

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7633171号
(P7633171)

(45)発行日 令和7年2月19日(2025.2.19)

(24)登録日 令和7年2月10日(2025.2.10)

(51)国際特許分類		F I	
G 0 2 B	6/30 (2006.01)	G 0 2 B	6/30
G 0 2 B	6/42 (2006.01)	G 0 2 B	6/42
G 0 2 B	6/32 (2006.01)	G 0 2 B	6/32

請求項の数 19 (全25頁)

(21)出願番号	特願2021-547652(P2021-547652)	(73)特許権者	516183185
(86)(22)出願日	令和1年10月23日(2019.10.23)		センコー アドバンスド コンポーネンツ
(65)公表番号	特表2022-509356(P2022-509356		インコーポレイテッド
	A)		アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 0
(43)公表日	令和4年1月20日(2022.1.20)		1 7 4 9 ハドソン キャボットロード 2
(86)国際出願番号	PCT/US2019/057742		スイート 1 0 3
(87)国際公開番号	WO2020/086777	(74)代理人	100139723
(87)国際公開日	令和2年4月30日(2020.4.30)		弁理士 樋口 洋
審査請求日	令和4年10月21日(2022.10.21)	(74)代理人	100116540
(31)優先権主張番号	62/749,618		弁理士 河野 香
(32)優先日	平成30年10月23日(2018.10.23)	(72)発明者	チェン, ヤン
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)		アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 1
(31)優先権主張番号	62/749,616		3 6 2 サウザンド オークス シルク オ
(32)優先日	平成30年10月23日(2018.10.23)	(72)発明者	ーク アヴェニュー 2 8 8 1
	最終頁に続く		ヴァランス, ロバート ライアン
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 フォトニック集積回路用のマイクロミラー光学ベンチを備えた取外し可能なエッジカプラ

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

支持体；

前記支持体の上面に取り付けられたフォトニック集積回路（P I C）チップであって、
該 P I Cチップのエッジに光をルーティングして前記 P I Cチップの外部に該 P I Cチップ
の光学インターフェースを提供する光学要素を含む、P I Cチップ；

マイクロミラー光学ベンチを含むエッジカプラ

を含む、フォトニック装置であって、

前記マイクロミラー光学ベンチが、

ベース；

前記ベース上に規定されたミラーの第1のアレイであって、各ミラーが、前記上面に
実質的に平行な平面内の第1の方向に沿った第1の光路と前記平面の外側の第2の方向に
沿った第2の光路との間で光を回転させる構造反射表面プロファイルを含み、前記ベース
が、それぞれが前記第1の光路に沿ったその長手軸で光ファイバのセクションを受容する
溝のアレイを含み、第1の端部は前記第1の光路に沿って対応するミラーと光学的にアラ
インメントされ、第2の端部は前記 P I Cチップ内の対応する光学要素と光学的にアラ
インメントされ、前記ベース内の溝は、前記 P I Cチップのエッジに面する前記エッジカプ
ラの前記ベースのエッジにおいて終端する、ミラーの第1のアレイ；および

外部光ファイバアレイの光ファイバコネクタへの取外し可能な結合のための、前記ベ
ース上の受動的アラインメント構造

を含み、

前記エッジカブラが、前記ベースのエッジを前記 P I C チップのエッジに対向させて前記支持体上に支持され、前記エッジカブラが、前記 P I C チップに関してアラインメントされて、前記ミラーの第 1 のアレイが前記 P I C チップの前記光学要素と光学的にアラインメントされ、前記第 1 の光路が、前記ミラーの第 1 のアレイ内のミラーと前記 P I C チップ内の対応する光学要素との間であり、前記 P I C チップ内の光学要素が、前記エッジカブラの溝内の前記光ファイバのセクションの対応する第 2 の端部に前記 P I C チップの光学インターフェースを提供する、

ことを特徴とする、フォトニック装置。

【請求項 2】

各ミラーが、前記 P I C チップの対応する光学要素に面する露出した反射自由側を有する前記ベースの露出した自由表面であり、前記露出した反射自由側は、光が前記 P I C チップ内の対応する光学要素に出入りするよう方向付けられる構造反射表面プロファイルを含む、ことを特徴とする、請求項 1 に記載のフォトニック装置。

【請求項 3】

前記構造反射表面プロファイルが、以下のプロファイル：(a) 楕円体、(b) 軸外放物線、または(c) 他の自由形状光学表面の 1 つを含むことを特徴とする、請求項 1 または 2 に記載のフォトニック装置。

【請求項 4】

前記ベースが、金属材料で作製され、前記ミラーの第 1 のアレイが、可鍛性金属材料にスタンピングを施すことにより前記ベース上に規定されることを特徴とする、請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載のフォトニック装置。

【請求項 5】

前記光ファイバのセクションが、前記エッジカブラの前記ベースのエッジを超えて伸長する拡張セクションを含み、該拡張セクションは、前記 P I C チップの前記エッジにおいて溝に受容され、前記拡張セクションの拡張端は、前記 P I C チップ内の対応する光学要素と光学的にアラインメントされる前記第 2 の端部に対応することを特徴とする、請求項 4 に記載のフォトニック装置。

【請求項 6】

各溝が、前記第 1 の光路に沿ってそれぞれの溝で受容された光ファイバのセクションと光学的にアラインメントされた屈折率分布型(G R I N) レンズをさらに受容し、該 G R I N レンズが、前記 P I C チップ内の対応する光学要素から光ファイバの前記セクションの前記第 2 の端部に光を集光する、または、光ファイバの前記セクションの前記第 2 の端部から前記 P I C チップ内の前記対応する光学要素に光を発散させることを特徴とする、請求項 4 または 5 に記載のフォトニック装置。

【請求項 7】

前記ベースが、金属で作製され、前記溝および前記ミラーの第 1 のアレイが、可鍛性金属材料にスタンピングを施すことにより前記ベース上に一体的に規定されることを特徴とする、請求項 4 ~ 6 のいずれか一項に記載のフォトニック装置。

【請求項 8】

前記エッジカブラが、前記ミラーの第 1 のアレイと前記 P I C チップの前記光学要素との間に任意の光学要素を伴わない自由空間エッジカブラであることを特徴とする、請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載のフォトニック装置。

【請求項 9】

光ファイバアレイをさらに含み、該光ファイバアレイが、前記エッジカブラの前記ミラーの第 1 のアレイと光学的にアラインメントされた光ファイバのアレイのそれぞれの端部を終端および支持する前記光ファイバコネクタを含み、該光ファイバコネクタが、前記第 2 の光路に沿って前記第 2 の方向に光を入力/出力し、前記光ファイバコネクタが前記エッジカブラに結合された状態で、前記光ファイバのアレイと前記 P I C チップの前記光学要素との間の光が、前記エッジカブラ内の前記ミラーの第 1 のアレイを介して、前記第 1

10

20

30

40

50

の光路および前記第2の光路によって規定される光路をたどり、前記ミラーの前記構造反射表面プロファイルが、前記PICチップからの光を再整形して、前記光ファイバコネクタ内の前記光ファイバのアレイのモードフィールドに一致するように構成されることを特徴とする、請求項1～8のいずれか一項に記載のフォトニック装置。

【請求項10】

前記光ファイバコネクタが、前記第2の光路に沿って前記第2の方向に光を入力/出力するように前記光ファイバのアレイを支持する構造を含み、前記光ファイバコネクタが前記エッジカブラに結合された状態で、前記光ファイバのアレイと前記PICチップの前記光学要素との間の光が、前記エッジカブラ内の前記ミラーの第1のアレイを介して、前記第1の光路および前記第2の光路によって規定される光路をたどることを特徴とする、請求項9に記載のフォトニック装置。

10

【請求項11】

前記光ファイバコネクタが、ミラーの第2のアレイを含む光学ベンチをさらに含み、前記ミラーの第2のアレイ内の各ミラーが、前記第1の方向に平行な第3の方向に沿った第3の光路と前記第2の方向に沿った前記第2の光路との間で光を回転させる構造反射表面プロファイルを含み、それによって、前記第2の光路に沿って前記第2の方向に光を入力/出力し、前記光ファイバコネクタが前記エッジカブラに結合された状態で、前記光ファイバのアレイと前記PICチップの前記光学要素との間の光が、前記エッジカブラ内の前記ミラーの第1のアレイおよび前記光ファイバコネクタ内の前記ミラーの第2のアレイを介して、前記第1の光路、前記第2の光路および前記第3の光路によって規定される光路をたどることを特徴とする、請求項10に記載のフォトニック装置。

20

【請求項12】

前記光ファイバコネクタが、前記エッジカブラ上の前記受動的アラインメント構造に相補的な受動的アラインメント構造を含み、前記光ファイバコネクタが、該光ファイバコネクタおよび前記エッジカブラ上の前記相補的な受動的アラインメント構造に基づいて受動的アラインメントによって前記エッジカブラに取外し可能に結合され、前記エッジカブラを介して前記光ファイバのアレイを前記PICチップの前記光学要素に光学的に結合することを特徴とする、請求項9～11のいずれか一項に記載のフォトニック装置。

【請求項13】

前記エッジカブラ上の前記受動的アラインメント構造が、アラインメントピン、アラインメントピンホールおよび表面特徴の少なくとも1つを含み、キネマティック結合、準キネマティック結合、または弾性平均結合を提供することを特徴とする、請求項12に記載のフォトニック装置。

30

【請求項14】

前記光ファイバコネクタ上の前記受動的アラインメント構造が、アラインメントピンホール、アラインメントピンおよび表面特徴の少なくとも1つを含み、前記エッジカブラの前記対応する受動的アラインメント構造に相補的な、キネマティック結合、準キネマティック結合、および弾性平均結合を提供することを特徴とする、請求項13に記載のフォトニック装置。

【請求項15】

前記支持体を支持するプリント回路基板(PCB)をさらに含むことを特徴とする、請求項1～14のいずれか一項に記載のフォトニック装置。

40

【請求項16】

前記支持体が、インターポーザおよび集積回路のいずれかであることを特徴とする、請求項15に記載のフォトニック装置。

【請求項17】

前記ミラーの第1のアレイが、前記エッジカブラと前記PICチップの前記光学要素との間の光に基づく能動的アラインメントによって、前記PICチップの前記光学要素と光学的にアラインメントされて配置されることを特徴とする、請求項1～16のいずれか一項に記載のフォトニック装置。

50

【請求項 18】

前記ミラーの第1のアレイが、前記PICチップの前記エッジへの前記エッジカプラの受動的アラインメントによって、前記PICチップの前記光学要素と光学的にアラインメントされて配置されることを特徴とする、請求項1～16のいずれか一項に記載のフォトニック装置。

【請求項 19】

前記エッジカプラがさらに、前記ミラーの第1のアレイを覆うガラスカバーを含み、該ガラスカバーおよび前記PICチップの前記エッジ近くの上面に基準が提供され、前記エッジカプラが、前記基準を光学的にアラインメントすることにより前記PICチップに受動的にアラインメントされることを特徴とする、請求項18に記載のフォトニック装置。

10

【発明の詳細な説明】**【関連出願との相互参照】****【0001】**

本願は、(a)2018年10月23日出願の米国仮特許出願第62/749616号、および(b)2018年10月23日出願の米国仮特許出願第62/749618号に基づく優先権を主張するものである。これらの出願は、参照により、それらの内容が本明細書に完全に記載されているかのように、完全に組み込まれているものとする。以下で言及するすべての刊行物は、参照により、それらの内容が本明細書に完全に記載されているかのように、完全に組み込まれているものとする。

【技術分野】

20

【0002】

本発明は、フォトニック集積回路(photonic integrated circuit; PIC)の入力および出力に光を結合する技術に関するものであり、特に、PICデバイスに対する光ファイバの光接続に関する。

【背景技術】**【0003】**

フォトニック集積回路(photonic integrated circuit; PIC)または光集積回路は、動作の基礎として電流ではなく光を用いるエマージング技術の一部である。PICデバイスは、複数(少なくとも2つ)のフォトニック機能を統合し、したがって、電子集積回路に類似する。上記の2つの主な違いは、フォトニック集積回路は、通常は可視スペクトルまたは近赤外の850nm～1650nmにおける光学波長に与えられる情報信号のための機能を提供することである。

30

【0004】

PICは、遠距離通信、計測、および信号処理の分野において様々な用途に使用される。PICデバイス(フォトニックチップパッケージの形態で)は通常、光導波路を用いて、様々なオンチップ(on-chip)素子、例えば、導波路、オプティカルスイッチ、カプラ、ルータ、スプリッタ、マルチプレクサ/デマルチプレクサ、モジュレータ、増幅器、波長変換器、光-電気(O/E)および電気-光(E/O)信号変換器(例えば、フォトダイオード、レーザ)等を、実装および/または相互接続する。PICデバイス中の導波路は通常、導波路のコアとクラディングとの間の屈折率コントラストにより光をガイドするオンチップソリッド導光体である。

40

【0005】

PICデバイスはしばしば、光通信の組織化ネットワークの形態で、他のPICデバイスへの光接続を有することが必要とされる。接続距離は、チップ間接続の場合の数ミリメートルから、最大で長距離用途の場合の数キロメートルまでの範囲でありうる。低損失光ファイバによって長距離に亘って非常に高いデータ転送速度(>25Gbps)で光ファイバ内を光が通過できるので、光ファイバは、有効な接続方法を提供できる。適切な動作のために、PICデバイスは、外部光ファイバと1つまたは複数のオンチップ導波路との間で光を効率よく接続する必要がある。PICデバイスにおいて回路動作の基礎として光を用いる利点は、高速信号伝達のためのエネルギー費が、電子チップのものよりも実質的

50

に低いということである。したがって、この利点を維持する、P I C デバイスと光ファイバのような他の光学デバイスとの間の有効な接続が、P I C の重要な態様である。

【 0 0 0 6 】

ほとんどのP I C デバイスは、通常は1マイクロメートル未満の、光ファイバとP I C との間の厳しいアラインメント許容誤差を必要とするシングルモードの光接続を必要とする。オンチップシングルモード導波路へおよびオンチップシングルモード導波路から外部光ファイバへの有効な光学結合は、シングルモード導波路と光ファイバ内の導光コアとの間のサイズの不一致により困難である。例えば、通常のシリカ光ファイバの寸法は、P I C 上の通常の導波路より約40倍大きい。このサイズの不一致により、シングルモード導波路と光ファイバとが直接結合されると、導波路および光ファイバのそれぞれのモードが有効に結合せず、許容できない挿入損失（例えば、 $> 20 \text{ dB}$ ）が生じうる。

10

【 0 0 0 7 】

現行技術水準は、ポリマーコネクタ要素を用いて厳しいアラインメント許容誤差を達成しようとするが、ポリマーにはいくつかの根本的な不利点がある。第1に、ポリマーは伸縮自在であり、外部の印加された負荷の下で容易に変形する。第2に、ポリマーは寸法安定性ではなく、特にコンピューティングおよびネットワークングハードウェアで見られるような高温にさらされるとサイズおよび形状を変え得る。第3に、ポリマーの熱膨張率（C T E）は、P I C デバイスで通常使用される物質のC T E よりもはるかに大きい。したがって、温度サイクルによって、光ファイバとP I C デバイス上の光学要素との間にアラインメントずれが生じる。場合によっては、ポリマーは、P I C デバイスをプリント回路基板上にはんだ付けする間に用いられる処理温度に耐えることができない。

20

【 0 0 0 8 】

光ファイバをP I C デバイス（またはP I C チップパッケージ）に結合する1つのアプローチは、光ファイバアレイをP I C チップのエッジに取り付けることである。従来、光ファイバアレイは、能動的なアラインメントアプローチを用いてP I C チップ上の光学要素とアラインメントされ、このアプローチにおいて、光ファイバアレイの位置および配向は、光ファイバとP I C との間で伝達される光の量が最大となるまで機械的に調整される。接続は一旦行われると恒久的であり、接続の完全性を破壊したりP I C チップへ光ファイバを再び取り付ける希望なしに、取り外し、分離または着脱することができない。言い換えれば、光ファイバは、P I C デバイスに取外し可能に取り付けることができず、ファイバ接続および分離は、破壊的であり可逆的でない（すなわち、再接続可能でない）。

30

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 9 】

必要とされるのは、ファイバアレイ中の光ファイバおよびオンチップ光学要素のモードサイズを互いに近くして有効な結合を達成する機構、および、許容誤差、製造性、使用容易性、機能性および信頼性をより低いコストで改善する、光ファイバの入力/出力をP I C デバイスに光学的に結合するための改善されたアプローチである。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 1 0 】

本発明は、光ファイバアレイとフォトニック集積回路（P I C）デバイス（例えば、P I C チップパッケージ）との間に取外し可能/分離可能かつ再接続可能なエッジカブラを提供することによって、従来技術の欠点を克服する。エッジカブラは、P I C 内の接触する光学要素（例えば、導波路）と光学的にアラインメントされて、P I C のエッジに取り付けられている。本発明のエッジカブラは、ミラーアレイを有するマイクロミラー光学ベンチ（M O B）、およびそれと光学的にアラインメントされたファイバアレイの取外し可能な再接続を可能とするように構成および構造化されたベースを含む。

40

【 0 0 1 1 】

ある態様において、本発明は、マイクロミラー光学ベンチを含むエッジカブラを提供し、マイクロミラー光学ベンチは、ベンチまたはベース（例えば、シリコン、ガラス、また

50

は、コパール、インバー、アルミニウム、ステンレス鋼などの可鍛性金属で作製される)、ベース上に規定されたミラーの第1のアレイ、および、外部光ファイバアレイの光ファイバコネクタへの取外し可能な結合のためのベース上の受動的アラインメント構造を含み、各ミラーは、上面に実質的に平行な平面内の第1の(水平)方向に沿った第1の光路と当該平面の外側の第2の(垂直)方向に沿った第2の光路との間で、光を回転させる構造反射表面プロファイルを含む。各ミラーは、入射光を曲げ、反射し、かつ/または再整形する。PICチップのエッジにエッジカブラが取り付けられ、光ファイバアレイとPICチップとの間に取外し可能な結合を提供する。より詳細には、取外し可能な結合は、光ファイバアレイの光ファイバコネクタとエッジカブラとの間の分離可能かつ再接続可能な接続であり、エッジカブラは、光ファイバコネクタが、取り外されかつ光学的にアラインメントされてエッジカブラに再接続するために取り付けられることを可能とするよう構成および構造化される。

10

【0012】

一実施形態では、フォトニック装置は、支持体(例えば、インターポーザまたはCMOSチップのような集積回路(IC));支持体の上面に取り付けられたPICチップを含み、PICチップは、PICチップのエッジに光をルーティングしてPICチップの外部に光学インターフェースを提供する光学要素(例えば、導波路)を含み、エッジカブラは、PICチップに関してアラインメントされて支持体上に支持されてミラーの第1のアレイがPICチップの光学要素と光学的にアラインメントされ、エッジカブラの第1の光路は、ミラーの第1のアレイ内のミラーとPICチップ内の対応する光学要素との間である。

20

【0013】

一実施形態では、各ミラーは、PICチップの対応する光学要素に面する露出した反射自由側を有するベースの露出した自由表面(すなわち、空気に露出した表面、または光学ベンチのベースの本体の内部ではない表面)であり、露出した反射自由側は、光がPICチップ内の対応する光学要素に出入りするよう方向付けられる構造反射表面プロファイルを含む。構造反射表面プロファイルは、以下の幾何学的プロファイルの1つを含み得る:(a)楕円体、(b)軸外放物線、または(c)他の自由形状。ミラーは、可鍛性金属材料にスタンピングを施すことによりベース上に規定されうる。

【0014】

一実施形態では、エッジカブラは、ミラーの第1のアレイとPICチップのエッジにおける光学要素との間に任意の光学要素(例えば、光ファイバ)を持たないリースペースエッジカブラである。別の実施形態では、エッジカブラベースは、それぞれが第1の光路に沿ったその長手軸で光ファイバのセクションを受容する溝のアレイを含み、その端部の一方は第1の光路に沿って対応するミラーと光学的にアラインメントされ、反対側の端部はPICチップ内の対応する光学要素と光学的にアラインメントされ、ベース内の溝は、PICチップのエッジに面するエッジカブラのベースのエッジにおいて終端する。一実施形態では、光ファイバのセクションは、エッジカブラのベースのエッジで実質的に終端する、またはエッジカブラのベースのエッジからわずかに突出するまたは引っ込む。別の実施形態では、光ファイバのセクションは、エッジカブラのベースのエッジを超えて伸長する拡張セクションを含み、拡張セクションは、PICチップのエッジにおいて溝を受容され、拡張セクションの拡張端は、PICチップ内の対応する光学要素と光学的にアラインメントされる。

30

40

【0015】

さらなる実施形態では、各溝は、第1の光路に沿ってそれぞれの溝で受容された光ファイバのセクションの第2の端部と光学的にアラインメントされた屈折率分布型(GRIN)レンズをさらに受容し、GRINレンズは、PICチップ内の対応する光学要素から光ファイバのセクションの第2の端部に光を集光する、または、光ファイバのセクションの第2の端部からPICチップ内の対応する光学要素に光を発散させる。

【0016】

溝を備えたエッジカブラの実施形態では、溝およびミラーの第1のアレイは、可鍛性金

50

属材料の単一のモノリシックブロック（例えば、ストック金属材料または金属ブランク）をスタンピングすることによって、ベース上に一体的に規定され、反射表面および光ファイバアラインメント溝を一体的かつ同時に形成しうる。

【0017】

光ファイバアレイは、エッジカブラのミラーの第1のアレイと光学的にアラインメントされた光ファイバの端部を終端および支持する光ファイバコネクタを含み、光ファイバコネクタは、第2の光路に沿って第2の方向に光を入力/出力し、光ファイバコネクタがエッジカブラに結合された状態で、光ファイバアレイとP I Cチップの光学要素との間の光は、エッジカブラ内のミラーの第1のアレイを介して、第1の光路および第2の光路によって規定される光路をたどる。ミラーの構造反射表面プロファイルは、P I Cチップからの光を再整形して、光ファイバコネクタ内の光ファイバのモードフィールドに一致するように構成される。

10

【0018】

一実施形態では、光ファイバコネクタは、第2の（垂直）光路に沿って第2の方向に光を入力/出力するように光ファイバを支持する構造を含み、光ファイバコネクタがエッジカブラに結合された状態で、光ファイバアレイとP I Cチップの光学要素との間の光は、エッジカブラ内のミラーの第1のアレイを介して、第1の光路および第2の光路によって規定される光路をたどる。光ファイバコネクタは、光ファイバフェルールコネクタの形をとることができ、光ファイバを内部で垂直に、P I Cチップの上面に対して垂直方向に、保持する。別の実施形態では、光ファイバコネクタは、ミラーの第2のアレイを含む光学ベンチを含んでもよく、ミラーの第2のアレイ中の各ミラーは、第1の（水平）方向に平行な第3の（水平）方向に沿った第3の光路と第2の（垂直）方向に沿った第2の光路との間で光を回転させる構造反射表面プロファイルを含み、それによって、第2の光路に沿って第2の（垂直）方向に光を入力/出力する。この実施形態において、光ファイバコネクタがエッジカブラに結合された状態で、光ファイバアレイとP I Cチップの光学要素との間の光は、エッジカブラ内のミラーの第1のアレイおよび光ファイバコネクタ内のミラーの第2のアレイを介して、第1の光路、第2の光路および第3の光路によって規定される光路をたどる。

20

【0019】

光ファイバコネクタは、エッジカブラ上の受動的アラインメント構造に相補的な受動的アラインメント構造を含み、光ファイバコネクタは、光ファイバコネクタおよびエッジカブラ上の相補的な受動的アラインメント構造に基づいて受動的アラインメントによってエッジカブラに取外し可能に結合され、エッジカブラを介して光ファイバアレイをP I Cチップの光学要素に光学的に結合する。一実施形態では、エッジカブラ上の受動的アラインメント構造は、アラインメントピン、アラインメントピンホールおよび表面特徴の少なくとも1つを含んでもよく、キネマティック結合、準キネマティック結合、または弾性平均結合を提供する。光ファイバコネクタ上の相補的な受動的アラインメント構造は、アラインメントピンホール、アラインメントピンおよび表面特徴の少なくとも1つを含み、エッジカブラの対応する受動的アラインメント構造に相補的な、キネマティック結合、準キネマティック結合、または弾性平均結合を提供する。

30

40

【0020】

P I Cチップの支持体は、プリント回路基板（P C B）上で支持され得るインターポーザまたは集積回路であり得る。ミラーの第1のアレイは、エッジカブラとP I Cチップの光学要素との間の光に基づく能動的アラインメントによって、または、ガラスカバーおよびP I Cチップのエッジ近くの上面に提供された基準（fiducials）に基づくP I Cチップのエッジへのエッジカブラの受動的アラインメントによって、P I Cチップの光学要素と光学的にアラインメントされて配置されてもよく、エッジカブラは、基準を光学的にアラインメントすることによりP I Cチップに受動的にアラインメントされる。

【0021】

好ましい使用態様に加え、本発明の特性および利点のより完全な理解のために、添付の

50

図面と共に読まれる以下の詳細な説明を参照されたい。以下の図面においては、図面全体に亘り、類似の参照文字および/または参照番号は、同様または類似の部分を示している。

【図面の簡単な説明】

【0022】

【図1A】本発明の1つの実施形態に従うエッジカブラを示す図

【図1B】本発明の1つの実施形態に従うPICへのエッジカブラの取付けの概略図

【図1C】本発明の1つの実施形態に従うPICのエッジカブラへの光ファイバアレイの取外し可能な結合を示す図

【図1D】本発明の1つの実施形態に従うPICへのエッジカブラの取付けの概略図

【図2A】本発明の1つの実施形態に従う光ファイバアレイを示す図

10

【図2B】本発明の1つの実施形態に従う光ファイバアレイの光学コネクタを示す図

【図3A】本発明の別の実施形態に従うエッジカブラを示す図

【図3B】本発明の別の実施形態に従うPICチップのエッジへのエッジカブラの配置を示す図

【図3C】本発明の別の実施形態に従うPICのエッジカブラへの光ファイバアレイの取外し可能な結合を示す図

【図3D】本発明の別の実施形態に従うPICへのエッジカブラの取付けの概略図

【図4A】本発明のさらなる実施形態に従うエッジカブラを示す図

【図4B】本発明のさらなる実施形態に従うPICへのエッジカブラの取付けの概略図

【図4C】本発明のさらなる実施形態に従うPICへのエッジカブラの取付けの概略図

20

【図4D】本発明のさらなる実施形態に従うPICのエッジカブラへの光ファイバアレイの取外し可能な結合を示す図

【図4E】本発明のさらなる実施形態に従うPICチップのエッジへのエッジカブラの配置の概略断面図

【図5A】本発明のさらに別の実施形態に従うエッジカブラを示す図

【図5B】本発明の別の実施形態に従うPICのエッジカブラへの光ファイバアレイの取外し可能な結合を示す図

【図6A】本発明のさらに別の実施形態に従うエッジカブラを示す図

【図6B】本発明のさらに別の実施形態に従うPICのエッジカブラへの光ファイバアレイの取外し可能な結合を示す図

30

【図7A】本発明の実施形態に従う屈折率分布型(GRIN)レンズを有するエッジカブラを示す図

【図7B】光ファイバの端部へ光を集光するGRINレンズを概略的に示す図

【発明を実施するための形態】

【0023】

以下、図面を参照しつつ、様々な実施形態を参照しながら本発明を説明する。本発明は、本発明の目的を達成するための最良の態様(ベストモード)に関して説明されているが、当業者であれば、本発明の精神および範囲から逸脱することなく、これらの教示内容を考慮して複数のバリエーションを実現できることを理解できるであろう。

【0024】

40

本発明は、光ファイバアレイとフォトニック集積回路(PIC)デバイス(例えば、PICチップパッケージ)との間に取外し可能/分離可能かつ再接続可能なエッジカブラを提供することにより、従来技術の欠点を克服する。エッジカブラは、PICチップのエッジに取り付けられ、PICチップ内のインターフェースする光学要素(例えば、導波路)と光学的にアラインメントされる。本発明のエッジカブラは、ミラーアレイを有するマイクロミラー光学ベンチ(MOB)、および、それと光学的にアラインメントされたファイバアレイの取外し可能な再接続を可能にするように構成および構造化されたベースを含む。

【0025】

図1A~1Dは、本発明の一実施形態による、エッジカブラ、PICチップへのその結合、および光ファイバアレイへの取外し可能な結合を示す。

50

【 0 0 2 6 】

図 1 A ~ 1 D を参照すると、エッジカブラ E は、マイクロミラー光学ベンチ (M O B) を含み、マイクロミラー光学ベンチは、ベンチまたはベース B (例えば、シリコン、ガラス、コパール、インバー、アルミニウム、ステンレス鋼などの可鍛性金属で作製される) を含み、ミラー M の第 1 のアレイがベース上に規定される。透明なガラス、石英、またはサファイアプレート G は、ベンチ B 上の露出面を覆う。一実施形態では、エッジカブラ E は、ミラー表面 M とガラスプレート G との間において屈折率整合エポキシで満たされてもよい。各ミラー M は、上面に実質的に平行な平面内の第 1 の (水平) 方向に沿った第 1 の光路 L 1 と当該平面の外側の第 2 の (垂直) 方向に沿った第 2 の光路 L 2 との間で、光を (例えば、90 度だけ) 回転させる構造反射表面プロファイル、および、外部の光ファイバアレイ F A (図 2 A、2 B に関して以下により詳細に説明される) の光ファイバコネクタへの取外し可能な結合のためのベース B 上の受動的アラインメント構造 A を含む。

10

【 0 0 2 7 】

図 1 D は、光路 L 1 に沿って P I C チップ P の光学要素 W と光学的にアラインメントされたミラー M の概略断面図である。アセンブリは、ベース B のエッジと P I C チップ P の対向エッジとの間に意図的なギャップを設けるように作製できる。この場合、ギャップは、P I C チップ P 上の光ファイバのコアおよび導波路と同様の光学屈折率を持つ材料で充填されてもよい。例示的な材料は、市販の E M I / U M エポキシモデル 3 5 5 3 などの屈折率整合エポキシである。あるいは、アセンブリは、ギャップなしで構築することができ、その場合、ビームは、導波管とミラーとの間の空気を通過する。

20

【 0 0 2 8 】

エッジカブラ E は、P I C チップ P のエッジに光学的に結合されて、光ファイバアレイ F A と P I C チップ P との間に取外し可能な結合を提供する。より具体的には、取外し可能な結合は、光ファイバアレイ F A の光ファイバコネクタ C とエッジカブラ C との間の分離可能かつ再接続可能な接続であり、エッジカブラ E は、光ファイバコネクタ C が取り外されかつエッジカブラ E に光学的にアラインメントされて再接続するために取外し可能に取り付けられることができるように構成および構造化される。

【 0 0 2 9 】

図 1 B は、支持体 S (例えば、インターポーザまたは C M O S チップなどの集積回路 (I C)) を含むフォトニック装置 P A を示している。P I C チップ P は、支持体 S の上面に取り付けられ、ここで、P I C チップ P は、内部光学要素 W (例えば、導波路 ; 図 1 B に点線で概略的に示されている) を含み、これは、P I C チップ P のエッジに光をルーティングして、P I C チップ P の外部への光学インターフェースを提供する。エッジカブラ E は、P I C チップ P に関してアラインメントを達成した後 (以下に詳述するように能動的または受動的に) 支持体上に固体され (例えば、はんだ付け、エポキシ、またはレーザー溶接により)、ミラー M の第 1 のアレイは P I C チップの光学要素 W と光学的にアラインメントされ、エッジカブラ E の第 1 の光路 L 1 は、ミラーの第 1 のアレイ内のミラー M と P I C チップ P 内の対応する光学要素 W との間である。

30

【 0 0 3 0 】

ミラー M の第 1 のアレイは、エッジカブラ E と P I C チップ P の光学要素 W との間に送られる光に基づく能動的アラインメント (図示せず) によって、P I C チップ P の光学要素 W と光学的にアラインメントされて配置することができる。図 1 A および 1 B に示される実施形態において、エッジカブラ E 内のミラー M および P I C チップ内の光学要素 W の光学的アラインメントは、エッジカブラ E のベース B のエッジを超えるガラスカバー G の伸長部分および P I C チップ P のエッジ近くの上面上に提供される基準 X に基づく、P I C チップ P のエッジへのエッジカブラ E の受動的アラインメントによって達成される。エッジカブラ E は、ガラス / 石英 / サファイアカバー G および P I C チップ P の上面の上の基準 X を光学的にアラインメントすることにより、P I C チップ P に受動的にアラインメントされる。

40

【 0 0 3 1 】

50

一実施形態では、各ミラーMは、ベースBの露出した自由表面（すなわち、空気に露出した表面、または光学ベンチのベースの本体の内部ではない表面）であり、PICチップPの対応する光学要素Wに面する露出した反射自由側を有し、露出した反射自由側は、光がPICチップP内の対応する光学要素Wに出入りするよう方向付けられる構造反射表面プロファイルを含む。各ミラーMは、入射光を曲げ、反射し、および/または再整形する。構造反射表面プロファイルの構成および形状（例えば、曲率）に応じて、ミラーMは、入射光ビームを、コリメート、拡張、または集光しうる。例えば、構造反射表面プロファイルは、以下の幾何学的形状/プロファイルのうちの1つを含み得る：(a)楕円体、(b)軸外放物線、または(c)他の自由形状光学表面。例えば、ミラー表面は、光パワーを提供するために、次のいずれかの表面幾何学的曲率関数を個別に、または重ね合わせて有してもよい：楕円体または双曲線円錐焦点、さまざまな数の偶数または奇数の非球面項を持つトロイダル非球面、さまざまな数の偶数または奇数項を持つX-Y非球面曲線、さまざまな次数のゼルニケ多項式、およびこれらの関数に含まれるより単純な表面のさまざまなファミリー。表面はまた、任意の平面またはベクトルに沿って対称性のない自由形状の表面であってもよい。

10

【0032】

本明細書に記載のすべての実施形態において、構造反射表面は、平坦、凹面または凸面、またはそれらの組み合わせであるように構成されて、複合反射表面を構成しうる。一実施形態では、構造反射表面は、滑らかな（研磨仕上げに似た仕上げを有する）鏡面を有する。代わりに、反射型のテクスチャ表面でもよい。構造反射表面は、均一な表面特性、または表面に亘って滑らかさおよび/またはテクスチャの程度が変化するような変動表面特性、あるいは、構造反射表面を構成する滑らかかつテクスチャ加工の表面の様々な領域の組み合わせを有してもよい。構造反射表面は、以下の同等の光学要素のうちの少なくとも1つに対応する表面プロファイルおよび/または光学特性を有し得る：ミラー、集束レンズ、発散レンズ、回折格子、または前述の組み合わせ。構造反射表面は、異なる同等の光学要素に対応する複数の領域（例えば、発散している環状領域に囲まれた集束している中央領域）を規定する複合プロファイルを有し得る。一実施形態では、構造反射表面は、表面を通して光を透過しない不透明な材料上に規定される。

20

【0033】

ミラーMは、可鍛性金属材料をスタンピングすることによってベースB上に規定され得る。工具鋼または炭化タングステン工具でスタンピング可能なさまざまな可鍛性金属は、ミラーの本体を構成することができ、任意の300または400シリーズのステンレス鋼、コパールの任意の組成、任意の沈殿または固溶硬化金属、およびAg、Al、Au、Cuの任意の合金を含む。1310nmを超える長波長では、アルミニウムは反射率が高く（>98%）、スタンピングによって経済的に成形される。ミラーを構成する金属の部分の反射表面は、上記の金属のいずれか、または、スパッタリング、蒸着、またはめっきプロセスによって適用される反射率の高い金属の任意のコーティングであり得る。

30

【0034】

本願と同様に本願の譲受人に譲渡された、米国特許第7,343,770号明細書は、許容誤差の小さい部品を製造するための、新規な精密スタンピングシステムを開示している。その米国特許第7,343,770号明細書に開示されているようなエッジプラの構造（上述の光学ベンチBのための構造、並びに以下に論じる構造を含む）を生成するため、そのような新規なスタンピングシステムを実装することができる。これらのスタンピング処理は、最終的な表面特徴（他の規定された表面特徴形状と精密なアラインメントが取られる所望の幾何学形状を有する反射表面を含む）を、厳しい（すなわち小さな）許容誤差で形成するために、可鍛性バルク金属材料（例えば、金属ブランクまたはストック）をスタンピングする処理を包含する。本願と同様に本願の譲受人に譲渡された、米国特許出願公開第2016/0016218号明細書は、異種の金属材料の主要部分と補助部分とを有するベースを含む、複合構造をさらに開示している。ベースおよび補助部分は、スタンピングにより成形される。補助部分がスタンピング形成されると、補助部分はベース

40

50

とインターロックし、それと同時に補助部分上に所望の構造特徴形状（たとえば、構造反射面や、光ファイバのアラインメントのための特徴形状等）を形成する。このアプローチにより、比較的重要性の低い構造特徴形状は、比較的大きな許容誤差を維持する少ない労力により、ベースのバルク上に成形され得る一方、補助部分上に存在するより重要性の高い構造特徴形状は、より小さな許容誤差で寸法、幾何学形状および/または仕上げ状態を規定するさらなる考察をもって、より精密に成形される。補助部分は、異なる構造特徴形状をスタンピング形成するための異なる特性を伴う2つの異種の金属材料の、さらなる複合構造を含むものとされてもよい。このスタンピング形成のアプローチは、それより前の米国特許第7343770号明細書における、スタンピングに供されるバルク材料が均質材料（例えば、コパールやアルミニウム等の、金属のストリップ）であるスタンピング形成のアプローチに対し、改良をもたらすものである。スタンピング処理は、単一の均質材料から構造特徴形状を生成する。したがって、異なる複数の特徴形状がその材料の特性を共有することとなり、その特性は、1つ以上の特徴形状にとって最適な特性ではないかもしれない。例えば、アラインメントのための特徴形状をスタンピング形成するのに適した特性を有する材料は、光信号の損失を低減するのに最適な光反射効率を有する反射性の表面特徴形状をスタンピング形成するのに適した特性を、有していないかもしれない。本明細書に記載されるように、開示された複合構造を採用して、エッジカブラ（例えば、図3A、4Aおよび5Aおよび6Aにおける）および光学ベンチを有する光ファイバコネクタ（例えば図2B）を生成しうる。

10

【0035】

20

図2Aおよび2Bを参照すると、光ファイバアレイFAは、エッジカブラEのミラーMの第1のアレイと光学的にアラインメントされた光ファイバOFのアレイ/バンドルの端部を終端および支持する光ファイバコネクタCを備え、光ファイバコネクタCは、第2の光路L2に沿って第2の方向に光を入力/出力する。光ファイバコネクタCがエッジカブラEに結合された状態で、光ファイバアレイFAとPICチップPの光学要素Wとの間の光は、エッジカブラE内のミラーMの第1のアレイを介して、少なくとも第1の光路L1および第2の光路L2を含む光路をたどる。透明なガラス、石英、またはサファイアプレートGGが、ベンチBB上の露出したミラー表面MMを覆う。一実施形態では、コネクタCは、ミラー表面MMとガラスプレートGGとの間で屈折率整合エポキシを充填され得る。ファイバアレイFAのもう一方の端部には、コネクタCC（例えば、MTフェルールコネクタなどのフェルールコネクタ）が提供される。ファイバアレイFAは、光ファイバジャンパケーブルとして機能しうる。

30

【0036】

さらに、図2Bの実施形態では、光ファイバコネクタCは、ミラーMMの第2のアレイと光ファイバOFの端部セクションを保持するための溝Vとを含むベースBBを有する光学ベンチを含み、ミラーの第2のアレイ内の各ミラーMMは、第1の（水平）方向の第1の光路L1に平行な第3の（水平）方向に沿った第2の光路L3と第2の（垂直）方向に沿った第2の光路L2との間で光を回転させる構造反射表面プロファイルを含み、それによって、第2の光路L2に沿って第2の（垂直）方向に光を入力/出力する。この実施形態において、図1Cに示されるように光学ファイバコネクタCがエッジカブラEに結合された状態で、光ファイバアレイFAとPICチップPの光学要素Wとの間の光は、エッジカブラE内のミラーMの第1のアレイおよび光ファイバコネクタC内のミラーMMの第2のアレイを介して、第1の光路L1、第2の光路L2および第3の光路L3の組合せによって通常規定される光路をたどる。

40

【0037】

コネクタCのベースBB上の表面特徴（ミラーMMおよび溝V）は、以下に詳述する図3AのエッジカブラE1内のベースB1表面特徴の形成と関連して論じられるのと同様の方法で、スタンピングにより形成されうる。

【0038】

ミラーMおよび/またはミラーMMの構造反射表面プロファイルは、PICチップPが

50

らの光ビームを再整形して、光ファイバコネクタ C 内の光ファイバのモードフィールドにより厳密に一致するモードフィールドを生成するように構成され得る。さらに、エッジカプラ E 内のミラー M は、P I C チップ P 内の光学要素 W からの光ビームを拡張またはコリメートし、コネクタ C 内のミラー M M に出力するための反射表面プロファイルを用意して構成されてもよく、コネクタ C 内のミラー M M は、エッジカプラ内のミラー M からの光ビームを、コネクタ C 内の光学ベンチのベース B B 上に溝 V 内に保持された光ファイバ O F の先端 / 端面のコアに集光するための反射表面プロファイルを用意して構成されてもよい。この拡張されたビーム結合構成によって、ミラー M と拡張型ビーム光ファイバコネクタ C に保持された光ファイバとの間の光学アラインメント許容誤差の要求が低減される。

【 0 0 3 9 】

あるいは、図 6 A および 6 B に示されるように、図 2 B に示されるような光学ベンチを備えるコネクタを有する光ファイバアレイ F A ではなく、光学ベンチを伴わないフェルールコネクタ F C (図示せず ; 例えば、M T P および M P O ファイバ - 光学コネクタ内で使用されるような M T フェルール) を有する光ファイバアレイ F A 2 が、エッジカプラ E への結合のための露出したむき出しの端面を備えた光ファイバを保持するために使用される。この実施形態では、ミラー M の構造反射表面プロファイルは、P I C チップ P からの光ビームを再整形して、P I C チップ P からの光ビームを、光ファイバフェルールコネクタ F C 内に保持された光ファイバの露出した先端 / 端面のコアに直接集束させるように構成することができる。図 6 A および 6 B に示される実施形態において、図 2 B に示されるような光ファイバアレイ F A 内の光ファイバコネクタ C ではなく、光ファイバコネクタ F C が、光ファイバを支持して、第 2 の (垂直) 光路 L 2 に沿って第 2 の方向に光を入力 / 出力する構造を備え、光ファイバコネクタ F C はエッジカプラ E に取外し可能に結合された状態で、光ファイバアレイ F A と P I C チップ P の光学要素 W との間の光は、エッジカプラ E 内のミラー M の第 1 のアレイを介して第 1 の光路 L 1 および第 2 の光路 L 2 のみによって規定される光路をたどる。

【 0 0 4 0 】

光ファイバコネクタ F C は、光ファイバフェルールコネクタ (例えば、M T フェルール) の形態でもよく、これは、垂直に、P I C チップ P の上面に直角の方向で、内部に光ファイバを保持する。この実施形態において、フェルールコネクタ F C 内の光ファイバ O F の先端は、エッジカプラ E のガラスプレート G と物理的に接触する。

【 0 0 4 1 】

フェルールコネクタ F C が光学ベンチを伴わない拡張型ビームタイプである場合、ミラー M の構造反射表面プロファイルは、P I C チップ P からの光ビームを再整形し、ミラー M と拡張型ビーム光ファイバコネクタ F C 内に保持される光ファイバとの間の光学アラインメント許容誤差要件を低減するように構成することができる。この実施形態では、フェルールコネクタ F C 内の光ファイバ O F の先端は、エッジカプラ E のガラス板 G と物理的に接触する必要はないが、接触してもよい。この実施形態では、エッジカプラ E のベース B は、フェルールコネクタ F C 上の相補的なアラインメントピン A を収容するために、アラインメントピン A の代わりにアラインメントホール A A を備える。

【 0 0 4 2 】

エッジカプラ内のミラー M および / または光ファイバコネクタ C 内のミラー M M の反射表面プロファイルの様々な設計または修正を行って、所望のビーム形状 / 構成を得ることができる。

【 0 0 4 3 】

図 1 B および 2 B において、光ファイバコネクタ C は、エッジカプラ E 上の受動的アラインメント構造 A に相補的な受動的アラインメント構造 A A を含み、光ファイバコネクタ C は、光ファイバコネクタ C およびエッジカプラ E 上の相補的な受動的アラインメント構造 A および A A に基づく受動的アラインメントによってエッジカプラ E に取外し可能に結合され、図 1 C に示されるように、エッジカプラ E を介して光ファイバアレイ F A を P I C チップ P の光学要素 W と光学的に結合する。一実施形態では、エッジカプラ E 上の受動的

10

20

30

40

50

アラインメント構造 A は、アラインメントピン、アラインメントピンホールおよび表面特徴（図示せず）の少なくとも 1 つを含んでもよく、キネマティック結合、準キネマティック結合、または弾性平均結合を提供する。光ファイバコネクタ上の相補的な受動的アラインメント構造 A A は、相補的なアラインメントピンホール、アラインメントピンおよび表面特徴（図示せず）の少なくとも 1 つを含んでもよく、エッジカブラの対応する受動的アラインメント構造に相補的な、キネマティック結合、準キネマティック結合、または弾性平均結合を提供する。本願と同様に本願の譲受人に譲渡された、米国特許出願公開第 2016/0161686 号明細書は、キネマティック結合、準キネマティック結合、および弾性平均結合の例を含む取外し可能な光学コネクタ結合を開示する。

【0044】

図 1 A ~ 1 C の実施形態では、エッジカブラ E は、ミラー M の第 1 のアレイと PIC チップ P のエッジにある光学要素 W との間に任意の光学要素（例えば、光ファイバセクション）を伴わない自由空間エッジカブラである。

【0045】

図 3 A ~ 3 D に示される別の実施形態では、エッジカブラ E 1 内の光学ベンチのベース B 1 は、それぞれが光ファイバ F のセクション（短いファイバスタブの形態で）をその長手軸が第 1 の光路 L 1 に沿った状態で受容する、ミラー M 1 のアレイおよび溝 V I のアレイを有するベース B 1 を含む。ファイバスタブ F の一端は、第 1 の光路 L 1 に沿って対応するミラー M 1 に対向しかつ光学的にアラインメントされ、別の端部は、PIC チップ内の対応する光学要素 W に対向しかつ光学的にアラインメントされ、ベース B 1 内の溝 V I は、PIC チップ P のエッジに対向するエッジカブラ E 1 のベース B 1 のエッジで終端する。一実施形態では、光ファイバ F のセクションは、エッジカブラ E 1 のベース B 1 のエッジで実質的に終端し、光ファイバ F の端面は、エッジカブラ E のベース B 1 のエッジからわずかに突出または引っ込んでもよい。ガラス、石英、またはサファイアプレート G 1 は、エッジカブラ E 1 のベース B 1 上の露出ミラー M 1 を覆う（かつ、以下に説明するように、受動的な基準アラインメントのためにベース B 1 のエッジから伸長する）。一実施形態では、エッジカブラ E 1 は、ミラー表面 M 1 とガラスプレート G との間で屈折率整合エポキシを充填され得る。

【0046】

図 3 D は、ファイバスタブ F および PIC チップ P の光学要素 W を含む溝の概略断面図である。ファイバスタブ F は、ベース B 1 のエッジで研磨され（および/または、図示されないがガラスカバーで覆われ）、PIC チップ P 内の光学要素 W に対してファイバアレイのように機能する。アセンブリは、ベース B 1 のエッジと PIC チップ P の対向するエッジとの間に意図的なギャップを設けるように作製できる。この場合、ギャップは、PIC チップ P 上の光ファイバのコアおよび導波路と同様の光屈折率を有する材料で充填されてもよい。例示的な材料は、市販の EMI / UM エポキシモデル 3553 などの屈折率整合エポキシである。あるいは、アセンブリは、ギャップなしで構築することができ、その場合、ビームは、導波管とミラーとの間の空気を通過する。

【0047】

この実施形態では、各ファイバスタブ F は、それぞれの光学要素 W とミラー M 1 との間の光学フィルタとして機能する。光学要素 W からミラー M 1 への光ビームのモードフィールドは一致しない可能性がある。各ファイバスタブ F は、ミラー M 1 のために光ビームのモードフィールドを補正および/または調整することによって再整形し、それによって、光ビームをミラー M 1 での既知の条件に標準化する。したがって、ミラー M 1 は、そのような既知の条件に基づいて設計することができ、したがって、PIC チップ P 内の光学要素 W からの直接の光ビームに基づく非標準条件が直面していた問題が回避される。

【0048】

相対的に、図 1 A ~ 1 D の前述の実施形態は、ミラー M のプロファイルを PIC チップ P 内のインターフェースする光学要素 W に一致させるために、PIC チップ P のモードフィールドおよび他の光学特性の認識を必要とする。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 9 】

さらなる実施形態では、ファイバスタブは、P I CチップPからミラーM 1への光ビームの偏光を制限するために、偏光維持光ファイバのものであり得る。

【 0 0 5 0 】

図3 Aの実施形態では、ファイバスタブFは、それぞれ2 mmの長さを有してもよく、同じ方向に沿ったベースの全長は約3 ~ 4 mmである。

【 0 0 5 1 】

この実施形態では、開いた溝V 1は、光ファイバスタブFのむき出しのセクションを保持し(クラッドが露出し、保護バッファおよびジャケット層がない)、構造反射表面を備えたミラーM 1は、ベースB 1のより大きな平面に対してある角度で広く傾斜した平面を有し、図1 Aの前述の実施形態に関して論じられるような構造反射表面プロファイルを有する。開いた溝V Iは、第1の光路L 1に沿ってミラーM 1に対してアラインメントされたファイバスタブFの端部セクションを受容するようサイズ決めされ、かつこれを正確に位置付けるように配置される。対応するミラーM 1に対向する各ファイバスタブFの端面は、対応するミラーM 1に対して所定の距離に維持される。

10

【 0 0 5 2 】

ある実施形態では、ベースB 1上の表面特徴(ミラー/構造反射表面M 1および光ファイバアラインメント溝V 1)は、ストック材料(例えば、金属ブランクまたはストリップ)の精密スタンピングによって一体的/同時に形成することができ、これにより、許容誤差、製造性、使用容易性、機能性および信頼性を改善しながら、コネクタコンポーネントを大量または少量で経済的に製造することができる。ミラーM 1、および溝V 1を同じ単一の最終スタンピング操作で同時に形成することにより、同じワークピース/パーツ上でのアラインメントを必要とするすべての特徴の寸法関係を、最終スタンピング工程で維持することができる。光学ベンチのベースB 1上にすべての特徴を形成するための1回の打撃のパンチによるパンチング操作の代わりに、ベースB 1上に特定の特徴を漸進的に予備成形するために複数の打撃が実施されることが考えられてもよく、最終的なストライクにより、ミラーM 1および設計光路L 1に沿ったそれぞれの構成要素/構造の適切なアラインメントを確保する(または確保するのに重要な役割を果たす)ファイバアラインメント溝V 1を含む光学ベンチのベースB 1上のさまざまな構造化された特徴の最終的な寸法、幾何形状および/または仕上げが同時に規定される。

20

30

【 0 0 5 3 】

本発明の譲受人であるナノプレシジョン プロダクツ インコーポレイテッドは、光データ伝送に関連して使用される光学ベンチを有する様々な独自の光結合/接続デバイスを開発した。本発明は、より具体的には、従来の光結合デバイスで実施されていたスタンピングミラーを含むスタンピング光学ベンチの同様の概念を採用しながら、P I Cのための取外し可能/再接続可能なエッジカプラを対象とする。

【 0 0 5 4 】

例えば、本願と同様に本願の譲受人に譲渡された、米国特許出願公開第2 0 1 3 / 0 3 2 2 8 1 8号明細書は、光データ信号をルーティングするためのスタンピング形成された構造表面を有する光結合デバイス、特に、ベース; ベース上に規定された構造表面であって、入射光を再整形および/または反射する表面プロファイルを有する構造表面; およびベース上に規定されたアラインメント構造であって、ベース上において光学要素を構造表面とのアラインメントが取られた状態に配置することを容易となす表面特徴を備えるものとして構成され、それにより、構造表面と光学要素との間において規定された光路に沿って光が伝達されるようになすアラインメント構造、とを備え、構造表面とアラインメント構造とが、ベースの可鍛性材料にスタンピングを施すことによりベース上に一体的に規定されている、光信号をルーティングするための光結合デバイスを開示している。さらに、スタンピング複合構造に関して上述された他の開示で論じられたプロセスは、エッジカプラE 1のベースB 1上に表面特徴(ミラーM 1および溝V 1)を形成するために採用してもよい。

40

50

【 0 0 5 5 】

エッジカブラ E 1 は、能動的なアラインメントによって P I C チップ P のエッジに光学的にアラインメントされる。エッジカブラ E 1 は、所望の光学的アラインメントを達成すると、はんだ付けまたはエポキシによって支持体 S 上の所定の位置に固定される。あるいは、図 1 A ~ 1 D の先の実施形態に関して上述されるように、P I C チップ P の上部に提供される基準の相補的パターンと光学的にアラインメントされる基準のパターンを備えた拡張ガラスプレートを使用して、受動的なアラインメントを達成することができる。

【 0 0 5 6 】

先の実施形態のように、外部光ファイバアレイ F A (図 3 C を参照) のコネクタ C への取外し可能な結合のために、同様の受動的アラインメント構造 A をエッジカブラ E 1 上に提供してもよい。

10

【 0 0 5 7 】

図 5 A および 5 B に示される実施形態では、図 3 C のような光ファイバアレイ F A 内の光ファイバコネクタ C ではなく、光ファイバコネクタ F C 1 は、第 2 の (垂直) 光路 L 2 に沿って第 2 の方向に光を入力 / 出力するように光ファイバを支持する構造を備え、光ファイバコネクタ F C 1 がエッジカブラ E 1 に取外し可能に結合された状態で、光ファイバアレイ F A 1 と P I C チップ P の光素子 W との間の光は、エッジカブラ E 1 内のミラー M 1 の第 1 のアレイを介して第 1 の光路 L 1 および第 2 の光路 L 2 のみによって規定される光路をたどる。光ファイバコネクタ F C 1 は、光ファイバフェルールコネクタ (例えば、M T フェルール) の形態でもよく、これは、垂直に、P I C チップ P の上面に直角の方向で、内部に光ファイバを保持する。この実施形態において、フェルールコネクタ F C 1 内の光ファイバ O F の先端は、エッジカブラ E 1 のガラスプレート G と物理的に接触する。図示される実施形態では、エッジカブラ E 1 のベース B 1 は、フェルールコネクタ F C 1 上の相補的なアラインメントピン A を収容するために、アラインメントピン A の代わりにアラインメントホール A A を備える。

20

【 0 0 5 8 】

フェルールコネクタ F C 1 が光学ベンチを伴わない拡張型ビームタイプである場合、ミラー M 1 の構造反射表面プロファイルは、P I C チップ P からの光ビームを再整形し、ミラー M 1 と拡張型ビーム光ファイバコネクタ F C 1 内に保持される光ファイバとの間の光学アラインメント許容誤差要件を低減するように構成することができる。この実施形態では、フェルールコネクタ F C 1 内の光ファイバ O F の先端は、エッジカブラ E 1 のガラス板 G と物理的に接触する必要はないが、接触してもよい。

30

【 0 0 5 9 】

図 4 A ~ 4 E は、図 3 A ~ 3 D の実施形態のバリエーションを示している。この実施形態では、エッジカブラ E 2 の光学ベンチのベース B 1 は、先の実施形態のベース B 1 と構造が類似している。この実施形態の違いは、光ファイバ F 1 (ファイバスタブ) の各セクションが、ベース B 1 のエッジを超えて伸長する拡張セクション X F を含み、拡張セクション X F が、P I C チップ P 1 のエッジに設けられたアラインメント溝 P V に受容されることである。溝 P V は、P I C チップ P 内の光学要素 W に光学的にアラインメントされている。したがって、各拡張セクション X F の拡張端部は、P I C チップ P 1 内の対応する光学要素 W と光学的にアラインメントされている。アラインメント溝 P V がファイバスタブ F 1 の拡張セクション X F を受動的にアラインメントする場合、エッジアダプタ E 2 を P I C チップ C に別個にアラインメントする必要はないであろう。この実施形態では、P I C チップ P のエッジに設けられた溝 P V に拡張セクション X F をクランピングするために、ホルダプレート H が設けられている。

40

【 0 0 6 0 】

図 4 E は、P I C チップ P 1 の光学要素 W とアラインメントされたファイバスタブ F 1 を含む溝の概略断面図である。ファイバスタブ F 1 は、端部が研磨されて、P I C チップ P 1 の光学要素 W に対してファイバアレイのように機能する。

【 0 0 6 1 】

50

先の実施形態のように、外部光ファイバアレイ F A のコネクタ C への取外し可能な結合のために、同様の受動的アラインメント構造 A をエッジカプラ E 2 上に提供してもよい。

【 0 0 6 2 】

図 7 A および 7 B は、図 3 A ~ 3 D の実施形態の別のバリエーションである。このさらなる実施形態では、エッジカプラ E 3 の光学ベンチのベース B 1 は、先の実施形態におけるベース B 1 と構造が類似している。この実施形態の違いは、各溝 V 1 が、第 1 の光路 L 1 に沿った光ファイバ F 2 (ファイバスタブ) のセクションの一端と光学的にアラインメントされた勾配屈折率 (GRIN) レンズ G R を受容することである。当該技術分野でよく知られているように、GRIN レンズは、材料の屈折率の勾配によって光学効果を生み出す。段階的な屈折率変化を使用して、平面を有するレンズ、または従来球面レンズに典型的な収差を持たないレンズを製造することができる。GRIN レンズは、球面、軸方向、または半径方向の屈折勾配を有しうる。この実施形態では、GRIN レンズ G R は、PIC チップ P 内の対応する光学要素 W からファイバスタブ F 2 の端部のコアに光を集光するか、または、ファイバスタブ F 2 の端部から PIC チップ P 内の対応する光学要素 W に光を発散させる。GRIN レンズ G R は、レンズ材料の屈折率の段階的变化によって焦点を合わせる。GRIN レンズ G R は、スペーサ S P (空気または物理的な) によってファイバスタブ F 2 と分離されてもよい。この実施形態では、ミラー M 1 は、ストレートファイバスタブ F および F 1 ではなくファイバスタブ F 2 および GRIN レンズ G R の組合せを考慮して、エッジカプラ E および E 2 の先の実施形態と比較して、類似または異なる幾何学形状 / 形状を有し得る。

【 0 0 6 3 】

上述のすべての実施形態について、第 1 の光路 L 1、第 2 の光路 L 2 および第 3 の光路 L 3 は、双方向性である。

【 0 0 6 4 】

溝およびミラーを備えたエッジカプラ E 1、E 2 および E 3 の実施形態では、上述のプロセスを使用して、溝およびミラーアレイは、可鍛性金属材料の単一のモノリシックブロック (例えば、ストック金属材料または金属ブランク) をスタンピングすることによって、エッジカプラのベース上に一体的に規定され、反射表面および光ファイバアラインメント溝を一体的かつ同時に形成しうる。

【 0 0 6 5 】

PIC チップの支持体は、プリント回路基板 (PCB) 上で支持され得るインターポーザまたは集積回路であり得る。

【 0 0 6 6 】

以上、好ましい実施形態を参照して、本発明を具体的に示し説明してきたが、当業者であれば、本発明の精神、範囲および教示内容から逸脱することなく、形態および詳細に関し様々な変更が可能であることを理解できるであろう。したがって、ここに開示された発明は単に説明目的のものと捉えられるべきであり、添付の請求項で規定されるとおりのみ、範囲が限定されるべきである。

他の実施形態

1. 支持体;

前記支持体の上面に取り付けられたフォトニック集積回路 (PIC) チップであって、該 PIC チップのエッジに光をルーティングして前記 PIC チップの外部に光学インターフェースを提供する光学要素を含む、PIC チップ;

マイクロミラー光学ベンチを含むエッジカプラ

を含む、フォトニック装置であって、

前記マイクロミラー光学ベンチが、

ベース;

前記ベース上に規定されたミラーの第 1 のアレイであって、各ミラーが、前記上面に実質的に平行な平面内の第 1 の方向に沿った第 1 の光路と前記平面の外側の第 2 の方向に沿った第 2 の光路との間で光を回転させる構造反射表面プロファイルを含む、ミラーの第 1

10

20

30

40

50

のアレイ；および

外部光ファイバアレイの光ファイバコネクタへの取外し可能な結合のための、前記ベース上の受動的アラインメント構造を含み、

前記エッジカブラが、前記フォトニックチップに関してアラインメントされて前記支持体上に支持されて前記ミラーの第1のアレイが前記PICチップの前記光学要素と光学的にアラインメントされ、前記第1の光路が、前記ミラーの第1のアレイ内のミラーと前記PICチップ内の対応する光学要素との間である、ことを特徴とする、フォトニック装置。

2. 各ミラーが、前記PICチップの対応する光学要素に面する露出した反射自由側を有する前記ベースの露出した自由表面であり、前記露出した反射自由側は、光が前記PICチップ内の対応する光学要素に出入りするよう方向付けられる構造反射表面プロファイルを含む、ことを特徴とする、実施形態1に記載のフォトニック装置。

3. 前記構造反射表面プロファイルが、以下のプロファイル：(a)楕円体、(b)軸外放物線、または(c)他の自由形状光学表面の1つを含むことを特徴とする、実施形態1または2に記載のフォトニック装置。

4. 前記ベースが、金属材料で作製され、前記ミラーの第1のアレイが、可鍛性金属材料にスタンピングを施すことにより前記ベース上に規定されることを特徴とする、実施形態1～3のいずれかに記載のフォトニック装置。

5. 前記ベースが、それぞれが前記第1の光路に沿ったその長手軸で光ファイバのセクションを受容する溝のアレイを含み、第1の端部は前記第1の光路に沿って対応するミラーと光学的にアラインメントされ、第2の端部は前記PICチップ内の対応する光学要素と光学的にアラインメントされ、前記ベース内の溝は、前記PICチップのエッジに面する前記エッジカブラの前記ベースのエッジにおいて終端することを特徴とする、実施形態1～4のいずれかに記載のフォトニック装置。

6. 前記光ファイバのセクションが、前記エッジカブラの前記ベースのエッジを超えて伸長する拡張セクションを含み、該拡張セクションは、前記PICチップの前記エッジにおいて溝を受容され、前記拡張セクションの拡張端は、前記PICチップ内の対応する光学要素と光学的にアラインメントされる前記第2の端部に対応することを特徴とする、実施形態5に記載のフォトニック装置。

7. 各溝が、前記第1の光路に沿ってそれぞれの溝で受容された光ファイバのセクションと光学的にアラインメントされた屈折率分布型(GRIN)レンズをさらに受容し、該GRINレンズが、前記PICチップ内の対応する光学要素から光ファイバの前記セクションの前記第2の端部に光を集光する、または、光ファイバの前記セクションの前記第2の端部から前記PICチップ内の前記対応する光学要素に光を発散させることを特徴とする、実施形態5または6に記載のフォトニック装置。

8. 前記ベースが、金属で作製され、前記溝および前記ミラーの第1のアレイが、可鍛性金属材料にスタンピングを施すことにより前記ベース上に一体的に規定されることを特徴とする、実施形態5～7のいずれかに記載のフォトニック装置。

9. 前記エッジカブラが、前記ミラーの第1のアレイと前記PICチップの前記エッジにある前記光学要素との間に任意の光学要素を伴わない自由空間エッジカブラであることを特徴とする、実施形態1～4のいずれかに記載のフォトニック装置。

10. 前記光ファイバアレイをさらに含み、該光ファイバアレイが、前記エッジカブラの前記ミラーの第1のアレイと光学的にアラインメントされた前記光ファイバの前記端部を終端および支持する光ファイバコネクタを含み、該光ファイバコネクタが、前記第2の光路に沿って前記第2の方向に光を入力/出力し、前記光ファイバコネクタが前記エッジカブラに結合された状態で、前記光ファイバアレイと前記PICチップの前記光学要素との間の光が、前記エッジカブラ内の前記ミラーの第1のアレイを介して、前記第1の光路および前記第2の光路によって規定される光路をたどり、前記ミラーの前記構造反射表面プロファイルが、前記PICチップからの光を再整形して、前記光ファイバコネクタ内の

10

20

30

40

50

前記光ファイバのモードフィールドに一致するように構成されることを特徴とする、実施形態 1 ~ 9 のいずれかに記載のフォトニック装置。

1 1 . 前記光ファイバコネクタが、前記第 2 の光路に沿って前記第 2 の方向に光を入力 / 出力するように前記光ファイバを支持する構造を含み、前記光ファイバコネクタが前記エッジカプラに結合された状態で、前記光ファイバアレイと前記 P I C チップの前記光学要素との間の光が、前記エッジカプラ内の前記ミラーの第 1 のアレイを介して、前記第 1 の光路および前記第 2 の光路によって規定される光路をたどることを特徴とする、実施形態 1 0 に記載のフォトニック装置。

1 2 . 前記光ファイバコネクタが、ミラーの第 2 のアレイを含む光学ベンチをさらに含み、前記ミラーの第 2 のアレイ内の各ミラーが、前記第 1 の方向に平行な第 3 の方向に沿った第 3 の光路と前記第 2 の方向に沿った前記第 2 の光路との間で光を回転させる構造反射表面プロファイルを含み、それによって、前記第 2 の光路に沿って前記第 2 の方向に光を入力 / 出力し、前記光ファイバコネクタが前記エッジカプラに結合された状態で、前記光ファイバアレイと前記 P I C チップの前記光学要素との間の光が、前記エッジカプラ内の前記ミラーの第 1 のアレイおよび前記光ファイバコネクタ内の前記ミラーの第 2 のアレイを介して、前記第 1 の光路、前記第 2 の光路および前記第 3 の光路によって規定される光路をたどることを特徴とする、実施形態 1 1 に記載のフォトニック装置。

1 3 . 前記光ファイバコネクタが、前記エッジカプラ上の前記受動的アラインメント構造に相補的な受動的アラインメント構造を含み、前記光ファイバコネクタが、該光ファイバコネクタおよび前記エッジカプラ上の前記相補的な受動的アラインメント構造に基づいて受動的アラインメントによって前記エッジカプラに取外し可能に結合され、前記エッジカプラを介して前記光ファイバアレイを前記 P I C チップの前記光学要素に光学的に結合することを特徴とする、実施形態 1 0 ~ 1 2 のいずれかに記載のフォトニック装置。

1 4 . 前記エッジカプラ上の前記受動的アラインメント構造が、アラインメントピン、アラインメントピンホールおよび表面特徴の少なくとも 1 つを含み、キネマティック結合、準キネマティック結合、または弾性平均結合を提供することを特徴とする、実施形態 1 3 に記載のフォトニック装置。

1 5 . 前記光ファイバコネクタ上の前記受動的アラインメント構造が、アラインメントピンホール、アラインメントピンおよび表面特徴の少なくとも 1 つを含み、前記エッジカプラの前記対応する受動的アラインメント構造に相補的な、キネマティック結合、準キネマティック結合、および弾性平均結合を提供することを特徴とする、実施形態 1 4 に記載のフォトニック装置。

1 6 . 前記支持体を支持するプリント回路基板 (P C B) をさらに含むことを特徴とする、実施形態 1 ~ 1 5 のいずれかに記載のフォトニック装置。

1 7 . 前記支持体が、インターポーザおよび集積回路のいずれかであることを特徴とする、実施形態 1 6 に記載のフォトニック装置。

1 8 . 前記ミラーの第 1 のアレイが、前記エッジカプラと前記 P I C チップの前記光学要素との間の光に基づく能動的アラインメントによって、前記 P I C チップの前記光学要素と光学的にアラインメントされて配置されることを特徴とする、実施形態 1 ~ 1 7 のいずれかに記載のフォトニック装置。

1 9 . 前記ミラーの第 1 のアレイが、前記 P I C チップの前記エッジへの前記エッジカプラの受動的アラインメントによって、前記 P I C チップの前記光学要素と光学的にアラインメントされて配置されることを特徴とする、実施形態 1 ~ 1 7 のいずれかに記載のフォトニック装置。

2 0 . 前記エッジカプラがさらに、前記ミラーの第 1 のアレイを覆うガラスカバーを含み、該ガラスカバーおよび前記 P I C チップの前記エッジ近くの上面に基準が提供され、前記エッジカプラが、前記基準を光学的にアラインメントすることにより前記 P I C チップに受動的にアラインメントされることを特徴とする、実施形態 1 9 に記載のフォトニック装置。

10

20

30

40

50

【図面】

【図 1 A】

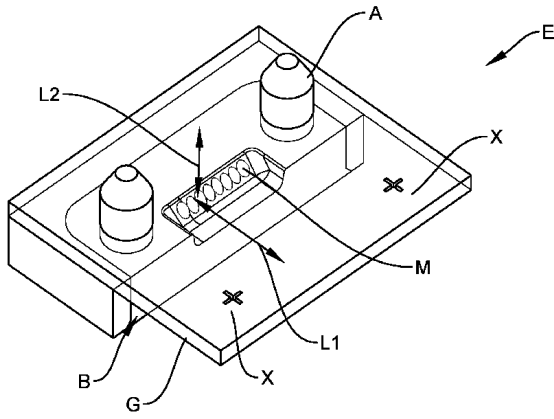


FIG. 1A

【図 1 B】

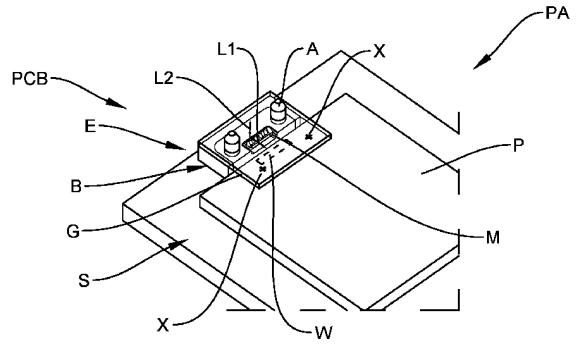


FIG. 1B
SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

10

【図 1 C】

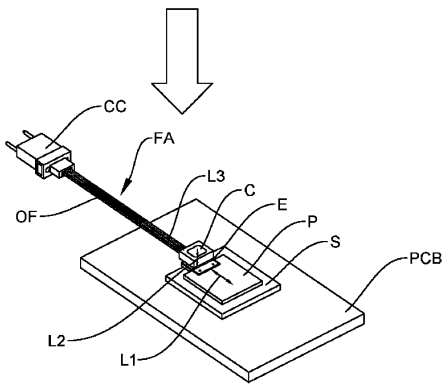
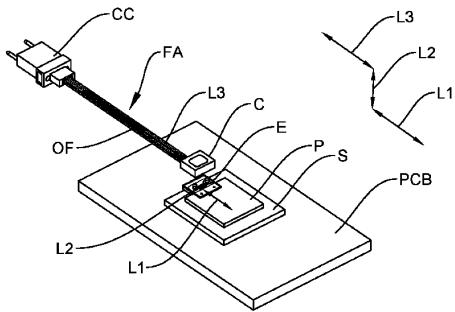


FIG. 1C
SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

【図 1 D】

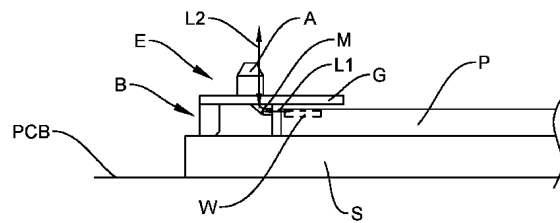


FIG. 1D

20

30

40

50

【 2 A 】

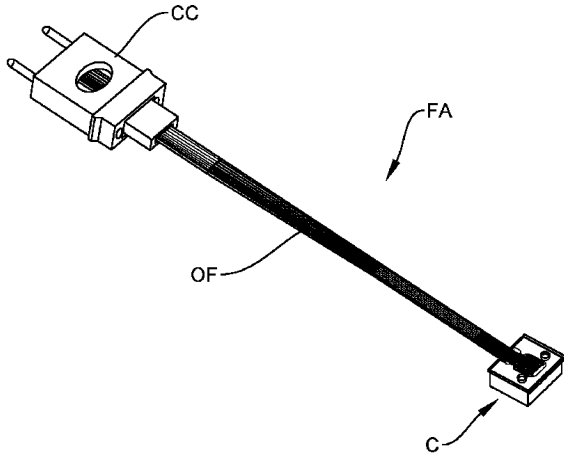


FIG. 2A

【 2 B 】

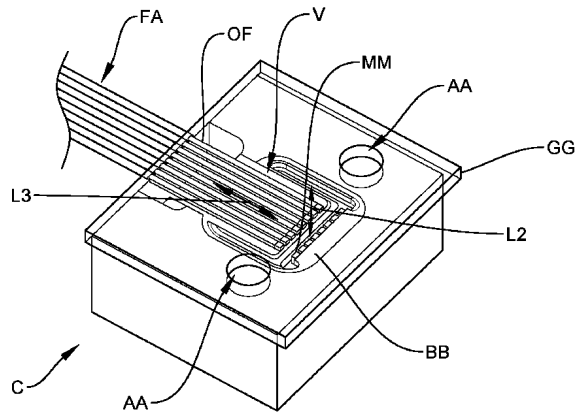


FIG. 2B
SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

10

【 3 A 】

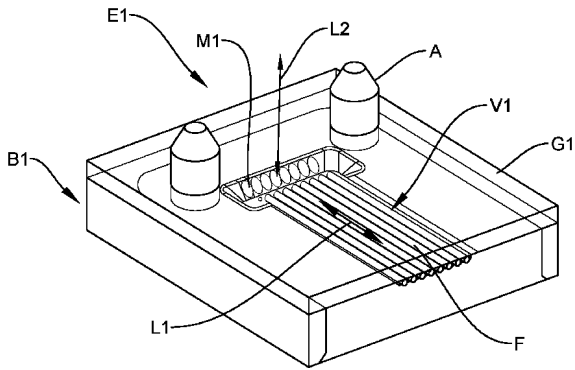


FIG. 3A

【 3 B 】

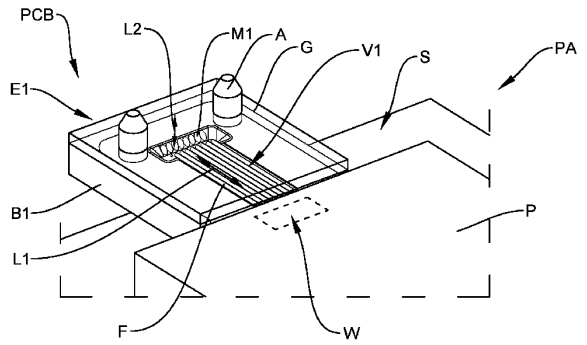


FIG. 3B
SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

20

30

40

50

【 3 C 】

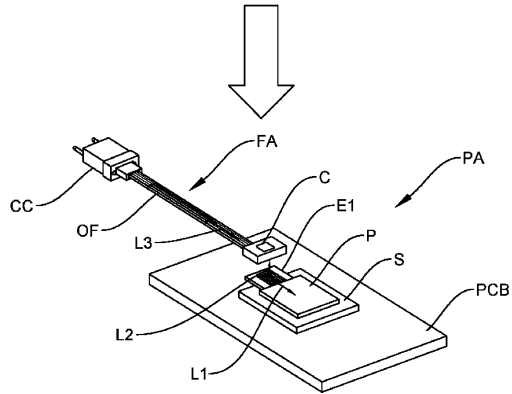
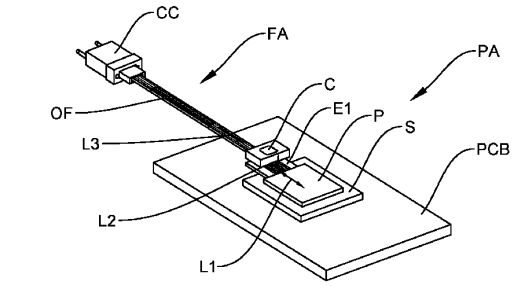


FIG. 3C
SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

【 3 D 】

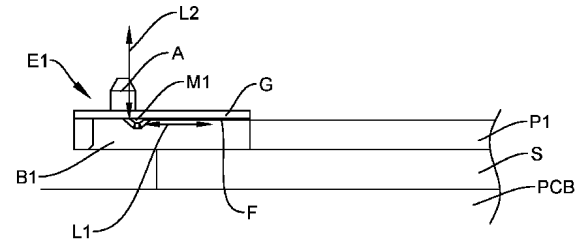


FIG. 3D

10

20

【 4 A 】

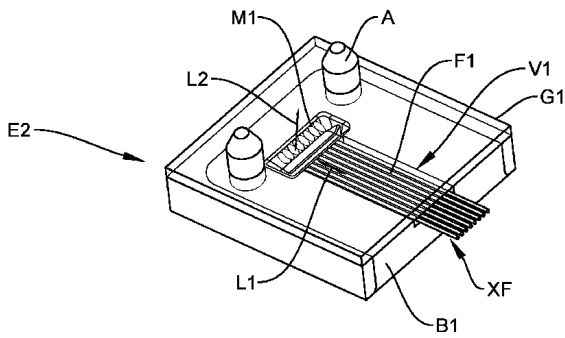


FIG. 4A

【 4 B 】

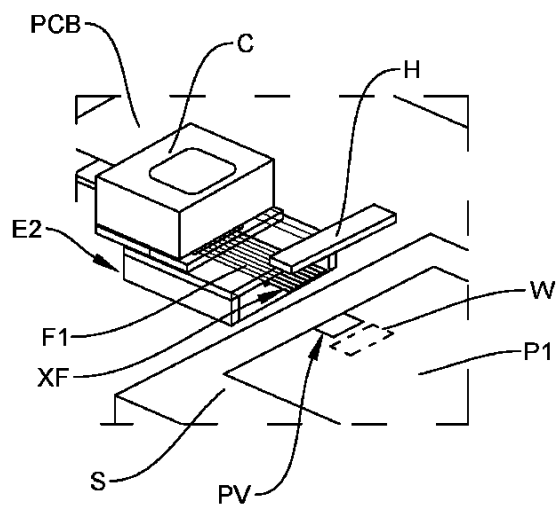


FIG. 4B

30

40

50

【 4 C 】

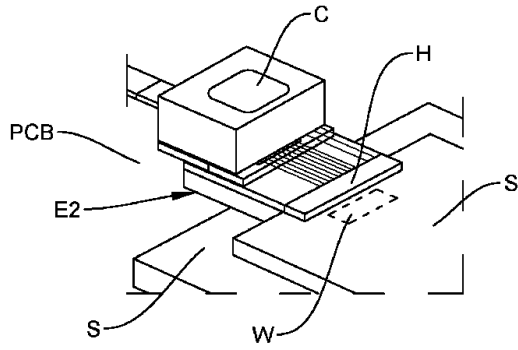


FIG. 4C
SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

【 4 D 】

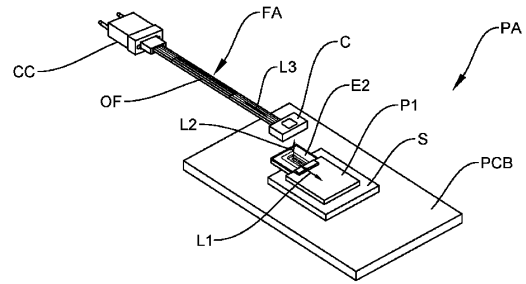
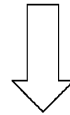
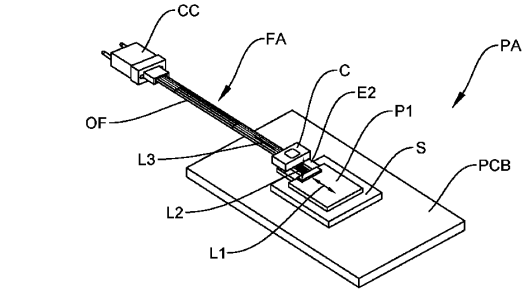


FIG. 4D
SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

【 4 E 】

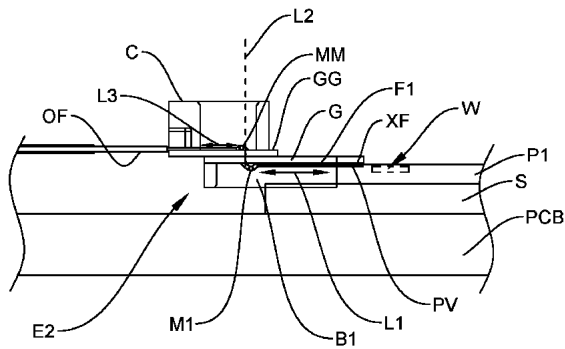


FIG. 4E
SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

【 5 A 】

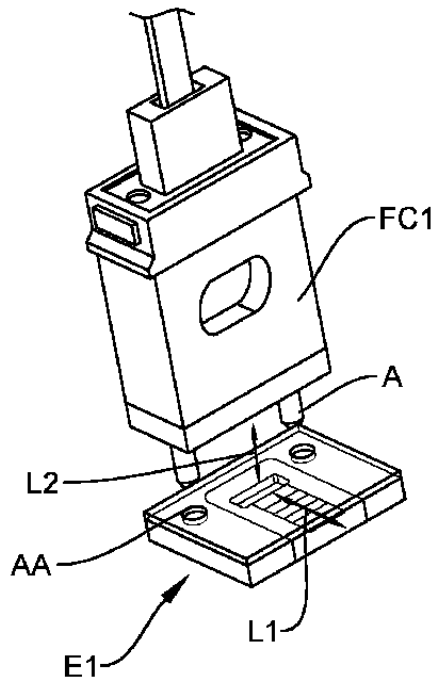


FIG. 5A

10

20

30

40

50

【 図 5 B 】

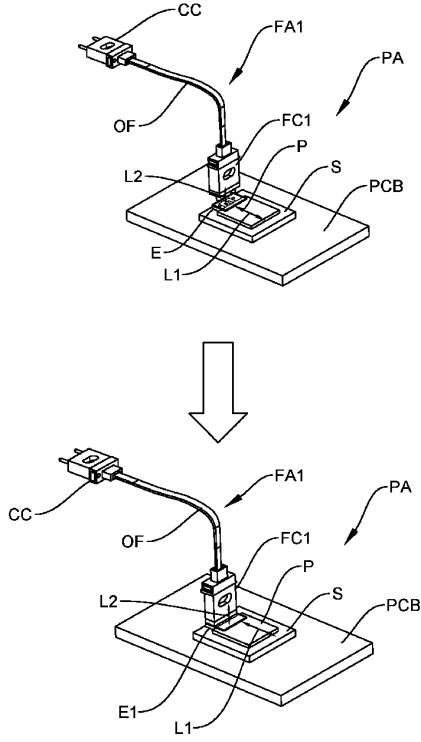


FIG. 5B
SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

【 図 6 A 】

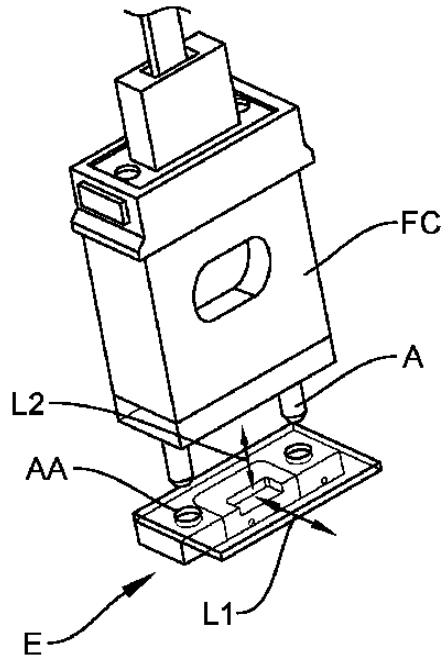


FIG. 6A

10

20

【 図 6 B 】

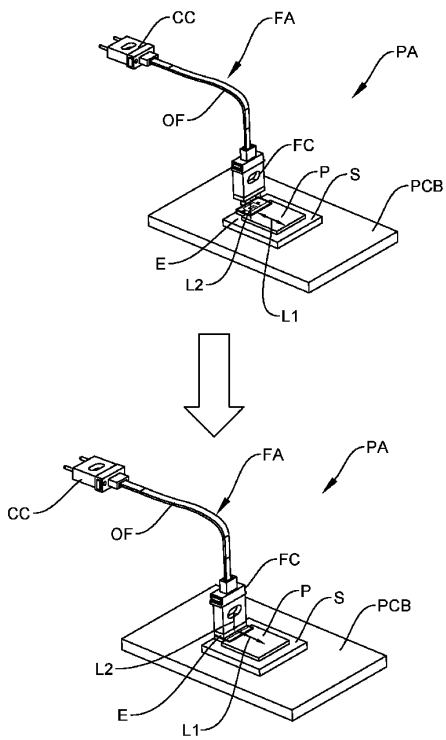


FIG. 6B
SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

【 図 7 A 】

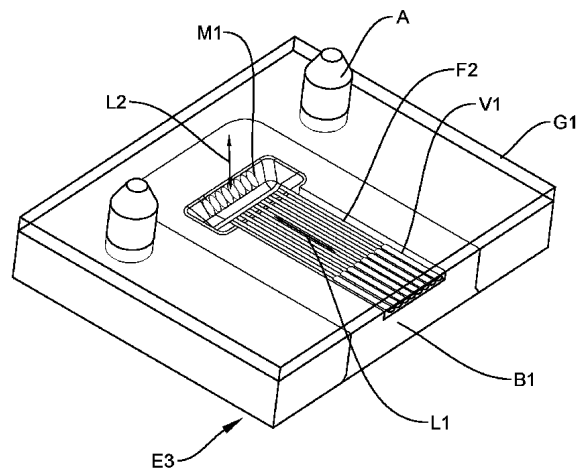


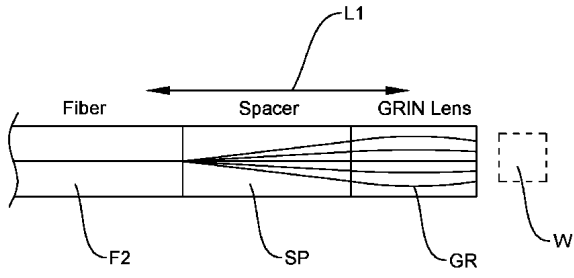
FIG. 7A

30

40

50

【 7 B 】



10

FIG. 7B
SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

20

30

40

50

フロントページの続き

(33)優先権主張国・地域又は機関

米国(US)

前置審査

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 1 3 2 0 ニューベリー パーク ヴィア パトリカ 5 2 2 0

審査官 奥村 政人

(56)参考文献 米国特許出願公開第 2 0 0 6 / 0 2 5 1 3 5 7 (U S , A 1)

特表 2 0 1 8 - 5 0 9 6 5 5 (J P , A)

特表 2 0 1 7 - 5 1 6 1 5 2 (J P , A)

特開 2 0 1 3 - 2 5 7 4 3 9 (J P , A)

米国特許出願公開第 2 0 1 8 / 0 1 2 8 9 9 2 (U S , A 1)

米国特許出願公開第 2 0 1 7 / 0 0 0 3 4 5 3 (U S , A 1)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

G 0 2 B 6 / 1 2 - 6 / 1 4

G 0 2 B 6 / 2 6 - 6 / 2 7

G 0 2 B 6 / 3 0 - 6 / 3 4

G 0 2 B 6 / 4 2 - 6 / 4 3

J S T P l u s (J D r e a m I I I)

J S T 7 5 8 0 (J D r e a m I I I)

J S T C h i n a (J D r e a m I I I)