

(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2012-174700

(P2012-174700A)

(43) 公開日 平成24年9月10日 (2012.9.10)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H O 1 S 5/022 (2006.01)	H O 1 S 5/022	2 H O 7 9
H O 1 S 5/026 (2006.01)	H O 1 S 5/026 6 1 6	5 F 1 7 3
G O 2 F 1/025 (2006.01)	G O 2 F 1/025	

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2011-31767 (P2011-31767)	(71) 出願人	000004226
(22) 出願日	平成23年2月17日 (2011.2.17)		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
		(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	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

最終頁に続く

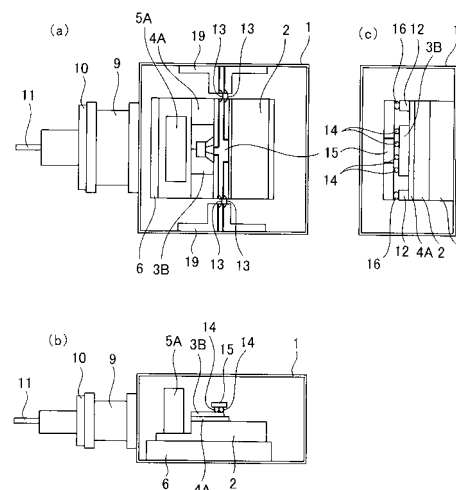
(54) 【発明の名称】 多チャネル光送信モジュール及びその作製方法

(57) 【要約】

【課題】 放熱性を確保し、コストを抑えつつ、全チャネルで良好な高周波特性を得ることができる多チャネル光送信モジュール及びその作製方法を提供する。

【解決手段】 多チャネル光送信モジュールにおいて、D F Bレーザアレイ 3 Bと配線板支持板 1 2の厚さの差を $15\ \mu\text{m}$ 以下とし、D F Bレーザアレイ 3 Bと配線板支持板 1 2をサブキャリア 4 Aの同一の上面に設け、D F Bレーザアレイ 3 Bと配線板支持板 1 2の上面にフリップチップ配線板 1 5を配置し、フリップチップ配線板 1 5を配線板支持板 1 2の電極にバンプ 1 6で固定すると共に、D F Bレーザアレイ 3 Bの電極とフリップチップ配線板 1 5の電極とを各々金バンプ 1 4で結線した。

【選択図】 図 5



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数のレーザ光を出力すると共に、各々のレーザ光の出力を制御する第 1 の電極が上面に複数設けられたレーザアレイと、

前記レーザアレイとの厚さの差が $15\ \mu\text{m}$ 以下であり、バンプ用の第 2 の電極が上面に設けられた支持板と、

前記レーザアレイ及び前記支持板を同一の上面に支持するキャリアと、

上面に高周波信号を供給する高周波配線を複数有し、下面に各々の前記高周波配線と接続されると共に前記第 1 の電極に対応した第 3 の電極を複数有し、当該下面を前記レーザアレイ及び前記支持板の上面に配置したフリップチップ配線板を備え、

前記フリップチップ配線板を前記支持板の前記第 2 の電極にバンプで固定すると共に、前記第 1 の電極と前記第 3 の電極とを各々金バンプで結線したことを特徴とする多チャネル光送信モジュール。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の多チャネル光送信モジュールにおいて、

前記支持板を前記レーザアレイと同時に研磨可能な材料としたことを特徴とする多チャネル光送信モジュール。

【請求項 3】

請求項 1 又は請求項 2 に記載の多チャネル光送信モジュールにおいて、

前記支持板を少なくとも 2 個以上設けたことを特徴とする多チャネル光送信モジュール。

【請求項 4】

請求項 1 から請求項 3 のいずれか 1 つに記載の多チャネル光送信モジュールにおいて、前記レーザアレイを、

3 個以上の直接変調 DFB (Distributed feedback) レーザ素子から構成するか、

又は、3 個以上の電界吸収型光変調器集積 DFB レーザ素子から構成するか、

又は、1 個以上の DFB レーザ素子及び 2 個以上のマッハツェンダー変調器から構成したことを特徴とする多チャネル光送信モジュール。

【請求項 5】

請求項 4 に記載の多チャネル光送信モジュールにおいて、

前記レーザ素子又は前記変調器からの光路を合波する合波器を前記レーザアレイに設けると共に、前記合波器を、多モード干渉型合波器又はアレイ導波路格子合波器としたことを特徴とする多チャネル光送信モジュール。

【請求項 6】

請求項 4 に記載の多チャネル光送信モジュールにおいて、

前記レーザ素子又は前記変調器からの光路を合波する合波器を前記レーザアレイとは独立して設けると共に、前記合波器を、アレイ導波路格子合波器又は誘電体フィルタを用いた合波器としたことを特徴とする多チャネル光送信モジュール。

【請求項 7】

複数のレーザ光を出力するレーザアレイの上面に、各々のレーザ光の出力を制御する第 1 の電極を複数設ける工程と、

支持板の上面にバンプ用の第 2 の電極を設ける工程と、

前記レーザアレイ及び前記支持板の下面を同時に研磨して、前記レーザアレイと前記支持板の厚さの差を $15\ \mu\text{m}$ 以下とする工程と、

前記レーザアレイ及び前記支持板をキャリアの同一の上面に設ける工程と、

上面に高周波信号を供給する高周波配線を複数有し、下面に各々の前記高周波配線と接続されると共に前記第 1 の電極に対応した第 3 の電極を複数有するフリップチップ配線板を、当該フリップチップ配線板の下面を下にして、前記レーザアレイ及び前記支持板の上面に配置する工程と、

前記フリップチップ配線板を前記支持板の前記第 2 の電極にバンプで固定する工程と、

前記第 1 の電極と前記第 3 の電極とを各々金バンプで結線する工程とを有することを特徴とする多チャネル光送信モジュールの作製方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、大容量光通信網の構成要素である多チャネル光送信モジュール及びその作製方法に関する。

【背景技術】

【0002】

高周波信号配線の電気結線の取り方として、従来は金ワイヤを使ったワイヤボンディングによる結線が一般的であった。

【0003】

そこで、図 1 を参照して、従来の結線技術を説明する。なお、図 1 は、直接変調 DFB (Distributed feedback) レーザを用いた単チャネル光送信モジュールにおいて、従来の結線技術を用いた構成を示す構成図である。ここで、図 1 中、符号 1 はパッケージ、2 は LD キャリア、3 A は DFB レーザ、4 A はサブキャリア、5 A は第 1 レンズ、6 はペルチエ素子、9 はアイソレータ付き第 2 レンズ、10 はフェルルールカラー、11 はピグテールファイバ、13 は金ワイヤ、17 は高周波配線板、19 は外部接続のための中継高周波配線板を示している。

【0004】

図 1 に示す従来の単チャネル光送信モジュールの高周波信号配線を参照すると、中継高周波配線板 19 を介してパッケージ 1 に入ってきた高周波信号は、高周波配線板 17 との間は金ワイヤ 13 で結線され、高周波配線板 17 と DFB レーザ 3 A との間も金ワイヤ 13 で結線されている。このとき、DFB レーザ 3 A と高周波配線板 17 を接続する金ワイヤ 13 の長さは、チップ幅を 0.5 mm としたときに、最短で 0.3 mm 程度になる。このように、高周波配線板 17 を DFB レーザ 3 A の直近まで引っ張ってくることで、金ワイヤ 13 を使う距離を短くし、金ワイヤ 13 の持つ寄生インダクタンス成分による特性劣化を最小限に抑える工夫がなされていた。

【0005】

図 2 は、合波器付き 4 チャネル DFB レーザアレイを用いた多チャネル光送信モジュールにおいて、前述の従来の結線技術を用いた構成を示す構成図である。なお、図 2 では、前述の図 1 で示した構成と同等のものには同じ符号を付している。但し、図 2 中、符号 3 B は合波器付き DFB レーザアレイ（以降、DFB レーザアレイと呼ぶ。）を示している。

【0006】

図 1 に示した従来の単チャネル光送信モジュールと同様に、中継高周波配線板 19 を介してパッケージ 1 に入ってきた高周波信号は、高周波配線板 17 との間は金ワイヤ 13 で結線され、高周波配線板 17 と DFB レーザアレイ 3 B の各チャネルの間も金ワイヤ 13 で結線されている。このようにして、DFB レーザアレイ 3 B の直近まで高周波配線板 17 を引いているため、DFB レーザアレイ 3 B の外縁側の両 DFB レーザと高周波配線板 17 を結ぶ金ワイヤ 13 の長さは、各 DFB レーザ同士の間隔が 0.5 mm の場合、単チャネルの時と同様に、最短で 0.3 mm 程度に抑えられている。ところが、DFB レーザアレイ 3 B の中心側の 2 つの DFB レーザと高周波配線板 17 を結ぶ金ワイヤ 13 の長さは、最短でも 0.7 mm 以上となり、外縁側に比べて 2 倍以上の長さ必要となる。

【0007】

このため、10 Gbps を超える高速電気信号（高周波信号）を扱う場合は、DFB レーザアレイ 3 B の外縁側 2 チャネル以外のチャネル、つまり、DFB レーザアレイ 3 B の中心側のチャネルにおいて、それらの DFB レーザに供給される高周波信号が金ワイヤ 13 の寄生インダクタンス成分により劣化する問題があった。加えて、多チャネル光送信モジュールは全チャネル同時動作させるため、金ワイヤ 13 の近接するチャネル間で、電気クロストークが発生し、波形が劣化する問題も発生していた。

10

20

30

40

50

【0008】

そこで、ワイヤ実装が不要であるフリップチップ実装技術を用いる方法が考えられる。

【0009】

図3は、合波器付き4チャンネルDFBレーザアレイを用いた多チャンネル光送信モジュールにおいて、フリップチップ実装技術を用いた構成を示す構成図である。つまり、図2に示した合波器付き4チャンネルDFBレーザアレイをフリップチップ実装した多チャンネル光送信モジュールの構成図である。なお、図3では、前述の図1、図2で示した構成と同等のものには同じ符号を付している。但し、図3中、符号3Cは合波器付きDFBレーザアレイを、符号14は金バンプを示している。

【0010】

図3中に示すレーザアレイ3Cは、電極が形成されている面が下側になっており、金バンプ14を介して、サブキャリア4A上の配線と接合している。このように実装することで、サブキャリア4A上の配線とレーザアレイ3Cとを接続するワイヤが不要となり帯域の劣化、クロストークによる信号波形劣化を抑制することができる。しかしながら、レーザアレイ3Cが、金バンプ14のみを介して、サブキャリア4Aと接しているため、放熱性が悪く、デバイスの特性劣化につながる問題があった。

【0011】

又、前述のフリップチップ実装方法とは逆に、高周波配線板側をフリップチップ実装する形態も考えられる。

【0012】

図4は、合波器付き4チャンネルDFBレーザアレイを用いた多チャンネル光送信モジュールにおいて、フリップチップ実装技術を用いた構成を示す構成図である。つまり、図2に示した合波器付き4チャンネルDFBレーザアレイに対して、高周波配線板をフリップチップ実装した多チャンネル光送信モジュールの構成図である。なお、図4では、前述の図1～図3で示した構成と同等のものには同じ符号を付している。但し、図4中、符号15はフリップチップ実装した高周波配線板（以降、フリップチップ配線板と呼ぶ。）を示している。

【0013】

図4中に示すDFBレーザアレイ3Bは、サブキャリア4A上に設置されており、フリップチップ配線板15は、DFBレーザアレイ3B及び高周波配線板17の上面に配置されて、金バンプ14を介して、各々の配線同士を接合している。このような構成にすることで、サブキャリア4AとDFBレーザアレイ3Bが従来と同様に接するため、放熱性の面では、従来のワイヤ実装型と同等の性能が得られる。加えて、高周波配線板17とDFBレーザアレイ3Bとを接続するワイヤが不要となり、帯域の劣化、クロストークによる信号波形劣化を抑制することができる。

【0014】

しかしながら、この実装技術では、フリップチップ配線板15が全ての金バンプ14と接するために、DFBレーザアレイ3Bと高周波配線板17との高さ誤差を、金バンプ14が吸収できる程度の精度で作製する必要がある。このため、チップの研磨厚に依存する歩留まりの低下や配線板の厚さ精度に依存した高コスト化の問題があった。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0015】

【特許文献1】特開2003-207693号公報

【特許文献2】特開2008-244364号公報

【非特許文献】

【0016】

【非特許文献1】T. Fujisawa, S. Kanazawa, N. Nunoya, H. Ishii, Y. Kawaguchi, A. Ohki, N. Fujiwara, K. Takahata, R. Iga, F. Kano, and H. Oohashi, "4×25-Gbit/s, 1.3-μm, monolithically integrated light source for 100-Gbit/s Ethernet," in Pro

10

20

30

40

50

c. ECOC, Th.9.D.1, 2010.

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0017】

高速の多チャネル光送信モジュールにとって、各チャネルにおいて高周波信号の劣化を極力抑えることは非常に重要である。しかしながら、従来技術では、チャネル数の増大に伴い、チップサイズが大きくなり、金ワイヤの長さも長くなるため、高周波信号が劣化する問題を抱えていた。又、帯域の劣化を防ぐフリップチップ実装技術を用いた場合、放熱性の劣化や高コスト化の問題があった。

【0018】

本発明は上記課題に鑑みなされたもので、放熱性を確保し、コストを抑えつつ、全チャネルで良好な高周波特性を得ることができる多チャネル光送信モジュール及びその作製方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0019】

上記課題を解決する第1の発明に係る多チャネル光送信モジュールは、
複数のレーザ光を出力すると共に、各々のレーザ光の出力を制御する第1の電極が上面に複数設けられたレーザアレイと、
前記レーザアレイとの厚さの差が15 μm以下であり、バンプ用の第2の電極が上面に設けられた支持板と、

前記レーザアレイ及び前記支持板を同一の上面に支持するキャリアと、

上面に高周波信号を供給する高周波配線を複数有し、下面に各々の前記高周波配線と接続されると共に前記第1の電極に対応した第3の電極を複数有し、当該下面を前記レーザアレイ及び前記支持板の上面に配置したフリップチップ配線板を備え、

前記フリップチップ配線板を前記支持板の前記第2の電極にバンプで固定すると共に、前記第1の電極と前記第3の電極とを各々金バンプで結線したことを特徴とする。

【0020】

上記課題を解決する第2の発明に係る多チャネル光送信モジュールは、

上記第1の発明に記載の多チャネル光送信モジュールにおいて、

前記支持板を前記レーザアレイと同時に研磨可能な材料としたことを特徴とする。

【0021】

上記課題を解決する第3の発明に係る多チャネル光送信モジュールは、

上記第1又は第2の発明に記載の多チャネル光送信モジュールにおいて、

前記支持板を少なくとも2個以上設けたことを特徴とする。

【0022】

上記課題を解決する第4の発明に係る多チャネル光送信モジュールは、

上記第1～第3のいずれか1つの発明に記載の多チャネル光送信モジュールにおいて、前記レーザアレイを、

3個以上の直接変調DFB (Distributed feedback) レーザ素子から構成するか、

又は、3個以上の電界吸収型光変調器集積DFBレーザ素子から構成するか、

又は、1個以上のDFBレーザ素子及び2個以上のマッハツェンダー変調器から構成したことを特徴とする。

【0023】

上記課題を解決する第5の発明に係る多チャネル光送信モジュールは、

上記第4の発明に記載の多チャネル光送信モジュールにおいて、

前記レーザ素子又は前記変調器からの光路を合波する合波器を前記レーザアレイに設けると共に、前記合波器を、多モード干渉型合波器又はアレイ導波路格子合波器としたことを特徴とする。

【0024】

上記課題を解決する第6の発明に係る多チャネル光送信モジュールは、

上記第４の発明に記載の多チャネル光送信モジュールにおいて、

前記レーザ素子又は前記変調器からの光路を合波する合波器を前記レーザアレイとは独立して設けると共に、前記合波器を、アレイ導波路格子合波器又は誘電体フィルタを用いた合波器としたことを特徴とする。

【００２５】

上記課題を解決する第７の発明に係る多チャネル光送信モジュールの作製方法は、

複数のレーザ光を出力するレーザアレイの上面に、各々のレーザ光の出力を制御する第１の電極を複数設ける工程と、

支持板の上面にバンプ用の第２の電極を設ける工程と、

前記レーザアレイ及び前記支持板の下面を同時に研磨して、前記レーザアレイと前記支持板の厚さの差を $15\mu\text{m}$ 以下とする工程と、

前記レーザアレイ及び前記支持板をキャリアの同一の上面に設ける工程と、

上面に高周波信号を供給する高周波配線を複数有し、下面に各々の前記高周波配線と接続されると共に前記第１の電極に対応した第３の電極を複数有するフリップチップ配線板を、当該フリップチップ配線板の下面を下にして、前記レーザアレイ及び前記支持板の上面に配置する工程と、

前記フリップチップ配線板を前記支持板の前記第２の電極にバンプで固定する工程と、

前記第１の電極と前記第３の電極とを各々金バンプで結線する工程とを有することを特徴とする。

【発明の効果】

【００２６】

本発明によれば、同じ厚さのレーザアレイ及び支持板の上面にフリップチップ配線板をフリップチップ実装するので、放熱性を確保し、コストを抑えつつ、フリップチップ実装の特徴である、全チャネルで良好な高周波特性を得ることができる。その結果、 10Gbps を超える高周波信号を扱うときにおいても、信号劣化が少ない多チャネル光送信モジュールを実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【００２７】

【図１】ＤＦＢレーザを光源とした従来のワイヤ実装型の単チャネル光送信モジュールを示す構成図であり、（ａ）は上面図、（ｂ）は側面図である。

【図２】合波器付きＤＦＢレーザアレイを光源とした従来のワイヤ実装型の多チャネル光送信モジュールを示す構成図であり、（ａ）は上面図、（ｂ）は側面図である。

【図３】合波器付きＤＦＢレーザアレイを光源とし、ＤＦＢレーザアレイのフリップチップ実装型の多チャネル光送信モジュールを示す構成図であり、（ａ）は上面図、（ｂ）は側面図、（ｃ）は背面図である。

【図４】合波器付きＤＦＢレーザアレイを光源とし、配線板のフリップチップ実装型の多チャネル光送信モジュールを示す構成図であり、（ａ）は上面図、（ｂ）は側面図、（ｃ）は背面図である。

【図５】本発明の実施形態の一例（実施例１）を示す図であり、合波器付きＤＦＢレーザアレイを光源とし、ブリッジ型フリップチップ配線板を用いた多チャネル光送信モジュールの構成図であり、（ａ）は上面図、（ｂ）は側面図、（ｃ）は背面図である。

【図６】図５に示した多チャネル光送信モジュールの第１レンズを調芯するための実験系を示す構成図である。

【図７】図５に示した多チャネル光送信モジュールの第２レンズ及びピグテールファイバを調芯するための実験系を示す構成図である。

【図８】合波器付きＤＦＢレーザアレイを光源とした多チャネル光送信モジュールのアイパターン測定用実験系を示す構成図である。

【図９】合波器付きＤＦＢレーザアレイを光源とした多チャネル光送信モジュールのビットエラーレート測定用実験系を示す構成図である。

【図１０】本発明の実施形態の他の一例（実施例２）を示す図であり、ＥＡＤＦＢレーザ

アレイを光源とし、ブリッジ型フリップチップ配線板を用いた多チャネル光送信モジュール構成図であり、(a)は上面図、(b)は側面図、(c)は背面図である。

【図11】図10に示した多チャネル光送信モジュールの第1レンズアレイを調芯するための実験系を示す構成図である。

【図12】図10に示した多チャネル光送信モジュールの誘電体フィルタ合波器を実装するための実験系を示す構成図である。

【図13】EADFBレーザアレイを光源とした多チャネル光送信モジュールのアイパターン測定用実験系を示す構成図である。

【図14】図10に示した多チャネル光送信モジュールの比較例であり、EADFBレーザアレイを光源とした従来のワイヤ実装型の多チャネル光送信モジュールを示す構成図であり、(a)は上面図、(b)は側面図である。

【図15】EADFBレーザアレイを光源とした多チャネル光送信モジュールのビットエラーレート測定用実験系を示す構成図である。

【図16】本発明の実施形態の他の一例(実施例3)を示す図であり、合波器付きMZ集積レーザアレイを光源とし、ブリッジ型フリップチップ配線板を用いた多チャネル光送信モジュール構成図であり、(a)は上面図、(b)は側面図、(c)は背面図である。

【図17】図16に示した多チャネル光送信モジュールの第1レンズを調芯するための実験系を示す構成図である。

【図18】図16に示した多チャネル光送信モジュールの比較例であり、合波器付きMZ集積レーザアレイを光源とした従来のワイヤ実装型の多チャネル光送信モジュールを示す構成図であり、(a)は上面図、(b)は側面図である。

【図19】周波数特性のワイヤ長さ依存性を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0028】

本発明では、ブリッジ型配線板フリップチップ実装技術を用いることで、放熱性と帯域劣化の問題を同時に解決可能であり、加えて、配線板支持板とレーザアレイチップを同時に研磨することで、高さの精度問題を解決可能である。又、フリップチップ配線板は、従来の金バンプを介した固定と異なり、支持板を介してキャリアと安定して固定されているため、フリップチップ配線板に直接ワイヤボンディングをすることが可能となり、配線板支持板に高周波配線のパターンニングが不要である。又、従来の配線板フリップチップ実装より、特性インピーダンス不整合による特性劣化の要因となる金バンプ部分を1カ所減らすことが可能となり、高周波特性改善が見込める。又、配線板支持板はDFBレーザアレイ作製のプロセスと同時に作製可能である点とパターンニング不要である点から、安価に作製可能である。このように、本発明では、良好な高周波特性が得られ、低コストで作製可能な多チャネル光送信モジュールが実現可能となる。

【0029】

このような本発明に係る多チャネル光送信モジュール及び作製方法について、その具体的な実施形態のいくつかを以下に説明する。なお、以下の実施例は、本発明を説明するいくつかの例示であり、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】

【0030】

(1. 構成)

図5は、本実施例の多チャネル光送信モジュールを示す構成図であり、図5(a)は、その上面図、図5(b)は、その側面図、図5(c)は、その背面図である。

【0031】

本実施例の多チャネル光送信モジュールは、その筐体となるパッケージ1と、パッケージ1の内部に設けられ、後述するDFBレーザアレイ3Bを冷却するためのペルチェ素子6と、ペルチェ素子6の上面に設けられ、その上面にDFBレーザアレイ3Bや後述する第1レンズ5A等が配置されるLDキャリア2と、LDキャリア2の上面に設けられ、その上面にDFBレーザアレイ3Bが配置されるサブキャリア4Aと、複数の半導体レーザ

10

20

30

40

50

素子とそれらからの光路を合波する合波器とが集積された D F B レーザアレイ 3 B と、D F B レーザアレイ 3 B からのレーザ光を集光する第 1 レンズ 5 A とを有している。このような構成により、D F B レーザアレイ 3 B を、パッケージ 1 の内部に搭載している。

【0032】

又、パッケージ 1 の 1 つの側面（前面）の外側には、第 1 レンズ 5 A で集光したレーザ光を集光し、後述するピグテールファイバ 1 1 に入射するアイソレータ付き第 2 レンズ 9 と、ピグテールファイバ 1 1 を保持するフェルルカラー 1 0 と、D F B レーザアレイ 3 B からのレーザ光を外部へ伝搬するピグテールファイバ 1 1 とを設けている。

【0033】

本実施例では、多チャネル光送信用アレイデバイスとなる D F B レーザアレイ 3 B として、4 チャネルの合波器付き D F B レーザアレイを用いた構成となっている。具体的には、D F B レーザアレイ 3 B では、半導体レーザ素子として、直接変調 D F B レーザを用いており、合波器として、アレイ導波路格子合波器（以下、A W G 合波器と呼ぶ。）を用いており、I n P ウェハ上に、4 つの直接変調 D F B レーザを配列して集積すると共に、各直接変調 D F B レーザからの光路を合波する A W G 合波器を集積している。なお、合波器は、後述の実施例 3 で示す多モード干渉型合波器（M M I 合波器）でもよい。そして、D F B レーザアレイ 3 B の上面には、複数の直接変調 D F B レーザからのレーザ光の出力を制御するため、各直接変調 D F B レーザに対応する電極（第 1 の電極）が各々設けられている。

【0034】

又、D F B レーザアレイ 3 B では、チャネル間隔を $500\text{ }\mu\text{m}$ とし、各チャネルの波長は、 1295 nm 、 1300 nm 、 1305 nm 、 1310 nm とした。又、データレート 25 Gbps 、Non Return to ZERO（以下、N R Z と呼ぶ。）とし、疑似ランダム信号（以下、P R B S と呼ぶ。）は $[2^{31}-1]$ の高周波信号を各チャネルに供給する。

【0035】

そして、サブキャリア 4 A 上面に設けられた D F B レーザアレイ 3 B を間にして、同一の上面の両外縁側には、配線板支持板 1 2 が各々設けられている。この配線板支持板 1 2 は、材料が D F B レーザアレイ 3 B と同じ I n P を用いており、D F B レーザアレイ 3 B とは、厚さの差が $15\text{ }\mu\text{m}$ 以下となるように形成されている。又、配線板支持板 1 2 の上面には、フリップチップ配線板 1 5 を固定するバンプ用の電極（第 2 の電極）が設けられている。なお、この配線板支持板 1 2 は、1 個でもよいが、2 個以上あれば、より確実に、より安定して、フリップチップ配線板 1 5 を固定可能である。

【0036】

フリップチップ配線板 1 5 は、4 チャネル分の高周波配線やグランド線を有するマイクロストリップ線路の配線形状になっている。フリップチップ配線板 1 5 自体は窒化アルミニウムを材料とし、高周波配線、グランド線は A u を材料としている。又、フリップチップ配線板 1 5 の上面に形成された 4 チャネル分の高周波配線と下面に形成された金バンプ接点（第 3 の電極）は、その側面に形成された高周波配線を介して電氣的に接続されている。この金バンプ接点は、D F B レーザアレイ 3 B 上面の電極に対応した位置に配置されている。

【0037】

そして、D F B レーザアレイ 3 B 及び配線板支持板 1 2 の上面にフリップチップ配線板 1 5 が配置されており、D F B レーザアレイ 3 B とは、金バンプ 1 4 を介して、各々の配線同士を接続し、配線板支持板 1 2 とは、バンプ 1 6 を介して、接続している。フリップチップ配線板 1 5 において、金バンプ 1 4 との接続部分及び配線板支持板 1 2 との接続部分は、金—スズ合金半田を使い、半田接合とした。なお、バンプ 1 6 は、金バンプでも半田バンプでもよい。

【0038】

又、パッケージ 1 内部の対面する側面であって、フリップチップ配線板 1 5 の両端部に対面する側面には、パッケージ 1 外部の配線とフリップチップ配線板 1 5 との中継のため

に、中継高周波配線板 19 が設けられている。

【0039】

なお、本実施例では、DFBレーザアレイ 3B 中に直接変調 DFBレーザを 4 個配列しているが、直接変調 DFBレーザを 3 個以上配列した構成であれば、本発明の効果を奏することが可能である。

【0040】

(2. 動作原理)

本実施例において、DFBレーザアレイ 3B の各チャンネルに、どのようにして高周波信号を供給するかを説明する。

【0041】

中継高周波配線板 19 からパッケージ 1 に入ってきた高周波信号は、金ワイヤ 13 を介して、フリップチップ配線板 15 に入り、更に、金バンプ 14 を介して、DFBレーザアレイ 3B の各直接変調 DFBレーザに供給される。DFBレーザアレイ 3B によって光に変換された信号は、AWG 合波器を介して、1 つの導波路に合波されて出力される。出力された光は、第 1 レンズ 5A、第 2 レンズ 9 によって集光されて、ピグテールファイバ 11 に結合される。

【0042】

(3. 組み立て工程)

まず、DFBレーザアレイ 3B 及び配線板支持板 12 の作製手順を示す。

DFBレーザアレイ 3B については、一般的な手順で、例えば、非特許文献 1 のような手順で、DFBレーザアレイ用 InP ウエハの成長面に電極のリフトオフパターン作製まで行う。又、配線板支持板 12 については、DFBレーザアレイ 3B と同じ InP からなる基板を用いる。

次に、成長面を蒸着される面とした DFBレーザアレイ用 InP ウエハ及び配線板支持板用基板を共に真空蒸着機に入れ、電極を蒸着する。DFBレーザアレイ用 InP ウエハに関してはリフトオフ工程を行う。つまり、DFBレーザアレイ 3B となるウエハ及び配線板支持板 12 となる基板の上面に電極（第 1 の電極、第 2 の電極）を形成している。

次に、DFBレーザアレイ用 InP ウエハ及び配線板支持板用基板を共に表面研磨治具にエレクトロンワックスを用いて接着し、電極蒸着面とは反対側の面を臭素（Br）—メタノール混合溶液をエッチャントとした化学機械研磨を行い、所望の厚さまで研磨する。

最後に、DFBレーザアレイ用 InP ウエハ及び配線板支持板用基板の研磨を行った面にも共に電極を蒸着し、その後、劈開により所望のサイズに切り出す。

【0043】

以上の手順を経ることで、同時に、かつ、同じ厚さ（厚さ誤差がほとんどない、あったとしても $15\ \mu\text{m}$ 以下）の DFBレーザアレイ 3B 及び配線板支持板 12 を作製する。つまり、DFBレーザアレイ 3B と配線板支持板 12 が同じ材料であるので、同じ手順を経て、同時に同じ厚さに作製可能となる。このようにして、DFBレーザアレイ 3B と配線板支持板 12 の厚さ誤差が $10\ \mu\text{m}$ 程度で作製可能である。金バンプ 14 の厚さが $40\ \mu\text{m}$ 程度あるので、金バンプ 14 で厚さ誤差が十分吸収可能であることがわかる。

【0044】

次に、本実施例の多チャンネル光送信モジュールの作製手順を示す。

まず、DFBレーザアレイ 3B 及び配線板支持板 12 の下面側をサブキャリア 4A の同一の上面上に実装し、DFBレーザアレイ 3B の電極に金バンプ 14 を形成する。

次に、DFBレーザアレイ 3B 及び配線板支持板 12 の上面に、金バンプ 14、バンプ 16 を介して、フリップチップ配線板 15 の下面側をフリップチップ実装する。このとき、金バンプ 14、バンプ 16 は、金—スズ合金半田を用いて半田固定する。なお、フリップチップ配線板 15 には、予め、高周波配線、グランド線が形成されており、その下面側に金バンプ接点（第 3 の電極）が形成されている。そして、サブキャリア 4A を LD キャリア 2 に実装する。

【0045】

そして、図 6 に示す実験系を用いて、第 1 レンズ 5 A の調芯を行う。具体的には、D F B レーザアレイ 3 B の D F B レーザの任意の 1 チャンネルに、直流電源 2 2 及び D C プローブ 2 1 を用い、フリップチップ配線板 1 5 を介して、電流を 5 0 m A 程度供給する。この状態で、C C D カメラ 2 4 を用いて、D F B レーザアレイ 3 B から出力されたレーザ光のビーム形状を確認し、レーザ光のビーム形状、位置が、光の進行方向のどの位置でも変わらなくなるように、第 1 レンズ 5 A の調芯を行い、イットリウム・アルミニウム・ガーネットレーザ（以下、Y A G レーザと呼ぶ。） 2 3 による溶接で、第 1 レンズ 5 A を L D キャリア 2 に固定する。

【0046】

その後、ペルチェ素子 6 を実装してあるパッケージ 1 の中に L D キャリア 2 を搭載する。そして、フリップチップ配線板 1 5 とパッケージ 1 側の中継高周波配線板 1 9 との間をワイヤボンディングによる金ワイヤ 1 3 で結線する。

【0047】

最後に、図 7 に示す実験系を用いて、第 2 レンズ 9、ピグテールファイバ 1 1 の調芯を行う。具体的には、直流電源 2 2 を用いて、D F B レーザアレイ 3 B の D F B レーザの任意の 1 チャンネルに電流を 5 0 m A 程度供給し、この状態で、光パワーメータ 2 5 に入るパワーが最大になるように、第 2 レンズ 9、フェルルカラー 1 0、ピグテールファイバ 1 1 の調芯を行い、Y A G レーザ 2 3 による溶接により、第 2 レンズ 9、フェルルカラー 1 0、ピグテールファイバ 1 1 を固定する。以上で、多チャンネル光送信モジュールが完成する。

【0048】

（4．多チャンネル光送信モジュールの特性）

アイパターン測定用実験系を図 8 に示す。この実験系の構成を簡単に説明する。多チャンネル光送信モジュール 3 1 を光ファイバ 3 2 の一端に接続し、その光ファイバ 3 2 の他端を光分波器 3 3 に接続する。光分波器 3 3 には、多チャンネル光送信モジュール 3 1 からのレーザ光を検出するフォトディテクタ 3 4 が接続されており、多チャンネル光送信モジュール 3 1 にはパルスパタンジェネレータ 3 5 が接続されており、更に、フォトディテクタ 3 4 にはサンプリングオシロスコープ 3 6 が接続されている。従って、パルスパタンジェネレータ 3 5 の信号に基づいて出力される多チャンネル光送信モジュール 3 1 のレーザ光がフォトディテクタ 3 4 で検出され、検出されたレーザ光がサンプリングオシロスコープ 3 6 で解析される構成となっている。

【0049】

ここでは、比較として、図 2 に示した従来のワイヤ実装技術による多チャンネル光送信モジュールの測定も同時に行った。この比較測定では、共に、チップ温度を 2 5 ℃一定とし、D F B レーザのバイアス電流を 5 0 m A、入力信号の振幅を 3 . 0 V p p とした。この比較測定において、従来のワイヤ実装技術による多チャンネル光送信モジュールが消光比 4 . 0 d B であったのに対して、本実施例のブリッジ型配線板フリップチップ実装技術による多チャンネル光送信モジュールでは 5 . 2 d B の消光比が得られた。

【0050】

又、4 チャンネル同時にバイアス電流 5 0 m A、入力信号の振幅 3 . 0 V p p を印加した場合には、従来のワイヤ実装技術による多チャンネル光送信モジュールが消光比 3 . 0 d B であったのに対して、本実施例のブリッジ型配線板フリップチップ実装技術による多チャンネル光送信モジュールでは 4 . 8 d B の消光比が得られた。

【0051】

ビットエラーレート測定用実験系を図 9 に示す。次に、この実験系を用いて、符号誤り率特性（以下、B E R 特性と呼ぶ、）を測定した。この実験系の構成を簡単に説明する。多チャンネル光送信モジュール 3 1 を光ファイバ 3 2 の一端に接続し、その光ファイバ 3 2 の他端を光分波器 3 3 に接続する。光分波器 3 3 には、多チャンネル光送信モジュール 3 1 からのレーザ光を検出するフォトディテクタ 3 4 が接続されており、多チャンネル光送信モジュール 3 1 にはパルスパタンジェネレータ 3 5 が接続されており、又、フォトディテク

タ 3 4 には、光可変減衰器 3 9 を介して、エラーディテクタ 3 7 接続されている。従って、パルスパタンジェネレータ 3 5 の信号に基づいて出力される多チャンネル光送信モジュール 3 1 のレーザ光がフォトディテクタ 3 4 で検出され、検出されたレーザ光がエラーディテクタ 3 7 で解析される構成となっている。

【0052】

ここでは、従来のワイヤ実装技術による多チャンネル光送信モジュール及び本実施例のブリッジ型配線板フリップチップ実装技術による多チャンネル光送信モジュール共に、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。又、全チャンネル同時動作時に、チャンネル 2（図 5（a）中の上から 2 番目のチャンネル）の最小受光感度は、従来のワイヤ実装技術による多チャンネル光送信モジュールが -3 dBm であったのに対して、本実施例のブリッジ型配線板フリップチップ実装技術による多チャンネル光送信モジュールでは -4.5 dBm であった。

10

【0053】

以上により、後述する図 1 9 に示すように、 10 Gbps を超える高周波信号を扱う時に、信号劣化が少ない多チャンネル光送信モジュールが実現可能であることが明らかとなった。

【実施例 2】

【0054】

（1．構成）

図 1 0 は、本実施例の多チャンネル光送信モジュールを示す構成図であり、図 1 0（a）は、その上面図、図 1 0（b）は、その側面図、図 1 0（c）は、その背面図である。なお、本実施例の多チャンネル光送信モジュールにおいて、実施例 1 で説明した多チャンネル光送信モジュールと同等の構成には同じ符号を付している。

20

【0055】

本実施例の多チャンネル光送信モジュールは、その筐体となるパッケージ 1 と、パッケージ 1 の内部に設けられ、その上面に後述する E A D F B レーザアレイ 3 C や第 1 レンズアレイ 5 B や誘電体フィルタ合波器 7 等が配置される L D キャリア 2 と、L D キャリア 2 の上面に設けられ、その上面に E A D F B レーザアレイ 3 C が配置される配線付きサブキャリア 4 B と、半導体レーザ素子及びその変調器の組が複数組集積された E A D F B レーザアレイ 3 C と、E A D F B レーザアレイ 3 C からの複数レーザ光を各々集光する第 1 レンズアレイ 5 B と、第 1 レンズアレイ 5 B で集光されたレーザ光を合波する誘電体フィルタ合波器 7 とを有している。このような構成により、E A D F B レーザアレイ 3 C を、パッケージ 1 の内部に搭載している。

30

【0056】

又、パッケージ 1 の 1 つの側面（前面）の外側には、誘電体フィルタ合波器 7 で合波したレーザ光を集光し、後述するピグテールファイバ 1 1 に入射するアイソレータ付き第 2 レンズ 9 と、ピグテールファイバ 1 1 を保持するフェルルカラー 1 0 と、E A D F B レーザアレイ 3 C からのレーザ光を外部へ伝搬するピグテールファイバ 1 1 とを設けている。

【0057】

40

本実施例では、多チャンネル光送信用アレイデバイスとなる E A D F B レーザアレイ 3 C として、4 チャンネル電界吸収型光変調器集積 D F B レーザアレイを用いた構成となっている。具体的には、E A D F B レーザアレイ 3 C では、半導体レーザ素子として、D F B レーザを用いており（以下、D F B レーザ部と呼ぶ。）、変調器として、電界吸収型光変調器（以下、E A 部と呼ぶ。）を用いており、I n P ウェハ上に、4 組の D F B レーザ部及び E A 部を配列して集積している。なお、合波器としては、誘電体フィルタを用いており、E A D F B レーザアレイ 3 C には集積せず、それとは独立して設けている。従って、各 E A 部からの光路を、E A D F B レーザアレイ 3 C の外部に設けた誘電体フィルタ合波器 7 が合波することになる。なお、合波器は、実施例 1 で示したようなアレイ導波路格子合波器（A W G 合波器）でもよい。そして、E A D F B レーザアレイ 3 C の上面には、複数

50

の D F B レーザからのレーザ光の出力を制御するため、各 E A 部に対応する電極（第 1 の電極）が各々設けられている。

【0058】

又、E A D F B レーザアレイ 3 C では、チャンネル間隔を $500\text{ }\mu\text{m}$ とし、各チャンネルの波長は、チップ温度 25°C のとき、 1295 nm 、 1300 nm 、 1305 nm 、 1310 nm とした。又、データレート 25 Gbps 、NRZ とし、PRBS は $[2^{31}-1]$ の高周波信号を各チャンネルに供給する。

【0059】

そして、サブキャリア 4 B 上面に設けられた E A D F B レーザアレイ 3 C を間にして、同一の上面の両外縁側には、配線板支持板 1 2 が各々設けられている。この配線板支持板 1 2 は、材料が E A D F B レーザアレイ 3 C と同じ I n P を用いており、E A D F B レーザアレイ 3 C とは、厚さの差が $15\text{ }\mu\text{m}$ 以下となるように形成されている。又、配線板支持板 1 2 の上面には、フリップチップ配線板 1 5 を固定するバンプ用の電極（第 2 の電極）が設けられている。なお、この配線板支持板 1 2 は、1 個でもよいが、2 個以上あれば、より確実に、より安定して、フリップチップ配線板 1 5 を固定可能である。

【0060】

フリップチップ配線板 1 5 は、4 チャンネル分の高周波配線やグランド線を有するマイクロストリップ線路の配線形状になっている。フリップチップ配線板 1 5 自体は酸化アルミニウムを材料とし、高周波配線、グランド線は C u を材料としている。又、フリップチップ配線板 1 5 の上面に形成された 4 チャンネル分の高周波配線と下面に形成された金バンプ接点（第 3 の電極）は、フリップチップ配線板 1 5 を貫通して形成された貫通ビアで電氣的に接続されている。この金バンプ接点は、E A D F B レーザアレイ 3 C 上面の電極に対応した位置に配置されている。

【0061】

そして、E A D F B レーザアレイ 3 C 及び配線板支持板 1 2 の上面にフリップチップ配線板 1 5 が配置されており、E A D F B レーザアレイ 3 C とは、金バンプ 1 4 を介して、各々の配線同士を接続し、配線板支持板 1 2 とは、バンプ 1 6 を介して、接続している。フリップチップ配線板 1 5 において、金バンプ 1 4 との接続部分は金-金での超音波接合とし、配線板支持板 1 2 との接続部分は、バンプ 1 6 として、銀-スズ-銅合金半田を使い、半田接合とした。

【0062】

又、パッケージ 1 内部の対面する側面であって、フリップチップ配線板 1 5 の両端部に対面する側面には、パッケージ 1 外部の配線とフリップチップ配線板 1 5 との中継のために、中継高周波配線板 1 9 が設けられている。

【0063】

なお、本実施例では、E A D F B レーザアレイ 3 C 中に、D F B レーザと電界吸収型光変調器からなる電界吸収型光変調器集積 D F B レーザを 4 個配列しているが、電界吸収型光変調器集積 D F B レーザを 3 個以上配列した構成であれば、本発明の効果を奏することが可能である。

【0064】

（2．動作原理）

本実施例において、E A D F B レーザアレイ 3 C の各チャンネルに、どのようにして高周波信号を供給するかを説明する。

【0065】

中継高周波配線板 1 9 からパッケージ 1 に入ってきた高周波信号は、金ワイヤ 1 3 を介して、フリップチップ配線板 1 5 に入り、更に、金バンプ 1 4 を介して、E A D F B レーザアレイ 3 C の各 E A 部に供給される。E A D F B レーザアレイ 3 C によって光に変換された信号は、第 1 レンズアレイ 5 B を介してコリメート光になり、誘電体フィルタ合波器 7 を介して 1 つの光路に合波されて出力される。出力された光は、第 2 レンズ 9 によって集光されて、ピグテールファイバ 1 1 に結合される。

10

20

30

40

50

【0066】

(3. 組み立て工程)

まず、EADFBレーザアレイ3C及び配線板支持板12の作製手順を示す。

EADFBレーザアレイ3Cについては、一般的な手順で、例えば、非特許文献1のような手順で、EADFBレーザアレイ用InPウェハの成長面に電極のリフトオフパターン作製まで行う。又、配線板支持板12については、EADFBレーザアレイ3Cと同じInPからなる基板を用いる。

次に、成長面を蒸着される面としたEADFBレーザアレイ用InPウェハ及び配線板支持板用基板を共に真空蒸着機に入れ、電極を蒸着する。EADFBレーザアレイ用InPウェハに関してはリフトオフ工程を行う。つまり、EADFBレーザアレイ3Cとなるウェハ及び配線板支持板12となる基板の上面に電極（第1の電極、第2の電極）を形成している。

10

次に、EADFBレーザアレイ用InPウェハ及び配線板支持板用基板を共に表面研磨治具にエレクトロンワックスを用いて接着し、電極蒸着面とは反対側の面を臭素（Br）—メタノール混合溶液をエッチャントとした化学機械研磨を行い、所望の厚さまで研磨する。

最後に、EADFBレーザアレイ用InPウェハ及び配線板支持板用基板の研磨を行った面にも共に電極を蒸着し、その後、劈開により所望のサイズに切り出す。

【0067】

以上の手順を経ることで、同時に、かつ、同じ厚さ（厚さ誤差がほとんどない、あったとしても15 μ m以下）のEADFBレーザアレイ3C及び配線板支持板12を作製する。つまり、EADFBレーザアレイ3Cと配線板支持板12が同じ材料であるので、同じ手順を経て、同時に同じ厚さに作製可能となる。このようにして、EADFBレーザアレイ3Cと配線板支持板12の厚さ誤差が10 μ m程度で作製可能である。金バンプ14の厚さが40 μ m程度あるので、金バンプ14で厚さ誤差が十分吸収可能であることがわかる。

20

【0068】

次に、本実施例の多チャネル光送信モジュールの作製手順を以下に示す。

【0069】

まず、EADFBレーザアレイ3C及び配線板支持板12の下面側をサブキャリア4Bの同一の上面上に実装し、EADFBレーザアレイ3Cの電極に金バンプ14を形成する。

30

次に、EADFBレーザアレイ3C及び配線板支持板12の上面に、金バンプ14、バンプ16を介して、フリップチップ配線板15の下面側をフリップチップ実装する。このとき、金バンプ14を超音波接合した後、銀—スズ—銅合金半田からなるバンプ16が溶ける温度までリフロー炉で加熱して半田接合する。なお、フリップチップ配線板15には、予め、高周波配線、グランド線が形成されており、その下面側に金バンプ接点（第3の電極）が形成されている。

そして、サブキャリア4BをLDキャリア2に実装した後、EADFBレーザアレイ3CのDFBレーザ部とサブキャリア4Bをワイヤボンディングによって金ワイヤ13で結線する。

40

【0070】

そして、図11に示す実験系を用いて、第1レンズアレイ5Bの調芯を行う。具体的には、EADFBレーザアレイ3CのDFBレーザ部の4チャネル各々に、直流電源22及びDCプローブ21を用いて、電流を70mA程度供給する。この状態で、CCDカメラ24を用いて、EADFBレーザアレイ3Cから出力されたレーザ光のビーム形状を確認し、各チャネルから出力されたレーザ光のビーム形状、位置が、いずれのチャネルにおいても、光の進行方向のどの位置でも変わらなくなるように、第1レンズアレイ5Bの調芯を行い、YAGレーザ23による溶接で、第1レンズアレイ5BをLDキャリア2に固定する。

50

【0071】

次に、図12に示す実験系を用いて、4チャンネルから出力された各レーザ光が1つの光路に合波するように、誘電体フィルタ合波器7をLDキャリア2に実装していく。

具体的には、まず、EADFBレーザアレイ3Cのチャンネル2、3（図12中の中央の2つのチャンネル）各々から出力されたレーザ光が、CCDカメラ24で見て、光の進行方向のどの位置でも同一の場所になるように、誘電体フィルタ7-4、7-5を実装する。

次に、チャンネル1（図12中の上側のチャンネル）から出力されたレーザ光が、誘電体フィルタ7-4を通して、CCDカメラ24で見て、光の進行方向のどの位置でも同一の場所になるように、誘電体フィルタ7-3を実装する。

同様に、チャンネル4（図12中の下側のチャンネル）から出力されたレーザ光が、誘電体フィルタ7-5を通して、CCDカメラ24で見て、光の進行方向のどの位置でも同一の場所になるように、誘電体フィルタ7-6を実装する。

そして、チャンネル3、4（図12中の下側の2つのチャンネル）から出力されたレーザ光が、CCDカメラ24で見て、光の進行方向のどの位置でも同一の場所になるように、誘電体フィルタ7-2を実装する。

最後に、チャンネル1、2（図12中の上側の2つのチャンネル）から出力されたレーザ光が、誘電体フィルタ7-2を通して、CCDカメラ24で見て、光の進行方向のどの位置でも同一の場所になるように、誘電体フィルタ7-1を実装する。

以上により、光路を1つに合波することができる誘電体フィルタ合波器7を実装することになる。

【0072】

その後、パッケージ1の中にLDキャリア2を搭載する。次に、フリップチップ配線板15とパッケージ1側の中継高周波基板19との間をワイヤボンディングによって、金ワイヤ13で結線する。同時に、サブキャリア4Bとパッケージ1側の中継高周波基板19との各配線もワイヤボンディングによって、金ワイヤ13で結線する。

【0073】

最後に、前述の図7で示した実験系を用いて、第2レンズ9、ピグテールファイバ11の調芯を行う。具体的には、直流電源22を用いて、EADFBレーザアレイ3CのDFBレーザの任意の1チャンネルに、電流を100mA程度供給し、この状態で、光パワーメータ25に入るパワーが最大になるように、第2レンズ9、ピグテールファイバ11の調芯を行い、YAGレーザ23による溶接で、第2レンズ9、フェルルールカラー10、ピグテールファイバ11を固定する。以上で、多チャンネル光送信モジュールが完成する。

【0074】

(4. 多チャンネル光送信モジュールの特性)

アイパターン測定用実験系を図13に示す。この実験系の構成を簡単に説明する。多チャンネル光送信モジュール31を光ファイバ32の一端に接続し、その光ファイバ32の他端を光分波器33に接続する。光分波器33には、多チャンネル光送信モジュール31からのレーザ光を検出するフォトディテクタ34が接続されており、多チャンネル光送信モジュール31には直流電源39及びパルスパタンジェネレータ35が接続されており、更に、フォトディテクタ34にはサンプリングオシロスコープ36接続されている。従って、パルスパタンジェネレータ35の信号に基づいて出力される多チャンネル光送信モジュール31のレーザ光がフォトディテクタ34で検出され、検出されたレーザ光がサンプリングオシロスコープ36で解析される構成となっている。

【0075】

ここでは、比較として、図14に示す従来のワイヤ実装技術による多チャンネル光送信モジュールの測定も同時に行った。この従来のワイヤ実装技術による多チャンネル光送信モジュールは、上記フリップチップ配線板15を使わない構成である。

【0076】

この比較測定では、共に、外気25℃一定とし、DFBレーザ部のバイアス電流を100mA、EA部のバイアス電圧を-1.5V、入力信号の振幅を2.0Vppとした。こ

10

20

30

40

50

の比較測定において、チャンネル 2 は、従来のワイヤ実装技術による多チャンネル光送信モジュールが消光比 8. 0 d B であったのに対して、本実施例のブリッジ型配線板フリップチップ実装技術による多チャンネル光送信モジュールでは 9. 1 d B の消光比が得られた。

【0077】

又、4 チャンネル同時に、D F B レーザ部にバイアス電流 1 0 0 m A、E A 部にバイアス電圧 - 1. 5 V、入力信号の振幅 2. 0 V p p を印加した場合には、チャンネル 2 は、従来のワイヤ実装技術による多チャンネル光送信モジュールが消光比 7. 0 d B であったのに対して、本実施例のブリッジ型配線板フリップチップ実装技術による多チャンネル光送信モジュールでは 8. 3 d B の消光比が得られた。

【0078】

ビットエラーレート測定用実験系を図 1 5 に示す。次に、この実験系を用いて、B E R 特性を測定した。この実験系の構成を簡単に説明する。多チャンネル光送信モジュール 3 1 を光ファイバ 3 2 の一端に接続し、その光ファイバ 3 2 の他端を光分波器 3 3 に接続する。光分波器 3 3 には、多チャンネル光送信モジュール 3 1 からのレーザ光を検出するフォトディテクタ 3 4 が接続されており、多チャンネル光送信モジュール 3 1 には直流電源 3 9 及びパルスパタンジェネレータ 3 5 が接続されており、更に、フォトディテクタ 3 4 には、光可変減衰器 3 9 を介して、エラーディテクタ 3 7 が接続されている。従って、パルスパタンジェネレータ 3 5 の信号に基づいて出力される多チャンネル光送信モジュール 3 1 のレーザ光がフォトディテクタ 3 4 で検出され、検出されたレーザ光がエラーディテクタ 3 7 で解析される構成となっている。

【0079】

ここでは、従来のワイヤ実装技術による多チャンネル光送信モジュール及び本実施例のブリッジ型配線板フリップチップ実装技術による多チャンネル光送信モジュール共に、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。又、4 チャンネル同時動作時、チャンネル 2 の最小受光感度は、従来のワイヤ実装技術による多チャンネル光送信モジュールが - 7 d B m であったのに対して、本実施例のブリッジ型配線板フリップチップ実装技術による多チャンネル光送信モジュールでは - 8. 6 d B m であった。

【0080】

以上により、後述する図 1 9 に示すように、1 0 G b p s を超える高周波信号を扱うときに、信号劣化が少ない多チャンネル光送信モジュールが実現可能であることが明らかとなった。

【実施例 3】

【0081】

(1. 構成)

図 1 6 は、本実施例の多チャンネル光送信モジュールを示す構成図であり、図 1 6 (a) は、その上面図、図 1 6 (b) は、その側面図、図 1 6 (c) は、その背面図である。又、なお、本実施例の多チャンネル光送信モジュールにおいても、実施例 1 で説明した多チャンネル光送信モジュールと同等の構成には同じ符号を付している。

【0082】

本実施例の多チャンネル光送信モジュールは、その筐体となるパッケージ 1 と、パッケージ 1 の内部に設けられ、後述する M Z 集積レーザアレイ 3 D を冷却するためのペルチェ素子 6 と、ペルチェ素子 6 の上面に設けられ、その上面に M Z 集積レーザアレイ 3 D や後述する第 1 レンズ 5 A 等が配置される L D キャリア 2 と、L D キャリア 2 の上面に設けられ、その上面に M Z 集積レーザアレイ 3 D が配置される配線付きサブキャリア 4 B と、半導体レーザ素子及びその変調器の組が複数組集積されると共に、それらからの光路を合波する合波器が集積された M Z 集積レーザアレイ 3 D と、M Z 集積レーザアレイ 3 D からのレーザ光を集光する第 1 レンズ 5 A とを有している。このような構成により、M Z 集積レーザアレイ 3 D を、パッケージ 1 の内部に搭載している。

【0083】

又、パッケージ 1 の 1 つの側面（前面）の外側には、第 1 レンズ 5 A で集光したレーザ

光を集光し、後述するピグテールファイバ 11 に入射する第 2 レンズ 9 と、ピグテールファイバ 11 を保持するフェルールカラー 10 と、M Z 集積レーザアレイ 3 D からのレーザ光を外部へ伝搬するピグテールファイバ 11 とを設けている。

【0084】

本実施例では、多チャネル光送信用アレイデバイスとなる M Z 集積レーザアレイ 3 D として、2 チャネルの合波器付きマッハツェンダー変調器集積 D F B レーザアレイを用いた構成となっている。具体的には、M Z 集積レーザアレイ 3 D では、半導体レーザ素子として、D F B レーザを用いており（以下、D F B レーザ部と呼ぶ）、変調器として、マッハツェンダー変調器を用いており（以下、M Z 部と呼ぶ）、合波器として、多モード干渉型合波器（以下、M M I 合波器と呼ぶ。）を用いており、I n P ウェハ上に、2 組の D F B レーザ部及び M Z 部を配列して集積すると共に、各 M Z 部からの光路を合波する M M I 合波器を集積している。なお、合波器は、実施例 1 で示したアレイ導波路格子合波器（A W G 合波器）でもよい。そして、M Z 集積レーザアレイ 3 D の上面には、複数の D F B レーザからのレーザ光の出力を制御するため、各 M Z 部に対応する電極（第 1 の電極）が各々設けられている。

【0085】

又、M Z 集積レーザアレイ 3 D では、チャネル間隔を $1000\text{ }\mu\text{m}$ とし、各チャネルの波長は、チップ温度 25°C のとき、 1550 nm 、 1560 nm とした。又、データレート 50 Gbps 、N R Z とし、P R B S は $[2^{31}-1]$ の高周波信号を各チャネルに供給する。

【0086】

そして、サブキャリア 4 B 上面に設けられた M Z 集積レーザアレイ 3 D を間にして、同一の上面の両外縁側には、配線板支持板 12 が各々設けられている。この配線板支持板 12 は、材料として S i（シリコン）を用いており、M Z 集積レーザアレイ 3 D とは、厚さの差が $15\text{ }\mu\text{m}$ 以下となるように形成されている。又、配線板支持板 12 の上面には、フリップチップ配線板 15 を固定するバンプ用の電極（第 2 の電極）が設けられている。なお、この配線板支持板 12 は、1 個でもよいが、2 個以上あれば、より確実に、より安定して、フリップチップ配線板 15 を固定可能である。

【0087】

フリップチップ配線板 15 は、2 チャネル分（4 本）の高周波配線を有する差動マイクロストリップ線路の配線形状になっている。フリップチップ配線板 15 自体はレジンを材料とし、高周波配線は A 1 を材料としている。又、フリップチップ配線板 15 の上面に形成された 2 チャネル分（4 本）の高周波配線と下面に形成された金バンプ接点（第 3 の電極）は、フリップチップ配線板 15 を貫通して形成された貫通ビアで電氣的に接続されている。この金バンプ接点は、M Z 集積レーザアレイ 3 D 上面の電極に対応した位置に配置されている。

【0088】

そして、M Z 集積レーザアレイ 3 D 及び配線板支持板 12 の上面にフリップチップ配線板 15 が配置されており、M Z 集積レーザアレイ 3 D とは、金バンプ 14 を介して、各々の配線同士を接続し、配線板支持板 12 とは、金からなるバンプ 16 を介して、接続している。フリップチップ配線板 15 において、金バンプ 14 との接続部分及び配線板支持板 12 との接続部分は、金-金での超音波接合とした。

【0089】

又、パッケージ 1 内部の対面する側面であって、フリップチップ配線板 15 の両端部に対面する側面には、パッケージ 1 外部の配線とフリップチップ配線板 15 との中継のために、中継高周波配線板 19 が設けられている。

【0090】

なお、本実施例では、M Z 集積レーザアレイ 3 D 中に、2 つの D F B レーザと 2 つのマッハツェンダー変調器を配列しているが、D F B レーザを 1 個以上、マッハツェンダー変調器を 2 個以上配列した構成であれば、本発明の効果を奏することが可能である。

【0091】

(2. 動作原理)

本実施例において、MZ集積レーザアレイ3Dの各チャンネルに、どのようにして高周波信号を供給するかを説明する。

【0092】

中継高周波配線板19からパッケージ1に入ってきた高周波信号は、金ワイヤ13を介して、フリップチップ配線板15に入り、更に、金バンプ14を介して、MZ集積レーザアレイ3Dの各MZ部に供給される。MZ集積レーザアレイ3DのDFBレーザ部によって光に変換され、MZ部で変調された信号は、MMI合波器を介して、1つの導波路に合波されて出力される。出力された光は、第1レンズ5A、第2レンズ9によって集光されて、ピグテールファイバ11に結合される。

10

【0093】

(3. 組み立て工程)

まず、MZ集積レーザアレイ3D及び配線板支持板12の作製手順を示す。

MZ集積レーザアレイ3Dについては、一般的な手順で、例えば、非特許文献1のような手順で、MZ集積レーザアレイ用InPウェハの成長面に電極のリフトオフパターン作製まで行う。又、配線板支持板12については、シリコンからなる基板を用いる。

次に、成長面を蒸着される面としたMZ集積レーザアレイ用InPウェハ及び配線板支持板用基板を共に真空蒸着機に入れ、電極を蒸着する。MZ集積レーザアレイ用InPウェハに関してはリフトオフ工程を行う。つまり、MZ集積レーザアレイ3Dとなるウェハ及び配線板支持板12となる基板の上面に電極（第1の電極、第2の電極）を形成している。

20

次に、MZ集積レーザアレイ用InPウェハ及び配線板支持板用基板を共に表面研磨治具にエレクトロンワックスを用いて接着し、電極蒸着面とは反対側の面を、研磨粉としてアルミナ粉末を用いた機械研磨を行い、所望の厚さまで研磨する。

最後に、MZ集積レーザアレイ用InPウェハ及び配線板支持板用基板の研磨を行った面にも共に電極を蒸着し、その後、劈開により所望のサイズに切り出す。

【0094】

以上の手順を経ることで、同時に、かつ、同じ厚さ（厚さ誤差がほとんどない、あったとしても15 μm 以下）のMZ集積レーザアレイ3D及び配線板支持板12を作製する。つまり、MZ集積レーザアレイ3Dと配線板支持板12が同等の物性の材料であるので、同じ手順を経て、同時に同じ厚さに作製可能となる。このようにして、MZ集積レーザアレイ3Dと配線板支持板12の厚さ誤差が15 μm 程度で作製可能である。金バンプ14の厚さが40 μm 程度あるので、金バンプ14で厚さ誤差が十分吸収可能であることがわかる。

30

【0095】

本実施例の多チャンネル光送信モジュールの作製手順を以下に示す。

【0096】

まず、MZ集積レーザアレイ3D及び配線板支持板12の下面側をサブキャリア4Bの同一の上面上に実装すると共に終端抵抗18を実装し、MZ集積レーザアレイ3Dの電極に金バンプ14、配線板支持板12の電極に金からなるバンプ16を形成する。

40

次に、MZ集積レーザアレイ3D及び配線板支持板12の上面に、金バンプ14、バンプ16を介して、フリップチップ配線板15をフリップチップ実装する。このとき、金バンプ14、バンプ16を超音波接合する。

次に、サブキャリア4BをLDキャリア2に実装した後、MZ集積レーザアレイ3DのDFBレーザ部とサブキャリア4B、MZ集積レーザアレイ3DのMZ部の電極パッドと終端抵抗18を、ワイヤボンディングによって各々金ワイヤ13で結線する。

【0097】

そして、図17に示す実験系を用いて、第1レンズ5Aの調芯を行う。具体的には、MZ集積レーザアレイ3DのDFBレーザ部の任意の1チャンネルに、直流電源22及びDC

50

プローブ 21 を用いて、電流を 100 mA 程度供給する。この状態で、CCD カメラ 24 を用いて、MZ 集積レーザアレイ 3D から出力されたレーザ光のビーム形状を確認し、レーザ光のビーム形状、位置が、光の進行方向のどの位置でも変わらなくなるように、第 1 レンズ 5A を調芯し、YAG レーザ 23 による溶接で、第 1 レンズ 5A を LD キャリア 2 に固定する。

【0098】

その後、パッケージ 1 に実装したペルチェ素子 6 に LD キャリア 2 を搭載する。そして、フリップチップ配線板 15 とパッケージ 1 側の中継高周波基板 19 との間を金ワイヤ 13 で結線する。

【0099】

最後に、前述の図 7 で示した実験系を用いて、第 2 レンズ 9、ピグテールファイバ 11 の調芯を行う。具体的には、直流電源 22 を用いて、MZ 集積レーザアレイ 3D の DFB レーザ部の任意の 1 チャンネルに、電流を 100 mA 程度供給し、この状態で、光パワーメータ 25 に入るパワーが最大になるように、第 2 レンズ 9、フェルルカラー 10、ピグテールファイバ 11 の調芯を行い、YAG レーザ 23 による溶接で、第 2 レンズ 9、フェルルカラー 10、ピグテールファイバ 11 を固定する。以上で、多チャンネル光送信モジュールが完成する。

【0100】

(4. 多チャンネル光送信モジュールの特性)

前述の図 13 で示したアイパターン測定用実験系を用いて、多チャンネル光送信モジュールの特性評価を行った。ここでは、比較として、図 18 に示す従来のワイヤ実装技術による多チャンネル光送信モジュールの測定も同時に行った。この従来のワイヤ実装技術による多チャンネル光送信モジュールは、上記フリップチップ配線板 15 を使わない構成である。なお、MZ 集積レーザアレイ 3D において、図中（図 16、図 18 参照）の上側をチャンネル 1、下側をチャンネル 2 として説明する。

【0101】

この比較測定では、共に、25℃一定とし、DFB レーザ部のバイアス電流を 120 mA、MZ 部の左電極のバイアス電圧を -3.5 V、右電極のバイアス電圧を -3.0 V とし、両電極には差動信号を印加し、振幅を 3.0 Vpp とした。この比較測定において、チャンネル 2 は、従来のワイヤ実装技術による多チャンネル光送信モジュールが消光比 9.5 dB であったのに対して、本実施例のブリッジ型配線板フリップチップ実装技術による多チャンネル光送信モジュールでは 10.4 dB の消光比が得られた。

【0102】

又、2 チャンネル同時に、DFB レーザ部にバイアス電流 120 mA、MZ 部にバイアス電圧 -0.5 V、入力信号の振幅 2.0 Vpp を印加した場合には、チャンネル 2 は、従来のワイヤ実装技術による多チャンネル光送信モジュールが消光比 8.9 dB であったのに対して、本実施例の多チャンネル光送信モジュールでは 10.0 dB の消光比が得られた。

【0103】

次に、前述の図 15 で示したビットエラーレート測定用実験系を用いて、BER 特性を測定した。ここでは、従来のワイヤ実装技術による多チャンネル光送信モジュール及び本実施例のブリッジ型配線板フリップチップ実装技術による多チャンネル光送信モジュール共に、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。又、2 チャンネル同時動作時、チャンネル 2 の最小受光感度は、従来のワイヤ実装技術による多チャンネル光送信モジュールが -9 dBm であったのに対して、本実施例のブリッジ型配線板フリップチップ実装技術による多チャンネル光送信モジュールでは -11.2 dBm であった。

【0104】

以上により、10 Gbps を超える高周波信号を扱うときに、信号劣化が少ない多チャンネル光送信モジュールが実現可能であることが明らかとなった。

【0105】

参考のため、図 19 に、周波数特性のワイヤ長さ依存性のグラフを示す。これは、DF

10

20

30

40

50

Bレーザの内部を等価回路で表し、その等価回路に終端抵抗 40Ω （DFBレーザの寄生抵抗と合わせて 50Ω ）とワイヤのインダクタンス成分を直列に入れたときの周波数応答性をシミュレーションしたものである。なお、このシミュレーションでは、DFBレーザの光・電気変換は加味していない。図19のグラフからわかるように、ワイヤ長さが 0.7mm では 3dB 帯域は 10GHz 程度であり（実線参照）、ワイヤ長さを 0.3mm に抑えられれば、 3dB 帯域は 20GHz を越えるところまで行くが（一点鎖線参照）、ワイヤフリーの場合には、周波数応答性は 40GHz まで比較的フラットであり（二点鎖線参照）、 20Gbps を超える信号を伝送するには十分である。

【産業上の利用可能性】

【0106】

10

本発明は、 10Gbps を超える高周波信号を扱う多チャネル光送信モジュールに好適なものである。

【符号の説明】

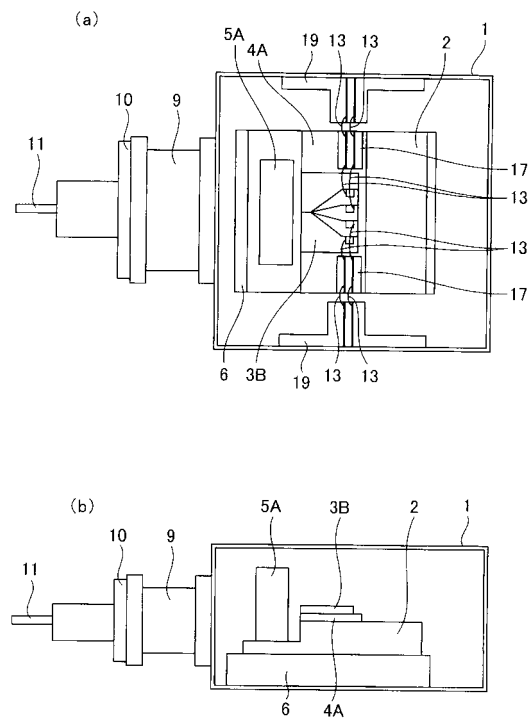
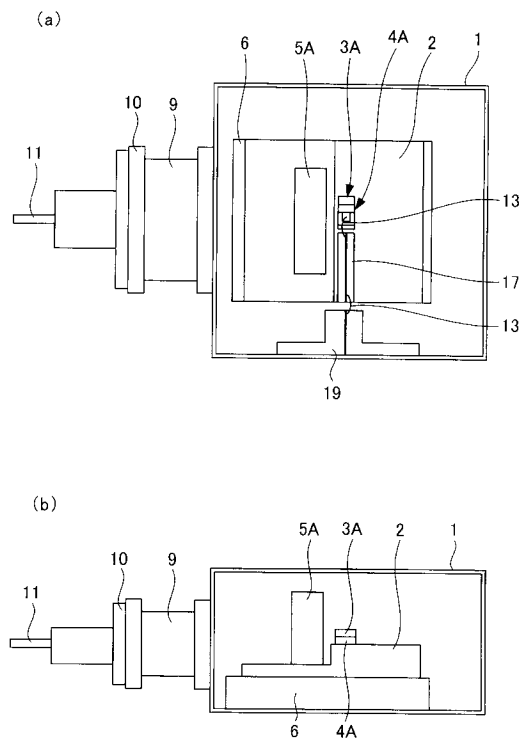
【0107】

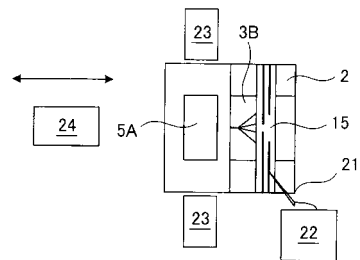
- 3B DFBレーザアレイ
- 3C EADFBレーザアレイ
- 3D MZ集積レーザアレイ
- 4A、4B サブキャリア
- 12 配線板支持板
- 14 金バンプ
- 15 フリップチップ配線板
- 16 バンプ

20

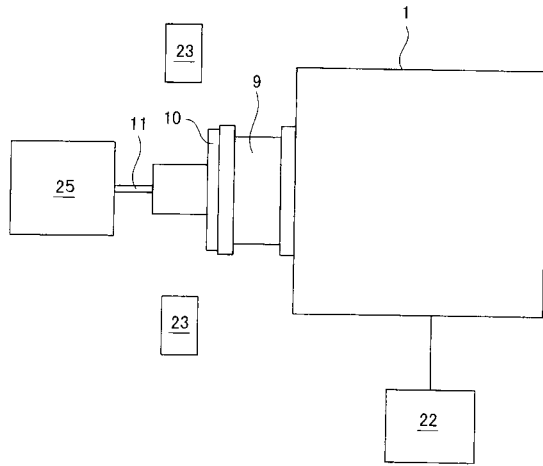
【図1】

【図2】

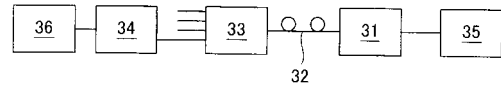




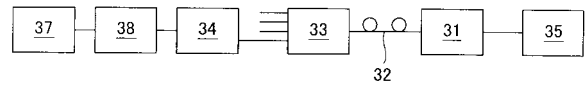
【図 7】



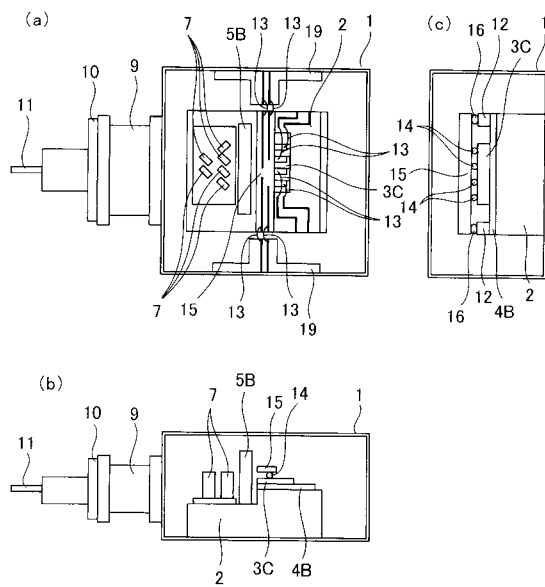
【図 8】



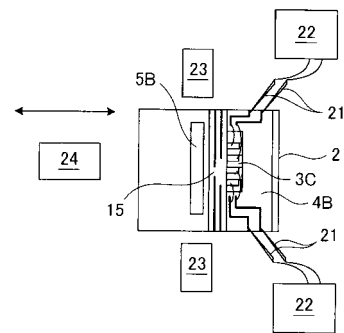
【図 9】



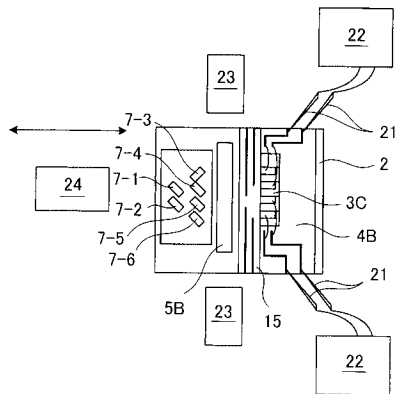
【図 10】



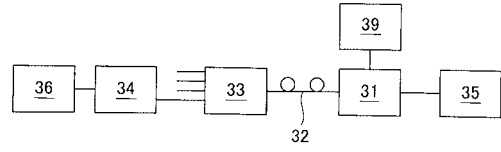
【図 11】



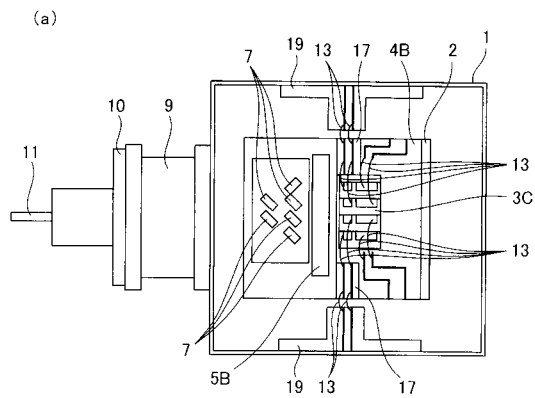
【図 1 2】



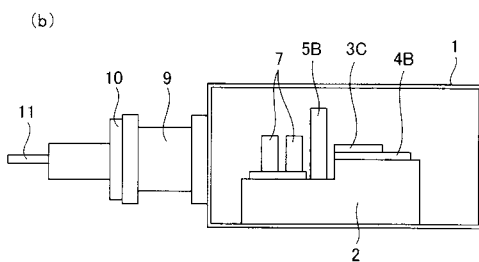
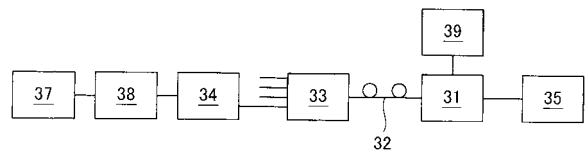
【図 1 3】



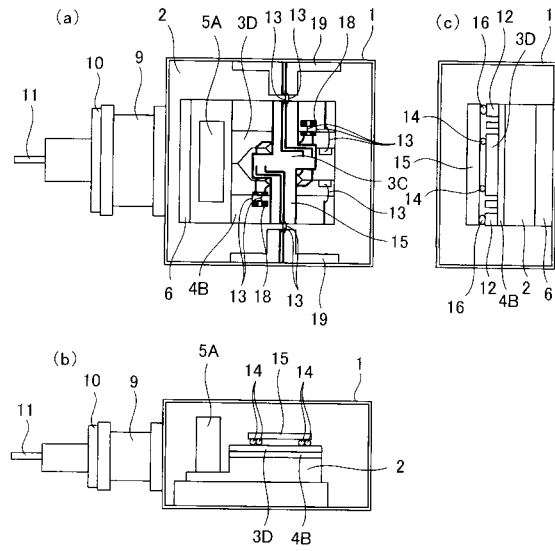
【図 1 4】



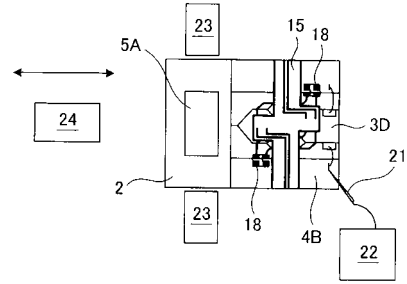
【図 1 5】



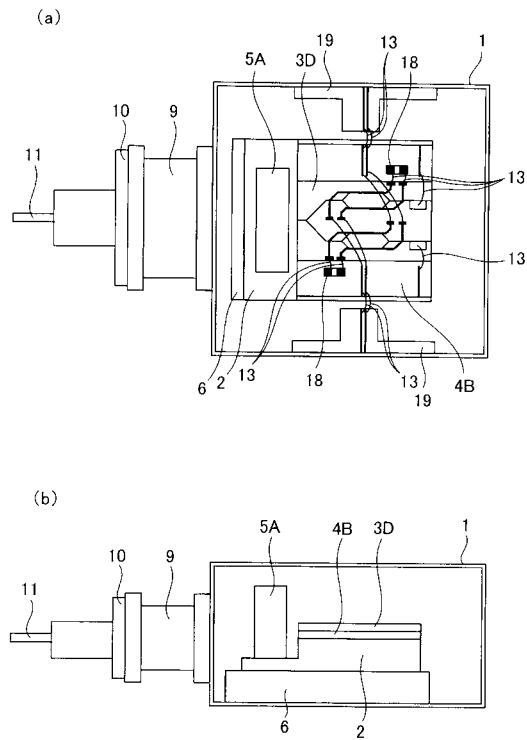
【図 16】



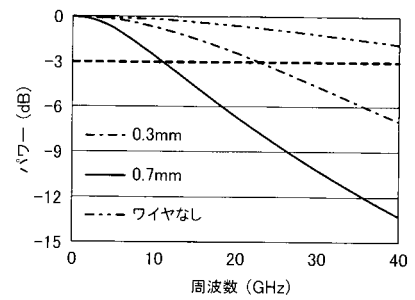
【図 17】



【図 18】



【図 19】



フロントページの続き

(72)発明者 藤澤 剛

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) 2H079 AA02 AA12 AA13 BA01 BA03 CA04 DA16 EA03 EA05 EA07
EB28 GA03 HA15 KA01 KA11 KA18 KA20
5F173 AB13 AD06 AD12 AD19 AH14 MA02 MB04 MC12 MC20 MD58
MD62 MD65 ME24 ME44 ME47