

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2004-538504
(P2004-538504A)

(43) 公表日 平成16年12月24日(2004.12.24)

(51) Int. Cl. ⁷	F I	テーマコード (参考)
GO2B 6/26	GO2B 6/26	2H041
GO2B 26/00	GO2B 26/00	2H137
HO1L 23/02	HO1L 23/02	F 4M118
HO1L 27/14	HO1L 27/14	D

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 39 頁)

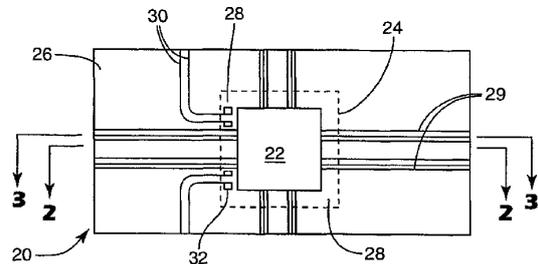
(21) 出願番号	特願2003-515895 (P2003-515895)	(71) 出願人	599056437 スリーエム イノベイティブ プロパティ ズ カンパニー アメリカ合衆国, ミネソタ 55144- 1000, セント ポール, スリーエム センター
(86) (22) 出願日	平成14年6月4日 (2002.6.4)	(74) 代理人	100099759 弁理士 青木 篤
(85) 翻訳文提出日	平成16年1月26日 (2004.1.26)	(74) 代理人	100092624 弁理士 鶴田 準一
(86) 国際出願番号	PCT/US2002/017837	(74) 代理人	100102819 弁理士 島田 哲郎
(87) 国際公開番号	W02003/010580	(74) 代理人	100082898 弁理士 西山 雅也
(87) 国際公開日	平成15年2月6日 (2003.2.6)		
(31) 優先権主張番号	09/912, 147		
(32) 優先日	平成13年7月24日 (2001.7.24)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 パッケージングされた光マイクロメカニカルデバイス用のツーリングフィクスチャ

(57) 【要約】

光マイクロメカニカルデバイスを処理するためのツーリングシステムに関する。好ましくは光マイクロメカニカルデバイスが開放される前に、ツーリングフィクスチャ(56)は、MEMSダイ(24)に取付けられる。ツーリングフィクスチャは、犠牲材料の除去を妨げず、MEMSダイの処理を容易にし、最終的にはパッケージングされた光マイクロメカニカルデバイスの一体部分となる。ツーリングフィクスチャは、ヒートシンク、コンプライアント熱伝導性材料および/またはツーリングポストであってもよい。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光マイクロメカニカルデバイス用のパッケージであって、
基板の第 1 面に 1 つ以上の光マイクロメカニカルデバイスを有し、該第 1 面がダイ基準面を有するダイと、

前記ダイの第 2 面に取付けられるツーリングフィクスチャと、

開口部および前記ダイ基準面を受容するようになっている該開口部の近傍のパッケージフレーム基準面を有し、前記光マイクロメカニカルデバイスが該開口部に配置されるようになっているパッケージフレームと、

前記開口部に隣接して終端する 1 つ以上の光相互接続部位置合せ機構と、

前記光相互接続部位置合せ機構に配置され、1 つ以上の前記光マイクロメカニカルデバイスと光学的に連結される 1 つ以上の光相互接続部の末端と、

を具備する光マイクロメカニカルデバイス用のパッケージ。

10

【請求項 2】

前記ツーリングフィクスチャがヒートシンクを含む、請求項 1 に記載のパッケージ。

【請求項 3】

前記ツーリングフィクスチャがコンプライアント熱伝導性材料を含む、請求項 1 に記載のパッケージ。

【請求項 4】

前記ツーリングフィクスチャがツーリングポストを含む、請求項 1 に記載のパッケージ。

20

【請求項 5】

前記ダイおよび前記ツーリングフィクスチャを前記パッケージフレームに封着するカバーを具備する、請求項 1 に記載のパッケージ。

【請求項 6】

前記ツーリングフィクスチャが前記カバーと係合する、請求項 5 に記載のパッケージ。

【請求項 7】

前記ダイおよび前記ツーリングフィクスチャを前記パッケージフレームに封着する封止材を具備する、請求項 1 に記載のパッケージ。

【請求項 8】

前記ダイ基準面と前記パッケージフレーム基準面との間に介在する 1 つ以上のコンタクトパッドを具備する、請求項 1 に記載のパッケージ。

30

【請求項 9】

前記コンタクトパッドが 1 つ以上の光マイクロメカニカルデバイスを外部電気接点と電氣的に連結する、請求項 8 に記載のパッケージ。

【請求項 10】

前記コンタクトパッドが 1 つ以上の光マイクロメカニカルデバイスをフレキシブル回路部材と電氣的に連結する、請求項 8 に記載のパッケージ。

【請求項 11】

前記コンタクトパッドが 1 つ以上の光マイクロメカニカルデバイスを、前記パッケージフレーム基準面に位置するコンタクトパッドと電氣的に連結する請求項 8 に記載のパッケージ。

40

【請求項 12】

光マイクロメカニカルデバイスをパッケージングする方法であって、

基板の第 1 面に 1 つ以上の光マイクロメカニカルデバイスを有し、該第 1 面がダイ基準面を有するダイを用意することと、

前記基板の第 2 面にツーリングフィクスチャを取付けることと、

開口部および前記ダイ基準面を受容するようになっている該開口部の近傍のパッケージフレーム基準面を有し、前記光マイクロメカニカルデバイスが該開口部に配置されるようになっているパッケージフレームを用意することと、

前記パッケージフレーム上の 1 つ以上の光相互接続部位置合せ機構であって、前記ダイ基

50

準面が前記パッケージフレーム基準面と係合するときに、前記ダイ上の対応する光マイクロメカニカルデバイスと位置合せされるように位置決めされる、前記パッケージフレーム上の光相互接続部位置合せ機構を用意することと、を含む方法。

【請求項 13】

前記パッケージフレーム上の前記光相互接続部位置合せ機構に 1 つ以上の光相互接続部を配置するステップと、前記ダイ基準面を前記パッケージフレーム基準面に係合させて前記光相互接続部を捕捉するステップと、を含む、請求項 12 に記載の方法。

10

【請求項 14】

前記パッケージフレーム上の前記光相互接続部位置合せ機構と前記ダイ上の対応する光相互接続部位置合せ機構との間に、1 つ以上の光相互接続部を捕捉するステップを含む、請求項 12 に記載の方法。

【請求項 15】

前記ツーリングフィクスチャを取付けるステップが、前記光マイクロメカニカルデバイスが前記基板から開放される前に行われる、請求項 12 に記載の方法。

【請求項 16】

前記ツーリングフィクスチャを取付ける工程が、1 つ以上の光マイクロメカニカルデバイスを有するダイを用意するステップの前に行われる、請求項 12 に記載の方法。

20

【請求項 17】

前記ツーリングフィクスチャがヒートシンクを含む、請求項 12 に記載の方法。

【請求項 18】

前記ツーリングフィクスチャがツーリングポストを含む、請求項 12 に記載の方法。

【請求項 19】

前記ツーリングフィクスチャがコンプライアント熱伝導性材料を含む、請求項 12 に記載の方法。

【請求項 20】

封止材を用いて前記ダイおよび前記ツーリングフィクスチャを前記パッケージフレームに封着することを含む、請求項 12 に記載の方法。

30

【請求項 21】

カバーを用いて前記ダイおよび前記ツーリングフィクスチャを前記パッケージフレームに封着することを含む、請求項 12 に記載の方法。

【請求項 22】

前記ツーリングフィクスチャを前記カバーに係合させるステップを含む、請求項 21 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光マイクロメカニカルデバイス进行处理するためのツーリングシステムに関し、詳細には、パッケージングされた光マイクロメカニカルデバイスの一体部分になるツーリングフィクスチャに関する。

40

【背景技術】

【0002】

複雑なマイクロエレクトロメカニカルシステム(MEMS)デバイスおよび光エレクトロメカニカルシステム(MOEMS)デバイスの作製は、マイクロメカニカルデバイス技術において著しい進歩を示している。現在、たとえば、ヒンジ、シャッタ、レンズ、ミラー、スイッチ、偏光デバイス、およびアクチュエータなどのさまざまなマクロスケールデバイスのマイクロメートルサイズの類似物が作製されている。たとえば、ノースカロライナ州リサーチ・トライアングル・パークに所在するクロノス・インテグレイティッド・マイ

50

クロシステムズ(Cronos Integrated Microsystems (Research Triangle Park, NC))から入手可能なマルチユーザ向けMEMSプロセッシング(MUMP)を用いて、これらのデバイスを作製することができる。

【0003】

MEMSまたはMOEMSデバイスを形成する一つの方法は、基板上的適切な位置にデバイスをパターン形成することを伴う。パターン形成するとき、デバイスは、基板の上で平坦に置かれる。たとえば、ヒンジ構造物または反射体デバイスのヒンジ板はいずれも、MUMPプロセスを用いて基板面と略同一平面に形成される。MEMSデバイスおよびMOEMSデバイスの用途としては、たとえば、データ記憶装置、レーザスキャナ、プリンタヘッド、磁気ヘッド、顕微分光装置、加速度計、走査プローブ顕微鏡、近接場光学顕微鏡、光学スキャナ、光変調器、マイクロレンズ、光学スイッチ、マイクロロボットが挙げられる。

10

【0004】

MEMSデバイスのパッケージングは、微小構造物の物理的に能動的な性質のための生じる独特の問題を起こす。安定した環境を維持し、塵粒、腐食性および/または付着する可能性がある蒸気などの侵入を防止するために、マイクロメカニカル構造物は、密封されたパッケージに封入されなければならない。密封されたパッケージはまた、処理または動作中の物理的な損傷の危険性を最小限に抑える。エポキシ樹脂注封および熱可塑性射出成形などの従来の集積回路カプセル化の方法は、集積回路に関して有用であるが、可動部分がなく、マイクロメカニカル構造物と共に直接用いることができない。封入剤は、マイクロメカニカル構造物の能動部分に接触してはならない。さらに、射出成形などの一般的なカプセル化の技術は、1000 psiの圧力を必要とすることが多く、微小構造物を破損しやすい。

20

【0005】

マイクロメカニカル構造物の1つの用途は、光学スイッチ、波長固有の等化器、偏光モード分散補償器などの光信号の処理を伴う。しかし、これらの用途は、パッケージングされたマイクロメカニカル構造物と光ファイバの連結を必要とする。さまざまな技術は、米国特許第6,146,917号明細書(張ら)、EP0852337およびEP1057779に開示されているようなMEMSデバイスをパッケージングするために公知である。しかし、これらのパッケージング技術はいずれも、光ファイバをMEMSデバイスに連結することについては教示していない。

30

【0006】

本発明は、光マイクロメカニカルデバイスを処理するためのツーリングシステムに関する。ツーリングフィクスチャは、好ましくは光マイクロメカニカルデバイスが開放される前にMEMSダイに取付けられる。ツーリングフィクスチャは、犠牲材料の除去を妨げず、MEMSダイの処理を容易にし、最終的にはパッケージングされた光マイクロメカニカルデバイスの一体部分となる。

【発明の開示】

【課題を解決するための手段】

40

【0007】

一実施形態において、光マイクロメカニカルデバイス用のパッケージは、基板の第1の面に1つ以上の光マイクロメカニカルデバイスを有するダイを具備している。第1の面は、ダイ基準面を含む。ツーリングフィクスチャは、ダイの第2の面に取付けられる。パッケージフレームは、開口部と、光マイクロメカニカルデバイスが開口部に位置するようにダイ基準面を収容するように構成された開口部の付近のパッケージフレーム基準面と、を具備している。1つ以上の光相互接続位置合せ機構は、開口部に隣接して終端する。1つ以上の光相互接続部の末端は、光相互接続位置合せ機構に位置し、1つ以上の光マイクロメカニカルデバイスと光学的に結合される。

【0008】

50

ツーリングフィクスチャは、ヒートシンク、コンプライアント熱伝導性材料および/またはツーリングポストであってもよい。カバーは、ツーリングフィクスチャをパッケージフレームに密閉する。一実施形態において、ツーリングフィクスチャは、カバーと係合する。別の実施形態において、封止材料は、ダイおよびツーリングフィクスチャをパッケージフレームに密閉する。

【0009】

1つ以上のコンタクトパッドが、ダイ基準面とパッケージフレーム基準面との間に介在させることができる。コンタクトパッドは、1つ以上の光マイクロメカニカルデバイスを外部電気接点と電氣的に連結する。あるいは、コンタクトパッドは、1つ以上の光マイクロメカニカルデバイスをフレキシブル回路部材と電氣的に連結する。コンタクトパッドはまた、1つ以上の光マイクロメカニカルデバイスをパッケージフレーム基準面に位置するコンタクトパッドと電氣的に連結することができる。

10

【0010】

本発明はまた、光マイクロメカニカルデバイスをパッケージングする方法に関する。方法は、基板の第1の面に1つ以上の光マイクロメカニカルデバイスを含むダイを作製する工程を含む。第1の面は、ダイ基準面を具備している。ツーリングフィクスチャは、基板の第2の面に取付けられる。パッケージフレームは、開口部と、光マイクロメカニカルデバイスが開口部に位置するようにダイ基準面を収容するように構成された開口部の付近のパッケージフレーム基準面と、を具備しているように作製される。1つ以上の光相互接続位置合せ機構は、パッケージフレームに作製される。ダイ基準面がパッケージフレーム基準面と係合するとき、パッケージフレーム上の光相互接続位置合せ機構は、ダイ上の対応する光マイクロメカニカルデバイスと位置合せするように位置決めされる。ツーリングフィクスチャは、ヒートシンク、コンプライアント熱伝導性材料および/またはツーリングポストであってもよい。

20

【0011】

本方法は、パッケージフレーム上の光相互接続位置合せ機構における1つ以上の光相互接続部に位置決めする工程と、ダイ基準面をパッケージフレーム基準面と係合して、光相互接続部を捕捉する工程と、を含む。1つ以上の光相互接続部は、パッケージフレーム上の光相互接続位置合せ機構とダイ上の対応する光相互接続位置合せ機構との間に捕捉される。一実施形態において、ダイは、封止材料を用いてパッケージフレームに密閉される。別の実施形態において、フレキシブル回路は、ダイに電氣的に連結される。

30

【0012】

一実施形態において、ツーリングフィクスチャを取付ける工程は、光マイクロメカニカルデバイスが基板から開放される前に行われる。別の実施形態において、ツーリングフィクスチャを取付ける工程は、光マイクロメカニカルデバイスを具備しているダイを作製する工程の前に行われる。

【0013】

封止材料を用いて、ダイおよびツーリングフィクスチャをパッケージフレームに密閉することができる。別の実施形態において、ダイおよびツーリングフィクスチャは、バーを用いて密閉される。任意に、ツーリングフィクスチャは、カバーと係合することができる。

40

【0014】

本発明はまた、本発明による少なくとも1つのパッケージングされた光マイクロメカニカルデバイスを具備する光通信システムに関する。

【0015】

本発明のさらなる特徴は、添付図面と併せて読めば、具体的な実施形態の以下の詳細な説明から明白となるであろう。

【発明を実施するための最良の形態】**【0016】**

マイクロメカニカルデバイスを作製するためのさまざまな技術は市販されており、たとえば、ノースカロライナ州リサーチ・トライアングル・パークに所在するクロノス・インテ

50

グレイティッド・マイクロシステムズから入手可能なマルチユーザ向けMEMSプロセス(MUMP)などが挙げられる。組立手順に関する1つの詳細は、クロノス・インテグレイティッド・マイクロシステムズから市販されている「MUMPs Design Handbook (MUMP設計ハンドブック)」改訂6.0版(2001)に記載されている。本願明細書で用いられるように、「マイクロメカニカルデバイス」なる語は、基板の面に構成されるマイクロメートルサイズのメカニカルデバイス、オプトメカニカルデバイス、エレクトロメカニカルデバイスまたはオプトエレクトロメカニカルデバイスを指す。

【0017】

ポリシリコン表面マイクロマシニングは、マイクロエレクトロメカニカルデバイスまたはマイクロメカニカルデバイスを製造するために、集積回路(IC)業界では既知の平面作製プロセス工程に適合されている。ポリシリコン表面マイクロマシニング用の標準的な構成ブロック工程は、低応力多結晶シリコン(ポリシリコンとも言う)および犠牲材料(たとえば、二酸化ケイ素またはケイ酸塩ガラス)の交互の層の蒸着およびフォトリソグラフィックパターン形成である。所定の位置の犠牲層にエッチングされたバイアは、基板と、ポリシリコン層の間の機械的および電氣的相互接続部と、に対する固定点を提供する。デバイスの機能要素は、一連の蒸着およびパターン形成プロセス工程を用いて層ごとに構築される。デバイス構造が完成すると、ポリシリコン層を実質的に侵蝕しないフッ化水素(HF)などの選択的腐蝕剤を用いて犠牲材料を除去することによって、移動のために開放することができる(本願明細書では「開放する」と言う)。単一基板が複数のマイクロエレクトロメカニカルデバイスまたはマイクロメカニカルデバイスを含む場合には、基板またはウェーハは一般に、解放前に個別の部分に切断される。

10

20

【0018】

結果として、電氣的相互接続部および/または電圧基準面を提供するポリシリコンの第1の層と、簡素な片持ち梁から光マイクロメカニカルデバイスまでの範囲にある機能要素を形成するために用いることができる機械的なポリシリコンの追加層と、を一般に含む構成システムが構成される。本願明細書で用いられるように、「光マイクロメカニカルデバイス」は、光学スイッチ、近接場光学顕微鏡、光学スキャナ、光変調器、マイクロレンズ、波長固有の等化器、偏光モード分散補償器などを無制限に含む光信号を操作するためのマイクロメカニカルデバイスを指す。光マイクロメカニカルデバイスの例は、2001年1月29日に出願された「Optical Switch Based On Rotating Vertical Micro-Mirror (回転式垂直マイクロミラーに基づく光学スイッチ)」という名称の米国特許出願第09/771,757号明細書、2001年1月29日に出願された「MEMS-Based Polarization Mode Dispersion Compensator (MEMS式偏光モード分散補償器)」という名称の米国特許出願第09/771,765号明細書および2000年10月31日に出願された「MEMS-Based Wavelength Equalizer (MEMS式波長等化器)」という名称の米国特許出願第09/702,591号明細書に示されている。

30

【0019】

図1は、本発明による光マイクロメカニカルデバイスをパッケージングするためのパッケージフレーム20の平面図である。パッケージフレーム20は、フリップチップ構成において、1つ以上の光マイクロメカニカルデバイスを含むダイ24を収容するための開口部22を具備している。開口部22は、実質的に任意の形状であってもよい。フリップチップボンディングは、パッケージフレーム基準面28に面するようにダイ24を接合することを必要とする。ダイ24は、ダイ24とパッケージフレーム20の境界を示すために、点線で示されている。本願明細書で用いられるように、「ダイ」なる語は、1つ以上の光マイクロメカニカルデバイスを含む基板を指す。

40

【0020】

一実施形態において、パッケージフレーム20の上面26は、パッケージフレーム基準面28で終端するコンタクトパッド32に電氣的に連結される複数のトレース30を具備し

50

ている。上面 26 全体が平坦化される実施形態において、パッケージフレーム基準面 28 は、上面 26 全体であってもよい。コンタクトパッド 32 は、ダイ 24 上の対応するコンタクトパッドと電氣的に連結する。本フリップチップ構成により、ダイ 24 の上面にわたってコンタクトパッドを配置することができ、密度および入力/出力接続部の著しい増大が生じる。図 1 の実施形態において、上面 26 は、光ファイバなどの光相互接続部を開口部 22 およびダイ 24 と位置合せをするように適合された V 字溝などの一連の光相互接続位置合せ機構 29 を具備している。光ファイバは、裸の光ファイバ、レンズ (GRIN レンズなど) を取付けた光ファイバ、レンズを有するフェルールによって包囲された光ファイバまたはレンズを備えていないフェルールによって包囲された光ファイバまたはそれらの組合せであってもよい。

10

【0021】

パッケージフレーム 20 は、セラミックス、金属およびプラスチックをはじめとするさまざまな材料から構成されることができる。容易な整形のほか、電気絶縁および気密封止などの信頼性および魅力的な材料特性から、電子パッケージングにおいてセラミックスが主力となっている。セラミックスは、マルチチップモジュールおよびボールグリッドアレイなどの高度な電子パッケージングにおいて広く使用されている。セラミックスは、マイクロメカニカルデバイスをパッケージングするために望ましい電気特性、熱特性および機械特性の組合せを提供する。セラミックパッケージングのための熱膨張係数 (CTE) は、マイクロメカニカルデバイスを含むダイの CTE に厳密に適合するように設計されることができる。

20

【0022】

金属パッケージは、頑丈で作製および組立のしやすさから、実用的である。金属パッケージは、集積回路業界で採用されている理由と同様の理由で、光マイクロメカニカルデバイスパッケージングにとっても魅力的である。金属パッケージは、大部分の光マイクロメカニカルデバイス用途のピンカウント要件を満たし、短いターンアラウンド時間で小さな体積にプロトタイプを作製することができる。金属パッケージングはまた、気密封止も提供する。

【0023】

成形プラスチックパッケージは、一般に金属またはセラミックのような気密性ではない。プラスチックパッケージは、比較的廉価であり、製造しやすさから魅力的である。

30

【0024】

図 2 および図 3 は、図 1 に示されたパッケージフレーム 20 を用いたパッケージングされた光マイクロメカニカルデバイス 40 の側断面図である。ダイ 24 上のダイ基準面 42 が、パッケージフレーム 20 上のパッケージフレーム基準面 28 に接合される。図 2 の実施形態において、ダイ基準面 42 およびパッケージフレーム基準面 28 の境界は、光ファイバ 72 および関連レンズ 70 を含むフェルール 76 を光マイクロメカニカルデバイス 43 と位置合せをするために用いられる光境界基準面 44 を含む (図 3 参照)。光マイクロメカニカルデバイス 43 は、レンズ 70 を分かりにくくならないようにするために、点線で示されている。レンズ 70 および他の特徴部が見えるように、光マイクロメカニカルデバイス 43 の一部のみが示されている。本願明細書で用いられるように、「ダイ基準面」なる語は、光マイクロメカニカルデバイスが構成されるダイの上面を指す。「光境界基準面」なる語は、ダイ基準面、パッケージフレーム基準面またはそれらの間に位置する何らかの基準面などのマイクロメカニカルデバイスに隣接する基準面を指す。光マイクロメカニカルデバイス 43 に隣接して光境界基準面を配置することによって、構成許容差を最小限に抑える。

40

【0025】

図 2 および図 3 に示された実施形態において、V 字溝 50 がパッケージフレーム 20 の上面 26 に形成される。V 字溝 50 の深さは、マイクロメカニカルデバイス 43 とファイバ 72、フェルール 76 およびレンズ 70 の垂直位置合せを提供するように正確に形成される。一実施形態において、V 字溝により、レンズ 70 は光境界基準面 44 と接線関係を形

50

成することができる。例示の実施形態において、レンズ70の群は、互いに垂直に配置されるが、依然として光境界基準面44に対して接線をなす。V字溝は、エッチングなどの機械的または化学適材料除去技術を用いて、形成されてもよい。

【0026】

ダイ24およびV字溝50は、フェルール76のレンズ70を捕捉し、光境界基準面44および光マイクロメカニカルデバイス43と正確に位置合せする。図2および図3の実施形態は、光マイクロメカニカルデバイス43上の活性光学面が、レンズ70の径の大体2分の1に対応する量だけダイ基準面42の上に延在する場合に特に適している。そのような構成では、レンズ70は、マイクロメカニカルデバイス43に対して中心に位置する。

【0027】

本発明のパッケージングされた光マイクロメカニカルデバイス40の一実施形態において、電気相互接続部は、フレックス回路60によって設けられる。フレックス回路60は、ダイ24をパッケージフレーム20に電氣的に接続する。別の実施形態において、フレックス回路60は、パッケージフレーム20の縁まで上面26に沿って延在する。フレックス回路60をダイ24に電氣的に連結するために、ハンダリフロー、導電性接着剤、テープ自動ボンディング、熱圧着などのさまざまな技術を用いることができる。

【0028】

例示の実施形態において、フレックス回路60および光マイクロメカニカルデバイス43をプリント回路基板または他の電気デバイスに電氣的に連結するために、外部電気接点74は、任意にパッケージフレーム20の周縁に設けられる。ダイ24に電流を供給するために、ボールグリッドアレイ(BGA)、ランドグリッドアレイ(LGA)、プラスチックリード付きチップキャリア(PLCC)、ピングリッドアレイ(PGA)、エッジカード、小型化集積回路(SOIC)、デュアルインラインパッケージ(DIP)、クワッドフラットパッケージ(QFP)、リードレスチップキャリア(LCC)、チップスケールパッケージ(CSP)など広範囲の電気設定構成を用いることができる。

【0029】

ダイ24の裏面55は、ヒートシンクおよび/またはツーリングポストなどのツーリングフィクスチャ56を具備している。図2および図3の実施形態において、ヒートシンクおよびツーリングポストの機能が単一構造物に組込まれる。ツーリングフィクスチャ56は、材料の1個部品または個別の構成要素から形成されることができる。一実施形態において、個別のダイ24がウェーハから切断される前に、裏面55は、ツーリングフィクスチャ56に取付けられる。光マイクロメカニカルデバイス43がダイ24から開放される前に、ツーリングフィクスチャ56が取付けられることが好ましい。さまざまな接着剤を用いて、ツーリングフィクスチャ56をダイ24に取付けることができる。

【0030】

ツーリングフィクスチャ56は、光マイクロメカニカルデバイス43に損傷を与えることなくダイ24を処理するために、利用者および自動作製設備にとって好都合な処理を提供する。一旦、ツーリングフィクスチャ56が取付けられると、前面またはダイ基準面42は、妨げられることなく、HFエッチングおよびパッケージフレーム20との係合に利用可能である。一旦、パッケージフレーム20に取付けられると、ツーリングフィクスチャ56は、パッケージングされた光マイクロメカニカルデバイス40の一体部分となる。

【0031】

上部フレーム部材48およびカバー49は、ダイをパッケージフレーム20に密閉する。上部フレーム部材48およびカバー49は、単一の構成要素または複数の構成要素として形成されてもよい。ツーリングフィクスチャ56は、パッケージングの段階で、ダイ24の処理を容易にする。コンプライアント熱伝導性材料52はツーリングフィクスチャ56とカバー49との間に位置して、パッケージングされた光マイクロメカニカルデバイス40から熱を伝導することが好ましい。封止材料62は任意に、ダイ24および/またはツーリングフィクスチャ56の上に配置され、環境汚染から開口部22をさらに密閉することができる。下部カバー54は、ダイ24に対向する開口部22を密閉する。開口部22

10

20

30

40

50

は任意に、真空であってもよく、窒素またはアルゴンなどの気体によって充填されてもよい。

【0032】

真の気密封止されたパッケージは、金属または非有機材料から構成されるものと仮定される。パッケージングされた光マイクロメカニカルデバイス40の一部の用途では、気密封止は必要ではない。たとえば、全体的なエンクロージャが、パッケージングされた光マイクロメカニカルデバイス40に必要な保護を提供してもよい。このような実施形態において、封止材料62のみが用いられ、上部フレーム部材48およびカバー49は省略される。封止材料62は、エポキシ、シリカファイバを有するエポキシ、エポキシクレゾールノボラックポリマーなどの光マイクロメカニカルデバイス43の凝縮を最小限に抑えるために、硬化エラストマー上でガス発生が少ないことが好ましい。

10

【0033】

図2および図3の実施形態は、パッケージフレーム基準面28に直接接合されるダイ24を示す。図4は別の実施形態を示しており、ダイ24上のダイ基準面42および/またはパッケージフレーム基準面28が1つ以上のコンタクトパッド80、82を具備している。コンタクトパッド80、82は、ダイ24をパッケージフレーム基準面28に正確に位置合せしてマウントするために簡単に使用することができる。別の実施形態において、コンタクトパッド80、82は、ダイ基準面42上のプティカルマイクロメカニカルデバイス43とパッケージフレーム20上のコンタクトパッド32(図1参照)との間に電気相互接続を提供する。コンタクトパッド80、82は、ハンダ、導電性接着剤またはさまざまな他の導電材料から構成されてもよい。本願明細書で用いられるように、「コンタクトパッド」なる語は、ダイとパッケージフレームとの間の機械的および/または電氣的境界を指す。

20

【0034】

図4の実施形態は、2つのコンタクトパッド80、82を示しているが、単独のボンディングパッドがダイ基準面42またはパッケージフレーム基準面28のいずれかの上に位置してもよい。図4の実施形態において、光境界基準面84は、ダイ基準面42と同一平面にあることが好ましい。別の実施形態において、光境界基準面84は、ダイ基準面42とパッケージフレーム基準面28との間の任意の場所に位置していてもよい。たとえば、光境界基準面は、コンタクトパッド80、82の間の境界に位置していてもよい。光境界基準面84は、光マイクロメカニカルデバイス43に隣接することが好ましい。図4の実施形態において、ヒートシンクおよびツーリングポストの機能は、単一構造物85に組み込まれる。図4はツーリングフィクスチャ85を矩形ブロックとして示しているが、形状は用途、パッケージフレームの性質、光マイクロメカニカルデバイスのタイプ、使用されるカバーのタイプおよび他の要因に応じて変化することができる。

30

【0035】

図5は、1つ以上の接合位置合せポスト88および隣接キャビティ90を有する別のパッケージフレーム86を示している。一実施形態において、キャビティ90は、フレックス回路92をダイ基準面42上のコンタクトパッドに電氣的に連結するために使用される。図5の実施形態において、ダイ基準面42およびパッケージフレーム基準面28は、同一平面にあり、光境界基準面98を含むことが好ましい。別の実施形態において、キャビティ90は、ダイ24を位置合せポスト88に保持するために用いられる接着剤94で満たされてもよい。キャビティ90に接着剤94を配置することによって、ダイ基準面42と位置合せポスト88の上部96との間を直接物理的に接触させることができ、それによって位置ずれを最小限に抑える。

40

【0036】

図5の実施形態において、コンプライアント熱伝導性材料91は任意に、ツーリングポスト93を包囲する。材料91は、ヒートシンクとして作用することができる。ツーリングポスト93は任意に、ダイ24を衝撃荷重から保護することができる。ツーリングポスト93は任意に、ダイ24をパッケージフレーム86にさらに固定するために、カバー95の内面と接触または

50

係合する。

【0037】

温度管理および応力分離に強く影響するため、ダイ取付けには熟慮しなければならない。接合は、時間が経っても亀裂が入ったりクリープを生じたりしてはならない。ダイ取付け工程は一般に、介在接合層として金属合金または有機または無機の接着剤を用いる。金属合金は一般に、共晶ハンダまたは非共晶ハンダをはじめとするすべての形態のハンダを含む。有機接着剤としては、エポキシ、シリコンおよびポリイミドが挙げられる。ハンダ合金の選択は、適切な溶融温度特性および機械特性を有するかどうかによる。ハンダは、ダイをパッケージに固く取付け、名目上、有機接着剤に比べた場合、応力分離がほとんどないか、または全くない。しかし、接合はきわめて頑丈であり、大きい垂直引張力を形成する。パッケージフレームがダイと電氣的に連結するために配置されたパッケージフレーム基準面のコンタクトパッドを含むとき、金属ハンダは一般に、不適切である。ダイとパッケージフレームとの間の熱膨張係数の大きな不一致が一般に、望ましくない応力を生じ、接合における亀裂の原因となりうる。

10

【0038】

図6は、より複雑な形状の開口部102を有する別のパッケージフレーム100の平面図である。ダイ104は、ダイ104とパッケージフレーム基準面106との境界を示すように概略的に示されている。V字溝108は、4つの側面すべてから開口部102へ指向される。開口部102の部分またはアーム110A、110B、110C、110Dは、ダイ104の縁に達する前に光ファイバおよび対応するレンズを終端することができる(図7および図8参照)。以下に説明するように、V字溝108の深さを制御することによって、光マイクロメカニカルデバイスの高さを補償するために、光ファイバにおけるレンズの高さは、ダイ基準面に比して調整されることができる。

20

【0039】

図7は、光境界基準面124に沿ってパッケージフレーム基準面106に接合されるダイマウンティング面122を有するパッケージングされた光マイクロメカニカルデバイス120の側断面図である。V字溝108は、レンズ126と、光ファイバ146を収容するフェルール144と、が光境界基準面124の上および下の両方に延在するような深さを有する。V字溝が一定の深さであってもよいように、フェルール144の外径はレンズ126の外径に適合することが好ましい。光境界基準面124に対するレンズ126の位置を調整するために、溝108の深さをを用いることができる。すなわち、レンズ126は、ダイ基準面122に関係なく光境界基準面124に対して位置決めされることができる。V字溝108の深さを変更することによって、さまざまなダイ104に関して図6のパッケージフレーム100を用いることができると同時に、レンズ126を光マイクロメカニカルデバイスと依然として位置合せすることができる(図3参照)。図7の実施形態はまた、図4のコンタクトパッド80、82と共に用いてもよい。

30

【0040】

パッケージフレーム100は、開口部102にわたって延在している下部カバー130を具備することが好ましい。図7に示された実施形態において、上部カバー132は、ハンダ、ブレイジング、接着剤などのさまざまな技術を用いて、パッケージフレーム100に接合される個別の構成要素である。フレックス回路136を用いてダイ104に対して電気接続が形成される。図7に示された実施形態において、フレックス回路136は、ダイ104の背面138に沿って延在する。ダイ104に形成されるバイア140は、フレックス回路136をダイ基準面122上の光マイクロメカニカルデバイス(図3参照)と電氣的に連結する。フレックス回路136を他の電気構成要素に連結するために、ピングリッドアレイ142またはさまざまな他のコネクタを用いることができる。本願明細書に開示された任意の電気相互接続技術は、図7の実施形態と共に用いることができる。

40

【0041】

図8は、図6のパッケージフレーム100を用いた別のパッケージングされた光マイクロメカニカルデバイス150の側断面図である。ダイ152は、その周縁の少なくとも一部

50

にわたって肩 154 を有するように形成される。電気トレースは、ダイ 152 の前面 156 に沿って肩 154 を延在する。フレックス回路 158 は、ダイ 152 の肩 154 上のコンタクトパッドと電氣的に連結する。ダイ基準面 160 は、パッケージフレーム基準面 106 と連結して、上述のように光境界基準面 162 を形成する。ツーリングフィクスチャ 164 および封止材料 166 は、任意に、パッケージングされた光マイクロメカニカルデバイス 150 に関して設けられる。封止材料 166 は任意に、熱伝導性であってもよい。

【0042】

図 9 および図 10 は、本発明によるパッケージングされた光マイクロメカニカルデバイス 200 の平面図および側断面図である。ダイ基準面 202 は、(図 4 のコンタクトパッドを備えているか、または備えていない)パッケージフレーム基準面 204 に接合され、光境界基準面 206 を形成する。V 字溝 208 は、光マイクロメカニカルデバイス 224 の中心線に垂直かつ水平の中心にレンズ 230 を配置するために、MEMS ダイ 210 に形成される。ダイ 210 における V 字溝 208 は、MUMP 処理を用いて機械加工または形成されてもよい。

10

【0043】

パッケージフレーム 216 は、ダイ 210 の V 字溝に水平方向に適合する V 字溝 212 を含む。垂直方向では、V 字溝 208、212 は、レンズ 230 の中心性をファイバフェル 232 の中心線と位置合せをするように設計される。光マイクロメカニカルデバイス 224 にとって光境界基準面 206 に対する特定のレンズ 230 の位置を最適化することができるように、溝 208、212 の深さを調整することができる。

20

【0044】

パッケージフレーム 216 に 1 つのサイズの V 字溝 212 を形成することができるように、ファイバフェル 232 の外径は、レンズ 230 の外径に適合することが好ましい。2 組の V 字溝 208、212 の組合せは、レンズ 230 および/またはフェル 232 を用いて、3 つの直交軸のすべてにおける基準点として、ダイ 210 をパッケージフレーム 216 に位置合せを行う。同時に、ダイ基準面 202 がパッケージフレーム基準面 204 と係合されるとき、レンズ 230 は、ダイ 210 上のプティカルマイクロメカニカルデバイス 224 に捕捉され、自動的に位置合せされる。

【0045】

図 9 および図 10 の実施形態は任意に、ツーリングポスト 222 を有するヒートシンク 220 を具備している。ヒートシンク 220 は任意に、ダイ 216 の周縁部を超えて延在する延長タブ 238 を具備する。延長タブ 238 は、さまざまな形状のいずれであってもよい。ダイ 210 を保護するために、上部フレーム部材 234 およびカバー 236 がパッケージフレーム 216 に取付けられる。熱伝導性封止材料は任意に、ヒートシンク 220 とカバー 236 との間に設けられてもよい。

30

【0046】

図 11 ~ 図 13 は、本発明による別のパッケージングされた光マイクロメカニカルデバイス 300 を示している。対応するレンズ 306 を有する光ファイバ 304 を収容する 1 対のフェル 302 が、ダイ 308 のそれぞれの側面に位置決めされる。レンズ 306 は、ダイ 308 の縁の前に終端する。8 個のレンズ 306 および関連する光ファイバ 304 は例示のために過ぎず、ファイバの数は用途に応じて変更することができる。

40

【0047】

光マイクロメカニカルデバイス 310 は、ダイ 308 の角のみがパッケージフレーム 314 に接触するような断面形状の開口部 312 に位置決めされる(たとえば、図 6 参照)。ダイ基準面 320 は、光境界基準面 330 を含む。開口部 312 の部分 316 A、316 B、316 C、316 D に作成される間隙により、フレキシブル回路 318 をダイ基準面 320 上のコンタクトパッドと電氣的に連結させ(図 13 参照)、パッケージフレーム 314 の上面 322 に沿って延在させることができる(図 11 参照)。明確にするため、上部パッケージフレーム 324、カバー 326 およびツーリングフィクスチャ 328 のみが図 12 に示されている。上部パッケージフレーム 324 およびカバー 326 は、材料の 1

50

個部品から形成されてもよく、または個別の構成要素であってもよい。熱伝導性弾性材料は任意に、ツーリングフィクスチャ 3 2 8 とダイ 3 0 8 との間、および / またはツーリングフィクスチャ 3 2 8 とカバー 3 2 6 との間に設けられる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 4 8 】

【図 1】本発明によるパッケージフレームの平面図である。

【図 2】本発明による図 1 のパッケージフレームを用いたパッケージングされたマイクロメカニカルデバイスの側断面図である。

【図 3】異なる位置で切り取った図 2 のパッケージングされたマイクロメカニカルデバイスの側断面図である。

【図 4】本発明による取付けパッドまたはコンタクトパッドを有するパッケージングされたマイクロメカニカルデバイスの側断面図である。

【図 5】本発明による位置合せポストを有するパッケージングされたマイクロメカニカルデバイスの側断面図である。

【図 6】本発明による別のパッケージフレームの平面図である。

【図 7】図 6 のパッケージフレームにパッケージングされたマイクロメカニカルデバイスの側断面図である。

【図 8】図 6 のパッケージフレームにパッケージングされた別のマイクロメカニカルデバイスである。

【図 9】パッケージングされたマイクロメカニカルデバイスの平面図である。

【図 10】図 9 のパッケージングされたマイクロメカニカルデバイスの断面図である。

【図 11】本発明によるパッケージングされたマイクロメカニカルデバイスの平面図である。

【図 12】図 11 のパッケージングされたマイクロメカニカルデバイスの側断面図である。

【図 13】図 11 のパッケージングされたマイクロメカニカルデバイスの下面図である。

10

20

【国際公開パンフレット】

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization
International Bureau



(43) International Publication Date
6 February 2003 (06.02.2003)

PCT

(10) International Publication Number
WO 03/010580 A1

(51) International Patent Classification: G02B 6/36, 26/02
(21) International Application Number: PCT/US02/17837
(22) International Filing Date: 4 June 2002 (04.06.2002)
(25) Filing Language: English
(26) Publication Language: English
(30) Priority Data: 09/912,147 24 July 2001 (24.07.2001) US
(71) Applicant: 3M INNOVATIVE PROPERTIES COMPANY [US/US]; 3M Center, Post Office Box 33427, Saint Paul, MN 55133-3427 (US).

(utility model), BH, IS, FI (utility model), FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KP, KG, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SI, SG, SL, SK (utility model), SK, SL, TI, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) Designated States (regional): ARIPO patent (GI, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Declarations under Rule 4.17:

— as to applicant's entitlement to apply for and be granted a patent (Rule 4.17(ii)) for all designations
— as to the applicant's entitlement to claim the priority of the earlier application (Rule 4.17(iii)) for all designations

Published:

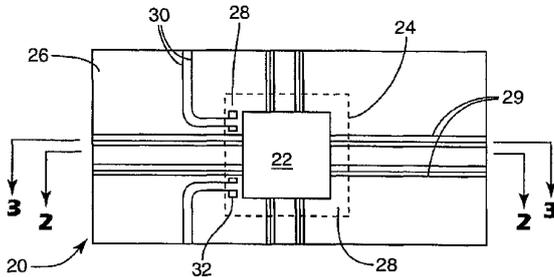
with international search report

For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.

(72) Inventor: CARPENTER, Barry, S.; Post Office Box 33427, Saint Paul, MN 55133-3427 (US).
(74) Agents: BARDELL, Scott A. et al.; Office of Intellectual Property Counsel, Post Office Box 33427, Saint Paul, MN 55133-3427 (US).

(81) Designated States (national): AL, AG, AL, AM, AT (utility model), AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ (utility model), CZ, DE (utility model), DE, DK (utility model), DK, DM, DZ, EC, EE

(54) Title: TOOLING FIXTURE FOR PACKAGED OPTICAL MICRO-MECHANICAL DEVICES



(57) Abstract: A tooling system for handling optical micro-mechanical devices. A tooling fixture (26) is attached to the MEMS die (24), preferably before the optical micro-mechanical devices are released. The tooling fixture does not interfere with removal of the sacrificial material, facilitates handling of the MEMS die and ultimately becomes an integral part of the packaged optical micro-mechanical device. The tooling fixture can be a heat sink, a compliant thermally conductive material and/or a tooling post.



WO 03/010580 A1

WO 03/010580

PCT/US02/17837

**TOOLING FIXTURE FOR PACKAGED OPTICAL
MICRO-MECHANICAL DEVICES**

5 The present invention relates to a tooling system for handling optical micro-
mechanical devices, and in particular, to a tooling fixture that becomes an integral part of
the packaged optical micro-mechanical device.

 Fabricating complex micro-electro-mechanical systems (MEMS) and micro-
optical-electro-mechanical systems (MOEMS) devices represents a significant advance in
10 micro-mechanical device technology. Presently, micrometer-sized analogs of many
macro-scale devices have been made, such as for example hinges, shutters, lenses, mirrors,
switches, polarizing devices, and actuators. These devices can be fabricated, for example,
using Multi-user MEMS Processing (MUMPs) available from Cronos Integrated
Microsystems located at Research Triangle Park, North Carolina.

15 One method of forming a MEMS or MOEMS device involves patterning the
device in appropriate locations on a substrate. As patterned, the device lies flat on top of
the substrate. For example, the hinge plates of a hinge structure or a reflector device are
both formed generally coplanar with the surface of the substrate using the MUMPs
process. Applications of MEMS and MOEMS devices include, for example, data storage
20 devices, laser scanners, printer heads, magnetic heads, micro-spectrometers,
accelerometers, scanning-probe microscopes, near-field optical microscopes, optical
scanners, optical modulators, micro-lenses, optical switches, and micro-robotics.

 Packaging MEMS devices presents unique problems due to the physically active
nature of the microstructures. To maintain a stable environment and to keep out dust
25 particles, corrosive and/or potentially fouling vapors, etc., the micro-machined structures
must be enclosed within a sealed package. A sealed package also minimizes the risk of
physical damage during handling or operation. Traditional integrated circuit encapsulation
methods such as epoxy resin potting and thermoplastic injection molding, while useful
with integrated circuits, which have no moving parts, are incapable of use directly with
30 micro-machined structures. The encapsulant must not contact the active portions of the

WO 03/010580

PCT/US02/17837

micro-machined structure. Moreover, common encapsulation techniques such as injection molding, often requiring pressures of 1000 psi, would easily crush the microstructure.

One application for micro-machined structures is in connection with processing optical signals, such as optical switches, wavelength specific equalizers, polarization mode
5 dispersion compensators, and the like. These applications, however, require coupling optical fibers with the packaged micro-machined structures. Various techniques are known for packaging MEMS devices, such as disclosed in U.S. Patent No. 6,146,917 (Zhang et al.) EP0852337; and EP1057779. None of these packaging techniques, however, teach coupling optical fibers to the MEMS device.

10 The present invention relates to a tooling system for handling optical micro-mechanical devices. A tooling fixture is attached to the MEMS die, preferably before the optical micro-mechanical devices are released. The tooling fixture does not interfere with removal of the sacrificial material, facilitates handling of the MEMS die and ultimately becomes an integral part of the packaged optical micro-mechanical device.

15 In one embodiment, the package for optical micro-mechanical devices includes a die with one or more optical micro-mechanical devices on a first surface of a substrate. The first surface includes a die reference surface. A tooling fixture is attached to a second surface of the die. The package frame includes an aperture and a package frame reference surface proximate the aperture adapted to receive the die reference surface such that the
20 optical micro-mechanical devices are located in the aperture. One or more optical interconnect alignment mechanisms terminate adjacent to the aperture. Distal ends of one or more optical interconnects are located in the optical interconnect alignment mechanisms and optically coupled with one or more of the optical micro-mechanical devices.

25 The tooling fixture can be a heat sink, a compliant thermally conductive material and/or a tooling post. A cover seals the tooling fixture to the package frame. In one embodiment, the tooling fixture engages with the cover. In another embodiment, an encapsulating material seals the die and the tooling fixture to the package frame.

30 One or more contact pads can be interposed between the die reference surface and the package frame reference surface. The contact pads electrically couple one or more optical micro-mechanical devices with external electrical contacts. Alternatively, the contact pads electrically couple one or more optical micro-mechanical devices with a

WO 03/010580

PCT/US02/17837

flexible circuit member. The contact pads can also electrically couple one or more optical micro-mechanical devices with contact pads located on the package frame reference surface.

5 The present invention is also directed to a method of packaging optical micro-mechanical devices. The method includes the steps of preparing a die comprising one or more optical micro-mechanical devices on a first surface of a substrate. The first surface includes a die reference surface. A tooling fixture is attached to a second surface of the substrate. A package frame is prepared including an aperture and a package frame reference surface proximate the aperture adapted to receive the die reference surface such
10 that the optical micro-mechanical devices are located in the aperture. One or more optical interconnect alignment mechanisms are prepared on the package frame. The optical interconnect alignment mechanisms on the package frame are positioned to align with corresponding optical micro-mechanical devices on the die when the die reference surface is engaged with the package frame reference surface. The tooling fixture can be a heat
15 sink, a compliant thermally conductive material and/or a tooling post.

The method includes positioning one or more optical interconnects in the optical interconnect alignment mechanisms on the package frame and engaging the die reference surface with the package frame reference surface to capture the optical interconnects. One or more of the optical interconnects are captured between in the optical interconnect
20 alignment mechanisms on the package frame and the corresponding optical interconnect alignment mechanisms on the die. In one embodiment, the die is sealed to the package frame using an encapsulating material. Another embodiment, a flexible circuit is electrically coupled to the die.

In one embodiment, the step of attaching the tooling fixture occurs before the
25 optical micro-mechanical devices are released from the substrate. In another embodiment, the step of attaching the tooling fixture occurs before the step of preparing the die including the optical micro-mechanical devices.

The die and the tooling fixture can be sealed to the package frame using an
30 encapsulating material. In another embodiment, the die and the tooling fixture are sealed to the package frame using a cover. The tooling fixture can optionally engage with the cover.

WO 03/010580

PCT/US02/17837

The present invention is also directed to an optical communication system including at least one packaged optical micro-mechanical device in accordance with the present invention.

5 Further features of the invention will become more apparent from the following detailed description of specific embodiments thereof when read in conjunction with the accompany drawings.

Figure 1 is a top view of a package frame in accordance with the present invention.

Figure 2 is a side sectional view of a packaged micro-mechanical device using the package frame of Figure 1 in accordance with the present invention.

10 Figure 3 is a side sectional view of the packaged micro-mechanical device of Figure 2 taken at a different location.

Figure 4 is a side sectional view of a packaged micro-mechanical device having mounting or contact pads in accordance with the present invention.

15 Figure 5 is a side sectional view of a packaged micro-mechanical device having alignment posts in accordance with the present invention.

Figure 6 is a top view of an alternate package frame in accordance with the present invention.

Figure 7 is a side sectional view of a micro-mechanical device packaged in the package frame of Figure 6.

20 Figure 8 is an alternate micro-mechanical device packaged in the package frame of Figure 6.

Figure 9 is a top view of a packaged micro-mechanical device.

Figure 10 is a sectional view of the packaged micro-mechanical device of Figure 9.

25 Figure 11 is a top view of a packaged micro-mechanical device in accordance with the present invention.

Figure 12 is a side sectional view of the packaged micro-mechanical device of Figure 11.

Figure 13 is a bottom view of the packaged micro-mechanical device of Figure 11.

30 Various technologies for fabricating micro-mechanical devices are available, such as for example the Multi-User MEMS Processes (MUMPs) from Cronos Integrated

WO 03/010580

PCT/US02/17837

Microsystems located at Research Triangle Park, North Carolina. One description of the assembly procedure is described in "MUMPs Design Handbook," revision 6.0 (2001) available from Cronos Integrated Microsystems. As used herein, "micro-mechanical device" refers to micrometer-sized mechanical, opto-mechanical, electro-mechanical, or opto-electro-mechanical device constructed on the surface of a substrate.

Polysilicon surface micromachining adapts planar fabrication process steps known to the integrated circuit (IC) industry to manufacture micro-electro-mechanical or micro-mechanical devices. The standard building-block processes for polysilicon surface micromachining are deposition and photolithographic patterning of alternate layers of low-stress polycrystalline silicon (also referred to a polysilicon) and a sacrificial material (for example silicon dioxide or a silicate glass). Vias etched through the sacrificial layers at predetermined locations provide anchor points to a substrate and mechanical and electrical interconnections between the polysilicon layers. Functional elements of the device are built up layer by layer using a series of deposition and patterning process steps. After the device structure is completed, it can be released for movement by removing the sacrificial material using a selective etchant such as hydrofluoric acid (HF) which does not substantially attack the polysilicon layers (referred to herein as "release"). Where a single substrate contains multiple micro-electro-mechanical or micro-mechanical devices, the substrate or wafer is typically cut into discrete pieces before release.

The result is a construction system generally including a first layer of polysilicon which provides electrical interconnections and/or a voltage reference plane, and additional layers of mechanical polysilicon which can be used to form functional elements ranging from simple cantilevered beams to optical micro-mechanical devices. As used herein, "optical micro-mechanical device" refers to a micro-mechanical device for manipulating optical signals, including without limitation optical switches, near-field optical microscopes, optical scanners, optical modulators, micro-lenses, wavelength specific equalizers, polarization mode dispersion compensators, and the like. Examples of optical micro-mechanical devices are shown in U.S. Patent Applications entitled Optical Switch Based On Rotating Vertical Micro-Mirror filed January 29, 2001, Serial No. 09/771,757; MEMS-Based Polarization Mode Dispersion Compensator filed January 29, 2001, Serial

WO 03/010580

PCT/US02/17837

No. 09/771,765; and MEMS-Based Wavelength Equalizer filed October 31, 2000, Serial No. 09/702,591.

Figure 1 is a top view of a package frame 20 for packaging optical micro-mechanical devices in accordance with the present invention. The package frame 20 includes an aperture 22 for receiving a die 24 containing one or more optical micro-mechanical devices in a flip-chip configuration. The aperture 22 can be virtually any shape. Flip-chip bonding involves bonding the die 24 face down on package frame reference surface 28. Die 24 is shown in phantom to indicate the interface of the package frame 20 with the die 24. As used herein, "die" refers to a substrate containing one or more optical micro-mechanical devices.

In one embodiment, top surface 26 of the package frame 20 includes a plurality of traces 30 electrically coupled to contact pads 32 that terminate in the package frame reference surface 28. In embodiments where the entire top surface 26 is planarized, the package frame reference surface 28 may be the entire top surface 26. The contact pads 32 electrically couple with corresponding contact pads on the die 24. The present flip-chip configuration allows placement of contact pads over the top surface of the die 24, resulting in a significant increase in density and input/output connections. In the embodiment of Figure 1, the top surface 26 includes a series of optical interconnect alignment mechanisms 29, such as a V-groove, adapted to align an optical interconnect, such as an optical fiber, with aperture 22 and the die 24. The optical fiber can be bare optical fiber, an optical fiber with lens attached (such as GRIN lens), an optical fiber surrounded by ferrules with or without a lens, or a combination thereof.

The package frame 20 can be constructed of a variety of materials, including ceramics, metals and plastics. The ease of shaping along with reliability and attractive material properties such as electrical insulation and hermetic sealing, have made ceramics a mainstay in electronic packaging. Ceramics are widely used in multi-chip modules and advanced electronic packages such as ball grid arrays. Ceramics provide a combination of electrical, thermal and mechanical properties desirable for packaging micro-mechanical devices. The coefficient of thermal expansion (CTE) for ceramic packaging can be designed to closely match the CTE of the die containing the micro-mechanical devices.

WO 03/010580

PCT/US02/17837

Metal packages are practical because they are robust and easy to produce and assemble. Metal packages are attractive for optical micro-mechanical device packaging for the same reason they were adopted by the integrated circuit industry. Metal packages satisfy the pin count requirement of most optical micro-mechanical device applications and they can be prototyped on small volumes with a short turn-around time. Metal packaging also provides a hermetic seal.

Molded plastic packages are typically not hermetic like metal or ceramic. Plastic packages are attractive because of the relatively low cost and ease of manufacturing.

Figures 2 and 3 are side sectional views of a packaged optical micro-mechanical device 40 using the package frame 20 shown in Figure 1. Die reference surface 42 on the die 24 is bonded to package frame reference surface 28 on the package frame 20. In the embodiment of Figure 2, the interface of the die reference surface 42 and package frame reference surface 28 comprises an optical interface reference plane 44 that is used to align ferrules 76 containing optical fibers 72 and associated lenses 70 with optical micro-mechanical devices 43 (see Figure 3). The optical micro-mechanical devices 43 are illustrated in phantom so as to not obscure the lenses 70. Only some of the optical micro-mechanical devices 43 are shown so that the lenses 70 and other features are visible. As used herein, "die reference surface" refers to the top surface of a die upon which the optical micro-mechanical devices are constructed. The "optical interface reference plane" refers to a reference plane adjacent to the micro-mechanical devices, such as the die reference surface, the package frame reference surface, or some reference plane located therebetween. By locating the optical interface reference plane adjacent to the optical micro-mechanical devices 43, tolerance build-up is minimized.

In the embodiment illustrated in Figures 2 and 3, V-grooves 50 are formed in top surface 26 of the package frame 20. The depth of the V-grooves 50 are accurately formed to provide the vertical alignment of the fibers 72, ferrules 76 and lenses 70 with the micro-mechanical devices 43. In one embodiment, the V-grooves allow the lenses 70 to form a tangential relationship with the optical interface reference plane 44. In the illustrated embodiment, groups of lenses 70 are arranged perpendicular to each other, but still tangential to the optical interface reference plane 44. V-Grooves can be formed using mechanical or chemical material removal techniques, such as etching.

WO 03/010580

PCT/US02/17837

The die 24 and the V-grooves 50 capture and accurately align the lenses 70 of the ferrules 76 with the optical interface reference plane 44 and the optical micro-mechanical devices 43. The embodiment of Figures 2 and 3 is particularly well suited when the active optical surfaces on the optical micro-mechanical devices 43 extend above the die reference surface 42 an amount generally corresponding to half the diameter of the lenses 70. In that configuration, the lenses 70 are centered with respect to the micro-mechanical devices 43.

In one embodiment of the present packaged optical micro-mechanical device 40, electrical interconnects are provided by flex circuit 60. The flex circuit 60 electrically connects the die 24 to the package frame 20. In another embodiment, the flex circuit 60 extends along the top surface 26 to the edge of the package frame 20. Various techniques can be used to electrically couple the flex circuit 60 with the die 24, such as solder reflow, conductive adhesives, tape automated bonding, thermo-compression, and the like.

In the illustrated embodiment, external electrical contacts 74 are optionally provided around the perimeter of the package frame 20 to electrically couple the flex circuit 60 and the optical micro-mechanical devices 43 to a printed circuit board or other electrical device. A wide variety of electric contact configurations can be used to deliver electric current to the die 24, such as a ball grid array (BGA), land grid array (LGA), plastic leaded chip carrier (PLCC), pin grid array (PGA), edge card, small outline integrated circuit (SOIC), dual in-line package (DIP), quad flat package (QFP), leadless chip carrier (LCC), chip scale package (CSP).

Rear surface 55 of the die 24 includes a tooling fixture 56, such as a heat sink and/or a tooling post. In the embodiment of Figures 2 and 3, the functions of the heat sink and the tooling post are combined in single structure. The tooling fixture 56 can be formed from a single piece of material or separate components. In one embodiment, the rear surface 55 is attached to the tooling fixture 56 prior to the individual die 24 being cut from the wafer. The tooling fixture 56 are preferably attached prior to the optical micro-mechanical devices 43 being released from the die 24. The tooling fixture 56 can be attached to the die 24 using a variety of adhesives.

The tooling fixture 56 provide convenient handles for users and automated fabrication equipment to handle the die 24 without damage to the optical micro-mechanical devices 43. Once the tooling fixture 56 is attached, the front surface or die

WO 03/010580

PCT/US02/17837

reference surface 42 are unobstructed and available for HF etching and engagement with the package frame 20. Once attached to the package frame 20, the tooling fixture 56 becomes an integral part of the packaged optical micro-mechanical device 40.

5 Upper frame member 48 and cover 49 seal the die to the package frame 20. The upper frame member 48 and cover 49 can be formed as a single component or multiple components. The tooling fixture 56 facilitates handling of the die 24 during the packaging process. Compliant thermally conductive material 52 is preferably located between the tooling fixture 56 and the cover 49 to conduct heat away from the packaged optical micro-mechanical device 40. An encapsulating material 62 can optionally be placed over the die 10 24 and/or the tooling fixture 56 to further seal the aperture 22 from environmental contamination. Bottom cover 54 seals the aperture 22 opposite the die 24. Aperture 22 is optionally a vacuum or can be filled with a gas, such as nitrogen or argon.

True hermetic sealed packages are assumed to be made of metal or non-organic materials. For some applications of the packaged optical micro-mechanical device 40, a 15 hermetic seal is not required. For example, an overall enclosure may provide the required protection for the packaged optical micro-mechanical device 40. In these embodiments, only the encapsulating material 62 is used and the upper frame member 48 and cover 49 are omitted. The encapsulating material 62 is preferably a low out-gassing on cure elastomer that minimizes condensation on the optical micro-mechanical devices 43, such 20 as epoxy, epoxy with silica fibers, epoxy cresol novolac polymer.

The embodiments of Figures 2 and 3 illustrate the die 24 bonded directly to the package frame reference surface 28. Figure 4 illustrates an alternate embodiment in which the die reference surface 42 on the die 24 and/or the package frame reference surface 28 25 include one or more contact pads 80, 82. The contact pads 80, 82 can be simply used to accurately align and mount the die 24 to the package frame reference surface 28. In another embodiment, the contact pads 80, 82 provide an electrical interconnection between the optical micro-mechanical devices 43 on the die reference surface 42 and the contact pads 32 (see Figure 1) on the package frame 20. The contact pads 80, 82 can be 30 constructed from solder, conductive adhesive or a variety of other conductive materials. As used herein, "contact pads" refers to a mechanical and/or electrical interface between a die and a package frame.

WO 03/010580

PCT/US02/17837

Although the embodiment of Figure 4 shows two contact pads 80, 82, a single bonding pad may be located on either the die reference surface 42 or the package frame reference surface 28. In the embodiment of Figure 4, optical interface reference plane 84 is preferably coplanar with the die reference surface 42. In another embodiment, the optical interface reference plane 84 can be located anywhere between the die reference surface 42 and the package frame reference surface 28. For example, the optical interface reference plane can be located at the interface between the contact pads 80 and 82. The optical interface reference plane 84 is preferably adjacent to the optical micro-mechanical devices 43. In the embodiment of Figure 4, the functions of the heat sink and the tooling post are combined in single structure 85. Although Figure 4 illustrates the tooling fixture 85 as a rectangular block, the shape can vary depending upon the application, the nature of the package frame, the type of optical micro-mechanical devices, the type of cover used, and other factors.

Figure 5 illustrates an alternate package frame 86 with one or more bonding and alignment posts 88 and an adjacent cavity 90. In one embodiment, the cavity 90 is used to electrically couple flex circuit 92 to contact pads on die reference surface 42. In the embodiment of Figure 5, the die reference surface 42 and the package frame reference surfaces 28 are coplanar and preferably comprise an optical interface reference plane 98. In another embodiment, the cavity 90 can be filled with an adhesive 94 used to retain the die 24 to the alignment posts 88. Locating the adhesive 94 in the cavity 90 permits direct physical contact between the die reference surface 42 and tops 96 of the alignment posts 88, thereby minimizing misalignment.

In the embodiment of Figure 5, a compliant thermally conductive material 91 optionally surrounds tooling post 93. The material 91 can operate as a heat sink and/or to buffer the die 24 from shock loads. Tooling post 93 optionally contacts or engages with inside surface of cover 95 to further secure the die 24 to the package frame 86.

Careful consideration must be given to die attachment because it strongly influences thermal management and stress isolation. The bond must not crack or suffer from creep over time. Die attachment processes typically employ metal alloys or organic or inorganic adhesives as intermediate bonding layers. Metal alloys typically include all forms of solder, including eutectic and non-eutectic solders. Organic adhesives include

WO 03/010580

PCT/US02/17837

epoxies, silicones, and polyimides. The choice of a solder alloy depends on having suitable melting temperature and mechanical properties. Solder firmly attaches the die to the package and normally provides little or no stress isolation when compared to organic adhesives. However, the bond is very robust and can sustain a large, normal pull force.

5 Metal solders are typically unsuitable if the package frame includes contact pads in the package frame reference surface positioned to electrically couple with the die. The large mismatch in coefficient of thermal expansion between the die and the package frame typically results in undesirable stress and can cause cracks in the bond.

10 Figure 6 is a top view of an alternate package frame 100 having an aperture 102 with a more complex shape. Die 104 is shown schematically to indicate the interface of the package frame reference surface 106 with the die 104. V-grooves 108 are directed to the aperture 102 from all four sides. Portions or arms 110A, 110B, 110C, 110D of the aperture 102 allow the optical fibers and corresponding lenses to terminate before the edge of the die 104 is reached (see Figures 7 and 8). As will be discussed below, the height of
15 the lens on the optical fiber can be adjusted relative to the die reference surface to compensate for the height of the optical micro-mechanical devices by controlling the depth of the V-grooves 108.

Figure 7 is a side sectional view of a packaged optical micro-mechanical device 120 with die mounting surface 122 bonded to package frame reference surface 106 along
20 optical interface reference plane 124. V-grooves 108 have a depth such that lenses 126 and ferrules 144 containing optical fibers 146 extend both above and below the optical interface reference plane 124. The outside diameter of the ferrules 144 preferably match the outside diameter of the lenses 126 so that the V-groove can be one constant depth. The depth of the grooves 108 can be used to adjust the position of the lenses 126 relative to the
25 optical interface reference plane 124. That is, the lenses 126 can be positioned relative to the optical interface reference plane 124 independent of the die reference surface 122. By changing the depth of the V-grooves 108, the package frame 100 of Figure 6 can be used with a variety of dies 104 while still aligning the lenses 126 with the optical micro-mechanical devices (see Figure 3). The embodiment of Figure 7 can also be used with the
30 contact pads 80, 82 of Figure 4.

WO 03/010580

PCT/US02/17837

The package frame 100 preferably includes a bottom cover 130 extending over aperture 102. In the embodiment illustrated in Figure 7, top cover 132 is a separate component bonded to the package frame 100 using a variety of techniques, such as solder, brazing, adhesives, etc. Electrical connections are made to the die 104 using flex circuit 136. In the embodiment illustrated in Figure 7, the flex circuit 136 extends along back surface 138 of the die 104. Vias 140 formed in the die 104 electrically couple the flex circuit 136 with the optical micro-mechanical devices (see Figure 3) on the die reference surface 122. A pin grid array 142 or a variety of other connectors can be used for coupling the flex circuit 136 to other electrical components. Any of the electrical interconnect techniques disclosed herein can be used with the embodiment of Figure 7.

Figure 8 is a side sectional view of an alternate packaged optical micro-mechanical device 150 using the package frame 100 of Figure 6. Die 152 is formed with a shoulder 154 around at least a portion of its perimeter. Electrical traces extend along front surface 156 of the die 152 to the shoulder 154. Flex circuit 158 electrically couples with the contact pads on the shoulder 154 of the die 152. Die reference surface 160 couples with package frame reference surface 106 to form an optical interface reference plane 162, as discussed above. Tooling fixture 164 and encapsulating material 166 are optionally provided with the packaged optical micro-mechanical device 150. The encapsulating material 166 can optionally be thermally conductive.

Figures 9 and 10 are top and side sectional views of a packaged optical micro-mechanical device 200 in accordance with the present invention. Die reference surface 202 is bonded to package frame reference surface 204 (with or without the contact pads of Figure 4) to form an optical interface reference plane 206. V-grooves 208 are formed in MEMS die 210 to vertically and horizontally center lenses 230 to the centerline of optical micro-mechanical devices 224. The V-grooves 208 in the die 210 can be machined or formed using the MUMPs process.

The package frame 216 contains V-grooves 212 that horizontally match to those on the die 210. Vertically, the V-grooves 208, 212 are designed to align the centerline of the lenses 230 to the centerline of the fiber ferrules 232. The depth of the grooves 208, 212 can be adjusted so that the location of lenses 230 relative to the optical interface reference plane 206 can be optimized for the particular optical micro-mechanical devices 224.

WO 03/010580

PCT/US02/17837

The outside diameter of the fiber ferrule 232 preferably matches the outside diameter of the lenses 230, so a single size V-groove 212 can be formed in the package frame 216. The combination of the two sets of V-grooves 208, 212 align the die 210 to the package frame 216 using the lenses 230 and/or ferrules 232 as the datum in all three
5 orthogonal axes. Simultaneously, when the die reference surface 202 is engaged with the package frame reference surface 204, the lenses 230 are captured and automatically aligned with the optical micro-mechanical devices 224 on the die 210.

The embodiment of Figures 9 and 10 optionally includes a heat sink 220 with a tooling post 222. The heat sink 220 optionally includes extension tabs 238 that extend
10 beyond the perimeter of the die 216. The extension tabs 238 can be any of a variety of shapes. Upper frame member 234 and cover 236 attach to the package frame 216 to protect the die 210. A thermally conductive encapsulating material may optionally be provided between the heat sink 220 and the cover 236.

Figures 11-13 illustrate an alternate packaged optical micro-mechanical device 300
15 in accordance with the present invention. A pair of ferrules 302 containing optical fibers 304 with corresponding lenses 306 are positioned on each side of the die 308. The lenses 306 terminate before the edge of the die 308. The eight lenses 306 and associated optical fibers 304 are for illustration purposes only and the number of fibers can vary depending on the application.

Optical micro-mechanical devices 310 are positioned in cross-shaped aperture 312
20 so that only the corners of the die 308 contact package frame 314 (see for example, Figure 6). Die reference surface 320 comprises the optical interface reference plane 330. The gaps created in the portions 316A, 316B, 316C, 316D of the aperture 312 permit a flexible circuit 318 to electrically couple with contact pads on the die reference surface 320 (see
25 Figure 13) and extend out along top surface 322 of the package frame 314 (see Figure 11). For the sake of clarity, upper package frame 324, cover 326 and tooling fixture 328 are only shown in Figure 12. The upper package frame 324 and cover 326 can be formed from a single piece of material or can be separate components. A thermally conductive
30 elastomeric material is optionally provided between the tooling fixture 328 and the die 308 and/or the tooling fixture 328 and the cover 326.

WO 03/010580

PCT/US02/17837

What is claimed is:

1. A package for optical micro-mechanical devices, comprising:
a die comprising one or more optical micro-mechanical devices on a first surface of
5 a substrate, the first surface including a die reference surface;
a tooling fixture attached to a second surface of the die;
a package frame comprising an aperture and a package frame reference surface
proximate the aperture adapted to receive the die reference surface such that the optical
10 micro-mechanical devices are located in the aperture;
one or more optical interconnect alignment mechanisms terminating adjacent to the
aperture; and
distal ends of one or more optical interconnects located in the optical interconnect
alignment mechanisms and optically coupled with one or more of the optical micro-
15 mechanical devices.
2. The package of claim 1 wherein the tooling fixture comprises a heat sink.
3. The package of claim 1 wherein the tooling fixture comprises a compliant
thermally conductive material.
20
4. The package of claim 1 wherein the tooling fixture comprises a tooling
post.
5. The package of claim 1 comprising a cover sealing the die and the tooling
25 fixture to the package frame.
6. The package of claim 5 wherein the tooling fixture engages with the cover.
7. The package of claim 1 comprising an encapsulating material sealing the
30 die and the tooling fixture to the package frame.

WO 03/010580

PCT/US02/17837

8. The package of claim 1 comprising one or more contact pads interposed between the die reference surface and the package frame reference surface.
9. The package of claim 8 wherein the contact pads electrically couple one or more optical micro-mechanical devices with external electrical contacts.
10. The package of claim 8 wherein the contact pads electrically couple one or more optical micro-mechanical devices with a flexible circuit member.
11. The package of claim 8 wherein the contact pads electrically couple one or more optical micro-mechanical devices with contact pads located on the package frame reference surface.
12. A method of packaging optical micro-mechanical devices, comprising:
preparing a die comprising one or more optical micro-mechanical devices on a first surface of a substrate, the first surface including a die reference surface;
attaching a tooling fixture to a second surface of the substrate;
preparing a package frame including an aperture and a package frame reference surface proximate the aperture adapted to receive the die reference surface such that the optical micro-mechanical devices are located in the aperture; and
preparing one or more optical interconnect alignment mechanisms on the package frame, the optical interconnect alignment mechanisms on the package frame being positioned to align with corresponding optical micro-mechanical devices on the die when the die reference surface is engaged with the package frame reference surface.
13. The method of claim 12 comprising the steps of:
positioning one or more optical interconnects in the optical interconnect alignment mechanisms on the package frame; and
engaging the die reference surface with the package frame reference surface to capture the optical interconnects.

WO 03/010580

PCT/US02/17837

14. The method of claim 12 comprising the step of capturing one or more optical interconnects between in the optical interconnect alignment mechanisms on the package frame and the corresponding optical interconnect alignment mechanisms on the die.
- 5
15. The method of claim 12 wherein the step of attaching the tooling fixture occurs before the optical micro-mechanical devices are released from the substrate.
16. The method of claim 12 wherein the step of attaching the tooling fixture occurs before the step of preparing a die including one or more optical micro-mechanical devices.
- 10
17. The method of claim 12 wherein the tooling fixture comprises a heat sink.
18. The method of claim 12 wherein the tooling fixture comprises a tooling post.
- 15
19. The method of claim 12 wherein the tooling fixture comprises a compliant thermally conductive material.
- 20
20. The method of claim 12 comprising sealing the die and the tooling fixture to the package frame using an encapsulating material.
21. The method of claim 12 comprising sealing the die and the tooling fixture to the package frame using a cover.
- 25
22. The method of claim 21 comprising the step of engaging the tooling fixture with the cover.
- 30

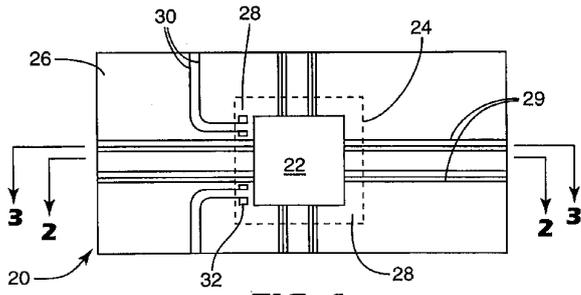


FIG. 1

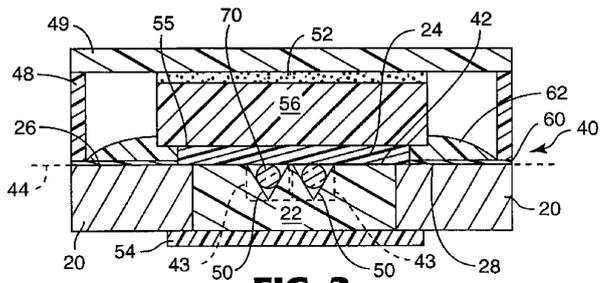


FIG. 2

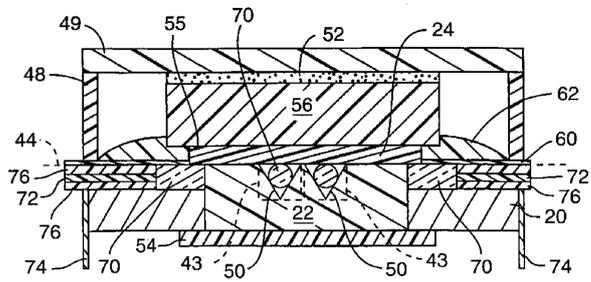


FIG. 3

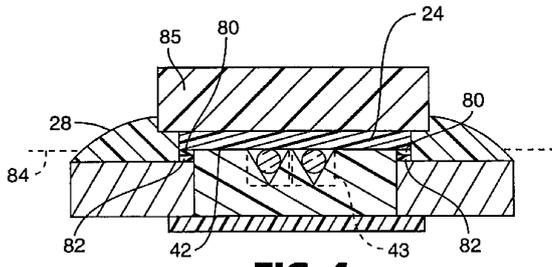


FIG. 4

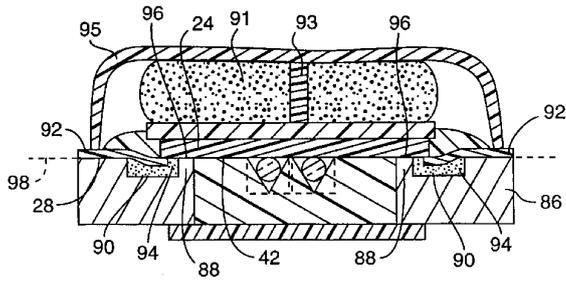


FIG. 5

WO 03/010580

PCT/US02/17837

3/6

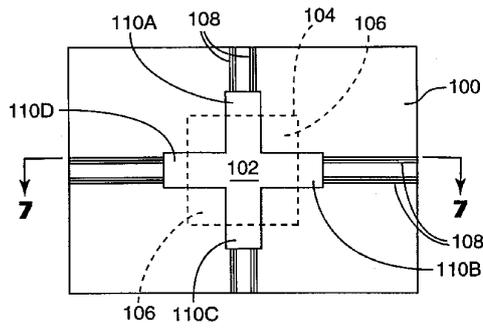


FIG. 6

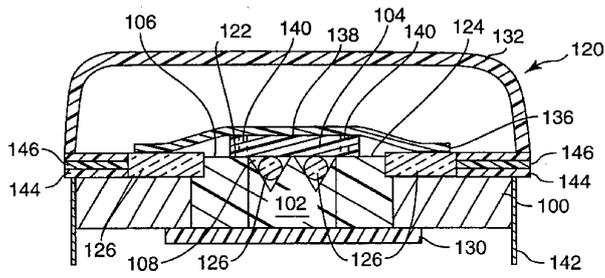


FIG. 7

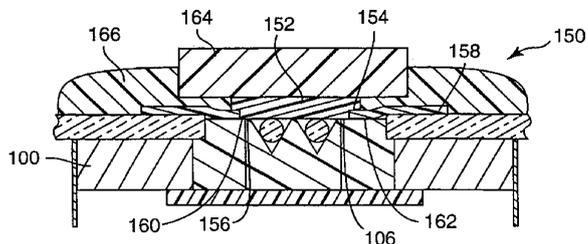


FIG. 8

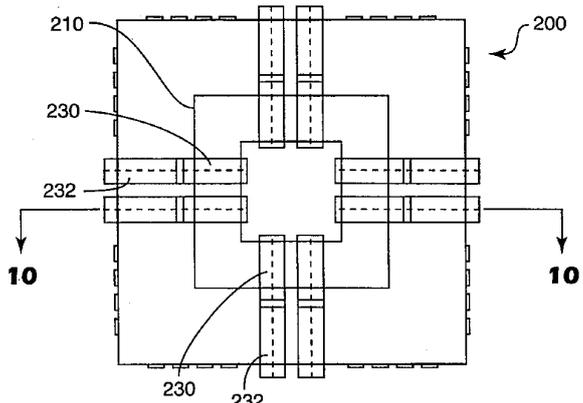


FIG. 9

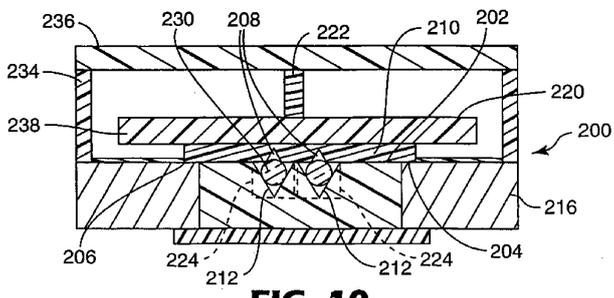


FIG. 10

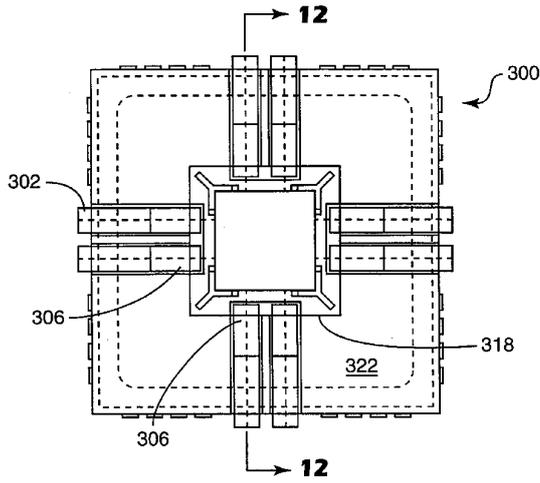


FIG. 11

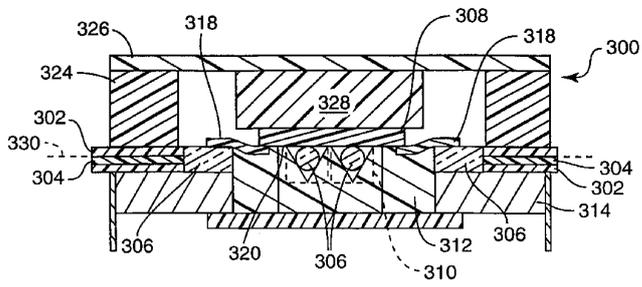


FIG. 12

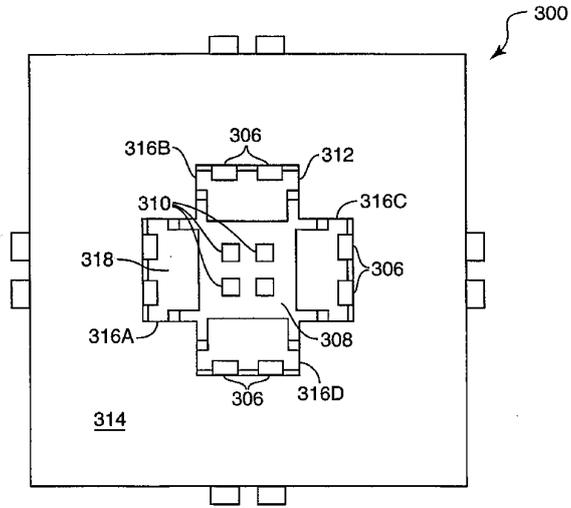


FIG. 13

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		PCT/US 02/17837
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 602B6/36 602B26/02		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 602B		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC, COMPENDEX, IBM-TDB		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 548 440 A (IBM) 30 June 1993 (1993-06-30)	1-10, 12-14, 17-22
Y	page 8, line 13 -page 12, line 9; figures 2-11	11
X	US 6 007 208 A (KINO GORDON S ET AL) 28 December 1999 (1999-12-28) column 3, line 32 -column 7, line 58 column 12, line 1-11; figures 1-5,8,15-23,28	1,5,12, 21
A	US 6 021 243 A (FASANELLA KENNETH W ET AL) 1 February 2000 (2000-02-01) column 2, line 63 -column 4, line 62; figure 1	1,12

	-/--	
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.		
* Special categories of cited documents: *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance *E* earlier document but published on or after the international filing date *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (see specification) *O* document relating to an oral disclosure, use, exhibition or other means *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is considered with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. *Z* document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 6 September 2002		Date of mailing of the international search report 23/09/2002
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.O. 5018 Patentkanal 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel: (+31-70) 340-2040, Tx: 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Wolf, S

Form PCT/ISA/210 (separate sheet) (July 1992)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

PCT/US 02/17837

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 961 150 A (LUCENT TECHNOLOGIES INC) 1 December 1999 (1999-12-01)	1,11
Y	column 3, line 20 -column 4, line 44 column 8, line 55 -column 9, line 24; figures 1,6,7	11
A	MOHR J ET AL: "MICROOPTICAL DEVICES BASED ON FREE SPACE OPTICS WITH LIGA MICROOPTICAL BENCHES EXAMPLES & PERSPECTIVES" PROCEEDINGS OF THE SPIE, SPIE, BELLINGHAM, VA, US, vol. 2783, 12 June 1996 (1996-06-12), pages 48-54, XP002045040 the whole document -----	1,12

Form PCT/ISA/210 (continuation of second sheet) (July 1993)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

PCT/US 02/17837

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0548440	A 30-06-1993	EP 0548440 A1	30-06-1993
		JP 6029513 A	04-02-1994
		US 5319725 A	07-06-1994
US 6007208	A 28-12-1999	US 5907425 A	25-05-1999
		US 5742419 A	21-04-1998
		US 6154305 A	28-11-2000
		JP 11183807 A	09-07-1999
		US 6088145 A	11-07-2000
		JP 2000075210 A	14-03-2000
		JP 3032720 B2	17-04-2000
		JP 9230248 A	05-09-1997
US 6021243	A 01-02-2000	JP 11153725 A	08-06-1999
EP 0961150	A 01-12-1999	US 5995688 A	30-11-1999
		EP 0961150 A2	01-12-1999
		JP 2000010028 A	14-01-2000

 フロントページの続き

(81) 指定国 AP(GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW

(72) 発明者 カーペンター, パリー エス.

アメリカ合衆国, ミネソタ 5 5 1 3 3 - 3 4 2 7, セント ポール, ポスト オフィス ボックス 3 3 4 2 7

Fターム(参考) 2H041 AA15 AZ02 AZ08

2H137 AA04 AA05 AB01 BB33 BC04 CA13A CA13C CA15A CA34 CA43

CA75 CA77 CA78 DA12 DA13 DA14 DA23 DA25 DA34 EA04

4M118 AA10 AB05 HA03 HA23 HA24 HA27 HA30 HA36