

(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3月3日(03.03.2022)



(10) 国際公開番号

WO 2022/044337 A1

(51) 国際特許分類:
H04B 10/077 (2013.01) H04B 10/516 (2013.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2020/032951

(22) 国際出願日: 2020年8月31日(31.08.2020)

(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: 藤原 正満 (FUJIWARA Masamichi); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-1 1 1 N T T 知的財産センタ内 Tokyo (JP).

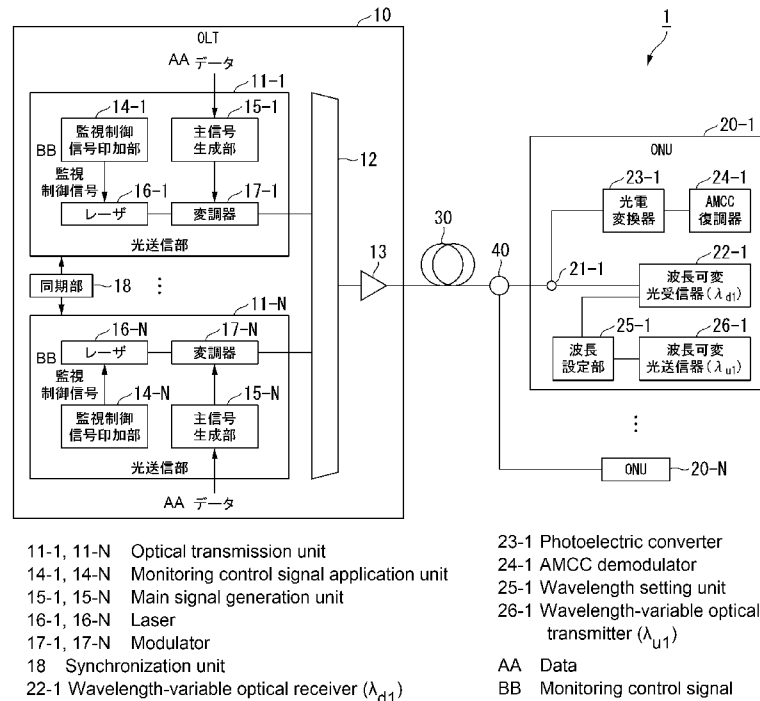
金井 拓也 (KANAI Takuya); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-1 1 1 N T T 知的財産センタ内 Tokyo (JP).

(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,

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

(54) 発明の名称: 光送信装置、光アクセスシステム及び光送信方法



11-1, 11-N Optical transmission unit
14-1, 14-N Monitoring control signal application unit
15-1, 15-N Main signal generation unit
16-1, 16-N Laser
17-1, 17-N Modulator
18 Synchronization unit
22-1 Wavelength-variable optical receiver (λ_{d1})

23-1 Photoelectric converter
24-1 AMCC demodulator
25-1 Wavelength setting unit
26-1 Wavelength-variable optical transmitter (λ_{u1})
AA Data
BB Monitoring control signal

(57) Abstract: Provided is an optical transmission device comprising: a plurality of optical transmission units that output optical signals with different wavelengths; a multiplexer that wavelength-division multiplexes the plurality of optical signals output from the plurality of optical transmission units; and an amplification unit that amplifies a wavelength-division multiplexed optical signal. The plurality of optical transmission units each comprise: a monitoring control signal application unit that adds a monitoring control signal to a constant current for driving a laser to generate a drive signal

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, 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 applies the drive signal to the laser; the laser that outputs an optical signal in accordance with the drive signal applied by the monitoring control signal application unit; and a modulator that modulates the optical signal output from the laser with a main signal.

(57) 要約：異なる波長の光信号を出力する複数の光送信部と、複数の光送信部から出力された複数の光信号を波長多重する合波器と、波長多重された光信号を増幅する増幅部と、を備え、複数の光送信部は、監視制御信号を、レーザを駆動するための定電流に加算して駆動信号を生成して前記レーザに印加する監視制御信号印加部と、監視制御信号印加部に印加された駆動信号に応じて光信号を出力するレーザと、レーザから出力された光信号を、主信号で変調する変調器と、を備える光送信装置。

明 細 書

発明の名称：光送信装置、光アクセスシステム及び光送信方法 技術分野

[0001] 本発明は、光送信装置、光アクセスシステム及び光送信方法に関する。

背景技術

[0002] 光アクセスシステムにおいて、波長分割多重(WDM: Wavelength Division Multiplexing)技術を利用した光アクセスシステムが提案されている(例えば、非特許文献1～3参照)。

図7は、従来の光アクセスシステム1000の構成例(その1)を示す図である。光アクセスシステム1000では、AMCC(Auxiliary Management and Control Channel)で規定される監視制御信号が波長毎に重畳されたWDM信号が上り方向及び下り方向で送受信される。

[0003] 光アクセスシステム1000は、OLT(Optical Line Terminal)100と、複数台のONU(Optical Network Unit)200-1～200-N(Nは2以上の整数)とを備える。OLT100と、ONU200-1～200-Nとは、光ファイバ250及び光スプリッタ260を介して通信可能に接続される。OLT100は、N台の光送信部110-1～110-N、波長合波器120、WDMフィルタ130、波長分波器140及びN台の光受信部150-1～150-Nを備える。光アクセスシステム1000のシステム構成は、例えばITU-T G.989.2シリーズで規定されるTWDM-PON(Time wavelength division multiplexing - Passive Optical Network)システムの一構成例である。

[0004] 光送信部110-1～110-Nは、互いに異なる波長の光信号を生成する。各波長は送信データ(2値のオンオフ信号)に微弱な監視制御信号を加算して生成した電気信号で振幅変調される。光送信部110-1～110-Nはそれぞれ、加算部111-1～111-N及び光送信器112-1～112-Nを備える。加算部111-1～111-Nは、入力される送信データ

と、サブキャリアに重畳された監視制御信号とを加算する。ここで、サブキャリアに重畳された監視制御信号を用いるのは、AC結合型の光受信器に対応するためである。

[0005] 光送信器112-1~112-Nは、加算部111-1~111-Nにより加算された電気信号を振幅変調することによって異なる波長の光信号を生成する。このように生成される光信号は、主信号に監視制御信号が重畳されたものとなる。光送信器112-1~112-Nで生成された光信号は、波長合波器120で合波されて下りWDM信号となる。下りWDM信号は、WDMフィルタ130、光ファイバ250及び光スプリッタ260を介してONU200-1~200-Nに伝送される。

[0006] WDMフィルタ130は、異なる波長の光の合波や入力された光信号を分波する。WDMフィルタ130により分波された光信号は、波長分波器140に入力される。

波長分波器140は、入力された光信号を各波長の光に分けて出力する。波長分波器140には、異なる波長の光を出力するための複数のポートがあり、各ポートには光受信部150-1~150-Nが接続される。

[0007] 光受信部150-1~150-Nは、OLT100に入力された光信号から送信データと、サブキャリアに重畳された監視制御信号とを抽出する。光受信部150-1~150-Nはそれぞれ、光受信器151-1~151-N及び分岐器152-1~152-Nを備える。光受信器151-1~151-Nは、入力された光信号を光検波して電気信号に変換する。分岐器152-1~152-Nは、電気信号を分岐する。そして、後段の処理部において、分岐された一方から送信データ、他方からサブキャリアに重畳された監視制御信号を取得する。

[0008] ONU200-1~200-Nは、WDMフィルタ210-1~210-N、光送信部220-1~220-N及び光受信部230-1~230-Nを備える。なお、ONU200-1~200-Nは同様の構成を備えるため、ONU200-1を例に具体的な構成について説明する。WDMフィルタ

210-1は、異なる波長の光の合波や入力された光信号を分波する。WDMフィルタ210-1により分波された光信号は、光受信部230-1に入力される。

[0009] 光送信部220-1は、ONU200-1に設定された波長の光信号を生成する。光送信部220-1はそれぞれ、加算部221-1及び波長可変光送信器222-1を備える。加算部221-1は、ONU200-1に入力される送信データと、サブキャリアに重畳された監視制御信号とを加算する。

[0010] 波長可変光送信器222-1は、加算部221-1により加算された電気信号を振幅変調することによって、ONU200-1に設定された波長の光信号を生成する。各ONU200-1～200-Nで生成された光信号は、光スプリッタ260で合波されて上りWDM信号となる。上りWDM信号は、光スプリッタ260及び光ファイバ250を介してOLT100に伝送される。

[0011] 光受信部230-1は、入力された光信号から送信データと、サブキャリアに重畳された監視制御信号とを抽出する。光受信部230-1は、波長可変光受信器231-1及び分岐器232-1を備える。波長可変光受信器231-1には、波長可変光フィルタが搭載され、ONU200-1をシステムに接続するとその透過波長がスweepされる。ONU200-1は、下り波長を検出すると、監視制御信号に埋め込まれた上り方向及び下り方向のペアの空き波長情報を読み取り、波長可変光フィルタの透過波長と、波長可変光送信器222-1の出力波長を空き波長に設定する(例えば、非特許文献1参照)。なお、図7では、ONU200-1が $\lambda_{d1} + \lambda_{u1}$ の波長ペアを選択した例を示しているが、ONU200-1は空き波長があれば $\lambda_{d1} + \lambda_{u1}$ から $\lambda_{dN} + \lambda_{uN}$ までのいずれの波長ペアを選択してもよい。

[0012] 波長可変光受信器231-1は、設定された波長の光信号を電気信号に変換する。分岐器232-1は、電気信号を分岐する。そして、後段の処理部において、分岐された一方から送信データ、他方からサブキャリアに重畳さ

れた監視制御信号を取得する。上り光信号にも監視制御信号が重畳されOLT 100にAckが返される。

[0013] 図8は、従来の光アクセスシステム2000の構成例（その2）を示す図である。光アクセスシステム1000では、下りWDM信号に監視制御信号を一括して重畳される。光アクセスシステム2000は、OLT300と、複数台のONU400-1～400-Nとを備える。OLT300と、ONU400-1～400-Nとは、光ファイバ450及び光スプリッタ460を介して接続される。

[0014] OLT100は、N台のコヒーレント光送信器310-1～310-N、波長合波器320及び半導体光増幅器330を備える。N台のコヒーレント光送信器310-1～310-N、波長合波器320及び半導体光増幅器330は、波長多重送信器として機能する。

N台のコヒーレント光送信器310-1～310-Nは、主信号が重畳された各々波長の異なる光信号を生成する。これら光信号は、波長合波器320で合波されて下りWDM信号が生成される。半導体光増幅器330は、伝送路に入射するWDM信号の強度を増幅するために使用されるが、駆動電流を微弱な監視制御信号で変調してWDM信号の強度に監視制御信号を一括して重畳する。なお、ベースバンドの監視制御信号をサブキャリア変調してもよいし、非特許文献3のようにベースバンド信号のままでもよい。

[0015] ONU400-1～400-Nは、光分岐器410-1～410-N、コヒーレント光受信器420-1～420-N、光電変換器430-1～430-N、AMCC復調器440-1～440-Nを備える。なお、ONU400-1～400-Nは同様の構成を備えるため、ONU400-1を例に具体的な構成について説明する。

[0016] 光分岐器410-1は、ONU400-1に入力された下りWDM信号を分岐する。光分岐器410-1で分岐された一部の下りWDM信号はコヒーレント光受信器420-1に入力される。コヒーレント光受信器420-1は、局発光の波長を、受信するWDM信号の波長に合わせて所望の光信号を

コヒーレント受信する。コヒーレント検波方式としてイントラダイナ検波やヘテロダイナ検波が用いることができる。

- [0017] 光分岐器 410-1 で分岐された他方の下り WDM 信号は、光電変換器 430-1 に入力される。光電変換器 430-1 は、入力された下り WDM 信号を電気信号に変換する。AMCC 復調器 440-1 は、電気信号を復調することによって監視制御信号を受信する。なお、光電変換器 430-1 には、全ての下り WDM 信号が入力されるが、監視制御信号の送信ビットレートが主信号の送信ビットレートより十分低速である限り監視制御信号は受信可能である。

先行技術文献

非特許文献

- [0018] 非特許文献1：曾根恭介、中川剛二、廣瀬佳生、星田剛司、“5Gモバイルフロントホール向けWDM-PONシステムにおける複数ONU同時アクティブ化の実証”，信学技報 CS2018-7，2018.

非特許文献2：中川剛二、曾根恭介、吉田節生、小田祥一郎、滝澤基行、高原智夫、廣瀬佳生、星田剛司、“磁気光学効果型光アッテネータを用いた小型・低コストAMCC 重畳方式の提案および特性評価”，信学技報 CS2018-94，2019.

非特許文献3：Satoshi Yoshima, Takaaki Katsumata, Hiroshi Miura, Yuita Noguchi, Akiko Nagasawa, Naoki Suzuki, and Masaki Noda, “Experimental Investigation of an Optically-superimposed AMCC in 100 Gb/s Coherent WDM-PON for 5G Mobile Fronthaul”，ECOC2016, Th.1.D.1, 2016.

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0019] 図7に示す従来の光アクセスシステム1000では、送信データに監視制御信号を加算して生成された電気信号により、各波長を変調して下り光信号を生成している。送信データが10Gbps (bit per second) を超える高

速信号の場合、外部変調器（E A（Electro-Absorption）変調器やL N（Lithium Niobate）変調器）を用いて変調を行う必要がある。しかしながら、変調器を駆動する電気信号の振幅範囲の一部を監視制御信号に割り当てて送信データ信号の駆動振幅が減少すると主信号の性能が劣化する。さらに、非特許文献2には、変調器の出力に高速動作が可能な光可変減衰器を配置する構成が記載されており、ここでは各々を個別に送信データ信号、監視制御信号で駆動するが、光可変減衰器がN台必要となりコストが高くなってしまう。

[0020] 図8に示す光アクセスシステム2000では、監視制御信号を下りWDM信号の強度に一括して重畳するために半導体光増幅器(SOA: Semiconductor Optical Amplifier)を用いている。しかしながら、WDM信号を高出力化するために半導体光増幅器を利得の飽和領域で用いると、振幅や位相に重畳された主信号が大きく歪み受信感度が劣化する。利得飽和が生じる入力光信号強度の下限値はWDM信号の波長数に依存しない。そのため使用する波長数が増えたと、図8の構成では1波長当たりの光強度を高出力化することはできない。WDMされた主信号に歪みを生じさせることなく高出力化が可能な光増幅器としてEDFA(Erbium Doped Fiber Amplifier)がある。しかしながら、EDFAは、SOAと比較して利得の応答速度が遅く、EDFAのポンプ光の強度を監視制御信号の送信ビットレートで変化させてWDM信号に監視制御信号を重畳させることは困難である。非特許文献2に記載のように、高速に減衰量を変化させることが可能な可変光減衰器を用いて監視制御信号を重畳させることもできるが、EDFAと併用すると光部品点数が増加してしまうという問題があった。

[0021] 上記のように、従来の技術では、簡易な構成で下りWDM信号の劣化を抑制することができないという問題があった。

[0022] 上記事情に鑑み、本発明は、簡易な構成で下りWDM信号の劣化を抑制す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

[0023] 本発明の一態様は、異なる波長の光信号を出力する複数の光送信部と、前

記複数の光送信部から出力された複数の前記光信号を波長多重する合波器と、波長多重された光信号を増幅する増幅部と、を備え、前記複数の光送信部は、監視制御信号を、レーザを駆動するための定電流に加算して駆動信号を生成して前記レーザに印加する監視制御信号印加部と、前記監視制御信号印加部に印加された駆動信号に応じて光信号を出力するレーザと、前記レーザから出力された光信号を、主信号で変調する変調器と、を備える光送信装置である。

[0024] 本発明の一態様は、光送信装置と、光受信装置とを備える光アクセスシステムであって、前記光送信装置は、異なる波長の光信号を出力する複数の光送信部と、前記複数の光送信部から出力された複数の前記光信号を波長多重する合波器と、波長多重された光信号を増幅する増幅部と、を備え、前記複数の光送信部は、監視制御信号を、レーザを駆動するための定電流に加算して駆動信号を生成して前記レーザに印加する監視制御信号印加部と、前記監視制御信号印加部に印加された駆動信号に応じて光信号を出力するレーザと、前記レーザから出力された光信号を、主信号で変調する変調器と、を備え、前記光受信装置は、前記光信号を電気信号に変換する光電変換部と、前記電気信号に基づいて前記監視制御信号を復調する復調部と、を備える光アクセスシステムである。

[0025] 本発明の一態様は、異なる波長の光信号を出力する複数の光送信ステップと、前記複数の光送信部から出力された複数の前記光信号を波長多重する合波ステップと、波長多重された光信号を増幅する増幅ステップと、を有し、前記複数の光送信ステップにおいて、監視制御信号を、レーザを駆動するための定電流に加算して駆動信号を生成して前記レーザに印加する監視制御信号印加ステップと、前記監視制御信号印加ステップにおいて印加された駆動信号に応じて光信号を出力するレーザから出力された光信号を、主信号で変調する変調ステップと、を備える光送信方法である。

[0026] 本発明の一態様は、光送信装置と、光受信装置とを備える光アクセスシステムが行う光送信方法であって、前記光送信装置が、異なる波長の光信号を

出力する複数の光送信ステップと、前記複数の光送信部から出力された複数の前記光信号を波長多重する合波ステップと、波長多重された光信号を増幅する増幅ステップと、を有し、前記複数の光送信ステップにおいて、監視制御信号を、レーザを駆動するための定電流に加算して駆動信号を生成して前記レーザに印加する監視制御信号印加ステップと、前記監視制御信号印加ステップにおいて印加された駆動信号に応じて光信号を出力するレーザから出力された光信号を、主信号で変調する変調ステップと、を有し、前記光受信装置が、前記光信号を電気信号に変換する光電変換ステップと、前記電気信号に基づいて前記監視制御信号を復調する復調ステップと、を有する光送信方法である。

発明の効果

[0027] 本発明により、簡易な構成で下りWDM信号の劣化を抑制することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0028] [図1]第1の実施形態における光アクセスシステムの構成例を示す図である。

[図2]第1の実施形態における光アクセスシステムの処理の流れを示すシーケンス図である。

[図3]監視制御信号の主信号に対する重畳比が小さい場合の監視制御信号の信号性能劣化に関する説明図である。

[図4]監視制御信号の重畳比が大きい場合の監視制御信号の信号性能劣化に関する説明図である。

[図5]レーザに印加される駆動電流に関する説明図である。

[図6]第2の実施形態における光アクセスシステムの構成例を示す図である。

[図7]従来の光アクセスシステムの構成例（その1）を示す図である。

[図8]従来の光アクセスシステムの構成例（その2）を示す図である。

発明を実施するための形態

[0029] 以下、本発明の一実施形態を、図面を参照しながら説明する。

（第1の実施形態）

図１は、第１の実施形態における光アクセスシステム１の構成例を示す図である。本発明における光アクセスシステム１は、WDMにより伝送路の少なくとも一部を共用するシステムであれば適用可能である。以下の説明では、光アクセスシステム１として、説明の簡略化のために１対NのネットワークであるPONを例に説明する。

[0030] 光アクセスシステム１は、OLT１０と、複数台のONU２０－１～２０－Nとを備える。OLT１０と、ONU２０－１～２０－Nとは、光ファイバ３０及び光スプリッタ４０を介して接続される。OLT１０と、ONU２０－１～２０－Nとは、光ファイバ３０及び光スプリッタ４０を介して通信を行う。以下の説明では、ONU２０－１～２０－Nを特に区別しない場合には、ONU２０と記載する。ONU２０からOLT１０へ方向を上り、OLT１０からONU２０へ方向を下りと記載する。

[0031] OLT１０は、WDM技術を利用して、各ONU２０－１～２０－Nに対して下りWDM信号を送信する。OLT１０は、N台の光送信部１１－１～１１－N、波長合波器１２、光増幅器１３及び同期部１８を備える。

[0032] 光送信部１１－１～１１－Nは、互いに異なる波長の光信号を生成する。光送信部１１－１～１１－Nはそれぞれ、監視制御信号印加部１４－１～１４－N、主信号生成部１５－１～１５－N、レーザ１６－１～１６－N及び変調器１７－１～１７－Nを備える。なお、光送信部１１－１～１１－Nは同様の構成を備えるため、光送信部１１－１を例に具体的な構成について説明する。

[0033] 監視制御信号印加部１４－１は、監視制御情報を含む監視制御信号（AMCC）を生成する。監視制御信号印加部１４－１は、生成した監視制御信号を、レーザ１６－１を駆動するための定電流に加算して駆動信号を生成する。監視制御情報は、空き波長に関する情報（以下「空き波長情報」という。）を含む。監視制御信号印加部１４－１～１４－Nは、監視制御信号をサブキャリアに重畳して利用してもよいし、ベースバンド信号のまま利用してもよい。監視制御信号印加部１４－１は、同期部１８から供給される同期信号

に応じて、他の監視制御信号印加部 14 と同じタイミングで駆動信号をレーザ 16-1 に印加する。

主信号生成部 15-1 は、外部から供給された送信対象のデータを用いて主信号を生成する。

[0034] レーザ 16-1 は、監視制御信号印加部 14-1 から印加された駆動信号に応じた光信号を出力する。監視制御信号印加部 14-1 から印加された駆動信号を用いることにより、レーザ 16-1 から出力される光信号の振幅には監視制御信号が重畳される。なお、レーザ 16-1 ~ 16-N では、異なる波長の光信号を出力する。

[0035] 変調器 17-1 は、レーザ 16-1 から出力された光信号を、入力された送信データで振幅変調する。

[0036] 光送信器 11-1 ~ 11-N で変調された光信号は、波長合波器 12 で合波されて下り WDM 信号となる。

異なる波長を出力する複数のレーザ 16-1 ~ 16-N に印加される電流に重畳される監視制御信号は同一の信号である。複数の監視制御信号印加部 14-1 ~ 14-N は、互いに同期されて同じタイミングで各レーザ 16-1 ~ 16-N を駆動する。したがって、各レーザ 16-1 ~ 16-N から出力されて変調された複数の光信号が略同じタイミングで合分波器 12 に入力される。

[0037] 光増幅器 13 は、下り WDM 信号を増幅する。光増幅器 13 は、例えば EDFA である。光増幅器 13 により増幅された下り WDM 信号は、光ファイバ 30 及び光スプリッタ 40 を介して ONU 20-1 ~ 20-N に伝送される。

同期部 18 は、監視制御信号印加部 14-1 ~ 14-N を同期させることによって、駆動信号の印加タイミングを同じタイミングとさせる。

[0038] ONU 20-1 ~ 20-N は、光分岐器 21-1 ~ 21-N、波長可変光受信器 22-1 ~ 22-N、光電変換器 23-1 ~ 23-N、AMCC 復調器 24-1 ~ 24-N、波長設定部 25-1 ~ 25-N 及び波長可変光送信

器 26-1 ~ 26-N を備える。なお、ONU 20-1 ~ 20-N は同様の構成を備えるため、ONU 20-1 を例に具体的な構成について説明する。

[0039] 光分岐器 21-1 は、ONU 20-1 に入力された下り WDM 信号を 2 つの経路に分岐する。光分岐器 21-1 で第 1 の経路に分岐された下り WDM 信号は波長可変光受信器 22-1 に入力される。波長可変光受信器 22-1 には、波長可変光フィルタが搭載され、ONU 20-1 を光アクセスシステム 1 に接続するとその透過波長がスweepされる。ONU 20-1 は、下り波長を検出すると、監視制御信号に埋め込まれた上り方向及び下り方向のペアの空き波長情報を取得する。波長設定部 25-1 は、取得された空き波長情報に基づいて、波長可変光フィルタの透過波長と、波長可変光送信器 26-1 の出力波長とを空き波長に設定する。波長設定部 25-1 は、例えば下り方向の空き波長情報を参照し、使用されていない波長を波長可変光フィルタの透過波長として設定する。波長設定部 25-1 は、例えば上り方向の空き波長情報を参照し、使用されていない波長を波長可変光送信器 26-1 の出力波長として設定する。波長可変光送信器 26-1 は、設定部 25-1 に設定された波長の光信号を OLT 10 に送信する。

[0040] 光分岐器 21-1 で第 2 の経路に分岐された下り WDM 信号は、光電変換器 23-1 に入力される。光電変換器 23-1 は、入力された下り WDM 信号を電気信号に変換する。AMCC 復調器 24-1 は、電気信号を復調することによって監視制御信号を受信する。なお、光電変換器 23-1 には、全ての下り WDM 信号が入力されるが、監視制御信号の送信ビットレートが主信号の送信ビットレートより十分低速である限り監視制御信号は受信可能である。

[0041] 図 2 は、第 1 の実施形態における光アクセスシステム 1 の処理の流れを示すシーケンス図である。なお、図 2 の処理では、光アクセスシステム 1 に 2 台の ONU 20 (ONU 20-1 及び 20-2) が備えられている場合を例に説明する。

OLT 10 の各光送信部 11-1 ~ 11-N が備える監視制御信号印加部

14-1-14-Nは、同期部18により同期された同じタイミングで駆動信号をレーザ16-1~16-Nに印加する（ステップS101）。レーザ16-1~16-Nはそれぞれ、印加された駆動信号に応じた波長の光信号を出力する。変調器17-1~17-Nは、レーザ16-1~16-Nから出力された光信号を、入力された送信データで振幅変調する（ステップS102）。

[0042] 波長合波器12は、各光送信部11-1~11-Nから出力された変調後の光信号を合波して下りWDM信号を生成する（ステップS103）。生成された下りWDM信号は、光増幅器13に出力される。光増幅器13は、入力された下りWDM信号を増幅する（ステップS104）。光増幅器13は、増幅後の下りWDM信号を光ファイバ30に出力する。

[0043] 光ファイバ30に出力された下りWDM信号は、光スプリッタ40により分岐されて各ONU20-1~20-Nに入力される。

ONU20-1に入力された下りWDM信号は、光分岐器21-1により分岐される（ステップS105）。光分岐器21-1で第1の経路に分岐された下りWDM信号は波長可変光受信器22-1に入力され、光分岐器21-1で第2の経路に分岐された下りWDM信号は光電変換器23-1に入力される。

[0044] 波長可変光受信器22-1は、入力された下りWDM信号を、設定された波長で光検波する（ステップS106）。光電変換器23-1は、入力された下りWDM信号を電気信号に変換する（ステップS107）。光電変換器23-1は、電気信号をAMCC復調器24-1に出力する。AMCC復調器24-1は、光電変換器23-1から出力された電気信号を復調することによって監視制御信号を受信する（ステップS108）。

[0045] ONU20-2に入力された下りWDM信号は、光分岐器21-2により分岐される（ステップS109）。光分岐器21-2で分岐された一部の下りWDM信号は波長可変光受信器22-2に入力され、光分岐器21-2で分岐された他方の下りWDM信号は光電変換器23-2に入力される。

[0046] 波長可変光受信器 22-2 は、入力された下り WDM 信号を、設定された波長で光検波する（ステップ S110）。光電変換器 23-2 は、入力された下り WDM 信号を電気信号に変換する（ステップ S111）。光電変換器 23-2 は、電気信号を AMCC 復調器 24-2 に出力する。AMCC 復調器 24-2 は、光電変換器 23-2 から出力された電気信号を復調することによって監視制御信号を受信する（ステップ S112）。

[0047] ここで、光増幅器 13 が EDFA の場合について説明する。EDFA は、利得の応答速度が遅く、監視制御信号のビットレートが利得の応答速度と同等であり、かつ、EDFA が利得の飽和領域で動作される場合、EDFA の過渡応答による監視制御信号の信号性能劣化が懸念される。図 3 及び図 4 を用いて、監視制御信号の信号性能劣化について説明する。図 3 は、監視制御信号の主信号に対する重畳比が小さい場合の監視制御信号の信号性能劣化に関する説明図である。図 4 は、監視制御信号の重畳比が大きい場合の監視制御信号の信号性能劣化に関する説明図である。

[0048] 図 3 に示すように、監視制御信号の主信号に対する重畳比が小さい場合（図 3（a））、EDFA の利得の飽和領域に光信号が入力されても、EDFA の利得は入力光強度の大半を占める主信号に対する利得で固定化（ゲインクランプ）され、弱信号である AMCC が受ける利得はその振幅範囲で一定となるため過渡応答による監視制御信号の信号特性劣化は生じない。

[0049] それに対して、監視制御信号の重畳比が大きい場合（図 4（a））、監視制御信号の振幅範囲に応じて EDFA の利得が変化して過渡応答による監視制御信号の信号特性劣化が生じ得る。

[0050] 図 5 は、レーザ 16 に印加される駆動電流に関する説明図である。

図 5（a）には、レーザ 16 の駆動電流 52 の一例を示す。レーザ 16 の駆動電流 52 をバイアス点を高く設定した上で微弱な監視制御信号で振幅変調（ベースバンド変調又はサブキャリア変調）すると、半導体のキャリア密度変化にともなう屈折率変化により、オン状態で短波、オフ状態で長波に波長が僅かながら変化する（図 5（b））。この波長変化は、主信号をコヒーレ

ント検波する際、受信信号の性能劣化を引き起こす。

[0051] 図5（b）における信号53は熱効果の波長シフトを表し、信号54はキャリア効果の波長シフトを表す。また、図5（c）における信号55は、発振波長シフトを表す。監視制御信号が半導体の熱変化の速度と同程度の低速信号である場合、半導体の温度はペルチェ素子やサーミスタを用いて温度調整されていてもオンオフ状態に追従する。オン状態では半導体の駆動電流が増して加えられた熱によりキャリア密度変化とは逆の屈折率変化が生じ、長波側に波長が変化する。

一方、オンからオフ状態に変化すると半導体の駆動電流が減じて熱が減じることによりキャリア密度変化とは逆の屈折率変化が生じ、短波側に波長が変化する。結果的として、キャリア密度変化と熱変化による屈折率変化が相殺して、微弱信号変調による半導体レーザの波長変化を抑えることが期待できる。

[0052] 上記の効果は、駆動電流で発生する熱が逃げにくい構造の半導体レーザを用いる場合に期待でき、そのような半導体レーザの構造としてリッジ導波路型とハイメサ導波路型がある。

[0053] 以上のように構成された光アクセスシステム1によれば、簡易な構成で下りWDM信号の劣化を抑制することが可能になる。具体的には、光アクセスシステム1では、光送信部11-1～11-Nの必須の構成要素であるレーザ16-1～16-Nを用いて監視制御信号を重畳することにより、合分波器12でWDM信号を生成した後に光増幅器13を配置するだけの簡易な構成で下りWDM信号を劣化させることなく高出力化が可能になる。

[0054] 光アクセスシステム1におけるOLT10では、主信号（送信データ）と、監視制御信号とを加算せず、それぞれ個別に、変調器15とレーザ16とに印加する。これにより、変調器15を駆動する電気信号の振幅範囲をすべて主信号に割り当てることができる。そのため、主信号の性能劣化を抑制することが可能になる。

[0055] 光ファイバ30の波長分散の影響により、受信の際、波長ごとに個別に重

畳した監視制御信号の時間位置にずれが生じるが、監視制御信号は主信号と比べて十分に低速である。そのため、OLT 10でタイミングを合わせておけば、時間位置ずれによる監視制御信号の受信性能劣化を抑制することができる。

[0056] (第2の実施形態)

図6は、第2の実施形態における光アクセスシステム1aの構成例を示す図である。本発明における光アクセスシステム1aは、WDMにより伝送路の少なくとも一部を共用するシステムであれば適用可能である。以下の説明では、光アクセスシステム1aとして、説明の簡略化のために1対NのネットワークであるPONを例に説明する。

[0057] 光アクセスシステム1aは、OLT 10aと、複数台のONU 20-1～20-Nとを備える。OLT 10aと、ONU 20-1～20-Nとは、光ファイバ30及び光スプリッタ40を介して接続される。OLT 10aと、ONU 20-1～20-Nとは、光ファイバ30及び光スプリッタ40を介して通信を行う。

[0058] 光アクセスシステム1aにおいて、第1の実施形態における光アクセスシステム1と異なる点は、監視制御信号をサブキャリアに重畳する点である。すなわち、光アクセスシステム1では、監視制御信号をサブキャリアに重畳して利用する場合と、監視制御信号をベースバンド信号のまま利用する場合との両方のパターンがあるのに対して、光アクセスシステム1aでは監視制御信号をサブキャリアに重畳して利用する場合のみに限定されている点で構成が異なる。

[0059] OLT 10aは、N台の光送信部11a-1～11a-N、波長合波器12、光増幅器13及び同期部18を備える。光送信部11a-1～11a-Nは、互いに異なる波長の光信号を生成する。光送信部11a-1～11a-Nはそれぞれ、監視制御信号印加部14a-1～14a-N、主信号生成部15-1～15-N、レーザ16a-1～16a-N及び変調器17-1～17-Nを備える。OLT 10aは、監視制御信号印加部14-1～14

ーN及びレーザ16-1～16-Nに代えて監視制御信号印加部14a-1～14a-N及びレーザ16a-1～16a-Nを備える点で構成が異なる。

[0060] OLT10aが備える光送信器11a-1～11a-Nにおける監視制御信号印加部14a-1～14a-Nは、監視制御信号をサブキャリアに重畳して利用する。そして、監視制御信号印加部14a-1～14a-Nは、同期部18によって同期されて同じタイミングで、監視制御信号をサブキャリアに重畳した駆動信号をレーザ16a-1～16a-Nに印加する。

[0061] 光増幅器13で光増幅されると図4のように監視制御信号の信号特性劣化が生じる場合があった。そこで、第2の実施形態のように、監視制御信号をサブキャリア変調して信号帯域を光増幅器13の利得の応答速度を上回るように設定することでこれを回避することで図4のような問題を回避することができる。

[0062] 上述した実施形態におけるOLT10、10a及びONU20の一部の機能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。

[0063] 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

[0064] 本発明は、WDMを利用する光アクセスシステムに適用できる。

符号の説明

[0065] 10、10a…OLT, 20-1~20-N…ONU, 11-1~11-N、11a-1~11a-N…光送信部, 12…合分波器, 13…光増幅器, 16-1~16-N、14a-1~14a-N…レーザ, 17-1~17-N…変調器, 21-1~21-N…光分岐器, 22-1~22-N…波長可変光受信器, 23-1~23-N…光電変換器, 24-1~24-N…AMCC復調器, 25-1~25-N…波長設定部, 26-1~26-N…波長可変光送信器

請求の範囲

- [請求項1] 異なる波長の光信号を出力する複数の光送信部と、
前記複数の光送信部から出力された複数の前記光信号を波長多重する合波器と、
波長多重された光信号を増幅する増幅部と、
を備え、
前記複数の光送信部は、
監視制御信号を、レーザを駆動するための定電流に加算して駆動信号を生成して前記レーザに印加する監視制御信号印加部と、
前記監視制御信号印加部に印加された駆動信号に応じて光信号を出力するレーザと、
前記レーザから出力された光信号を、主信号で変調する変調器と、
を備える光送信装置。
- [請求項2] 複数の前記監視制御信号印加部は、同じタイミングで前記駆動信号を前記レーザに印加する、請求項1に記載の光送信装置。
- [請求項3] 前記監視制御信号印加部は、前記監視制御信号をサブキャリアに重畳して利用、又はベースバンド信号のまま利用する、請求項1又は2に記載の光送信装置。
- [請求項4] 前記レーザは、電流注入により発生する熱が逃げにくい導波路型の構造を有する、請求項1から3のいずれか一項に記載の光送信装置。
- [請求項5] 光送信装置と、光受信装置とを備える光アクセスシステムであって、
、
前記光送信装置は、
異なる波長の光信号を出力する複数の光送信部と、
前記複数の光送信部から出力された複数の前記光信号を波長多重する合波器と、
波長多重された光信号を増幅する増幅部と、
を備え、

前記複数の光送信部は、

監視制御信号を、レーザを駆動するための定電流に加算して駆動信号を生成して前記レーザに印加する監視制御信号印加部と、

前記監視制御信号印加部に印加された駆動信号に応じて光信号を出力するレーザと、

前記レーザから出力された光信号を、主信号で変調する変調器と、
を備え、

前記光受信装置は、

前記光信号を電気信号に変換する光電変換部と、

前記電気信号に基づいて前記監視制御信号を復調する復調部と、
を備える光アクセスシステム。

[請求項6]

異なる波長の光信号を出力する複数の光送信ステップと、

前記複数の光送信部から出力された複数の前記光信号を波長多重する合波ステップと、

波長多重された光信号を増幅する増幅ステップと、
を有し、

前記複数の光送信ステップにおいて、

監視制御信号を、レーザを駆動するための定電流に加算して駆動信号を生成して前記レーザに印加する監視制御信号印加ステップと、

前記監視制御信号印加ステップにおいて印加された駆動信号に応じて光信号を出力するレーザから出力された光信号を、主信号で変調する変調ステップと、

を備える光送信方法。

[請求項7]

光送信装置と、光受信装置とを備える光アクセスシステムが行う光送信方法であって、

前記光送信装置が、異なる波長の光信号を出力する複数の光送信ステップと、

前記複数の光送信部から出力された複数の前記光信号を波長多重す

る合波ステップと、

波長多重された光信号を増幅する増幅ステップと、

を有し、

前記複数の光送信ステップにおいて、

監視制御信号を、レーザを駆動するための定電流に加算して駆動信号を生成して前記レーザに印加する監視制御信号印加ステップと、

前記監視制御信号印加ステップにおいて印加された駆動信号に応じて光信号を出力するレーザから出力された光信号を、主信号で変調する変調ステップと、

を有し、

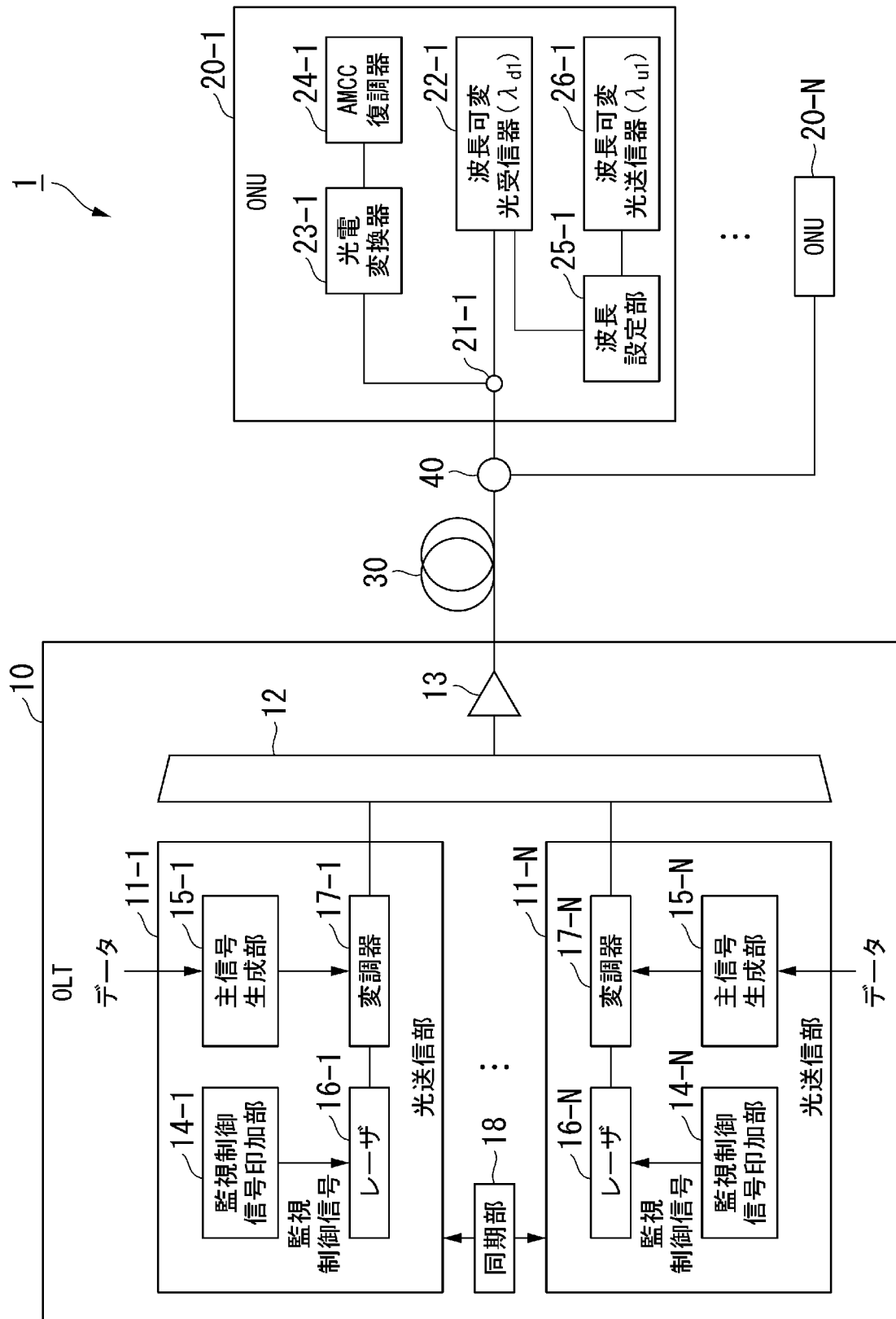
前記光受信装置が、

前記光信号を電気信号に変換する光電変換ステップと、

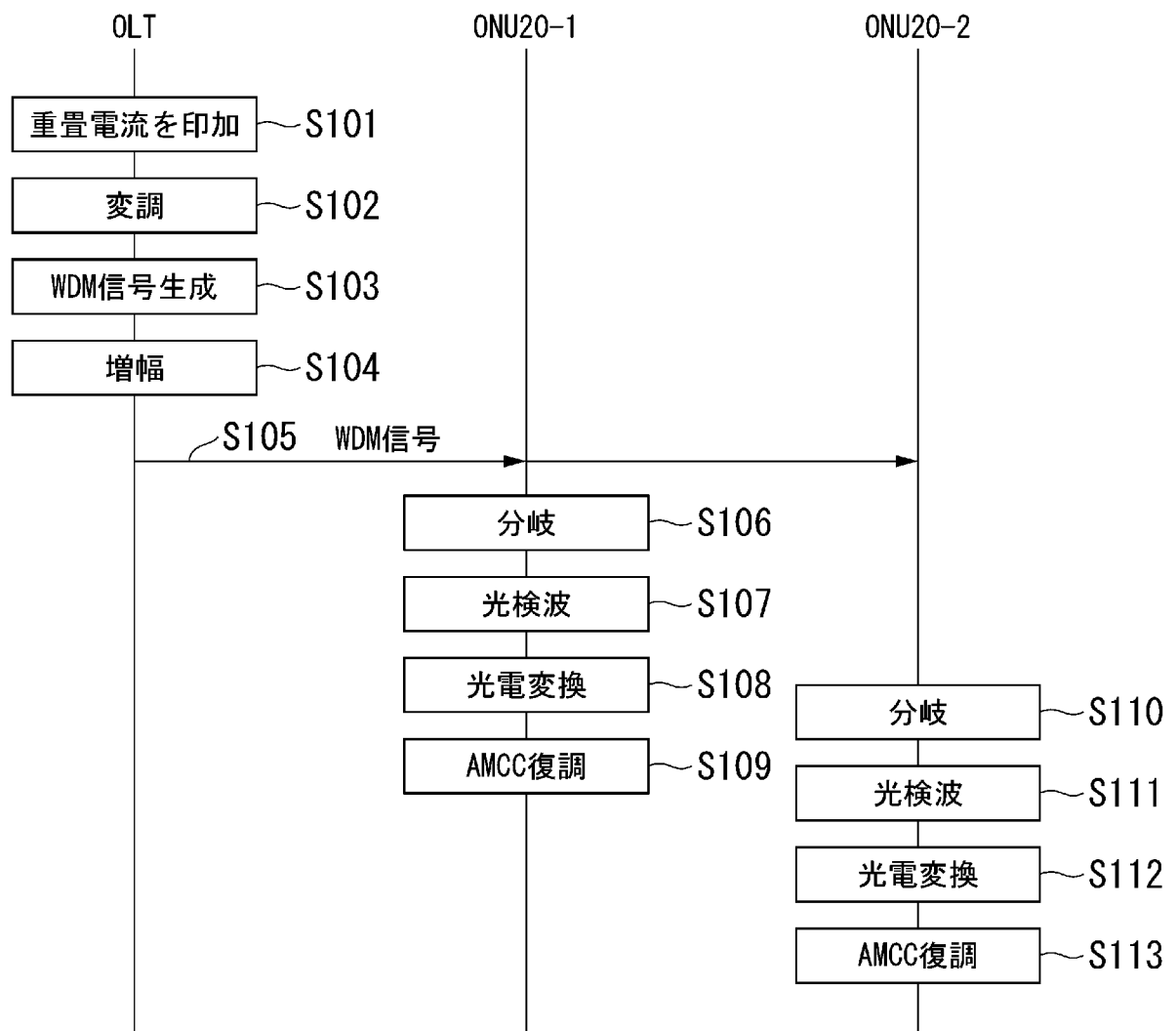
前記電気信号に基づいて前記監視制御信号を復調する復調ステップと、

を有する光送信方法。

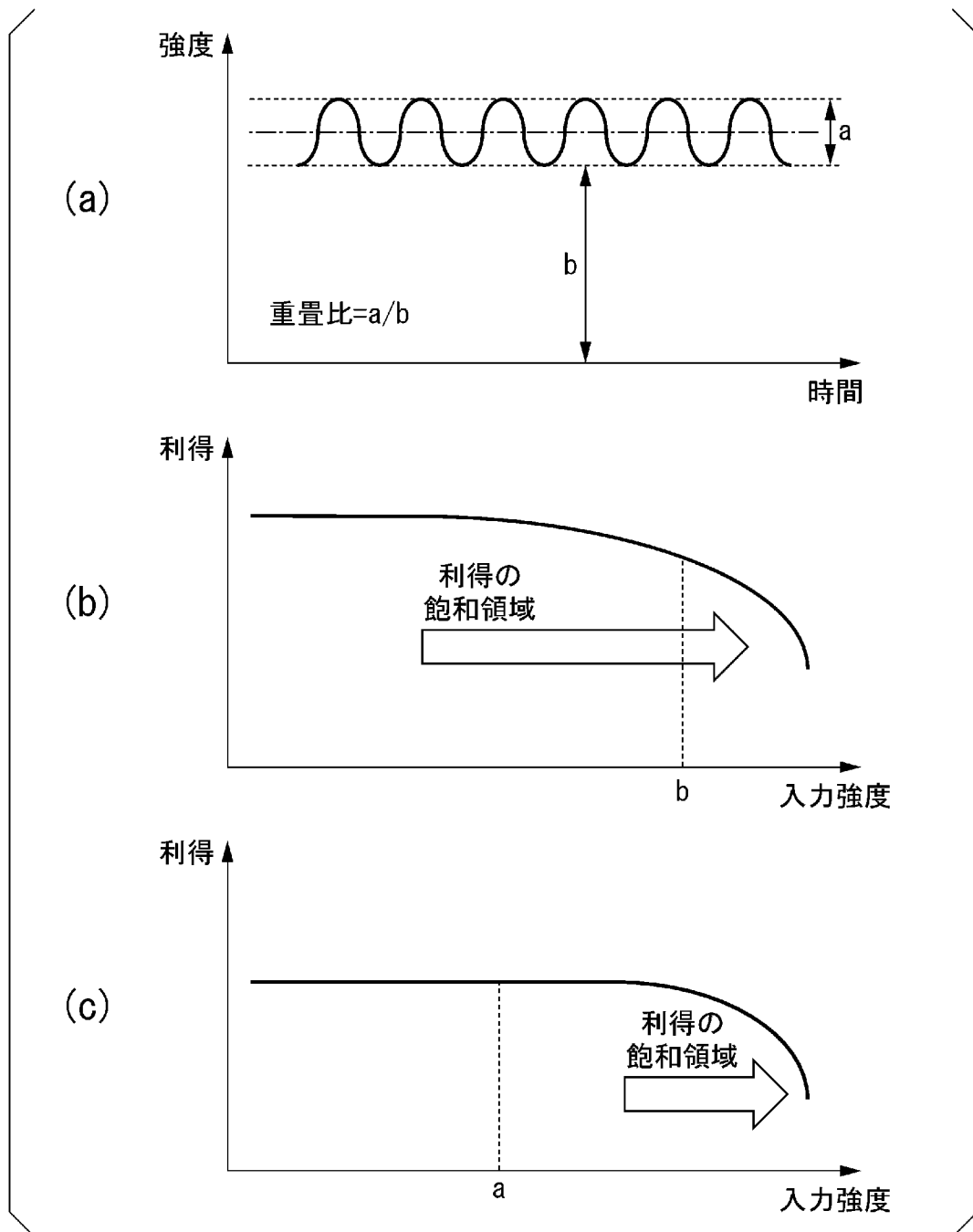
[図1]



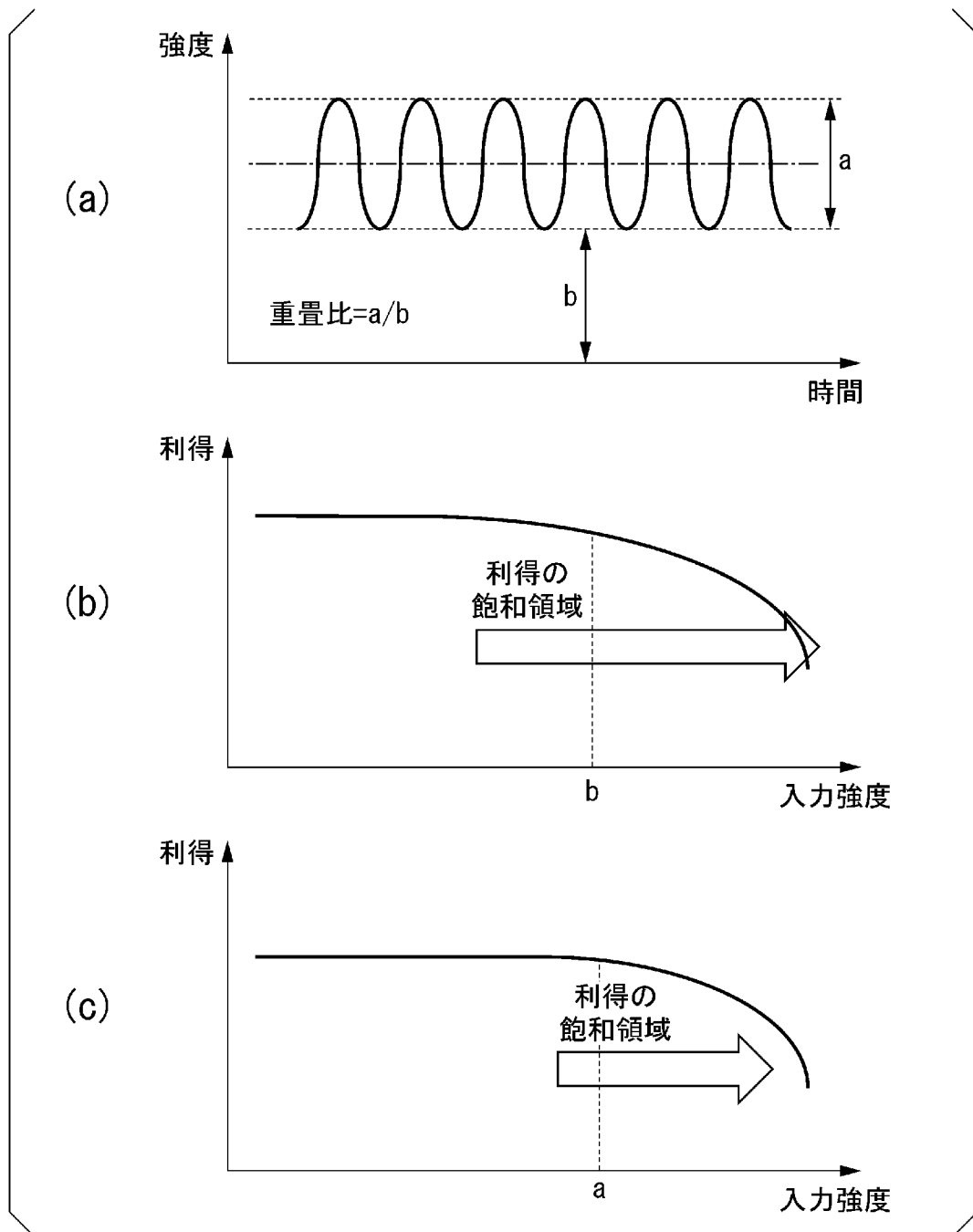
[図2]



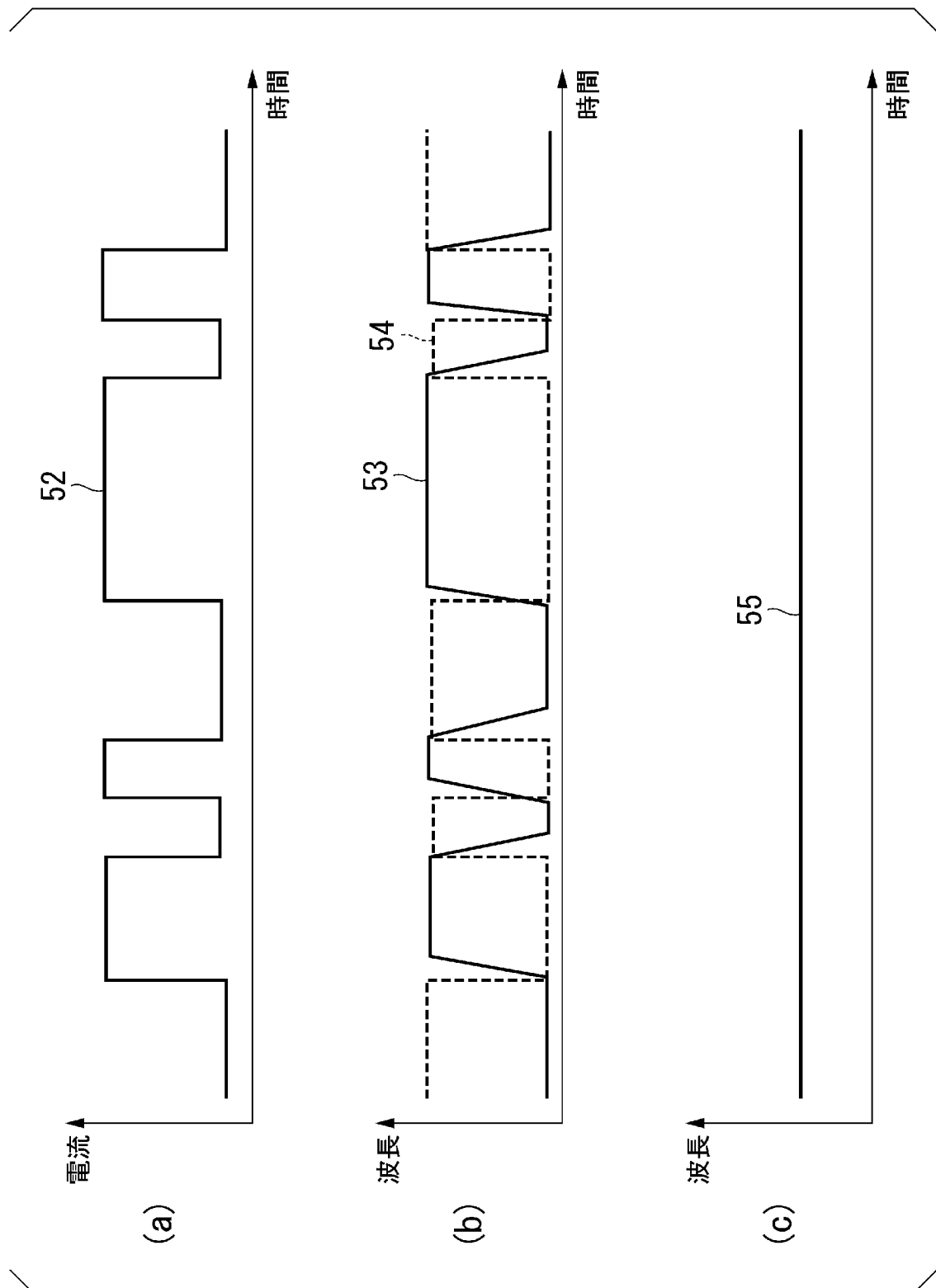
[図3]



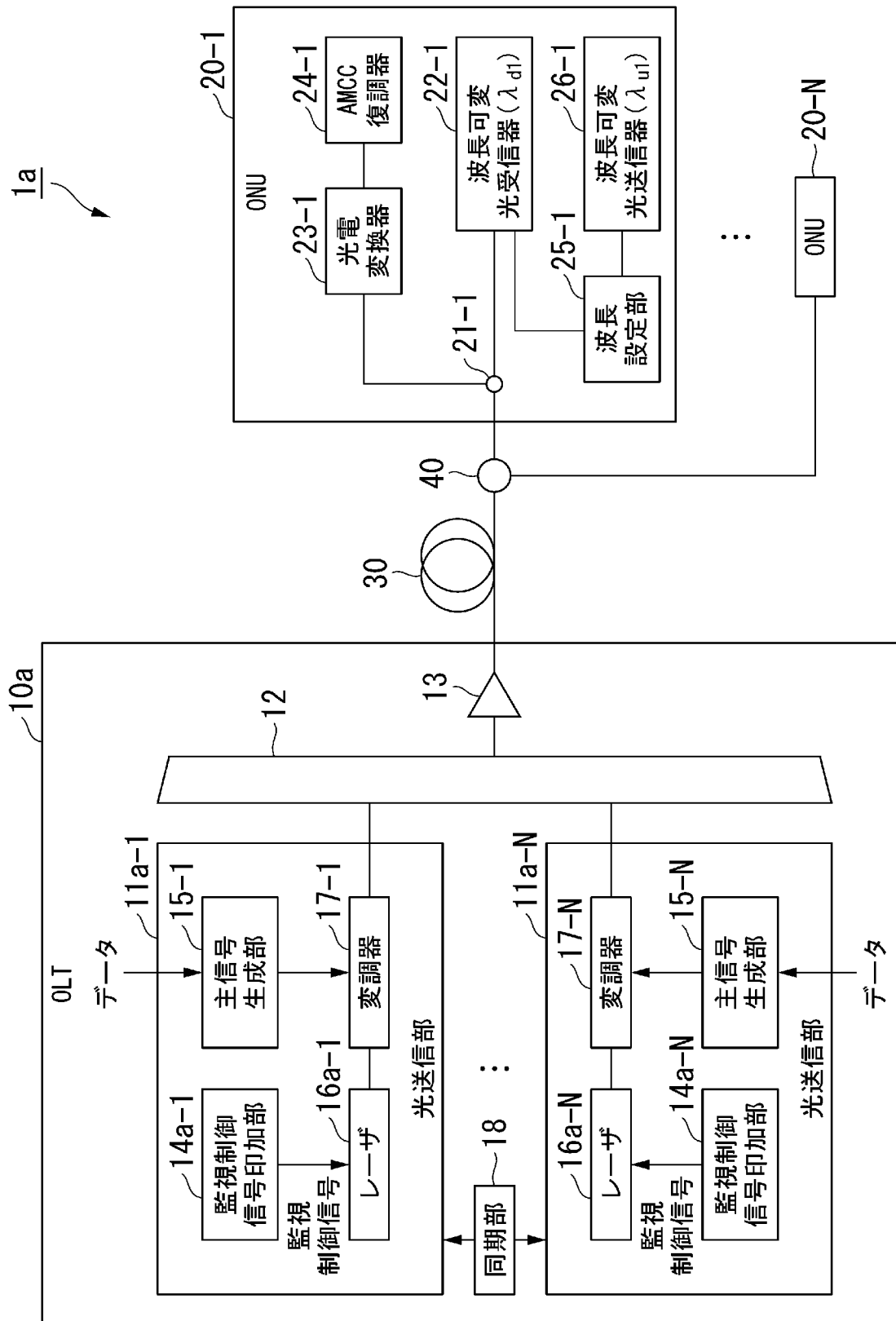
[図4]



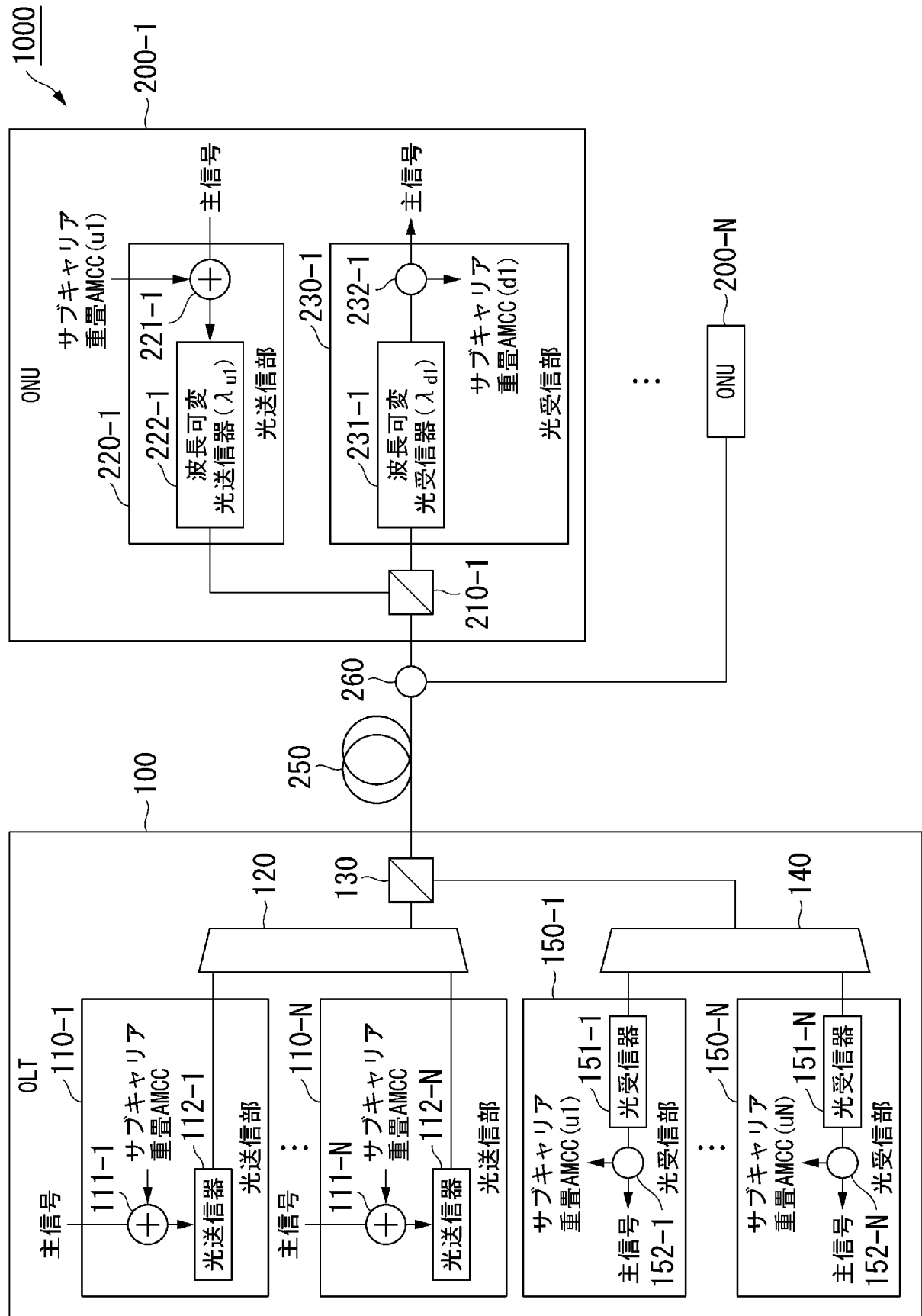
[図5]



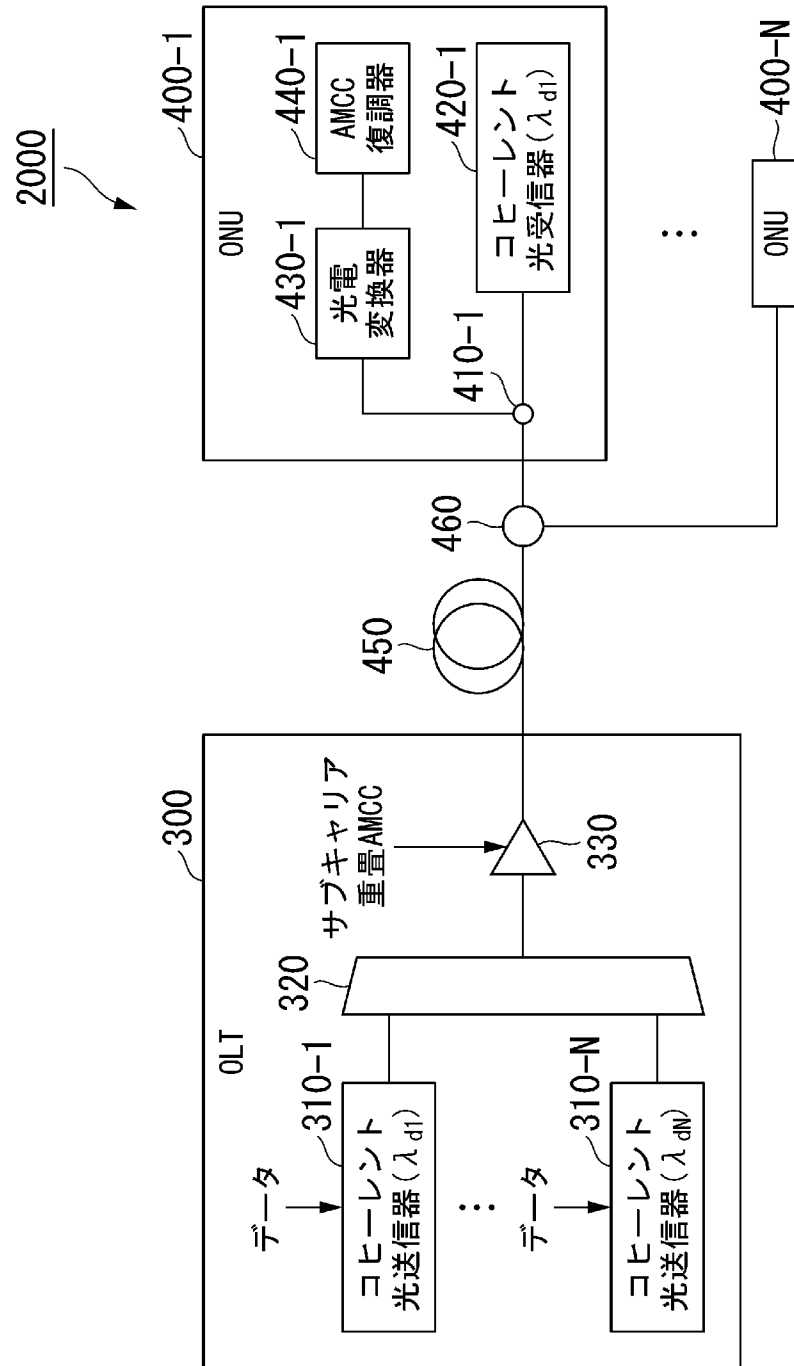
[図6]



[図7]



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/032951

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. H04B10/077 (2013.01) i, H04B10/516 (2013.01) i
FI: H04B10/516, H04B10/077

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl. H04B10/077, H04B10/516

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.
X Y	JP 1998-126341 A (FUJITSU LIMITED) 15 May 1998 (1998-05-15), paragraphs [0019]-[0040], [0046]-[0048], [0056]-[0058], [0069]-[0079], fig. 1, 2, 4, 7, 11, 12	1-2, 5-7 3-4
Y A	JP 2010-11098 A (FUJITSU LIMITED) 14 January 2010 (2010-01-14), paragraphs [0032]-[0044], fig. 3	3-4 1-2, 5-7
Y A	JP 2010-178090 A (FUJITSU LIMITED) 12 August 2010 (2010-08-12), paragraph [0028], fig. 2, 3	3-4 1-2, 5-7
Y A	JP 1998-170740 A (HITACHI, LTD.) 26 June 1998 (1998-06-26), paragraphs [0002], [0021]	4 1-3, 5-7
Y A	JP 2000-68601 A (HITACHI, LTD.) 03 March 2000 (2000-03-03), paragraphs [0002], [0018], [0019]	4 1-3, 5-7



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

"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

07 January 2021

Date of mailing of the international search report

19 January 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/JP2020/032951

JP 1998-126341 A	15 May 1998	(Family: none)
JP 2010-11098 A	14 January 2010	US 2009/0324256 A1 paragraphs [0046]-[0058], fig. 3
JP 2010-178090 A	12 August 2010	US 2010/0189445 A1 paragraph [0044], fig. 2, 3 EP 2214332 A1
JP 1998-170740 A	26 June 1998	(Family: none)
JP 2000-68601 A	03 March 2000	(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 10/516(2013.01)i FI: H04B10/516; H04B10/077		
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; H04B10/516		
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 1971-2021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
X	JP 1998-126341 A（富士通株式会社）15.05.1998（1998-05-15） 段落0019-0040, 0046-0048, 0056-0058, 0069-0079, 図1-2, 4, 7, 11-12	1-2, 5-7
Y		3-4
Y	JP 2010-11098 A（富士通株式会社）14.01.2010（2010-01-14） 段落0032-0044, 図3	3-4
A		1-2, 5-7
Y	JP 2010-178090 A（富士通株式会社）12.08.2010（2010-08-12） 段落0028, 図2-3	3-4
A		1-2, 5-7
Y	JP 1998-170740 A（株式会社日立製作所）26.06.1998（1998-06-26） 段落0002, 0021	4
A		1-3, 5-7
Y	JP 2000-68601 A（株式会社日立製作所）03.03.2000（2000-03-03） 段落0002, 0018-0019	4
A		1-3, 5-7
☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 “T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と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 07.01.2021		国際調査報告の発送日 19.01.2021
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） 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/JP2020/032951

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	1998-126341	A	15.05.1998	(ファミリーなし)	
JP	2010-11098	A	14.01.2010	US 2009/0324256 A1	
				段落0046-0058, 図3	
JP	2010-178090	A	12.08.2010	US 2010/0189445 A1	
				段落0044, 図2-3	
				EP 2214332 A1	
JP	1998-170740	A	26.06.1998	(ファミリーなし)	
JP	2000-68601	A	03.03.2000	(ファミリーなし)	