

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6029115号
(P6029115)

(45) 発行日 平成28年11月24日(2016.11.24)

(24) 登録日 平成28年10月28日(2016.10.28)

(51) Int. Cl.	F 1	
GO2B 6/32	(2006.01)	GO2B 6/32
GO2B 6/30	(2006.01)	GO2B 6/30
GO2B 6/36	(2006.01)	GO2B 6/36 301
GO2B 6/122	(2006.01)	GO2B 6/122
GO2B 6/13	(2006.01)	GO2B 6/13

請求項の数 17 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2014-64218 (P2014-64218)	(73) 特許権者	390009531
(22) 出願日	平成26年3月26日(2014.3.26)		インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・コーポレーション
(65) 公開番号	特開2015-184667 (P2015-184667A)		INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION
(43) 公開日	平成27年10月22日(2015.10.22)		アメリカ合衆国10504 ニューヨーク州 アーモンク ニュー オーチャードロード
審査請求日	平成28年1月5日(2016.1.5)		New Orchard Road, Armonk, New York 10504, United States of America
早期審査対象出願		(74) 代理人	100108501 弁理士 上野 剛史

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光デバイス、光コネクタ・アセンブリおよび光接続方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

それぞれ反射面を有する複数の導波路が形成された基板と、
前記複数の導波路に面し、複数のレンズがそれぞれ対応する反射面各々に位置合わせされて設けられる導波路側レンズアレイを備えるレンズアレイ部と、
複数のレンズがそれぞれ対応する前記導波路側レンズアレイのレンズ各々に位置合わせされて設けられる光伝送路側レンズアレイを備え、複数の光伝送路が挿入されそれぞれ対応する前記光伝送路側レンズアレイのレンズ各々に位置合わせされて固定されるコネクタ部であって、前記光伝送路側レンズアレイおよび前記導波路側レンズアレイが略平行に維持されるように前記レンズアレイ部の上面に当接する底面を有する、コネクタ部と
を含み、前記基板および前記レンズアレイ部は、それぞれ、前記導波路側レンズアレイのレンズ各々を対応する反射面各々に位置合わせする位置合わせ機構を構成する基板側部分およびレンズアレイ側部分を含む、光デバイス。

【請求項 2】

前記レンズアレイ側部分は、前記レンズアレイ部の底面の前記複数の導波路に面する領域の両側に設けられた少なくとも一対の矩形スタッドを含む、請求項 1 に記載の光デバイス。

【請求項 3】

前記基板側部分は、前記一対の矩形スタッドにおける 4 つの長側面のうちの外側または内側の 2 つと、前記一対の矩形スタッドのうちの一方にある 1 つの短側面と、他方にある

前記一方の短側面とは反対側の1つの短側面とを少なくとも受け止めるように前記基板の表面に設けられた、一揃いの位置決め部材を含む、請求項2に記載の光デバイス。

【請求項4】

前記一揃いの位置決め部材は、前記矩形スタッドを嵌合させる矩形溝、前記矩形スタッドの1つの角を受け止めるL字部材、前記矩形スタッドの2つの角を受け止めるコの字部材、またはこれらの組み合わせを含む、請求項3に記載の光デバイス。

【請求項5】

前記基板側部分は、前記導波路のコア材料を用いて形成される、請求項1～4のいずれか1項に記載の光デバイス。

【請求項6】

前記レンズアレイ側部分は、前記レンズアレイ部の底面の前記複数の導波路に面する領域の両側に設けられた少なくとも一対のテーパ形状を有する突起部を含み、前記基板側部分は、前記突起部各々が挿入されるように前記基板の表面に設けられた一対の溝または穴を含む、請求項1に記載の光デバイス。

【請求項7】

前記複数の導波路各々が有する反射面は、隣接する導波路間で軸方向に変位して設けられることで複数の列をなし、前記導波路側レンズアレイおよび前記光伝送路側レンズアレイのレンズは、前記反射面がなす複数の列に対応して複数の列をなす、請求項1～6のいずれか1項に記載の光デバイス。

【請求項8】

前記レンズアレイ部は、前記光伝送路側レンズアレイのレンズ各々が対応する前記導波路側レンズアレイのレンズ各々に位置合わせされるように前記コネクタ部を支持するホルダ部を含む、請求項1～7のいずれか1項に記載の光デバイス。

【請求項9】

前記レンズアレイ部および前記ホルダ部が一体形成され、前記ホルダ部および前記コネクタ部は、それぞれ、前記光伝送路側レンズアレイを位置合わせする位置合わせ機構を構成するホルダ側部分およびコネクタ側部分を含み、該位置合わせ機構により、前記光伝送路側レンズアレイのレンズ各々が、対応する前記導波路側レンズアレイのレンズ各々と位置合わせされる、請求項8に記載の光デバイス。

【請求項10】

それぞれ前記レンズアレイ部および前記コネクタ部が結合された複数の光コネクタ・アセンブリを前記基板に対して固定するとともにそれぞれアセンブリ毎の光伝送路を挿通する複数の開口を有する固定治具をさらに含む、請求項1～9のいずれか1項に記載の光デバイス。

【請求項11】

前記レンズアレイ部は、所定波長の光を透過する樹脂で形成されており、前記光デバイスは、前記複数の導波路が形成される導波路層の表面に前記反射面の箇所を挟んで形成されたリセス部を備え、前記レンズアレイ部の底面と前記導波路層とを接着する光硬化性接着層をさらに含む、請求項1～10のいずれか1項に記載の光デバイス。

【請求項12】

基板上のそれぞれ反射面を有する複数の導波路に面して設けられ、複数のレンズがそれぞれ対応する反射面各々に位置合わせされて設けられる導波路側レンズアレイを備えるレンズアレイ部と、

複数のレンズがそれぞれ対応する前記導波路側レンズアレイのレンズ各々に位置合わせされて設けられる光伝送路側レンズアレイを備え、挿入された複数の光伝送路をそれぞれ対応する前記光伝送路側レンズアレイのレンズ各々に位置合わせして固定するコネクタ部であって、前記光伝送路側レンズアレイおよび前記導波路側レンズアレイが略平行に維持されるように前記レンズアレイ部の上面に当接する底面を有する、コネクタ部と

を含み、前記レンズアレイ部は、前記導波路側レンズアレイのレンズ各々が対応する反射面各々に位置合わせされるように前記基板に対して位置合わせする位置合わせ機構のレ

10

20

30

40

50

レンズアレイ側部分を底面に有する、光コネクタ・アセンブリ。

【請求項 1 3】

前記位置合わせ機構を構成する前記レンズアレイ側部分は、前記レンズアレイ部の底面の前記複数の導波路に面する領域の両側に設けられた少なくとも一対の矩形スタッドまたはテーパ形状を有する突起部を含む、請求項 1 2 に記載の光コネクタ・アセンブリ。

【請求項 1 4】

前記レンズアレイ部は、前記光伝送路側レンズアレイのレンズ各々が対応する前記導波路側レンズアレイのレンズ各々に位置合わせされるように前記コネクタ部を支持するホルダ部をさらに含み、

前記ホルダ部は、前記レンズアレイ部と一体形成され、前記コネクタ部に結合する結合部が設けられる、請求項 1 2 または 1 3 に記載の光コネクタ・アセンブリ。

10

【請求項 1 5】

光接続を行う方法であって、

それぞれ反射面を有する複数の導波路が形成された基板を準備する工程と、

前記複数の導波路に面し、複数のレンズが設けられる導波路側レンズアレイを備えるレンズアレイ部を、前記導波路側レンズアレイのレンズ各々が対応する反射面各々に位置合わせされるように、前記基板上に配置する工程と、

複数のレンズが設けられる光伝送路側レンズアレイを備え、複数の光伝送路が挿入されそれぞれ対応する前記光伝送路側レンズアレイのレンズ各々に位置合わせされて固定されるコネクタ部を、前記光伝送路側レンズアレイのレンズ各々が対応する前記導波路側レンズアレイのレンズ各々に位置合わせされるように、前記レンズアレイ部に対し取り付ける工程であって、前記光伝送路側レンズアレイおよび前記導波路側レンズアレイが略平行に維持されるように前記コネクタ部の底面が前記レンズアレイ部の上面に当接する、当該取り付ける工程と

20

を含み、

前記基板を準備する工程は、前記導波路側レンズアレイを位置合わせする位置合わせ機構を構成する基板側部分を形成する工程を含み、

前記基板上に配置する工程は、前記レンズアレイ部の底面に設けられた前記位置合わせ機構を構成するレンズアレイ側部分を、前記基板の前記基板側部分に対して位置決めする工程を含む、光接続方法。

30

【請求項 1 6】

前記基板側部分を形成する工程は、

前記基板上の導波路層を構成するコア層をパターニングすることによって、前記複数の導波路を形成するとともに、前記基板側部分を形成する工程と、

前記基板側部分を露出し、パターニングされた前記複数の導波路のコア層を覆う上部クラッド層を形成する工程と

を含む、請求項 1 5 に記載の光接続方法。

【請求項 1 7】

前記基板を準備する工程は、前記複数の導波路が形成される導波路層の表面に前記反射面の箇所を挟んでリセスを形成する工程と、

40

前記基板の導波路層の表面に光硬化性接着剤を塗布する工程と

を含み、前記光接続方法は、

前記基板上に配置する工程後、前記基板上に配置された前記レンズアレイ部を通して光を照射し、前記光硬化性接着剤を硬化させて、前記レンズアレイ部の底面と前記導波路層とを接着する工程

をさらに含む、請求項 1 5 または 1 6 に記載の光接続方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、基板に導波路を備える光デバイスに関し、より詳細には、基板の導波路を外

50

部の光伝送路に接続することができる光デバイス、基板の導波路と外部の光伝送路とを接続するための光コネクタ・アセンブリおよび光接続方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、光インターコネクタ技術における消費電力の削減および高速化に対する要求がますます高まっている。消費電力の削減および高速化を同時に実現するため、光電気変換部の低電力化および高速化が進められるとともに、実装基板上での光信号の入出力部を半導体回路チップに対しより近接して設けた光マルチ・チップ・モジュール（光MCM：Optical Multi Chip Module）の開発が進められている。

【0003】

上述した光MCMの光配線は、外部の光配線回路に対し、光ファイバなどの光伝送路を介して低損失に接続することが求められる。従来技術では、光MCMの基板の側面部に設けた光コネクタを介して基板上の導波路と光ファイバとを接続する手法が用いられていた。図18は、従来技術における光MCMおよび光ファイバの接続構造を示す図である。図18(A)は、側面図を示し、図18(B)は、上面図を示す。

【0004】

図18に示す光MCM500において、有機基板502の表面には、基板端部から、搭載された半導体チップ520に近接する位置まで、導波路層510が形成されている。導波路層510各々には、コアを伝送してきた光を上方に向けて偏向し、または、上方からきた光をコア内に偏向する45°ミラー512が形成されている。導波路層510上のミラー512に対応する位置には、送信側ではVCSEL（Vertical Cavity Surface Emitting LASER）528が設けられ、受信側ではフォトダイオード（PD：Photo Diode）526が設けられ、これらはアンダーフィル516により固定されている。

【0005】

有機基板502上には、PD526からの電気信号を増幅するTIA/LIA（Transimpedance Amplifier / Limiting Amplifier）522と、VCSEL528を駆動するLDD（Laser Diode Driver）524とが設けられる。TIA/LIA522、LDD524、PD526およびVCSEL528は、ビア514を介して有機基板502に形成された電気配線506に接続される。また、有機基板502の基板端面には、光コネクタ540が設けられており、光コネクタ540を介してファイバ・リボン530と導波路層510とが接続される。

【0006】

光ファイバと導波路との光インターコネクタ技術に関しては、その他、特開2004-191565号公報（特許文献1）が知られている。特許文献1は、束ねられた光ファイバと、1次元または2次元に配列された光導波路または光電気変換素子とを備え、被位置決め部材を有する外部部品に光接続される光路変換コネクタを開示する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開2004-191565号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

しかしながら、今後、ますます高いバンド幅が求められ、チャンネル数が増加するに伴い、図18に示すような従来技術の光コネクタでは、有機基板502の基板側面で光ファイバ接続を行っているため、多チャンネル化に困難があった。基板側面で接続を得る構造では、基板厚さに制約があり、接続に利用可能な面積が限定され、光接続の構造が相対的に大きくなってしまったためである。また、低損失な光接続を実現するための光コネクタの位置合わせ公差を緩和することが望まれていた。上述した特許文献1に開示される光路変換コネクタも、高バンド幅化および多チャンネル数化に充分に対応できるものはなかった。

10

20

30

40

50

【0009】

本発明は、上記従来技術における不十分な点に鑑みてなされたものであり、本発明は、基板上に形成された複数の導波路を外部の光伝送路に対し接続する光接続構造の空間的制約を緩和し、位置合わせ公差を緩和することができる、光デバイス、光コネクタ・アセンブリおよび光接続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】

【0010】

上記課題を解決するために、本発明では、下記特徴を有する光デバイスを提供する。本光デバイスは、それぞれ反射面を有する複数の導波路が形成された基板と、レンズアレイ部と、コネクタ部とを含む。上記レンズアレイ部は、上記複数の導波路に面し、複数のレンズがそれぞれ対応する反射面各々に位置合わせされて設けられる導波路側レンズアレイを備える。上記コネクタ部は、上記複数のレンズがそれぞれ対応する導波路側レンズアレイのレンズ各々に位置合わせされて設けられる光伝送路側レンズアレイを備え、複数の光伝送路が、挿入されそれぞれ対応する光伝送路側レンズアレイのレンズ各々に位置合わせされて固定される。

10

【0011】

本発明では、また、上記導波路側レンズアレイを備えるレンズアレイ部と、光伝送路側レンズアレイを備え、挿入された複数の光伝送路をそれぞれ対応する光伝送路側レンズアレイのレンズ各々に位置合わせして固定するコネクタ部とを含む、光コネクタ・アセンブリを提供することができる。上記レンズアレイ部は、導波路側レンズアレイのレンズ各々が対応する反射面各々に位置合わせされるように基板に対して位置合わせする位置合わせ機構のレンズアレイ側部分を底面に有する。

20

【0012】

本発明では、さらに、下記特徴を有する光接続方法を提供することができる。本光接続方法は、それぞれ反射面を有する複数の導波路が形成された基板を準備する工程と、導波路側レンズアレイを備えるレンズアレイ部を、導波路側レンズアレイのレンズ各々が対応する反射面各々に位置合わせされるように基板上に配置する工程と、複数のレンズが設けられる光伝送路側レンズアレイを備え、複数の光伝送路が挿入されそれぞれ対応する光伝送路側レンズアレイのレンズ各々に位置合わせされて固定されるコネクタ部を、上記光伝送路側レンズアレイのレンズ各々が対応する導波路側レンズアレイのレンズ各々に位置合わせされるように、レンズアレイ部に対し取り付ける工程とを含む。

30

【発明の効果】

【0013】

上記構成により、基板上に形成された複数の導波路を外部の光伝送路に対し接続する光接続構造の空間的制約を緩和し、位置合わせ公差を緩和することができる。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】本発明の第1の実施形態による光マルチ・チップ・モジュールの構造および、光マルチ・チップ・モジュールと光ファイバとの間の接続構造を模式的に示す図。

【図2】本発明の第1の実施形態による光コネクタ・アセンブリが取り付けられる、基板上に形成された導波路を示す図。

40

【図3】本発明の第1の実施形態による光コネクタ・アセンブリの構造を示す図。

【図4】本発明の第1の実施形態による光コネクタ・アセンブリおよび対応する基板の構造を示す図。

【図5】本発明の第1の実施形態による光コネクタ・アセンブリを基板へ取り付ける光接続方法を説明する図(1/2)。

【図6】本発明の第1の実施形態による光コネクタ・アセンブリを基板へ取り付ける光接続方法を説明する図(2/2)。

【図7】好適な実施形態による導波路コアおよびダミーコアの形成方法を説明する図。

【図8】本発明の第1の実施形態による光コネクタ・アセンブリが取り付けられる基板の

50

他の構造を例示する図。

【図 9】本発明の第 1 の実施形態による光コネクタ・アセンブリが取り付けられる基板のさらに他の構造を例示する図。

【図 10】4 列にレンズが配列された基板側コンポーネントを示す上面図。

【図 11】光コネクタ・アセンブリを基板に固定する簡易な固定方法を示す図。

【図 12】光コネクタ・アセンブリを基板に固定する改良された固定方法を示す図。

【図 13】図 12 に示す改良された固定方法で用いることができる、溝およびリセスを形成するための 2 種類のマスクパターンを示す図。

【図 14】光コネクタ・アセンブリを構成するファイバ・コネクタを基板に固定する固定治具を示す図。

【図 15】光コネクタ・アセンブリを構成するファイバ・コネクタを基板に固定する他の固定治具を示す図。

【図 16】本発明の第 2 の実施形態による光マルチ・チップ・モジュールと光ファイバ・リボンとの間の接続構造を模式的に示す図 (1 / 2) 。

【図 17】本発明の第 2 の実施形態による光マルチ・チップ・モジュールと光ファイバ・リボンとの間の接続構造を模式的に示す図 (2 / 2) 。

【図 18】従来技術における光マルチ・チップ・モジュールおよび光ファイバの接続構造を示す図。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 5 】

以下、本発明の実施形態について、添付の図面を参照しながら説明するが、本発明は、添付の図面に示す実施形態に限定されるものではない。なお、添付の図面は、縮尺比に従って縮小または拡大されたものではないことに留意されたい。

【 0 0 1 6 】

[第 1 の実施形態]

以下、本発明の第 1 の実施形態による光デバイスおよび光コネクタ・アセンブリについて、光マルチ・チップ・モジュール 1 0 0 および光コネクタ・アセンブリ 1 3 2 を一例として説明する。

【 0 0 1 7 】

図 1 は、本発明の第 1 の実施形態による光マルチ・チップ・モジュール (以下、光 M C M と参照する。) 1 0 0 の構造、および、光 M C M 1 0 0 と光ファイバ・リボン 1 3 0 との間の接続構造を模式的に示す。図 1 (A) は、側面図を示し、図 1 (B) は、上面図を示す。

【 0 0 1 8 】

光 M C M 1 0 0 は、基板 1 0 2 上に、それぞれ電気的な論理回路を備える 1 以上の半導体チップ 1 2 0 を備える。基板 1 0 2 の表面には、半導体チップ 1 2 0 に近接する位置まで延びる導波路層 1 1 0 が形成されている。導波路層 1 1 0 は、1 次元的または 2 次元的に配列された複数の導波路を含み構成される。導波路層 1 1 0 を設け、半導体チップ 1 2 0 に可能な限り近接した箇所まで光信号として信号を伝達することによって、実装基板上の電気信号の伝送距離の短縮が図られている。信号の変調周波数が高くなると、電気信号では信号の歪みが大きく熱として消失してしまうからである。

【 0 0 1 9 】

導波路層 1 1 0 は、典型的には、ポリマー導波路として構成される。導波路層 1 1 0 のコア材およびクラッド材としては、ポリイミド樹脂、ポリエーテルイミド樹脂、ポリカーボネート系樹脂、ポリアミド系樹脂、シリコン樹脂、ポリウレタン系樹脂、アクリレート系樹脂、ポリシロキサン系樹脂、フェノール系樹脂、ポリキノリン系樹脂などの種々の樹脂が挙げられる。

【 0 0 2 0 】

導波路を伝送する光信号および半導体チップ 1 2 0 で扱われる電気信号間の光電変換は、フォトダイオード (P D) 1 2 6 および垂直共振器面発光レーザ (V C S E L) 1 2 8

10

20

30

40

50

によって行われる。導波路層 110 の導波路各々の一方の端部には、45° 傾斜の反射面 112 が形成されており、PD126 および VCSEL128 は、導波路が有する反射面 112 の位置に設けられ、アンダーフィル 116 により固定される。反射面 112 は、それぞれ、導波路を伝送してきた光を上方の PD126 の受光領域に向けて偏向し、または、上方の VCSEL128 から放出された光を導波路に入射するように偏向する。

【0021】

PD126 からの電気信号は、TIA/LIA122 で増幅される。VCSEL128 は、LDD124 によって駆動される。TIA/LIA122、LDD124、PD126 および VCSEL128 は、ビア 114 を介して基板 102 に形成された多層の電気配線 106 に接続される。基板 102 の裏面には、電気入出力部 104 が設けられており、光 MCM100 は、図示しないマザーボードに電氣的に接続される。

10

【0022】

導波路層 110 の導波路各々の他方の端部にも、45° 傾斜の反射面 118 が形成されており、導波路の光路を基板垂直方向へ偏向するよう構成されている。そして、基板 102 上面の導波路層 110 の反射面 118 の位置に、光コネクタ・アセンブリ 132 が設けられている。

【0023】

本発明の実施形態による光 MCM100 は、基板 102 の表面に形成された導波路層 110 と光ファイバ・リボン 130 とを光接続する光コネクタ・アセンブリ 132 を、基板上面に備えていることを特徴としている。第 1 の実施形態による光コネクタ・アセンブリ 132 は、基板 102 上の反射面 118 の領域に面して位置決めして設置される基板側コンポーネント 140 と、光ファイバ・リボン 130 が挿入および固定されて、基板側コンポーネント 140 に対し取り付けられるファイバ・コネクタ 150 とを含み構成され、これらの双方にマイクロレンズアレイを付属させた、上方アクセス型のコネクタ構造を有する。基板側コンポーネント 140 およびファイバ・コネクタ 150 は、それぞれ、第 1 の実施形態におけるレンズアレイ部およびコネクタ部を構成する。

20

【0024】

上記基板側コンポーネント 140 に付属するマイクロレンズアレイは、複数のマイクロレンズを備える。基板側コンポーネント 140 は、付属するマイクロレンズ各々が導波路各々に形成された反射面各々に位置合わせされるように基板 102 上に位置決め設置される。ファイバ・コネクタ 150 に付属するマイクロレンズアレイも同様に複数のマイクロレンズを備える。ファイバ・コネクタ 150 は、付属するマイクロレンズ各々が上記基板側コンポーネント 140 のマイクロレンズ各々に位置合わせされるように取り付けられる。

30

【0025】

本発明の第 1 の実施形態による光 MCM100 では、基板上面で上方から光ファイバを接続する構成とすることで、基板側面で接続する場合と比較した空間的な制約の緩和を図っている。同時に、双方のマイクロレンズアレイを介して導波路および光ファイバ間を結合する構成とすることで、導波路および光ファイバ間の位置合わせ公差の緩和を図っている。

40

【0026】

以下、図 2 ~ 図 6 を参照しながら、本発明の第 1 の実施形態による光コネクタ・アセンブリ 132 を用いた光接続構造について、より詳細に説明する。図 2 は、本発明の第 1 の実施形態による光コネクタ・アセンブリ 132 が取り付けられる、基板 102 に形成された導波路層 110 を示す上面図である。図 2 (A) は、2 列にレンズが配列されたマイクロレンズアレイを用いる場合の導波路を示し、図 2 (B) は、4 列にレンズが配列されたマイクロレンズアレイを用いる場合の導波路を示す。以下、まず、図 2 (A) および図 3 ~ 図 6 を参照しながら、マイクロレンズおよび導波路の反射面を 2 列に配列する実施形態について説明する。

【0027】

50

図2(A)に示すように、説明する実施形態では、導波路層110において、複数の導波路WGが基板水平方向に沿って設けられている。導波路WG各々には、45°の傾斜を有する反射面Mが形成されている。この反射面Mに合わせて、光ファイバFが位置決めされる。

【0028】

1000BASE-SX、LXなどの標準的な規格では、光ファイバのクラッド径は、直径約125μmであり、コア径は、マルチモードファイバの場合で約50μmまたは約62.5μmであり、シングルモードファイバの場合で約9.2μmである。また、光ファイバFのピッチは、標準規格では、250μmが一般的である。一方、導波路のコアは、典型的には、マルチモードで30~50μm角、シングルモード導波路で2~8μm角

10

【0029】

このように、導波路WGは、光ファイバFよりも小さい寸法で形成することができるが、光ファイバは、標準的な規格によってサイズが定められている。このため、基板側面で接続するような構造では、光ファイバより狭いピッチ間隔で導波路を形成することが空間制約上難しく、多チャンネル化および高密度化の障壁となる。

【0030】

そこで、本実施形態による光接続構造では、上述したように上方アクセス型とし、広い基板面を活用して、複数の導波路WG各々が有する反射面Mを、図2に示すように、隣接する導波路間で軸方向に変位させて複数の列をなすように設ける構成を採用する。マイクロレンズアレイも、反射面Mの配列に対応して、複数の列をなすように形成される。

20

【0031】

図2(A)に示す実施形態では、反射面Mは、導波路WGの配列において交互に位置をずらして形成されており、2列に構成されている。導波路WGの軸方向における変位量は、典型的には、1列分のファイバ・リボンやマイクロレンズ同士が重なり合わない距離とすることができる。

【0032】

このように、反射面Mを交互に位置をずらして複数列で配列させることにより、各列での光ファイバピッチの規格を満たすようにしながら、隣接する導波路間のピッチ間隔を、光ファイバのピッチ間隔を列数で割った長さまで狭ピッチ化することができる。ひいては、導波路を一行に並べその端面でファイバと接続する場合に比較して、導波路を高密度に実装することが可能となる。例えば、標準規格上ファイバピッチが250μmに定められているのであれば、反射面の配列を2列とすることにより、125μmまで狭ピッチ化することができる。

30

【0033】

なお、説明する実施形態では、説明の便宜上、基板水平方向に一行に導波路WGが配列された場合について説明するが、導波路WGの配列は、これに限定されるものではない。他の実施形態では、ポリマー導波路を積層することにより、基板垂直方向を含む2次元的に配列された導波路としてもよい。

【0034】

図3は、本発明の第1の実施形態による光コネクタ・アセンブリ132の構造を示す。図3(A)は、光コネクタ・アセンブリ132を構成する上部側のファイバ・コネクタ150の底面図を示す。図3(C)は、光コネクタ・アセンブリ132を構成する基板側コンポーネント140の上面図を示す。図3(B)は、ファイバ・コネクタ150および基板側コンポーネント140の側面図を示す。なお、図3(B)は、概ねファイバ・コネクタ150および基板側コンポーネント140を中央(図3(A)および(C)において矢印Aで示す。)で切断した断面図を表しているが、中央の前後に設けられるマイクロレンズ144, 154が模式的に図示されている点に留意されたい。

40

【0035】

図3に示すファイバ・コネクタ150は、上述した反射面Mの2次元配列に対応して2

50

列にマイクロレンズ154が配列されたマイクロレンズアレイ152を備える。基板側コンポーネント140も、上述した反射面Mの2次元配列に対応して2列にマイクロレンズ144が配列されたマイクロレンズアレイ142を備える。以下、ファイバ・コネクタ150に付属するマイクロレンズアレイを、ファイバ側マイクロレンズアレイ152と参照し、基板側コンポーネント140に付属するマイクロレンズアレイを、導波路側マイクロレンズアレイ142と参照する。

【0036】

ファイバ側マイクロレンズアレイ152は、ファイバ・コネクタ150の底面150aに設けられたくぼみ150b内に形成されている。導波路側マイクロレンズアレイ142も、基板側コンポーネント140の上面140aに設けられたくぼみ140b内に形成されている。図示しないが、ファイバ・コネクタ150の上面からは、光ファイバ・リボン130が挿入され、それぞれの端面が、対応するファイバ側マイクロレンズアレイ152のマイクロレンズ154各々に位置合わせされて固定される。

10

【0037】

好適な実施形態では、基板側コンポーネント140およびファイバ・コネクタ150は、さらに、ファイバ側マイクロレンズアレイ152を導波路側マイクロレンズアレイ142に対し位置合わせするための位置合わせ機構を含むことができる。

【0038】

説明する実施形態では、ファイバ・コネクタ150側の位置合わせ機構の部分として、ファイバ・コネクタ150の底面150aにおけるファイバ側マイクロレンズアレイ152の両側の箇所、一対の棒状スタッド156L, 156Rが形成されている。棒状スタッド156L, 156Rは、例えば円柱あるいは角柱として作成される。

20

【0039】

基板側コンポーネント140側の位置合わせ機構の部分としては、基板側コンポーネント140の上面140aにおける導波路側マイクロレンズアレイ142の箇所の両側に、それぞれ棒状スタッド156L, 156Rを嵌合する一対の穴または溝146L, 146Rが形成されている。なお、穴は、反対側まで貫通する空間を表し、溝は、反対側まで貫通していないくぼみの空間を表すが、本実施形態において、両者は代替可能である。

【0040】

図4は、本発明の第1の実施形態による光コネクタ・アセンブリ132および対応する基板102の構造を示す。図4(A)は、基板側コンポーネント140の上面図を示し、図4(C)は、基板102の上面図を示す。図4(B)は、基板側コンポーネント140および基板102の側面図を示す。図4(B)は、同様に、概ね基板側コンポーネント140および基板102を中央(矢印Aで図示する。)で切断した断面図を表しているが、中央の前後に設けられるマイクロレンズ144および後述するダミーコア170が模式的に図示されている点に留意されたい。また、図4(A)には、点線で、基板側コンポーネント140の底面140cに設けられる構造が示されている。

30

【0041】

本発明の第1の実施形態による基板側コンポーネント140および基板102は、導波路側マイクロレンズアレイ142のマイクロレンズ144各々を導波路層110の導波路各々が有する反射面M各々に対し位置合わせするための位置合わせ機構をさらに含む。説明する実施形態では、図4に示すように、基板側コンポーネント140の位置合わせ機構を構成する部分として、底面140cにおいて、導波路側マイクロレンズアレイ142が形成された部分に対応する領域の両側に、一対の細長の矩形スタッド148L, 148Rが形成されている。

40

【0042】

基板102の位置合わせ機構を構成する部分としては、導波路の配列168の反射面の配列176が形成された領域の両側に設けられた、上記一対の細長の矩形スタッド148L, 148Rを受け止める、一揃いの位置決め部材170L, 170Rが形成されている。

50

【 0 0 4 3 】

図 4 (B) および図 4 (C) に示すように、基板 1 0 2 上の下部クラッド層 1 6 0 上に複数のコア 1 6 4 が形成され、各コア 1 6 4 が、上部クラッド層 1 6 6 により覆われている。下部クラッド層 1 6 0、コア 1 6 4 および上部クラッド層 1 6 6 によって、上述した導波路の配列 1 6 8 が構成される。導波路の配列 1 6 8 には、さらに、4 5 ° 傾斜の反射面 M の配列 1 7 6 が形成される。

【 0 0 4 4 】

導波路の配列 1 6 8 が形成された領域の両脇では、上部クラッド層 1 6 6 が除去され、溝 1 7 2 L , 1 7 2 R が切られており、下部クラッド層 1 6 0 およびダミーコア 1 7 0 L , 1 7 0 R が露出されている。ダミーコア 1 7 0 L , 1 7 0 R は、コア材料を用いて、導波路のコア 1 6 4 と同時にパターンニングされた構造であり、コア 1 6 4 に対して高精度に位置決めされて形成されている。このため、ダミーコア 1 7 0 L , 1 7 0 R は、マイクロレンズアレイ 1 4 2 を導波路のコア 1 6 4 の反射面 M に位置合わせする際の水平方向および垂直方向における良好な位置基準点を与えることができる。

【 0 0 4 5 】

図 4 (C) に示すダミーコア 1 7 0 L , 1 7 0 R は、それぞれ、L 字形状を有しており、第 1 の実施形態においては、対角の関係にある 2 つの L 字型のダミーコア 1 7 0 L , 1 7 0 R が、上述した一揃いの位置決め部材を構成する。図 4 (C) には、破線 1 7 4 L , 1 7 4 R により、上記一对の細長の矩形スタッド 1 4 8 L , 1 4 8 R が位置決めされる下部クラッド層 1 6 0 上の位置が表されている。一对のダミーコア 1 7 0 L , 1 7 0 R は、この位置に配置された矩形スタッド 1 4 8 L , 1 4 8 R の角を受け止めて、基板水平方向において矩形スタッド 1 4 8 L , 1 4 8 R の位置がずれないように固定する。

【 0 0 4 6 】

図 5 および図 6 は、本発明の第 1 の実施形態による光コネクタ・アセンブリ 1 3 2 を基板 1 0 2 へ取り付ける光接続方法を説明する図である。図 5 は、正面から見た様子を示し、図 6 は、側方から見た様子を示す。なお、図 6 には、紙面左側のマイクロレンズの列に対応する反射面 M が図示され、一对の矩形スタッド 1 4 8 が配置される位置が破線 1 7 4 で示され、点線でダミーコア 1 7 0 の位置も示されている。また、基板側コンポーネント 1 4 0 およびファイバ・コネクタ 1 5 0 間の位置合わせ機構 1 4 6 , 1 5 6 も点線で示されている。

【 0 0 4 7 】

光コネクタ・アセンブリ 1 3 2 を用いた光接続方法では、まず、第 1 の工程では、それぞれ反射面 M を有する導波路のコア 1 6 4 が形成された基板 1 0 2 が準備される。続いて、第 2 の工程では、導波路側マイクロレンズアレイ 1 4 2 を備える基板側コンポーネント 1 4 0 を基板 1 0 2 上に配置し、取り付ける。上述したように、基板 1 0 2 および基板側コンポーネント 1 4 0 には、位置合わせ機構を構成する各部分が形成されている。基板側コンポーネント 1 4 0 の基板 1 0 2 への配置は、基板側コンポーネント 1 4 0 の底面 1 4 0 c に設けられた一对の矩形スタッド 1 4 8 L , 1 4 8 R を、基板 1 0 2 の一对のダミーコア 1 7 0 L , 1 7 0 R に対して位置決めすることを含む。

【 0 0 4 8 】

基板側コンポーネント 1 4 0 が基板 1 0 2 に取り付けられると、上記一对の矩形スタッド 1 4 8 L , 1 4 8 R が基板 1 0 2 上の上記一对の L 字のダミーコア 1 7 0 L , 1 7 0 R に受け止められ、その底部が下部クラッド層 1 6 0 の上面に当接する。これにより、導波路側マイクロレンズアレイ 1 4 2 のマイクロレンズ 1 4 4 各々が、対応する導波路 WG の反射面 M 各々に、平行を維持し、かつ、水平方向に位置合わせされる。また、この際、典型的には、ダミーコア 1 7 0 L , 1 7 0 R の周辺や導波路層 1 1 0 の上面に接着剤を塗布しておき、基板側コンポーネント 1 4 0 を基板 1 0 2 に接着することができる。

【 0 0 4 9 】

続いて、第 3 の工程では、光ファイバ・リボン 1 3 0 が挿入および固定されたファイバ・コネクタ 1 5 0 を基板側コンポーネント 1 4 0 に対し取り付ける。ファイバ・コネクタ

10

20

30

40

50

150が基板側コンポーネント140に取り付けられると、上記一对の棒状スタッド156L, 156Rと上記一对の穴または溝146L, 146Rとが嵌合し、さらに、ファイバ・コネクタ150の底面150aおよび基板側コンポーネント140の上面140aが当接する。これにより、ファイバ側マイクロレンズアレイ152のマイクロレンズ154各々が、対応する導波路側マイクロレンズアレイ142のマイクロレンズ144各々に対向して、平行を維持し、かつ、水平方向に位置合わせされる。棒状スタッド156L, 156Rおよび穴または溝146L, 146Rは、典型的には、挿抜可能に構成される。

【0050】

上述した構成を採用することにより、導波路WGと光ファイバF間の位置合わせの公差を、導波路WGおよび光ファイバFを直接位置合わせする場合と比較して、10倍程度まで好適に緩和することができる。そして、導波路WGが形成された基板102に対して、基板側コンポーネント140を設計通りの位置に配置および固定し、基板側コンポーネント140に対してファイバ・コネクタ150を取り付けることで、導波路WGと光ファイバFとの低損失な接続を簡便に実現することができる。

10

【0051】

以下、図7を参照しながら、好適な実施形態において位置合わせ機構を構成する基板側位置合わせ部材であるダミーコアを導波路とともに形成する方法について説明する。図7は、好適な実施形態による導波路コアおよびダミーコアの形成方法を説明する図であり、図7(A)~(E)は、それぞれ、当該形成方法における各工程の基板の断面図を示す。

【0052】

20

図7に示す導波路およびダミーコアの形成方法では、第1の工程では、基板200上に下部クラッド層202を形成する(図7(A))。続いて、第2の工程では、基板200上の下部クラッド層202の上にコア層204を塗布する(図7(B))。第3の工程では、フォトリソグラフィ法により、コア層204をパターニングし、導波路コアの配列204aと、L字型のダミーコア204bとを下部クラッド層202上に形成する(図7(C))。導波路コアの配列204aおよびL字型のダミーコア204bは、同じマスクパターンを用いて形成される。

【0053】

第4の工程では、コア層204を覆うように上部クラッド層206を塗布する(図7(D))。第5の工程では、フォトリソグラフィ法により、上部クラッド層206をパターニングし、ダミーコア214周辺に溝212を有し、ダミーコア214および下部クラッド層202が露出するとともに、パターニングされた導波路のコアの配列210を覆う上部クラッド層206を形成する(図7(E))。

30

【0054】

このように、好適な実施形態では、ダミーコア214は、導波路コアの配列210とともに同一マスクを用いて同一工程でパターニングされた構造として形成される。このため、ダミーコア214は、導波路コアの配列210に対し高精度な水平方向および垂直方向における位置基準点を与える。導波路コアの配列210およびダミーコア214を別々の工程で作成することを妨げるものではないが、同一の工程で同時に作成することにより、複数のマスクパターンの重ね合わせによる位置合わせ精度の劣化を好適に防止することができる。また、コア層は、クラッド層に比較して精度高くパターニングすることができるポリマー材料が知られており、リソグラフィ法を用いることにより、ダミーコア214を高い寸法精度で加工することができる。

40

【0055】

なお、コアのパターニング方法は、特に限定されるものではない。例えば、塗布したコア層の上にフォトマスクを配置して露光し、現像することで、パターニングされたコア層を形成する直接露光方式、フォトリソグラフィ法でフォトレジストのパターンをコア層上に形成し、反応性イオンエッチング(RIE)などのエッチング処理を施し、パターニングされたコア層を形成するRIE法、コア形状を有する金型を用いてクラッド層にコア形状を複製し、形成されたコア形状の溝にコア材を注入することでパターニングされたコア

50

層を形成する複製法など、いかなる方法で作成してもよい。

【0056】

また、導波路WGの経路中に形成される45°傾斜の反射面Mは、例えば、ダイシング加工やレーザ加工により、コアの光軸および基板上面に対し垂直な端面と、45°傾斜角を有する反射面Mとを切り出すことにより形成することができる。反射面Mには、さらに金やアルミニウムなどがマスク蒸着される。なお、反射面Mの形成方法は、特に限定されるものではなく、これまで既知の如何なる加工方法を用いて作成することができる。

【0057】

上述したファイバ・コネクタ150および基板側コンポーネント140の作成方法としては、特に限定されるものではないが、好ましい実施形態では、金型からポリマーへの転写などの方法により、高い寸法精度で一体形成することができる。ファイバ・コネクタ150および基板側コンポーネント140の材料は、特に限定されるものではないが、光透過性のポリマー材料を用いることができる。例示すると、上記導波路層について説明したような、ポリイミド樹脂、ポリエーテルイミド樹脂、ポリカーボネート系樹脂などの種々の樹脂が挙げられる。

【0058】

以下、図8および図9を参照しながら、光コネクタ・アセンブリ132が取り付けられる基板102の構造の他の実施形態について説明する。

【0059】

上述した第1の実施形態では、基板102の位置合わせ機構を構成する部分として、図4に示すように、一对の細長の矩形スタッド148L, 148Rの角を受け止める一对のL字型のダミーコア170L, 170Rを形成した。この一对のL字型のダミーコア170L, 170Rは、一对の矩形スタッド148L, 148Rそれぞれにおける2箇所の外側の角を含む4つの角に対して、対角線の関係にある2つの角からなる2組の角対のうちの1組の角対のそれぞれの角を受け止めるように形成されている。しかしながら、図4に示した位置決め部材の形状は例示であり、これに特に限定されるものではない。

【0060】

一般化すると、好ましい実施形態では、基板102側に形成される位置合わせ部分は、上記一对の矩形スタッド148における4つの長側面のうちの外側または内側の2つと、一对の矩形スタッドのうち的一方にある1つの短側面と、他方にある反対側の1つの短側面とを少なくとも受け止めるように形成することができる。上記一揃いの位置決め部材は、細長の矩形スタッドを嵌合させる矩形溝、矩形スタッドの1つの角を受け止めるL字部材、矩形スタッドの2つの角を受け止めるコの字部材、またはこれらの組み合わせを含むことができる。

【0061】

図8および図9は、本発明の第1の実施形態による光コネクタ・アセンブリ132が取り付けられる基板102の他の構造を例示する図である。

【0062】

図8(A)および図8(B)は、L字型のダミーコア170L, 170Rに代えて、上部クラッド層166に溝180L, 180Rが形成された基板を例示する。溝180L, 180Rは、一对の細長の矩形スタッド148R, 148Lをちょうど嵌合させる寸法で形成されている。溝180L, 180Rは、フォトリソグラフィ法で形成してもよいし、レーザ加工により形成してもよい。図8(C)および図8(D)は、リソグラフィ法により、コア材料を用いて、矩形スタッド148R, 148Lを嵌合させる溝180L, 180Rを形成した場合を例示する。

【0063】

図8に示す実施形態では、基板側コンポーネント140が基板102に取り付けられると、上記一对の細長の矩形スタッド148L, 148Rが、基板102上の一对の溝180L, 180Rに嵌めこまれる。矩形スタッド148は、その側面が溝180の対応する側面で受け止められ、矩形スタッド148の底面が、溝180の底面にある下部クラッド

10

20

30

40

50

層 160 の上面に当接する。これにより、導波路側マイクロレンズアレイ 152 が、対応する導波路の反射面に、水平方向および垂直方向で位置合わせされる。特に図 8 (C) および図 8 (D) で示す実施形態では、溝 180 L, 180 R がコア材料を用いて導波路のコアと同時に形成されているので、第 1 の実施形態と同様に、高い加工寸法の精度および導波路のコアと高い位置合わせ精度で形成できる。

【0064】

図 9 (A) に示す実施形態では、合計 4 つの L 字型のダミーコア 170 LT, 170 LB, 170 RT, 170 RB が形成されている。合計 4 つの L 字型のダミーコア 170 は、一对の矩形スタッド 148 L, 148 R それぞれにおける 2 箇所の外側の 4 つの角を受け止めている。図 9 (B) に示す実施形態では、一对の矩形スタッド 148 における対向する側面以外の側面を受け止めるように、一对のコの字型のダミーコア 170 が形成されている。図 9 (C) に示す実施形態では、一对の矩形スタッド 148 それぞれにおける内側の 4 つの角を受け止めるように一对の L 字型のダミーコア 170 L, 170 R が形成されている。

【0065】

上述したように、一对の矩形スタッド 148 の基板水平方向の移動の自由度を制限するように導波路層 110 に一揃いの位置決め部材を形成することで、基板 102 に対し基板側コンポーネント 140 を良好に設置することができるようになる。

【0066】

以下、図 2 (B) および図 10 を参照しながら、4 列にレンズが配列されたマイクロレンズアレイを用いる場合の接続構造について説明する。図 2 (B) は、4 列にレンズが配列されたマイクロレンズアレイを用いる場合の導波路の上面図を示し、図 10 は、4 列にレンズが配列された基板側コンポーネント 140 の上面図を示す。

【0067】

図 2 (B) に示す実施形態では、反射面 M は、導波路の配列において 4 つの導波路を単位として、隣接する導波路間で位置をずらして形成されており、4 列に構成されている。図 10 に示す基板側コンポーネント 140 は、上述した反射面 M の 2 次元配列に対応して 4 列にレンズ 144 がスタガ配列されたマイクロレンズアレイ 142 を備える。これに対応して、ファイバ・コネクタ 150 においても、上述した反射面 M の 2 次元配列に対応して 4 列にマイクロレンズ 154 がスタガ配列されたマイクロレンズアレイ 152 を備えられることになる。

【0068】

図 2 (A) ~ 図 9 および図 2 (B) および図 10 を参照して説明したように、スタガ型に反射面およびマイクロレンズの配列数を増やすことによって、導波路のピッチ間隔を光ファイバのピッチ間隔を列数で割った長さまで、また好ましくはファイバ外径よりも小さいサイズまで、狭小化することが可能となる。

【0069】

以下、図 11 ~ 図 15 を参照しながら、本発明の第 1 の実施形態による光コネクタ・アセンブリ 132 を基板 102 に固定する固定方法について説明する。

【0070】

図 11 は、光コネクタ・アセンブリ 132 を基板 102 に固定する簡易な固定方法を示す。上述したように基板 102 の導波路層 110 には、上部クラッド層 166 には、下部クラッド層 160 およびダミーコア 170 L, 170 R を露出させる溝 172 L, 172 R が形成されている。図 11 に示す固定方法では、まず、この溝 172 L, 172 R の矩形スタッド 148 が配置される箇所 174 L, 174 R 周辺に光硬化性接着剤 190 を塗布する。光コネクタ・アセンブリ 132 のうちの少なくとも基板側コンポーネント 140 は、光硬化性接着剤を硬化させる特定波長に対し光透過性を有する材料で形成されている。

【0071】

基板側コンポーネント 140 を導波路層 110 上に設置した後、上方から基板側コンポ

10

20

30

40

50

ーメント 140 を通して硬化用の光を照射し、光硬化性接着剤 190 を硬化する。これにより、光コネクタ・アセンブリ 132 を構成する基板側コンポーネント 140 を基板 102 に固定する。その後は、光ファイバ・リボン 130 が固定されたファイバ・コネクタ 150 を、基板側コンポーネント 140 に嵌めこめば、光接続が完成する。

【0072】

図 12 は、光コネクタ・アセンブリ 132 を基板 102 に固定する改良された固定方法を示す。図 12 に示す改良された固定方法では、基板 102 上の導波路層 110 の上部クラッド層 166 の表面における反射面 M の配列 176 を挟んだ箇所にリセス 192 が形成される。

【0073】

上記リセス 192 は、導波路層 110 の上部クラッド層 166 の表面を浅く切削加工することによって形成することができる。あるいは、導波路層 110 の上部クラッド層 166 を成形する際に、図 13 (A) および図 13 (B) に示すような 2 つのマスクを用いて 2 層でパターンングすることで形成してもよい。図 13 (A) に示す第 1 のマスクパターンは、溝 172 を画定し、第 2 のマスクパターンは、溝 172 およびリセス 192 の両方を画定するものである。

【0074】

図 12 に示す改良された固定方法では、基板側コンポーネント 140 を基板 102 上に配置した後、破線 190 で示すように、溝 172 の部分を含む導波路層 110 の表面に光硬化性接着剤を塗布する。このとき、リセス 192 は、導波路層 110 の表面に塗布された接着剤が、導波路層 110 中に形成された 45° マイクロミラーの空間に流入してしまうことを防止するはたらきをする。

【0075】

図 12 に示す固定方法では、図 11 に示した溝 172 の部分にのみ接着剤を塗布する場合に比較して、より大きな接着面積を確保することができる。光ファイバ・リボン 130 にかかる引っ張り力に対する耐性を向上させることができる。また、有機材料の基板 102 上に形成された導波路層 110 と、基板側コンポーネント 140 との間には、通常、熱膨張係数に差がある。図 12 に示すように、導波路層 110 の表面で基板側コンポーネント 140 の底面と広く接着させることにより、熱膨張係数の差に起因した熱ずれを好適に防止することができる。

【0076】

図 14 は、光コネクタ・アセンブリ 132 を構成するファイバ・コネクタ 150 を基板 102 に固定する固定治具 300 を示す。図 14 (A) は、基板 102 の上面図を示し、図 14 (B) は、基板 102、光コネクタ・アセンブリ 132 および固定治具 300 の側面図を示す。なお、図 14 (B) は、概ね光ファイバ・リボン 130 が挿入される開口部 302 の中央で切断した断面図を表しているが、中央の前後に設けられる固定治具 300 の締結穴 304、308 および締結部材 306 などが模式的に図示されている点に留意されたい。

【0077】

図 14 に示す固定治具 300 は、光コネクタ・アセンブリ 132 毎のファイバ・リボン 130 が挿入される開口部 302 と、ねじなどの締結部材を挿通する締結穴 304 を有する。固定治具 300 の開口部 302 は、光ファイバ・リボン 130 を挿通し、ねじなどの締結部材 306 を、締結穴 304 を通して基板 102 側の締結穴 308 に螺合させることで、基板 102 上面と、固定治具 300 の下面との間に光コネクタ・アセンブリ 132 を挟み込み固定する。

【0078】

図 15 は、光コネクタ・アセンブリ 132 を構成するファイバ・コネクタ 150 を基板 102 に固定する他の固定治具 300 を示す。図 15 は、基板 102、光コネクタ・アセンブリ 132 および固定治具 300 の斜視図を示している。

【0079】

10

20

30

40

50

図15に示す固定治具300は、図14に示したものと同様に、光コネクタ・アセンブリ132毎の光ファイバ・リボン130が挿入される開口部302および締結穴304を有する。固定治具300に設けられた開口部302は、少なくともファイバ・コネクタ150を挿通する寸法を有しており、開口部302の周辺には、開口部302の一部を開閉するストッパ300aが設けられている。ファイバ・コネクタ150を開口部302に挿通した後、ストッパ300aを倒し、開口部302の一部を閉じることにより、固定治具300から光ファイバ・リボン130が抜けなくなる。

【0080】

図15に示す固定治具300も光ファイバ・リボン130を挿通し、締結部材306を、締結穴304を通して基板102側の締結穴308に螺合させることで、基板102上
10
面と、固定治具300の下面との間に光コネクタ・アセンブリ132を挟み込み固定することができる。

【0081】

図14または図15に示した固定治具300を用いることにより、図11～図13に示した接着剤のみで固定する場合に比較して、光ファイバ・リボン130にかかる引っ張り力に対する耐性をさらに向上させることができる。

【0082】

[第2の実施形態]

上述した第1の実施形態による光コネクタ・アセンブリ132は、基板側コンポーネント140およびファイバ・コネクタ150の2部品で構成されていた。そして、一体形成
20
された部品である基板側コンポーネント140において、ファイバ・コネクタ150と結合する結合部として、穴または溝146が設けられていた。すなわち、第1の実施形態による基板側コンポーネント140は、導波路側マイクロレンズアレイ142を備えるレンズアレイ部の役割を有するとともに、ファイバ・コネクタ150を支持するホルダ部の役割を有する。

【0083】

以下、ファイバ・コネクタ450を支持するファイバ・ホルダ460が、マイクロレンズアレイを備えるレンズアレイ440とは独立した部品として構成される、第2の実施形態について、図16および図17を参照して説明する。なお、図16および図17は、導波路層の反射面Mが4列を構成し、マイクロレンズアレイもこれに対応して4列を構成する
30
実施形態を説明する。

【0084】

図16および図17は、本発明の第2の実施形態による光MCM400と光ファイバ・リボン430との間の接続構造を模式的に示す図である。図16(A)は、導波路の軸方向に対して側方から見た側面図を示し、図16(B)は、導波路の軸方向から見た側面図を示す。図17(A)は、レンズアレイ440の上面図を示し、図17(C)は、基板402の上面図を示す。図17(B)は、レンズアレイ440および基板402の導波路の軸方向から見た側面図を示し、概ねレンズアレイ440および基板402を位置合わせ部材の中央で切断した断面図を表しているが、中央の前後に設けられるマイクロレンズが模式的に図示されている点に留意されたい。また、図17(A)には、点線で、レンズアレイ440の底面に設けられるピン444L, 444Rが示されている。
40

【0085】

第2の実施形態においても、第1の実施形態と同様に、導波路層110の導波路412各々の端部に、45°傾斜の反射面418が形成され、基板402上の反射面418の位置に、第2の実施形態による光コネクタ・アセンブリ432が配置される。

【0086】

本発明の第2の実施形態による光コネクタ・アセンブリ432は、導波路側マイクロレンズアレイ442を備えるレンズアレイ440と、ファイバ側マイクロレンズアレイ452を備えるファイバ・コネクタ450と、さらに、レンズアレイ440およびファイバ・コネクタ450を収容するファイバ・ホルダ460とを含み構成される。
50

【 0 0 8 7 】

レンズアレイ 4 4 0 は、これに付属するマイクロレンズアレイ 4 5 2 のマイクロレンズ各々が導波路各々に形成された反射面 4 1 8 各々に位置合わせされるように基板 1 0 2 上に位置決め設置される。

【 0 0 8 8 】

本発明の第 2 の実施形態によるレンズアレイ 4 4 0 および基板 4 0 2 は、上記位置合わせするための位置合わせ機構をさらに含み構成される。説明する実施形態では、図 1 6 (B) および図 1 7 に示すように、レンズアレイ 4 4 0 の位置合わせ機構を構成する部分としては、底面における導波路側マイクロレンズアレイ 4 4 2 に対応する領域の両側に、一対のテーパ形状を有する突起部 (ピン) 4 4 4 L , 4 4 4 R が形成されている。これに対応して、基板 4 0 2 の導波路層 4 1 0 においては、上記ピン 4 4 4 L , 4 4 4 R が挿入される一対の溝 4 1 6 L , 4 1 6 R が基板 4 0 2 に設けられている。

10

【 0 0 8 9 】

溝 4 1 6 は、フォトリソグラフィ時のパターン形成、または導波路層 4 1 0 を形成した後のレーザ加工により導波路層に設けられる。ピン 4 4 4 L , 4 4 4 R がテーパ形状を有することにより、簡便に精度高く、レンズアレイ 4 4 0 を導波路層 4 1 0 上の適切な位置 4 2 0 に位置決めすることが可能となる。レンズアレイ 4 4 0 は、導波路層 4 1 0 に接着剤などで固定される。

【 0 0 9 0 】

ファイバ・ホルダ 4 6 0 には、上部にファイバ・コネクタ 4 5 0 を収容する上部開口部 4 6 0 a が設けられ、下部にレンズアレイ 4 4 0 を収容する下部開口部 4 6 0 b が設けられている。上部開口部 4 6 0 a および下部開口部 4 6 0 b は、ファイバ・コネクタ 4 5 0 およびレンズアレイ 4 4 0 を収容したときに、ファイバ側マイクロレンズアレイ 4 5 2 のレンズ各々が、対応する導波路側側マイクロレンズアレイ 4 4 2 に位置合わせされるように互いの位置を定めて形成される。

20

【 0 0 9 1 】

下部開口部 4 6 0 b は、レンズアレイ 4 4 0 を若干の隙間をもって内包できる寸法で形成される。ファイバ・ホルダ 4 6 0 が基板 4 0 2 上に設置されると、下部開口部 4 6 0 b に、基板 4 0 2 に位置決めされたレンズアレイ 4 4 0 が収容される。ファイバ・ホルダ 4 6 0 は、貫通ピン 4 6 2 などにより、基板 4 0 2 に固定される。

30

【 0 0 9 2 】

上部開口部 4 6 0 a も、余裕をもってファイバ・コネクタ 4 5 0 を収容できる寸法を有している。ファイバ・コネクタ 1 5 0 は、上部開口部 4 6 0 a のくぼみ中に挿入され、これにより、ファイバ側マイクロレンズアレイ 4 5 2 各々が導波路側マイクロレンズアレイ 4 4 2 のマイクロレンズ各々に位置合わせされる。上部開口部 4 6 0 a のくぼみにおけるファイバ・コネクタ 4 5 0 に当接する底面は、ファイバ側マイクロレンズアレイ 4 5 2 のレンズ各々が、下部開口部 4 6 0 b に収容される導波路側マイクロレンズアレイ 4 4 2 のレンズ各々と平行を維持できるように形成される。

【 0 0 9 3 】

上部開口部 4 6 0 a には、図 1 6 (B) に示すように、ファイバ・コネクタ 4 5 0 を上方から挿入しやすくするようなテーパ 4 6 0 c が形成されている。上部開口部 4 6 0 a に収容されたファイバ・コネクタ 4 5 0 は、個々の基板 4 0 2 上のファイバ・ホルダ 4 6 0 に、板ばね状のクリップなどのラッチ・リリース機構 4 7 0 を用いて固定される。

40

【 0 0 9 4 】

以上説明した実施形態によれば、基板上面で上方から光ファイバを接続する構成とすることで、基板側面で接続する場合と比較した空間的な制約が緩和される。同時に、双方のマイクロレンズアレイを介して導波路および光ファイバ間を結合する構成とすることで、導波路および光ファイバ間の位置合わせ公差が緩和される。導波路および光ファイバ間の位置合わせの公差は、典型的には、導波路および光ファイバを直接位置合わせする場合と比較して、10 倍程度まで好適に緩和される。例えば、0.5 dB 以下の損失を目標とし

50

た場合、上記位置合わせ公差は、従来では数 μm まで要求されるが、本発明の実施形態による構成では、数十 μm 程度まで緩和することができる。

【0095】

また、従来技術では、光ファイバのピッチ間隔が定まっているため、導波路を狭小化することができず、光コネクタ自体を小型化することが難しかった。これに対して、上述した構成を採用することで、光コネクタ・アセンブリ自体のサイズを小型化することができ、同一実装面積上に、より多数の光コネクタ・アセンブリを配置して、多チャンネル化および高バンド幅化を図ることが可能となる。実装基板上で多チャンネルの光信号の入出力部が半導体回路チップに対し近接して設けた光MCMを作成することができるので、ますます高まる光インターコネクタにおける消費電力の削減および高速化に対する要求に応えることができる。

10

【0096】

以上説明したように、本発明の実施形態によれば、基板上に形成された複数の導波路を外部の光伝送路に対し接続する光接続構造の空間的制約を緩和し、位置合わせ公差を緩和することができる、光デバイス、光コネクタ・アセンブリおよび光接続方法を提供することができる。

【0097】

これまで本発明を、特定の実施形態をもって説明してきたが、本発明は、上述までの実施形態に限定されるものではなく、他の実施形態、追加、変更、削除など、当業者が想到することができる範囲内で変更することができ、いずれの態様においても本発明の作用・効果を奏する限り、本発明の範囲に含まれるものである。

20

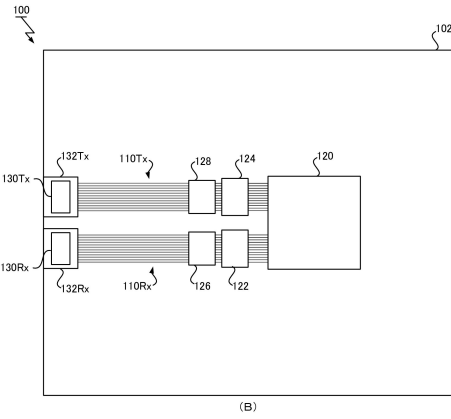
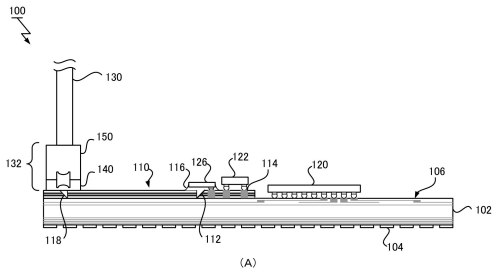
【符号の説明】

【0098】

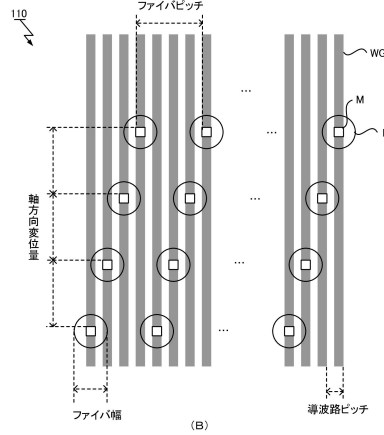
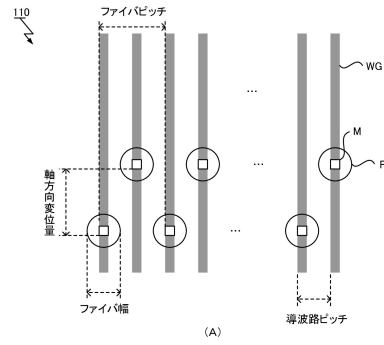
100, 400, 500...光MCM、102, 200, 402, 502...基板、104...電気入出力部、106, 502...電気配線、110, 410, 510...導波路層、112, 118, 418, 512...反射面、114, 514...ビア、116, 516...アンダーフィル、120, 520...半導体チップ、122, 522...TIA/LIA、124, 524...LDD、126, 526...PD、128, 528...VCSEL、130, 430, 530...光ファイバ、132, 432...光コネクタ・アセンブリ、140...基板側コンポーネント、142, 152, 442, 452...マイクロレンズアレイ、144, 154...マイクロレンズ、146...穴または溝、148...矩形スタッド、150, 450...ファイバ・コネクタ、156...棒状スタッド、160, 202...下部クラッド層、164...コア、166, 206...上部クラッド層、168, 412...導波路の配列、170, 214...ダミーコア、172, 180...溝、190...光硬化性接着剤、192...リセス、204...コア層、212...溝、300...固定治具、302...開口部、304, 306...締結穴、306...締結部材、溝...416, 440...レンズアレイ、444...ピン444、460...ファイバ・ホルダ、462...貫通ピン、470...ラッチ・リリース機構

30

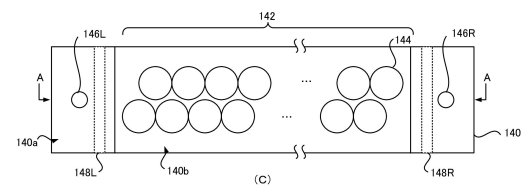
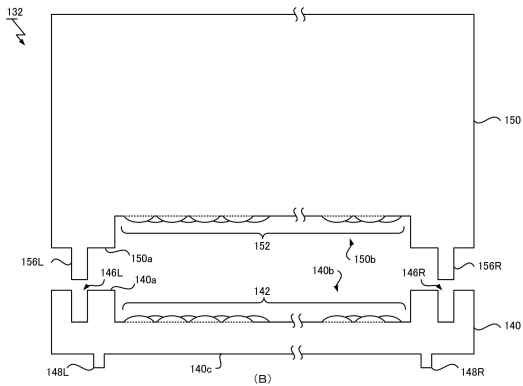
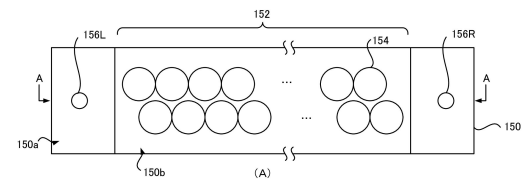
【図1】



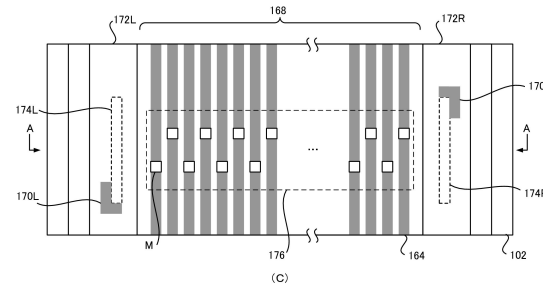
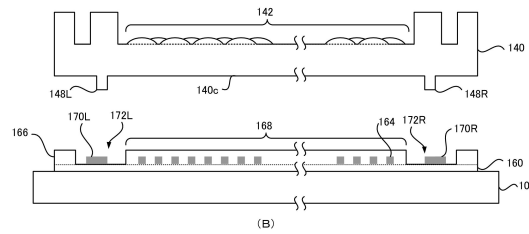
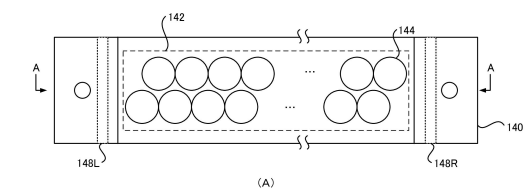
【図2】



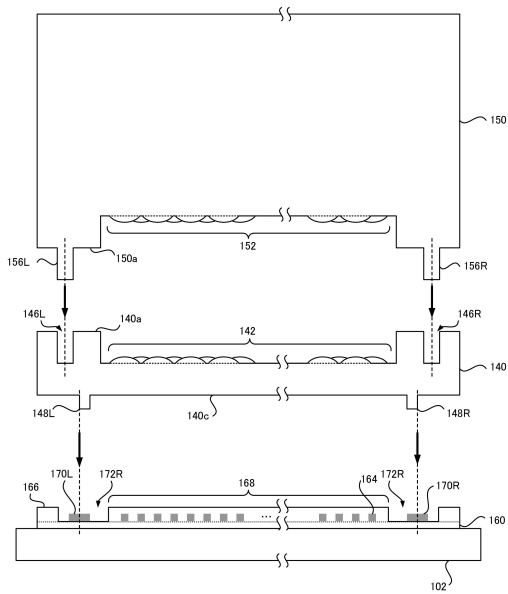
【図3】



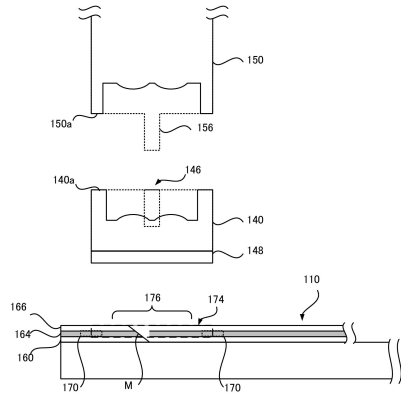
【図4】



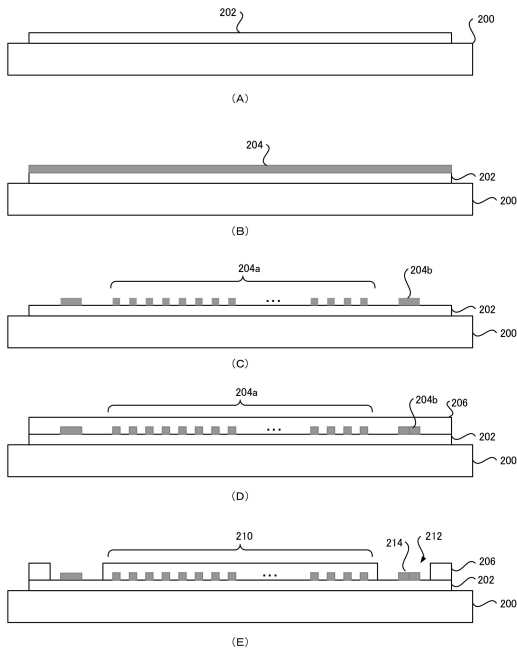
【 図 5 】



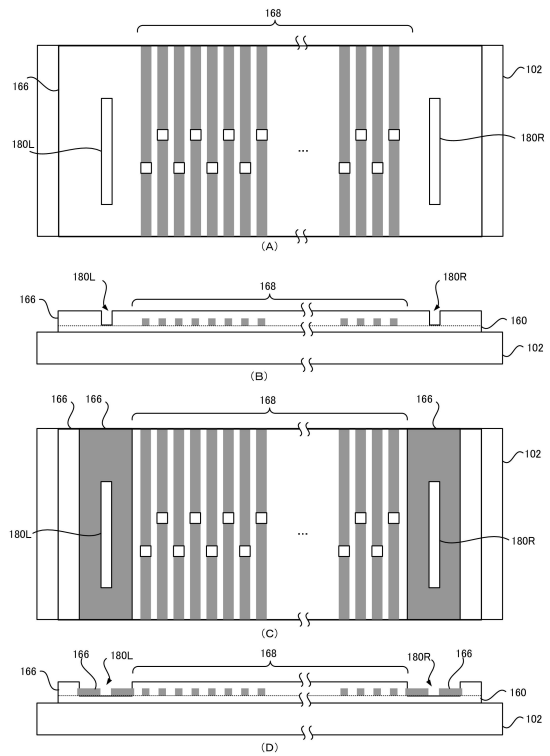
【 図 6 】



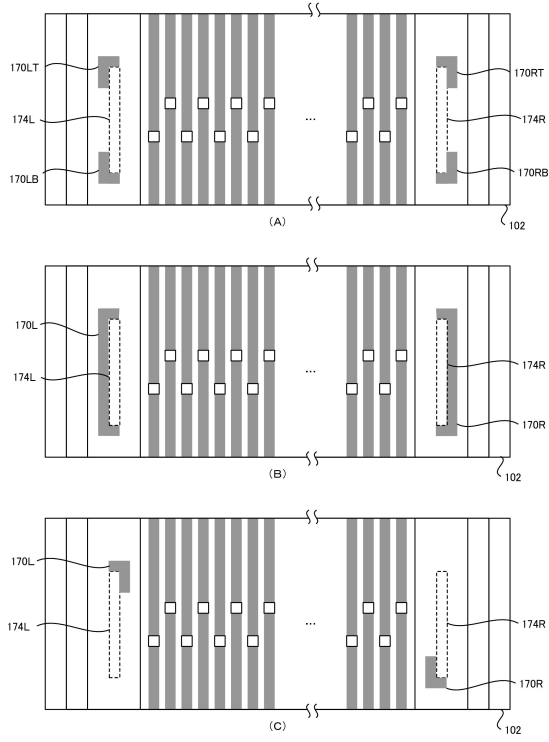
【 図 7 】



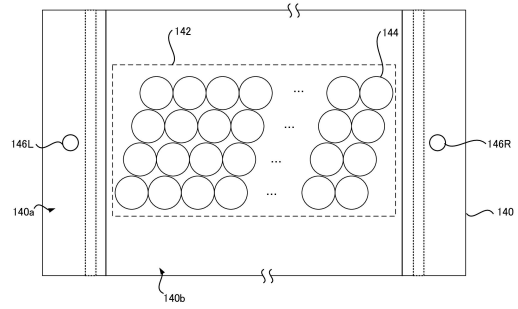
【 図 8 】



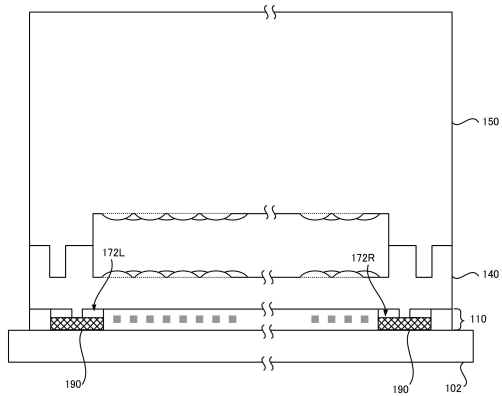
【 図 9 】



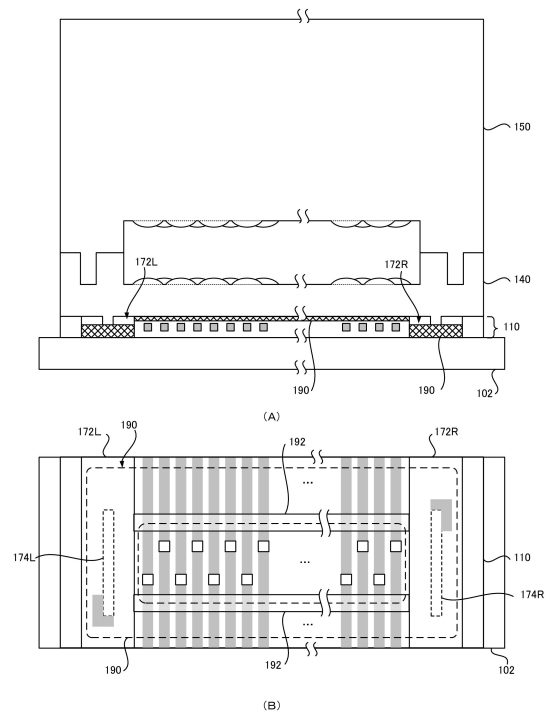
【 図 10 】



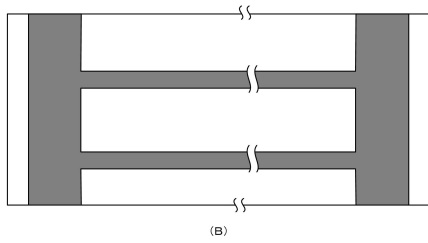
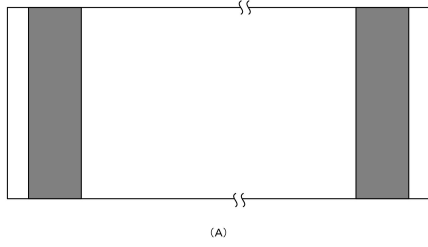
【 図 11 】



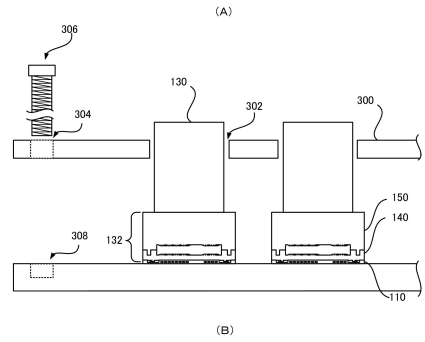
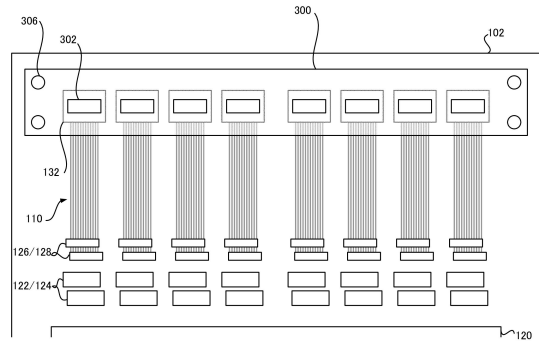
【 図 12 】



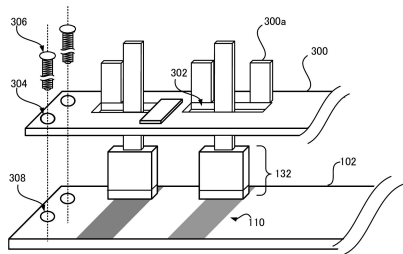
【 図 1 3 】



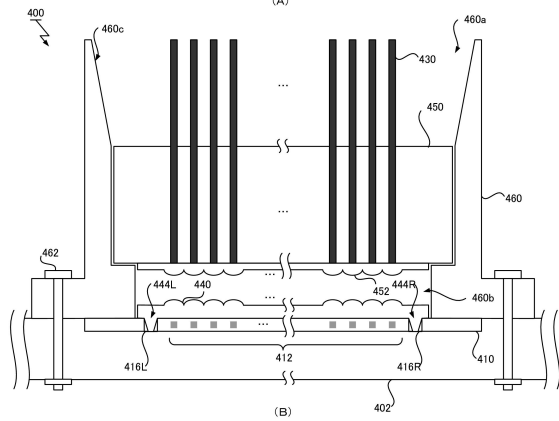
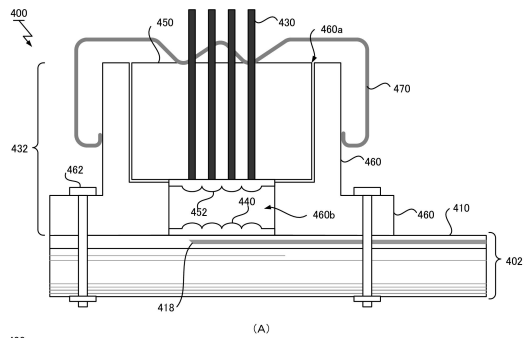
【 図 1 4 】



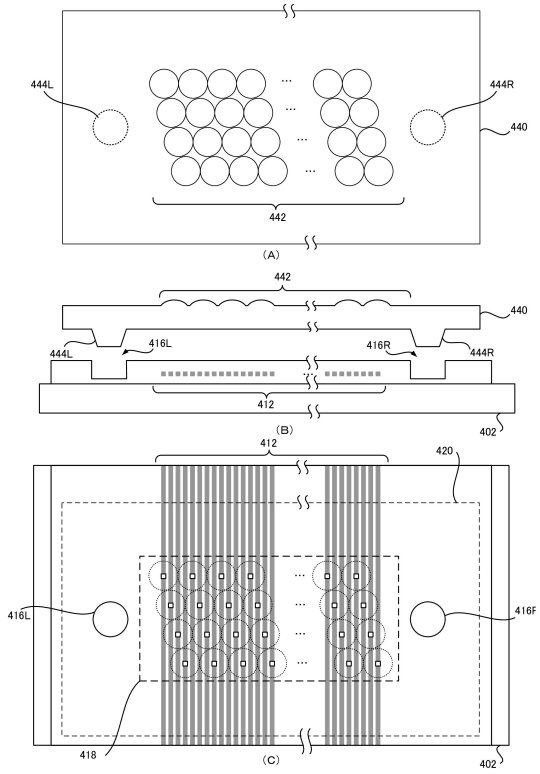
【 図 1 5 】



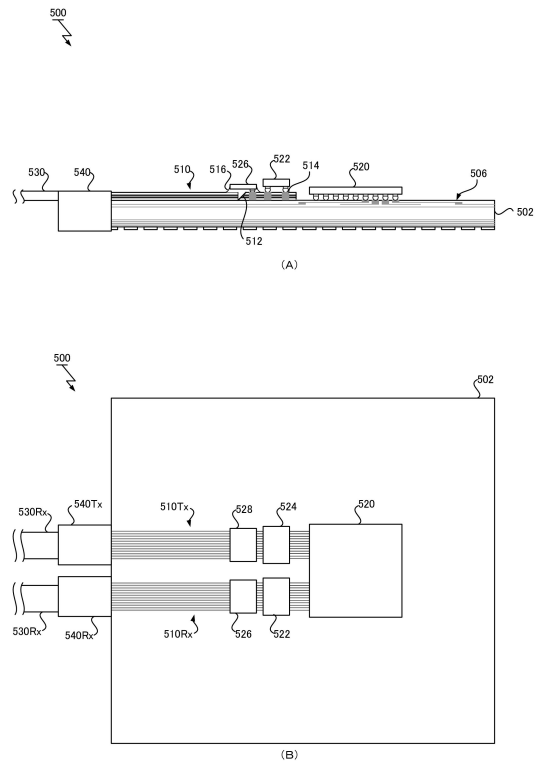
【 図 1 6 】



【 図 17 】



【 図 18 】



フロントページの続き

(74)代理人 100112690

弁理士 太佐 種一

(72)発明者 沼田 英俊

東京都江東区豊洲五丁目6番52号 NBF豊洲チャンネルフロント 日本アイ・ピー・エム株式会社
社 東京基礎研究所内

(72)発明者 中川 茂

東京都江東区豊洲五丁目6番52号 NBF豊洲チャンネルフロント 日本アイ・ピー・エム株式会社
社 東京基礎研究所内

(72)発明者 平 洋一

東京都江東区豊洲五丁目6番52号 NBF豊洲チャンネルフロント 日本アイ・ピー・エム株式会社
社 東京基礎研究所内

審査官 廣崎 拓登

- (56)参考文献 特表2008-502013(JP,A)
特開2013-020027(JP,A)
米国特許第07421160(US,B1)
国際公開第2010/098171(WO,A1)
米国特許第06973248(US,B1)
国際公開第2012/023430(WO,A1)
特開2008-216905(JP,A)
特開2008-145684(JP,A)
特開2014-085415(JP,A)
特開2015-114431(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B	6/12	-	6/24
	6/255	-	6/27
	6/30	-	6/34
	6/36	-	6/43