

(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
2022年6月16日(16.06.2022)



(10) 国際公開番号

WO 2022/123724 A1

(51) 国際特許分類:
H04B 10/2513 (2013.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2020/046039

(22) 国際出願日: 2020年12月10日(10.12.2020)

(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: 蓑口 恭(MINOGUCHI Kyo); 〒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 (JP). 吉田

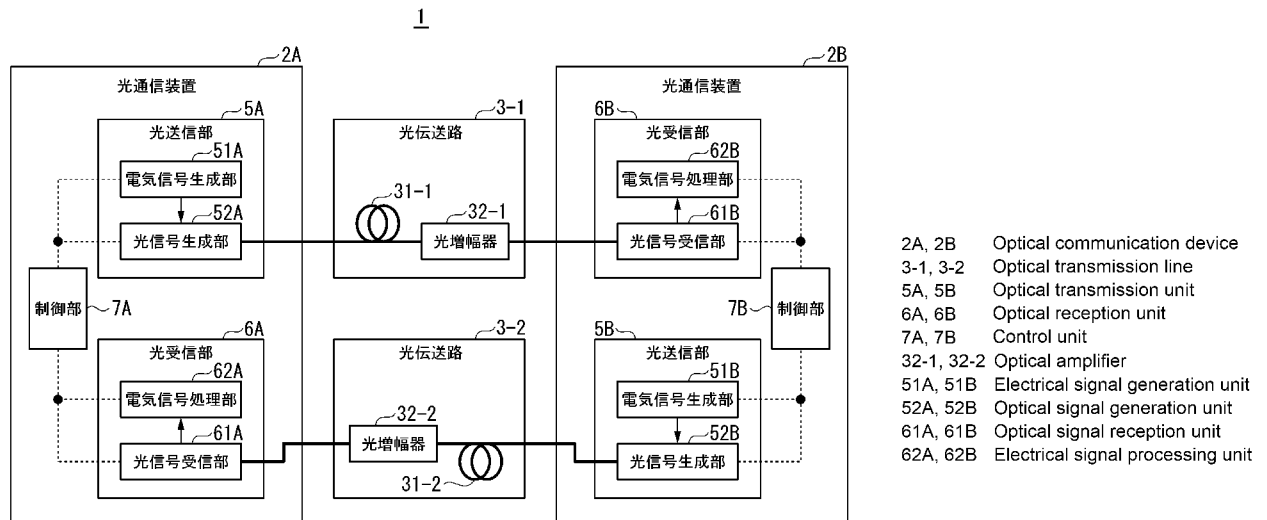
智 暁 (YOSHIDA Tomoaki); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人 志賀国際特許事務所 (SHIGA INTERNATIONAL PATENT OFFICE); 〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁目9番2号 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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,

(54) Title: OPTICAL TRANSMISSION SYSTEM, WAVELENGTH DISPERSION COMPENSATION METHOD, FIRST OPTICAL COMMUNICATION DEVICE, AND SECOND OPTICAL COMMUNICATION DEVICE

(54) 発明の名称: 光伝送システム、波長分散補償方法、第1の光通信装置及び第2の光通信装置



(57) Abstract: In the present invention: a wavelength dispersion amount calculation signal generation unit of a first optical communication device generates a wavelength dispersion amount calculation signal of a transmission rate for establishing synchronization with a second optical communication device without performing wavelength dispersion compensation in an optical transmission line; an optical signal generation unit of the first optical communication device generates a plurality of optical signals having different center wavelengths from the wavelength dispersion amount calculation signal generated by the wavelength dispersion amount calculation signal generation unit, and transmits the optical signals through the optical transmission line; an optical signal reception unit of the second optical communication device receives the optical signals transmitted through the optical transmission line, and demodulates the received optical signals to electrical signals;

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, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, 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, 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))

and a wavelength dispersion amount calculation unit of the second optical communication device calculates a wavelength dispersion amount of the optical transmission line, on the basis of delay time between wavelength dispersion amount calculation signals included in the electrical signals resulting from demodulation by the optical signal reception unit.

(57) 要約: 第1の光通信装置の波長分散量算出用信号生成部が、光伝送路において波長分散補償を行うことなく第2の光通信装置との間で同期が確立する伝送レートの波長分散量算出用信号を生成し、第1の光通信装置の光信号生成部が、波長分散量算出用信号生成部が生成した波長分散量算出用信号から異なる中心波長の複数の光信号を生成して光伝送路に送出し、第2の光通信装置の光信号受信部が、光伝送路が伝送する光信号を受信し、受信した光信号を電気信号に復調し、第2の光通信装置の波長分散量算出部が、光信号受信部が復調した電気信号に含まれる波長分散量算出用信号の間の遅延時間に基づいて、光伝送路の波長分散量を算出する。

明 細 書

発明の名称：

光伝送システム、波長分散補償方法、第 1 の光通信装置及び第 2 の光通信装置

技術分野

[0001] 本発明は、光伝送システム、波長分散補償方法、第 1 の光通信装置及び第 2 の光通信装置に関する。

背景技術

[0002] 光ファイバ通信において信号が光ファイバ中を伝搬する過程で、光ファイバが有する波長分散効果により波形歪みが生じる。波長分散は光ファイバ中の伝搬速度が波長に依存して異なる現象であり、光ファイバが長いほどこの影響は大きくなる。波長分散による波形歪みは、信号が受ける波長分散量の情報を元に信号処理を施すことで補償することが可能である（例えば、非特許文献 1 参照）。

先行技術文献

非特許文献

[0003] 非特許文献 1：Jin Wang and J. M. Kahn, “Performance of Electrical Equalizers in Optically Amplified OOK and DPSK Systems”, IEEE Photonics Technology Letters, May 2004, Vol.16, No.5, pp.1397-1399, doi: 10.1109/LPT.2004.826222

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 一般に、光ファイバで構成される光伝送路の波長分散量を測定するためには、専用の測定装置が用いられるが、このような専用の測定装置は、任意の波長の波長分散量を測定できるなど汎用的である反面、高価である。これに対して、実際の運用に用いる光通信装置の主信号の伝送レートや主信号の光

信号の中心波長は、予め特定されている。そのため、主信号から生成する光信号のスペクトルの広がり範囲内で波長分散量を測定できればよく、そのような測定を低コストでできる手段が求められている。

[0005] また、例えば、通信サービスの運用を開始した後に、光伝送路を構成する光ファイバが物理的に切断されてしまい、光ファイバを接続し直すために融着を行うことにより光伝送路の光ファイバ長が変化する場合がある。このように光伝送路の光ファイバ長が変化すると波長分散量は変化するため波長分散量を測定し直す必要がある。このような場合、上記のような専用の測定装置を光伝送路に接続するためには、通信サービスの運用を一時的に停止する必要があるが、通信サービスの運用を一時的に停止させることなく、波長分散量を測定できる手段が求められている。

[0006] 例えば、実際の運用に用いる光通信装置を用いて波長分散量を測定することができれば、専用の測定装置といった外部の装置を用いる必要がないためコストを抑えることができ、また、外部の装置の設置等に要する保守稼働のコストを抑えることができ、また、通信サービスの運用を一時的に停止させることなく波長分散量を測定することができる。しかしながら、主信号を伝送する際の伝送レートは、一般に高い伝送レートであり、主信号から生成する光信号の周波数スペクトルが大きく広がるために光ファイバの波長分散効果による波形歪みの影響を受けやすい。そのため、波長分散補償を行わずに主信号の光信号を送信しても受信側において同期を確立することができず、主信号を用いて波長分散量を測定することができないという問題がある。

[0007] 上記事情に鑑み、本発明は、汎用的な測定装置を用いずに、主信号が光伝送路において受ける波長分散効果による波形歪みを補償するために必要な波長分散量を求めることができる技術の提供を目的としている。

課題を解決するための手段

[0008] 本発明の一態様は、第1の光通信装置と、前記第1の光通信装置と通信を行う第2の光通信装置と、光信号を伝送する光伝送路とを備える光伝送システムであって、前記第1の光通信装置は、前記光伝送路において波長分散補

償を行うことなく前記第2の光通信装置との間で同期が確立する伝送レート
の波長分散量算出用信号を生成する波長分散量算出用信号生成部と、前記波
長分散量算出用信号の伝送レートよりも高い伝送レートの主信号を生成する
主信号生成部と、前記主信号生成部が生成する前記主信号に対して、前記第
2の光通信装置が算出する前記光伝送路の波長分散量に基づいて波長分散補
償を行う波長分散補償処理部と、前記波長分散量算出用信号生成部が生成す
る前記波長分散量算出用信号から異なる中心波長の複数の光信号を生成し、
前記波長分散補償処理部が波長分散補償した前記主信号から光信号を生成し
、生成した前記光信号を前記光伝送路に送出する光信号生成部と、を備え、
前記第2の光通信装置は、前記光伝送路が伝送する光信号を受信し、受信し
た光信号を電気信号に復調する光信号受信部と、前記光信号受信部が復調す
る電気信号に含まれる複数の前記波長分散量算出用信号の間の遅延時間に基
づいて、前記光伝送路の波長分散量を算出する波長分散量算出部と、を備え
る光伝送システムである。

[0009] 本発明の一態様は、第1の光通信装置と、前記第1の光通信装置と通信を
行う第2の光通信装置と、光信号を伝送する光伝送路とを備える光伝送シス
テムにおける波長分散補償方法であって、前記第1の光通信装置の波長分散
量算出用信号生成部が、前記光伝送路において波長分散補償を行うことなく
前記第2の光通信装置との間で同期が確立する伝送レートの波長分散量算出
用信号を生成し、前記第1の光通信装置の光信号生成部が、前記波長分散量
算出用信号生成部が生成した前記波長分散量算出用信号から異なる中心波長
の複数の光信号を生成して前記光伝送路に送出し、前記第2の光通信装置の
光信号受信部が、前記光伝送路が伝送する光信号を受信し、受信した光信号
を電気信号に復調し、前記第2の光通信装置の波長分散量算出部が、前記光
信号受信部が復調した電気信号に含まれる前記波長分散量算出用信号の間の
遅延時間に基づいて、前記光伝送路の波長分散量を算出し、前記第1の光通
信装置の主信号生成部が、前記波長分散量算出用信号の伝送レートよりも高
い伝送レートの主信号を生成し、前記第1の光通信装置の波長分散補償処理

部が、前記主信号生成部が生成した前記主信号に対して、前記第2の光通信装置が算出した前記光伝送路の波長分散量に基づいて波長分散補償を行い、前記第1の光通信装置の光信号生成部が、前記波長分散補償処理部が波長分散補償した前記主信号から光信号を生成して前記光伝送路に送出する、波長分散補償方法である。

[0010] 本発明の一態様は、第1の光通信装置と、前記第1の光通信装置と通信を行う第2の光通信装置と、光信号を伝送する光伝送路とを備える光伝送システムにおける第1の光通信装置であって、前記光伝送路において波長分散補償を行うことなく前記第2の光通信装置との間で同期が確立する伝送レートの波長分散量算出用信号であって前記第2の光通信装置が当該波長分散量算出用信号の間の遅延時間に基づいて前記光伝送路の波長分散量を算出する波長分散量算出用信号を生成する波長分散量算出用信号生成部と、前記波長分散量算出用信号の伝送レートよりも高い伝送レートの主信号を生成する主信号生成部と、前記主信号生成部が生成する前記主信号に対して、前記第2の光通信装置が算出する前記光伝送路の波長分散量に基づいて波長分散補償を行う波長分散補償処理部と、前記波長分散量算出用信号生成部が生成する前記波長分散量算出用信号から異なる中心波長の複数の光信号を生成し、前記波長分散補償処理部が波長分散補償した前記主信号から光信号を生成し、生成した前記光信号を前記光伝送路に送出する光信号生成部と、を備える第1の光通信装置である。

[0011] 本発明の一態様は、第1の光通信装置と、前記第1の光通信装置と通信を行う第2の光通信装置と、光信号を伝送する光伝送路とを備える光伝送システムにおける第2の光通信装置であって、前記光伝送路が伝送する光信号であって前記光伝送路において波長分散補償を行うことなく前記第1の光通信装置との間で同期が確立する伝送レートの波長分散量算出用信号から生成される異なる中心波長の複数の光信号を受信し、受信した光信号を電気信号に復調する光信号受信部と、前記光信号受信部が復調する電気信号に含まれる複数の前記波長分散量算出用信号の間の遅延時間に基づいて、前記光伝送路

の波長分散量を算出する波長分散量算出部と、を備える第2の光通信装置である。

発明の効果

[0012] この発明によれば、汎用的な測定装置を用いずに、主信号が光伝送路において受ける波長分散効果による波形歪みを補償するために必要な波長分散量を求めることができる。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]第1の実施形態の光伝送システムの構成を示すブロック図である。

[図2]第1の実施形態の第1の光通信装置が備える光送信部の内部構成と、当該光送信部の接続関係を示すブロック図である。

[図3]第1の実施形態の第1の光通信装置の波長分散量算出用信号生成部が生成する波長分散量算出用信号の例を示す図である。

[図4]第1の実施形態のチャンネル1とチャンネル2の波長分散量算出用信号の光信号と主信号の光信号との関係を示す図である。

[図5]第1の実施形態の第1の光通信装置が備える光受信部の内部構成と、当該光受信部の接続関係を示すブロック図である。

[図6]第1の実施形態の第2の光通信装置が備える光受信部の内部構成と、当該光受信部の接続関係を示すブロック図である。

[図7]第1の実施形態の第2の光通信装置が受信するチャンネル1とチャンネル2の波長分散量算出用信号の間の遅延時間を示す図である。

[図8]第1の実施形態の第2の光通信装置が備える光送信部の内部構成と、当該光送信部の接続関係を示すブロック図である。

[図9]第1の実施形態の光伝送システムによる波長分散補償処理の流れを示すシーケンス図である。

[図10]第1の実施形態の第1の光通信装置の光送信部が行う波長分散量算出用信号送信処理の流れを示すフローチャートである。

[図11]第1の実施形態の第2の光通信装置の光受信部が行う波長分散量算出処理の流れを示すフローチャートである。

[図12]第1の実施形態の第2の光通信装置の制御部と光送信部が行う波長分散量を含む主信号の送信処理の流れを示すフローチャートである。

[図13]第1の実施形態の第1の光通信装置の光受信部と制御部が行う主信号受信処理の流れを示すフローチャートである。

[図14]第1の実施形態の第1の光通信装置の制御部と光送信部が行う主信号送信処理の流れを示すフローチャートである。

[図15]第1の実施形態の第2の光通信装置の光受信部と制御部が行う主信号受信処理の流れを示すフローチャートである。

[図16]第2の実施形態の光伝送システムの構成を示すブロック図である。

[図17]第2の実施形態の第1の光通信装置が備える光送信部の内部構成と、当該光送信部の接続関係を示すブロック図である。

[図18]第2の実施形態の第2の光通信装置が備える光受信部の内部構成と、当該光受信部の接続関係を示すブロック図である。

発明を実施するための形態

[0014] 以下、本発明の実施形態について図面を参照して説明する。

(第1の実施形態)

図1は、第1の実施形態による光伝送システム1の構成を示すブロック図である。光伝送システム1は、光通信装置2A、2B及び光伝送路3-1、3-2を備える。以下、説明の便宜上、光通信装置2Aを第1の光通信装置といい、光通信装置2Bを第2の光通信装置ともいう。光伝送路3-1は、光通信装置2Aが送信する光信号を光通信装置2Bまで伝送する伝送路である。光伝送路3-2は、光通信装置2Bが送信する光信号を光通信装置2Aまで伝送する伝送路である。

[0015] なお、図1において、光通信装置2Aと光通信装置2Bとを接続する実線の接続線は、光伝送路3-1、3-2を介して送受信されるデータに関連する光信号が伝搬する接続線である。破線の接続線は、制御部7A、7Bが送受信する制御に関する電気信号が伝搬する接続線である。これらの線種の意味は、図1以降の図2、図5、図6、図8、図16～図18においても同様

である。

[0016] 光伝送路 3-1, 3-2 の各々は、光ファイバ 31-1, 31-2 と、光増幅器 32-1, 32-2 を備える。光ファイバ 31-1 と、光ファイバ 31-2 は、同一の性質の光信号の伝送媒体であるものとする。光伝送路 3-1 と、光伝送路 3-2 の距離は、同一の距離であるものとする。そのため、光伝送路 3-1 と、光伝送路 3-2 において生じる波長分散効果は、同一であるものとする。

[0017] 光伝送路 3-1, 3-2 の各々が備える光増幅器 32-1, 32-2 の各々は、光ファイバ 31-1, 31-2 に接続されており、光ファイバ 31-1, 31-2 の各々を伝搬する光信号の増幅を行う。なお、光伝送路 3-1, 3-2 に示す構成は、一例であり、例えば、光ファイバ 31-1 の途中に光増幅器 32-1 が挿入されていてもよいし、光ファイバ 31-2 の途中に光増幅器 32-2 が挿入されていてもよいし、光増幅器 32-1, 32-2 以外に光スイッチや再生中継機などのデバイスが、光ファイバ 31-1, 31-2 に接続されていてもよいし、光ファイバ 31-1, 31-2 の途中に挿入されていてもよい。

[0018] 光通信装置 2A は、光送信部 5A、光受信部 6A 及び制御部 7A を備える。光送信部 5A は、電気信号生成部 51A と、光信号生成部 52A とを備える。電気信号生成部 51A は、図 2 に示すように、波長分散量算出用信号生成部 81A、主信号生成部 82A 及び波長分散補償処理部 83A を備える。

[0019] 波長分散量算出用信号生成部 81A は、光伝送路 3-1 において波長分散補償を行うことなく光通信装置 2B との間で同期が確立する伝送レートのデジタルの電気信号である波長分散量算出用信号を、同一の伝送レートで 2 チャンネル分、生成して出力する。2 つのチャンネルの波長分散量算出用信号の各々は、例えば、図 3 に示すように、それぞれが異なる NRZ (Non Return to Zero) 方式のパルス信号である。なお、波長分散量算出用信号は、パルスの変化のタイミングが明確に検出できるのであれば、NRZ 方式以外のパルス信号であってもよい。

- [0020] 波長分散量算出用信号生成部 8 1 A は、図 3 の破線で示すように、2 つのチャンネルの波長分散量算出用信号におけるパルスが変化するタイミングが一致するように 2 つのチャンネルの波長分散量算出用信号を生成する。波長分散量算出用信号生成部 8 1 A は、波長分散量算出用信号を生成する際、同期を検出するための特定の同期用データパターンを先頭を含めて波長分散量算出用信号を生成する。
- [0021] 主信号生成部 8 2 A は、光通信装置 2 B に送信するデータを符号化してデジタルの電気信号である主信号を生成する。主信号生成部 8 2 A は、主信号を生成する際、同期を検出するための特定の同期用データパターンを先頭を含めて主信号を生成する。なお、主信号生成部 8 2 A が主信号を生成する際を含める特定の同期用データパターンは、波長分散量算出用信号の同期用データパターンとは異なるものとする。主信号生成部 8 2 A が生成する主信号の伝送レートは、波長分散量算出用信号の伝送レートよりも高い伝送レートであり、波長分散補償を行わない場合、光通信装置 2 B との間で同期が確立しない伝送レートである。
- [0022] 波長分散補償処理部 8 3 A は、光通信装置 2 B が算出する光伝送路 3 - 1 の波長分散量に基づいて、主信号生成部 8 2 A が出力する主信号に対して波長分散補償を行う。
- [0023] 光信号生成部 5 2 A は、図 2 に示すように、光源 9 1 A - 1, 9 1 A - 2, 9 1 A - 3、光変調器 9 2 A - 1, 9 2 A - 2, 9 2 A - 3 及び光結合器 9 0 A を備える。光源 9 1 A - 1 は、波長 λ_1 の光を出射する。光源 9 1 A - 2 は、波長 λ_2 の光を出射する。光源 9 1 A - 3 は、波長 λ_3 の光を出射する。光結合器 9 0 A は、例えば光カプラであり、光変調器 9 2 A - 1, 9 2 A - 2, 9 2 A - 3 の各々の出力側に光ファイバを介して接続し、光ファイバを介して光伝送路 3 - 1 に接続する。
- [0024] 光変調器 9 2 A - 1 は、波長分散量算出用信号生成部 8 1 A が生成する 2 チャンネルの波長分散量算出用信号の一方のチャンネル（以下、当該チャンネルを「チャンネル 1、または、CH (Channel) 1」という）の波長分散量算

出用信号に基づいて、光源 9 1 A - 1 が出射する波長 λ_1 の光を変調してチャンネル 1 の波長分散量算出用信号の光信号を生成する。

[0025] 光変調器 9 2 A - 2 は、波長分散量算出用信号生成部 8 1 A が生成する 2 チャンネルの波長分散量算出用信号の他方のチャンネル（以下、当該チャンネルを「チャンネル 2、または、CH(Channel) 2」という）の波長分散量算出用信号に基づいて、光源 9 1 A - 2 が出射する波長 λ_2 の光を変調してチャンネル 2 の波長分散量算出用信号の光信号を生成する。光結合器 9 0 A は、光変調器 9 2 A - 1 が生成するチャンネル 1 の波長分散量算出用信号の光信号と、光変調器 9 2 A - 2 が生成するチャンネル 2 の波長分散量算出用信号の光信号とを結合して光伝送路 3 - 1 に送出する。

[0026] 光変調器 9 2 A - 3 は、波長分散補償処理部 8 3 A が波長分散補償した主信号に基づいて、光源 9 1 A - 3 が出射する波長 λ_3 の光を変調して主信号の光信号を生成する。光変調器 9 2 A - 3 は、生成した波長 λ_3 の光信号を光結合器 9 0 A を介して光伝送路 3 - 1 に送出する。

[0027] 図 4 は、光変調器 9 2 A - 1 が生成する波長 λ_1 のチャンネル 1 の波長分散量算出用信号の光信号のスペクトル 2 0 1 と、光変調器 9 2 A - 2 が生成する波長 λ_2 のチャンネル 2 の波長分散量算出用信号の光信号のスペクトル 2 0 2 と、光変調器 9 2 A - 3 が生成する波長 λ_3 の主信号の光信号のスペクトル 2 0 3 との関係を示すグラフである。図 4 に示す 2 つのグラフの横軸は、波長であり、縦軸は、光強度である。

[0028] 図 4 の上のグラフに示すように、チャンネル 1 の波長分散量算出用信号の光信号のスペクトル 2 0 1 は、中心波長が λ_1 であり、チャンネル 2 の波長分散量算出用信号の光信号のスペクトル 2 0 2 は、中心波長が λ_2 である。図 4 の下のグラフに示すように主信号の光信号のスペクトル 2 0 3 は、中心波長が λ_3 である。チャンネル 1 とチャンネル 2 の波長分散量算出用信号は、同一の伝送レートである。そのため、各々のスペクトル 2 0 1, 2 0 2 の広がりも同一であり、主信号の伝送レートよりも低いため、主信号の光信号のスペクトル 2 0 3 の広がりよりも狭くなっている。

- [0029] 主信号の光信号に生じる波長分散量を求めるためには、波長 λ_1 と波長 λ_2 の範囲が、主信号の光信号のスペクトル203の広がり範囲に含まれるように波長 λ_1 と、波長 λ_2 とが予め定められる必要がある。さらに、より高い精度で主信号の光信号に生じる波長分散量を求める場合には、最小の中心波長である波長 λ_1 と、最大の中心波長である波長 λ_2 の範囲が最大になるように波長 λ_1 と、波長 λ_2 とが予め定められる必要がある。
- [0030] チャンネル1の波長分散量算出用信号の光信号のスペクトル201の範囲と、チャンネル2の波長分散量算出用信号の光信号のスペクトル202の範囲とは、光結合器90Aによって結合される際に重複しないように波長分散量算出用信号の伝送レートと、波長 λ_1 と、波長 λ_2 とが予め定められる。そのため、光伝送路3-1において、チャンネル1とチャンネル2の波長分散量算出用信号の光信号の各々が干渉することはない。光送信部5Aは、チャンネル1とチャンネル2の波長分散量算出用信号の光信号を光伝送路3-1に送出する期間には、主信号の光信号を光伝送路3-1に送出しないので、チャンネル1とチャンネル2の波長分散量算出用信号の光信号と、主信号の光信号とが、光伝送路3-1において干渉することもない。
- [0031] 光受信部6Aは、光信号受信部61Aと、電気信号処理部62Aとを備える。光信号受信部61Aは、図5に示すように、復調器102A-3を備える。復調器102A-3は、光伝送路3-2に光ファイバを介して接続しており、光伝送路3-2が伝送する波長 λ_3 の光信号からデジタルの電気信号の主信号を復調する。ここで、復調とは、例えば、主信号の光信号が強度変調により生成されている場合、直接検波を行って光信号をデジタルの電気信号に変換することである。
- [0032] 電気信号処理部62Aは、主信号処理部112Aと、同期判定部114Aとを備える。同期判定部114Aは、復調器102A-3が波長 λ_3 の光信号から復調する主信号に基づいて同期が確立できるか否かを判定する。ここで、同期が確立できるか否かの判定は、例えば、主信号の先頭に含まれている特定の同期用データパターンを検出したか否かによって行われる。同期判定

部 1 1 4 A は、特定の同期用データパターンを検出した場合、同期が確立できると判定し、特定の同期用データパターンを検出しなかった場合、同期が確立できないと判定する。

[0033] 同期判定部 1 1 4 A は、同期が確立できると判定した場合、取り込んだ主信号を主信号処理部 1 1 2 A に出力する。同期判定部 1 1 4 A は、同期が確立できないと判定した場合、取り込んだ主信号を主信号処理部 1 1 2 A に出力せず、同期が確立できなかったことを示す同期不確立通知信号を制御部 7 A に出力する。

[0034] 主信号処理部 1 1 2 A は、同期判定部 1 1 4 A が出力する主信号を復号して主信号に含まれるデータを読み出す。主信号処理部 1 1 2 A は、読み出したデータを制御部 7 A に出力する。

[0035] 制御部 7 A は、図 1 に示すように、光送信部 5 A の電気信号生成部 5 1 A 及び光信号生成部 5 2 A、並びに、光受信部 6 A の光信号受信部 6 1 A 及び電気信号処理部 6 2 A の各々に接続し、電気信号生成部 5 1 A、光信号生成部 5 2 A、光信号受信部 6 1 A 及び電気信号処理部 6 2 A の動作を制御する処理を行う。制御部 7 A は、光伝送システム 1 の利用者の操作により、波長分散量を算出する処理を開始する指示を受けた場合、開始指示信号を波長分散量算出用信号生成部 8 1 A に出力する。

[0036] 制御部 7 A は、主信号処理部 1 1 2 A が出力するデータを取り込み、取り込んだデータが波長分散量を示すデータである場合、波長分散補償量を示すデータを、波長分散補償処理部 8 3 A に出力し、波長分散量を算出する処理を終了することを示す終了指示信号を、波長分散量算出用信号生成部 8 1 A に出力する。

[0037] 制御部 7 A は、取り込んだデータが波長分散量を示すデータでない場合、取り込んだデータを外部に出力する。制御部 7 A は、同期判定部 1 1 4 A から同期不確立通知信号を受けた場合、光伝送システム 1 の利用者に対して、光伝送路 3 - 2 において主信号の同期が確立できなかったことを通知する。制御部 7 A は、外部から光通信装置 2 B に送信する任意のデータが与えられ

た場合、与えられたデータを、主信号生成部 8 2 A に出力する。

- [0038] 光通信装置 2 B は、光受信部 6 B、光送信部 5 B 及び制御部 7 B を備える。光受信部 6 B は、光信号受信部 6 1 B と、電気信号処理部 6 2 B とを備える。光信号受信部 6 1 B は、図 6 に示すように、光バンドパスフィルタ部 1 0 1 B - 1、1 0 1 B - 2、復調器 1 0 2 B - 1、1 0 2 B - 2、1 0 2 B - 3 及び光分岐器 1 0 0 B を備える。
- [0039] 光分岐器 1 0 0 B は、例えば、光カプラであり、光バンドパスフィルタ部 1 0 1 B - 1、1 0 1 B - 2 の各々の入力側と、復調器 1 0 2 B - 3 の入力側とに光ファイバを介して接続し、光ファイバを介して光伝送路 3 - 1 に接続する。光分岐器 1 0 0 B は、光伝送路 3 - 1 が伝送する光信号を受信して 3 つに分岐し、3 つに分岐した光信号の各々を光バンドパスフィルタ部 1 0 1 B - 1、1 0 1 B - 2 と、復調器 1 0 2 B - 3 とに出力する。
- [0040] 光バンドパスフィルタ部 1 0 1 B - 1 は、光分岐器 1 0 0 B が出力する光信号を取り込み、取り込んだ光信号をバンドパスによりフィルタリングして波長 λ_1 を中心とする一定の波長幅の光信号を出力する。光バンドパスフィルタ部 1 0 1 B - 2 は、光分岐器 1 0 0 B が出力する光信号を取り込み、取り込んだ光信号をバンドパスによりフィルタリングして波長 λ_2 を中心とする一定の波長幅の光信号を出力する。
- [0041] 光バンドパスフィルタ部 1 0 1 B - 1、1 0 1 B - 2 における一定の波長幅の範囲は、図 4 に示したスペクトル 2 0 1、2 0 2 の波長幅と同一か、または、ほぼ同一の範囲である。すなわち、光バンドパスフィルタ部 1 0 1 B - 1、1 0 1 B - 2 における一定の波長幅の範囲の大きさは、チャンネル 1 とチャンネル 2 の波長分散量算出用信号の伝送レートにしたがって予め定められる大きさである。
- [0042] 復調器 1 0 2 B - 1 は、光バンドパスフィルタ部 1 0 1 B - 1 が出力する波長 λ_1 の光信号からデジタルの電気信号であるチャンネル 1 の波長分散量算出用信号を復調する。復調器 1 0 2 B - 2 は、光バンドパスフィルタ部 1 0 1 B - 2 が出力する波長 λ_2 の光信号からデジタルの電気信号であるチャ

ンネル 2 の波長分散量算出用信号を復調する。復調器 102B-3 は、光分岐器 100B が出力する光信号からデジタルの電気信号の主信号を復調する。

[0043] 電気信号処理部 62B は、図 6 に示すように、波長分散量算出部 111B、主信号処理部 112B、同期判定部 113B 及び同期判定部 114B を備える。同期判定部 113B は、復調器 102B-1 が波長 λ_1 の光信号から復調したチャンネル 1 の波長分散量算出用信号と、復調器 102B-2 が波長 λ_2 の光信号から復調したチャンネル 2 の波長分散量算出用信号とに基づいて、チャンネル 1 とチャンネル 2 の波長分散量算出用信号の両方において同期が確立できるか否かを判定する。

[0044] ここで、同期が確立できるか否かの判定は、例えば、チャンネル 1 とチャンネル 2 の波長分散量算出用信号の両方の先頭に含まれている特定の同期用データパターンを検出したか否かによって行われる。同期判定部 113B は、チャンネル 1 とチャンネル 2 の波長分散量算出用信号の両方から特定の同期用データパターンを検出した場合、同期が確立できると判定し、チャンネル 1 とチャンネル 2 の波長分散量算出用信号のいずれか一方、または、両方から特定の同期用データパターンを検出しなかった場合、同期が確立できないと判定する。

[0045] 同期判定部 113B は、同期が確立できると判定した場合、取り込んだチャンネル 1 とチャンネル 2 の波長分散量算出用信号を波長分散量算出部 111B に出力する。同期判定部 113B は、同期が確立できないと判定した場合、同期が確立できなかったチャンネルを特定する情報を含む同期不確立通知信号を制御部 7B に出力する。

[0046] 波長分散量算出部 111B は、光伝送路 3-1 を伝搬する間に波長分散効果の影響を受けることによって、波長 λ_1 のチャンネル 1 の波長分散量算出用信号の光信号と、波長 λ_2 のチャンネル 2 の波長分散量算出用信号の光信号との間において生じる伝搬の時間差から波長分散量を算出する。

[0047] 例えば、図 7 に示すように、同期判定部 113B が出力するチャンネル 1

の波長分散量算出用信号のパルス列において、あるパルスの変化が τ_1 [p s e c (picosecond)] に発生したとする。この場合に、同期判定部 1 1 3 B が出力するチャンネル 2 の波長分散量算出用信号のパルス列において、チャンネル 1 の波長分散量算出用信号のパルス列の τ_1 [p s e c] に発生したパルスの変化に対応するパルスの変化、言い換えると、波長分散量算出用信号生成部 8 1 A が生成した際には同一のタイミングであったパルスの変化が τ_2 [p s e c (picosecond)] に発生したとする。この場合、波長分散量算出部 1 1 1 B は、次式 (1) より符号 2 1 0 で示される遅延時間を算出する。

[0048] 遅延時間 = $|\tau_1 - \tau_2| \cdots (1)$

[0049] 波長分散量算出部 1 1 1 B は、予め内部の記憶領域にチャンネル 1 の波長分散量算出用信号の中心波長である波長 λ_1 と、チャンネル 2 の波長分散量算出用信号の中心波長である波長 λ_2 とを記憶させている。なお、波長 λ_1 , λ_2 の単位は、例えば、[n m (nano-meter)] である。

[0050] 波長分散量算出部 1 1 1 B は、算出した遅延時間と、内部の記憶領域が記憶する波長 λ_1 , λ_2 とに基づいて次式 (2) により波長分散量 D [psec/nm] を算出する。

[0051] $D = |\tau_1 - \tau_2| / |\lambda_1 - \lambda_2| \cdots (2)$

[0052] 電気信号処理部 6 2 B において、同期判定部 1 1 4 B は、接続先が復調器 1 0 2 B - 3 と主信号処理部 1 1 2 B とになる構成の他は、図 5 に示した光通信装置 2 A の同期判定部 1 1 4 A と同一の構成を備えており、主信号処理部 1 1 2 B は、接続先が制御部 7 B と同期判定部 1 1 4 B とになる構成の他は、図 5 に示した光通信装置 2 A の主信号処理部 1 1 2 A と同一の構成を備える。

[0053] 光送信部 5 B は、電気信号生成部 5 1 B と、光信号生成部 5 2 B とを備える。電気信号生成部 5 1 B は、図 8 に示すように、主信号生成部 8 2 B と、波長分散補償処理部 8 3 B とを備える。主信号生成部 8 2 B は、接続先が、制御部 7 B と、波長分散補償処理部 8 3 B とになる構成の他は、図 2 に示した光通信装置 2 A の主信号生成部 8 2 A と同一の構成を備える。波長分散補

償処理部 8 3 B は、接続先が、主信号生成部 8 2 B と、制御部 7 B と、光変調器 9 2 B - 3 とになる構成の他は、図 2 に示した光通信装置 2 A の波長分散補償処理部 8 3 A と同一の構成を備える。

[0054] 光信号生成部 5 2 B は、図 8 に示すように、光源 9 1 B - 3 と、光変調器 9 2 B - 3 とを備える。光源 9 1 B - 3 は、図 2 に示した光通信装置 2 A の光源 9 1 A - 3 と同じく波長 λ_3 の光を出射する。光変調器 9 2 B - 3 は、波長分散補償処理部 8 3 B が波長分散補償した主信号に基づいて、光源 9 1 B - 3 が出射する波長 λ_3 の光を変調して主信号の光信号を生成する。光変調器 9 2 B - 3 は、光伝送路 3 - 2 に光ファイバを介して接続しており、生成した波長 λ_3 の光信号を光伝送路 3 - 2 に送出する。

[0055] 制御部 7 B は、図 1 に示すように、光受信部 6 B の光信号受信部 6 1 B 及び電気信号処理部 6 2 B、並びに、光送信部 5 B の電気信号生成部 5 1 B 及び光信号生成部 5 2 B の各々に接続し、光信号受信部 6 1 B、電気信号処理部 6 2 B、電気信号生成部 5 1 B 及び光信号生成部 5 2 B の動作を制御する処理を行う。

[0056] 制御部 7 B は、波長分散量算出部 1 1 1 B が出力する波長分散量 D を示すデータを取り込み、取り込んだ波長分散量 D を示すデータを、主信号生成部 8 2 B と、波長分散補償処理部 8 3 B とに出力する。制御部 7 B は、同期判定部 1 1 3 B から同期が確立できなかったチャンネルを特定する情報を含む同期不確立通知信号を受けた場合、光伝送システム 1 の利用者に対して、光伝送路 3 - 1 において波長分散量算出用信号の同期が確立できなかったことを通知するとともに、同期が確立できなかったチャンネルを特定する情報を通知する。制御部 7 B は、同期判定部 1 1 4 B から同期不確立通知信号を受けた場合、光伝送システム 1 の利用者に対して、光伝送路 3 - 1 において主信号の同期が確立できなかったことを通知する。

[0057] 制御部 7 B は、主信号処理部 1 1 2 B が出力するデータを取り込んだ場合、取り込んだデータを外部に出力する。制御部 7 B は、外部から光通信装置 2 A に送信する任意のデータが与えられた場合、与えられたデータを、主信

号生成部 8 2 B に出力する。

[0058] (第 1 の実施形態による波長分散補償の処理)

次に、図 9 から図 1 5 を参照しつつ光伝送システム 1 による波長分散補償を行う処理について説明する。図 9 は、光伝送システム 1 による波長分散補償を行う処理の全体の流れを示すシーケンス図である。

[0059] 光通信装置 2 A の光送信部 5 A が波長分散量算出用信号生成処理を行う (ステップ S 1)。図 1 0 は、ステップ S 1 の処理の詳細を示すフローチャートである。光通信装置 2 A の制御部 7 A は、光伝送システム 1 の利用者の操作により、波長分散量を算出する処理を開始する指示を受けると、開始指示信号を波長分散量算出用信号生成部 8 1 A に出力する (ステップ S 1 - 1)。波長分散量算出用信号生成部 8 1 A は、制御部 7 A から開始指示信号を受けると、チャンネル 1 とチャンネル 2 の波長分散量算出用信号を生成し、生成したチャンネル 1 の波長分散量算出用信号を光変調器 9 2 A - 1 に出力し、生成したチャンネル 2 の波長分散量算出用信号を光変調器 9 2 A - 2 に出力する (ステップ S 1 - 2)。

[0060] 光変調器 9 2 A - 1 は、波長分散量算出用信号生成部 8 1 A が出力するチャンネル 1 の波長分散量算出用信号を取り込み、取り込んだチャンネル 1 の波長分散量算出用信号に基づいて、光源 9 1 A - 1 が出射する波長 λ_1 の光を変調してチャンネル 1 の波長分散量算出用信号の光信号を生成する。光変調器 9 2 A - 1 は、生成した波長 λ_1 のチャンネル 1 の波長分散量算出用信号の光信号を光結合器 9 0 A に出力する。

[0061] 光変調器 9 2 A - 2 は、波長分散量算出用信号生成部 8 1 A が出力するチャンネル 2 の波長分散量算出用信号を取り込み、取り込んだチャンネル 2 の波長分散量算出用信号に基づいて、光源 9 1 A - 2 が出射する波長 λ_2 の光を変調してチャンネル 2 の波長分散量算出用信号の光信号を生成する。光変調器 9 2 A - 2 は、生成した波長 λ_2 のチャンネル 2 の波長分散量算出用信号の光信号を光結合器 9 0 A に出力する (ステップ S 1 - 3)。

[0062] 光結合器 9 0 A は、光変調器 9 2 A - 1 が出力する波長 λ_1 のチャンネル 1

の波長分散量算出用信号の光信号を取り込み、光変調器 9 2 A - 2 が出力する波長 λ_2 のチャンネル 2 の波長分散量算出用信号の光信号を取り込み、取り込んだ 2 つの光信号を結合して光伝送路 3 - 1 に送出する（ステップ S 1 - 4）。

[0063] 波長分散量算出用信号生成部 8 1 A は、制御部 7 A から波長分散量を算出する処理を終了することを示す終了指示信号を受けているか否かを判定する（ステップ S 1 - 5）。波長分散量算出用信号生成部 8 1 A が制御部 7 A から終了指示信号を受けていないと判定した場合（ステップ S 1 - 5、No）、再びステップ S 1 - 2 以降の処理が行われる。

[0064] 一方、波長分散量算出用信号生成部 8 1 A は、制御部 7 A から終了指示信号を受けていると判定した場合（ステップ S 1 - 5、Yes）、処理を終了する。

[0065] 図 9 に戻り、光伝送路 3 - 1 が伝送する光信号を受信して光通信装置 2 B の光受信部 6 B が波長分散量算出処理を行う（ステップ S 2）。図 11 は、ステップ S 2 の処理の詳細を示すフローチャートである。

[0066] 光分岐器 1 0 0 B は、光伝送路 3 - 1 が伝送する光信号を受信し、受信した光信号を 3 つに分岐して、復調器 1 0 2 B - 3 と、光バンドパスフィルタ部 1 0 1 B - 1、1 0 1 B - 2 とに出力する（ステップ S 2 - 1）。

[0067] 光バンドパスフィルタ部 1 0 1 B - 1 は、光分岐器 1 0 0 B が出力する光信号を取り込み、取り込んだ光信号をフィルタリングして波長 λ_1 を中心とする一定の波長幅の光信号を復調器 1 0 2 B - 1 に出力する。光バンドパスフィルタ部 1 0 1 B - 2 は、光分岐器 1 0 0 B が出力する光信号を取り込み、取り込んだ光信号をフィルタリングして波長 λ_2 を中心とする一定の波長幅の光信号を復調器 1 0 2 B - 2 に出力する（ステップ S 2 - 2）。

[0068] 復調器 1 0 2 B - 1 は、光バンドパスフィルタ部 1 0 1 B - 1 が出力する光信号からデジタルの電気信号であるチャンネル 1 の波長分散量算出用信号を復調する。復調器 1 0 2 B - 1 は、復調したチャンネル 1 の波長分散量算出用信号を同期判定部 1 1 3 B に出力する。復調器 1 0 2 B - 2 は、光バ

ンドパスフィルタ部 101B-2 が出力する光信号からデジタルの電気信号であるチャンネル 2 の波長分散量算出用信号を復調する。復調器 102B-2 は、復調したチャンネル 2 の波長分散量算出用信号を同期判定部 113B に出力する（ステップ S2-3）。

[0069] 同期判定部 113B は、復調器 102B-1 が出力するチャンネル 1 の波長分散量算出用信号と、復調器 102B-2 が出力するチャンネル 2 の波長分散量算出用信号とを取り込む。同期判定部 113B は、取り込んだチャンネル 1 の波長分散量算出用信号と、チャンネル 2 の波長分散量算出用信号とに基づいて、チャンネル 1 とチャンネル 2 の波長分散量算出用信号の両方において同期が確立できるか否かを判定する（ステップ S2-4）。

[0070] 同期判定部 113B は、同期が確立できないと判定した場合（ステップ S2-4、No）、同期が確立できなかったチャンネルを特定する情報を含む同期不確立通知信号を制御部 7B に出力する。制御部 7B は、同期判定部 113B が出力する同期不確立通知信号を取り込み、光伝送システム 1 の利用者に対して、光伝送路 3-1 において波長分散量算出用信号の同期が確立できなかったことを通知するとともに、同期不確立通知信号に含まれる同期が確立できなかったチャンネルを特定する情報を通知して（ステップ S2-5）、処理を終了する。

[0071] 一方、同期判定部 113B は、同期が確立できると判定した場合（ステップ S2-4、Yes）、取り込んだチャンネル 1 とチャンネル 2 の波長分散量算出用信号を波長分散量算出部 111B に出力する。波長分散量算出部 111B は、同期判定部 113B が出力するチャンネル 1 とチャンネル 2 の波長分散量算出用信号を取り込み、取り込んだチャンネル 1 とチャンネル 2 の波長分散量算出用信号に基づいて式（1）により遅延時間を算出する（ステップ S2-6）。

[0072] 波長分散量算出部 111B は、算出した遅延時間と、内部の記憶領域が記憶する波長 λ_1 、 λ_2 とに基づいて式（2）により波長分散量 D [psec/nm] を算出する。波長分散量算出部 111B は、算出した波長分散量 D を示すデー

タを制御部 7 B に出力して（ステップ S 2 - 7）、処理を終了する。

[0073] なお、主信号用の復調器 1 0 2 B - 3 は、ステップ S 2 - 1 のタイミングにおいて、光分岐器 1 0 0 B が出力するチャンネル 1 とチャンネル 2 の波長分散量算出用信号の光信号を取り込み、取り込んだ光信号を電気信号に復調して同期判定部 1 1 4 B に出力することになる。ただし、チャンネル 1 とチャンネル 2 の波長分散量算出用信号の光信号は、波長 λ_3 を中心波長とする正常な主信号ではないため、復調器 1 0 2 B - 3 がチャンネル 1 とチャンネル 2 の波長分散量算出用信号の光信号を正常に復調できるわけではなく、復調器 1 0 2 B - 3 が復調した電気信号には、主信号に対応する特定の同期用データパターンは含まれていない。そのため、同期判定部 1 1 4 B が、復調器 1 0 2 B - 3 が復調した電気信号に基づいて、同期が確立できると判定せず、復調器 1 0 2 B - 3 が復調した電気信号を主信号処理部 1 1 2 B に出力することはない。

[0074] 図 9 に戻り、光通信装置 2 B の制御部 7 B と光送信部 5 B が波長分散量を含む主信号の送信処理を行う（ステップ S 3）。図 1 2 は、ステップ S 3 の処理の詳細を示すフローチャートである。

[0075] 制御部 7 B は、波長分散量算出部 1 1 1 B がステップ S 2 - 7 の処理において出力する波長分散量 D を示すデータを取り込み、取り込んだ波長分散量 D を示すデータを主信号生成部 8 2 B と、波長分散補償処理部 8 3 B とに出力する。主信号生成部 8 2 B は、制御部 7 B が出力する波長分散量 D を示すデータを取り込む。波長分散補償処理部 8 3 B は、制御部 7 B が出力する波長分散量 D を示すデータを取り込み、取り込んだ波長分散量 D を示すデータを内部の記憶領域に書き込んで記憶させる（ステップ S 3 - 1）。

[0076] 主信号生成部 8 2 B は、波長分散量 D を示すデータを符号化して主信号を生成する。主信号生成部 8 2 B は、生成した主信号を波長分散補償処理部 8 3 B に出力する（ステップ S 3 - 2）。波長分散補償処理部 8 3 B は、主信号生成部 8 2 B が出力する波長分散量 D を示すデータを含む主信号を取り込み、取り込んだ波長分散量 D を示すデータを含む主信号に対して、内部の記

憶領域が記憶する波長分散量Dに基づく波長分散補償を行う。波長分散補償処理部83Bは、波長分散補償した波長分散量Dを示すデータを含む主信号を光変調器92B-3に出力する（ステップS3-3）。

[0077] 光変調器92B-3は、波長分散補償処理部83Bが波長分散補償した波長分散量Dを示すデータを含む主信号に基づいて、光源91B-3が出射する波長 λ_3 の光を変調して主信号の光信号を生成する（ステップS3-4）。光変調器92B-3は、生成した波長 λ_3 の主信号の光信号を光伝送路3-2に送出して（ステップS3-5）、処理を終了する。

[0078] 図9に戻り、光伝送路3-2が伝送する光信号を受信して光通信装置2Aの光受信部6Aと制御部7Aとが主信号受信処理を行う（ステップS4）。図13は、ステップS4の処理の詳細を示すフローチャートである。

[0079] 光通信装置2Aの光受信部6Aの復調器102A-3は、光伝送路3-2が伝送する波長 λ_3 の主信号の光信号を受信し、受信した光信号からデジタルの電気信号の主信号を復調する。復調器102A-3は、復調した主信号を同期判定部114Aに出力する（ステップS4-1）。同期判定部114Aは、復調器102A-3が出力する主信号を取り込み、取り込んだ主信号に基づいて同期が確立できるか否かを判定する（ステップS4-2）。

[0080] 同期判定部114Aは、同期が確立できないと判定した場合（ステップS4-2、No）、同期が確立できなかったことを示す同期不確立通知信号を制御部7Aに出力する。制御部7Aは、同期判定部114Aが出力する同期不確立通知信号を取り込み、光伝送システム1の利用者に対して、光伝送路3-2において主信号の同期が確立できなかったことを通知して（ステップS4-3）、処理を終了する。

[0081] 一方、同期判定部114Aは、同期が確立できると判定した場合（ステップS4-2、Yes）、取り込んだ主信号を主信号処理部112Aに出力する。主信号処理部112Aは、同期判定部114Aが出力する主信号を取り込み、取り込んだ主信号を復号して波長分散量Dを示すデータを読み出し、読み出した波長分散量Dを示すデータを制御部7Aに出力する（ステップS

4-4)。

[0082] 制御部7Aは、主信号処理部112Aが出力するデータを取り込み、取り込んだデータが波長分散量Dを示すデータであるか否かを判定する（ステップS4-5）。ここでは、主信号処理部112Aが出力するデータは、波長分散量Dを示すデータであるため、制御部7Aは、取り込んだデータが波長分散量Dを示すデータであると判定する（ステップS4-5、Yes）。

[0083] 制御部7Aは、波長分散量Dを示すデータを光送信部5Aの波長分散補償処理部83Aに出力する（ステップS4-6）。波長分散補償処理部83Aは、制御部7Aが出力する波長分散量Dを示すデータを取り込み、取り込んだ波長分散量Dを示すデータを内部の記憶領域に書き込んで記憶させる。制御部7Aは、波長分散量を算出する処理を終了することを示す終了指示信号を光送信部5Aの波長分散量算出用信号生成部81Aに出力して（ステップS4-7）、処理を終了する。波長分散量算出用信号生成部81Aは、制御部7Aが出力する終了指示信号を取り込んだ場合、図10のステップS1-5に示すように、終了指示信号を受けていると判定し（ステップS1-5、Yes）、図10に示す波長分散量算出用信号送信処理を終了する。

[0084] なお、ステップS4-5において、制御部7Aは、取り込んだデータが波長分散量Dを示すデータでないと判定した場合（ステップS4-5、No）、取り込んだデータを外部に出力して（ステップS4-8）、処理を終了する。

[0085] これにより、光通信装置2A、2Bの波長分散補償処理部83A、83Bの両方の内部の記憶領域に波長分散量Dを示すデータが記憶されることになり、光通信装置2Bから光伝送路3-2を介して光通信装置2Aに主信号を送信する経路において同期が確立することになる。

[0086] 図9に戻り、光通信装置2Aの制御部7Aと光送信部5Aが任意のデータを主信号によって送信する主信号送信処理を行う（ステップS5）。図14は、ステップS5の処理の詳細を示すフローチャートである。

[0087] 制御部7Aは、外部から光通信装置2Bに送信する任意のデータが与えら

れると、与えられたデータを取り込み、取り込んだデータを主信号生成部 8 2 A に出力する。主信号生成部 8 2 A は、制御部 7 A が出力するデータを取り込む（ステップ S 5 - 1）。主信号生成部 8 2 A は、取り込んだデータを符号化して主信号を生成する。主信号生成部 8 2 A は、生成した主信号を波長分散補償処理部 8 3 A に出力する（ステップ S 5 - 2）。

[0088] 波長分散補償処理部 8 3 A は、主信号生成部 8 2 A が出力する主信号を取り込み、取り込んだ主信号に対して、内部の記憶領域が記憶する波長分散量 D に基づく波長分散補償を行う。波長分散補償処理部 8 3 A は、波長分散補償した主信号を光変調器 9 2 A - 3 に出力する（ステップ S 5 - 3）。

[0089] 光変調器 9 2 A - 3 は、波長分散補償処理部 8 3 A が波長分散補償した主信号に基づいて、光源 9 1 A - 3 が出射する波長 λ_3 の光を変調して主信号の光信号を生成する（ステップ S 5 - 4）。光変調器 9 2 A - 3 は、生成した波長 λ_3 の光信号を、光結合器 9 0 A を介して光伝送路 3 - 1 に送出して（ステップ S 5 - 5）、処理を終了する。

[0090] 図 9 に戻り、光伝送路 3 - 1 が伝送する光信号を受信して光通信装置 2 B の光受信部 6 B と制御部 7 B が主信号受信処理を行う（ステップ S 6）。図 1 5 は、ステップ S 6 の処理の詳細を示すフローチャートである。

[0091] 光分岐器 1 0 0 B は、光伝送路 3 - 1 が伝送する光信号を受信し、受信した光信号を 3 つに分岐して、復調器 1 0 2 B - 3 と、光バンドパスフィルタ部 1 0 1 B - 1, 1 0 1 B - 2 とに出力する（ステップ S 6 - 1）。復調器 1 0 2 B - 3 は、光伝送路 3 - 1 が伝送する光信号からデジタルの電気信号の主信号を復調する（ステップ S 6 - 2）。復調器 1 0 2 B - 3 は、復調した主信号を同期判定部 1 1 4 B に出力する。同期判定部 1 1 4 B は、復調器 1 0 2 B - 3 が出力する主信号を取り込む。同期判定部 1 1 4 B は、取り込んだ主信号に基づいて同期が確立できるか否かを判定する（ステップ S 6 - 3）。

[0092] 同期判定部 1 1 4 B は、同期が確立できないと判定した場合（ステップ S 6 - 3、N o）、同期が確立できなかったことを示す同期不確立通知信号を

制御部 7 B に出力する。制御部 7 B は、同期判定部 1 1 4 B が出力する同期不確立通知信号を取り込み、光伝送システム 1 の利用者に対して、光伝送路 3 - 1 において主信号の同期が確立できなかったことを通知して（ステップ S 6 - 4）、処理を終了する。

[0093] 一方、同期判定部 1 1 4 B は、同期が確立できると判定した場合（ステップ S 6 - 3、Yes）、取り込んだ主信号を主信号処理部 1 1 2 B に出力する。主信号処理部 1 1 2 B は、同期判定部 1 1 4 B が出力する主信号を取り込み、取り込んだ主信号を復号してデータを読み出し、読み出したデータを制御部 7 B に出力する（ステップ S 6 - 5）。

[0094] 制御部 7 B は、同期判定部 1 1 4 B が出力するデータを取り込み、取り込んだデータを外部に出力して（ステップ S 6 - 6）、処理を終了する。

[0095] なお、図 4 に示すように、光伝送路 3 - 1 が伝送する波長 λ_3 の主信号の光信号のスペクトルの波長幅は、波長 λ_1 、 λ_2 を含んでいる。そのため、ステップ S 6 - 2 のタイミングで、光バンドパスフィルタ部 1 0 1 B - 1、1 0 1 B - 2 の各々は、光分岐器 1 0 0 B が分岐して出力する主信号の光信号を取り込んだ場合、フィルタリングにより抽出する主信号の光信号の一部を、各々に対応する復調器 1 0 2 B - 1、1 0 2 B - 2 に出力することになる。ただし、復調器 1 0 2 B - 1、1 0 2 B - 2 は、主信号の光信号の一部を復調することになるため、正常に主信号を復調できるわけではなく、復調器 1 0 2 B - 1、1 0 2 B - 2 が復調する電気信号には、波長分散量算出用信号に対応する同期用データパターンは含まれていない。そのため、同期判定部 1 1 3 B は、復調器 1 0 2 B - 1、1 0 2 B - 2 が復調した電気信号に基づいて、同期が確立できると判定せず、復調器 1 0 2 B - 1、1 0 2 B - 2 が復調した電気信号を波長分散量算出部 1 1 1 B に出力することはない。

[0096] これにより、光通信装置 2 A から光伝送路 3 - 1 を介して光通信装置 2 B に主信号を送信する経路において同期が確立することになる。なお、光通信装置 2 B から光通信装置 2 A に対して任意のデータを主信号により送信する場合、光通信装置 2 B においては、図 1 4 に示したステップ S 5 - 1 ~ S 5

ー５において、制御部７Ａ、主信号生成部８２Ａ、波長分散補償処理部８３Ａ、光源９１Ａ－３及び光変調器９２Ａ－３が行う処理と同一の処理が、制御部７Ｂ、主信号生成部８２Ｂ、波長分散補償処理部８３Ｂ、光源９１Ｂ－３及び光変調器９２Ｂ－３によって行われる。光通信装置２Ａにおいては、復調器１０２Ａ－３が、光伝送路３－２が伝送する光信号を受信し、図１５に示したステップＳ６－１～Ｓ６－６の処理のうちステップＳ６－１の処理を除いた処理において、復調器１０２Ｂ－３、同期判定部１１４Ｂ、主信号処理部１１２Ｂ及び制御部７Ｂが行った処理と同一の処理が、復調器１０２Ａ－３、同期判定部１１４Ａ、主信号処理部１１２Ａ及び制御部７Ａによって行われることになる。

[0097] （第２の実施形態）

図１６は、第２の実施形態の光伝送システム１ａの構成を示すブロック図である。第２の実施形態において、第１の実施形態と同一の構成については、同一の符号を付し、以下、異なる構成について説明する。光伝送システム１ａは、光通信装置２Ａａ、２Ｂａを備える。光通信装置２Ａａは、光送信部５Ａａ、光受信部６Ａ及び制御部７Ａを備える。光通信装置２Ｂａは、光受信部６Ｂａ、光送信部５Ｂ及び制御部７Ｂを備える。

[0098] 光通信装置２Ａａが備える光送信部５Ａａは、電気信号生成部５１Ａと、光信号生成部５２Ａａを備える。光信号生成部５２Ａａは、図１７に示すように、光源９１Ａ－３、光変調器９２Ａ－１、９２Ａ－２、９２Ａ－３、波長多重部９３Ａ及び光結合器９０Ａａを備える。光源９１Ａ－３は、第１の実施形態の光源９１Ａ－３と同様に、主信号の波長である波長 λ_3 の光を出射する光源であり、第２の実施形態では、光変調器９２Ａ－１～９２Ａ－３の各々に光を出射する。

[0099] 波長多重部９３Ａは、光変調器９２Ａ－１が出力する波長 λ_3 のチャンネル１の波長分散量算出用信号の光信号を波長 λ_1 の光信号に変換し、光変調器９２Ａ－２が出力する波長 λ_3 のチャンネル２の波長分散量算出用信号の光信号を波長 λ_2 の光信号に変換する。

- [0100] 光結合器 90Aa は、例えば、光カプラであり、波長多重部 93A の出力側と、光変調器 92A-3 の出力側とに光ファイバを介して接続し、光ファイバを介して光伝送路 3-1 に接続する。
- [0101] 光通信装置 2Ba の光受信部 6Ba は、光信号受信部 61Ba と、電気信号処理部 62B とを備える。光信号受信部 61Ba は、図 18 に示すように、復調器 102B-1, 102B-2, 102B-3、波長分離部 103B 及び光分岐器 100Ba を備える。
- [0102] 光分岐器 100Ba は、例えば、光カプラであり、波長分離部 103B の入力側と、復調器 102B-3 の入力側とに光ファイバを介して接続し、光ファイバを介して光伝送路 3-1 に接続する。光分岐器 100Ba は、光伝送路 3-1 が伝送する光信号を 2 つに分岐し、2 つに分岐した光信号の各々を波長分離部 103B と、復調器 102B-3 とに出力する。
- [0103] 波長分離部 103B は、光分岐器 100Ba が出力する光信号を取り込み、取り込んだ光信号を波長 λ_1 の光信号と、波長 λ_2 の光信号とに分離する。波長分離部 103B は、分離した波長 λ_1 の光信号の波長を波長 λ_3 にして復調器 102B-1 に出力し、分離した波長 λ_2 の光信号の波長を波長 λ_3 にして復調器 102B-2 に出力する。
- [0104] (第 2 の実施形態による波長分散補償の処理)
- 第 2 の実施形態の光伝送システム 1a における波長分散補償の処理は、図 9 から図 15 を参照して説明した第 1 の実施形態の光伝送システム 1 における波長分散補償の処理において、以下に示す点が変わる他は、第 1 の実施形態の光伝送システム 1 における波長分散補償の処理と同一の処理が行われる。
- [0105] 第 2 の実施形態では、図 10 のステップ S1-3 の処理に替えて、以下の処理が行われる。光変調器 92A-1 は、波長分散量算出用信号生成部 81A が出力するチャンネル 1 の波長分散量算出用信号を取り込み、取り込んだチャンネル 1 の波長分散量算出用信号に基づいて、光源 91A-3 が出射する波長 λ_3 の光を変調してチャンネル 1 の波長分散量算出用信号の光信号を生

成する。光変調器 92A-1 は、生成した波長 λ_3 のチャンネル 1 の波長分散量算出用信号の光信号を波長多重部 93A に出力する。

[0106] 光変調器 92A-2 は、波長分散量算出用信号生成部 81A が出力するチャンネル 2 の波長分散量算出用信号を取り込み、取り込んだチャンネル 2 の波長分散量算出用信号に基づいて、光源 91A-2 が出射する波長 λ_3 の光を変調してチャンネル 2 の波長分散量算出用信号の光信号を生成する。光変調器 92A-2 は、生成した波長 λ_3 のチャンネル 2 の波長分散量算出用信号の光信号を波長多重部 93A に出力する。

[0107] 波長多重部 93A は、光変調器 92A-1 が出力する波長 λ_3 のチャンネル 1 の波長分散量算出用信号の光信号と、光変調器 92A-2 が出力する波長 λ_3 のチャンネル 2 の波長分散量算出用信号の光信号とを取り込む。波長多重部 93A は、取り込んだ波長 λ_3 のチャンネル 1 の波長分散量算出用信号の光信号を波長 λ_1 の光信号に変換し、取り込んだ波長 λ_3 のチャンネル 2 の波長分散量算出用信号の光信号を波長 λ_2 光信号に変換する。波長多重部 93A は、波長を変換した 2 つの光信号を波長多重して光結合器 90Aa に出力する。

[0108] 第 2 の実施形態では、図 10 のステップ S1-4 の処理に替えて、以下の処理が行われる。光結合器 90Aa は、波長多重部 93A が出力する波長 λ_1 と波長 λ_2 の光信号が波長多重された光信号を光伝送路 3-1 に送出する。

[0109] 第 2 の実施形態では、図 11 のステップ S2-1 の処理に替えて、以下の処理が行われる。光分岐器 100Ba は、光伝送路 3-1 が伝送する光信号を受信し、受信した光信号を 2 つに分岐し、分岐した 2 つの光信号の各々を復調器 102B-3 と、波長分離部 103B とに出力する。

[0110] 第 2 の実施形態では、図 11 のステップ S2-2 の処理に替えて、以下の処理が行われる。波長分離部 103B は、光分岐器 100Ba が出力する光信号を取り込み、取り込んだ光信号を波長 λ_1 の光信号と、波長 λ_2 の光信号とに分離する。波長分離部 103B は、分離した波長 λ_1 の光信号の波長を波長 λ_3 にして復調器 102B-1 に出力する。波長分離部 103B は、分離し

た波長 λ_2 の光信号の波長を波長 λ_3 にして復調器102B-2に出力する。

[0111] 第2の実施形態では、図15のステップS6-1の処理に替えて、以下の処理が行われる。光分岐器100Baは、光伝送路3-1が伝送する光信号を受信し、受信した光信号を2つに分岐し、2つに分岐した光信号の各々を復調器102B-3と、波長分離部103Bとに出力する。

[0112] なお、上記の第2の実施形態では、図17に示す波長多重部93Aが、チャンネル1とチャンネル2の波長分散量算出用信号の各々に対応する2つの波長 λ_3 の光信号の波長を波長 λ_1 と、波長 λ_2 とに変換するようにしている。これに対して、波長多重部93Aが、電気信号の入力インタフェースを備えている場合、光信号生成部52Aaは、光変調器92A-1, 92A-2を備えず、波長多重部93Aが、波長分散量算出用信号生成部81Aが出力するチャンネル1とチャンネル2の波長分散量算出用信号を取り込むようにしてもよい。この場合、波長多重部93Aは、取り込んだチャンネル1の波長分散量算出用信号から波長 λ_1 の光信号を生成し、取り込んだチャンネル2の波長分散量算出用信号から波長 λ_2 の光信号を生成し、生成した2つの光信号を波長多重して光結合器90Aaに出力することになる。

[0113] 図18に示す波長分離部103Bが電気信号の出力インタフェースを備えている場合、光信号受信部61Baは、復調器102B-1, 102B-2を備えず、波長分離部103Bが、波長 λ_1 の光信号からチャンネル1の波長分散量算出用信号を復調して同期判定部113Bに出力し、波長 λ_2 の光信号からチャンネル2の波長分散量算出用信号を復調して同期判定部113Bに出力するようにしてもよい。

[0114] 第1の実施形態では、チャンネル1とチャンネル2の波長分散量算出用信号の各々から波長 λ_1 の光信号と、波長 λ_2 の光信号を生成する際、図2に示すように、波長 λ_1 の光を出射する光源91A-1と、波長 λ_2 の光を出射する光源91A-2とを用いていた。これに対して、第2の実施形態では、WDM(Wavelength Division Multiplexing)技術を利用し、光通信装置2Aの光送信部5Aaが備える波長多重部93Aにより、波長 λ_1 のチャンネル1の

波長分散量算出用信号の光信号と、波長 λ_2 のチャンネル2の波長分散量算出用信号の光信号とを生成するという違いがある。

[0115] なお、上記の第1及び第2の実施形態では、波長分散量算出用信号生成部81Aは、2チャンネルの異なるパルスパターンの波長分散量算出量信号を生成し、光信号生成部52A、52Aaは、波長分散量算出用信号生成部81Aが生成した2チャンネルの波長分散量算出量信号から異なる波長の2つの光信号を生成するようにしている。これに対して、波長分散量算出用信号生成部81Aが、3チャンネル以上の異なるパルスパターンの波長分散量算出量信号を生成するようにしてもよい。例えば、複数の光キャリア、すなわち複数の波長の光信号に主信号が多重している場合、複数の光キャリアは、それぞれ異なる量の波長分散を受けることになる。この場合、3チャンネル以上の異なるパルスパターンの波長分散量算出量信号を用いて、図4に示したように、複数の光キャリアの各々に波長分散量算出用信号の2つのチャンネルを割り当てて、複数の光キャリアの各々の波長分散量を個別に算出し、個別に算出した波長分散量に基づいて複数の光キャリアの各々の波長分散補償を行うことにより、主信号の信号品質を向上させることが可能になる。3チャンネル以上の異なるパルスパターンの波長分散量算出量信号を生成する場合、光信号生成部52A、52Aaは、波長分散量算出用信号生成部81Aが生成する3チャンネル以上の異なるパルスパターンの波長分散量算出量信号から、波長分散量算出量信号の数に一致する数の異なる波長の複数の光信号を生成し、生成した複数の光信号を光結合器90A、90Aaを介して光伝送路3-1に送出することになる。光通信装置2B、2Baは、複数の光信号の各々をデジタルの電気信号の波長分散量算出量信号に復調する構成を備えることになり、同期判定部113Bは、複数の光信号から復調された複数の波長分散量算出量信号の全てにおいて同期が確立できるか否かを判定することになる。波長分散量算出部111Bは、同期が確立した複数の波長分散量算出量信号の中から、複数のキャリアの各々に対応する2つの波長分散量算出量信号を選択し、複数のキャリアの各々に対して選択した2つの波

長分散量算出量信号に基づいて、複数のキャリアの各々の波長分散量を算出することになる。

[0116] 上記の第1及び第2の実施形態では、波長分散量算出用信号生成部81Aは、2チャンネルの異なるパルスパターンの波長分散量算出用信号を生成するようにしているが、2チャンネルの波長分散量算出量信号のパルスパターンは同一のパルスパターンであってもよい。同一のパルスパターンであっても、パルスの変化のタイミングの違いが検出できれば遅延時間を算出することができるからである。

[0117] 上記の第1及び第2の実施形態の光伝送システム1, 1aは、第1の光通信装置である光通信装置2A, 2Aaと、第2の光通信装置である光通信装置2B, 2Baと、光信号を伝送する光伝送路3-1とを備える。光通信装置2A, 2Aaにおいて、波長分散量算出用信号生成部81Aは、光伝送路3-1において波長分散補償を行うことなく光通信装置2B, 2Baとの間で同期が確立する伝送レート of 波長分散量算出用信号を生成する。主信号生成部82Aは、波長分散量算出用信号の伝送レートよりも高い伝送レート of 主信号を生成する。波長分散補償処理部83Aは、主信号生成部82Aが生成する主信号に対して、光通信装置2B, 2Baが算出する光伝送路3-1の波長分散量に基づいて波長分散補償を行う。光信号生成部52A, 52Aaは、波長分散量算出用信号生成部81Aが生成する波長分散量算出用信号から異なる中心波長の複数の光信号を生成し、波長分散補償処理部83Aが波長分散補償した主信号から光信号を生成し、生成した光信号を光伝送路3-1に送出する。光通信装置2B, 2Baにおいて、光信号受信部61B, 61Baは、光伝送路3-1が伝送する光信号を受信し、受信した光信号を電気信号に復調する。波長分散量算出部111Bは、光信号受信部61B, 61Baが復調する電気信号に含まれる波長分散量算出用信号の間の遅延時間に基づいて、光伝送路3-1の波長分散量を算出する。

[0118] 上記の構成により、第1及び第2の実施形態の光伝送システム1, 1aでは、光通信装置2A, 2Aaと、光通信装置2B, 2Baとが、光伝送路3

ー 1 において波長分散補償を行うことなく光通信装置 2 B, 2 B a との間で同期が確立する伝送レートの波長分散量算出用信号を用いて光伝送路 3 - 1 の波長分散量を算出するので、汎用的な測定装置を用いずに、主信号が光伝送路において受ける波長分散効果による波形歪みを補償するために必要な波長分散量を求めることができる。そして、求めた波長分散量を主信号の波長分散補償に適用することにより、主信号の通信品質を高めることが可能となる。また、汎用的な測定装置といった外部の装置をそもそも用いないのでコストを抑えることができ、また、外部の装置の設置等に要する保守稼働のコストも抑えることができる。また、例えば、通信サービスの運用を開始した後に、光伝送路 3 - 1 を構成する光ファイバが物理的に切断されてしまい、光ファイバを接続し直すために融着を行うこと等により光伝送路 3 - 1 の光ファイバ長が変化して光伝送路 3 - 1 の波長分散量を測定し直す必要がある場合であっても、運用中の光伝送路 3 - 1 に接続した光通信装置 2 A, 2 A a と、光通信装置 2 B, 2 B a とが自動的に光伝送路 3 - 1 の波長分散量を算出するので、通信サービスの運用を一時的に停止させることなく、主信号の波長分散補償を行うことが可能になる。

[0119] なお、上記の第 1 及び第 2 の実施形態では、光通信装置 2 A, 2 A a 及び光通信装置 2 B, 2 B a の各々が、互いに光信号を送受信する構成を備えているが、光伝送システム 1, 1 a が、光伝送路 3 - 2 を備えず、光通信装置 2 A, 2 A a が、光受信部 6 A を備えず、光通信装置 2 B, 2 B a が、光送信部 5 B を備えない構成であってもよい。この場合、光通信装置 2 A, 2 A a が、光信号を送信することに特化した装置になり、光通信装置 2 B, 2 B a が、光信号を受信することに特化した装置になる。ただし、この場合、光通信装置 2 B, 2 B a は、波長分散量算出部 1 1 1 B が算出する波長分散量を示すデータを、例えば、光通信装置 2 A, 2 A a と、光通信装置 2 B, 2 B a との間を接続する別の回線により、光通信装置 2 A, 2 A a に送信する構成が必要となる。

[0120] 上記の第 1 及び第 2 の実施形態では、光伝送路 3 - 1 と光伝送路 3 - 2 の

波長分散量が同一であるとしているが、光伝送路 3-1 と光伝送路 3-2 の波長分散量が異なる場合、光通信装置 2 A, 2 A a が、光通信装置 2 B, 2 B a が送信する波長分散量算出用信号を受信して、光伝送路 3-2 の波長分散量を算出する必要がある。そのため、例えば、光通信装置 2 A, 2 A a は、光受信部 6 A に替えて、光通信装置 2 B, 2 B a が備える光受信部 6 B, 6 B a を備え、光通信装置 2 B, 2 B a は、光送信部 5 B に替えて、光通信装置 2 A, 2 A a が備える光送信部 5 A, 5 A a を備える必要がある。この場合、上記の第 1 及び第 2 の実施形態のように、光伝送路 3-1 の波長分散量を光伝送路 3-2 の波長分散量とみなすことができないので、光通信装置 2 B, 2 B a が算出した光伝送路 3-1 の波長分散量を示すデータを主信号により光伝送路 3-2 を介して光通信装置 2 A, 2 A a に送信することができず、光通信装置 2 A, 2 A a が算出した光伝送路 3-2 の波長分散量を示すデータを主信号により光伝送路 3-1 を介して光通信装置 2 B, 2 B a に送信することができない。そのため、波長分散量を示すデータを対向する装置に送信するために、光通信装置 2 A, 2 A a と、光通信装置 2 B, 2 B a とを接続する別の回線が必要になる。

[0121] 上記の第 1 及び第 2 の実施形態においても、光通信装置 2 B, 2 B a は、算出した波長分散量を主信号により光伝送路 3-2 を介して光通信装置 2 A, 2 A a に送信するのではなく、光通信装置 2 A, 2 A a と、光通信装置 2 B, 2 B a とを接続する別の回線により、光通信装置 2 B, 2 B a が算出した波長分散量を光通信装置 2 A, 2 A a に送信するようにしてもよい。

[0122] また、上記の第 1 及び第 2 の実施形態において、光通信装置 2 B, 2 B a の電気信号生成部 5 1 B が、光伝送路 3-2 において波長分散補償を行うことなく光通信装置 2 A, 2 A a との間で同期が確立する伝送レートのデジタルの電気信号であって波長分散量算出部 1 1 1 B が算出した波長分散量を含む電気信号を生成し、光信号生成部 5 2 B が、電気信号生成部 5 1 B が生成した電気信号に基づいて光変調して生成した光信号を、光伝送路 3-2 を通じて光通信装置 2 A, 2 A a に送信するようにしてもよい。当該伝送レー

トの光信号は、上記した波長分散量算出用信号と同様に、波長分散補償なしに光通信装置 2 B, 2 B a と、光通信装置 2 A, 2 A a との間で同期が確立する。そのため、光通信装置 2 A, 2 A a の電気信号処理部 6 2 A は、光通信装置 2 B, 2 B a が算出して送信する波長分散量を示すデータを光信号受信部 6 1 A による復調を経て受信することができ、波長分散補償処理部 8 3 A は、電気信号処理部 6 2 A が受信した波長分散量に基づいて主信号の波長分散補償を行うことが可能になる。

[0123] 上記の第 1 及び第 2 の実施形態において、主信号生成部 8 2 A, 8 2 B が生成する主信号の伝送レートの条件として、波長分散量算出用信号の伝送レートよりも高い伝送レートであり、波長分散補償を行わない場合、対向する装置との間で同期が確立しない伝送レートであるとしているが、この条件に限られるものではない。例えば、主信号の伝送レートは、波長分散補償を行うのが望ましいが、波長分散補償を行わない場合に、対向する装置との間で同期が確立してしまう伝送レートであって、波長分散量算出用信号の伝送レートよりも高い伝送レートであってもよい。

[0124] 上記の第 1 の実施形態において、光通信装置 2 B の光受信部 6 B の光信号受信部 6 1 B は、光バンドパスフィルタ部 1 0 1 B - 1, 1 0 1 B - 2 に替えて、取り込んだ光信号を波長 λ_1 と波長 λ_2 に分波する光分波器を備え、光分波器が、分波した波長 λ_1 の光信号を復調器 1 0 2 B - 1 に出力し、分波した波長 λ_2 の光信号を復調器 1 0 2 B - 2 に出力するようにしてもよい。

[0125] 上記の第 1 及び第 2 の実施形態の光伝送システム 1, 1 a は、光伝送路 3 - 1, 3 - 2 の各々に、一心の光ファイバ 3 1 - 1, 3 1 - 2 を適用し、物理的に異なる光伝送路 3 - 1, 3 - 2 を備えるようにしている。これに対して、光伝送路 3 - 1, 3 - 2 は、以下のような波長多重による論理的な経路であってもよい。例えば、光通信装置 2 A, 2 A a が光通信装置 2 B, 2 B a に送信する主信号の光信号のスペクトルと、光通信装置 2 B, 2 B a が光通信装置 2 A, 2 A a に主信号を送信する主信号の光信号のスペクトルとが重複しないように、2 つの主信号の波長を予め定めておく。光通信装置 2 A

、2 A aは、光送信部5 A、5 A aと、光受信部6 Aとに接続する合分波器を備え、光通信装置2 B、2 B aは、光送信部5 Bと、光受信部6 B、6 B aとに接続する合分波器を備える。一心の光ファイバにより構成される光伝送路で2つの合分波器の間を接続する。このようにして波長多重することにより、一心の光ファイバを備える光伝送路により、論理的に異なる光伝送路3-1、3-2を備えることが可能となる。ただし、この場合、予め定めた2つの主信号の波長の各々に対する波長分散量を算出する必要がある。

[0126] 上述した第1及び第2の実施形態における光通信装置2 A、2 A aの電気信号生成部5 1 A、電気信号処理部6 2 A及び光通信装置2 B、2 B aの電気信号生成部5 1 B、電気信号処理部6 2 Bをコンピュータで実現するようにしてもよい。その場合、この機能を実現するためのプログラムをコンピュータ読み取り可能な記録媒体に記録して、この記録媒体に記録されたプログラムをコンピュータシステムに読み込ませ、実行することによって実現してもよい。なお、ここでいう「コンピュータシステム」とは、OSや周辺機器等のハードウェアを含むものとする。また、「コンピュータ読み取り可能な記録媒体」とは、フレキシブルディスク、光磁気ディスク、ROM、CD-ROM等の可搬媒体、コンピュータシステムに内蔵されるハードディスク等の記憶装置のことをいう。さらに「コンピュータ読み取り可能な記録媒体」とは、インターネット等のネットワークや電話回線等の通信回線を介してプログラムを送信する場合の通信線のように、短時間の間、動的にプログラムを保持するもの、その場合のサーバやクライアントとなるコンピュータシステム内部の揮発性メモリのように、一定時間プログラムを保持しているものも含んでもよい。また上記プログラムは、前述した機能の一部を実現するためのものであってもよく、さらに前述した機能をコンピュータシステムにすでに記録されているプログラムとの組み合わせで実現できるものであってもよく、FPGA (Field Programmable Gate Array) 等のプログラマブルロジックデバイスを用いて実現されるものであってもよい。

[0127] 以上、この発明の実施形態について図面を参照して詳述してきたが、具体

的な構成はこの実施形態に限られるものではなく、この発明の要旨を逸脱しない範囲の設計等も含まれる。

産業上の利用可能性

[0128] 波長分散が生じる光伝送路に適用することができる。

符号の説明

[0129] 1…光伝送システム、2 A, 2 B…光通信装置、3-1, 3-2…光伝送路、5 A, 5 B…光送信部、6 A, 6 B…光受信部、7 A, 7 B…制御部、31-1, 31-2…光ファイバ、32-1, 32-2…光増幅器、51 A, 51 B…電気信号生成部、52 A, 52 B…光信号生成部、61 A, 61 B…光信号受信部、62 A, 62 B…電気信号処理部

請求の範囲

[請求項1]

第1の光通信装置と、前記第1の光通信装置と通信を行う第2の光通信装置と、光信号を伝送する光伝送路とを備える光伝送システムであって、

前記第1の光通信装置は、

前記光伝送路において波長分散補償を行うことなく前記第2の光通信装置との間で同期が確立する伝送レートの波長分散量算出用信号を生成する波長分散量算出用信号生成部と、

前記波長分散量算出用信号の伝送レートよりも高い伝送レートの主信号を生成する主信号生成部と、

前記主信号生成部が生成する前記主信号に対して、前記第2の光通信装置が算出する前記光伝送路の波長分散量に基づいて波長分散補償を行う波長分散補償処理部と、

前記波長分散量算出用信号生成部が生成する前記波長分散量算出用信号から異なる中心波長の複数の光信号を生成し、前記波長分散補償処理部が波長分散補償した前記主信号から光信号を生成し、生成した前記光信号を前記光伝送路に送出する光信号生成部と、

を備え、

前記第2の光通信装置は、

前記光伝送路が伝送する光信号を受信し、受信した光信号を電気信号に復調する光信号受信部と、

前記光信号受信部が復調する電気信号に含まれる複数の前記波長分散量算出用信号の間の遅延時間に基づいて、前記光伝送路の波長分散量を算出する波長分散量算出部と、

を備える光伝送システム。

[請求項2]

前記光信号生成部は、

前記波長分散量算出用信号から異なる中心波長の複数の光信号を生成する際、複数の光源であって各々が前記異なる中心波長の光を出射

する光源の各々が出射する光を前記波長分散量算出用信号に基づいて変調することにより、前記異なる中心波長の複数の光信号を生成する、

請求項 1 に記載の光伝送システム。

[請求項3]

前記光信号生成部は、

前記波長分散量算出用信号に基づいて波長多重した光信号を生成することにより、前記異なる中心波長の複数の光信号を生成する、

請求項 1 に記載の光伝送システム。

[請求項4]

前記光信号生成部が前記波長分散量算出用信号から生成する前記異なる中心波長の複数の光信号の各々の中心波長により示される波長の範囲が、前記主信号から生成される光信号のスペクトルの広がり範囲に含まれ、かつ最大の前記中心波長と、最小の前記中心波長の差が最大になるように前記複数の光信号の各々の中心波長が予め定められる、

請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の光伝送システム。

[請求項5]

前記第 2 の光通信装置は、

前記波長分散量算出部が算出する前記波長分散量を含む光信号であって前記主信号の光信号、または、前記波長分散量を含む光信号であって前記光伝送路において波長分散補償を行うことなく前記第 1 の光通信装置との間で同期が確立する伝送レートの光信号を前記光伝送路に送出する光送信部

を備え、

前記第 1 の光通信装置は、

前記第 2 の光通信装置が送出して前記光伝送路が伝送する前記波長分散量を含む光信号を受信し、受信した前記光信号から前記波長分散量を読み出し、読み出した前記波長分散量を前記波長分散補償処理部に出力する光受信部

を備える請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載の光伝送システム。

[請求項6]

第1の光通信装置と、前記第1の光通信装置と通信を行う第2の光通信装置と、光信号を伝送する光伝送路とを備える光伝送システムにおける波長分散補償方法であって、

前記第1の光通信装置の波長分散量算出用信号生成部が、前記光伝送路において波長分散補償を行うことなく前記第2の光通信装置との間で同期が確立する伝送レートの波長分散量算出用信号を生成し、

前記第1の光通信装置の光信号生成部が、前記波長分散量算出用信号生成部が生成した前記波長分散量算出用信号から異なる中心波長の複数の光信号を生成して前記光伝送路に送出し、

前記第2の光通信装置の光信号受信部が、前記光伝送路が伝送する光信号を受信し、受信した光信号を電気信号に復調し、

前記第2の光通信装置の波長分散量算出部が、前記光信号受信部が復調した電気信号に含まれる前記波長分散量算出用信号の間の遅延時間に基づいて、前記光伝送路の波長分散量を算出し、

前記第1の光通信装置の主信号生成部が、前記波長分散量算出用信号の伝送レートよりも高い伝送レートの主信号を生成し、

前記第1の光通信装置の波長分散補償処理部が、前記主信号生成部が生成した前記主信号に対して、前記第2の光通信装置が算出した前記光伝送路の波長分散量に基づいて波長分散補償を行い、

前記第1の光通信装置の光信号生成部が、前記波長分散補償処理部が波長分散補償した前記主信号から光信号を生成して前記光伝送路に送出する、

波長分散補償方法。

[請求項7]

第1の光通信装置と、前記第1の光通信装置と通信を行う第2の光通信装置と、光信号を伝送する光伝送路とを備える光伝送システムにおける第1の光通信装置であって、

前記光伝送路において波長分散補償を行うことなく前記第2の光通信装置との間で同期が確立する伝送レートの波長分散量算出用信号で

あって前記第2の光通信装置が当該波長分散量算出用信号の間の遅延時間に基づいて前記光伝送路の波長分散量を算出する波長分散量算出用信号を生成する波長分散量算出用信号生成部と、

前記波長分散量算出用信号の伝送レートよりも高い伝送レートの主信号を生成する主信号生成部と、

前記主信号生成部が生成する前記主信号に対して、前記第2の光通信装置が算出する前記光伝送路の波長分散量に基づいて波長分散補償を行う波長分散補償処理部と、

前記波長分散量算出用信号生成部が生成する前記波長分散量算出用信号から異なる中心波長の複数の光信号を生成し、前記波長分散補償処理部が波長分散補償した前記主信号から光信号を生成し、生成した前記光信号を前記光伝送路に送出する光信号生成部と、

を備える第1の光通信装置。

[請求項8]

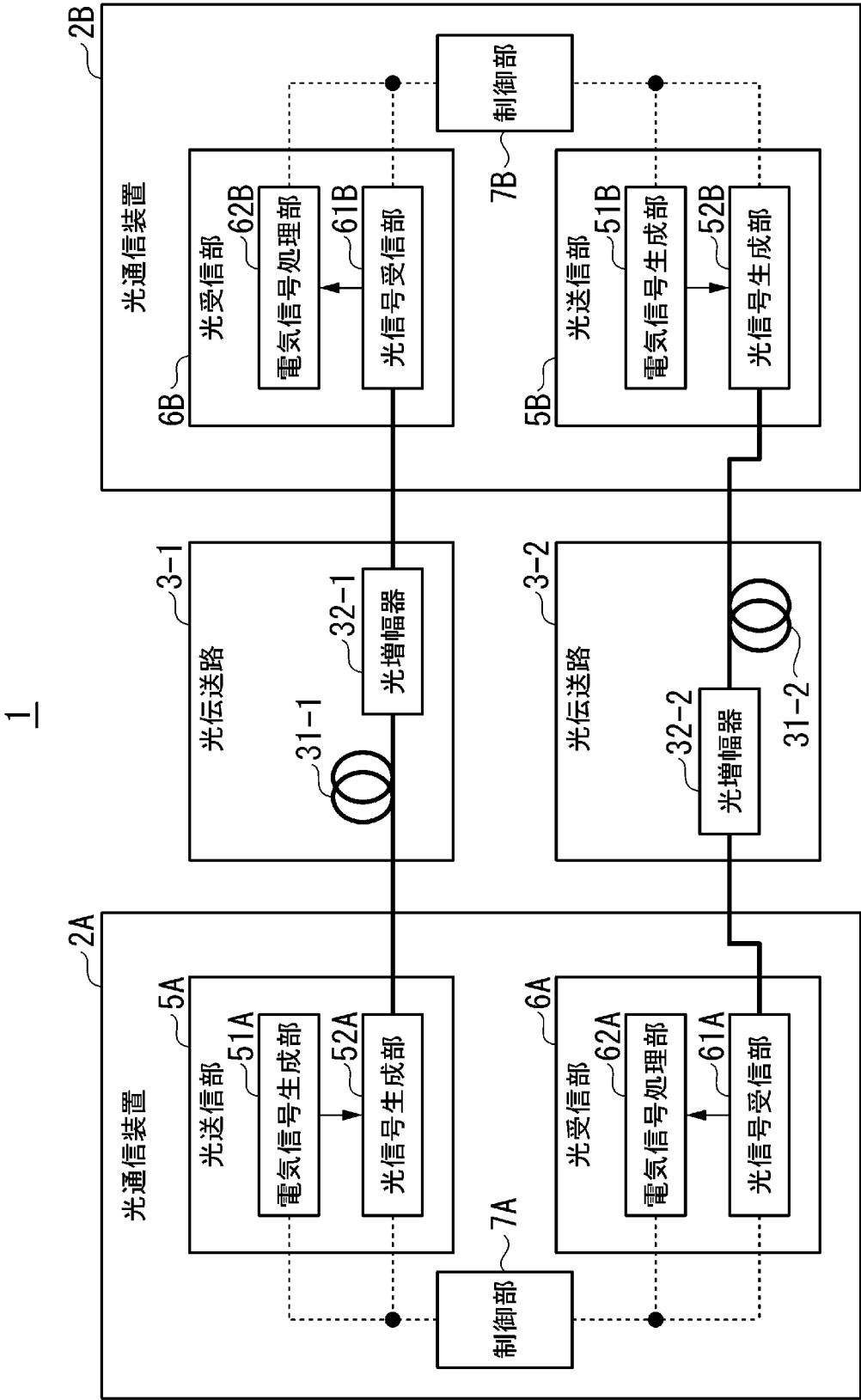
第1の光通信装置と、前記第1の光通信装置と通信を行う第2の光通信装置と、光信号を伝送する光伝送路とを備える光伝送システムにおける第2の光通信装置であって、

前記光伝送路が伝送する光信号であって前記光伝送路において波長分散補償を行うことなく前記第1の光通信装置との間で同期が確立する伝送レートの波長分散量算出用信号から生成される異なる中心波長の複数の光信号を受信し、受信した光信号を電気信号に復調する光信号受信部と、

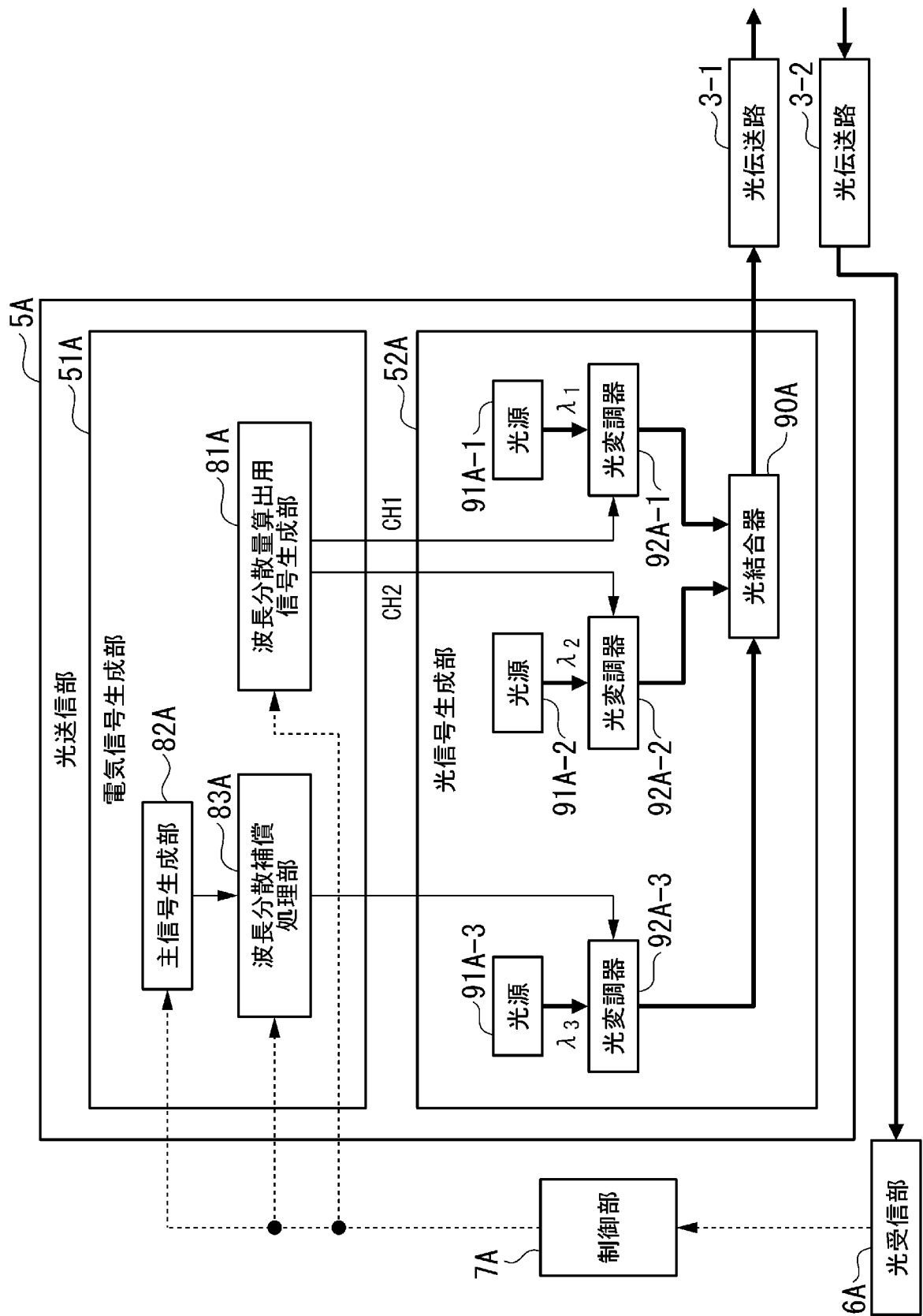
前記光信号受信部が復調する電気信号に含まれる複数の前記波長分散量算出用信号の間の遅延時間に基づいて、前記光伝送路の波長分散量を算出する波長分散量算出部と、

を備える第2の光通信装置。

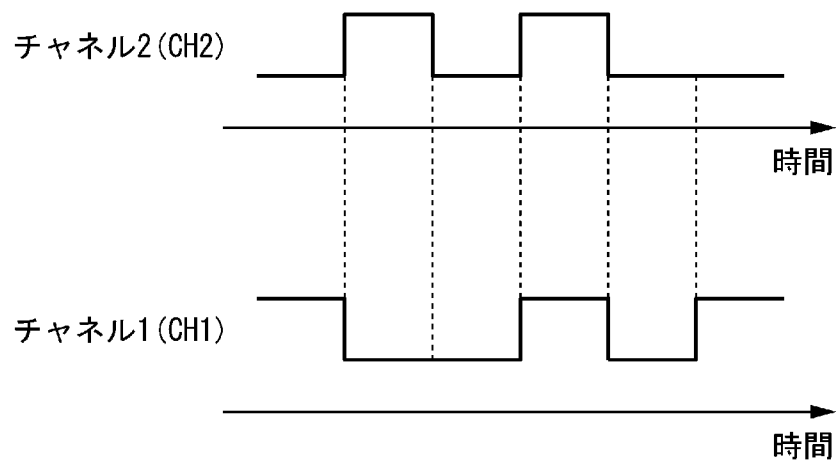
[図1]



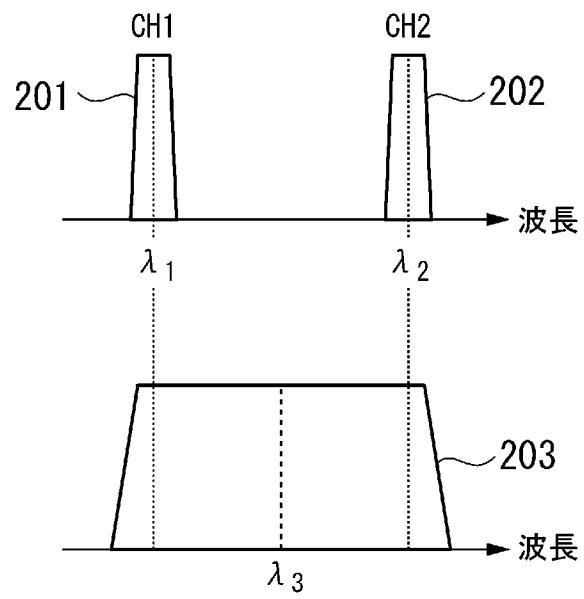
[図2]



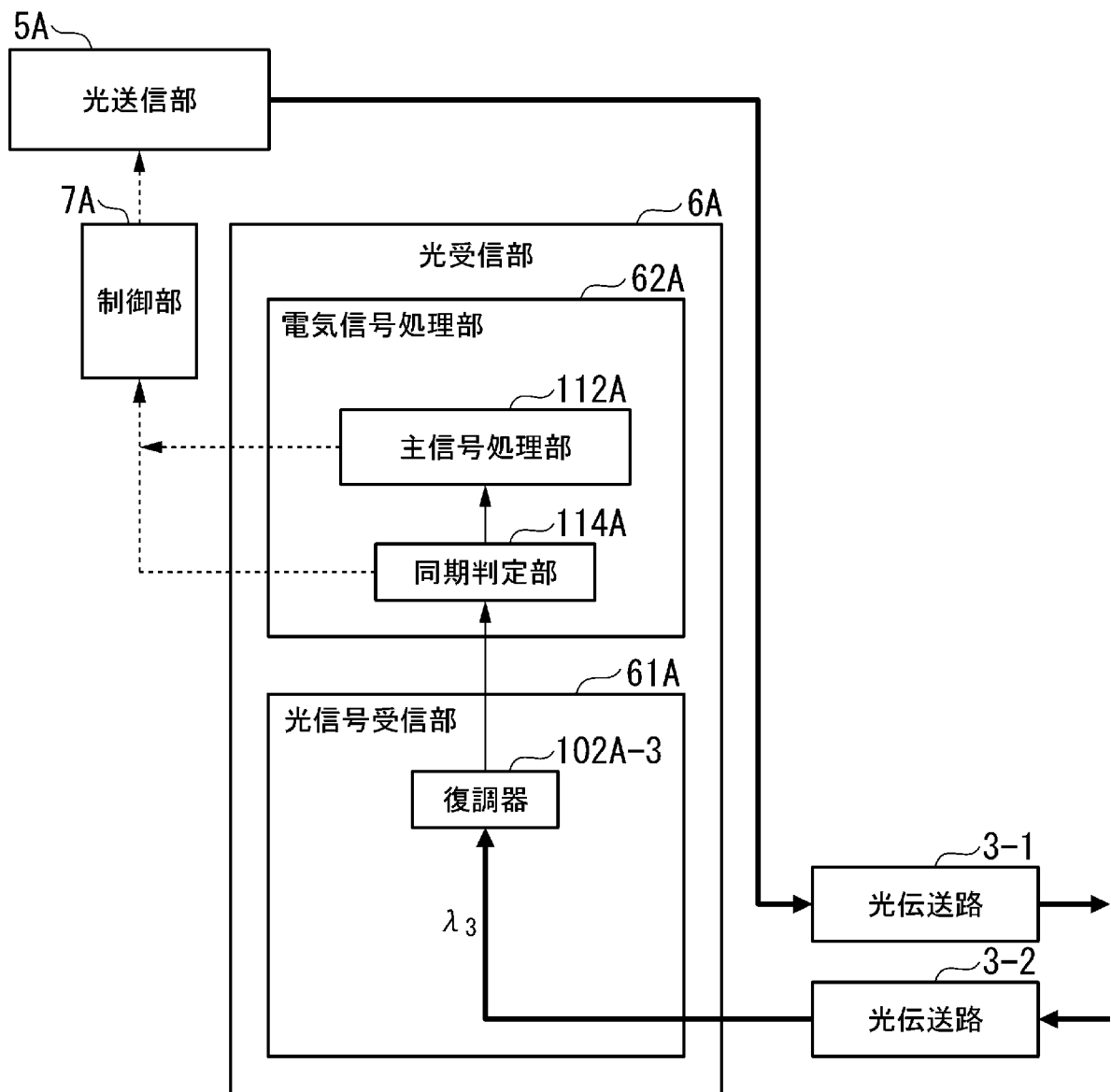
[図3]



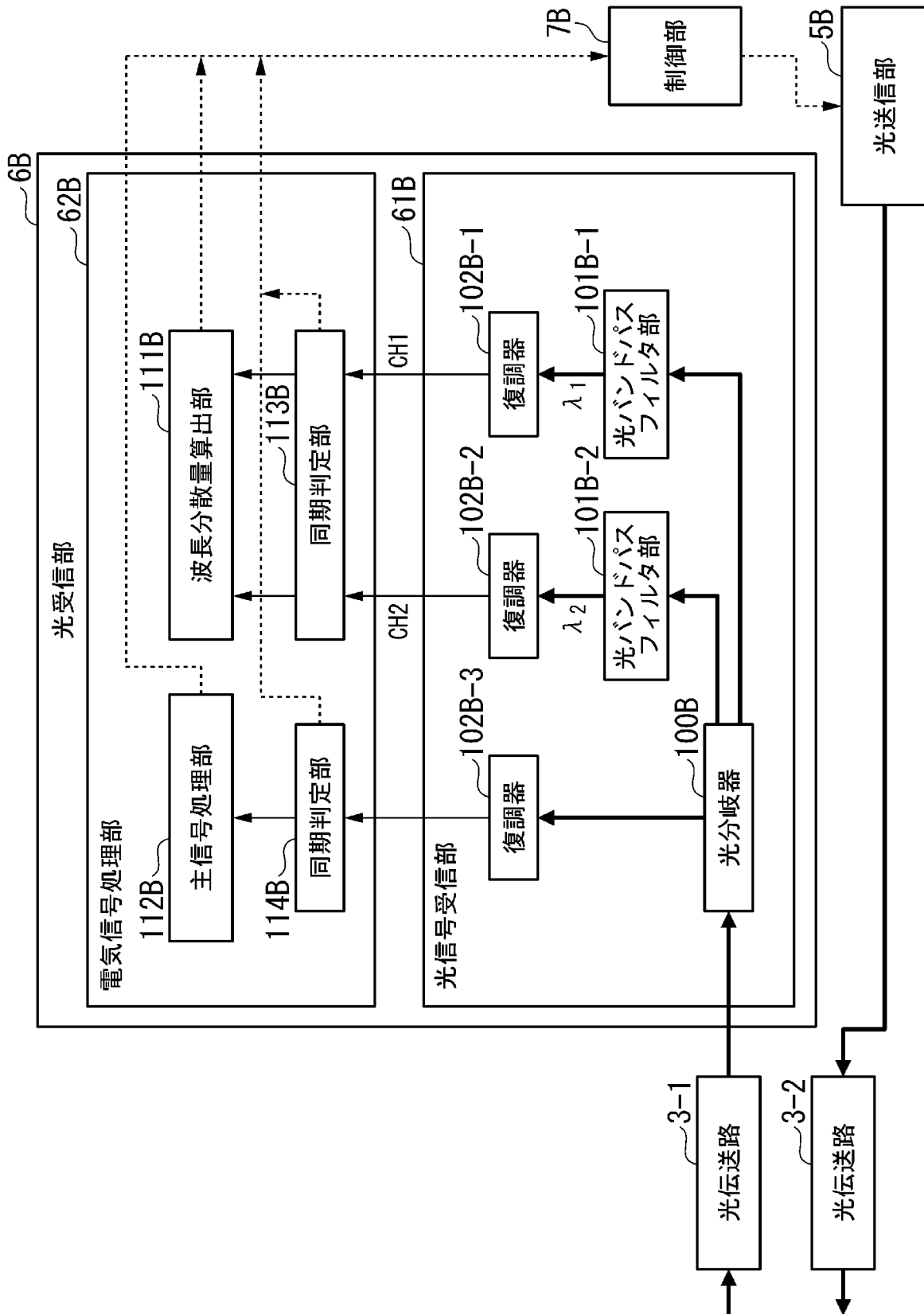
[図4]



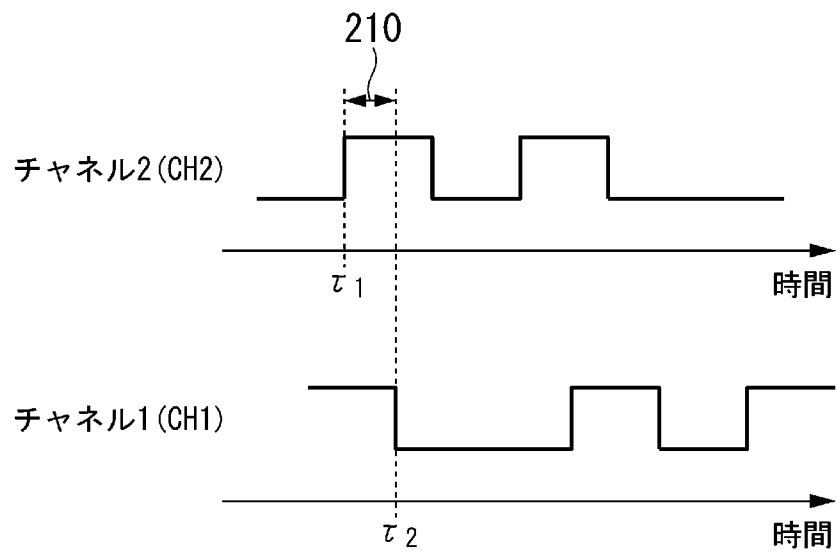
[図5]



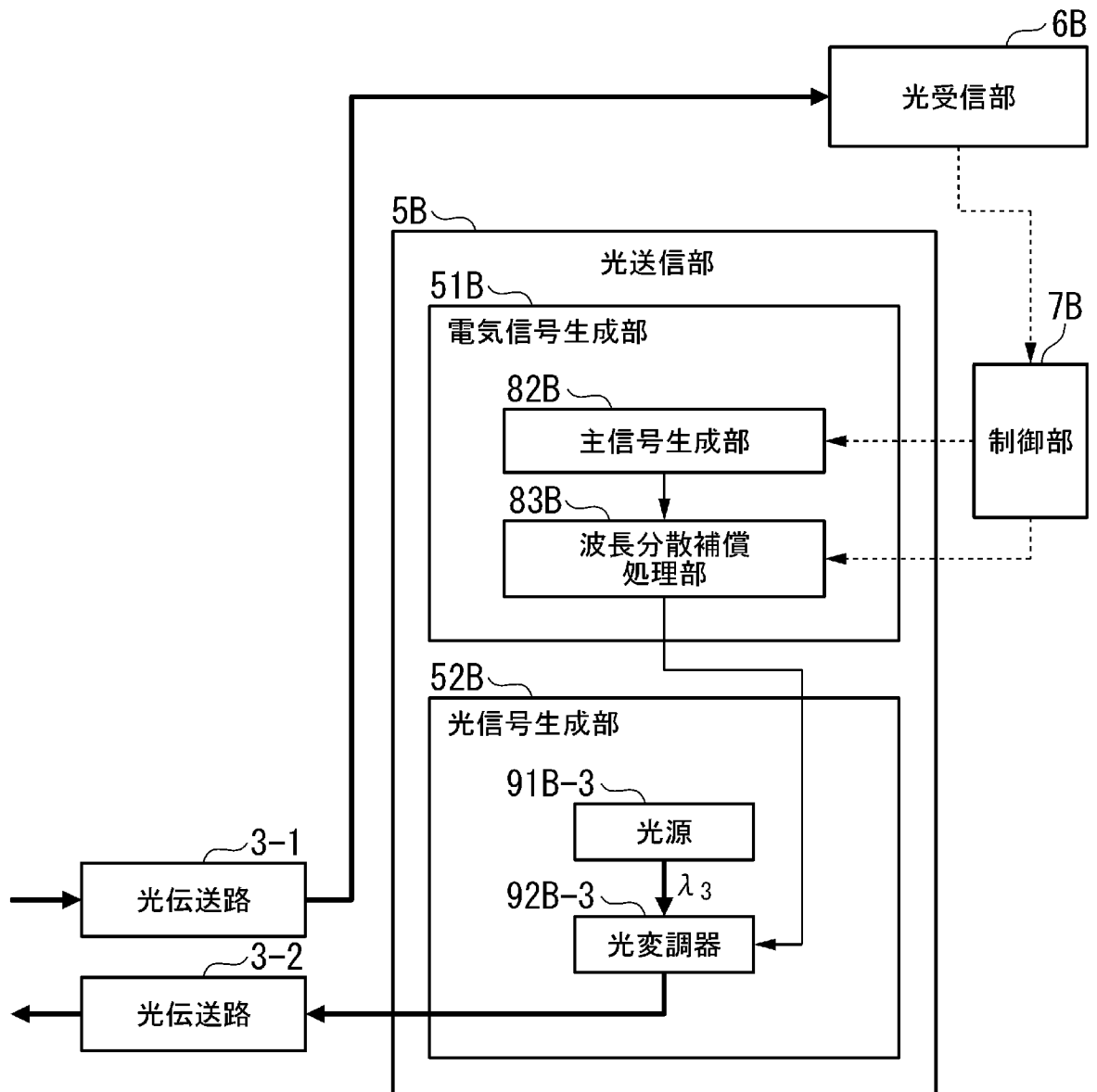
[図6]



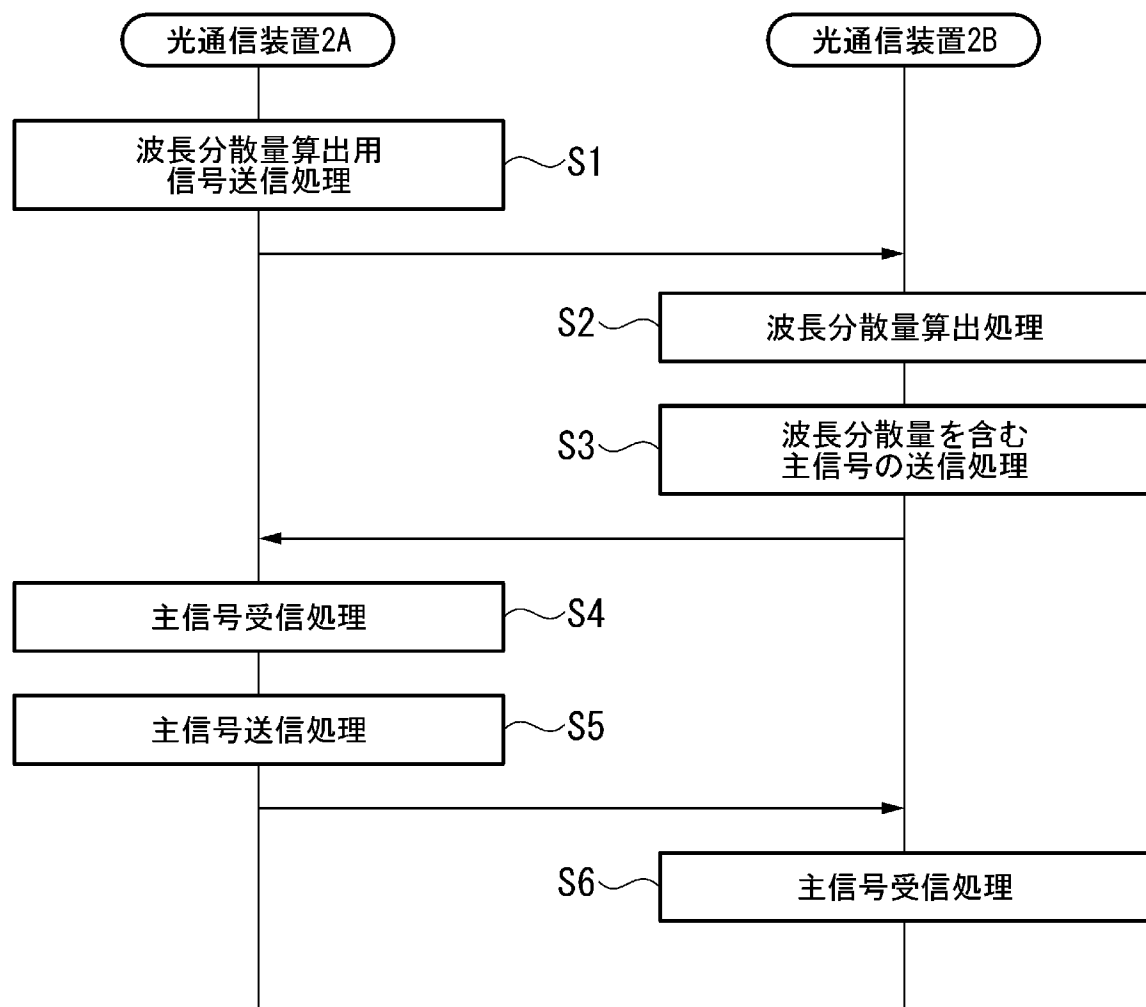
[図7]



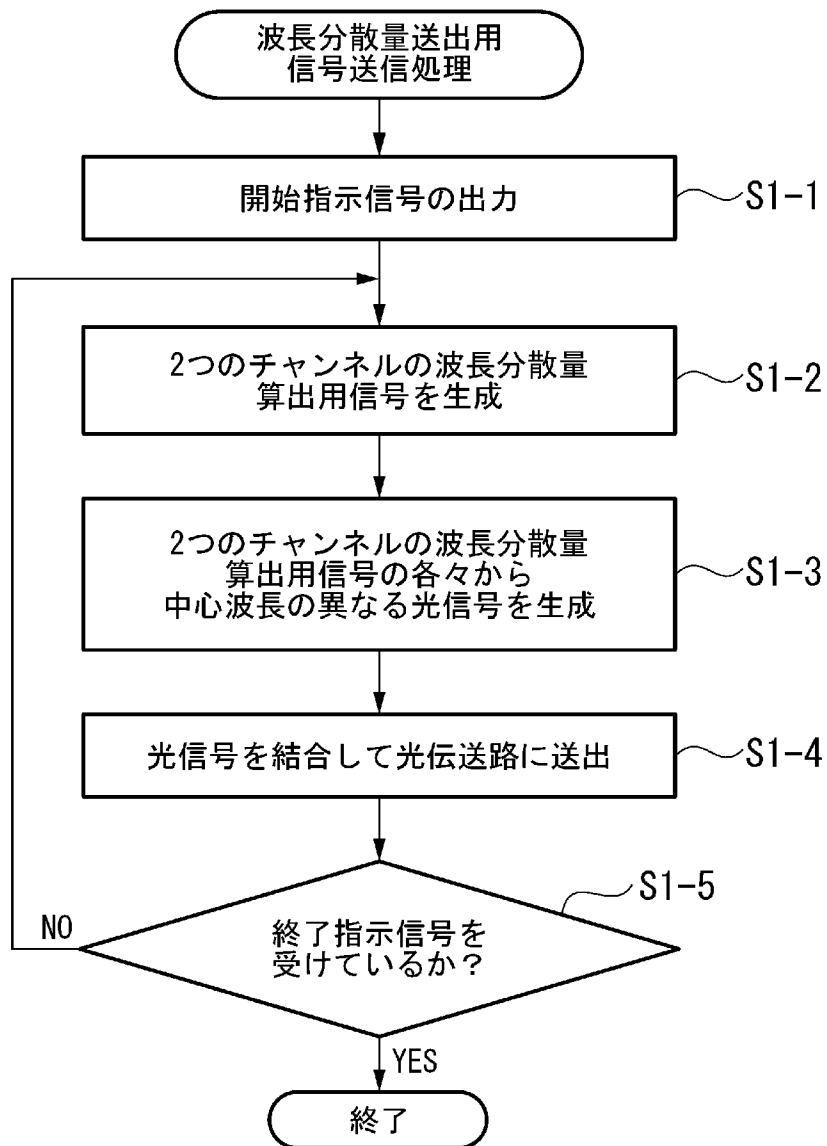
[図8]



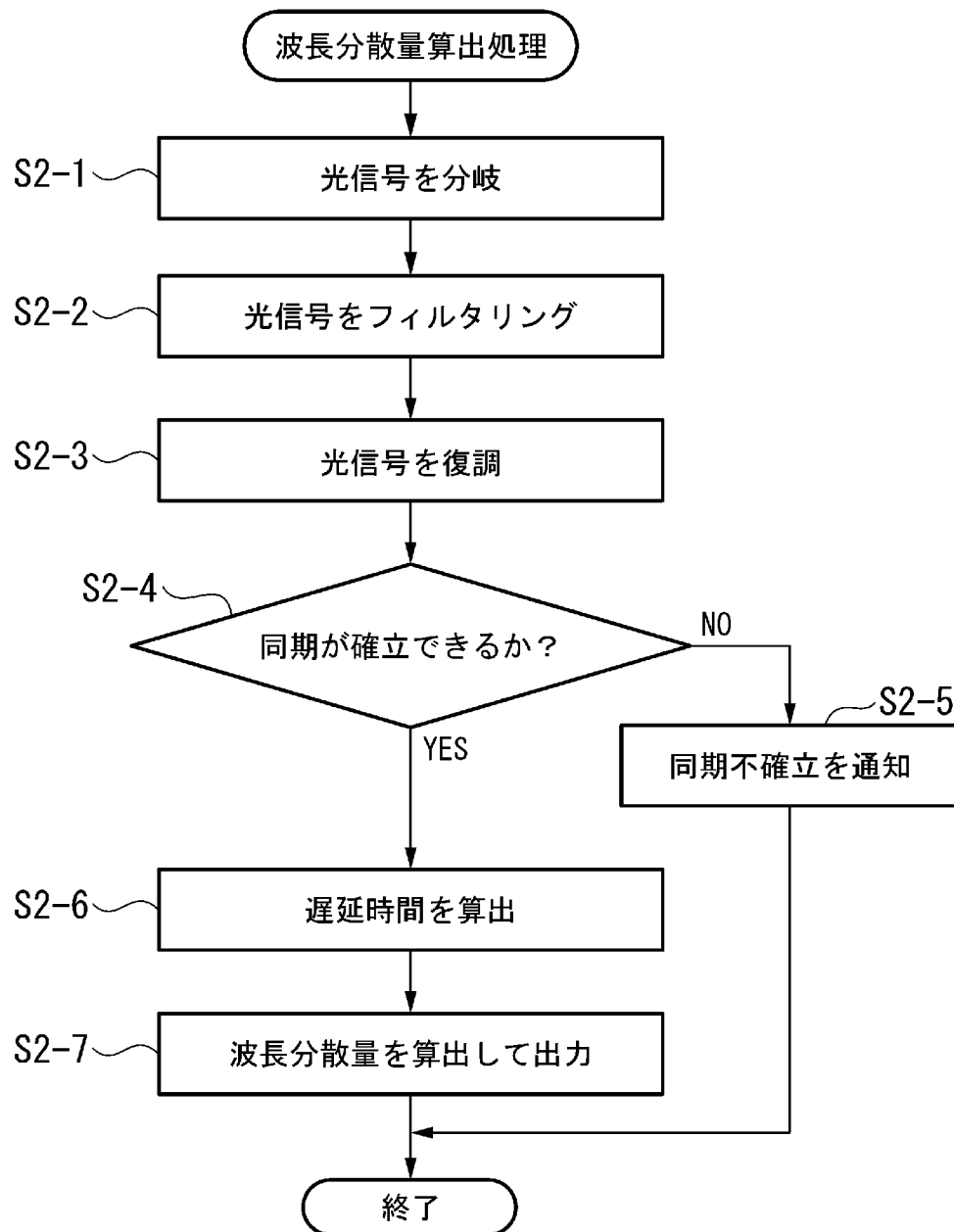
[図9]



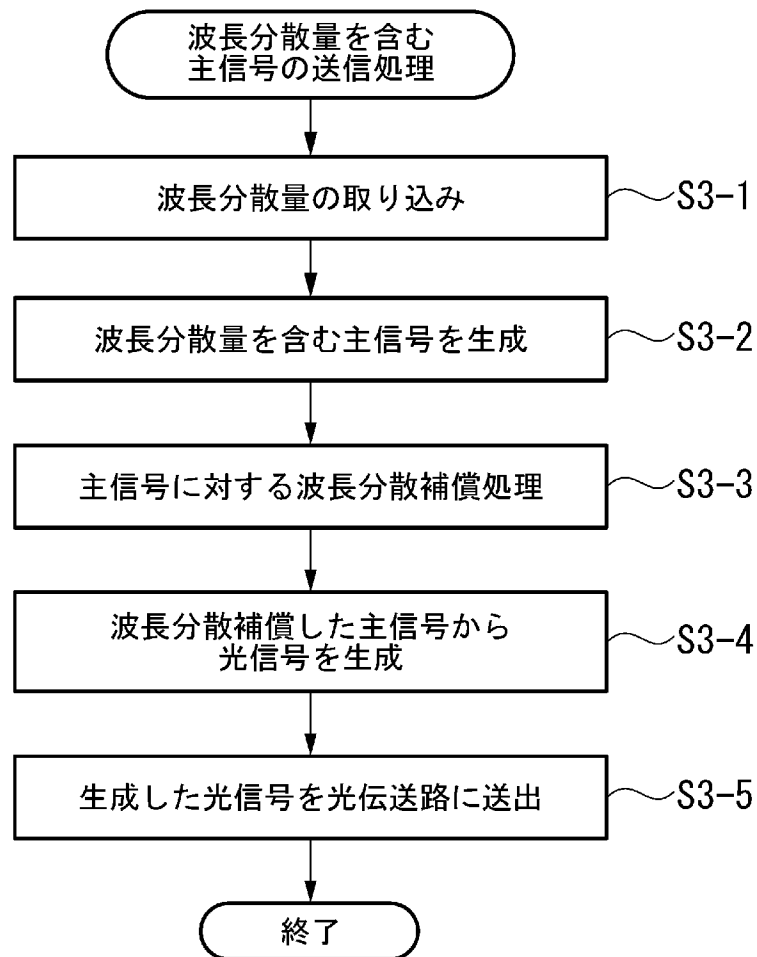
[図10]



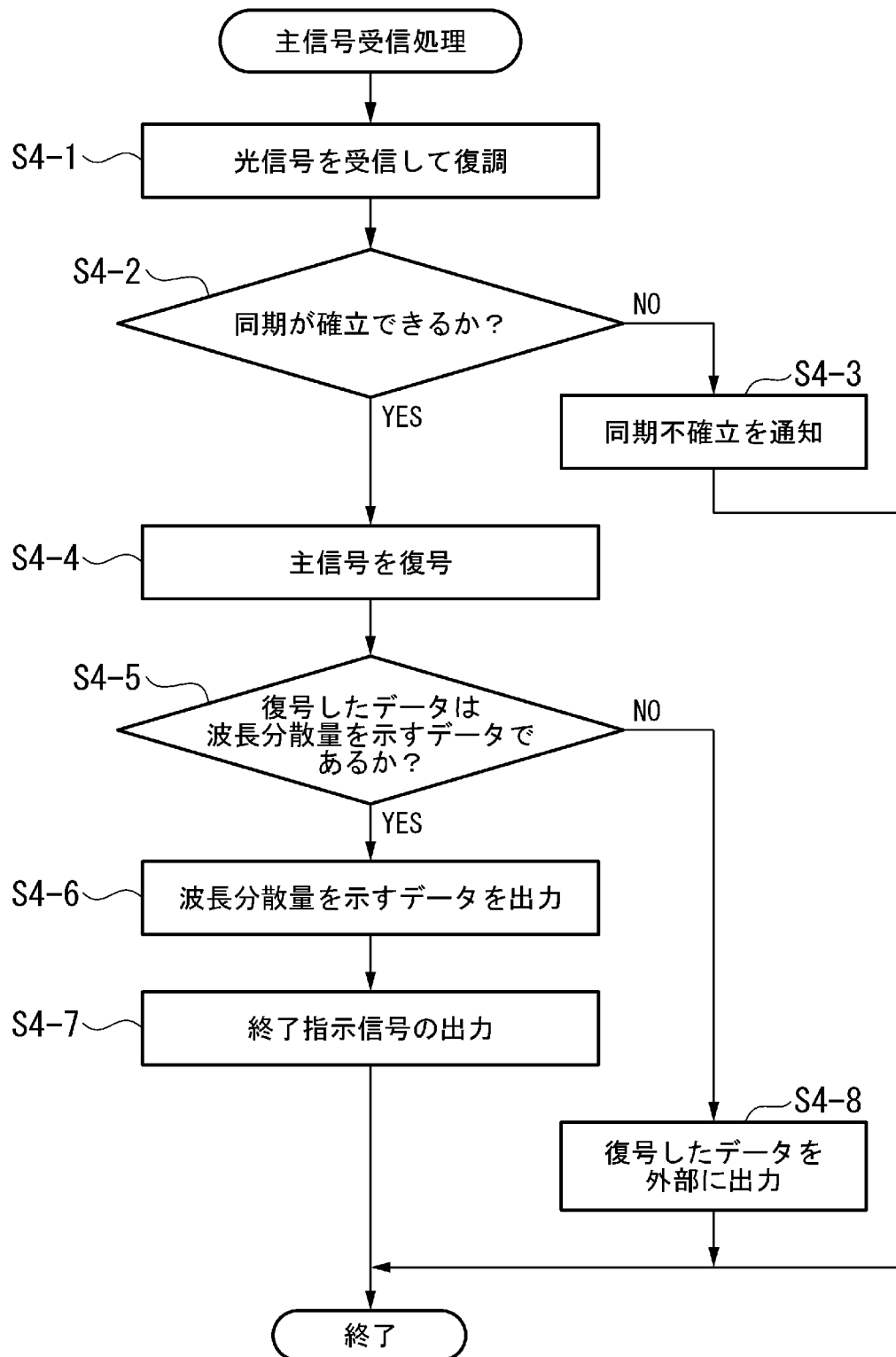
[図11]



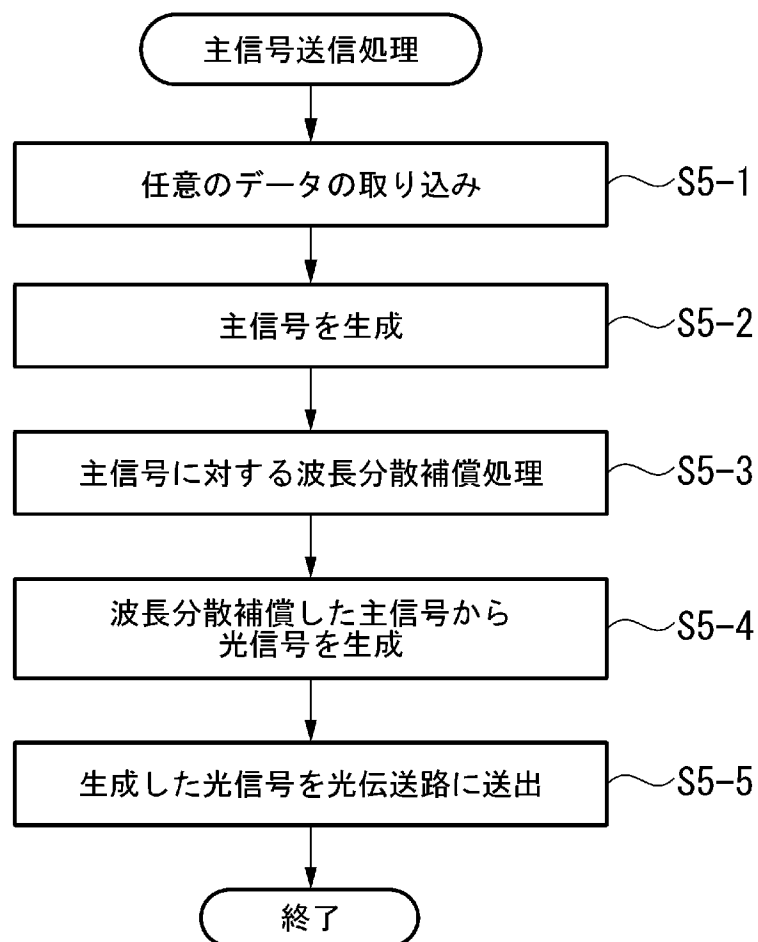
[図12]



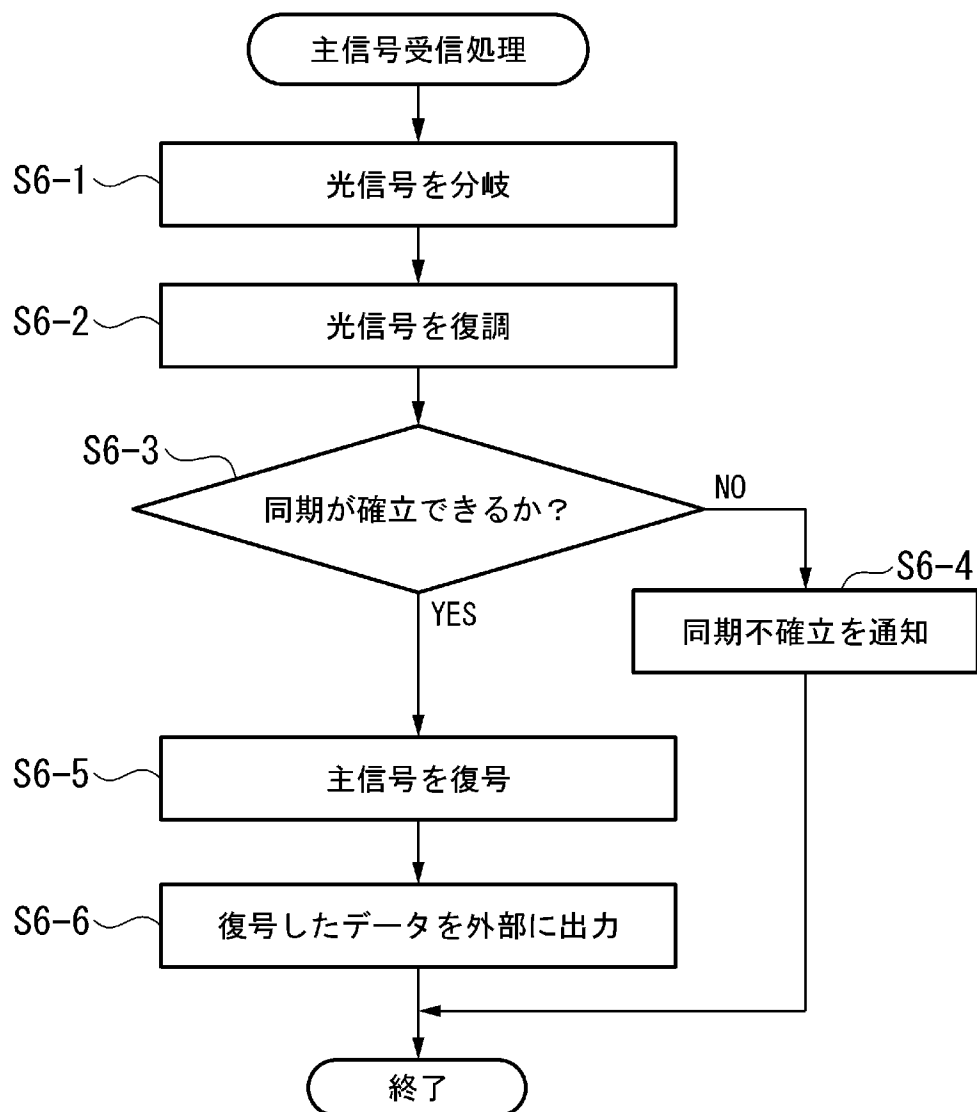
[図13]



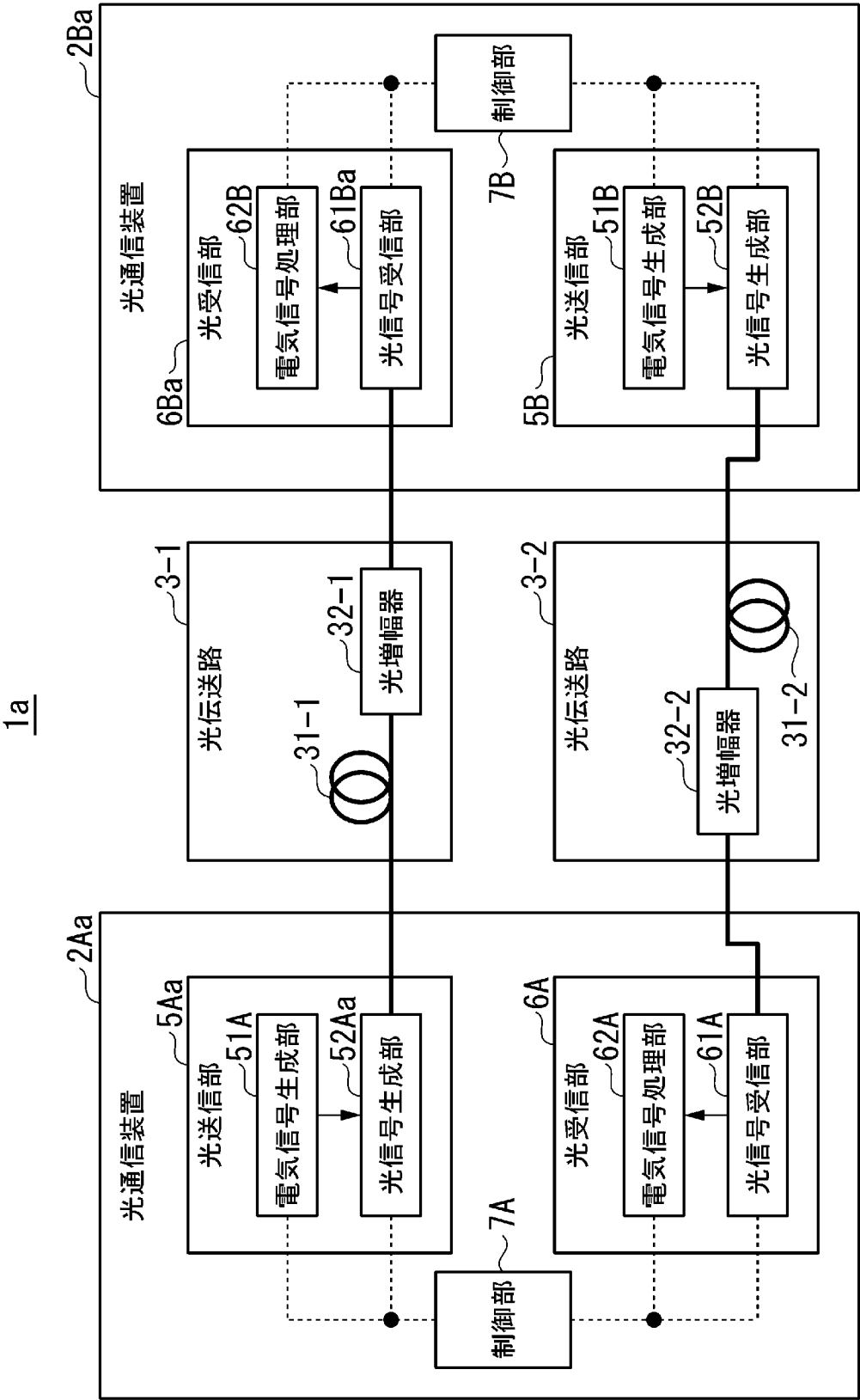
[図14]



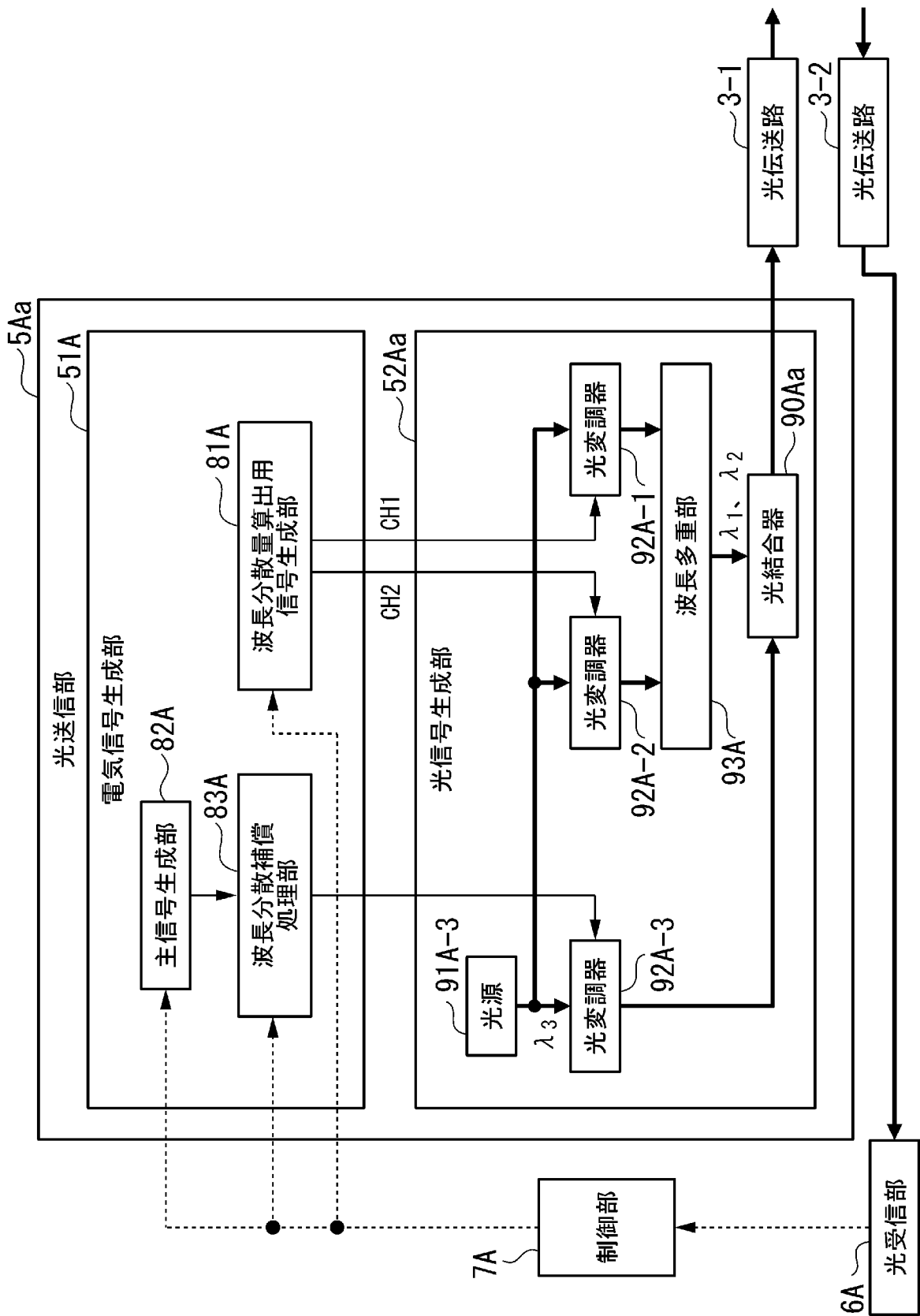
[図15]



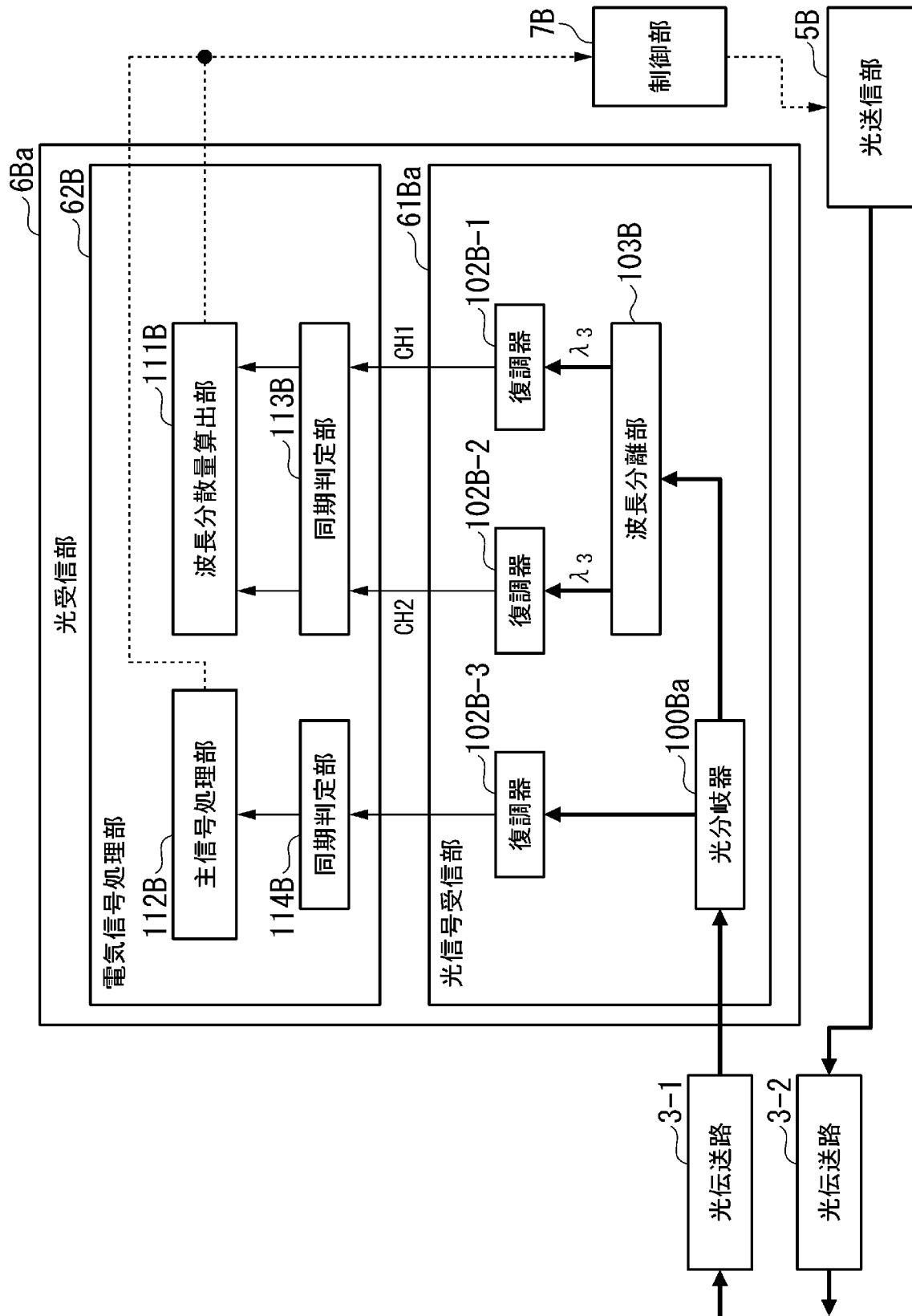
[図16]



[図17]



[図18]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/046039

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04B 10/2513 (2013.01) i

FI: H04B10/2513

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)

H04B10/2513

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	1971-2021
Registered utility model specifications of Japan	1996-2021
Published registered utility model applications of Japan	1994-2021

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.
A	JP 2017-5551 A (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORP.) 05 January 2017 (2017-01-05) entire text, all drawings	1-8
A	JP 2017-17427 A (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORP.) 19 January 2017 (2017-01-19) entire text, all drawings	1-8
A	WO 2018/016055 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 25 January 2018 (2018-01-25) entire text, all drawings	1-8

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ 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

"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

"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
15 March 2021 (15.03.2021)

Date of mailing of the international search report
23 March 2021 (23.03.2021)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2020/046039

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2017-5551 A	05 Jan. 2017	(Family: none)	
JP 2017-17427 A	19 Jan. 2017	(Family: none)	
WO 2018/016055 A1	25 Jan. 2018	US 2019/0312640 A1 entire text, all drawings EP 3474465 A1 CN 109478934 A	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H04B 10/2513(2013.01)i FI: H04B10/2513														
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）） H04B10/2513														
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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2021年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2021年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2021年</td> </tr> </table>			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2021年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2021年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2021年				
日本国実用新案公報	1922 - 1996年													
日本国公開実用新案公報	1971 - 2021年													
日本国実用新案登録公報	1996 - 2021年													
日本国登録実用新案公報	1994 - 2021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												
A	JP 2017-5551 A（日本電信電話株式会社）05.01.2017（2017 - 01 - 05） 全文全文	1-8												
A	JP 2017-17427 A（日本電信電話株式会社）19.01.2017（2017 - 01 - 19） 全文全文	1-8												
A	WO 2018/016055 A1（三菱電機株式会社）25.01.2018（2018 - 01 - 25） 全文全文	1-8												
☐ 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。														
<table border="0"> <tr> <td>* 引用文献のカテゴリー</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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）</td> <td>“&” 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td></td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー	“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	“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	“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	“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	“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	“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）	“&” 同一パテントファミリー文献	“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	
* 引用文献のカテゴリー	“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													
“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	“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													
“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	“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													
“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）	“&” 同一パテントファミリー文献													
“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														
国際調査を完了した日 15.03.2021	国際調査報告の発送日 23.03.2021													
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） 工藤 一光 5K 9274 電話番号 03-3581-1101 内線 3576													

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/JP2020/046039

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2017-5551	A	05.01.2017	(ファミリーなし)	
JP	2017-17427	A	19.01.2017	(ファミリーなし)	
WO	2018/016055	A1	25.01.2018	US 2019/0312640	A1
				全文全図	
				EP 3474465	A1
				CN 109478934	A