

(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  
2024年12月12日(12.12.2024)

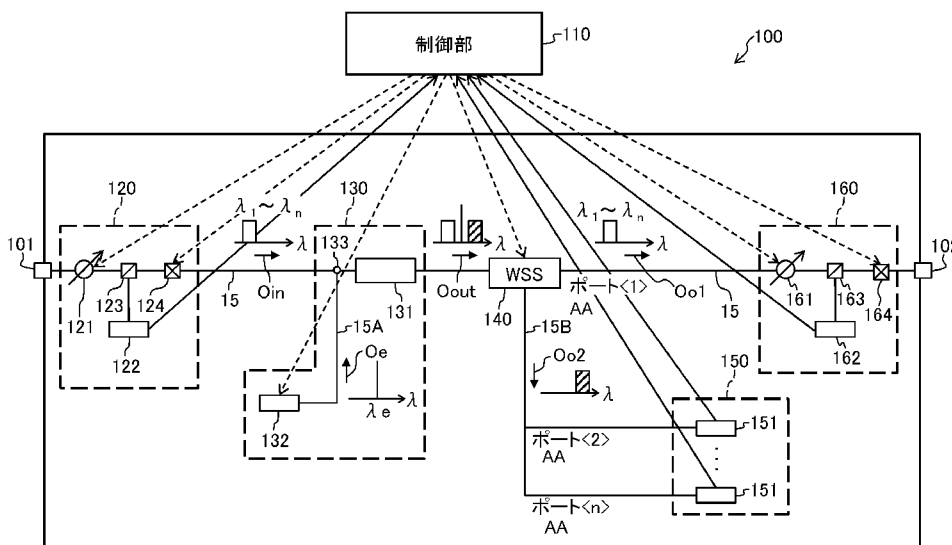


(10) 国際公開番号  
**WO 2024/252500 A1**

- (51) 国際特許分類:  
*H04B 10/077* (2013.01) *H04B 10/291* (2013.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2023/020896
- (22) 国際出願日: 2023年6月5日(05.06.2023)
- (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: 日本電信電話株式会社 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008116 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 巳波 春香 (MINAMI, Haruka); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 NTT 知的財産センタ内 Tokyo
- (74) 代理人: 弁理士法人磯野国際特許商標事務所 (ISONO INTERNATIONAL PATENT OFFICE, P.C.); 〒1020082 東京都千代田区一番町2-1-1 一番町東急ビル 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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU,

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

(54) 発明の名称: 光伝送装置および光伝送方法



110 Control unit  
AA Port

(57) Abstract: An optical transmission device (100) comprises: an input light intensity monitor (120) that adjusts the light intensity of a transmission wavelength signal input to an optical relay node; a wavelength conversion unit (130) that converts the wavelength of a transmission wavelength signal obtained as a result of an input light intensity adjustment unit adjusting the light intensity; a WSS (140) that divides a transmission wavelength signal to be relayed into a transmission wavelength signal having the same wavelength as that prior to the wavelength conversion and a monitoring wavelength



WO 2024/252500 A1

LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY,  
MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL,  
PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK,  
SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,  
UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, 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, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))
- 一 補正された請求の範囲及び説明書 (条約第19条(1))

---

signal other than the transmission wavelength signal; an output light intensity monitor (160) that adjusts the light intensity of the transmission wavelength signal separated by the WSS (140); a monitor measurement instrument (150) that measures the transmission quality of the monitoring wavelength signal separated by the WSS (140); and a control unit (110) that controls the input light intensity monitor (120), the WSS (140), and the output light intensity monitor (160).

(57) 要約：光伝送装置（100）は、光中継ノードに入力される伝送波長信号の光強度を調整する入力光強度モニタ（120）と、入力光強度調整部が光強度を調整した伝送波長信号の波長を変換する波長変換部（130）と、中継する伝送波長信号を、波長変換前と波長が同じ伝送波長信号と、当該伝送波長信号以外のモニタリング用波長信号とに分けるWSS（140）と、WSS（140）が分離した伝送波長信号の光強度を調整する出力光強度モニタ（160）と、WSS（140）が分離したモニタリング用波長信号の伝送品質を測定するモニタ用測定器（150）と、入力光強度モニタ（120）、WSS（140）、および出力光強度モニタ（160）を制御する制御部（110）と、を備える。

## 明 細 書

### 発明の名称：光伝送装置および光伝送方法

#### 技術分野

[0001] 本発明は、光伝送装置および光伝送方法に関する。

#### 背景技術

[0002] 送信ノードと受信ノードとの間を比較的長距離の光ファイバケーブルで接続し、光信号の伝送を行う光伝送システムにおいては、伝送路の途中で光信号が大きく減衰したり、伝送品質の劣化が生じることが予想される。したがって、送信ノードから送信された光信号を確実に受信ノードに届けるために、一般的には伝送路の途中に1つ以上の中継ノードを配置して、減衰した光信号を増幅する、また伝送路の途中で発生したビットエラーなどを訂正する必要がある。

[0003] また、通常は一定の距離毎に中継ノードを配置する必要があるので、長距離の光伝送を行う場合は多数の中継ノードが送信ノードと受信ノードの間の伝送路の中間部に接続される。

[0004] 光伝送システムの各中継ノードは、通常は電気終端処理の機能を備えている。すなわち、受信した光信号を電気信号に一旦変換し、変換された電気信号の情報を中継処理する。また、電気信号の情報を処理する際に、当該中継ノードにおける伝送品質データ（Pre-FEC BER、分散補償量、偏波モード分散量、偏波依存損失）を取得できる。

[0005] しかし、各中継ノードで電気終端処理を行うと、電気信号の中継処理に伴う遅延時間の増大は避けられない。また、電気信号の中継処理に伴って電力消費が増大する。また、光伝送の際に利用可能な波長リソースに制約があるので伝送容量拡大の妨げになる。

[0006] 一方、近年では光ファイバケーブルや光送信機の機能が向上している。そこで、電気終端処理の機能を備えた中継ノードを配置する間隔を拡大する傾向が

ある。これにより、電気終端処理を行いながら中継するノードの数が減るためネットワークの省電力化、大容量化、低遅延化が可能になる。

[0007] 一方、例えば非特許文献1は光ノード装置における電気終端処理を省略した光トランスポートネットワークの技術を開示している。また、非特許文献1は限られた波長リソースを効率的に使用するため、経由する光ノード装置において、光信号の波長を他の波長へ変換する波長変換機能の導入について開示している。

[0008] ところで、光伝送システムに障害が発生した場合には、障害箇所を特定する必要がある。そのためには、最初に長距離の伝送路の全長を中継ノード毎の複数の区間に分離して、区間毎に故障発生の有無の切り分けを行う必要がある。

[0009] 各中継ノードが電気終端処理の機能を実装している場合には、中継ノード毎に伝送品質データを取得できる。各中継ノードの伝送品質データを比較することで、区間毎の故障発生の有無の切り分けが可能になる。

[0010] しかし、電気終端処理の機能を実装していない中継ノードについてはその地点の伝送品質データが得られない。そのため、故障有無の切り分けが可能な区間のそれぞれの中に多数の光伝送装置が含まれたり、区間毎の光ファイバケーブルの長さが非常に長くなる状況になる。そのため、障害箇所の特定が困難になる。

[0011] そこで、例えば中継ノードに光スプリッタを配置することが考えられる。すなわち、中継ノードが受信した1つの光信号を光スプリッタで2つの経路に分岐して、一方の経路の主信号は光信号のまま中継し、他方の経路の光信号は電気信号に変換して伝送品質データの取得のために利用する。これにより、中継に伴う光主信号の信号遅延を低減できる。しかし、入力された光信号が光スプリッタを通過する際に中継する光主信号の光強度が低下するため、中継ノードで伝送品質の劣化が発生する。

[0012] <光伝送システムの構成>

図7は、一般的な光伝送システム1Aの構成例を示す図である。

図7に示すように、光伝送システム1Aは、7つの光伝送装置10-1、10-2、10-3、10-4、10-5、10-6、および10-7が一列に並び、共通の光ファイバケーブル15を経由して互いに直列に接続されている。また、これらの光伝送装置10-1~10-7を含む通信ネットワークを管理するためにネットワークコントローラ20が各光伝送装置10-1~10-7に接続されている。

[0013] 例えば、この通信ネットワークの一端側の光伝送装置10-1から他端側の光伝送装置10-7に対してデータを伝送する場合、光伝送装置10-1が送信ノードとなり、光伝送装置10-7が受信ノードとなる。また、これらの送信ノード、受信ノードの間にある光伝送装置10-2~10-6は、それぞれ中継ノードとして使用される。

[0014] 送信ノードの光伝送装置10-1は、送信するデータをトランスポンダ(TPD: Transponder)11の内部で電気信号から所定波長の光信号に変換し、この光信号を光ファイバケーブル15に送出する。受信ノードの光伝送装置10-7は、光ファイバケーブル15から光信号を受け取り、光伝送装置10-7内のトランスポンダ11で光信号を電気信号に変換して受信データを取得する。

[0015] 光信号伝送の距離が長くなると、光強度が低下し、ビットエラーレート(BER)などの伝送品質の劣化が発生する。また、光強度が著しく低下し、ビットエラーレートが著しく増大すると、受信ノードの光伝送装置10-7が送信されたデータを正しく受信できない状態になる。

[0016] そのため、各中継ノードの光伝送装置10-2~10-6が所定の中継処理を実行する。具体的には、各中継ノードがそれぞれの中継位置で受信した光信号の光強度を増幅して、所定のエラー訂正処理によりビットエラーのない元のデータを復元する。

[0017] ただし、エラー訂正処理などを行うためには、伝送する光信号の電気終端処理を行う必要がある。具体的には、光伝送装置10-2~10-6は、トランスポンダ11内で光信号を電気信号に変換し、得られた電気信号のデータを処

理してエラー訂正処理などを行う。更に、光伝送装置10-2~10-6は、処理の終了した電気信号を再び光信号に変換し、中継出力として下流側の光ファイバケーブル15へ送出する。

[0018] 上記のような電気終端処理を行うと、伝送中に発生したエラーを確実に訂正すると共に光強度を回復することができる。また、伝送品質データを得ることもできる。しかし、電気信号の処理に伴ってトランスポンダ11の内部で信号に比較的大きな遅延が発生する。また、伝送距離が長くなると中継回数が増えるので、遅延時間が増大する。光伝送システム1Aの例では、送信ノードと受信ノードの間に中継ノードとしてトランスポンダ11を含む光伝送装置10-3、および10-5が存在するので、電気終端処理を含む中継処理が1回だけの場合に比べて遅延時間が2倍になる。

[0019] 近年では、光ファイバケーブル15や光信号を送信する送信機の機能が向上しているので、比較的長距離の光伝送を行う場合でも、電気終端処理を含む中継ノードの中継数を減らすことが可能である。したがって、図7に示した光伝送システム1Aの構成を、図8の光伝送システム1Bのように改良することができる。

[0020] 図8は、図7の光伝送システム1Aを改良した光伝送システム1Bの構成例を示す図である。

図8に示す光伝送システム1Bは、トランスポンダ11が光伝送装置10-1および10-7に存在するが、他の光伝送装置10-2~10-6にはトランスポンダ11がない。つまり、送信ノードの光伝送装置10-1から受信ノードの光伝送装置10-7に光信号を伝送する場合に、途中で電気終端処理を含む中継を1回も行わない。したがって、光伝送システム1Bの光信号伝送に伴う遅延時間は、光伝送システム1Aと比べて大幅に削減される。

[0021] 光伝送システム1Bは、光伝送装置10-2~10-6の各々にトランスポンダ11がなく、電気終端処理を行わないので、各光伝送装置10-2~10-6の中継ノードの位置で伝送品質データを得ることができない。

[0022] 通信の障害が発生すると、通常、ネットワークコントローラ 20 は光信号の伝送に使用している各ノードの位置で検出された伝送品質データに基づいて障害が発生した場所の候補を絞り込むために伝送区間の切り分けを行う。しかし、光伝送システム 1 B の場合は各光伝送装置 10-2 ~ 10-6 の中継位置における伝送品質データが得られないので、光伝送装置 10-1 の出力と光伝送装置 10-7 の入力との間のどの区間で障害が発生しているのかを切り分けることができない。その結果、障害が発生している場所の特定が困難になり、障害の復旧に長い時間が必要になる。特に、光ファイバケーブル 15 の距離が非常に長い場合には、障害発生場所を探ることが難しい。

[0023] <マルチバンドネットワーキング技術>

図 9 は、マルチバンドネットワーキング技術における光通信リンクと波長帯との関係の例を示す図である。

図 9 に示すように、通信に利用する光の波長帯として、Lバンド、Cバンド、およびSバンドの3種類がある場合を想定している。Lバンドとは、1565 ~ 1625 nm の波長帯域である。Cバンドとは、1530 ~ 1565 nm の波長帯域である。Sバンドとは、1460 ~ 1530 nm の波長帯域である。

また、Lバンド、Cバンド、およびSバンドのそれぞれは互いに独立した光路 (Optical path) を有している。また、図 9 の例では、互いに独立した2つの光通信リンク 31、および32がある場合を想定している。

[0024] 各光通信リンク 31、32 の光信号は、状況に応じてアダプティブにバンド切り替えされ、複数バンドの光路を跨ぐようにスイッチングされる。図 9 中に示した光通信リンク 31 の光信号は、Lバンドの光路を通過した後、波長変換によりCバンドの光信号に変換されてCバンドの光路に入り、更に波長変換によりSバンドの光信号に変換されてSバンドの光路に入る。この光は、次に波長変換によりLバンドの光信号に変換されてLバンドの光路に入り、Ph-EX (Photonic Exchange) で電気信号に変換されて処理されて出力される。Ph-EX は、交換、多重、スイッチングといった電気処理を極小化した構成要素である。

[0025] また、Cバンドの波長の光通信リンク32の光信号は、Cバンドの光路を通過した後、波長変換によりSバンドの光信号に変換されてSバンドの光路に入り、Ph-EXで電気信号に変換されて処理される。

[0026] 図9に示したような技術を利用することで、光伝送システムは、限られた波長リソースを効率的に使用できる。具体的には、伝送路の収容トラヒック量を30%程度増やすことができる。また、各通信ノードの位置で電気終端処理を省略して、光信号のまま処理できるので、ネットワークの省電力化、大容量化、低遅延化などの効果が期待できる。ただし、各ノード位置の光伝送装置は、光信号を波長変換する機能を実装する必要がある。

[0027] 図10は、全光波長変換部13を備える光伝送システム1の構成例を示す図である。

図10に示すように、光伝送システム1は、5つの光伝送装置41、42、43、44、および45と、ネットワークコントローラ20と、を備える。5つの光伝送装置41~45は、例えば一定の距離だけ互いに離れた場所に一列に並べて設置されている。また、光伝送装置41~45は光信号の伝送路として利用される1つの光ファイバケーブル15を介して互いに直列に接続されている。

[0028] ネットワークコントローラ20は、光伝送装置41~45、および光ファイバケーブル15で構成される光通信ネットワークの全体を管理している。ネットワークコントローラ20は、例えば光通信ネットワーク上で何らかの障害が発生した場合に、障害の発生場所を特定するために役立つ情報を生成できる。

[0029] 例えば、この通信ネットワークの一端側の光伝送装置41から他端側の光伝送装置45に対してデータを伝送する場合、光伝送装置41が送信ノードとなり、光伝送装置45が受信ノードとなる。また、これらの送信ノード、受信ノードの間にある光伝送装置42~44は、それぞれ中継ノードとして使用される。

- [0030] 送信ノードの光伝送装置41は、送信するデータをトランスポンダ11の内部で電気信号から所定波長の光信号に変換し、この光信号を光ファイバケーブル15に送出する。受信ノードの光伝送装置45は、光ファイバケーブル15から光信号を受け取り、光伝送装置45内のトランスポンダ11で光信号を電気信号に変換して受信データを取得する。
- [0031] 図10に示した構成においては、1つの中継ノードとして使用される光伝送装置43の内部にAO-WC (All Optical Wavelength Conversion: 全光波長変換) の機能を実装した全光波長変換部13を備えている。
- [0032] 光伝送装置43内の全光波長変換部13は、光ファイバケーブル15から光伝送装置43に入力された波長が $\lambda_1$ の入力光信号 $O_{in}$ を光信号のままで波長変換処理して、入力と異なる波長 $\lambda_2$ の光信号を生成し、波長 $\lambda_2$ の送出光信号 $O_{o2}$ として下流側の光ファイバケーブル15に送出することができる。また、図10中に示した全光波長変換部13は、光伝送装置43の内部で中継する光主信号とは別の不要光成分を抽出して光伝送装置43内の検出器11Aに入力することができる。検出器11Aは、トランスポンダ11と同様に電気終端処理の機能を有しているが、光信号を送出する機能はない。すなわち、検出器11Aは入力された光信号を電気信号に変換する機能と、この電気信号を処理して伝送品質データを検出する機能とを有している。
- [0033] 光伝送装置43は、中継する光主信号を電気終端処理することなく、光信号のまま中継して下流側の光ファイバケーブル15に送出するので、中継処理に伴う遅延の増大を防止できる。また、後述するように検出器11Aに入力する光信号を抽出するために光スプリッタを使う必要がないので、光主信号の光強度の低下を防止できる。
- [0034] また、全光波長変換部13は、中継する光主信号とは別の不要光成分を抽出して光伝送装置43内の検出器11Aに入力するので、検出器11Aは光伝送装置43のノード位置における伝送品質データを検出できる。
- [0035] したがって、ネットワークコントローラ20は電気終端処理を行わない光伝送装置43などの中継ノードの伝送品質データを取得できる。例えば障害が発

生した場合に、ネットワークコントローラ 20 は各中継ノードの位置における伝送品質データに基づいて、区間毎に障害発生の有無を切り分けることができる。

[0036] <全光波長変換部の構成>

図 11 は、図 10 の光伝送システム 1 に含まれる全光波長変換部 13 の構成例を示す図である。

図 11 に示すように、全光波長変換部 13 は、励起光光源 14、光ファイバ 15 A、光合波器 16、非線形光学媒質 17、光分波器 18、および光ファイバ 15 B を備える。

全光波長変換部 13 は、中継する光主信号、および、励起光光源 14 から出射される励起光の両方の光が同時に入射可能な非線形光学媒質 17 を含んだ全光波長変換デバイスである。

[0037] 励起光光源 14 は、所定の波長  $\lambda_e$  の励起光  $O_e$  を生成する。励起光光源 14 が生成した励起光  $O_e$  は、光ファイバ 15 A を通って光合波器 16 に入射する。励起光  $O_e$  の波長  $\lambda_e$  は入力光信号  $O_{in}$  の波長  $\lambda_1$  とは異なる。また、励起光  $O_e$  の光強度は入力光信号  $O_{in}$  と比べて十分に大きい。

[0038] 光合波器 16 は、光ファイバケーブル 15 から入力される入力光信号  $O_{in}$  と光ファイバ 15 A から入力される励起光  $O_e$  とを合波した光を生成して非線形光学媒質 17 の入射端に送出する。

[0039] 非線形光学媒質 17 は、非線形光学特性を有し、入射光と異なる波長の光信号を生成することができる。代表例としては、高非線形ファイバ (HNLF)、周期分極反転ニオブ酸リチウム (PPLN)、および半導体光増幅器 (SOA) のいずれか 1 つを非線形光学媒質 17 として利用できる。

[0040] 光分波器 18 は、全光波長変換デバイスである非線形光学媒質 17 の光出射側に接続されている。非線形光学媒質 17 の出力端から出射される出射光  $O_{out}$  は光分波器 18 に入力される。光分波器 18 は、その波長選択特性により入射光を分波して、2 種類の光信号をそれぞれ抽出する。すなわち、波長  $\lambda_2$

の送出光信号 $O_o2$ と、波長 $\lambda_1$ の出射光 $O_o1$ とが光分波器18の互いに異なる出力端子から出射される。

[0041] 送出光信号 $O_o2$ の波長 $\lambda_2$ は、入力光信号 $O_i n$ の波長と、励起光 $O_e$ の波長 $\lambda_e$ と、非線形光学媒質17の非線形光学特性とに基づいて生成される。波長 $\lambda_1$ の入力光信号 $O_i n$ が励起光 $O_e$ と共に非線形光学媒質17を通過することで、波長変換された送出光信号 $O_o2$ の波長 $\lambda_2$ が生成される。また、非線形光学媒質17の出射光の中には、波長変換前と同じ波長 $\lambda_1$ の光成分も含まれている。

[0042] 光分波器18から出力される波長 $\lambda_2$ の送出光信号 $O_o2$ は、中継出力として光伝送装置43の出力から下流側の光ファイバケーブル15に送出される。また、光分波器18から出力される波長 $\lambda_1$ の出射光 $O_o1$ は、光ファイバ15Bを介して光伝送装置43内の検出器11Aに入力される。

[0043] このように、図11に示した全光波長変換部13を利用することで、光伝送装置43が中継する光主信号を電気終端処理することなく、光信号のままでその波長を $\lambda_1$ から $\lambda_2$ に変換し、遅延の増大を防止できる。また、全光波長変換部13から出力される波長変換前と同じ波長 $\lambda_1$ の出射光 $O_o1$ 、すなわち主信号以外の不要な光成分を検出器11Aに入力することができる。検出器11Aは、入力される波長 $\lambda_1$ の出射光 $O_o1$ を内部で電気信号に変換し、電気信号の形態で各種処理を行うことができる。これにより、光伝送装置43の中継ノード位置における伝送品質データが得られる。

[0044] ただし、中継ノードが送出する光主信号の波長 $\lambda_2$ と検出器11Aに入力される主信号以外の光の波長 $\lambda_1$ とは異なっている。そこで、波長 $\lambda_1$ に対して検出される伝送品質と波長 $\lambda_2$ に対して検出される伝送品質との相関関係を事前に特定しておき、検出器11Aが検出した伝送品質データを、相関関係に基づいて中継する光信号の伝送品質データに変換する。この変換処理は、検出器11Aの内部で行ってもよいし、ネットワークコントローラ20側で行ってもよい。

## 先行技術文献

## 非特許文献

- [0045] 非特許文献1: Experimental Demonstration of Cascadable PPLN-Based Inter-Band Wavelength Converters for Band-Switchable Multi-Band Optical Cross-Connect.

## 発明の概要

### 発明が解決しようとする課題

- [0046] 図10に示す光伝送システム1では、光ノード装置のAO-WCにおいて生成される波長変換前または波長変換後の光信号を検出する手法を提供している。

しかしながら、上記の手法にあっては、AO-WCの入力光強度と出力光強度が異なることから、実際に光ノード装置として導入する際には、光強度を調整する周辺機器（光減衰器や光増幅器）が必要となる。

- [0047] このような背景を鑑みて本発明がなされたのであり、本発明は、自律的に出力光強度を調整することが可能な光伝送装置および光伝送方法を提供することを課題とする。

### 課題を解決するための手段

- [0048] 前記した課題を解決するため、光信号の送信が可能な光送信ノードと、光信号の受信が可能な光受信ノードとの間が光伝送路を介して接続され、前記光伝送路の中間位置に1つ以上の光中継ノードが接続された光伝送システムの少なくとも1つの前記光中継ノードに装備可能な光伝送装置であって、前記光中継ノードに入力される伝送波長信号の光強度を調整する入力光強度調整部と、前記入力光強度調整部が光強度を調整した伝送波長信号の波長を変換する波長変換部と、中継する前記伝送波長信号を、波長変換前と波長が同じ前記伝送波長信号と、当該伝送波長信号以外のモニタリング用波長信号とに分ける波長分離部と、前記波長分離部が分離した前記伝送波長信号の光強度を調整する出力光強度調整部と、前記波長分離部が分離した前記モニタリング用波長信号の伝送品質を測定する測定部と、前記入力光強度調整部、前記波長分離部、および前

記出力光強度調整部を制御する制御部と、を備えることを特徴とする光伝送装置とした。

## 発明の効果

[0049] 本発明によれば、自律的に出力光強度を調整することが可能な光伝送装置および光伝送方法を実現することができる。

## 図面の簡単な説明

[0050] [図1]本発明の実施形態に係る光伝送装置の概略構成図である。

[図2]本発明の実施形態に係る光伝送装置の詳細構成図である。

[図3]本発明の実施形態に係る光伝送装置に光増幅器を配置した詳細構成図である。

[図4]本発明の実施形態に係る光伝送装置のWSSで波長変換された信号光をポート<2>～<n>に出力する動作を示すフローチャートである。

[図5]本発明の実施形態に係る光伝送装置のWSSで波長変換された信号光をポート<1>に出力する構成例である。

[図6]本発明の実施形態に係る光伝送装置のWSSで波長変換された信号光をポート<1>に出力する動作を示すフローチャートである。

[図7]一般的な光伝送システムの構成例を示すブロック図である。

[図8]一般的な光伝送システムの構成例を示すブロック図である。

[図9]マルチバンドネットワーキング技術における光通信リンクと波長帯との関係の例を示す模式図である。

[図10]本発明の実施形態における光伝送システムの構成例を示すブロック図である。

[図11]図10の光伝送システムに含まれる全光波長変換部の構成例を示すブロック図である。

## 発明を実施するための形態

[0051] 以下、図面を参照して本発明を実施するための形態（以下、「本実施形態」という）における光伝送装置等について説明する。

[概要]

図1は、本発明の実施形態に係る光伝送装置の概略構成図である。

本実施形態に係る光伝送装置は、図10の光伝送システム1に適用可能である。図11と同一構成部分には、同一符号を付している。

- [0052] 光伝送装置100は、光信号の送信が可能な光送信ノードと、光信号の受信が可能な光受信ノードとの間が光伝送路を介して接続され、光伝送路の中間位置に1つ以上の光中継ノードが接続された光伝送システム1（図10）の少なくとも1つの光中継ノードに装備可能な伝送品質モニタリング装置である。
- [0053] 図1に示すように、光伝送装置100は、制御部110と、光入力端子101と、光出力端子102と、入力光強度モニタ120（入力光強度調整部）と、波長変換部130と、波長選択スイッチ（WSS：Wavelength Selective Switch）140（波長分離部）と、モニタ用測定器150（測定部）と、出力光強度モニタ160（出力光強度調整部）と、を備える。
- [0054] 入力光強度モニタ120は、光中継ノードに入力される伝送波長信号の光強度を調整する。具体的には、入力光強度モニタ120は、波長変換部130に適切な光強度で入力するための入力光強度を調整する。
- [0055] 波長変換部130は、入力光強度モニタ120が光強度を調整した伝送波長信号の波長を変換する。また、波長変換部130は、伝送波長信号からモニタリング用波長信号を生成する。
- [0056] 波長選択スイッチ（WSS）140は、中継する伝送波長信号を、波長変換前と波長が同じ伝送波長信号と、当該伝送波長信号以外のモニタリング用波長信号（監視用信号光）とに分ける。
- [0057] モニタ用測定器150は、モニタリング用波長信号の信号品質を測定する。
- [0058] 出力光強度モニタ160は、WSS140が分離した伝送波長信号の光強度を調整する。また、出力光強度モニタ160は、波長変換部130の出力光強度を調整する。
- [0059] [詳細構成]

図2は、図1の光伝送装置100の詳細構成図である。図2は、WSS140で波長変換された信号光をポート<2>~<n>に出力する構成例である。

[0060] <制御部110>

制御部110は、制御部110は、測定した入力光強度 $P_{in}$ があらかじめ設定された最大入力光強度 $P_{max}$ より大きいか否かを判別し、入力光強度モニタ120のVOA121が $P_{in} = P_{max}$ または $P_{in} < P_{max}$ になるよう調整する。

[0061] 制御部110は、非線形光学媒質131への最大入力光強度を設定し、入力側光パワーメータ122の測定開始前には、入力側光シャッタ124を閉じて入力側光パワーメータ122による入力光強度の測定を開始し、入力側光パワーメータ122で測定した入力光強度が最大入力光強度以下となるように入力光強度モニタ120を制御し、入力光強度モニタ120による調整完了後、入力側光シャッタ124を開く。

[0062] また、制御部110は、出力側光パワーメータ162の測定開始前には、出力側光シャッタ164を閉じて出力側光パワーメータ162による出力光強度の測定を開始し、出力側光パワーメータ162で測定した出力光強度が所定出力光強度となるように入力光強度モニタ160を制御し、出力光強度モニタ160による調整完了後、出力側光シャッタ164を開く。

[0063] <入力光強度モニタ120>

図2において、入力光強度モニタ120は、波長変換部130に適切な光強度で入力するための入力光強度を調整する。

入力光強度モニタ120は、VOA (Variable Optical Attenuator : 可変光アッテネータ) 121、入力側光パワーメータ (Optical power meter) 122、ビームスプリッタ123および入力側光シャッタ124を備える。

[0064] VOA121は、制御部110の指示 (制御部110から制御信号/電圧制御信号を受信することをいう、以下同様。) を受け、光伝送された光信号強度を可変減衰させる。VOA121は、入力光強度モニタ120内のパワー

マネージメントを、制御部 110 からの電圧制御によって行う。VOA 121 は、例えば C バンド、L バンド、C+L バンドの波長（図 9）に対応する。

入力側光パワーメータ 122 は、光の強度（パワー）を測定する。入力側光パワーメータ 122 は、ここでは入力光強度モニタ 120 内の波長光源の出力を測定する。

[0065] ビームスプリッタ 123 は、1つの入力チャンネルからの光信号を2つ以上の光信号に分割する。ここでは、ビームスプリッタ 123 は、光入力端子 101 ポート<1>に接続された VOA 121 からの光信号を波長変換部 130 側に出力される光信号と、入力側光パワーメータ 122 に出力される光信号とに分割する。なお、ビームスプリッタ 123 で分割した後の波長やパワーは変わらない。

[0066] 入力側光シャッタ 124 は、制御部 110 からの電圧制御によって、高速に光シャッタ制御（所定時のみ光を透過させ、それ以外の時は光を遮る制御）を行う。入力側光シャッタ 124 は、調整完了前の光強度で波長変換部 130 に入力しないようにする。

[0067] <波長変換部 130>

波長変換部 130 は、伝送波長信号からモニタリング用波長信号（監視用信号光）を生成する波長信号複製機能部である。

波長変換部 130 は、非線形光学媒質 131、励起光光源 132、および光合波器 133 を備える。

波長変換部 130 は、中継する光主信号、および、励起光光源 132 から出射される励起光の両方の光が同時に入射可能な非線形光学媒質 131 を含んだ全光波長変換デバイスである。

[0068] 励起光光源 132 は、制御部 110 の指示を受け、所定の波長  $\lambda_e$  の励起光  $O_e$  を生成する。励起光光源 132 が生成した励起光  $O_e$  は、光ファイバ 15A を通って光合波器 133 に入射する。励起光  $O_e$  の波長  $\lambda_e$  は入力光信号  $O_{in}$  の波長  $\lambda_1$  とは異なる。また、励起光  $O_e$  の光強度は、入力光信号  $O_{in}$  と比べて十分に大きい。

[0069] 光合波器 133 は、光ファイバケーブル 15 から入力される入力光信号  $O_{in}$  と光ファイバ 15A から入力される励起光  $O_e$  とを合波した光を生成して非線形光学媒質 131 の入射端に送出する。

[0070] 非線形光学媒質 131 は、非線形光学特性を有し、入射光と異なる波長の光信号を生成することができる。代表例としては、高非線形ファイバ (HNLF)、周期分極反転ニオブ酸リチウム (PPLN)、および半導体光増幅器 (SOA) のいずれか 1 つを非線形光学媒質 131 として利用できる。

[0071] <波長選択スイッチ (WSS) 140>

WSS 140 は、全光波長変換デバイスである非線形光学媒質 131 の光出射側に接続されている。WSS 140 は、図示しない光分波器を備え、この光分波器は、制御部 110 の指示を受け、波長選択特性により入射光を分波して、2 種類の光信号をそれぞれ抽出する。WSS 140 は、波長  $\lambda_2$  の送出光信号  $O_{o2}$  と、波長  $\lambda_1$  の出射光  $O_{o1}$  とが、互いに異なる複数のポート  $\langle 1 \rangle$ ,  $\langle 2 \rangle$ , ...,  $\langle n \rangle$  から出射される。

[0072] 送出光信号  $O_{o2}$  の波長  $\lambda_2$  は、入力光信号  $O_{in}$  の波長と、励起光  $O_e$  の波長  $\lambda_e$  と、非線形光学媒質 131 の非線形光学特性とに基づいて生成される。波長  $\lambda_1$  の入力光信号  $O_{in}$  が励起光  $O_e$  と共に非線形光学媒質 131 を通過することで、波長変換された送出光信号  $O_{o2}$  の波長  $\lambda_2$  が生成される。また、非線形光学媒質 131 の出射光の中には、波長変換前と同じ波長  $\lambda_1$  の光成分も含まれている。

[0073] WSS 140 から出力される波長  $\lambda_2$  の送出光信号  $O_{o2}$  は、中継出力として光伝送装置 100 の出力から下流側の光ファイバケーブル 15 に送出される。また、WSS 140 から出力される波長  $\lambda_1$  の出射光  $O_{o1}$  は、光ファイバ 15B を介してモニタ用測定器 150 に入力される。

[0074] <モニタ用測定器 150>

モニタ用測定器 150 は、モニタリング用波長信号 (監視用信号光) の信号品質を測定する。

モニタ用測定器 150 は、光伝送装置 100 の受信機 151（より詳細には、受信機に備えられた検出器）である（以下、この検出器を受信機 151 と呼ぶ）。受信機 151 は、例えば、トランスポンダ（TPD）の受信部相当のものである。トランスポンダと同様に電気終端処理の機能を有しているが、光信号を送出する機能はない。受信機 151 は、入力された光信号を電気信号に変換する機能と、この電気信号を処理して伝送品質データを検出する機能とを有している。トランスポンダ受信部相当のものでは、不要光を電気信号に変換して処理することで伝送品質データを取得する。

[0075] また、受信機 151 は、スペクトラムアナライザ（Spectrum analyzer）、偏波モニタ、パワーメータを用いてもよい。スペクトラムアナライザは、横軸を周波数、縦軸を電力または電圧とする二次元のグラフを画面に表示する電気計測器である。スペクトラムアナライザの場合は、信号対雑音比を取得する。偏波モニタの場合は、光信号の偏波状態を取得し、パワーメータの場合は光強度を取得する。

[0076] 図 2 では、モニタ用測定器 150 は、ポート<2>、…、<n>に出射された WSS で波長変換された信号光を測定する。受信機 151 は、ポート<2>、…、<n>ごとに準備してもよく、複数のポート分を共用してもよい。また、受信機 151 は、複数種類の測定器を組合わせて用いてもよい。

[0077] <出力光強度モニタ 160>

出力光強度モニタ 160 は、VOA 161、出力側光パワーメータ 162、ビームスプリッタ 163 および出力側光シャッタ 164 を備える。

VOA 161 は、制御部 110 の指示を受け、光伝送された光信号強度を可変減衰させる。VOA 161 は、出力光強度モニタ 160 内のパワーマネージメントを、制御部 110 からの電圧制御によって行う。

出力側光パワーメータ 162 は、出力光強度モニタ 160 に入射される光の強度（パワー）を測定する。

[0078] ビームスプリッタ 163 は、1つの入力チャンネルからの光信号を 2つ以上の光信号に分割する。ここでは、ビームスプリッタ 163 は、ポート<1>に接

続されたVOA161からの光信号を光出力端子102側に出力される光信号と、出力側光パワーメータ162に出力される光信号とに分割する。

出力側光シャッタ164は、制御部110からの電圧制御によって、高速に光シャッタ制御を行う。出力側光シャッタ164は、調整完了前の光強度で外部に出力しないようにする。

[0079] 図3は、図2の光伝送装置100に光増幅器171を配置した詳細構成図である。図2と同一構成部分には、同一符号を付している。

図3に示す光伝送装置100は、入力光強度モニタ120の出力側（波長変換部130の前段）に入力光強度モニタ120の出力を増幅する光増幅器171を配置している。また、WSS140の各ポート<1>、<2>、…、<n>にWSS140の出力を増幅する光増幅器171を配置している。

[0080] 図3に示す光伝送装置100は、入力光強度モニタ120の変換効率／利得が低い場合に、入力光強度モニタ120の出力側（波長変換部130の前段）に光増幅器171を追加し、入力光強度モニタ120の出力光を増幅させる。また、光伝送装置100は、非線形光学媒質131の変換効率／利得が低い場合に、光増幅器171を追加し、非線形光学媒質131の出力光を増幅させる。なお、入力光強度モニタ120の出力側の光増幅器171と、非線形光学媒質131の出力側の光増幅器171とは、上記変換効率／利得に合わせていずれか一方のみを配置してもよい。

[0081] 以下、上述のように構成された光伝送装置100の動作を説明する。

[WSSで波長変換された信号光をポート<2>～<n>に出力する動作例]

図4は、図2に示す光伝送装置100のWSSで波長変換された信号光をポート<2>～<n>に出力する動作を示すフローチャートである。

ステップS1で制御部110は、図示しない入力手段を用いて光伝送装置100内の仕様である、非線形光学媒質131への最大入力光強度 $P_{max}$ を設定する。

ステップS2で測定者が事前入力情報（モニタしたいチャンネルの波長設定、および出力光強度 $P_{out}$ ）を設定する。ここでは、モニタしたいチャネ

ルの波長設定を、WSSで波長変換された信号光をポート<2>~<n>に出力するように設定する。

[0082] ステップS3で入力光強度モニタ120は、入力側光パワーメータ122を用いて入力光強度 $P_{in}$ を測定する。

[0083] ステップS4で制御部110は、測定した入力光強度 $P_{in}$ があらかじめ設定された最大入力光強度 $P_{max}$ より大きいか ( $P_{in} > P_{max}$ か) 否かを判別する。

[0084]  $P_{in} > P_{max}$ の場合 (S4: Yes)、ステップS5で制御部110は、入力光強度モニタ120のVOA121が $P_{in} = P_{max}$ または $P_{in} < P_{max}$ になるよう調整する。 $P_{in} \leq P_{max}$ の場合 (S4: No)、そのままステップS6に進む。

[0085] ここで、非線形光学媒質131による波長変換では、高い入力光強度を入射すると利得飽和やチャネル間クロストーク等の非線形現象による伝送品質劣化が生じる。本実施形態では、非線形現象による伝送品質劣化を抑えるために、事前に非線形光学媒質131への最大入力光強度 $P_{max}$ を設定する。

[0086] ステップS6で制御部110は、入力光強度モニタ120の入力側光シャッタ124を開ける。これにより、図2の入力光信号 $O_{in}$ の矢印上に表記された白抜き波形に示すように、入力光強度モニタ120から波長変換部130の光合波器133に光ファイバケーブル15を通して波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ の各成分の入力光信号 (以下、単に波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ 入力光信号という)  $O_{in}$ が入力される。なお、図2の入力光信号 $O_{in}$ の波長が単一でないことを示すため、上記白抜き波形は、矩形形状で表記している (後記する波長変換された信号光の表記方法も同様である)。

[0087] ステップS7で励起光光源14は、単一の波長 $\lambda_e$ の励起光 $O_e$ を生成し、光ファイバ15Aを通して波長 $\lambda_e$ の励起光 $O_e$ を光合波器133に入力する。

[0088] ステップS8で光合波器133は、入力光強度モニタ120の波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ の入力光信号 $O_{in}$ と、励起光光源14の励起光 $O_e$ とを合波し、非線形光

学媒質 131 に入力する。なお、励起光  $O_e$  の光強度は入力光信号  $O_{in}$  よりも十分に大きい。

[0089] ステップ S9 で波長変換部 130 の非線形光学媒質 131 は、波長  $\lambda_1 \sim \lambda_n$  の入力光信号  $O_{in}$  と、波長  $\lambda_e$  の励起光  $O_e$  とを共に通過させることで、非線形光学媒質 131 の非線形光学特性に基づいて、励起光  $O_e$  を中心波長とするミラー対称で、波長  $\lambda_1 \sim \lambda_n$  の入力光信号  $O_{in}$  を波長変換した信号光  $O_{o2}$  を生成するとともに、波長変換された信号光  $O_{o2}$  と、波長変換前と同じ波長  $\lambda_1 \sim \lambda_n$  の光成分  $O_{o1}$  も出力する。すなわち、また、非線形光学媒質 131 の出射光  $O_{out}$  の中には、波長変換された信号光  $O_{o2}$  (図 2 の出射光  $O_{out}$  の矢印上に表記されたハッチング波形参照) と、波長変換前と同じ波長  $\lambda_1 \sim \lambda_n$  の光成分  $O_{o1}$  (図 2 の出射光  $O_{out}$  の矢印上に表記された白抜き波形参照) も含まれている。

[0090] 非線形光学媒質 131 から出射される出射光  $O_{out}$  の中には、波長  $\lambda_1 \sim \lambda_n$  の光成分  $O_{o1}$ 、波長  $\lambda_e$ 、波長変換された信号光  $O_{o2}$  が含まれている。波長変換された信号光  $O_{o2}$  は、非線形光学媒質 131 の通過に伴う入力光信号  $O_{in}$  の波長変換によって生じた成分である。出射光  $O_{out}$  に含まれる波長変換された信号光  $O_{o2}$  の成分の光強度は、非線形光学媒質および励起光強度に依存し、入力光信号  $O_{in}$  と同等とすることができる。このため、光強度を減衰させることなく波長変換を行うことができる。

[0091] また、出射光  $O_{out}$  に含まれる波長  $\lambda_1 \sim \lambda_n$  の光成分  $O_{o1}$  の光強度は、入力光信号  $O_{in}$  と同等である。このため、波長変換前と同じ波長  $\lambda_1 \sim \lambda_n$  で且つ主信号以外の光信号を非線形光学媒質 131 の出力から十分に大きい光強度で取り出すことができる。

[0092] ステップ S10 で WSS 140 は、波長変換された信号光  $O_{o2}$  を監視用信号光としてポート <2> ~ <n> へ伝送し、送出光信号  $O_{o1}$  をモニタチャンネルのポート <1> へ伝送する。

- [0093] ステップS 1 1で制御部1 1 0は、送出光信号O o 1を出力側光パワーメータ1 6 2で測定しながらVOA 1 6 1でP o u tになるよう調整する（出力側光シャッタ1 6 4は閉じている）。
- [0094] ステップS 1 2で制御部1 1 0は、出力光強度モニタ1 6 0の出力側光シャッタ1 6 4を開ける。
- [0095] ステップS 1 3でモニタ用測定器1 5 0の各受信機1 5 1は、ポート<2>～<n>に伝送された監視用信号光O o 2の伝送品質を測定して測定データを取得し、制御部1 1 0に測定データを送信して本フローの処理を終了する。
- ここで、十分に光強度の大きい監視用信号光O o 2が各受信機1 5 1に入力されるので、各受信機1 5 1は該当する中継ノードの位置における伝送品質データを容易に検出できる。
- [0096] 上記フローの手順により、出力光強度を調整可能になる。また、出力光強度を入力光強度と同じにすることも可能である。
- [0097] [WSSで波長変換された信号光をポート<1>に出力する動作例]
- 図5は、WSS 1 4 0で波長変換された信号光をポート<1>に出力する構成例である。図2と同一構成部分には、同一符号を付している。
- 図6は、図5に示す光伝送装置1 0 0のWSSで波長変換された信号光をポート<1>に出力する動作を示すフローチャートである。図4と同一処理部分には、同一符号を付して重複箇所の説明を省略する。
- [0098] ステップS 2 Aは、図4のステップS 2を置き換えたものである。ステップS 2 Aで測定者が事前入力情報（モニタしたいチャンネルの波長設定、および出力光強度P o u t）を設定する。ここでは、モニタしたいチャンネルの波長設定を、WSSで波長変換された信号光をポート<1>に出力するように設定する。
- [0099] ステップS 1 0 Aは、図4のステップS 1 0を置き換えたものである。ステップS 1 0 AでWSS 1 4 0は、波長変換された信号光O o 2を送出光信号O o 1としてポート<1>へ伝送し、波長変換前と同じ波長 $\lambda 1 \sim \lambda n$ の送出光

信号〇〇２を監視用信号光としてモニタチャンネルのポート〈２〉～〈ｎ〉へ伝送する。

[0100] 上記フローの手順により、出力光強度を調整可能になる。また、出力光強度を入力光強度と同じにすることも可能である。

また、波長変換した後の光を伝送信号光として使用することから、モニタ用装置かつ波長変換器としても使用可能である。

[0101] [効果]

以上説明したように、光信号の送信が可能な光送信ノードと、光信号の受信が可能な光受信ノードとの間が光伝送路を介して接続され、光伝送路の中間位置に１つ以上の光中継ノードが接続された光伝送システム１（図１０）の少なくとも１つの光中継ノードに装備可能な光伝送装置１００（図１、図２、図３、図５）であって、光中継ノードに入力される伝送波長信号の光強度を調整する入力光強度調整部（入力光強度モニタ１２０）と、入力光強度調整部が光強度を調整した伝送波長信号の波長を変換する波長変換部１３０と、中継する伝送波長信号を、波長変換前と波長が同じ伝送波長信号と、当該伝送波長信号以外のモニタリング用波長信号とに分ける波長分離部（ＷＳＳ１４０）と、波長分離部が分離した伝送波長信号の光強度を調整する出力光強度調整部（出力光強度モニタ１６０）と、波長分離部が分離したモニタリング用波長信号の伝送品質を測定する測定部（モニタ用測定器１５０）と、入力光強度調整部、波長分離部、および出力光強度調整部を制御する制御部１１０と、を備える。

[0102] このようにすることにより、入力光強度調整部（入力光強度モニタ１２０）では、入力光強度を適切に調整することで、伝送品質劣化を抑制することができる。波長変換部１３０では、伝送波長信号からモニタリング用波長信号を生成する。出力光強度調整部（出力光強度モニタ１６０）では、出力される伝送波長信号の光強度を適切に出力する。測定部（モニタ用測定器１５０）では、モニタリング用波長信号の伝送品質を測定する。これら各機能部は、制御部１１０によって制御される。したがって、自律的に出力光強度を調整することが可能な、伝送品質モニタリング装置を実現することができる。このように、光

伝送装置 100 は、伝送波長信号の伝送性能の劣化を最低限に、もしくは光レベルダイヤの再調整を不要化させることができる。その結果、既存の光伝送装置への影響を最低限に抑えて導入することが可能となる。

[0103] また、光伝送装置 100 は、中継する伝送波長信号を電気終端処理することなく、光信号のまま中継して下流側の光ファイバケーブル 15 に送出するので、中継処理に伴う遅延の増大を防止できる。また、測定部（モニタ用測定器 150）に入力する光信号を抽出するために光スプリッタを使う必要がないので、伝送波長信号の光強度の低下を抑制できる。したがって、制御部 110 は、電気終端処理を行わない光伝送装置などの中継ノードの伝送品質データを取得できる。例えば障害が発生した場合に、制御部 110 は、各中継ノードの位置における伝送品質データに基づいて、区間毎の障害発生の有無を切り分けることができる。

[0104] また、光伝送装置 100 は、制御部 110 が WSS 140 各ポート〈1〉, 〈2〉, …, 〈n〉を設定することにより、伝送波長信号と波長変換された信号光を入れ替えることも可能である。例えば、光伝送装置 100 は、波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ の各光成分を伝送し、波長変換された信号光の各光成分をモニタリング用波長信号として検出して、伝送品質データを取得する（図 2、図 3、図 4）。また、光伝送装置 100 は、波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ の各光成分を伝送し、波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ の各光成分を抽出信号として検出して、伝送品質データを取得する（図 5、図 6）。この場合、光伝送装置 100 は、波長変換を行わない場合にも伝送品質データを取得することができる。すなわち、波長変換した後の光を伝送信号光として使用することから、モニタ用装置かつ波長変換器としても使用可能である。

[0105] 光伝送装置 100（図 1、図 2、図 3、図 5）において、中継する伝送波長信号の波長変換前の波長とは異なる波長の励起光を出射する励起光光源 132（図 2、図 3、図 5）を備え、波長変換部 130 は、中継する伝送波長信号、および励起光光源 132 から出射される励起光の両方の光が同時に入射可能な非線形光学媒質 131（図 2、図 3、図 5）であり、波長分離部（WSS 14

0) は、非線形光学媒質 131 からの出射光を波長変換後の波長の光成分と波長変換前の波長の光成分とのそれぞれに分離する。

[0106] このようにすることにより、非線形光学媒質 131 からの出射光  $O_{out}$  (図 2、図 3、図 5) に含まれる波長変換された信号光の成分の光強度は、非線形光学媒質 131 および励起光強度に依存し、入力光信号  $O_{in}$  と同等とすることができる。このため、光強度を減衰させることなく波長変換を行うことができる。また、出射光  $O_{out}$  に含まれる波長  $\lambda_1 \sim \lambda_n$  の光成分の光強度は、入力光信号  $O_{in}$  と同等である。このため、波長変換前と同じ波長  $\lambda_1 \sim \lambda_n$  で且つ主信号以外の光信号を非線形光学媒質 131 の出力から十分に大きい光強度で取り出すことができる。

[0107] 入力光強度調整部 (入力光強度モニタ 120) は、調整完了前の光強度で伝送波長信号が波長変換部 130 に入力しないように、伝送波長信号の入力を遮る入力側光シャッタ 124 (図 2、図 3、図 5) を備え、出力光強度調整部 (出力光強度モニタ 160) は、調整完了前の光強度で伝送波長信号が出力しないように、伝送波長信号の出力を遮る出力側光シャッタ 164 (図 2、図 3、図 5) を備えることを特徴とする。

[0108] このようにすることにより、入力光強度モニタ 120 および出力光強度モニタ 160 は、入力側光シャッタ 124、出力側光シャッタ 164 を有することで、光伝送路を一時的に閉じて不要入射および出射を防いだ環境下で、入力光強度調整および出力光強度調整を実行することができる (図 4、図 6)。

[0109] 光伝送装置 100 (図 1、図 2、図 3、図 5) において、入力光強度調整部 (入力光強度モニタ 120) は、非線形光学媒質 131 への入力光強度を調整する入力側調整部 (VOA 121) (図 2、図 3、図 5) と、入力光強度を測定する入力側光パワーメータ 122 (図 2、図 3、図 5) と、伝送波長信号の入力を遮る入力側光シャッタ 124 (図 2、図 3、図 5) と、を備え、制御部 110 (図 2、図 3、図 5) は、非線形光学媒質 131 への最大入力光強度を設定し、入力側光パワーメータ 122 の測定開始前には、入力側光シャッタ 124 を閉じて入力側光パワーメータ 122 による入力光強度の測定を開始し、

入力側光パワーメータ 1 2 2 で測定した入力光強度が最大入力光強度以下となるように入力側調整部を制御し、入力側調整部による調整完了後、入力側光シャッタ 1 2 4 を開くことを特徴とする。

[0110] このようにすることにより、光伝送装置 1 0 0 への不要入射を防いだ環境下で、入力光強度調整を実行（図 4、図 6）することができ、入力光強度調整を正確に行うことができる。

[0111] 光伝送装置 1 0 0（図 1、図 2、図 3、図 5）において、出力光強度調整部（出力光強度モニタ 1 6 0）は、出力光強度が所定出力光強度となるように光の出力量を調整する出力側調整部（VOA 1 6 1）（図 2、図 3、図 5）と、出力光強度を測定する出力側光パワーメータ 1 6 2 と、伝送波長信号の出力を遮る出力側光シャッタ 1 6 4 と、を備え、制御部 1 1 0 は、出力側光パワーメータ 1 6 2 の測定開始前には、出力側光シャッタ 1 6 4 を閉じて出力側光パワーメータ 1 6 2 による出力光強度の測定を開始し、出力側光パワーメータ 1 6 2 で測定した出力光強度が所定出力光強度となるように入力側調整部を制御し、出力調整部による調整完了後、出力側光シャッタ 1 6 4 を開くことを特徴とする。

[0112] このようにすることにより、光伝送装置 1 0 0 からの出射を防いだ環境下で、入力光強度調整および出力光強度の調整を実行（図 4、図 6）ことができ、後段の光伝送装置等への影響を抑制することができる。

[0113] 光伝送装置 1 0 0（図 1、図 2、図 3、図 5）において、入力光強度調整部（入力光強度モニタ 1 2 0）の出力側、および／または、波長分離部（WSS 1 4 0）の出力側に信号光を増幅する光増幅器 1 7 1（図 3）を配置することを特徴とする。

[0114] このようにすることにより、入力光強度モニタ 1 2 0 の出力側に光増幅器 1 7 1 を配置することで、入力光強度が小さい場合に、入力光を増幅させることができる。また、WSS 1 4 0 からの出力直後に光増幅器 1 7 1 を配置することで、非線形光学媒質 1 3 1 の利得／変換効率が低い場合に、出力光を増幅させることができる。

[0115] なお、光伝送システム1のネットワークコントローラ20（図10）においては、各光中継ノードのトランスポンダ11が検出した伝送品質データとして「Pre-FEC BER」を使うことが一般的に想定される。一方、検出器11Aやトランスポンダ11は通信データの電気信号処理により「Pre-FEC BER」の他に、波長分散補償量、偏波モード分散、偏波依存損失等のデータも取得できる。したがって、ネットワークコントローラ20は、検出器11A又はトランスポンダ11を実装している各光中継ノードから波長分散補償量、偏波モード分散、偏波依存損失等のデータも収集し、機械学習の学習データとして活用できる。これにより、電気終端処理のない光ネットワークにおける故障予知の実現に役立つ。

[0116] また、上記実施形態において説明した各処理のうち、自動的に行われるものとして説明した処理の全部又は一部を手動的に行うこともでき、あるいは、手動的に行われるものとして説明した処理の全部又は一部を公知の方法で自動的に行うこともできる。この他、上述文書中や図面中に示した処理手順、制御手順、具体的名称、各種のデータやパラメータを含む情報については、特記する場合を除いて任意に変更することができる。

また、図示した各装置の各構成要素は機能概念的なものであり、必ずしも物理的に図示の如く構成されていることを要しない。すなわち、各装置の分散・統合の具体的形態は図示のものに限られず、その全部又は一部を、各種の負荷や使用状況などに応じて、任意の単位で機能的又は物理的に分散・統合して構成することができる。

[0117] また、上記の各構成、機能、処理部、処理手段等は、それらの一部又は全部を、例えば集積回路で設計する等によりハードウェアで実現してもよい。また、上記の各構成、機能等は、プロセッサがそれぞれの機能を実現するプログラムを解釈し、実行するためのソフトウェアで実現してもよい。各機能を実現するプログラム、テーブル、ファイル等の情報は、メモリや、ハードディスク、SSD（Solid State Drive）等の記録装置、または、IC（Integrated

Circuit) カード、SD (Secure Digital) カード、光ディスク等の記録媒体に保持することができる。

## 符号の説明

- [0118] 1 光伝送システム
- 1 0 - 1, 1 0 - 2, 1 0 - 3, 1 0 - 4, 1 0 - 5 光伝送装置
  - 1 1 トランスポンダ
  - 1 1 A 検出器
  - 1 3 全光波長変換部
  - 1 4 励起光光源
  - 1 5 光ファイバケーブル
  - 1 5 A, 1 5 B 光ファイバ
  - 1 6 光合波器
  - 1 7 非線形光学媒質
  - 1 8 光分波器
  - 2 0 ネットワークコントローラ
  - 3 1, 3 2 光通信リンク
  - 1 0 0 光伝送装置
  - 1 1 0 制御部
  - 1 0 1 光入力端子
  - 1 0 2 光出力端子
  - 1 2 0 入力光強度モニタ (入力光強度調整部)
  - 1 2 1, 1 6 1 V O A
  - 1 2 2 入力側光パワーメータ
  - 1 2 3, 1 6 3 ビームスプリッタ
  - 1 2 4 入力側光シャッタ
  - 1 3 0 波長変換部
  - 1 3 1 非線形光学媒質
  - 1 3 2 励起光光源

- 1 3 3 光合波器
- 1 4 0 波長選択スイッチ (W S S) (波長分離部)
- 1 5 0 モニタ用測定器 (測定部)
- 1 5 1 受信機
- 1 6 0 出力光強度モニタ (出力光強度調整部)
- 1 6 2 出力側光パワーメータ
- 1 6 4 出力側光シャッタ
- 1 7 1 光増幅器

## 請求の範囲

### [請求項1]

光信号の送信が可能な光送信ノードと、光信号の受信が可能な光受信ノードとの間が光伝送路を介して接続され、前記光伝送路の中間位置に1つ以上の光中継ノードが接続された光伝送システムの少なくとも1つの前記光中継ノードに装備可能な光伝送装置であって、

前記光中継ノードに入力される伝送波長信号の光強度を調整する入力光強度調整部と、

前記入力光強度調整部が光強度を調整した伝送波長信号の波長を変換する波長変換部と、

中継する前記伝送波長信号を、波長変換前と波長が同じ前記伝送波長信号と、当該伝送波長信号以外のモニタリング用波長信号とに分ける波長分離部と、

前記波長分離部が分離した前記伝送波長信号の光強度を調整する出力光強度調整部と、

前記波長分離部が分離した前記モニタリング用波長信号の伝送品質を測定する測定部と、

前記入力光強度調整部、前記波長分離部、および前記出力光強度調整部を制御する制御部と、を備える

ことを特徴とする光伝送装置。

### [請求項2]

中継する前記伝送波長信号の波長変換前の波長とは異なる波長の励起光を出射する励起光光源を備え、

前記波長変換部は、中継する前記伝送波長信号、および前記励起光光源から出射される励起光の両方の光が同時に入射可能な非線形光学媒質であり、

前記波長分離部は、前記非線形光学媒質からの出射光を波長変換後の波長の光成分と波長変換前の波長の光成分とのそれぞれに分離する、

ことを特徴とする請求項1に記載の光伝送装置。

[請求項3]

前記入力光強度調整部は、調整完了前の光強度で前記伝送波長信号が前記波長変換部に入力しないように、前記伝送波長信号の入力を遮る入力側光シャッタを備え、

前記出力光強度調整部は、調整完了前の光強度で前記伝送波長信号が出力しないように、前記伝送波長信号の出力を遮る出力側光シャッタを備える

ことを特徴とする請求項2に記載の光伝送装置。

[請求項4]

前記入力光強度調整部は、

前記非線形光学媒質への入力光強度を調整する入力側調整部と、

入力光強度を測定する入力側光パワーメータと、

前記伝送波長信号の入力を遮る入力側光シャッタと、を備え、

前記制御部は、

前記非線形光学媒質への最大入力光強度を設定し、

前記入力側光パワーメータの測定開始前には、前記入力側光シャッタを閉じて前記入力側光パワーメータによる入力光強度の測定を開始し、

前記入力側光パワーメータで測定した入力光強度が前記最大入力光強度以下となるように前記入力側調整部を制御し、

前記入力側調整部による調整完了後、前記入力側光シャッタを開く

ことを特徴とする請求項2に記載の光伝送装置。

[請求項5]

前記出力光強度調整部は、

出力光強度が所定出力光強度となるように光の出力量を調整する出力側調整部と、

出力光強度を測定する出力側光パワーメータと、

前記伝送波長信号の出力を遮る出力側光シャッタと、を備え、

前記制御部は、

前記出力側光パワーメータの測定開始前には、前記出力側光シャッタを閉じて前記出力側光パワーメータによる出力光強度の測定を開始し、

前記出力側光パワーメータで測定した出力光強度が所定出力光強度となるように前記出力側調整部を制御し、

前記出力側調整部による調整完了後、前記出力側光シャッタを開く

ことを特徴とする請求項2に記載の光伝送装置。

[請求項6]

前記入力光強度調整部の出力側、および／または、前記波長分離部の出力側に信号光を増幅する光増幅器を配置する

ことを特徴とする請求項1に記載の光伝送装置。

[請求項7]

光信号の送信が可能な光送信ノードと、光信号の受信が可能な光受信ノードとの間が光伝送路を介して接続され、前記光伝送路の中間位置に1つ以上の光中継ノードが接続された光伝送システムの光伝送方法であって、

前記光伝送システムの前記光中継ノードは、

前記光中継ノードに入力される伝送波長信号の光強度を調整する手順と、

光強度を調整した伝送波長信号の波長を変換する手順と、

中継する前記伝送波長信号を、波長変換前と波長が同じ前記伝送波長信号と、当該伝送波長信号以外のモニタリング用波長信号とに分ける手順と、

分離した前記伝送波長信号の光強度を調整する手順と、

分離した前記モニタリング用波長信号の伝送品質を測定する手順と、を実行する

ことを特徴とする光伝送方法。

**補正された請求の範囲（条約第19条）****2024年5月29日（ 29.05.2024 ） 国際事務局受理**

[請求項1]

光信号の送信が可能な光送信ノードと、光信号の受信が可能な光受信ノードとの間が光伝送路を介して接続され、前記光伝送路の中間位置に1つ以上の光中継ノードが接続された光伝送システムの少なくとも1つの前記光中継ノードに装備可能な光伝送装置であって、

前記光中継ノードに入力される伝送波長信号の光強度を調整する入力光強度調整部と、

前記入力光強度調整部が光強度を調整した伝送波長信号の波長を変換する波長変換部と、

中継する前記伝送波長信号を、波長変換前と波長が同じ前記伝送波長信号と、当該伝送波長信号以外のモニタリング用波長信号とに分ける波長分離部と、

前記波長分離部が分離した前記伝送波長信号の光強度を調整する出力光強度調整部と、

前記波長分離部が分離した前記モニタリング用波長信号の伝送品質を測定する測定部と、

前記入力光強度調整部、前記波長分離部、および前記出力光強度調整部を制御する制御部と、を備える

ことを特徴とする光伝送装置。

[請求項2]

中継する前記伝送波長信号の波長変換前の波長とは異なる波長の励起光を出射する励起光光源を備え、

前記波長変換部は、中継する前記伝送波長信号、および前記励起光光源から出射される励起光の両方の光が同時に入射可能な非線形光学媒質であり、

前記波長分離部は、前記非線形光学媒質からの出射光を波長変換後の波長の光成分と波長変換前の波長の光成分とのそれぞれに分離する、

ことを特徴とする請求項 1 に記載の光伝送装置。

[請求項3]

前記入力光強度調整部は、調整完了前の光強度で前記伝送波長信号が前記波長変換部に入力しないように、前記伝送波長信号の入力を遮る入力側光シャッタを備え、

前記出力光強度調整部は、調整完了前の光強度で前記伝送波長信号が出力しないように、前記伝送波長信号の出力を遮る出力側光シャッタを備える

ことを特徴とする請求項 2 に記載の光伝送装置。

[請求項4]

前記入力光強度調整部は、

前記非線形光学媒質への入力光強度を調整する入力側調整部と、

入力光強度を測定する入力側光パワーメータと、

前記伝送波長信号の入力を遮る入力側光シャッタと、を備え、

前記制御部は、

前記非線形光学媒質への最大入力光強度を設定し、

前記入力側光パワーメータの測定開始前には、前記入力側光シャッタを閉じて前記入力側光パワーメータによる入力光強度の測定を開始し、

前記入力側光パワーメータで測定した入力光強度が前記最大入力光強度以下となるように前記入力側調整部を制御し、

前記入力側調整部による調整完了後、前記入力側光シャッタを開く

ことを特徴とする請求項 2 に記載の光伝送装置。

[請求項5]

前記出力光強度調整部は、

出力光強度が所定出力光強度となるように光の出力量を調整する出力側調整部と、

出力光強度を測定する出力側光パワーメータと、

前記伝送波長信号の出力を遮る出力側光シャッタと、を備え、前記制御部は、

前記出力側光パワーメータの測定開始前には、前記出力側光シャッタを閉じて前記出力側光パワーメータによる出力光強度の測定を開始し、

前記出力側光パワーメータで測定した出力光強度が所定出力光強度となるように前記出力側調整部を制御し、

前記出力側調整部による調整完了後、前記出力側光シャッタを開く

ことを特徴とする請求項2に記載の光伝送装置。

[請求項6]

前記入力光強度調整部の出力側、および／または、前記波長分離部の出力側に信号光を増幅する光増幅器を配置する

ことを特徴とする請求項1に記載の光伝送装置。

[請求項7]

光信号の送信が可能な光送信ノードと、光信号の受信が可能な光受信ノードとの間が光伝送路を介して接続され、前記光伝送路の中間位置に1つ以上の光中継ノードが接続された光伝送システムの光伝送方法であって、

前記光伝送システムの前記光中継ノードは、

前記光中継ノードに入力される伝送波長信号の光強度を調整する手順と、

光強度を調整した伝送波長信号の波長を変換する手順と、

中継する前記伝送波長信号を、波長変換前と波長が同じ前記伝送波長信号と、当該伝送波長信号以外のモニタリング用波長信号とに分ける手順と、

分離した前記伝送波長信号の光強度を調整する手順と、

分離した前記モニタリング用波長信号の伝送品質を測定する手順と、を実行する

ことを特徴とする光伝送方法。

[請求項8]

[追加] 光信号の送信が可能な光送信ノードと、光信号の受信が可能な光受信ノードとの間が光伝送路を介して接続され、前記光伝送路の中間位置に1つ以上の光中継ノードが接続された光伝送システムの少なくとも1つの前記光中継ノードに装備可能な光伝送装置であって、

前記光中継ノードに入力される伝送波長信号の光強度を調整する入力光強度調整部と、

前記入力光強度調整部が光強度を調整した伝送波長信号の波長を変換する波長変換部と、

中継する前記伝送波長信号を、波長変換前と波長が同じモニタリング用波長信号と、波長変換後の信号光である前記伝送波長信号とに分ける波長分離部と、

前記波長分離部が分離した前記伝送波長信号の光強度を調整する出力光強度調整部と、

前記波長分離部が分離した前記モニタリング用波長信号の伝送品質を測定する測定部と、

前記入力光強度調整部、前記波長分離部、および前記出力光強度調整部を制御する制御部と、を備える

ことを特徴とする光伝送装置。

[請求項9]

[追加] 光信号の送信が可能な光送信ノードと、光信号の受信が可能な光受信ノードとの間が光伝送路を介して接続され、前記光伝送路の中間位置に1つ以上の光中継ノードが接続された光伝送システムの光伝送方法であって、

前記光伝送システムの前記光中継ノードは、

前記光中継ノードに入力される伝送波長信号の光強度を調整する手順と、

光強度を調整した伝送波長信号の波長を変換する手順と、

中継する前記伝送波長信号を、波長変換前と波長が同じモニタリング用波長信号と、波長変換後の信号光である前記伝送波長信号とに分ける手順と、

分離した前記伝送波長信号の光強度を調整する手順と、

分離した前記モニタリング用波長信号の伝送品質を測定する手順と、を実行する

ことを特徴とする光伝送方法。

## 条約第19条 (1) に基づく説明書

### 1. 補正の内容

請求項 8, 9 を追加しました。

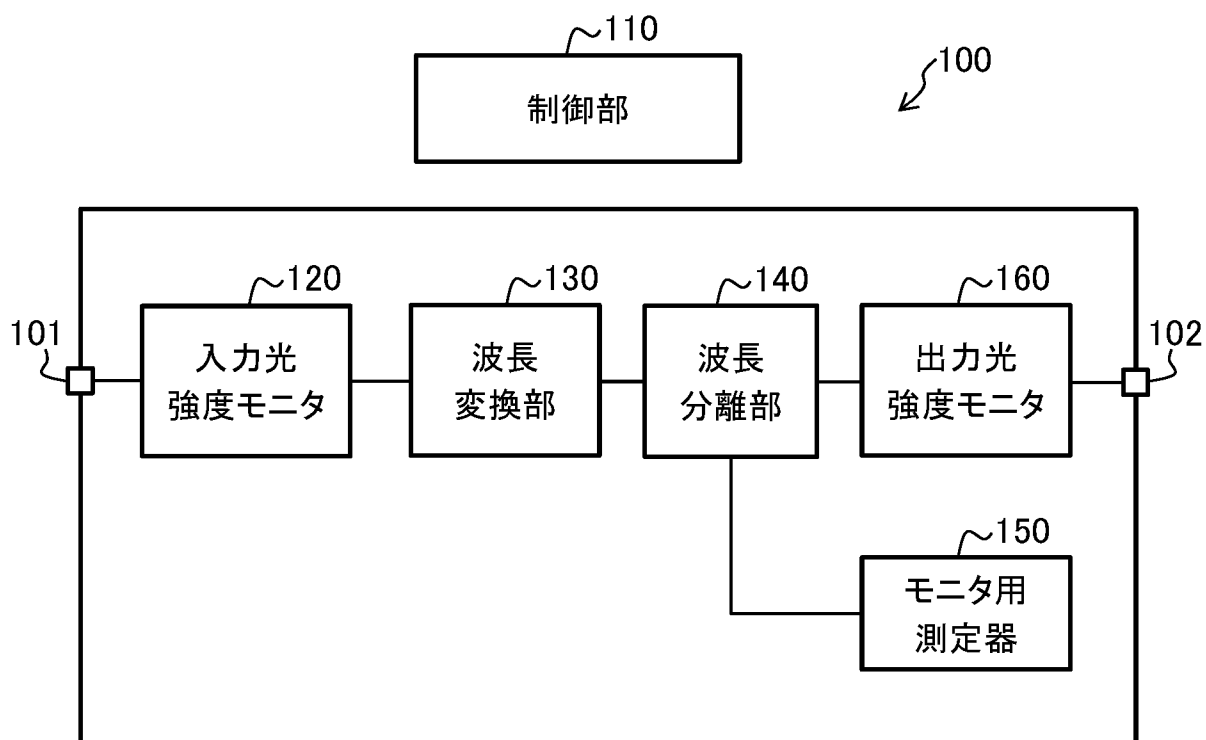
請求項 8 の記載は、出願時の請求項 1 の、波長分離部における、「前記伝送波長信号と、当該伝送波長信号以外のモニタリング用波長信号と」を、「モニタリング用波長信号と、波長変換後の信号光である前記伝送波長信号と」に、置き換えたものであり、明細書の段落[0097]-[0100]及び図 5 に記載された事項に基づきます。

請求項 9 の記載は、出願時の請求項 7 の、「中継する前記伝送波長信号を、波長変換前と波長が同じ前記伝送波長信号と、当該伝送波長信号以外のモニタリング用波長信号とに分ける手順」における、「前記伝送波長信号と、当該伝送波長信号以外のモニタリング用波長信号と」を、「モニタリング用波長信号と、波長変換後の信号光である前記伝送波長信号と」に、置き換えたものであり、明細書の段落[0097]-[0100]および図 5 に記載された事項に基づきます。

### 2. 説明

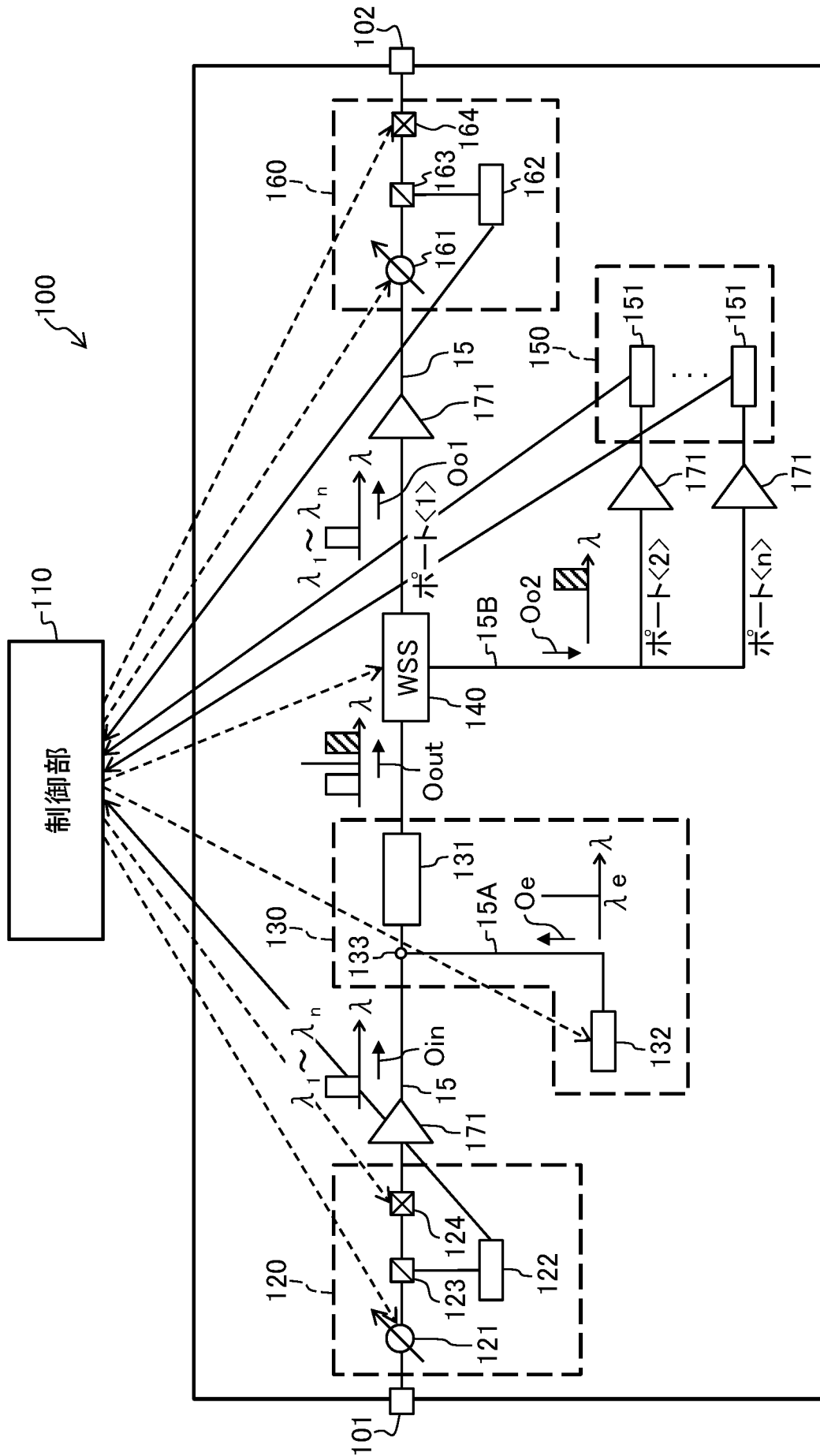
いずれの引用文献についても、補正後の請求の範囲に係る本願発明を開示、示唆、動機付ける記載はありません。

[ 図 1 ]

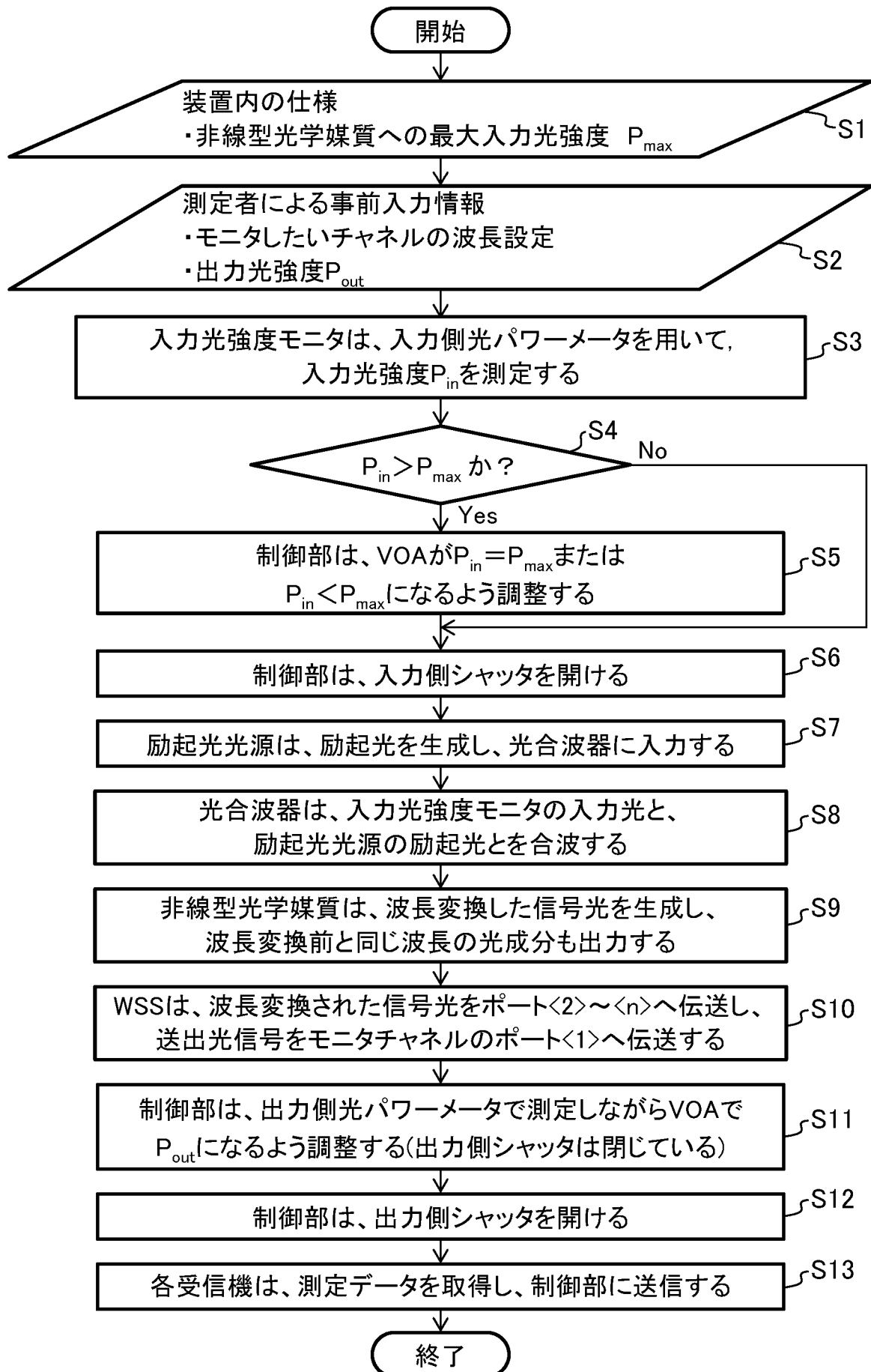




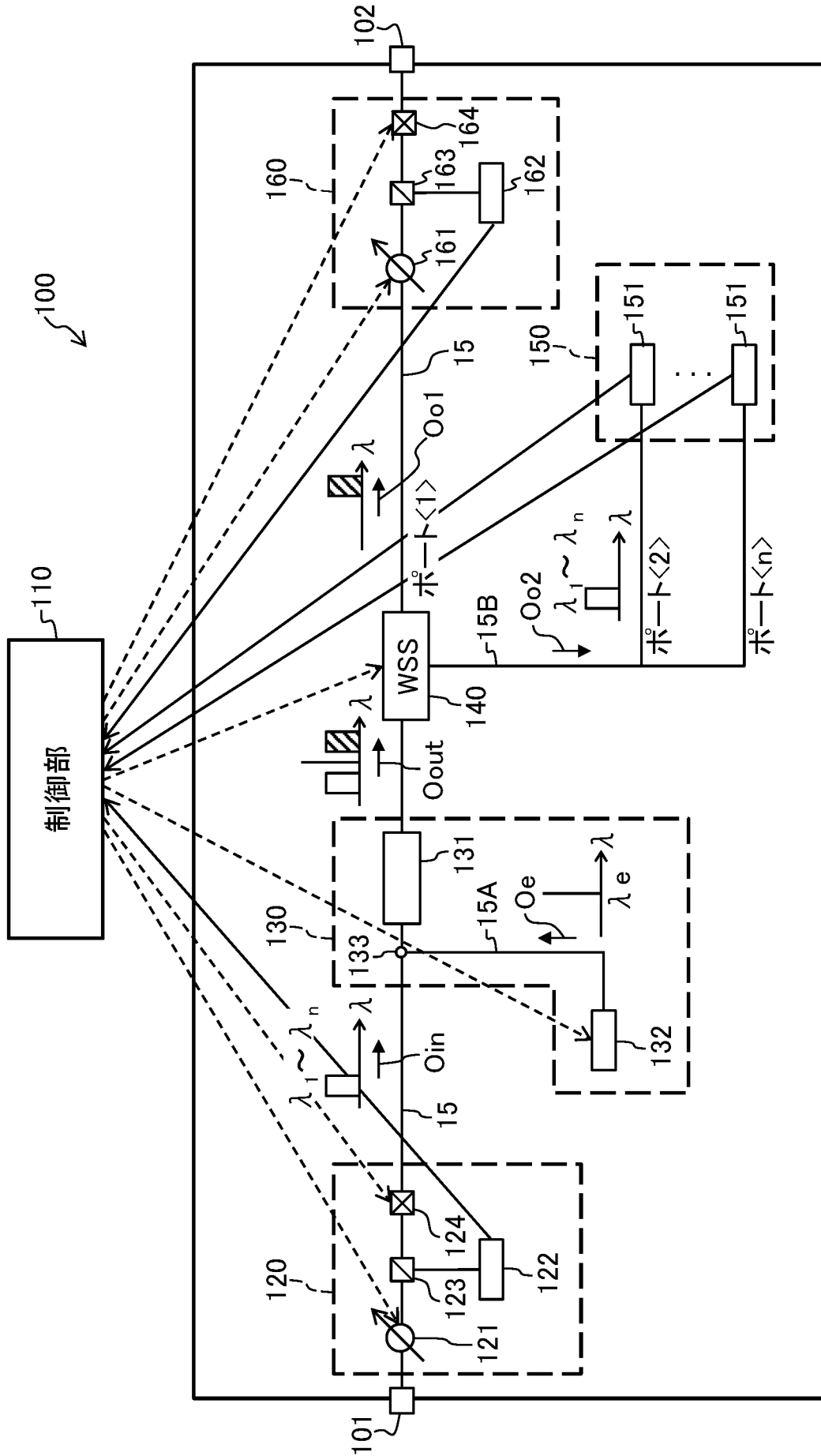
[ 図 3 ]



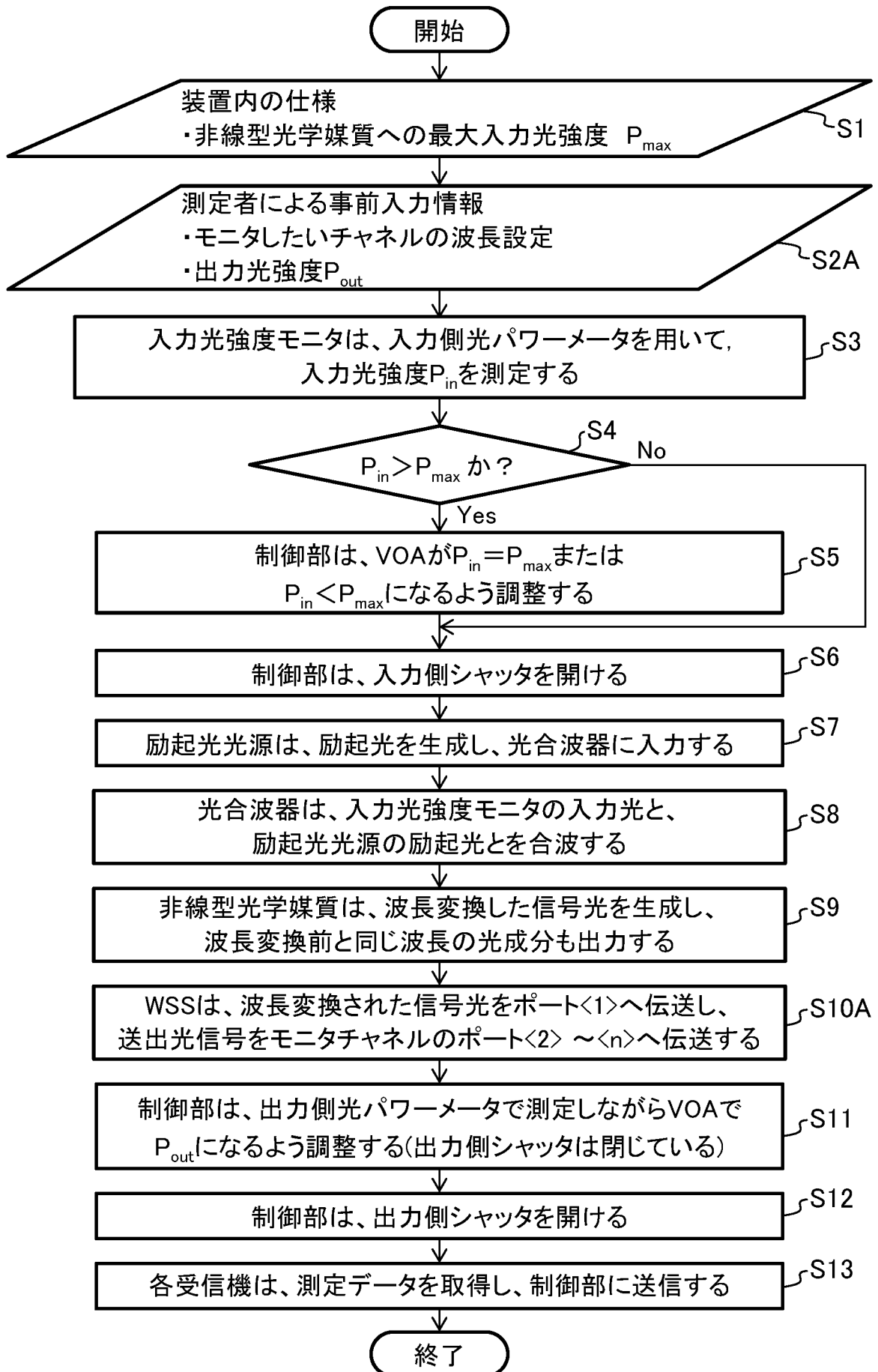
[ 図 4 ]



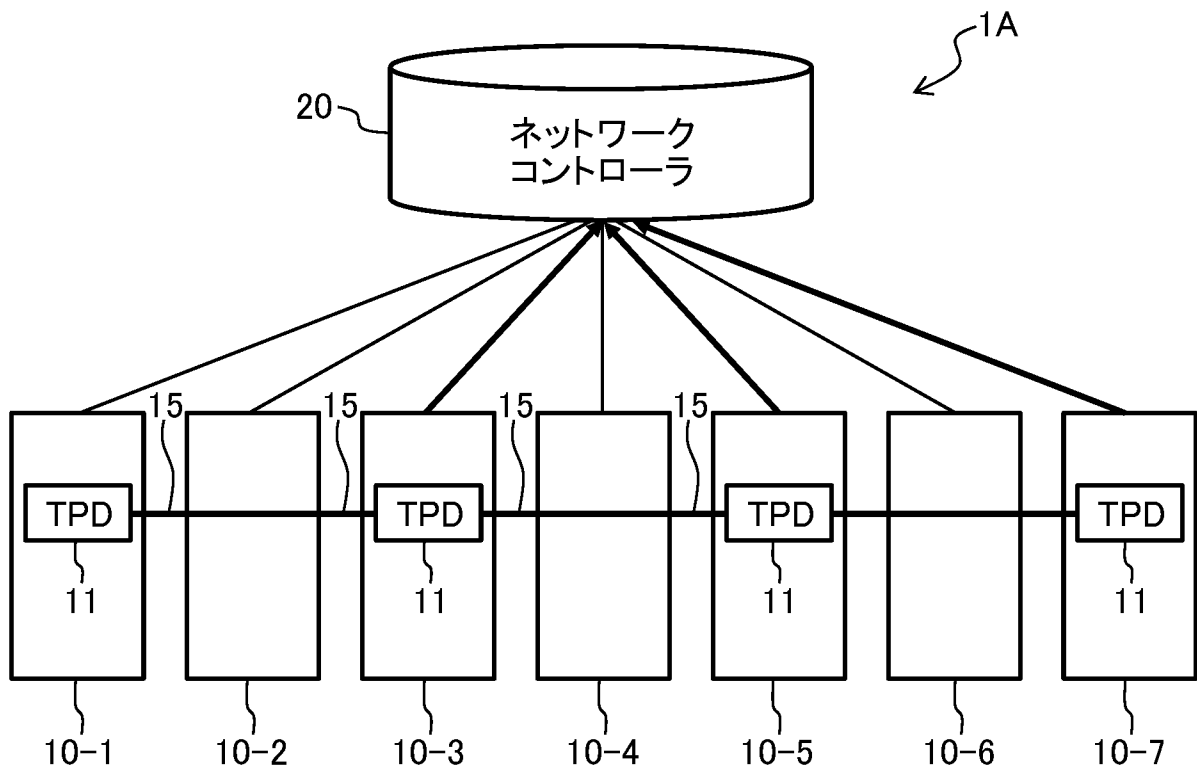
[ 図 5 ]



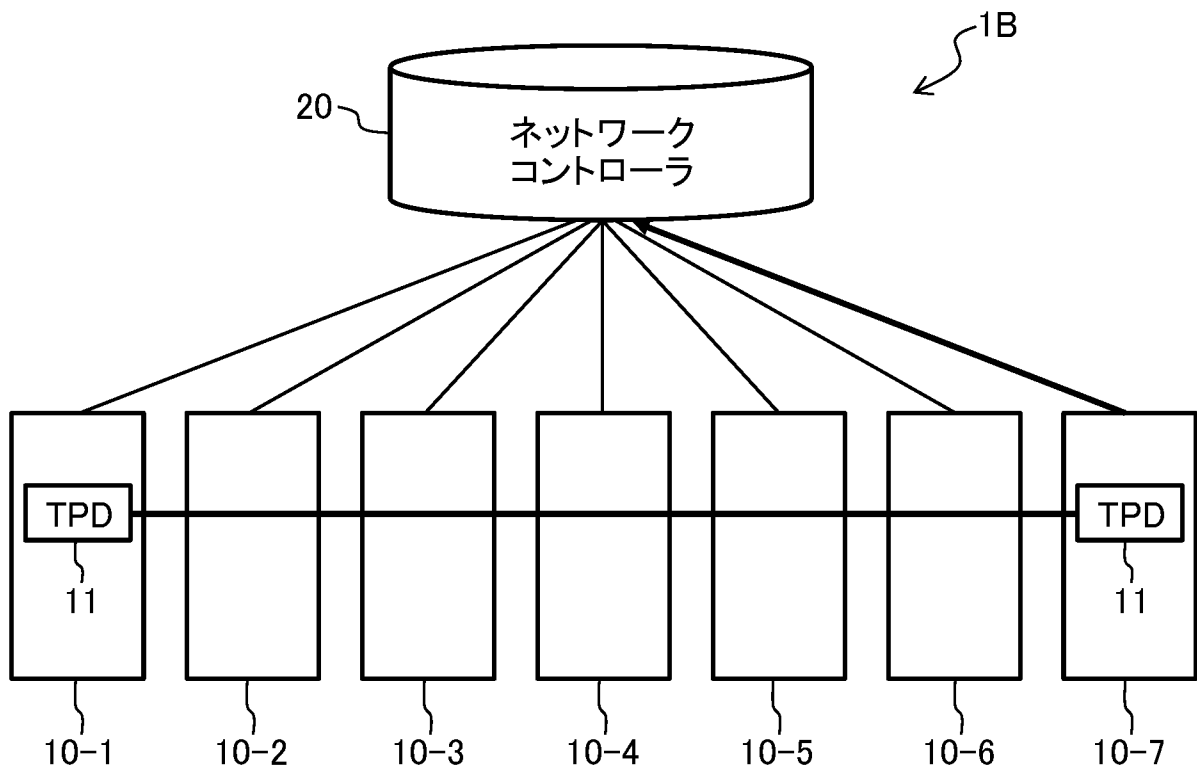
[ 図 6 ]



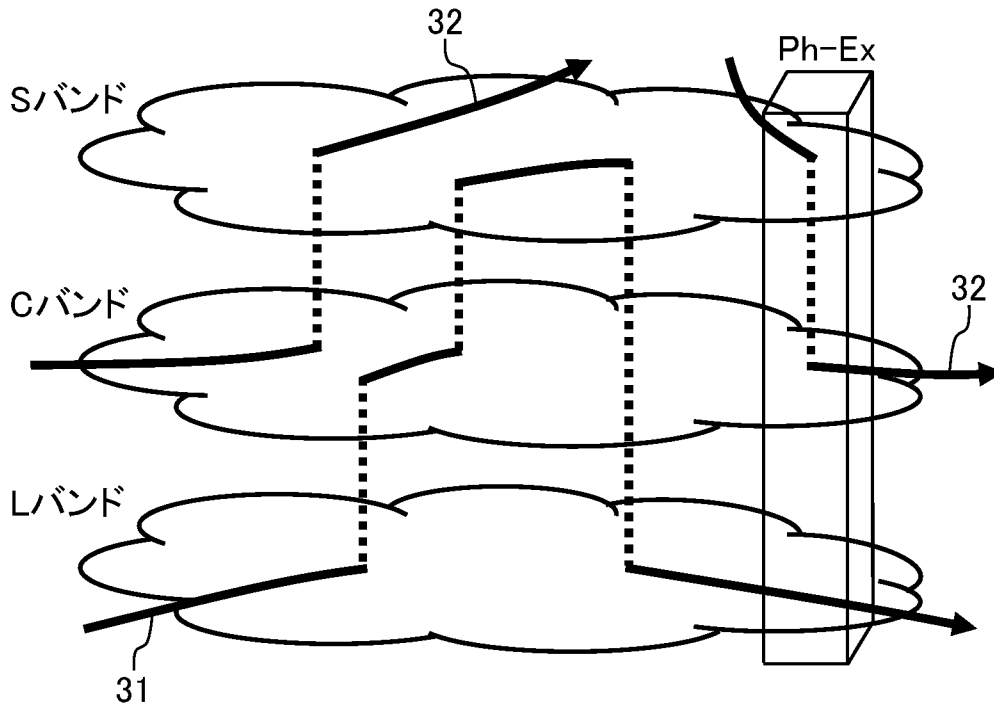
[ 図 7 ]



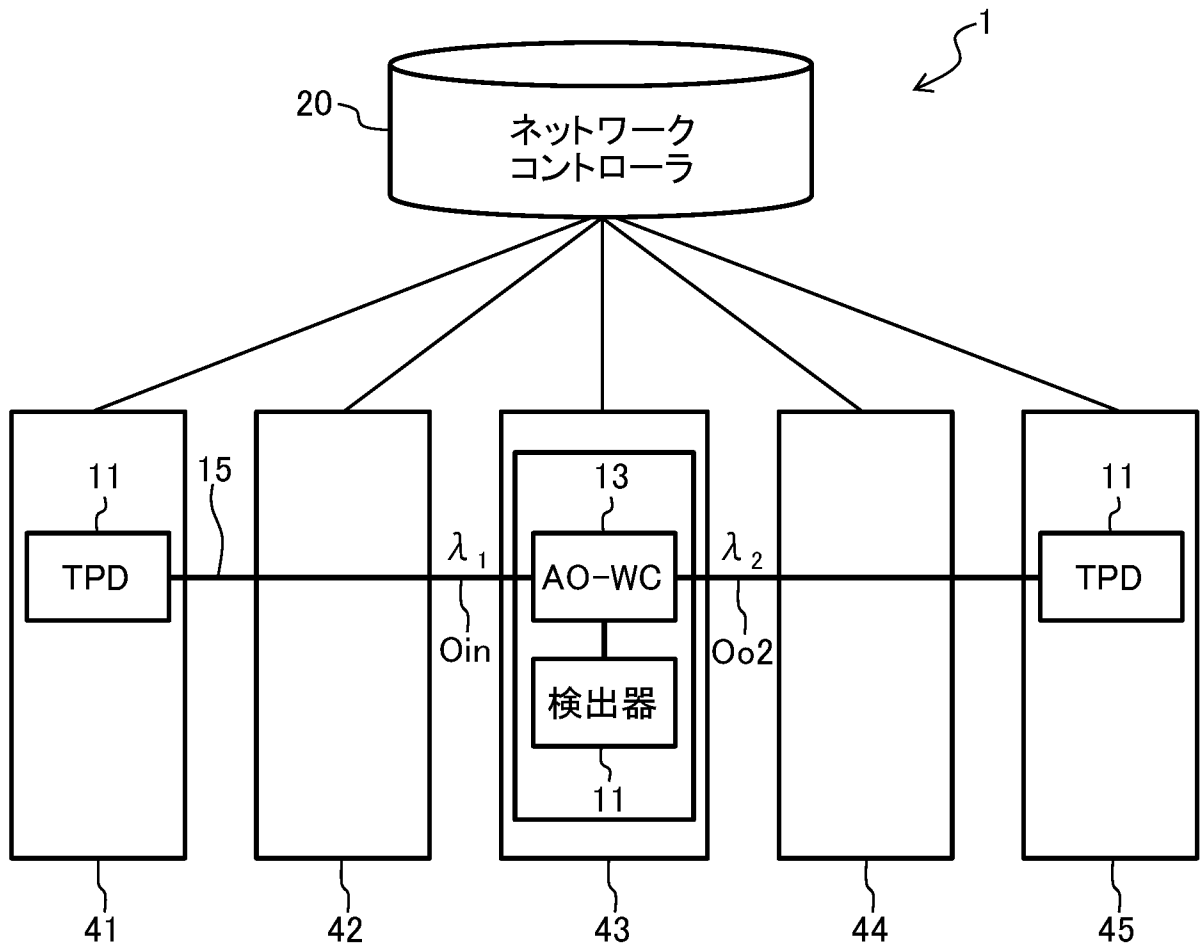
[ 図 8 ]



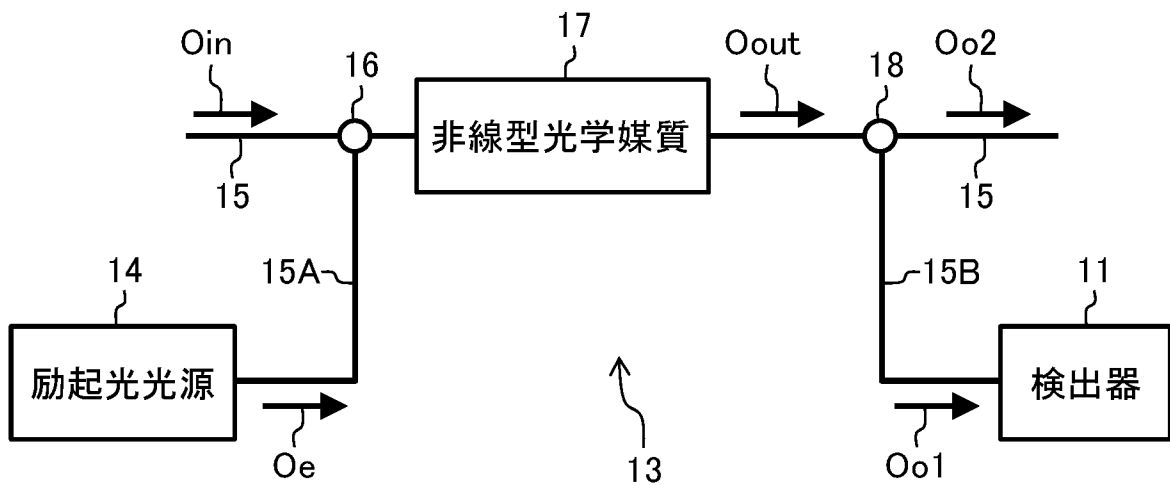
[ 9 ]



[ 図 10 ]



[ 図 11 ]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/020896

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
<i>H04B 10/077</i> (2013.01)i; <i>H04B 10/291</i> (2013.01)i FI: H04B10/077 150; H04B10/291		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H04B10/077; H04B10/291		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023 Registered utility model specifications of Japan 1996-2023 Published registered utility model applications of Japan 1994-2023		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2012-249014 A (FUJITSU LIMITED) 13 December 2012 (2012-12-13) paragraphs [0013]-[0015], [0019]-[0022], [0024]-[0025], fig. 1-2	1-2, 6-7 3-5
Y A	MINAMI, H. et al. Experimental Demonstration of Cascadable PPLN-Based Inter-Band Wavelength Converters for Band-Switchable Multi-Band Optical Cross-Connect. 2023 Optical Fiber Communications Conference and Exhibition (OFC). March 2023, M4G.1 "1. Introduction", fig. 1	1-2, 6-7 3-5
Y A	WO 2021/156932 A1 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) 12 August 2021 (2021-08-12) paragraphs [0048]-[0049], fig. 1	1-2, 6-7 3-5
Y A	JP 8-97771 A (FUJITSU LIMITED) 12 April 1996 (1996-04-12) paragraphs [0042]-[0046], fig. 5-7	1-2, 6-7 3-5
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "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) "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 "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 "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 "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 "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search <b>01 August 2023</b>		Date of mailing of the international search report <b>15 August 2023</b>
Name and mailing address of the ISA/JP <b>Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan</b>		Authorized officer  Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No. <b>PCT/JP2023/020896</b>
---

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2012-249014 A	13 December 2012	US 2012/0301148 A1 paragraphs [0024]-[0037], fig. 1-2 EP 2528252 A1	
WO 2021/156932 A1	12 August 2021	US 2023/0074213 A1 paragraphs [0078]-[0079], fig. 1	
JP 8-97771 A	12 April 1996	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H04B 10/077(2013.01)i; H04B 10/291(2013.01)i FI: H04B10/077 150; H04B10/291		
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）） H04B10/077; H04B10/291 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 1971-2023年 日本国実用新案登録公報 1996-2023年 日本国登録実用新案公報 1994-2023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
Y A	JP 2012-249014 A（富士通株式会社）13.12.2012（2012-12-13） 段落0013-0015、0019-0022、0024-0025、図1-2	1-2, 6-7 3-5
Y A	MINAMI, H. et al., Experimental Demonstration of Cascadable PPLN-Based Inter-Band Wavelength Converters for Band-Switchable Multi-Band Optical Cross-Connect, 2023 Optical Fiber Communications Conference and Exhibition (OFC), 2023.03, M4G.1 「1. Introduction」、図1	1-2, 6-7 3-5
Y A	WO 2021/156932 A1（日本電信電話株式会社）12.08.2021（2021-08-12） 段落0048-0049、図1	1-2, 6-7 3-5
Y A	JP 8-97771 A（富士通株式会社）12.04.1996（1996-04-12） 段落0042-0046、図5-7	1-2, 6-7 3-5
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> 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抵触するものではなく、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 01.08.2023	国際調査報告の発送日 15.08.2023	
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 対馬 英明 5K 1211 電話番号 03-3581-1101 内線 3556	

国際調査報告  
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2023/020896

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2012-249014 A	13.12.2012	US 2012/0301148 A1 段落0024-0037、 図1-2 EP 2528252 A1	
WO 2021/156932 A1	12.08.2021	US 2023/0074213 A1 段落0078-0079、 図1	
JP 8-97771 A	12.04.1996	(ファミリーなし)	