

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

7a (19) 世界知的所有権機関  
国際事務局

(43) 国際公開日  
2013年6月13日 (13.06.2013)



W I P O | P C T



(10) 国際公開番号

W O 2013/084366 A 1

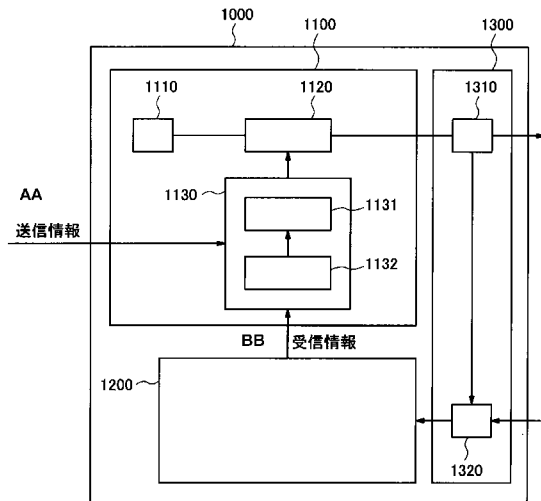
- (51) 国際特許分類 :  
H04B 10/04 (2006.01) H04B 10/26 (2006.01)  
H04B 10/06 (2006.01) H04B 10/28 (2006.01)  
H04B 10/14 (2006.01)
- (21) 国際出願番号 : PCT/JP201 1/078835
- (22) 国際出願日 : 2011年12月7日 (07.12.2011)
- (25) 国際出願の言語 : 日本語
- (26) 国際公開の言語 : 日本語
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について) : 日本電気株式会社 (NEC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1088001 東京都港区芝五丁目7番1号 Tokyo (JP).
- ( ) 発明者 ; および  
( ) 発明者 / 出願人 (米国についてのみ) : 古賀 正 (KOGA, Tadashi) [JP/JP]; 〒1088001 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人 : 下坂 直樹 (SHIMOSAKA, Naoki); 〒1088001 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: OPTICAL COMMUNICATION DEVICE, OPTICAL TRANSMISSION APPARATUS, AND OPTICAL TRANSMISSION METHOD

(54) 発明の名称 : 光通信装置、光送信器および光送信方法

図1



AA Transmission information  
BB Receiving information

(57) Abstract: An objective of the invention is to solve the problem wherein, in an optical transmission apparatus using a phase shift apparatus, it becomes difficult to establish a correspondence between the phase of shifted light and information which is transmitted, thus complicating the configuration of an optical receiving apparatus thereof. This optical communication device comprises: an optical transmission apparatus which outputs a transmission light which is phase shifted on the basis of transmission information; an optical receiving apparatus which receives and demodulates the phase shifted light; and an optical feedback unit which introduces a portion of the transmission light to the optical receiving apparatus. The optical transmission apparatus further comprises a light source which outputs a sequential light, a phase shift unit which phase shifts the sequential light on the basis of the transmission information, and a control unit which controls the operation of the phase shift unit. The optical receiving apparatus acquires receiving information by demodulating the transmitted light which is obtained from the optical feedback unit and transmits the receiving information to the control unit. The control unit controls the operation of the phase shift unit on the basis of the transmission information and the receiving information.

(57) 要約 :

[続葉有]

2013 084366 A1

添付公開書類：

- 国際調査報告 (条約第 21 条 (3))

---

位相変調器を用いた光送信器においては、変調後の光の位相と送信する情報との対応関係を確定することが困難であり、そのため光受信器の構成が複雑になるので、本発明の光通信装置は、送信情報に基づいて位相変調した送信光を出力する光送信器と、位相変調された光を受信し復調する光受信器と、送信光の一部を光受信器に導入する光帰還部、とを有し、光送信器は、連続光を出力する光源と、連続光を送信情報に基づいて位相変調する位相変調部と、位相変調部の動作を制御する制御部とを備え、光受信器は、光帰還部から得た送信光を復調することにより受信情報を取得し、受信情報を制御部に送出し、制御部は、送信情報と受信情報に基づいて位相変調部の動作を制御する。

## 明細書

## 発明の名称

光通信装置、光送信器および光送信方法

5

## 技術分野

本発明は、光通信装置、光送信器および光送信方法に関し、特に、光位相変調方式を用いた光通信装置、光送信器および光送信方法に関する。

## 10 背景技術

近年、従来のホームページの閲覧を中心としたインターネットの利用に加えて、モバイル端末の普及による動画等 の送受信が増大したため、基幹ネットワークのトラフィック量が急増している。このトラフィック量の急増に伴い、従来から用いられている伝送速度が2.5Gbit/s または10Gbit/s である光伝送システムに替わって、伝送速度が40Gbit/s ないし100Gbit/s 以上である超高速光伝送システムが研究されている。

15

従来の光伝送システムにおいては、送信側で光の強度に情報を乗せ、受信側で光の強度を検出して情報を復元する強度変調/直接検波受信(Intensity Modulation—Direct Detection—IM—DD)方式が用いられてきた。一方、超高速光伝送システムにおいては、デジタルコヒーレント受信方式の採用が有力視されている。デジタルコヒーレント受信方式とは、位相変調方式(Phase Shift Keying)と、コヒーレント受信(Coherent Detection)およびデジタル信号処理(Digital Signal processing)技術を組み合わせた受信方式である。デジタルコヒーレント受信方式は、光信号対雑音(Optical Signal to Noise Ratio)耐力特性、波長分散(Chromatic Dispersion)耐力特性、および偏波モード分散(Polarization Mode Dispersion)耐力特性など、長距離光ファイバ伝送において要求される特性に優れている。

20

25

位相変調方式においては、送信側で光の位相に情報を乗せ、受信側で光の位相を検出して情報を復元する。位相変調方式の中でも特に、伝送特性と実現容易性およびコストのバランスから、2値位相変調方式(Binary Phase Shift Keying :BPSK)や4値位相変調方式(Quadrature Phase Shift Keying :QPSK)が注目されている。さらに、周波数の利用効率に優れた4値位相変調信号を、直交する2偏波で

30

多重して伝送する偏波多重4値位相変調方式 (Polarization Multiplexing — Quadrature Phase Shift Keying : PM—QPSK) が、実用化に向けて活発に研究開発されている。偏波多重4値位相変調方式によれば、周波数帯域幅を増加させることなく伝送容量を拡大することが可能である。なお、偏波多重4値位相変調方式は、D

5 P—QPSK (Dual Polarization — Quadrature Phase Shift Keying) と呼ばれる。

次に、光の位相に情報を乗せる位相変調方式に用いられる光送信器について説明する。ここでは、一例として、4値光位相変調方式 (QPSK) を用いて説明する。図9は、4値光位相変調方式 (QPSK) に用いられる光送信器の構成の一例を示すブロック図

10 である。光送信器6100は、光源6101と、位相変調部6102と、駆動部16103と、駆動部Q6104と、分岐部6105と、電圧制御部6106とを有する。位相変調部6102は、CW光分岐部6107と、変調器16108と、変調器Q6109と、シフト部6110と、混合部6111、とを有する。

光源6101は、CW (Continuous Wave) 光を出力する。CW光分岐部6107は、

15 光源6101が出力したCW光を分岐し、分岐した光を変調器16108および変調器Q6109に出力する。駆動部16103は、送信する情報であるデータに対応する電圧を生成し、生成した電圧を変調器16108に印加する。駆動部Q6104は、送信する情報であるデータQに対応する電圧を生成し、生成した電圧を変調器Q6109に印加する。ここで、IおよびQはコンスタレーションのI軸およびQ軸に対応する。すなわち、データは送信

20 する情報に対応するシンボルのI軸の値を決定する。同様に、データQは送信する情報に対応するシンボルのQ軸の値を決定する。

変調器16108は、CW光分岐部6107が分岐したCW光の一方を駆動部16103が生成した電圧に基づいて変調する。このような変調器16108を実現する手段として、例えば、ニオブ酸リチウム (LiNbO<sub>3</sub>) などの誘電体を光導波路としたマッハ'ツェンダ

25 (Mach —Zehnder) 型の変調器 (以下、マッハ'ツェンダ型光変調器と言う)を用いることができる。このようなマッハ'ツェンダ型光変調器は周知であるので、ここでは詳細な説明を省略する。一方、変調器Q6109は、CW光分岐部6107が分岐したCW光の他方を駆動部Q6104が生成した電圧に基づいて変調する。

位相変調部6102は図9に示すように、上述のマッハ'ツェンダ型光変調器が入れ子

30 構造となり、4値位相変調器を構成している。ここでシフト部6110は、変調器Q6109

が出力した光の位相を変化させる。例えば、4値位相変調方式ではシフト部6110は、変調器Q6109が出力した光の位相を $\pi/2$ [radian]だけ変化させる。次いで、シフト部6110は、シフト後の光を混合部6111に出力する。混合部6111は、変調器16108が出力した光とシフト部6110が出力した光とを混合する。次いで、混合部6111は

5 混合した光を分岐部6105に出力する。分岐部6105は、位相変調部6102が出力した光を分岐する。次いで、分岐部6105は分岐した光を電圧制御部6106に出力する。

電圧制御部6106は、分岐部6105が分岐した光に基づいて位相変調部6102を制御する。具体的には、電圧制御部6106は変調器16108、変調器Q6109、および

10 シフト部6110に印加する直流 (Direct Current: DC) 電圧の制御を行う。

次に、電圧制御部6106の動作について図面を用いて詳細に説明する。まず、変調器に印加される電圧 (以下、駆動電圧と言う)と透過光強度との関係について説明する。図10Aは、送信する情報の電気信号と変調器の特性との関係を説明するための図である。ここで変調器の特性とは、駆動電圧に対する変調器の透過光強度の変化

15 をいう。また、図10Bは位相変調された光信号を模式的に示した図である。変調器16108には、電圧制御部6106が出力する直流電圧と駆動部16103が出力する電圧との和が駆動電圧として印加される。

マツハ・ツエング型光変調器を用いて光の位相を変調する場合、送信する情報である $\Gamma_0$ 、 $\Gamma_1$ に対応する光出力が透過光強度の隣り合う最大 (Peak) 点に合致するように、駆動部が生成する電圧 (以下、駆動振幅と言う)を調整する。具体的には、マツハ・ツエング型光変調器を透過した光の位相が $\pi$  [radian] 変化する電圧と等しくなるように駆動振幅を調整する。以下では、マツハ・ツエング型光変調器を透過した光の位相が $\pi$  [radian] 変化する電圧の半分の電圧を $V^{\pi}$  とする。そして、送信する情報である $\Gamma_0$ 、 $\Gamma_1$ に対応する駆動振幅の平均値が変調器の透過光強度の最小 (Null) 点

25 と合致するように、電圧制御部6106が変調器16108および変調器Q6109に印加する直流電圧を調整する。具体的には、電圧制御部6106は送信する情報に対応する駆動振幅の平均値が、図10Aに示した $V_{\pi}$  [V]、 $3V_{\pi}$  [V]、・・・のいずれかになるように直流電圧を調整する。

特許文献1に、上述したように変調器に印加する直流電圧を調整する送信器の構成

30 の一例が開示されている。つまり、この送信器は、送信する情報に対応する駆動振幅

の平均値が変調器の光透過強度の最小点と合致するように変調器に印加する直流電圧を翻整する。特許文献1による変調器では、第2の光源からの光が変調器の出力側から逆進光として入力され、変調器の入力側において逆進光の強度が測定される。そして、逆進光の強度が最小となるように変調器に印加する直流電圧の制御が行われる。このような構成により、送信する情報に対応する駆動振幅の平均値が変調器の光透過強度の最小点と合致するように直流電圧が調整される。

特許文献1 特開2009 —081 747 号公報 (段落 0026 )

## 発明の開示

### 10 発明が解決しようとする課題

上述したように、特許文献1に記載された関連する変調器によれば、送信する情報に対応する駆動振幅の平均値が変調器の透過光強度の最小点になるように、変調器に印加する直流電圧を安定に制御することが可能になる。しかしながら、特許文献1に記載された変調器では、送信する情報と、変調器が変調した後の光の位相との対応関係が確定しないという問題点があった。以下に、変調器が変調した後の光の位相と送信する情報との対応関係が確定しない理由について詳細に説明する。

変調器が変調した後の光の位相と送信する情報との間には、2種類の対応関係が存在する。以下に、この対応関係について図10Aを用いて説明する。

まず、上述の制御により送信する情報に対応する駆動振幅の平均値が、図10Aに示した $V_{\pi}$  [V] になるように変調器に印加する直流電圧が調整された場合について考える。この場合、送信する情報である「0」/「1」に対応する変調後の光の位相は、「0」/「 $r\pi$ 」 [radian] となる。以下では、この場合における、送信する情報と変調した後の光の位相との対応関係を「正論理」と言う。

次に、送信する情報に対応する駆動振幅の平均値が、図10Aに示した $3V_{\pi}$  になるように変調器に印加する直流電圧が調整された場合について考える。この場合、送信する情報である「0」/「1」に対応する変調後の光の位相は、「 $\pi$ 」/「 $3\pi$ 」となる。以下では、この場合における、送信する情報と変調した後の光の位相との対応関係を「負論理」と言う。

このように変調器に印加する直流電圧の値によって、変調器が変調した後の光の位相と送信する情報との間に、2種類の対応関係が存在する。しかしながら、変調器に

印加する直流電圧の値と、「正論理」となるか「負論理」となるかの対応関係は、変調器の個体差、温度変化または経時変化等により異なる。そのため、変旗器に印加する直流電圧を安定に制御できたとしても、変調器が「正論理」で動作するか、「負論理」で動作するかを識別するのは困難である。その結果、送信する情報と、変調器が変調した後の光の位相との対応関係が確定しないことになる。

このため、位相変調方式として、例えばQPSK方式を採用した場合、図11に示すように、1種類の送信する情報に対して4種類の位相状態が存在しうる。図の横軸はQPSK方式における同相「I(In-phase :I軸)」であり、縦軸は直交軸(Quadrature\_phase :Q軸)である。I軸、Q軸に対応する位相変調において、それぞれ「正論理」と「負論理」を取り得るので、以下の4通りの組み合わせが存在する。すなわち、I軸、Q軸ともに正論理で動作する場合(正論理、正論理)、I軸だけ反転した場合(負論理、正論理)、I軸とQ軸が共に反転した場合(負論理、負論理)、およびQ軸だけが反転した場合(正論理、負論理)の4種類である。具体的には例えば、1種類の送信する情報「0」に対する光の位相状態として、上述の組み合わせに対応して、 $\pi/4$ 、 $3\pi/4$ 、 $5\pi/4$ 、 $7\pi/4$ という4種類の光位相状態が存在することになる。

そして、このように位相変調された光を受信する光受信器においては、取り得る位相状態の組み合わせの中から、送信された情報に一致する組み合わせを探索するための処理回路が必要となる。そのため、光受信器の構成が複雑になるという問題があった。

このように、関連する位相変調器を用いた光送信器においては、変調後の光の位相と送信する情報との対応関係を確定することが困難であり、そのため光受信器の構成が複雑になる、という問題があった。

本発明の目的は、上述した課題である、関連する位相変調器を用いた光送信器においては、変調後の光の位相と送信する情報との対応関係を確定することが困難であり、そのため光受信器の構成が複雑になる、という課題を解決する光通信装置、光送信器および光送信方法を提供することにある。

#### 課題を解決するための手段

本発明の光通信装置は、送信情報に基づいて位相変調した送信光を出力する光送信器と、位相変調された光を受信し復調する光受信器と、送信光の一部を光受信器に導入する光帰還部、とを有し、光送信器は、連続光を出力する光源と、連続光を送

信情報に基づいて位相変調する位相変調部と、位相変調部の動作を制御する制御部とを備え、光受信器は、光帰還部から得た送信光を復調することにより受信情報を取得し、受信情報を制御部に送出し、制御部は、送信情報と受信情報に基づいて位相変調部の動作を制御する。

- 5 本発明の光送信器は、連続光を出力する光源と、連続光を送信情報に基づいて位相変調した送信光を出力する位相変調部と、位相変調部の動作を制御する制御部、とを有し、制御部は、送信光を復調した受信情報を取得し、送信情報と受信情報に基づいて位相変調部の動作を制御する。

- 10 本発明の光送信方法は、連続光を送信情報に基づいて位相変調し、位相変調した送信光を出力し、送信光を復調した受信情報を取得し、送信情報と受信情報に基づいて位相変調を制御する。

#### 発明の効果

- 15 本発明の光通信装置、光送信器および光送信方法によれば、簡易な構成によつて、光送信器における変調後の光の位相と送信する情報との対応関係を確定することが可能になる。

#### 図面の簡単な説明

- 図1は本発明の第1の実施形態に係る光通信装置の構成を示すブロック図である。
- 20 図2Aは本発明の第1の実施形態に係る光送信器における、送信情報と変調後の光の位相との関係(正論理の場合)を示す表である。
- 図2Bは本発明の第1の実施形態に係る光送信器における、送信情報と変調後の光の位相との関係(負論理の場合)を示す表である。
- 図3は本発明の第1の実施形態に係る光通信装置の動作を示すフローチャートである。
- 25 図4は本発明の第1の実施形態に係る光通信装置を用いた光伝送システムの構成を示すブロック図である。
- 図5は本発明の第2の実施形態に係る光通信装置の動作を説明するための表である。
- 30 図6は本発明の第2の実施形態に係る光通信装置の動作を示すフローチャートである。

図7は本発明の第3の実施形態に係る光送信器の構成を示すブロック図である。

図8は本発明の第4の実施形態に係る光通信装置の構成を示すブロック図である。

図9は4値光位相変調方式(QPSK)に用いられる光送信器の構成の一例を示すブロック図である。

5 図10Aは送信する情報の電気信号と変調器の特性との関係を説明するための図である。

図10Bは位相変調された光信号を模式的に示した図である。

図11はQPSK方式における送信する情報と変調された光の位相との関係を示す図である。

10 図12AはQPSK方式において「 $+\pi/2$ 」回転させた場合における、送信情報と変調後の光の位相との関係を示す図である。

図12BはQPSK方式において「 $-\pi/2$ 」回転させた場合における、送信情報と変調後の光の位相との関係を示す図である。

## 15 発明を実施するための形態

以下に、図面を参照しながら、本発明の実施形態について説明する。

### 第1の実施形態)

図1は、本発明の第1の実施形態に係る光通信装置1000の構成を示すブロック図である。光通信装置1000は、光送信器1100、光受信器1200、および光帰還部1300を有する。光送信器1100は送信情報に基づいて位相変調した送信光を出力する。光受信器1200は位相変調された光を受信し復調する。光帰還部1300は光送信器1100が出力する送信光の一部を光受信器1200に導入する。

光送信器1100は、連続光を出力する光源1110、連続光を送信情報に基づいて位相変調する位相変調部1120、および位相変調部1120の動作を制御する制御部1130を備える。光受信器1200は、光帰還部1300から得た送信光を復調することにより受信情報を取得し、この受信情報を制御部1130に送出する。そして、制御部1130は、送信情報と受信情報に基づいて位相変調部1120の動作を制御する。

光源1110には、例えばレーザーダイオード(Laser Diode LD)等を使用することができる。位相変調部1120は光源1110が出力する連続光を位相変調し、位相変調した送信光を出力する。位相変調方式としては、例えば、MPSK(M Phase Shift K

eying、Mは整数)、QAM (Quadrature Amplitude Modulation) 等を用いることができる。位相変調部1120はマツハ'ツエンダ型光変調器を備えた構成とすることができ、光導波路材料には、例えばニオブ酸リチウム ( $\text{LiNbO}_3$ )等の誘電体を用いることができる。

5 光受信器1200は光帰還部1300から入力される送信光に限らず、通信相手から位相変調された信号光を受信し復調することができる。

このような構成を採用することにより、本実施形態の光通信装置1000によれば、送信情報と受信情報に基づいて光送信器1100の動作を制御することが可能になる。そのため、簡易な構成によって、光送信器1100における変調後の光の位相と送信する情報との対応関係を確定することができる。

次に、本実施形態の光通信装置1000について、さらに詳細に説明する。制御部1130は、位相変調部1120に対して駆動信号を付加する駆動部1131と、送信情報と受信情報を比較し、比較した結果に基づいて駆動部を制御する判定部1132を備えた構成とすることができ、ここで、駆動信号には、送信情報に対応した変調信号と、  
15 変調信号の平均値を調整する直流信号が含まれる。

また、光帰還部1300は、送信光の一部を分岐する光分岐部1310と、分岐された送信光と通信相手からの信号光のいずれか一方を光受信器1200に導入する光切り替え部1320を備えた構成とすることができ、光分岐部1310には例えば、ファイバ型の光コプラや平面光波回路 (Planar Lightwave Circuit :PLC) を用いることが  
20 できる。

また、光切り替え部1320には、微小ミラーを用いた機械式光スイッチや、熱光学効果を用いた導波路型光スイッチを用いることができる。

光受信器1200は、位相変調された光を復調することにより入力された光の位相に関する情報を復元する。そして、復元した光の位相に関する情報を受信情報として判定部1132に送出する。光の位相に関する情報は、復元した光の位相に対応づけられた情報であればよく例えば2値論理を採用することができる。すなわち光受信器1200は、復元した光の位相が「 $\pi$ 」である場合、予め対応づけられた2値論理の「0」を判定部1132に送出する構成とすることができ、復調方式としては、例えばコヒーレント受信方式を用いることができる。

30 ここで、位相変調方式について説明する。送信する情報(送信情報)と、位相変調部

1120が変調した後の光の位相との間には、背景技術でも述べたように、2種類の対応関係(以下、「光位相マッピング」と言う)が存在する。図2A、2Bに光位相マッピングの例を示す。図2Aは正論理の場合を、図2Bは負論理の場合をそれぞれ示す。図2Aおよび図2Bの上段は送信情報を、下段は変調後の光の位相を示し、上段の送信情報  
5 報が下段の変調後の光の位相と対応している。このとき、光位相マッピングが光通信装置1000において予め定められた対応関係である場合、送信情報と受信情報は一致する。しかし、光位相マッピングが予め定められた対応関係と異なる場合、送信情報と受信情報は一致しない。

判定部1132は送信情報と受信情報を比較し、送信情報と受信情報が一致する》  
10 合は、位相変調部1120に付加する直流信号の値を維持するように駆動部1131を制御する。一方、送信情報と受信情報が一致しない場合は、直流信号の値を変更するように駆動部1131を制御する。

次に、送信情報と受信情報の比較動作について説明する。送信情報と受信情報の比較には、送信情報として予め定められた情報を用いることができる。予め定められた  
15 情報が制御部1130に入力されると、駆動部1131は予め定められた情報に対応した変調信号と変調信号の平均値を調整する直流信号とからなる駆動信号(例えば駆動電圧)を位相変調部1120に印加する。位相変調部1120はこのときの駆動信号に基づいて連続光を変調し、変調後の光を送信光として出力する。

光帰逸部1300は送信光を分岐し、分岐された送信光を光受信器1200に入力す  
20 る。光受信器1200は入力された送信光の位相を抽出し、復調した受信情報を判定部1132に送出する。判定部1132は、受信情報と予め定められた情報とを比較する。

ここで、予め定められた情報として例えば、図2Aの上段に示した情報が制御部1130に入力された場合を考える。このとき、光通信装置1000において予め定められた光  
25 位相マッピングが図2Aに示した対応関係であるとする。また光受信器1200が抽出した送信光は図2Bの下段に示した位相を有するものとする。判定部1132は、送信情報として予め定められた情報(図2Aの上段)と、光受信器1200が抽出した位相(図2Bの下段)から予め定められた光位相マッピング(図2A)に基づいて求められる受信情報とを比較する。この場合、送信情報と受信情報は一致しないことがわかる。

30 なお、予め定められた情報としては、通信相手に送出する送信情報とは別の情報を

用いる場合に限らず、送信情報の一部を用いることもできる。例えば、送信情報に含まれるフレームヘッダ部やトレーニング信号部などの既知の情報パターンを用いることができる。このような既知の情報パターンには、例えば PRBS (Pseudo Random Bit Stream) 等がある。

- 5 送信情報は、位相変調部 1120 が変調する光の位相と対応付けられる。送信情報として例えば、2 値の論理の組み合わせによる情報を用いてもよい。論理の組み合わせの例として 2 値位相変調方式を用いる場合、送信情報の最小単位は、「0」または「1」である。また、他の例として、4 値位相変調方式を用いる場合、送信情報の最小単位は、「00」、「01」、「10」および「11」の内のいずれかである。
- 10 駆動部 1131 は上述した比較結果に基づいて、送信情報と受信情報が一致するように位相変調部 1120 に付加する直流信号の値を制御する。位相変調部 1120 がマツハ'ツエンダ型光変調器を備える場合、直流信号として直流 (Direct Current: DC) 電圧が用いられる。このとき、送信情報と受信情報が一致する場合は、光位相マッピングが光通信装置 1000 において予め定められたものと等しいので、判定部 1132 は
- 15 DC 電圧の値を維持するように駆動部 1131 を制御する。一方、送信情報と受信情報が一致しない場合は、光位相マッピングが予め定められたものと異なっているので、判定部 1132 は DC 電圧の値を変更するように駆動部 1131 を制御する。

次に、位相変調部 1120 に付加する直流信号の値を変更する幅について説明する。この直流信号を変更する幅は、位相変調部 1120 の駆動信号と位相変調部 1120 の

20 透過光強度との関係に基づいて定まる。例えば、位相変調部 1120 がマツハ'ツエンダ型光変調器を備える場合、直流信号としての DC 電圧を変更する幅は、 $2V_T$  [V] となる。また、マツハ'ツエンダ型光変調器が駆動する範囲で、変更する幅を  $2V_T + 2V_T \times N$  (N は偶数) [V] とすることができる。

続いて、図 12A を用いてさらに具体的に説明する。駆動部 1131 が位相変調部 1120

25 0 に DC 電圧として例えば  $3V_T$  [V] を印加している場合を考える。このとき、光位相マッピングは図中に示すように負論理となる。予め定められた光位相マッピングが正論理であるとすると、送信情報と受信情報が一致しない。そこで判定部 1132 は、DC 電圧の値を例えば  $V_T$  [V] に変更するように駆動部 1131 を制御する。これにより、光位相マッピングを予め定められた正論理に変更することができる。

30 一方、予め定められた光位相マッピングが負論理である場合、送信情報と受信情報

は一致する。したがって、判定部 1132 はこのときの DC 電圧の値 (3V7T [V]) を維持するように駆動部 1131 を制御する。

次に、本実施形態の光通信装置 1000 の動作について図 3 を用いて説明する。図 3 は、本実施形態の光通信装置 1000 の動作を示すフローチャートである。光通信装置 1000 ではまず光送信器 1100 において、光源 1110 が出力する連続光 (Continuous Wave : CW) を位相変調部 1120 が送信情報に基づいて位相変調する (ステップ S 110)。具体的には、制御部 1130 が備える駆動部 1131 が位相変調部 1120 に、送信情報に対応した変調信号と、変調信号の平均値を調整する直流信号を印加する。

光送信器 1100 は位相変調した送信光を光帰還部 1300 へ出力する (ステップ S 120)。光帰還部 1300 は光送信器 1100 が出力する送信光の一部を光受信器 1200 に導入し、光受信器 1200 は送信光を復調し、受信情報を取得する (ステップ S 130)。

続いて光通信装置 1000 は光送信器 1100 が備える制御部 1130 において、送信情報と受信情報に基づいて位相変調部 1120 が行う位相変調を制御する (ステップ S 140)。具体的には、まず、制御部 1130 が備える判定部 1132 が、送信情報と受信情報が一致するか否か判断する (ステップ S 142)。そして、このときの判断結果に基づいて、判定部 1132 は送信情報に対応した変調信号と、変調信号の平均値を調整する直流信号を制御する。例えば、送信情報と受信情報が一致する場合 (ステップ S 142 / YES)、判定部 1132 は直流信号の値を維持するように駆動部 1131 を制御する (ステップ S 144)。一方、送信情報と受信情報が一致しない場合は (ステップ S 142 / NO)、判定部 1132 は直流信号の値を変更するように駆動部 1131 を制御する (ステップ S 146)。

このような構成を採用することにより、本実施形態の光送信方法によれば、送信情報と受信情報に基づいて光送信器 1100 の動作を制御することが可能になる。そのため、簡易な構成によって、光送信器 1100 における変調後の光の位相と送信する情報との対応関係を確定することができる。その結果、光通信装置 1000 の通信相手となる光受信器において、光通信装置 1000 における送信情報と変調後の光の位相との対応関係が、正論理か負論理化かを判断する回路が不要となる。このため、通信相手側の受信回路の規模を縮小し、消費電力を削減することが可能となる。

次に、本実施形態による光通信装置 1000 を用いた光伝送システムについて説明す

る。図4は、光通信装置1000を用いた光伝送システム5000の構成を示すブロック図である。光伝送システム5000は、光通信装置1000A、光通信装置1000B、および光通信装置1000Cを有する。光通信装置1000Aと光通信装置1000Cとは伝送路5100で接続される。また、光通信装置1000Bと光通信装置1000Cとは伝送路5200で接続される。ここで、光通信装置1000Cは、光通信装置1000Aまたは光通信装置1000Bが備える光受信器であってもよし。また、光通信装置1000Cと接続する光通信装置の数を3以上とすることもできる。

光通信装置1000Aは伝送路5100を介して光通信装置1000〇と送受信を行う。同様に、光通信装置1000Bは伝送路5200を介して光通信装置1000Cと送受信を行う。光通信装置1000Cは通信を行う対象として光通信装置1000Aまたは光通信装置1000Bのいずれかを選択して随時切り替え、光通信装置1000Aまたは光通信装置1000Bのいずれか一方と通信を行う。

なお、この場合、通信相手側の光受信器において光位相マッピングが正論理か負論理かを判断する構成とした場合、以下のような問題がある。すなわち、光通信装置1000Cが備える光受信器は複数の光通信装置と通信を行う。そのため、光通信装置1000Cが備える光受信器は、複数の光通信装置のそれぞれに対して光位相マッピングが正論理か負論理かを判断しなければならない。従って、光受信器は通信を行う相手の光通信装置が切り替わるたびに上述の判断を行う必要があり、そのための時間が必要になるという問題があった。

しかしながら、本実施形態による光通信装置の構成とすることにより、光通信装置がそれ自体で光位相マッピングを確定させることが可能となる。そのため、本実施形態による光通信装置と通信を行う光受信器は、光位相マッピングが予め定められた関係であるとして受信した信号の復脚処理を行うことができる。この結果、光受信器において、通信相手となる光通信装置を切り替える際の時間を短縮することができる。

第2の実施形態]

次に、本発明の第2の実施形態について説明する。本実施形態による光通信装置2000は、光送信器2100の制御部2130が備える判定部2132の構成が、第1の実施形態による光通信装置1000と異なる。他の構成は光通信装置1000と同様であるので、説明は省略する。

本実施形態による光通信装置2000が備える判定部2132は送信情報と受信情報

を比較し、送信情報と受信情報が一致する場合は、変調僭号を維持するように駆動部 1131 を制御する。一方、送信情報と受信情報が一致しない場合は、変旗信号を反転するように駆動部 1131 を制御する。

このときの光通信装置 2000 の動作について、図 5 および図 12A を用いて説明する。

5 図 5 は第 2 の実施形態による光通信装置 2000 の動作を説明するための表である。まず、光通信装置 2000 において予め定められた光位相マッピングは「正論理」であると  
 10 する。すなわち、送信情報である「0」/「1」に対応する変調後の光の位相は、 $0$  /  $\pi$  [radian] となると定められている。このとき駆動部 1131 は、正論理に従って、送信情報「0」に対しては変調信号として低電圧 LOW (例えば、 $0$  V) を位相変調部 1120 に印加する。また、送信情報「1」に対しては変調信号として高電圧 HIGH (例えば、 $2V_{\pi}$  V) を位相変調部 1120 に印加する (図 5 の 1 行目から 3 行目、図 12A) 。光送信器 2100 は送信情報に基づいて位相変調した送信光を出力する。

次に、光通信装置 2000 が備える光帰還部 1300 は光送信器 2100 が出力する送信光の一部を光受信器 1200 に導入する。光受信器 1200 は光帰還部 1300 から得  
 15 た送信光を、予め定められた正論理に従って復調することにより受信情報を取得し、この受信情報を制御部 2130 に送出する。

制御部 2130 が備える判定部 2132 は送信情報と受信情報を比較し、送信情報と受信情報が一致する場合は、変調信号を維持するように駆動部 1131 を制御する。  
 20 一方、送信情報と受信情報が一致しない場合 (図 5 の 4 行目)、位相変調部 1120 は実際には「負論理」で動作していることになる。そこで判定部 2132 は、変旗信号を反転するように駆動部 1131 を制御する。すなわち、駆動部 1131 は送信情報「0」に対しては変調信号として高電圧 HIGH (例えば、 $2V_{\pi}$  V) を位相変調部 1120 に印加する。また、送信情報「1」に対しては変調信号として低電圧 LOW (例えば、 $0$  V) を位相変調部 1120 に印加する (図 5 の 5 行目)。このとき、位相変調部 1120 は「負論理」で  
 25 動作しているので、送信情報である「0」/「1」に対応する変調後の光の位相は、 $0$  /  $\pi$  [radian] となる (図 5 の 6 行目)。

光送信器 2100 は、変調信号を反転して位相変調した送信光を出力する。光受信器 1200 はこの送信光を受信し、予め定められた正論理に従って復調することにより  
 30 受信情報を取得する。このときの受信信号は、正論理に基づいて、変調後の光の位相  $0$  /  $\pi$  [radian] に対して受信情報は「0」/「1」となるので、送信情報と一致し

た受信情報が得られる(図5の7行目)。

次に、本実施形態の光通信装置2000の動作について図6を用いて説明する。図6は、本実施形態の光通信装置2000の動作を示すフローチャートである。光通信装置2000ではまず光送信器2100において、光源1110が出力する連続光(Continuous Wave; CW)を位相変調部1120が送信情報に基づいて位相変調する(ステップS110)。具体的には、制御部2130が備える駆動部1131が位相変調部1120に、送信情報に対応した変調信号と、変調信号の平均値を調整する直流信号を印加する。

光送信器2100は位相変調した送信光を光帰還部1300へ出力する(ステップS120)。光帰還部1300は光送還器2100が出力する送信光の一部を光受信器1200に導入し、光受信器1200は送信光を復調し、受信情報を取得する(ステップS130)。ここまでの動作は、第1の実施形態による光通信装置1000の動作と同様である。

続いて光通信装置2000は光送信器2100が備える制御部2130において、送信情報と受信情報に基づいて位相変調部1120が行う位相変脚を制御する(ステップS240)。具体的には、まず、制御部2130が備える判定部2132が、送信情報と受信情報が一致するか否か判断する(ステップS242)。そして、このときの判断結果に基づいて、判定部2132は送信情報に対応した変調信号と、変調信号の平均値を調整する直流信号を制御する。例えば、送信情報と受信情報が一致する場合(ステップS242/YES)、判定部2132は変調信号を維持するように駆動部1131を制御する(ステップS244)。一方、送信情報と受信情報が一致しない場合は(ステップS242/N0)、判定部2132は変調信号を反転するように駆動部1131を制御する(ステップS246)。

以上述べたように、本実施形態の光通信装置2000によれば、送信情報と受信情報に基づいて光送信器2100の動作を制御することが可能になる。そのため、簡易な構成によって、光送信器2100における変調後の光の位相と送信する情報との対応関係を確定することができる。

### 〔第3の実施形態〕

次に、本発明の第3の実施形態について説明する。図7は、本発明の第3の実施形態に係る光送信器3100の構成を示すブロック図である。光送信器3100は、連続光を出力する光源3110、連続光を送信情報に基づいて位相変脚した送信光を出力する位相変調部3120、および位相変調部3120の動作を制御する制御部3130を備

える。そして、制御部 3130 は、送信光を復調した受信情報を取得し、送信情報と受信情報に基づいて位相変調部 3120 の動作を制御する。ここで、受信情報は、光送信器 3100 の通信相手である光通信装置から取得することができる。

制御部 3130 は、位相変調部 3120 に対して駆動信号を付加する駆動部 3131 と、  
5 送信情報と受信情報を比較し、比較した結果に基づいて駆動部を制御する判定部 3132 を備えた構成とすることができる。ここで、駆動信号には、送信情報に対応した変調信号と、変調信号の平均値を調整する直流信号が含まれる。なお、制御部 3130 の動作は、第 1 の実施形態による制御部 1130 または第 2 の実施形態による制御部 2130 の動作と同様であるので、説明を省略する。

10 このように、本実施形態の光送信器 3100 によれば、送信情報と受信情報に基づいて位相変調部 3120 の動作を制御することが可能になる。そのため、簡易な構成によつて、光送信器 3100 における変調後の光の位相と送信する情報との対応関係を確定することができる。

(第 4 の実施形態)

15 次に、本発明の第 4 の実施形態について説明する。本実施形態では、変調方式として 4 値位相変調方式 (Quadrature Phase Shift Keying QPSK) を採用し、デジタルコヒーレント受信方式を用いた場合を例として説明する。

図 8 は、本発明の第 4 の実施形態に係る光通信装置 4000 の構成を示すブロック図である。光通信装置 4000 は、光送信器 4100、光受信器 4200、および光帰還部 4  
20 300 を有する。光送信器 4100 は送信情報に基づいて 4 値位相変調した送信光を出力する。光受信器 4200 は 4 値位相変調された光をデジタルコヒーレント受信し復調する。光帰還部 4300 は光送信器 4100 が出力する送信光の一部を光受信器 4200 に導入する。

光送信器 4100 は、連続光を出力する光源 4110、連続光を送信情報に基づいて 4  
25 値位相変調する位相変調部 4120、および位相変調部 4120 の動作を制御する制御部を備える。制御部は、駆動部としての駆動部 4131、駆動部 Q4132、および電源部 4133 と、判定部としての電源制御部 4134 と比較部 4135 を有する。

駆動部 4131 は、送信情報であるデータに対応した変調信号である駆動電圧を生成する。同様に、駆動部 Q4132 は、送信情報であるデータ Q に対応した変調信号で  
30 ある駆動電圧を生成する。駆動部 4131 および駆動部 Q4132 の動作は、第 1 の実

施形態による光通信装置1000が備える駆動部1131と同様である。

位相変調部4120は、光送信器4100に入力される送信情報に基づいて連続光を位相変調する。位相変調部4120は、例えば、図9に記載した位相変調部6102により実現することができる。なお本実施形態では、4値位相変調方式を例として用いているので、送信情報をデータおよびデータQと呼ぶ。ここでデータは、コンスタレーションのI軸に対応し、データQはコンスタレーションのQtに

10 光受信器4200は、局部発振光源(Local Oscillator)4210と90度ハイブリッド回路4220を有する。90度ハイブリッド回路4220は、局部発振光源4210が出力する局部発振光と位相変調された光を入力し、同相(In Phase)信号光と直交(Quadrature Phase)信号光を出力する。さらに光受信器4200は、光電変換部(Photodiode)4230、アナログ/デジタル変換部(Analog to Digital Converter)4240、および信号処理部4250を備える。光電変換部4230は、同相信号光と直交信号光を光電変換し、同相電気信号と直交電気信号を出力する。アナログ/デジタル変換部4240は、同相電気信号と直交電気信号をアナログ/デジタル変換し、同相デジタル信号と直交デジタル信号を出力する。信号処理部4250は、同相デジタル信号と直交デジタル信号を復調し、受信情報を比較部4135に出力する。信号処理部4250は、例えば、デジタル信号処理(Digital Signal Processing: DSP)によって実現される。

20 また、光帰還部4300は、送信光の一部を分岐する光分岐部4310と、分岐された送信光と通信相手からの信号光のいずれか一方を光受信器4200に導入する光切り替え部4320を備えた構成とすることができる。光切り替え部4320には、微小ミラーを用いた機械式光スイッチや、熱光学効果を用いた導波路型光スイッチを用いることができる。

25 比較部4135は、信号処理部4250により取得された受信情報と送信情報であるデータおよびデータQとの比較を行う。比較部4135は、比較した結果を電源制御部4134に送出する。

30 次に、本実施形態による光通信装置4000の動作について説明する。光送信器4100は、データおよびデータQに基づいて連続光を4値位相変調し、位相変調した送信光を出力する。光分岐部4310は、位相変調部4120が出力する送信光を分岐し、分岐した送信光の一部を光切り替え部4320に出力する。光切り替え部4320は、送信

光の一部を光受信器4200に導入するように光路を切り替える。

90度ハイブリッド回路4220は、光切り替え部4320より入力された送信光の一部と局部発振光源4210からの出力光を干渉させる。光電変換部4230は、90度ハイブリッド回路4220において干渉させた干渉光を光電変換し、コヒーレント検波を行う。アナログ/デジタル変換部4240は、光電変換部4230が変換した電気信号をデジタル信号に変換する。信号処理部4250は、デジタル信号を受信情報に復元し、受信情報を比較部4135に出力する。これ以降の動作については、第1の実施形態による光通信装置1000の動作と同一であるため、説明を省略する。

4値位相変調方式(QPSK)の光送信器においては、同相軸(In-phase :I軸)に対応する送信情報であるデータおよび直交軸(Quadrature-phase :Q軸)に対応するデータQと、位相変調部が変調した後の送信光の位相との関係が確定しない。そのため上述したように、1種類の送信情報に対して図11に示す4種類の位相状態が存在しうる。すなわち、I軸、Q軸ともに正論理で動作する場合(正論理、正論理)、I軸だけ反転した場合(負論理、正論理)、I軸とQ軸が共に反転した場合(負論理、負論理)、およびQ軸だけが反転した場合(正論理、負論理)の4種類である。このため、例えば、データ、データQが共に「0」である送信情報「00」に対する光の位相状態として、上述の組み合わせに対応して、 $\pi/4$ 、 $3\pi/4$ 、 $5\pi/4$ 、 $7\pi/4$  [radian] という4種類の光位相状態が存在することになる。

しかしながら、本実施形態の光通信装置4000によれば、上述した構成を採用することにより、送信情報と受信情報に基づいて光送信器4100の動作を制御することが可能になる。そのため、簡易な構成によって、光送信器4100における変調後の光の位相と、送信する情報であるデータおよびデータQとの対応関係を確定することができる。

また、このような構成を採用することにより、例えば光送信器4100の電源起動時などにおいて、直流信号としての直流電圧の初期収束安定性に依存することなく変調後の光の位相と送信情報との対応関係を特定の関係に保持することができる。この結果、例えば温度変化や経時変化によって、位相変調部4120を構成する変調器の直流電圧にドリフトが生じた場合や、デバイスの個体差で直流電圧の値が異なる場合であっても、上述の対応関係を特定の関係に維持することが可能である。

また、本実施形態の光通信装置4000によれば、送信する情報の速度が40Gbit/s

sである場合、または100Gbit/sである場合であっても、上述の対応関係の制御は影響を受けない。すなわち、上述の対応関係の制御にはビットレートの依存性は生じない。

さらに、光送信器4100が出力する送信光の一部を光受信器4200に導入する光帰還部4300の構成には、安価で低速な部品を使用することが可能である。光通信装置4000のその他の構成は、通常のQPSK光送信器およびデジタルコヒーレント受信器の構成と同様であるので、価格の増加を最小限に抑えることができる。

上述の説明では4値位相変調方式(QPSK)を用いることとしたが、これに限らず、直交する2偏波を多重する偏波多重方式や、16QAMや64QAMなどの多値振幅位相変調方式を用いることとしてもよい。これらの変調方式を用いた場合であっても、本実施形態によれば、送信情報としてのデータIおよびデータQと変調後の光の位相との対応関係を確定させることができる。

なお、4値位相変調方式(QPSK)に対応した光送信器として、図9に示すマツハ'ツェンダ型光変調器が入れ子構造を有する位相変調部6102を使用する場合、I/Q軸に対応した変調器16108、変調器Q6109がそれぞれ2値光位相変調を行う。そして、図9に示したシフト部6110がI/Q軸に対応する光位相信号の一方の位相を「 $\pi/2$ 」[radian]だけ回転させる。その後、混合部6111は変調器16108および変調器Q6109からの出力を混合し、4値位相変調光を生成する。

このとき、シフト部6110による回転は、 $\Gamma + \pi/2$ [radian]回転する場合と、「 $-\pi/2$ 」[radian]回転する場合の2通りの組み合わせがある。このため、送信情報と変調後の光の位相との関係に、さらに不確実性が生じることが懸念される。しかし、図12Aおよび図12Bからわかるように、シフト部6110の処理によって光位相マッピングにおける不確実性が增大することはない。ここで、図12Aはシフト部6110による回転が「 $\Gamma + \pi/2$ 」[radian]回転である場合における、送信情報と変調後の光の位相との関係を示す。また図12Bはシフト部6110による回転が「 $-\pi/2$ 」[radian]である場合における、送信情報と変調後の光の位相との関係を示す。図12Aおよび図12Bにおける送信情報と変調後の光の位相との関係が同一であることから、シフト部6110の処理によって、光位相マッピングに不確実性は生じないことがわかる。

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

とはいうまでもない。

### 符号の説明

	1000、1000A、1000B、1000C、2000、4000	光通信装置
5	1100、2100、3100、4100、6100	光送信器
	1110、3110、4110、6101	光源
	1120、3120、4120、6102	位相変調部
	1130、2130、3130	制御部
	1131、3131	駆動部
10	1132、2132、3132	判定部
	1200、4200	光受信器
	1300、4300	光帰還部
	1310、4310	光分岐部
	1320、4320	光切り替え部
15	4131、6103	駆動部I
	4132、6104	駆動部Q
	4133	電源部
	4134	電源制御部
	4135	比較部
20	4210	局部発振光源
	4220	90度ハイブリット回路
	4230	光電変換部
	4240	アナログノデジタル変換部
	4250	信号処理部
25	5000	光伝送システム
	5100、5200	伝送路
	6105	分岐部
	6106	電圧制御部
	6107	CW光分岐部
30	6108	変調器I

6 1 0 9 変調器 Q

6 1 1 0 シフト部

6 1 1 1 混合部

## 請求の範囲

[請求項1]送信情報に基づいて位相変調した送信光を出力する光送信器と、  
位相変調された光を受信し復調する光受信器と、  
前記送信光の一部を前記光受信器に導入する光帰還部、とを有し、

- 5 前記光送信器は、連続光を出力する光源と、前記連続光を前記送信情報に基づいて位相変調する位相変調部と、前記位相変調部の動作を制御する制御部とを備え、  
前記光受信器は、前記光帰還部から得た前記送信光を復調することにより受信情報を取得し、前記受信情報を前記制御部に送出し、  
前記制御部は、前記送信情報と前記受信情報に基づいて前記位相変調部の動作  
10 を制御する  
光通信装置。

[請求項2]請求項1に記載した光通信装置において、

- 前記制御部は、前記位相変調部に対して駆動信号を付加する駆動部と、前記送信  
情報と前記受信情報を比較し、比較した結果に基づいて前記駆動部を制御する判定  
15 部、とを備え、  
前記駆動信号は、前記送信情報に対応した変調信号と、前記変調信号の平均値を  
翻整する直流信号を含む  
光通信装置。

[請求項3]請求項2に記載した光通信装置において、

- 20 前記判定部は、前記送信情報と前記受信情報が一致する場合は、前記直流信号  
の値を維持するように前記駆動部を制御し、前記送信情報と前記受信情報が一致し  
ない場合は、前記直流信号の値を変更するように前記駆動部を制御する  
光通信装置。

[請求項4]請求項2に記載した光通信装置において、

- 25 前記判定部は、前記送信情報と前記受信情報が一致する場合は、前記変調信号  
を維持するように前記駆動部を制御し、前記送信情報と前記受信情報が一致しない  
場合は、前記変調信号を反転するように前記駆動部を制御する  
光通信装置。

[請求項5]請求項1から4のいずれか一項に記載した光通信装置において、

- 30 前記位相変調部は、マッハ・ツェンダ型光変調器を備え、

前記光帰還部は、前記送備光の一部を分岐する光分岐部と、分岐された送信光と通信相手からの信号光のいずれか一方を前記光受信器に導入する光切り替え部を備える

光通信装置。

5 [請求項6] 請求項1から5のいずれか一項に記載した光通信装置において、

前記光受信器は、

局部発振光源と、

前記局部発振光源が出力する局部発振光と前記位相変調された光を入力し、同相信号光と直交信号光を出力する90度ハイブリッド回路と、

10 前記同相信号光と前記直交信号光を光電変換し、同相電気信号と直交電気信号を出力する光電変換部と、

前記同相電気信号と前記直交電気信号をアナログ/デジタル変換し、同相デジタル信号と直交デジタル信号を出力するアナログ/デジタル変換部と、

15 前記同相デジタル信号と前記直交デジタル信号を復調し、前記受信情報を出力する信号処理部、とを備える

光通信装置。

[請求項7] 連続光を出力する光源と、

前記連続光を送信情報に基づいて位相変調した送信光を出力する位相変調部と、

前記位相変調部の動作を制御する制御部、とを有し、

20 前記制御部は、前記送信光を復調した受信情報を取得し、前記送信情報と前記受信情報に基づいて前記位相変調部の動作を制御する

光送信器。

[請求項8] 連続光を送信情報に基づいて位相変調し、

前記位相変調した送信光を出力し、

25 前記送信光を復調した受信情報を取得し、

前記送信情報と前記受信情報に基づいて前記位相変調を制御する

光送信方法。

[請求項9] 請求項8に記載した光送信方法において、

30 前記受信情報を取得する処理は、前記送信光の一部を受信して復調する処理を含み、

前記位相変調を制御する処理は、前記送信情報に対応した変調信号と、前記変調信号の平均値を調整する直流信号を制御する処理を含む

光送信方法。

[請求項10]請求項9に記載した光送信方法において、

- 5 前記位相変調を制御する処理は、前記送信情報と前記受信情報が一致する場合は、前記直流信号の値を維持し、前記送信情報と前記受信情報が一致しない場合は、前記直流信号の値を変更する処理を含む

光送信方法。

図1

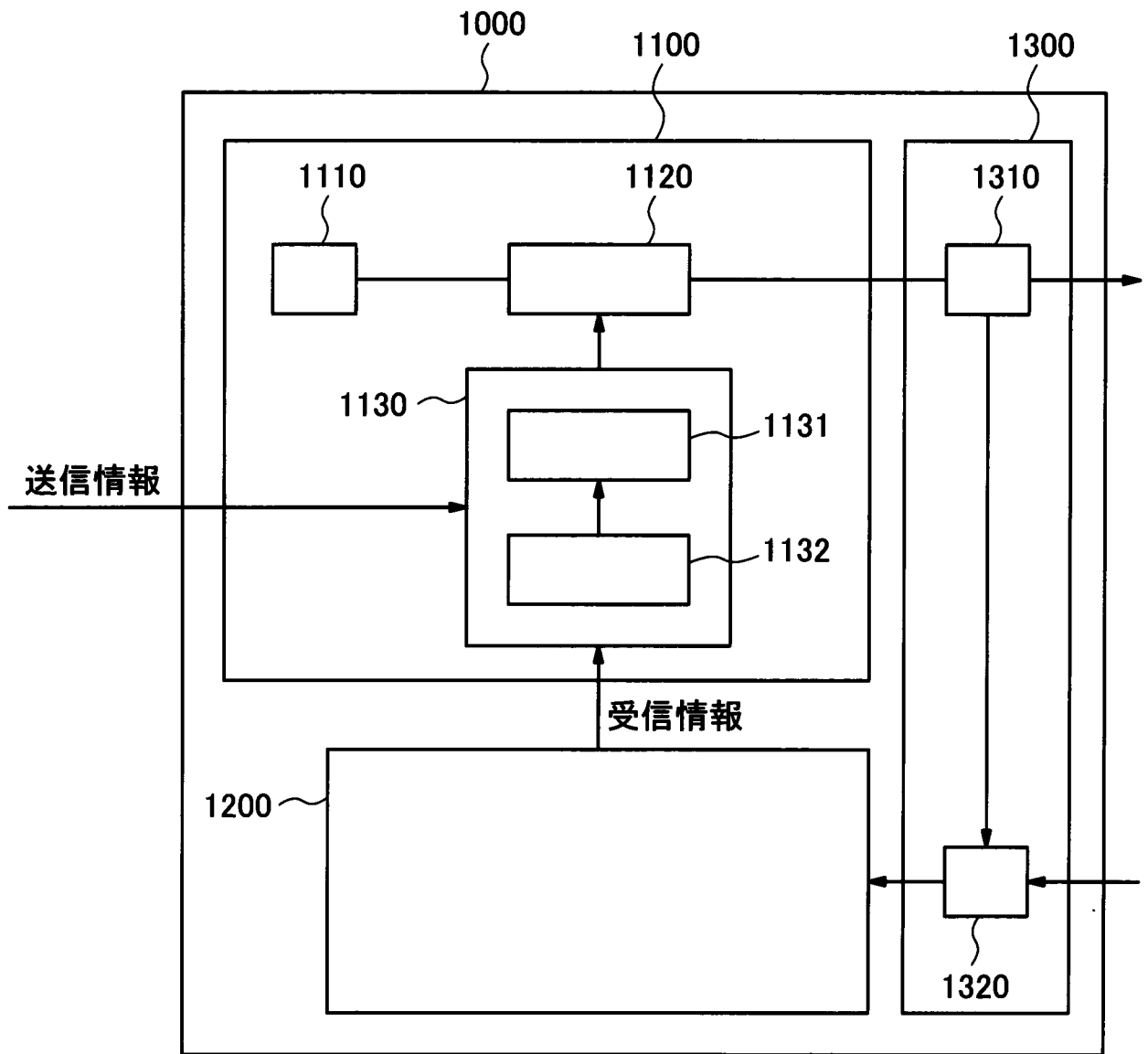


図2A

0	1	1	0	0
0	$\pi$	$\pi$	0	0

図2B

0	1	1	0	0
$\pi$	0	0	$\pi$	$\pi$

図3

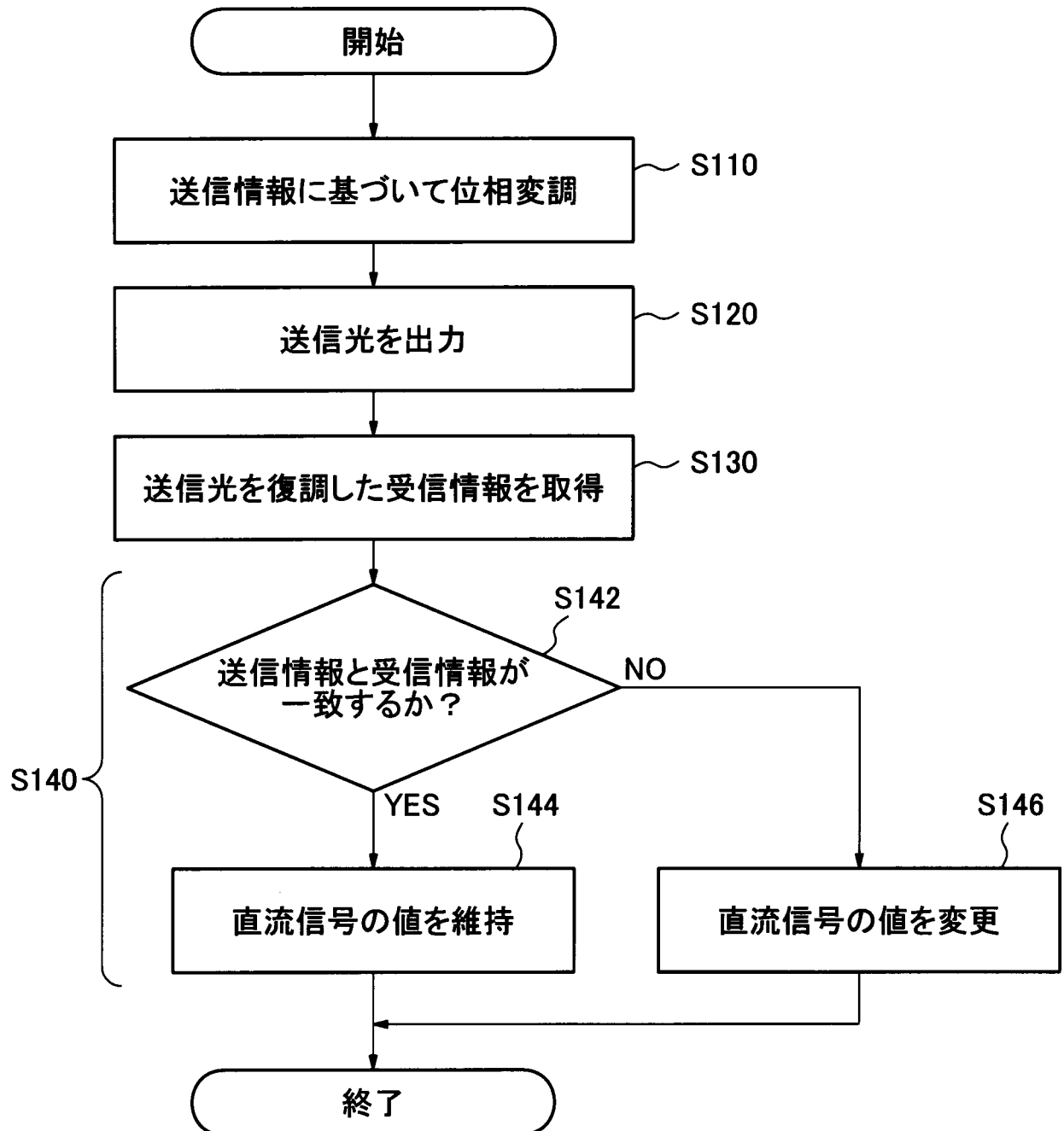


図4

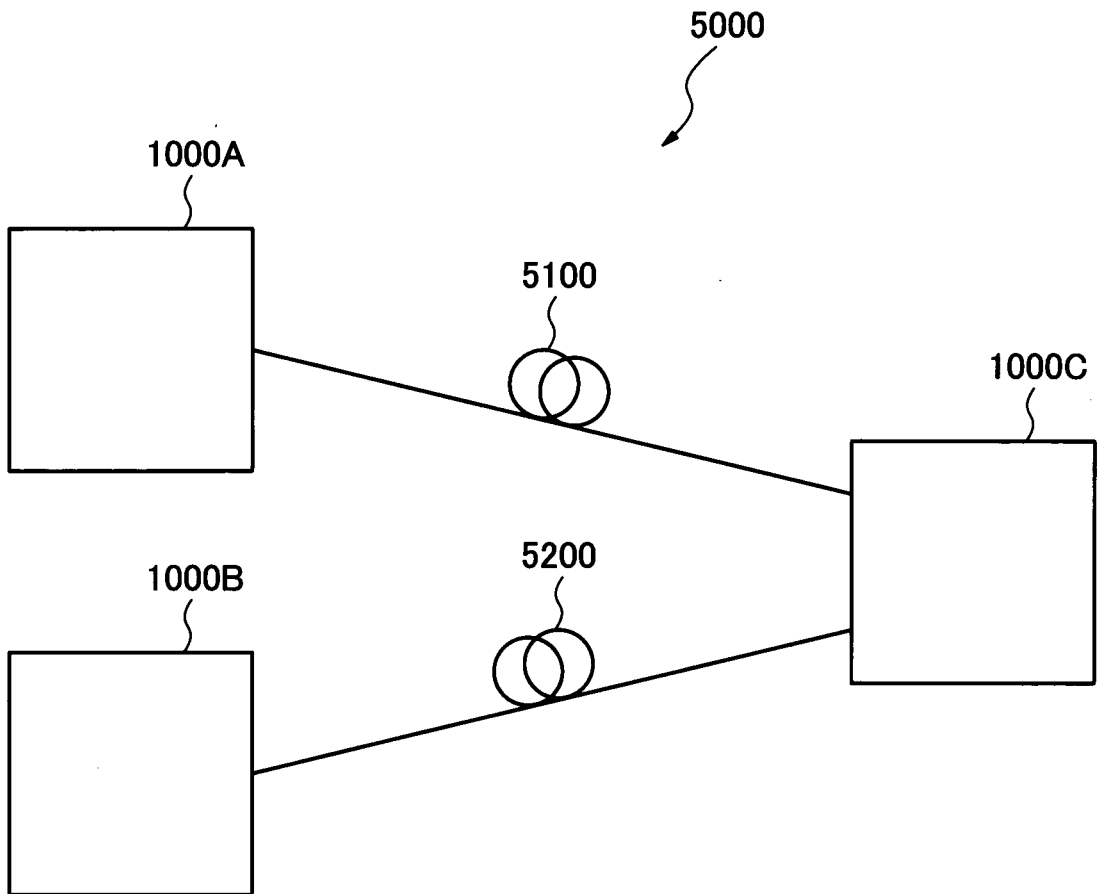


図5

送信情報	0	1
駆動電圧	LOW(0[V])	HIGH( $2V_{\pi}$ [V])
位相(正論理)	0	$\pi$
受信情報	1	0
駆動電圧(反転)	HIGH( $2V_{\pi}$ [V])	LOW(0[V])
位相(負論理)	0	$\pi$
受信情報(変更後)	0	1

図6

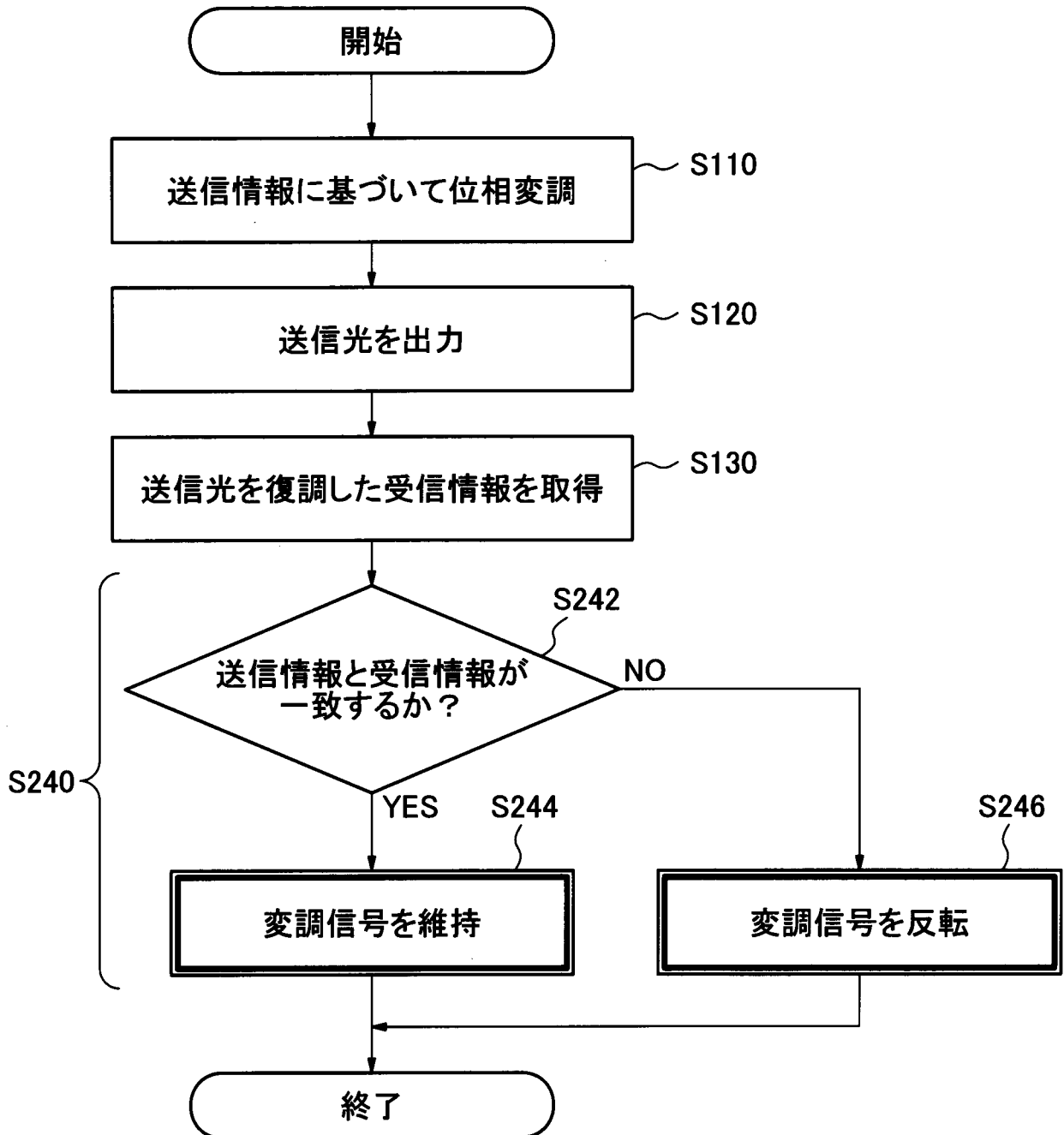


図7

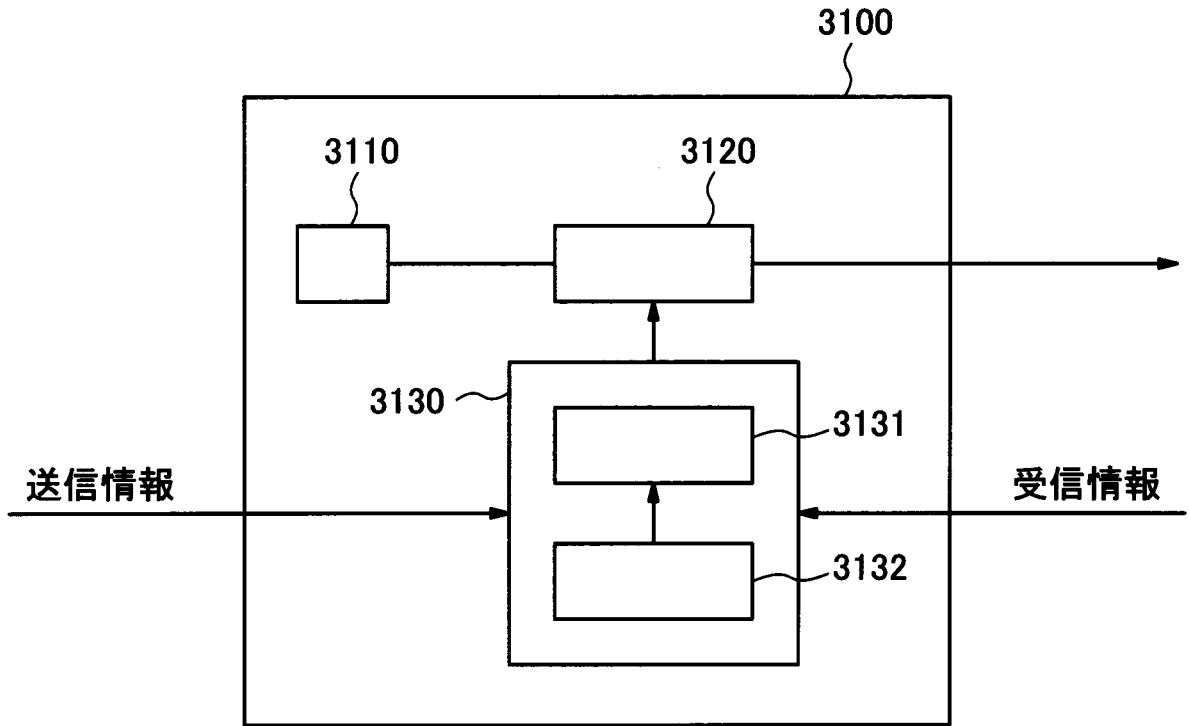


図8

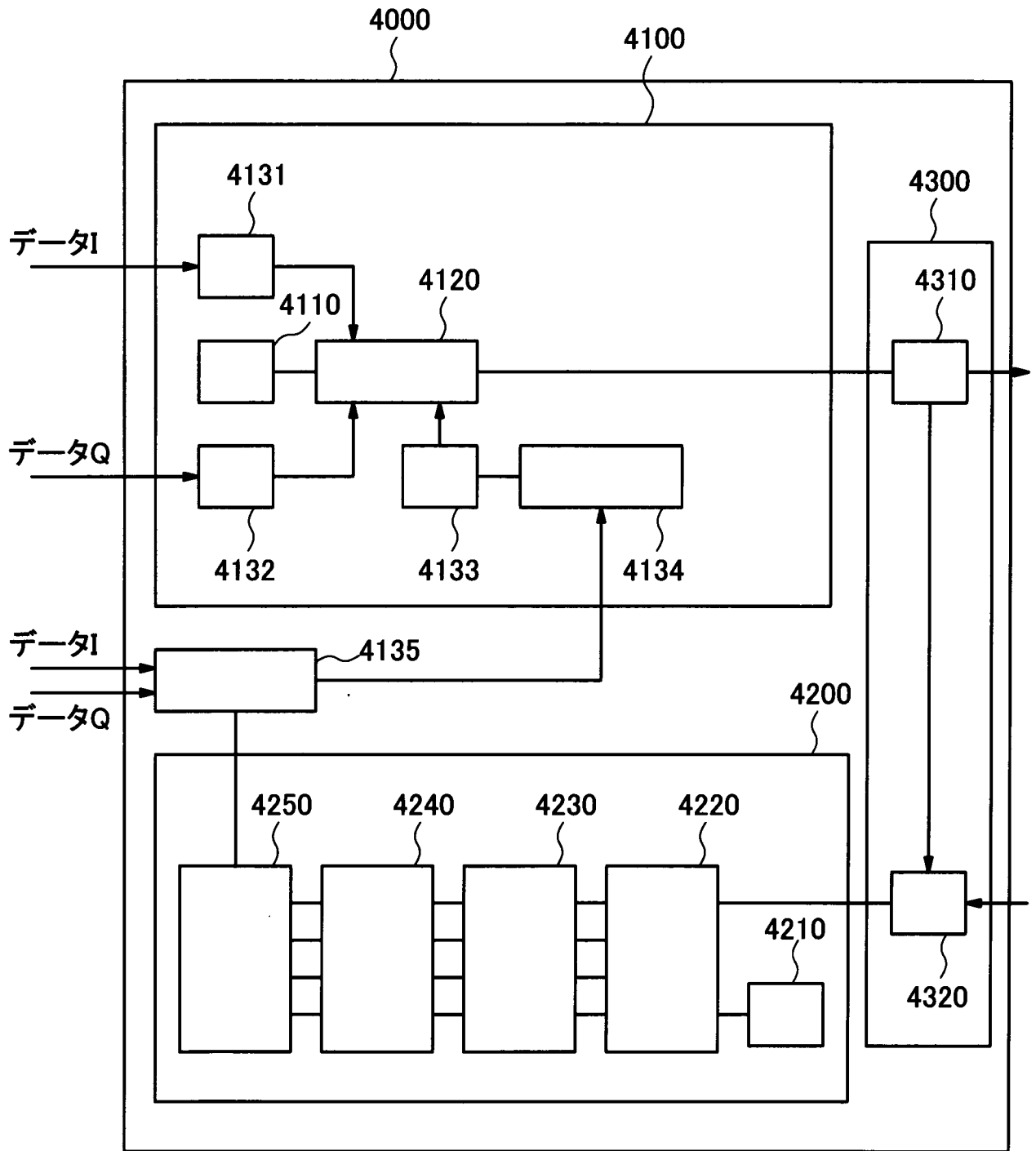


図9

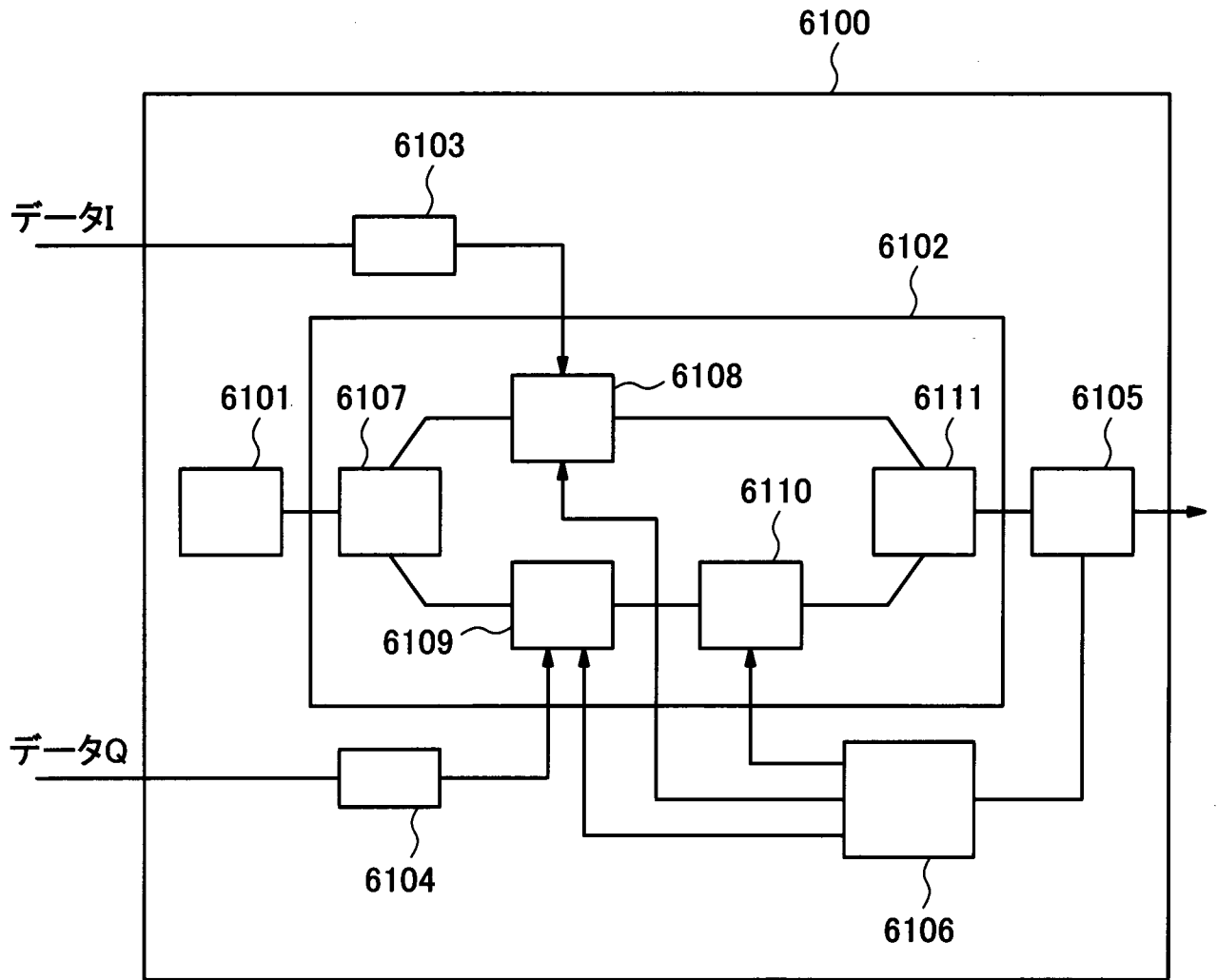


图10A

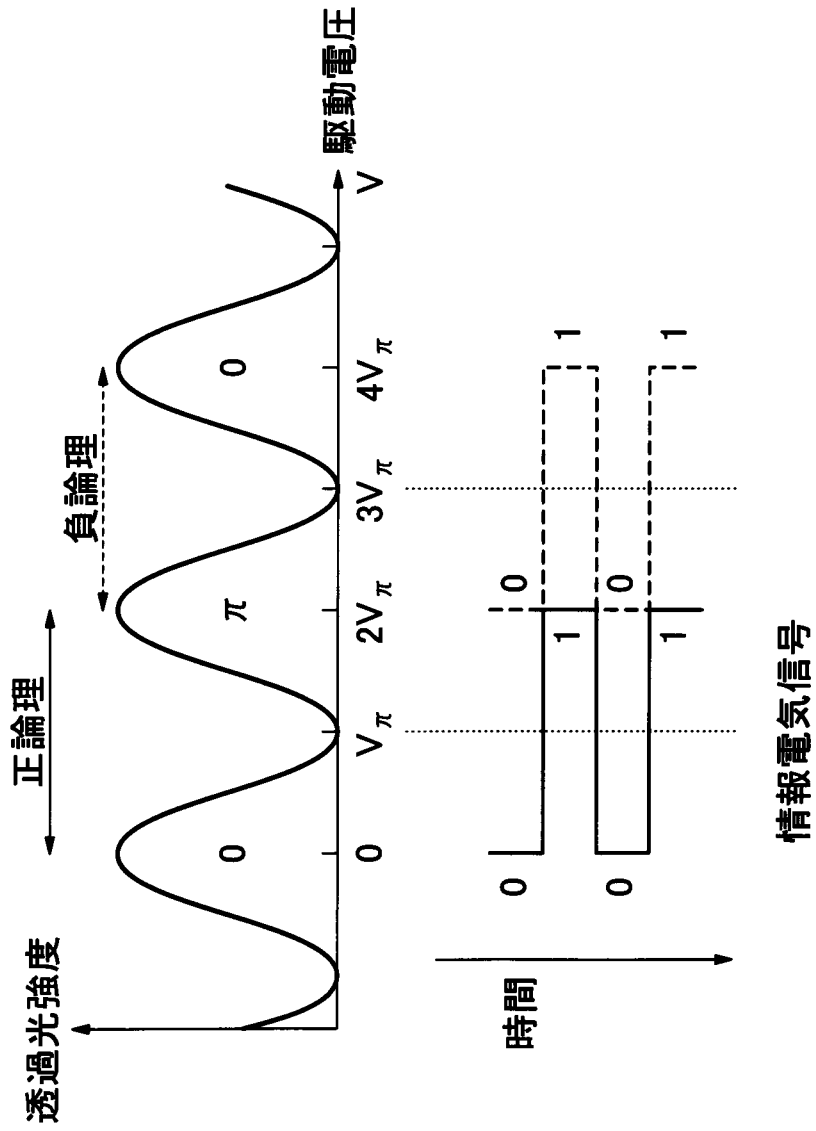
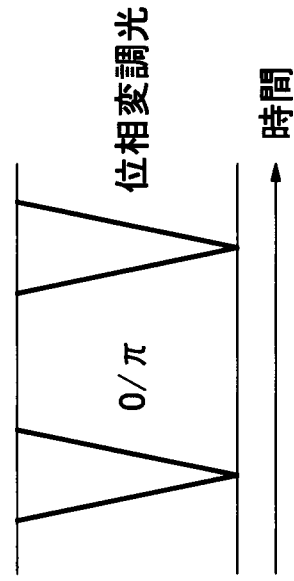


图10B



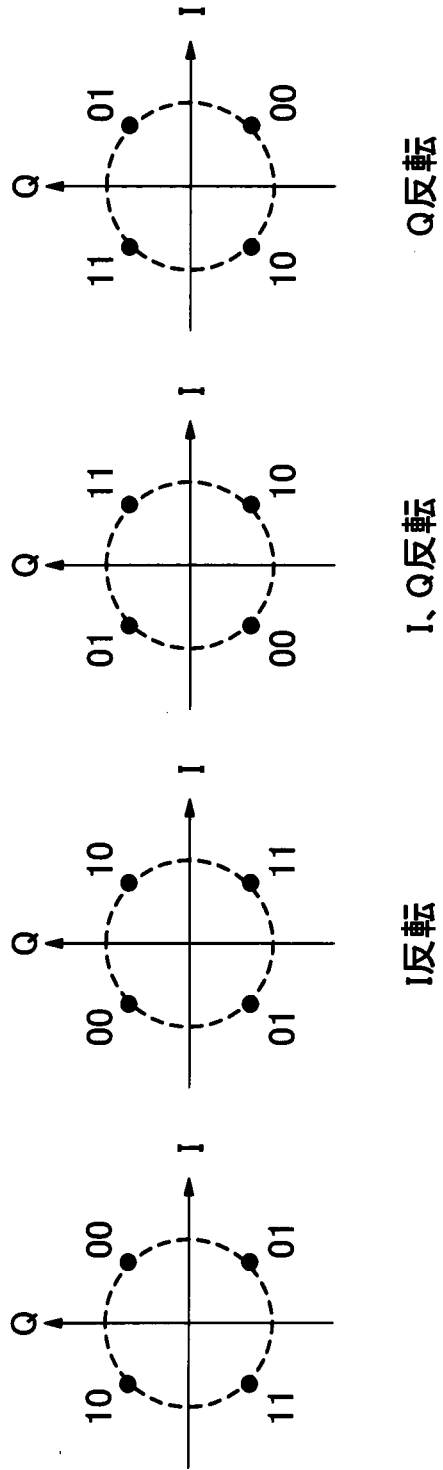


図11

図12B

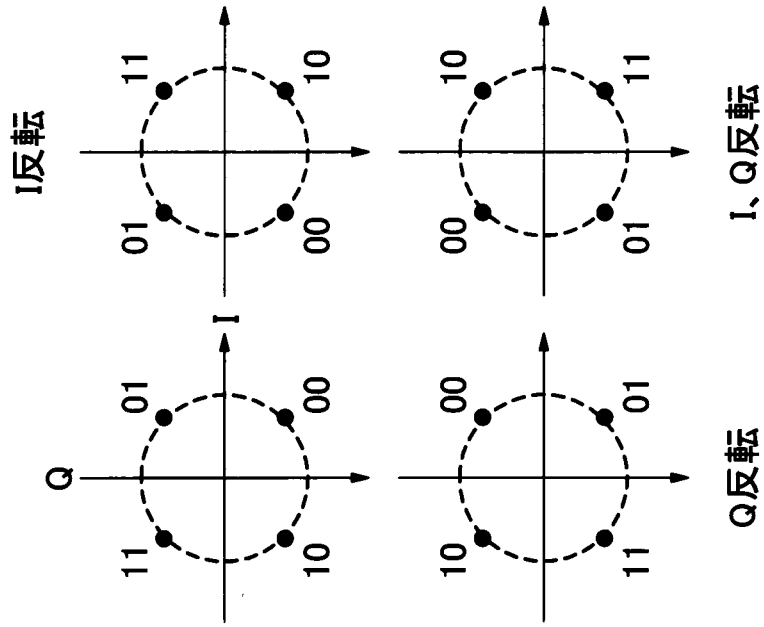
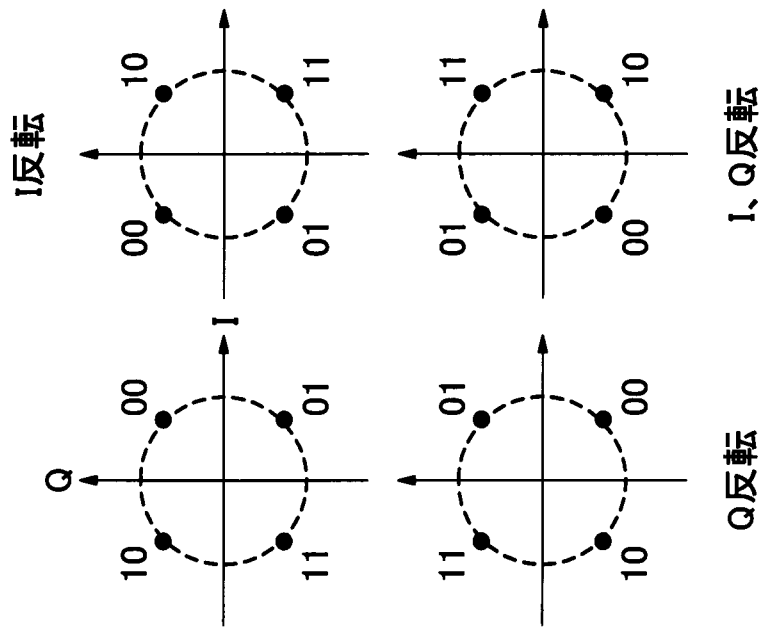


図12A



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT / JP2 011 / 078835

<p>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</p> <p>H04B1 0/04 (2006.01) i, H04B1 0/06 (2006.01) i, H04B1 0/14 (2006.01) i, H04B1 0/26 (2006.01) i, H04B1 0/28 (2006.01) i</p> <p>According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC</p>																								
<p>B. FIELDS SEARCHED</p> <p>Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)</p> <p>H04B10/04, H04B10/06, H04B10/14, H04B10/26, H04B10/28, H04L27/20</p> <p>Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched</p> <table border="1"> <tr> <td>Jitsuyo</td> <td>Shinan</td> <td>Koho</td> <td>1922-1</td> <td>996</td> <td>Jitsuyo</td> <td>Shinan</td> <td>Toroku</td> <td>Koho</td> <td>1996-2012</td> </tr> <tr> <td>Kokai</td> <td>Jitsuyo</td> <td>Shinan</td> <td>Koho</td> <td>1971-2012</td> <td>Toroku</td> <td>Jitsuyo</td> <td>Shinan</td> <td>Koho</td> <td>1994-2012</td> </tr> </table> <p>Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)</p>			Jitsuyo	Shinan	Koho	1922-1	996	Jitsuyo	Shinan	Toroku	Koho	1996-2012	Kokai	Jitsuyo	Shinan	Koho	1971-2012	Toroku	Jitsuyo	Shinan	Koho	1994-2012		
Jitsuyo	Shinan	Koho	1922-1	996	Jitsuyo	Shinan	Toroku	Koho	1996-2012															
Kokai	Jitsuyo	Shinan	Koho	1971-2012	Toroku	Jitsuyo	Shinan	Koho	1994-2012															
<p>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Category*</th> <th>Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th>Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X Y</td> <td>J P 2011-527842 A (NEC Corp.), 04 November 2011 (04.11.2011), paragraphs [0025] to [0132]; fig. 1 to 14 &amp; WO 2010/004658 A1</td> <td>1, 5, 7, 8 6</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>J P 2010-178090 A (Fujitsu Ltd.), 12 August 2010 (12.08.2010), paragraphs [0016] to [0031]; fig. 1 to 2 &amp; US 2010/0189445 A1 &amp; EP 2214332 A1</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>J P 2011-69924 A (Nippon Telegraph and Telephone Corp.), 07 April 2011 (07.04.2011), paragraphs [0010] to [0013] (Family: none)</td> <td>1-10</td> </tr> </tbody> </table> <p><input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.</p> <p>* Special categories of cited documents:</p> <table border="1"> <tr> <td>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</td> <td>"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</td> </tr> <tr> <td>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date</td> <td>"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</td> </tr> <tr> <td>"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)</td> <td>"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</td> </tr> <tr> <td>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</td> <td>"&amp;" document member of the same patent family</td> </tr> <tr> <td>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</td> <td></td> </tr> </table>			Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	X Y	J P 2011-527842 A (NEC Corp.), 04 November 2011 (04.11.2011), paragraphs [0025] to [0132]; fig. 1 to 14 & WO 2010/004658 A1	1, 5, 7, 8 6	Y	J P 2010-178090 A (Fujitsu Ltd.), 12 August 2010 (12.08.2010), paragraphs [0016] to [0031]; fig. 1 to 2 & US 2010/0189445 A1 & EP 2214332 A1	6	A	J P 2011-69924 A (Nippon Telegraph and Telephone Corp.), 07 April 2011 (07.04.2011), paragraphs [0010] to [0013] (Family: none)	1-10	"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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	"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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	"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)	"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	"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&" document member of the same patent family	"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.																						
X Y	J P 2011-527842 A (NEC Corp.), 04 November 2011 (04.11.2011), paragraphs [0025] to [0132]; fig. 1 to 14 & WO 2010/004658 A1	1, 5, 7, 8 6																						
Y	J P 2010-178090 A (Fujitsu Ltd.), 12 August 2010 (12.08.2010), paragraphs [0016] to [0031]; fig. 1 to 2 & US 2010/0189445 A1 & EP 2214332 A1	6																						
A	J P 2011-69924 A (Nippon Telegraph and Telephone Corp.), 07 April 2011 (07.04.2011), paragraphs [0010] to [0013] (Family: none)	1-10																						
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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																							
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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																							
"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)	"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																							
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&" document member of the same patent family																							
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed																								
Date of the actual completion of the international search 01 February, 2012 (01.02.12)	Date of mailing of the international search report 14 February, 2012 (14.02.12)																							
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office	Authorized officer																							
Facsimile No.	Telephone No.																							

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT / JP2 011 / 078835

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 11-266200 A (Fujitsu Ltd.), 28 September 1999 (28.09.1999), paragraphs [0017] to [0038] & US 7006769 B1 & EP 944191 A1 & CN 1230827 A	1-10

<p>A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))</p> <p>IntCl. H04B10/04 (2006. 01) i, H04B10/06 (2006. 01) i, H04B10/14 (2006. 01) i, H04B10/26 (2006. 01) i, H04B10/28 (2006. 01) i</p>																	
<p>B. 調査を行った分野</p> <p>調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))</p> <p>IntCl. H04B10/04, H04B10/06, H04B10/14, H04B10/26, H04B10/28, H04L27/20</p>																	
<p>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</p> <p>ヨ本国実用新案公報 1922-1996年                  日本国公開実用新案公報 1971-2012年                  日本国実用新案登録公報 1996-2012年                  日本国登録実用新案公報 1994-2012年</p>																	
<p>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)</p>																	
<p>C. 関連すると認められる文献</p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width:10%;">引用文献の カテゴリー</th> <th style="width:70%;">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</th> <th style="width:20%;">関連する 請求項の番号</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>JP 2011-527842 A (日本電気株式会社) 2011. 11. 04, 段落 [0025]</td> <td>1, 5, 7, 8</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>— [0132], 図 1—図 14 &amp; WO 2010/004658 A1</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>JP 2010-178090 A (富士通株式会社) 2010. 08. 12, 段落 【0016】 — [0031], 図 1—図 2 &amp; US 2010/0189445 A1 &amp; EP 2214332 A1</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2011-69924 A (日本電信電話株式会社) 2011. 04. 07, 段落 【0010】 — [0013] (ファミリーなし)</td> <td>1-10</td> </tr> </tbody> </table>			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 2011-527842 A (日本電気株式会社) 2011. 11. 04, 段落 [0025]	1, 5, 7, 8	Y	— [0132], 図 1—図 14 & WO 2010/004658 A1	6	Y	JP 2010-178090 A (富士通株式会社) 2010. 08. 12, 段落 【0016】 — [0031], 図 1—図 2 & US 2010/0189445 A1 & EP 2214332 A1	6	A	JP 2011-69924 A (日本電信電話株式会社) 2011. 04. 07, 段落 【0010】 — [0013] (ファミリーなし)	1-10
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 2011-527842 A (日本電気株式会社) 2011. 11. 04, 段落 [0025]	1, 5, 7, 8															
Y	— [0132], 図 1—図 14 & WO 2010/004658 A1	6															
Y	JP 2010-178090 A (富士通株式会社) 2010. 08. 12, 段落 【0016】 — [0031], 図 1—図 2 & US 2010/0189445 A1 & EP 2214332 A1	6															
A	JP 2011-69924 A (日本電信電話株式会社) 2011. 04. 07, 段落 【0010】 — [0013] (ファミリーなし)	1-10															
<p><input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <span style="float:right;"><input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。</span></p>																	
<p>* 引用文献のカテゴリー</p> <table style="width:100%;"> <tr> <td style="width:50%; vertical-align: top;"> <p>IA」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</p> <p>IE」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</p> <p>I」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)</p> <p>IF」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</p> <p>IP」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願</p> </td> <td style="width:50%; vertical-align: top;"> <p>の日の後に公表された文献</p> <p>け」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>&amp;」同一パテントファミリー文献</p> </td> </tr> </table>			<p>IA」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</p> <p>IE」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</p> <p>I」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)</p> <p>IF」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</p> <p>IP」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願</p>	<p>の日の後に公表された文献</p> <p>け」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>&amp;」同一パテントファミリー文献</p>													
<p>IA」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</p> <p>IE」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</p> <p>I」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)</p> <p>IF」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</p> <p>IP」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願</p>	<p>の日の後に公表された文献</p> <p>け」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>&amp;」同一パテントファミリー文献</p>																
<p>国際調査を完了した日</p> <p style="text-align: center;">0 1 . 0 2 . 2 0 1 2</p>	<p>国際調査報告の発送日</p> <p style="text-align: center;">1 4 . 0 2 . 2 0 1 2</p>																
<p>国際調査機関の名称及びあて先</p> <p style="text-align: center;">日本国特許庁 (ISA / JP)                  郵便番号 100-8915                  東京都千代田区霞が関三丁目4番3号</p>	<p>特許庁審査官 (権限のある職員)</p> <p style="text-align: center;">角田 慎治</p> <p>電話番号 03-3581-1101 内線 3534</p>	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width:50%;">5 J</td> <td style="width:50%;">9 4 6 6</td> </tr> </table>	5 J	9 4 6 6													
5 J	9 4 6 6																

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 11-266200 A (富士通株式会社) 1999. 09. 28, 段落【0017】—【0038】 & US 7006769 B1 & EP 94419 1 A1 & CN 1230827 A	1- 10