる。すなわち、信号品質に関する情報を用いて、複数の光伝送路の中から信号品質が最高である第1の光伝送路を選択する。次に、第1の光伝送路に対する入力光信号の光強度の設定値を低減し、低減した後の光強度を第1の光伝送路に対する入力光強度に決定する。また、信号品質に関する情報を用いて、複数の光伝送路の中から信号品質が最低である第2の光伝送路を選択する。続いて、第2の光伝送路に対する入力光信号の光強度の設定値を増加し、増加した後の光強度を第2の光伝送路に対する入力光強度に決定することができる。

[0028] このような構成により、本実施形態の光伝送方法によれば、個々の光伝送路を通過する光信号の信号品質に基づいて最適化されるのではなく、複数の光伝送路を通過する光信号の全てを考慮して個々の光伝送路に入力する光信号の強度が定められる。そのため、複数の光伝送路を用いた光伝送システムの特性を最適化することが可能になる。

[0029] [第2の実施形態]

次に、本発明の第2の実施形態について説明する。図2は、本発明の第2の実施形態に係る光伝送装置200の構成を示すブロック図である。

[0030] 光伝送装置200は、複数の光強度設定部110と、それぞれの光強度設定部110を制御する光強度制御部120を有する。光強度設定部110は、複数の光伝送路50にそれぞれ入力する入力光信号10の光強度を制御し、所定の入力光強度に設定する。

[0031] 光強度制御部120は、入力光強度を複数の光伝送路50ごとにそれぞれ決定し、決定した入力光強度に基づいて複数の光強度設定部110を制御す

る。このとき、複数の光伝送路50をそれぞれ通過した後の各光信号の信号品質に関する情報に基づいて、複数の光伝送路50の少なくとも一の光伝送路に対する入力光強度を決定する。

[0032] ここまでの構成は第1の実施形態の光伝送装置100と同様である。本実施形態による光伝送装置200は、信号品質推定部210をさらに有する。信号品質推定部210は、少なくとも入力光信号の光強度の設定値と、複数の光伝送路間のクロストークに関する情報、および雑音光強度に関する情報とから、信号品質に関する情報としての信号品質推定値を算出する。そして、信号品質推定値を光強度制御部120に送出する。光強度制御部120は信号品質推定値に基づいて、複数の光伝送路50の少なくとも一の光伝送路に対する入力光強度を決定する。

[0033] このような構成とすることにより、本実施形態の光伝送装置200によれば、複数の光伝送路50を通過する光信号の全てを考慮して個々の光伝送路に入力する光信号の強度が定められる。そのため、複数の光伝送路50を用いた光伝送システムの特性を最適化することが可能になる。

[0034] 次に、本実施形態の光伝送装置200について、さらに詳細に説明する。

[0035] 図3は、本実施形態による光伝送装置200を用いた光伝送システム1000の構成を示すブロック図である。光伝送システム1000は、光伝送装置200と、複数の光伝送路50、複数の光送信装置220、および複数の光受信装置230とを有する。複数の光送信装置220は、複数の光信号を複数の光強度設定部110に送出する。複数の光受信装置230は、複数の光伝送路50を通過した後の複数の光信号を受光する。

[0036] 図3では、複数の光伝送路50を含むマルチコアファイバ500を用いる場合を示す。マルチコアファイバ500において、クラッド中に配置された例えば7個のコアが複数の光伝送路50を構成する。マルチコアファイバ500は図8に示した関連するマルチコアファイバ600と同様の構成とすることができる。すなわち、正六角形の中心位置と各頂点位置にコアを配置した構成とすることができる。以下では、マルチコアファイバ500を光伝送

路として用い、7個のコアを使用したコア多重光伝送を行う場合を例として説明する。

- [0037] それぞれのコアでは、同じ波長の信号を多重する場合について説明する。それぞれのコアで波長多重を行う場合には、各波長において以下で説明する制御を行うこととすればよい。
- [0038] 以下の説明では、各コアを区別する必要があるときには、中心に位置するコアをコア5 1と表記し、外周に位置するコアをコア5 2～コア5 7と表記する。光送信装置2 2 0は、7個のコア5 1～5 7に対応した7個の光送信装置2 2 1～2 2 7を含んで構成される。光送信装置2 2 1～2 2 7はそれぞれ変調された光信号、例えば偏波多重QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) 信号を送出する。光送信装置2 2 0から送出手された7個の光信号は光強度設定部1 1 0にそれぞれ入力する。
- [0039] 光強度設定部1 1 0は、それぞれのコア5 1～5 7に入力する入力光信号の光強度 (入力光強度) を個別に調整するための光強度設定部1 1 1～1 1 7を含んで構成される。すなわち、光強度設定部1 1 1～1 1 7は、光強度制御部1 2 0の制御に基づいて、光送信装置2 2 1～2 2 7から送出手された光信号の光強度を所定の入力光強度にそれぞれ設定する。光強度設定部1 1 0は具体的には例えば、ゲイン制御可能な光アンプや光アッテネータによって実現される。
- [0040] 光強度制御部1 2 0で制御される入力光強度の設定値は、信号品質推定部2 1 0に受け渡され、信号品質推定部2 1 0において受信信号品質が推定される。光強度制御部1 2 0は信号品質推定部2 1 0において推定されたそれぞれのコアでの受信信号品質である信号品質推定値を取得する。そして、この信号品質推定値に基づいて受信信号品質が最も良好なコアを選択する。そして、そのときの入力光強度の設定値を低減する。あるいは、受信信号品質が最低であるコアにおける入力光強度の設定値を増加することができる。これらの処理を繰り返し行うことにより、入力光強度を決定する。
- [0041] このとき、各コアを伝送する光信号の光強度と受信信号品質の関係が単調

増加となる光強度の範囲を予め測定しておき、この範囲で入力光強度の制御を行うことが望ましい。そのためには、一のコアだけを用いて光信号を伝送し、そのときの入力光強度と受信信号品質との関係を記録しておけばよい。一般に、ファイバ中の非線形効果により、ファイバ中を伝送する光信号は劣化する。そのため、入力光強度の設定値を増加させることによって受信信号品質を改善できる範囲には上限が存在する。このことから、各コアにおける入力光強度と受信信号品質との関係が単調増加な関係となる範囲が制限されることになる。また、光伝送システムで使用されるデバイス上の制限によっても、上記範囲が制限される場合がある。

[0042] 光強度設定部 110 によって入力光信号の光強度を調整され、それぞれの入力光強度に設定された 7 個の光信号は、マルチコアファイバ 500 に結合されて伝播する。具体的には、図 3 に示すように、光強度設定部 111 によって入力光強度を調整された光信号はコア 51 に、光強度設定部 112 によって入力光強度を調整された光信号はコア 52 にそれぞれ結合されて伝播する。

[0043] マルチコアファイバ 500 を伝播した光信号は光受信装置 230 で受信される。光受信装置 230 は、7 個のコアでコア多重された光信号をそれぞれ受信するための 7 個の光受信装置 231 ~ 237 を含んで構成される。すなわち、光受信装置 231 ~ 237 はマルチコアファイバ 500 を構成するコア 51 ~ 57 を伝播した光信号をそれぞれ受信する。

[0044] 次に、信号品質推定部 210 の動作について説明する。

[0045] 信号品質推定部 210 は、マルチコアファイバ 500 のパラメータに関する情報を記録する。パラメータに関する情報としては例えば、マルチコアファイバ 500 の各コア間のクロストークに関する情報、および予め測定された雑音光強度に関する情報等を用いることができる。また、各コアにおける非線形係数を記録しておくことにより、さらに正確な受信信号品質の推定が可能になる。信号品質推定部 210 は、これらのパラメータに関する情報と光強度制御部 120 によって制御される入力光信号の光強度の設定値により

、各コアをそれぞれ通過した後の各光信号の信号品質を推定する。

[0046] 上述した各コアにおける信号品質の推定には、下記に示すような、一のコアに対するクロストーク成分をノイズ成分に加算した S/N (Signal/Noise) 比を用いることができる。

$$S_i / (N_i + \sum_j \mu_{ij} S_j)$$

[0047] ここで、 S_i はコア「 i 」を伝送する光信号の光強度、 N_i はノイズ強度であり、 \sum_j はコア「 i 」に隣接するコア「 j 」について和をとることを表す。また、 Γ は隣接コア間のクロストーク量、 μ はクロストークが受信信号品質へ影響する度合いを考慮したパラメータであり、信号の変調方式等に応じて設定される。クロストークはノイズと同様に扱うことができ、また、 Γ および μ の値はあらかじめ測定または評価により算出することが可能である。以上より、上記した式を用いることによって受信信号の信号品質を推定することができる。例えば μ の値は、等しい強度のノイズまたはクロストークを付加した条件で、受信信号の信号品質の劣化量を比較することから算出することが可能である。

[0048] 次に、光強度制御部 120 が各コアに対する入力光強度を決定する方法について、さらに詳細に説明する。図 4 は、光強度制御部 120 が各コアに対する入力光強度を決定する方法を説明するためのフローチャートである。

[0049] 光強度制御部 120 は、まず、各コアにおける入力光強度を初期値に設定し、その情報を信号品質推定部 210 に送出する。この初期値として例えば、全てのコアに対して等しく、各コアに対する入力光強度の上限値とすることができる。信号品質推定部 210 は、記録されているマルチコアファイバ 500 の各コア間のクロストークに関する情報等に基づいて、上述した式によって受信信号の信号品質を推定する (ステップ S100)。

[0050] 次に、光強度制御部 120 は信号品質推定部 210 が推定した各コアにおける受信信号の信号品質推定値を用いて、信号品質が最低であるコアと信号品質が最高であるコアを探索する (ステップ S200)。

- [0051] このようにして探索された受信信号の信号品質が最高であるコアについて、入力光強度の設定値をある微小な値だけ低減する（ステップS300）。
- [0052] 次に、受信信号の信号品質が最低であるコアについて、入力光強度の設定値が、受信信号の信号品質が入力光強度に対して単調に増加する範囲内にあるか否かを判断する（ステップS400）。入力光強度の設定値が、単調に増加する範囲の上限である閾値以下である場合（ステップS400／YES）、入力光強度の設定値をある微小な値だけ増加する（ステップS500）。入力光強度の設定値が単調に増加する範囲内でない場合（ステップS400／NO）、入力光強度の設定値を増加させることなく次のステップに進む。
- [0053] このようにして調整した入力光強度の設定値を再び信号品質推定部210に送出する。以上の動作を十分に繰り返し、繰り返し回数が所定の回数以上か否かを判断する（ステップS600）。繰り返し回数が所定の回数に満たない場合（ステップS600／NO）、このときの入力光強度の設定値を用いて再度、受信信号の信号品質を推定する処理（ステップS100）からフローを繰り返す。繰り返し回数が所定の回数に達した場合（ステップS600／YES）、処理を終了し、このときの入力光強度の設定値を各コアにおける入力光強度に決定する。光強度制御部120は、この最終的に決定された入力光強度を光強度設定部110に設定する。
- [0054] マルチコアファイバを用いた光伝送においては、一つのコアに隣接するコアを伝送する光信号の光強度が低減することによってクロストーク量が減少する。その結果、受信信号の信号品質が改善する。また、一つのコアを伝送する光信号の光強度が増加することによって、相対的なクロストーク量が減少する。その結果、受信信号の信号品質が改善する。したがって、上述した制御フローを行うことによって、受信信号の信号品質が最低であるコアにおける信号品質を最大化することが可能となる。
- [0055] 次に、クロストークの影響を加味したS/N比の数値計算結果について説明する。ここでは、隣接するコア間のクロストークを -20 dB 、 $\mu = 1$ と

した。また雑音光強度は、クロストークがない場合における光S/N比 (Optical Signal-to-Noise Ratio: OSNR) が、7個のコアの全てで20 dB/0.1 nmとなるように設定した。受信信号の信号品質が入力光強度に対して単調に増加する範囲における、入力光強度の最大値は0 dBmとした。また、入力光強度は、7個のコアの全てに対して0 dBmとした。

[0056] 数値計算の結果、信号品質が最低となるのは中心に位置するコア51であり、クロストークを加味した上述した式から求められるS/N比は10.8 dBであった。

[0057] 図5に、図4に示した入力光強度を決定する処理フローを行った結果の一例を示す。同図の横軸は処理フローの繰り返し回数、縦軸はクロストークを加味したS/N比である。処理フローは、推定される受信信号の信号品質が最低であるコアについて行った。入力光強度の初期値は全てのコアに対して、入力光強度の最大値である0 dBmとした。

[0058] 図5から、クロストークを加味したS/N比は繰り返し回数の増加に従って改善し、繰り返しがなくなるときの値から1 dB程度改善した11.8 dBに収束していることが分かる。

[0059] 上述したように、本実施形態の光伝送装置および光伝送方法によれば、受信信号の信号品質が最低であるコアにおける号品質を最大化することができる。その結果、コア間で生じる受信信号の信号品質の不均一を縮小し、コア多重された光信号全体としてのクロストークの影響を低減することが可能となる。

[0060] [第3の実施形態]

次に、本発明の第3の実施形態について説明する。図6は、本実施形態による光伝送装置300を用いた光伝送システム2000の構成を示すブロック図である。

[0061] 光伝送システム2000は、光伝送装置300と、複数の光伝送路50、複数の光送信装置220、および複数の光受信装置230とを有する。複数

の光送信装置 220 は、複数の光信号を複数の光強度設定部 110 に送出する。複数の光受信装置 230 は、複数の光伝送路 50 を通過した後の複数の光信号を受光する。

[0062] 光伝送装置 300 は、複数の光強度設定部 110 と、それぞれの光強度設定部 110 を制御する光強度制御部 120 を有する。光強度設定部 110 は、複数の光伝送路 50 にそれぞれ入力する入力光信号の光強度を制御し、所定の入力光強度に設定する。

[0063] 光強度制御部 120 は、入力光強度を複数の光伝送路 50 ごとにそれぞれ決定し、決定した入力光強度に基づいて複数の光強度設定部 110 を制御する。このとき、光強度制御部 120 は複数の光伝送路 50 をそれぞれ通過した後の各光信号の信号品質に関する情報に基づいて、複数の光伝送路 50 の少なくとも一の光伝送路に対する入力光強度を決定する。

[0064] ここまでの構成は第 1 の実施形態の光伝送装置 100 と同様である。本実施形態による光伝送装置 300 は、信号品質モニタ部 310 をさらに有する。信号品質モニタ部 310 は複数の光伝送路 50 の終端側に配置される。そして、複数の光伝送路 50 をそれぞれ通過した後の各光信号を検出して信号品質モニタ値を算出し、このときの信号品質モニタ値を信号品質に関する情報として光強度制御部 120 に送出する。

[0065] 光伝送装置 300 は、信号品質推定部 210 に替えて信号品質モニタ部 310 を備えた構成とした点において、第 2 の実施形態による光伝送装置 200 と異なる。

[0066] 本実施形態による光伝送装置 300 によれば、マルチコアファイバ 500 の各コアについて、光伝送時における雑音光強度などのパラメータをあらかじめ測定する必要はなくなる。したがって、簡易な制御フローによって、信号品質が最低であるコアにおける受信信号の信号品質を最大化することができる。その結果、複数の光伝送路 50 を用いた光伝送システムの特性を最適化することが可能になる。

[0067] 信号品質モニタ部 310 は、図 6 に示すように、光受信装置 230 による

受信信号の信号品質をそれぞれモニタし、信号品質モニタ値を算出する構成とすることができる。信号品質モニタ値としては、例えば、信号の誤り訂正前後のビット誤り率または誤り訂正前のビット誤り率のFEC (Forward Error Correction: 前方誤り訂正) リミットからのマージンなどを用いることができる。また、EVM (Error Vector Magnitude) に代表される信号点の広がりなどを用いることができる。

[0068] 光強度制御部120は、信号品質モニタ部310から受け取った信号品質モニタ値に基づいて、受信信号の信号品質が最も良好であるコアを選択し、そのときの入力光信号の光強度の設定値を低減する。または、受信信号の信号品質が最も低いコアを選択し、そのときの入力光信号の光強度の設定値を増加する。このような処理を繰り返すことによって、各コアにおける入力光強度を制御し、信号品質が最も低いコアにおける受信信号の信号品質を最大化することができる。このとき、各コアにおいて信号品質が光強度に対して単調に増加する範囲内で入力光強度の制御を行う。このようにして決定した入力光強度に基づいて、光強度制御部120は光強度設定部110を制御し、各コアにそれぞれ入力する入力光信号の光強度を調整する。

[0069] 以上説明したように、本実施形態による光伝送装置300によれば、マルチコアファイバを用いた光伝送システム2000において、コア間における受信信号の信号品質の不均一性を低減し、信号品質が最も低いコアの信号品質を最大化することが可能となる。

[0070] [第4の実施形態]

次に、本発明の第4の実施形態について説明する。図7は、本実施形態による光伝送装置400を用いた光伝送システム3000の構成を示すブロック図である。

[0071] 光伝送システム3000は、光伝送装置400と、複数の光伝送路50、複数の光送信装置220、および複数の光受信装置230とを有する。複数の光送信装置220は、複数の光信号を複数の光強度設定部110に送出す

る。複数の光受信装置 230 は、複数の光伝送路 50 を通過した後の複数の光信号を受光する。

[0072] 光伝送装置 400 は、複数の光強度設定部 110 と、それぞれの光強度設定部 110 を制御する光強度制御部 120 を有する。光強度設定部 110 は、複数の光伝送路 50 にそれぞれ入力する入力光信号の光強度を制御し、所定の入力光強度に設定する。

[0073] 光強度制御部 120 は、入力光強度を複数の光伝送路 50 ごとにそれぞれ決定し、決定した入力光強度に基づいて複数の光強度設定部 110 を制御する。このとき、複数の光伝送路 50 をそれぞれ通過した後の各光信号の信号品質に関する情報に基づいて、複数の光伝送路 50 の少なくとも一の光伝送路に対する入力光強度を決定する。

[0074] ここまでの構成は第 1 の実施形態の光伝送装置 100 と同様である。本実施形態による光伝送装置 400 は、複数の光伝送路 50 の終端側に、複数の終端側光強度設定部 410 および終端側光強度制御部 420 をさらに有する。終端側光強度設定部 410 は、複数の光伝送路 50 の終端から出力する出力光信号の光強度をそれぞれ制御し、所定の出力光強度に設定する。終端側光強度制御部 420 は、この出力光強度を入力光強度に応じて複数の光伝送路 50 ごとにそれぞれ決定し、決定した出力光強度に基づいて複数の終端側光強度設定部 410 を制御する。

[0075] このように、本実施形態の光伝送装置 400 は図 7 に示すように、複数の光伝送路 50 を含むマルチコアファイバ 500 の始端に光強度設定部 110 を備える。光強度設定部 110 は、光強度制御部 120 の制御により各コアにおける入力光強度を設定する。光伝送装置 400 はさらに、マルチコアファイバ 500 の終端にも終端側光強度設定部 410 を備える。終端側光強度設定部 410 は、終端側光強度制御部 420 の制御により各コアにおける出力光強度を設定する。このとき、終端側光強度制御部 420 は各コアにおいて、始端の光強度設定部 110 および終端の終端側光強度設定部 410 における光強度の変化量の合計が一定となるように、出力光強度を決定すること

ができる。

[0076] このような構成とすることにより、マルチコアファイバ500の始端において入力光強度を制御することとした場合に、マルチコアファイバ500の終端に接続される光受信装置等の機器に入力する光強度が変化することを回避することができる。その結果、マルチコアファイバ500の終端に接続される機器の安定した動作が可能となる。

[0077] 次に、光伝送装置400の動作について、さらに詳細に説明する。

[0078] 光強度制御部120は、第2の実施形態または第3の実施形態と同様に、信号品質推定部または信号品質モニタ部からの情報に基づいて、信号品質が最も低いコアにおける受信信号の信号品質が最大となるように入力光強度を設定する。

[0079] 光強度制御部120によって制御され、光強度設定部110に設定される各コアの入力光強度の設定値は、マルチコアファイバ500の終端側に配置された終端側光強度制御部420に送出される。終端側光強度制御部420は各コア毎に、光強度設定部110の入力から終端側光強度設定部410の出力に至るまでの光学損失が一定となるように制御を行う。具体的には例えば、光強度制御部120が光強度設定部112における入力光強度の設定値を1dBだけ下げないように制御したとする。この場合、終端側光強度制御部420は光強度制御部120から取得する入力光強度の設定値に基づいて、対応する終端側光強度設定部412の設定値を1dBだけ上げるように制御する。なお、光強度設定部110と終端側光強度設定部410における光学損失の合計が、各コア毎に所定の値となるように予め設定しておくことができる。

[0080] 以上説明したように、本実施形態の光伝送装置400によれば、マルチコアファイバの終端に接続される光受信装置等の機器に入力する光信号の光強度を変化させることなく、マルチコアファイバの始端で設定される入力光強度を制御することが可能になる。その結果、光受信装置等の動作に影響を及ぼすことなく、光伝送システムの特性を最適化することができる。

[0081] 上述した実施形態においては、入力光強度を調整する光強度設定部を、光伝送路の光送信装置側に配置した構成について説明した。しかし、これに限らず、光伝送路の途中に光アンプを配置するマルチコアファイバを用いた光伝送システムに本実施形態の光伝送装置を用いる場合には、中継地点に光強度設定部を配置した構成とすることができる。このような構成とした場合であっても、上記実施形態と同様の効果が得られる。

[0082] 本発明は上記実施形態に限定されることなく、特許請求の範囲に記載した発明の範囲内で、種々の変形が可能であり、それらも本発明の範囲内に含まれるものであることはいうまでもない。

[0083] この出願は、2012年5月29日に提出された日本出願特願2012-122085を基礎とする優先権を主張し、その開示の全てをここに取り込む。

符号の説明

- [0084] 1000、2000、3000 光伝送システム
100、200、300、400 光伝送装置
110、111～117 光強度設定部
120 光強度制御部
210 信号品質推定部
220、221～227 光送信装置
230、231～237 光受信装置
310 信号品質モニタ部
410 終端側光強度設定部
420 終端側光強度制御部
500 マルチコアファイバ
600 関連するマルチコアファイバ
610 コア
620 クラッド
10 入力光信号

50 光伝送路

51～コア57 コア

請求の範囲

- [請求項1] 複数の光伝送路にそれぞれ入力する入力光信号の光強度を制御し、所定の入力光強度に設定する複数の光強度設定手段と、
- 前記入力光強度を前記複数の光伝送路ごとにそれぞれ決定し、決定した入力光強度に基づいて前記複数の光強度設定手段を制御する光強度制御手段、を有し、
- 前記光強度制御手段は、前記複数の光伝送路をそれぞれ通過した後の各光信号の信号品質に関する情報に基づいて、前記複数の光伝送路の少なくとも一の光伝送路に対する前記入力光強度を決定する光伝送装置。
- [請求項2] 請求項1に記載した光伝送装置において、
- 前記光強度制御手段は、前記信号品質に関する情報を用いて、前記複数の光伝送路の中から前記信号品質が最高である第1の光伝送路を選択し、前記第1の光伝送路に対する入力光信号の光強度の設定値を低減し、低減した後の光強度を前記第1の光伝送路に対する前記入力光強度に決定する光伝送装置。
- [請求項3] 請求項1または2に記載した光伝送装置において、
- 前記光強度制御手段は、前記信号品質に関する情報を用いて、前記複数の光伝送路の中から前記信号品質が最低である第2の光伝送路を選択し、前記第2の光伝送路に対する入力光信号の光強度の設定値を増加し、増加した後の光強度を前記第2の光伝送路に対する前記入力光強度に決定する光伝送装置。
- [請求項4] 請求項3に記載した光伝送装置において、
- 前記光強度制御手段は、前記信号品質が前記光強度に対して単調に増加する範囲内で、前記光強度の設定値を増加する動作を行う光伝送装置。

- [請求項5] 請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載した光伝送装置において、
信号品質推定手段をさらに有し、
前記信号品質推定手段は、少なくとも前記入力光信号の光強度の設定値と、前記複数の光伝送路間のクロストークに関する情報と、雑音光強度に関する情報とから、前記信号品質に関する情報としての信号品質推定値を算出し、前記信号品質推定値を前記光強度制御手段に送出する
光伝送装置。
- [請求項6] 請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載した光伝送装置において、
前記複数の光伝送路の終端側に配置される信号品質モニタ手段をさらに有し、
前記信号品質モニタ手段は、前記複数の光伝送路をそれぞれ通過した後の各光信号を検出して信号品質モニタ値を算出し、前記信号品質モニタ値を前記信号品質に関する情報として前記光強度制御手段に送出する
光伝送装置。
- [請求項7] 請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載した光伝送装置において、
前記複数の光伝送路の終端側に、複数の終端側光強度設定手段と、終端側光強度制御手段をさらに有し、
前記終端側光強度設定手段は、前記複数の光伝送路の終端から出力する出力光信号の光強度をそれぞれ制御して所定の出力光強度に設定し、
前記終端側光強度制御手段は、前記出力光強度を、前記入力光強度に応じて前記複数の光伝送路ごとにそれぞれ決定し、決定した出力光強度に基づいて前記複数の終端側光強度設定手段を制御する
光伝送装置。
- [請求項8] 請求項 1 から 7 のいずれか一項に記載した光伝送装置と、複数の光伝送路と、複数の光送信装置と、複数の光受信装置、とを有し、

前記複数の光送信装置は、複数の光信号を前記複数の光強度設定手段に送出し、

前記複数の光受信装置は、前記複数の光伝送路を通過した後の前記複数の光信号を受光する
光伝送システム。

[請求項9] 複数の光伝送路にそれぞれ入力する入力光信号の光強度を制御して所定の入力光強度に設定し、

前記複数の光伝送路をそれぞれ通過した後の各光信号の信号品質に関する情報を取得し、

前記信号品質に関する情報に基づいて、前記複数の光伝送路の少なくとも一の光伝送路に対する前記入力光強度を決定し、

決定した入力光強度に基づいて前記入力光信号の光強度を制御する光伝送方法。

[請求項10] 請求項9に記載した光伝送方法において、

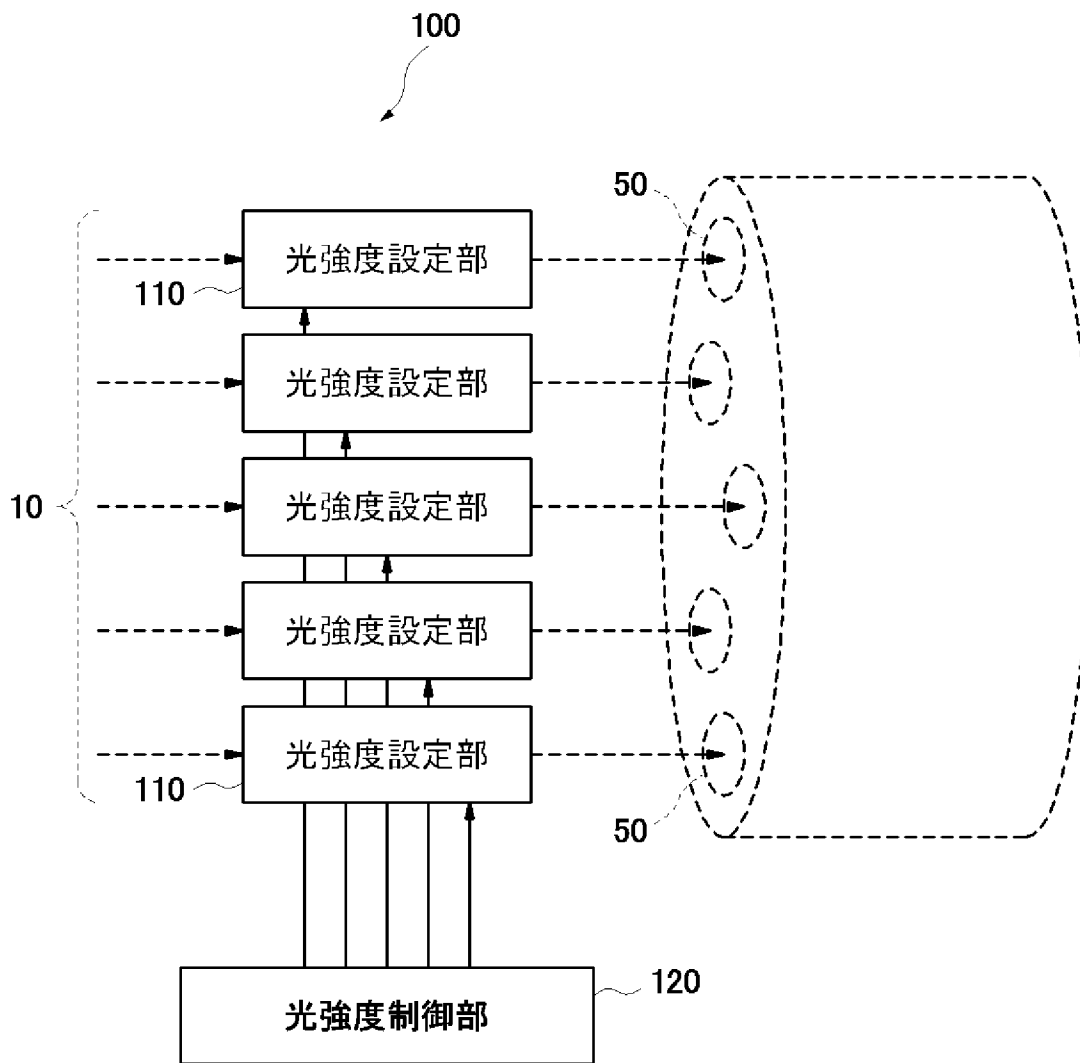
前記信号品質に関する情報を用いて、前記複数の光伝送路の中から前記信号品質が最高である第1の光伝送路を選択し、

前記第1の光伝送路に対する入力光信号の光強度の設定値を低減し、低減した後の光強度を前記第1の光伝送路に対する前記入力光強度に決定し、

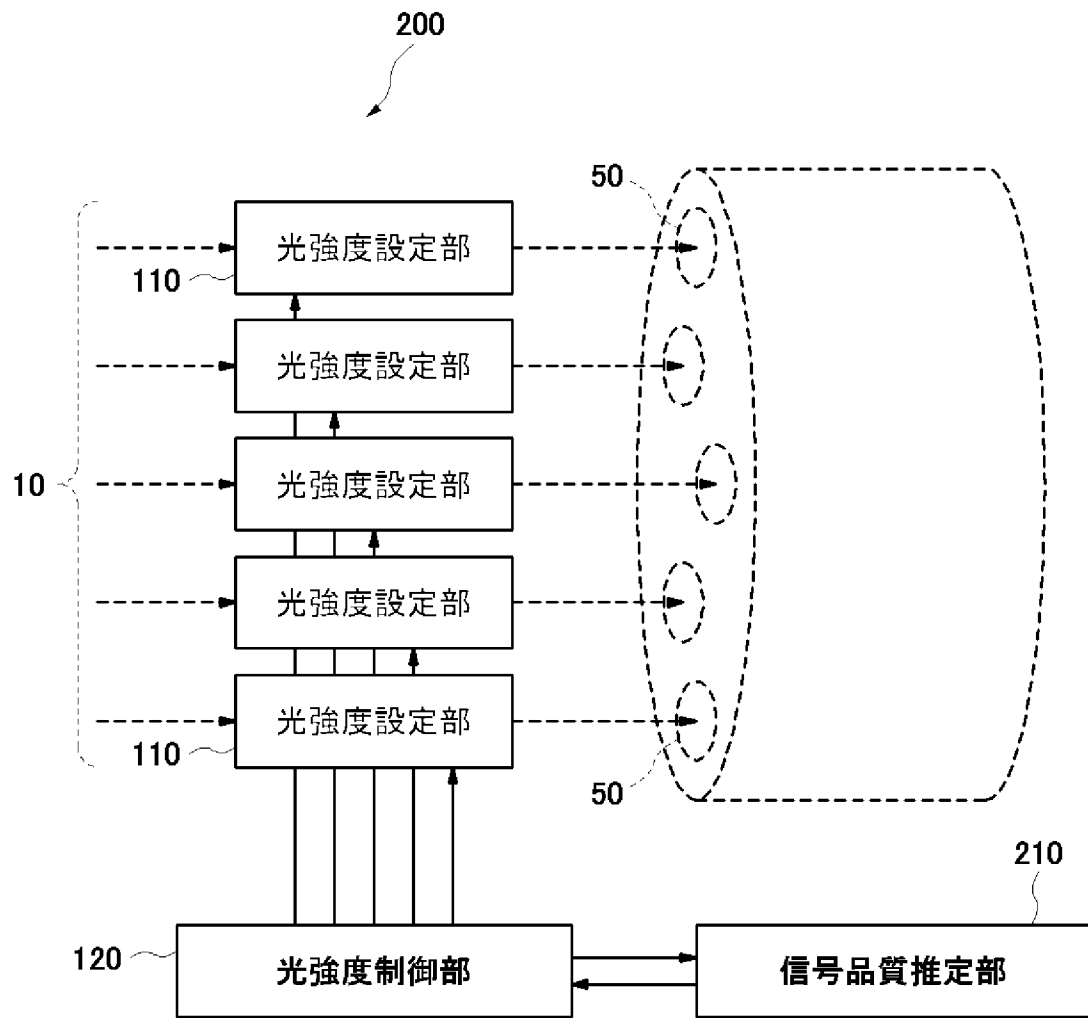
前記信号品質に関する情報を用いて、前記複数の光伝送路の中から前記信号品質が最低である第2の光伝送路を選択し、前記第2の光伝送路に対する入力光信号の光強度の設定値を増加し、増加した後の光強度を前記第2の光伝送路に対する前記入力光強度に決定する

光伝送方法。

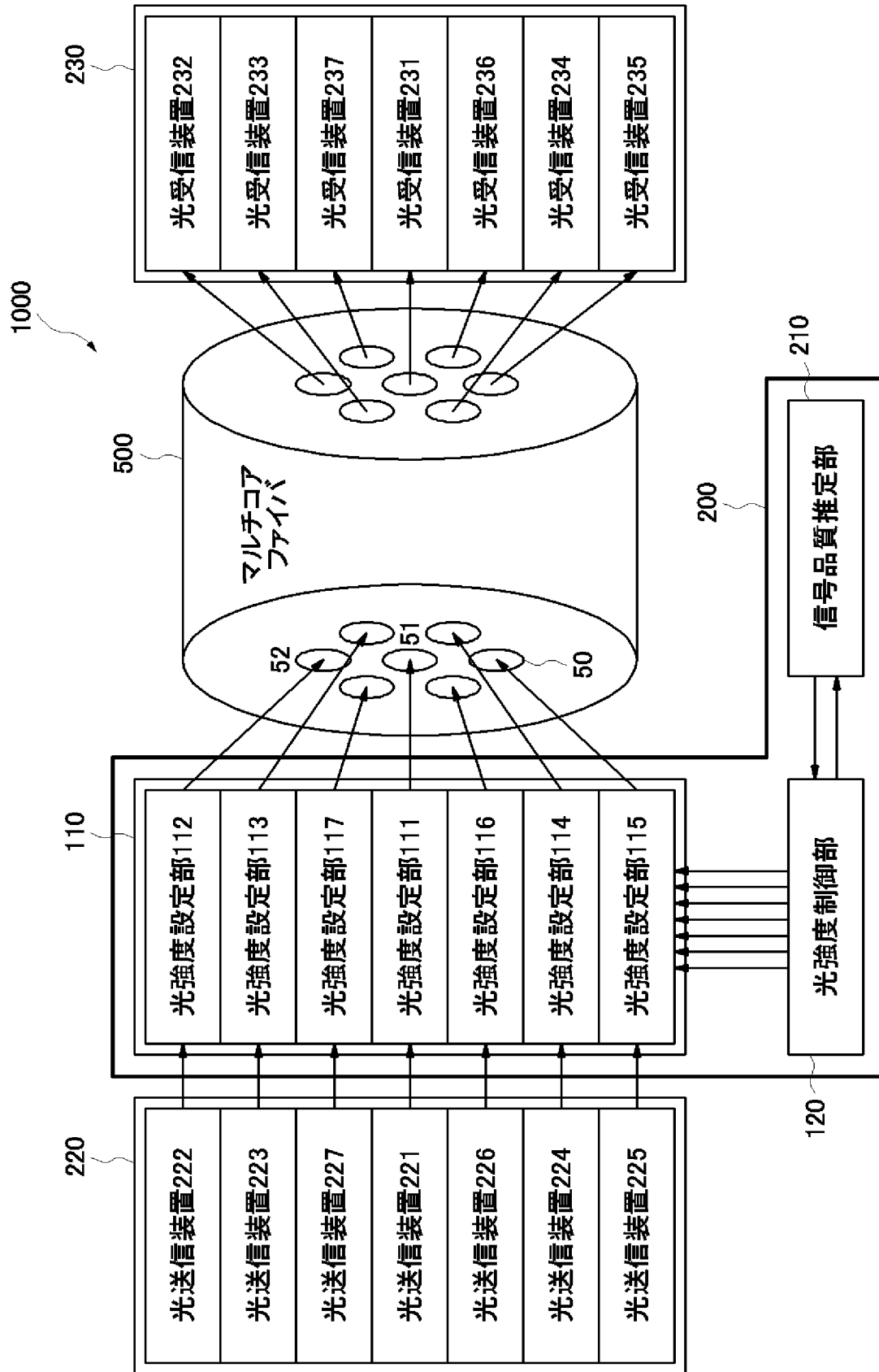
[図1]



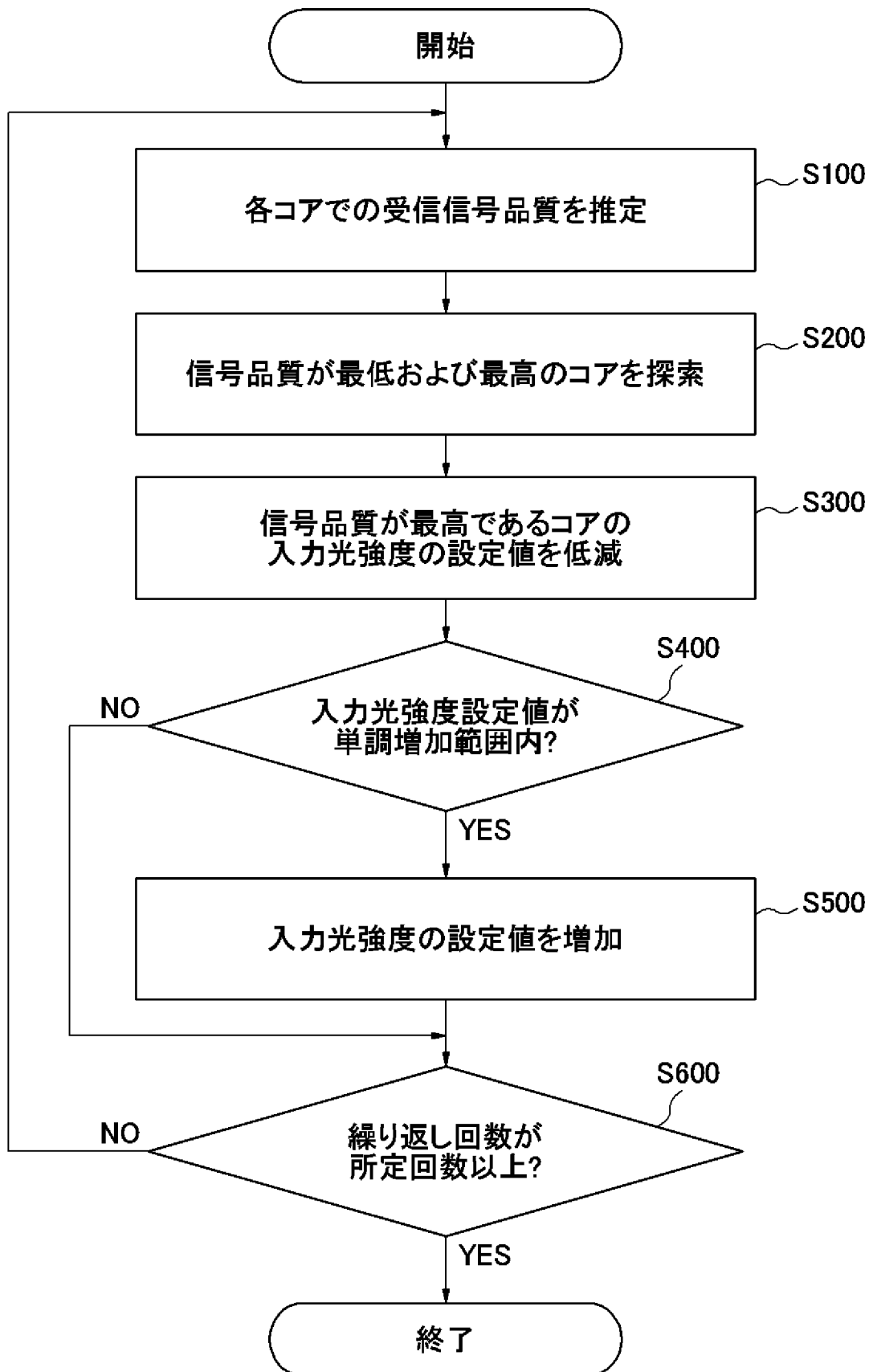
[図2]



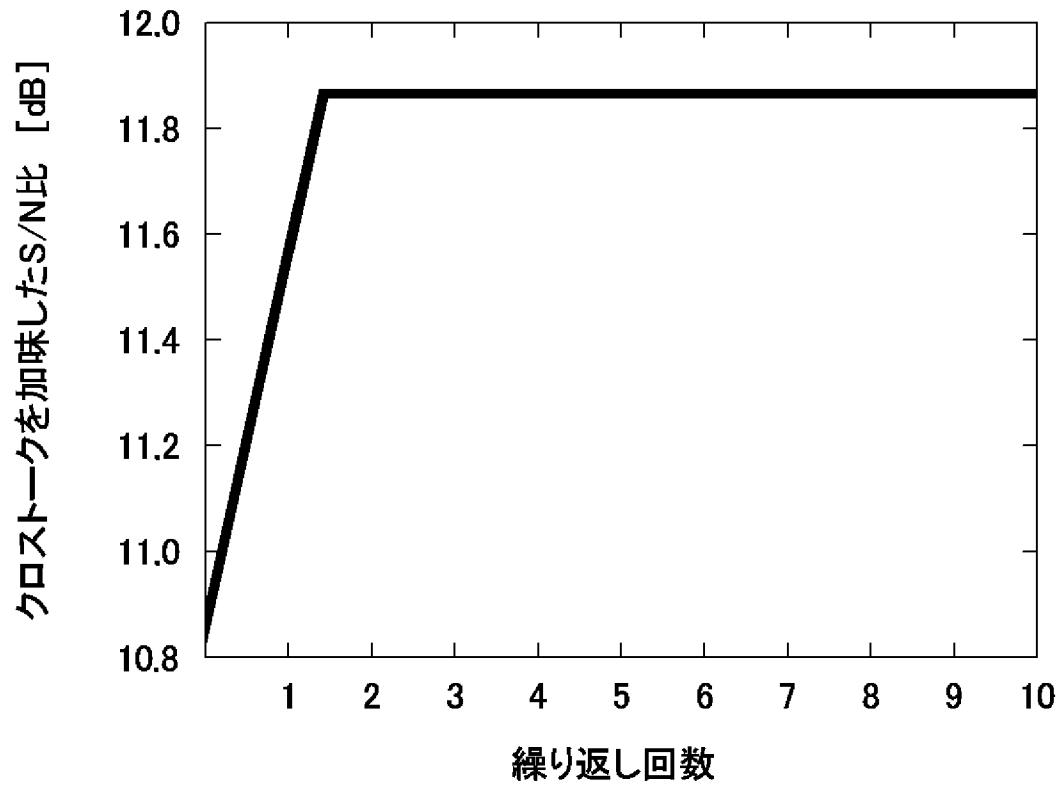
[図3]



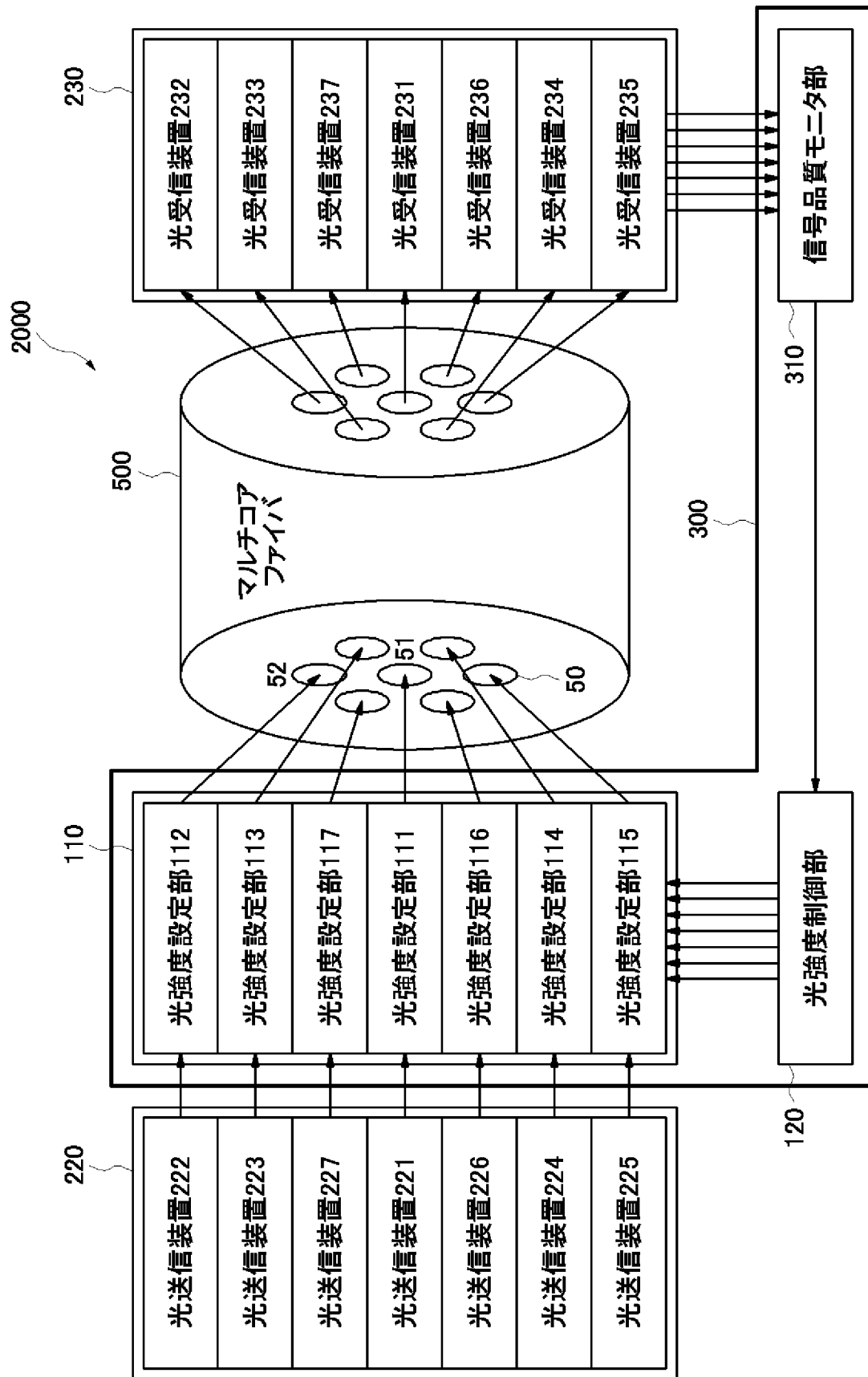
[図4]



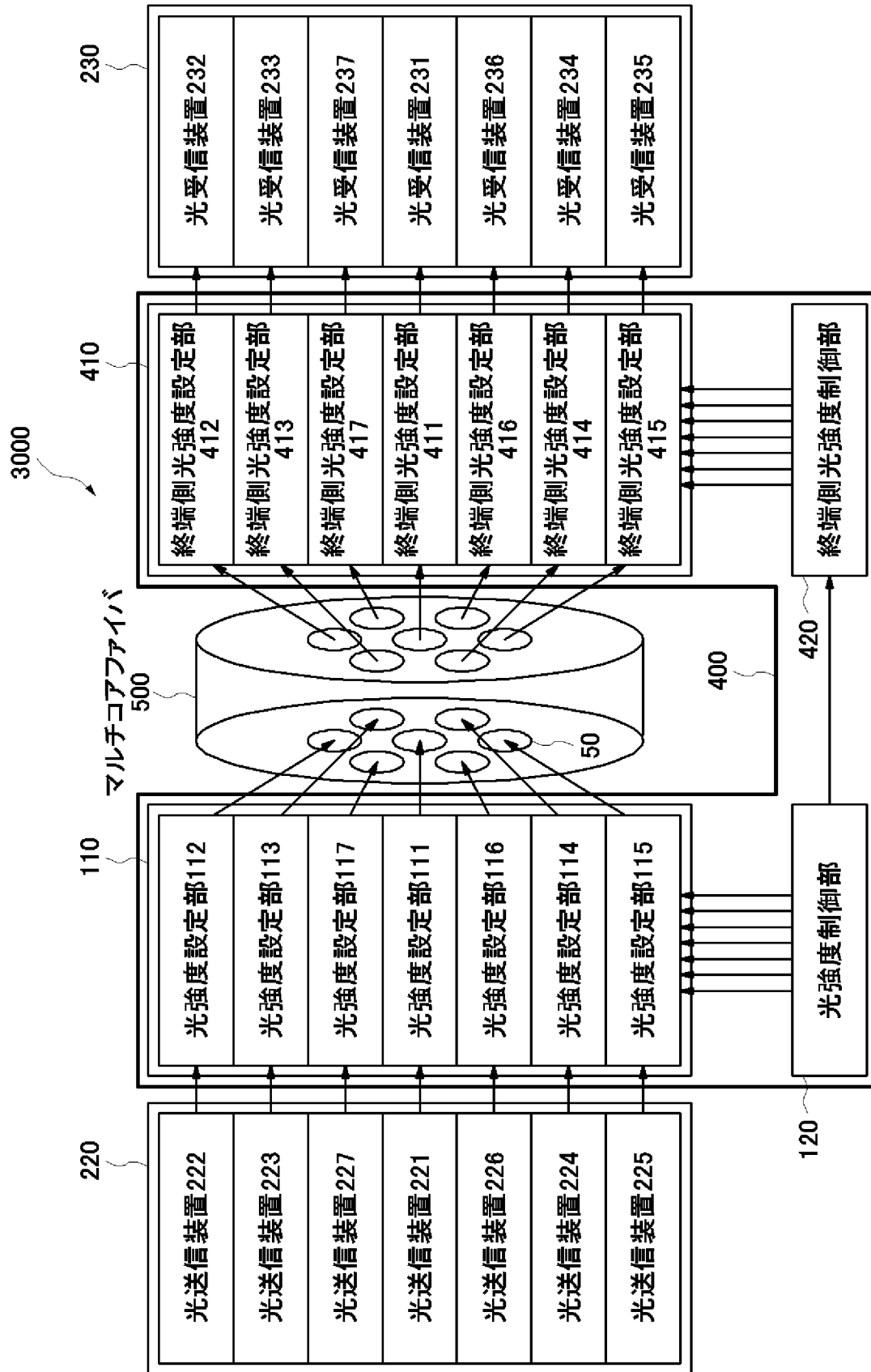
[図5]



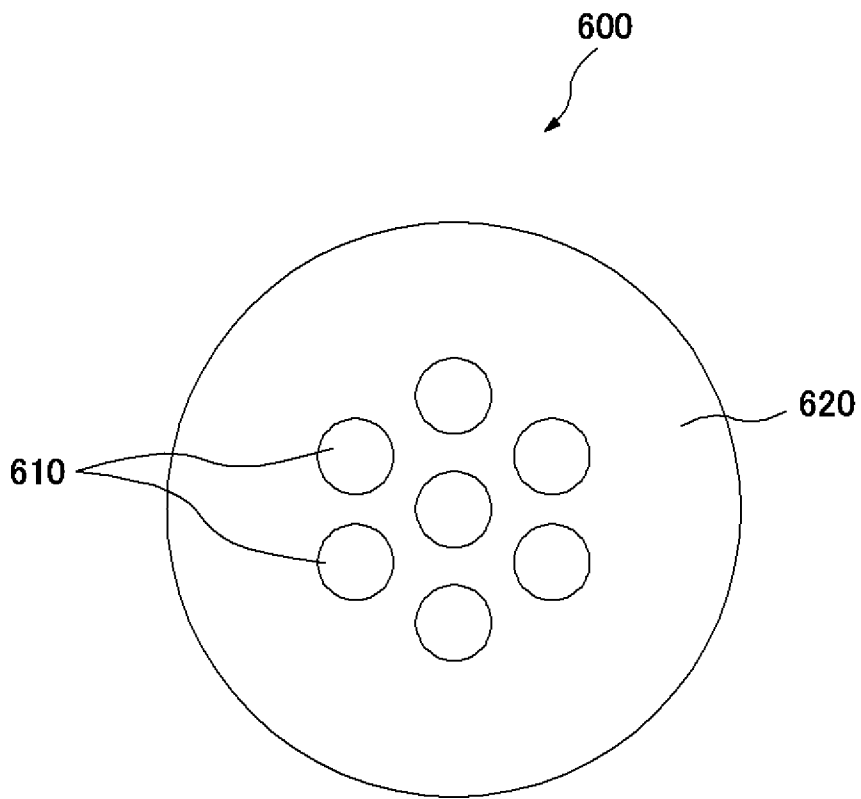
[図6]



[図7]



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/003178

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04B10/564(2013.01)i, H04B10/25(2013.01)i, H04J14/00(2006.01)i, H04J14/04(2006.01)i, H04J14/06(2006.01)i

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)
H04B10/564, H04B10/25, H04J14/00, H04J14/04, H04J14/06

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

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.
X Y A	JP 2003-298526 A (NGK Insulators, Ltd.), 17 October 2003 (17.10.2003), paragraphs [0001] to [0075]; fig. 1, 2, 4 (Family: none)	1, 6, 8, 9 7 2-5, 10
Y A	JP 2012-19264 A (Hitachi, Ltd.), 26 January 2012 (26.01.2012), paragraphs [0048] to [0051] (Family: none)	7 2-5, 10
A	JP 2010-124266 A (Nippon Telegraph and Telephone Corp.), 03 June 2010 (03.06.2010), paragraphs [0024] to [0027] (Family: none)	1-10

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" 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 application or patent 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
30 May, 2013 (30.05.13)

Date of mailing of the international search report
11 June, 2013 (11.06.13)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/003178

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	K. Takenaga, S. Tanigawa, N. Guan, S. Matsuo, K. Saitoh, M. Koshihara, Reduction of Crosstalk by Quasi-Homogeneous Solid Multi-Core Fiber, OSA/OFC/NFOEC 2010 OWK7, 2010.03.25, P.1-P.3	1-10

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))
 Int.Cl. H04B10/564(2013.01)i, H04B10/25(2013.01)i, H04J14/00(2006.01)i, H04J14/04(2006.01)i, H04J14/06(2006.01)i

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.Cl. H04B10/564, H04B10/25, H04J14/00, H04J14/04, H04J14/06

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 1971-2013年
 日本国実用新案登録公報 1996-2013年
 日本国登録実用新案公報 1994-2013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 請求項の番号
X Y A	JP 2003-298526 A (日本碍子株式会社) 2003.10.17, 段落0001-0075, 第1, 2, 4図 (ファミリーなし)	1, 6, 8, 9 7 2-5, 10
Y A	JP 2012-19264 A (株式会社日立製作所) 2012.01.26, 段落0048-0051 (ファミリーなし)	7 2-5, 10

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。

<p>* 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</p>	<p>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</p>
---	---

国際調査を完了した日 30.05.2013	国際調査報告の発送日 11.06.2013
--------------------------	--------------------------

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) 鈴木 重幸	5 J	9 6 5 3
	電話番号 03-3581-1101 内線 3534		

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 請求項の番号
A	JP 2010-124266 A (日本電信電話株式会社) 2010.06.03, 段落0024-0027 (ファミリーなし)	1-10
A	K. Takenaga, S. Tanigawa, N. Guan, S. Matsuo, K. Saitoh, M. Koshihara, Reduction of Crosstalk by Quasi-Homogeneous Solid Multi-Core Fiber, OSA/OFC/NFOEC 2010 OWK7, 2010.03.25, P.1-P.3	1-10