

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号
特開2012-34314
(P2012-34314A)

(43) 公開日 平成24年2月16日(2012.2.16)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 4 B 10/04 (2006.01)	HO 4 B 9/00 Y	2 H 1 4 7
HO 4 B 10/06 (2006.01)	HO 4 B 9/00 E	5 F 0 8 8
HO 4 B 10/14 (2006.01)	HO 1 L 31/02 C	5 K 1 0 2
HO 4 B 10/26 (2006.01)	GO 2 B 6/12 B	
HO 4 B 10/28 (2006.01)		
審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 10 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2010-174342 (P2010-174342)	(71) 出願人 000004226 日本電信電話株式会社 東京都千代田区大手町二丁目3番1号
(22) 出願日 平成22年8月3日(2010.8.3)	(74) 代理人 100078499 弁理士 光石 俊郎
	(74) 代理人 100102945 弁理士 田中 康幸
	(74) 代理人 100120673 弁理士 松元 洋
	(72) 発明者 金澤 慈 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内
	(72) 発明者 伊藤 敏夫 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内
	最終頁に続く

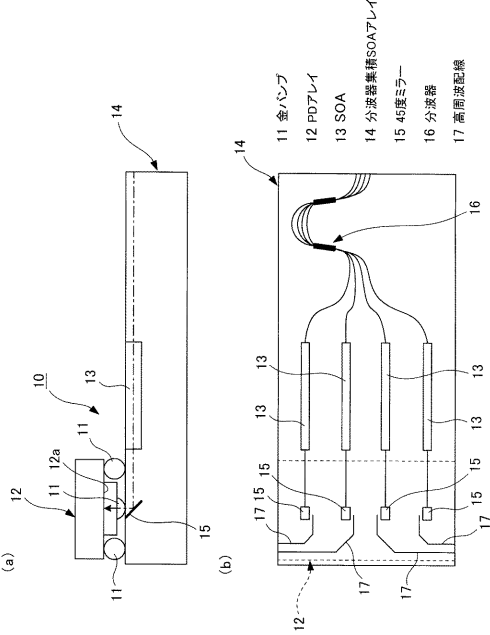
(54) 【発明の名称】 多チャネル光受信器

(57) 【要約】

【課題】長距離系であっても受光パワーを補償し、小型化を図ることができる多チャネル光受信器を提供することにある。

【解決手段】入力された光をチャネル数分に分波する分波器16と、分波器16で分波された光を各々増幅する前記チャネル数分の半導体光増幅器13と、半導体光増幅器13各々から出力された光を反射する前記チャネル数分のミラー15とを集積した基板14と、ミラー各々から導かれた光を検出する前記チャネル数分のフォトディテクタを集積したフォトディテクタアレイ12とを有し、分波器16からの光がミラー15を介してフォトディテクタに各々入射するように、フォトディテクタアレイ12を基板14の表面に各々フリップチップ実装するようにした。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

入力された光をチャネル数分に分波する分波器と、
前記分波器で分波された光を各々増幅する前記チャネル数分の半導体光増幅器と、前記半導体光増幅器各々から出力された光を反射する前記チャネル数分のミラーとを集積した基板と、
前記ミラー各々から導かれた光を検出する前記チャネル数分のフォトディテクタとを有し、
前記分波器からの光が前記ミラーを介して前記フォトディテクタに各々入射するように、前記フォトディテクタを前記基板の表面に各々フリップチップ実装したことを特徴とする多チャネル光受信器。

10

【請求項 2】

入力された光をチャネル数分に分波する分波器と、
前記分波器で分波された光を各々増幅する前記チャネル数分の半導体光増幅器と、前記半導体光増幅器各々から出力された光を反射する前記チャネル数分のミラーとを集積した基板と、
前記ミラー各々から導かれた光を検出する前記チャネル数分のフォトディテクタを集積したフォトディテクタアレイとを有し、
前記分波器からの光が前記ミラーを介して前記フォトディテクタに各々入射するように、前記フォトディテクタアレイを前記基板の表面に各々フリップチップ実装したことを特徴とする多チャネル光受信器。

20

【請求項 3】

前記分波器は前記基板に集積される
ことを特徴とする請求項 1 または請求項 2 記載の多チャネル光受信器。

【請求項 4】

前記ミラー周囲の前記基板表面に、前記フォトディテクタ又は前記フォトディテクタアレイへの信号配線を前記チャネル数分設け、前記フォトディテクタ又は前記フォトディテクタアレイを前記信号配線にフリップチップ実装したことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 3 の何れか一項に記載の多チャネル光受信器。

30

【請求項 5】

前記フォトディテクタは、当該フォトディテクタの光入射面側に設けられた p 側電極及び n 側電極を有する
ことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 4 の何れか一項に記載の多チャネル光受信器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、長距離大容量光通信網の構成要素である多チャネル光受信器に関する。

【背景技術】

【0002】

図 4 の構成図は、従来の 4 チャネル光受信器の構成を示している。

40

従来、多チャネル光受信器としては、図 4 の構成図のように、フォトディテクタ（以下、PD と称す）アレイではなく、チャネル数分（ここでは 4 つ）の光受信器 51 と、1 つの光分波器 52 とで構成された多チャネル光受信器が一般的であった。

しかし、この構成ではサイズが大きくなる問題があった。

【0003】

そこで、小型化が可能である PD アレイを 4 チャネルファイバに 45 度ミラーでカップリングして結合するという方法が提案されている（非特許文献 1 参照）。この方法では従来技術に比べて小型化が可能であり、フリップチップ実装にすることで実装時間短縮が可能となる。

しかし、10 km 以上の中・長距離系に適用する際には、受光パワーを補償するための

50

光アンプを外部につける必要があるため劇的な小型化は不可能であった。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0004】

【非特許文献1】 Masataka Itoh et al. , "Use of AuSn Solder Bumps in Three-dimensional Passive Aligned Packaging of LD/PD Arrays on Si Optical Benches", ECTC1996

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

以上のことから、本発明は上述したような課題を解決するために為されたもので、長距離系であっても受光パワーを補償し、小型化を図ることができる多チャネル光受信器を提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上述した課題を解決する第1の発明に係る多チャネル光受信器は、

入力された光をチャネル数分に分波する分波器と、

前記分波器で分波された光を各々増幅する前記チャネル数分の半導体光増幅器と、前記半導体光増幅器各々から出力された光を反射する前記チャネル数分のミラーとを集積した基板と、

前記ミラー各々から導かれた光を検出する前記チャネル数分のフォトディテクタとを有し、

前記分波器からの光が前記ミラーを介して前記フォトディテクタに各々入射するように、前記フォトディテクタを前記基板の表面に各々フリップチップ実装したことを特徴とする。

【0007】

上述した課題を解決する第2の発明に係る多チャネル光受信器は、

入力された光をチャネル数分に分波する分波器と、

前記分波器で分波された光を各々増幅する前記チャネル数分の半導体光増幅器と、前記半導体光増幅器各々から出力された光を反射する前記チャネル数分のミラーとを集積した基板と、

前記ミラー各々から導かれた光を検出する前記チャネル数分のフォトディテクタを集積したフォトディテクタアレイとを有し、

前記分波器からの光が前記ミラーを介して前記フォトディテクタに各々入射するように、前記フォトディテクタアレイを前記基板の表面に各々フリップチップ実装したことを特徴とする。

【0008】

上述した課題を解決する第3の発明に係る多チャネル光受信器は、

第1または第2の発明に係る多チャネル光受信器であって、

前記分波器は前記基板に集積される

ことを特徴とする。

【0009】

上述した課題を解決する第4の発明に係る多チャネル光受信器は、

第1乃至第3の何れか1つの発明に係る多チャネル光受信器であって、

前記ミラー周囲の前記基板表面に、前記フォトディテクタ又は前記フォトディテクタアレイへの信号配線を前記チャネル数分設け、前記フォトディテクタ又は前記フォトディテクタアレイを前記信号配線にフリップチップ実装した

ことを特徴とする。

【0010】

上述した課題を解決する第5の発明に係る多チャネル光受信器は、

第1乃至第4の何れか1つの発明に係る多チャネル光受信器であって、

前記フォトディテクタは、当該フォトディテクタの光入射面側に設けられたp側電極及びn側電極を有することを特徴とする。

【発明の効果】

【0011】

本発明に係る多チャンネル光受信器によれば、長距離系であっても受光パワーを補償することができる。その結果、外部に光アンプを設ける必要がなくなり、従来の多チャンネル光受信器と比べて、小型化を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】本発明の第1の実施例に係る多チャンネル光受信器の構成図であって、図1(a)にその側面を示し、図1(b)にフォトディテクタアレイを除いた部分の上面を示す。

【図2】図1に示した多チャンネル光受信器のアイパターンを測定する測定系を示す構成図である。

【図3】本発明の第2の実施例に係る多チャンネル光受信器の構成図であって、図3(a)にその側面を示し、図3(b)にフォトディテクタを除いた部分の上面を示す。

【図4】従来の多チャンネル光受信器の構成例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下に、本発明に係る多チャンネル光受信器について、各実施例にて説明する。なお、以下の実施例は、本発明に係る多チャンネル光受信器の例示であり、本発明の主旨を逸脱しない範囲内で種々の変更を行い得る。

【実施例1】

【0014】

本発明の第1の実施例に係る多チャンネル光受信器について、図1を参照して具体的に説明する。

【0015】

本実施例では、多チャンネル光受信器の一例として、4チャンネルの光受信器を示しており、4つのフォトディテクタ（以下、PDと称す）が集積された4チャンネルのPDアレイ12と、半導体光増幅器（以下、SOAと称す）、分波器、光導波路構造等が集積された4チャンネルの分波器集積SOAアレイ14とを有する構成となっている。

【0016】

分波器集積SOAアレイ14は、InP等の半導体基板に形成されたものである。具体的には、図1(b)に示すように、分波器集積SOAアレイ14には、光の入射方向から順に、分波器16、SOA13、45度ミラー15が集積されている。分波器16は、1つであり、入力された光をチャンネル数分（ここでは4つ）に分波する機器である。分波器16の出力側に接続された光導波路は、対応する各SOA13の入力側に各々接続されている。45度ミラー15及びSOA13は、4チャンネル分形成されており、各SOA13の出力側に接続された光導波路は、対応する45度ミラー15と各々接続されている。なお、分波器16の入力側には、図示しない入力光導波路が接続されている。図1(b)においては、参考のため、PDアレイ12の位置を点線で示している。

【0017】

PDアレイ12も、InP等の半導体基板に形成されたものであり、後述する高周波配線17と接続される電極パッド（図示せず）が形成されている。このように、PDアレイ12は、InP基板上に形成されたものを用いており、各チャンネルのp、n両電極（電極パッド）とも光の入射面12a側に設け、光の入射面側から電極をとれる構造となっている。

【0018】

従って、入力光導波路（図示せず）から分波器16を介して導かれた光は、各SOA13で各々増幅され、SOA13各々で増幅された光は、45度ミラー15で反射してPD

10

20

30

40

50

アレイ 12 の各 PD に入力されることになる。なお、分波器 16 としてはアレイ導波路回折格子（以下、AWG と称す）を使用している。

【0019】

そして、ミラー 15 の周囲の分波器集積 SOA アレイ 14 の表面には、PD アレイ 12 に高周波信号を供給するための高周波配線 17（信号配線）がパターンニングにより 4 チャンネル形成されている。これら高周波配線 17 によって、金バンプ 11 を介して、図示しない PD アレイ 12 の電極パッドと接続されて、PD アレイ 12 が分波器集積 SOA アレイ 14 の表面にフリップチップ実装される。この際、PD アレイ 12 内に PD 各々へ光がミラー 15 を介して入射するように、PD アレイ 12 をフリップチップ実装している。

【0020】

このフリップチップ実装により、PD アレイ 12 と分波器集積 SOA アレイ 14 とを組み合わせて、PD アレイ集積 SOA アレイ 10 を構成している。又、このフリップチップ実装により、一括で信号配線の接続をすることが可能となり、実装時間低減による低コスト化が図れ、さらに、ワイヤ実装が不要となるため、高周波特性改善が可能となる。

【0021】

なお、チャンネル間隔を $250\text{ }\mu\text{m}$ とし、入射波長は 1295 nm 、 1300 nm 、 1305 nm 、 1310 nm とした。

【0022】

1. 動作原理

本実施例で、どのようにして 1 本の光導波路から分波して、分波された光信号を高速電気信号に変換するかを説明する。まず、光信号は、分波器集積 SOA アレイ 14 上にある分波器（AWG）16 で各チャンネルに分波され、各チャンネルにある SOA 13 に入射し光パワーが増幅される。その後、SOA 13 で光パワーが増幅された光信号は、45 度ミラー 15 を介して PD アレイ 12 の各 PD に入り電気信号に変換される（図 1（a）の一点鎖線参照）。

【0023】

2. 組み立て工程

上述した構成の多チャンネル光受信器（デバイス）を作製するための手順について説明する。すなわち、PD アレイ 12 と分波器集積 SOA アレイ 14 とを組み立てて、PD アレイ集積 SOA アレイ 10 を実際に作製するための手順を説明する。まず、PD の p、n 両電極の電極パッドにボールボンダでそれぞれ金バンプ 11 を形成する。このとき、バンプ径は、 $60\text{ }\mu\text{m}$ とした。次に、フリップチップ実装装置で、金バンプ 11 が分波器集積 SOA アレイ 14 の高周波配線 17 と接続するように、PD アレイ 12 を実装する。以上で、PD アレイ集積 SOA アレイ 10 が完成する。

【0024】

3. 可変光減衰器の特性

上述した構成の多チャンネル光受信器について、図 2 に示す実験系を作製し、この実験系を用いて、アイパターンの測定を行った。PD アレイ集積 SOA アレイ 10 の分波器 16 の入力側には、光ファイバ 32 を介して多チャンネル送信光源 31 が接続されている。多チャンネル送信光源 31 には、高周波信号を供給するパルスパターンジェネレータ 35 が接続されている。又、PD アレイ集積 SOA アレイ 10 には、光サンプリングオシロスコープ 36 が接続されている。測定時において、光ファイバ 32 は 40 km 、SOA 13 のバイアス電流は 100 mA 、データレート 27.7 Gbps 、Non Return to ZERO（以下、NRZ と称す）とし、疑似ランダム信号（以下、PRBS と称す）は $[2^{31}-1]$ の光信号を 4 チャンネル分入射した。このとき、光サンプリングオシロスコープ 36 で観測された消光比は 5 dB であった。

【0025】

又、図 2 に示す実験系において、光サンプリングオシロスコープ 36 をエラーディテクタに変え、図 2 に示す光ファイバ 32 と PD アレイ集積 SOA アレイ 10 との間に可変光減衰器を入れて、符号誤り率特性（以下、BER 特性と称す）を測定した。このとき、各

チャンネルでのエラーフリー動作を確認することができた。1295nm波長のチャンネルだけ動作させたときに、PDアレイ集積SOAアレイ10に入射させる光のパワーが-10dBmまではエラーフリー動作であった。

【0026】

したがって、本実施例に係る多チャンネル光受信器によれば、小型であって、低コストで製造できる長距離向け多チャンネル光受信器が実現可能であることが明らかとなった。

【実施例2】

【0027】

本発明の第2の実施例に係る多チャンネル光受信器について、図3を参照して具体的に説明する。

【0028】

本実施例でも、多チャンネル光受信器の一例として、4チャンネルの光受信器を示しているが、4つのPD22と、SOA、光導波構造等が集積された4チャンネルのSOAアレイ24とを有する構成となっている。

【0029】

SOAアレイ24は、InP等の半導体基板上に形成されたものである。具体的には、図3(b)に示すように、SOAアレイ24には、光の入射方向から順に、SOA23、45度ミラー25が集積されている。45度ミラー25及びSOA23は、4チャンネル分形成されており、各SOA23の出力側に接続された光導波路は、対応する45度ミラー25と各々接続されている。なお、図3(b)においては、参考のため、各PD22の位置を点線で示している。

【0030】

一方、SOAアレイ24とは独立して、SOAアレイ24の入力端側（各SOA23の入力端側）には、1つのマイクロレンズアレイ28が設けられており、さらに、4チャンネルが合波された光を4つに分波するため、複数の分波器26が設けられている。本実施例において、分波器26は誘電体ミラーであり、2つ1組の誘電体ミラーで、1つの光の透過、反射を行うことにより、1つの光の分波を行っている。従って、1つの光を4つに分波するために、合計3組（合計6個）の誘電体ミラーが配置されて、最終的に、4つの光として入力されている。

【0031】

PD22は、実施例1で示した4チャンネルのPDアレイ12のようにアレイ化したものではないが、その構造は、実施例1で示したPDアレイ12のPDと同等のものでもよい。よって、ここでは、PDの構成については、その説明を省略する。

【0032】

従って、分波器26に入力された光は、6個の分波器26で4つに分波され、SOA23で各々増幅され、SOA23各々で増幅された光は、45度ミラー25で反射して各PD22に入力されることとなる。

【0033】

そして、ミラー25の周囲のSOAアレイ24の表面には、PD22に高周波信号を供給するための高周波配線（信号配線）27がパターニングにより4チャンネル分形成されている。これら高周波配線27によって、金バンプ21を介して、図示しないPD22の電極パッドと接続されて、PD22がSOAアレイ24の表面にフリップチップ実装される。この際、PD22各々へ光がミラー25を介して入射するように、PD22をフリップチップ実装している。

【0034】

このフリップチップ実装により、PD22とSOAアレイ24とを組み合わせ、PD集積SOAアレイ20を構成している。又、このフリップチップ実装により、一括で信号配線の接続をすることが可能となり、実装時間低減による低コスト化が図れ、さらに、ワイヤ実装が不要となるため、高周波特性改善が可能となる。

【0035】

なお、チャンネル間隔を $500\text{ }\mu\text{m}$ とし、入射波長は 1295 nm 、 1300 nm 、 1305 nm 、 1310 nm とした。

【0036】

1. 動作原理

本実施例で、どのようにして1本の光導波路から分波して、分波された光信号を高速電気信号に変換するかを説明する。まず、光信号は、誘電体ミラーを使用した分波器26によって各チャンネルに分波されて、各チャンネルにあるSOA23に入射し光パワーが増幅される。その後、SOA23で光パワーが増幅された光信号は、45度ミラー25を介してPD22に入り電気信号に変換される(図3(a)の一点鎖線参照)。

【0037】

2. 組み立て工程

上述した構成の多チャンネル光受信器(デバイス)を作製するための手順について説明する。すなわち、PD22と、SOAアレイ24と、マイクロレンズアレイ28と、誘電体ミラー26とを組み立てて、PD集積SOAアレイ20を実際に作製するための手順を説明する。まず、45度ミラー25に4チャンネル分のコリメート光を入射させる。この状態で、マイクロレンズアレイ28をコリメート光になる位置に固定する。

【0038】

固定した後、図3(b)中、上から三番目のミラー25の上部から光を入れたときに光が直線にできるように光線に対して45度の角度で誘電体ミラー26cを固定し、光線上に光パワーメータのディテクタをおく。次に、上から四番目(一番下)のミラー25の上部から光を入れたときに光パワーメータが最大の値になる位置で誘電体ミラー26dを固定する。同様の手順で、上から一番目(一番上)と上から二番目の光路上にある誘電体ミラー26a、26bを固定する。続いて、上から三番目または四番目(一番下)のミラー25の上部から光を入れたときに光が直線にできるように光線に対して45度の角度で誘電体ミラー26fを固定し、光線上に光パワーメータのディテクタをおく。次に、上から一番目(一番上)または上から二番目のミラー25の上部から光を入れたときに光パワーメータが最大の値になる位置で誘電体ミラー26eを固定する。

【0039】

そして、PD22の電極パッドにボールボンダでそれぞれ金バンプ21を形成する。このとき、バンプ径は $60\text{ }\mu\text{m}$ とした。最後に、フリップチップ実装装置で、金バンプ21がSOAアレイ24の高周波配線27と接続するように、PD22を1個ずつ実装する。以上で、PD集積SOAアレイ20が完成する。

【0040】

3. 可変光減衰器の特性

上述した構成の多チャンネル光受信器について、図2に示す実験系を作製し、この実験系を用いて、アイパターンの測定を行った。すなわち、PDアレイ集積SOAアレイ10の代わりにPD集積SOAアレイ20を用い、このPD集積SOAアレイ20の分波器26の入力側に、光ファイバ32を介して多チャンネル送信光源31が接続される。また、PD集積SOAアレイ20には、光サンプリングオシロスコープ36が接続される。測定時において、光ファイバ32は 40 km 、SOA23のバイアス電流は 100 mA 、データレート27.7 Gbps、Non Return to ZERO(以下、NRZと称す)とし、疑似ランダム信号(以下、PRBSと称す)は $[2^{31}-1]$ の光信号を4チャンネル分入射した。このとき、光サンプリングオシロスコープ36で観測された消光比は5 dBであった。

【0041】

又、上述した実験系において、光サンプリングオシロスコープ36をエラーディテクタに変え、光ファイバ32とPD集積SOAアレイ20との間に可変光減衰器をいれて、符号誤り率特性(以下、BER特性と称す)を測定した。このとき、各チャンネルでのエラーフリー動作を確認することができた。 1295 nm 波長のチャンネルだけ動作させたとき、PD集積SOAアレイ20に入射させる光のパワーが -20 dBm まではエラーフリー動作であった。

【0042】

したがって、本実施例に係る多チャネル光受信器によれば、小型であって、低コストで製造できる長距離向け多チャネル光受信器が実現可能であることが明らかとなった。

【0043】

なお、上記では、PDおよびSOAの絶縁部として、ルテニウム、鉄をドーブしたInPを用いることができる。

【0044】

上述した第1の実施例では、PDアレイ12と分波集積SOAアレイ14とを具備するPDアレイ集積SOAアレイ10について説明したが、チャネル数分のPDと分波集積SOAアレイとを具備するPD集積SOAアレイとすることも可能である。

10

【0045】

上述した第2の実施例では、チャネル数分のPD22とSOAアレイ24とを具備するPD集積SOAアレイ20と、複数の分波器26とを備えた多チャネル光受信器を用いて説明したが、チャネル数分のPDを集積したPDアレイとSOAアレイとを具備するPDアレイ集積SOAアレイと、複数の分波器とを備えた多チャネル光受信器とすることも可能である。

【産業上の利用可能性】

【0046】

本発明に係る多チャネル光受信器によれば、小型であって、低コストで製造できる長距離向け多チャネル光受信器が実現可能であることから、光通信産業にとって有用である。

20

【符号の説明】

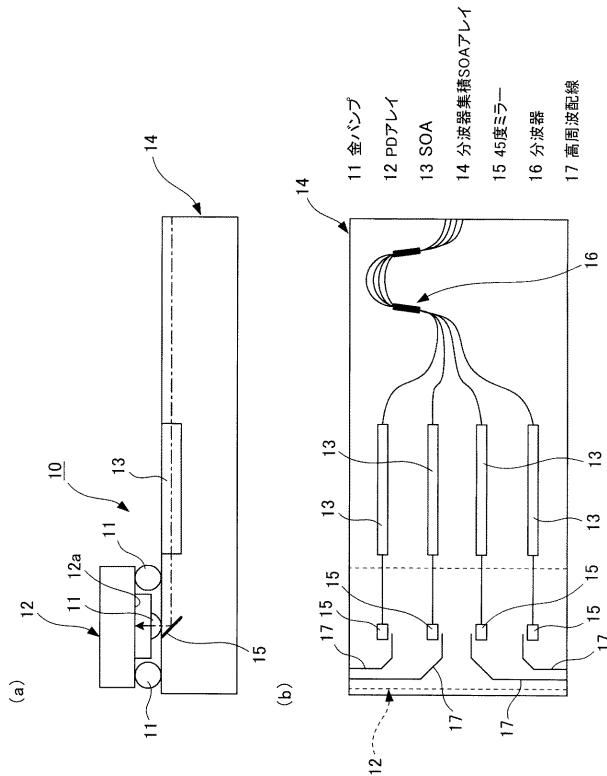
【0047】

10	多チャネル光受信器
11	金バンプ
12	PDアレイ
13	SOA
14	分波器集積SOAアレイ
15	45度ミラー
16	分波器
17	高周波配線
20	多チャネル光受信器
21	金バンプ
22	PD
23	SOA
24	SOAアレイ
25	45度ミラー
26	分波器
27	高周波配線
28	マイクロレンズアレイ
31	多チャネル送信光源
32	光ファイバ
35	パルスパタージェネレータ
36	光サンプリングオシロスコープ
51	単チャネル光受信器
52	光分波器

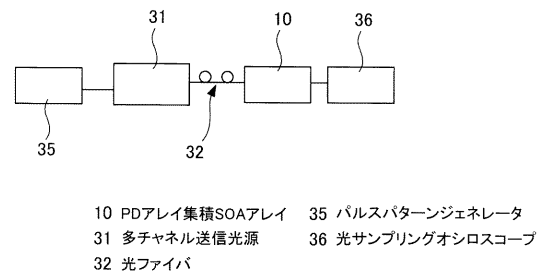
30

40

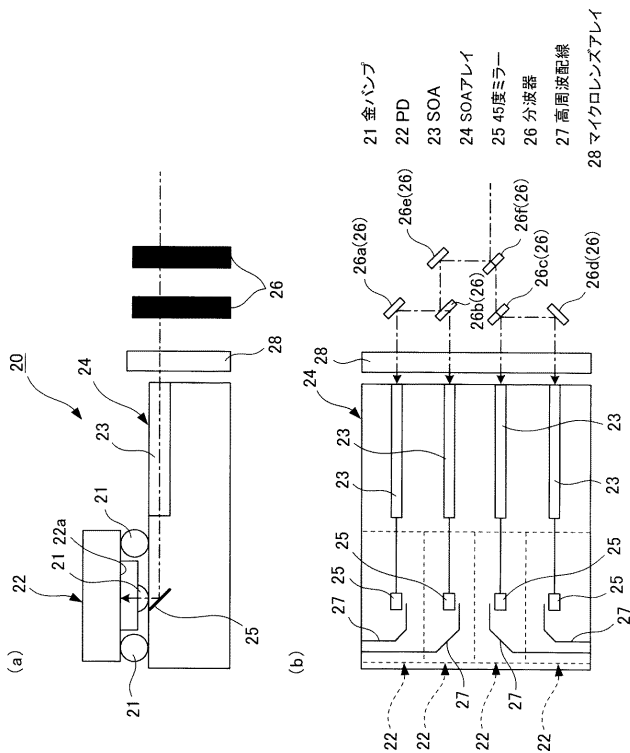
【図 1】



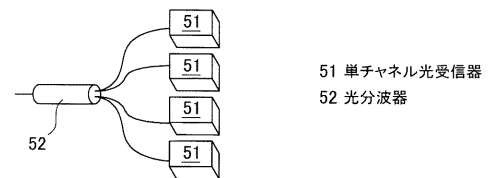
【図 2】



【図 3】



【図 4】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H 0 4 J 14/00	(2006.01)	
H 0 4 J 14/02	(2006.01)	
H 0 1 L 31/0232	(2006.01)	
G 0 2 B 6/122	(2006.01)	

(72)発明者 大木 明

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内

Fターム(参考) 2H147 AB05 AB17 BE04 CA01 CA08 CA13 CD02 GA10 GA19
5F088 BA01 BA15 BB01 EA03 EA11 FA05 HA20 JA03 JA12 JA14
5K102 AA15 AA52 AD01 PH15 PH32 PH38 PH45