

(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2004-537066

(P2004-537066A)

(43) 公表日 平成16年12月9日(2004.12.9)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

G02B 6/42

F I

G02B 6/42

テーマコード (参考)

2H037

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 45 頁)

(21) 出願番号 特願2003-515889 (P2003-515889)  
 (86) (22) 出願日 平成14年6月11日 (2002.6.11)  
 (85) 翻訳文提出日 平成16年1月26日 (2004.1.26)  
 (86) 国際出願番号 PCT/US2002/019066  
 (87) 国際公開番号 W02003/010574  
 (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 09/911, 950  
 (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)

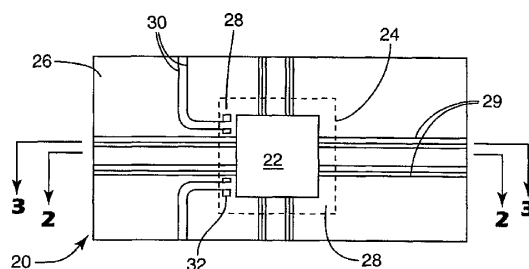
(71) 出願人 599056437  
 スリーエム イノベイティブ プロパティ  
 ズ カンパニー  
 アメリカ合衆国, ミネソタ 55144-  
 1000, セント ポール, スリーエム  
 センター  
 (74) 代理人 100099759  
 弁理士 青木 篤  
 (74) 代理人 100092624  
 弁理士 鶴田 準一  
 (74) 代理人 100102819  
 弁理士 島田 哲郎  
 (74) 代理人 100082898  
 弁理士 西山 雅也

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 パッケージ化されたオプティカルマイクロメカニカルデバイス

## (57) 【要約】

パッケージ化されたオプティカルマイクロメカニカルデバイスに関する。ダイ(24)は、基板の第1の面に1つ以上のオプティカルマイクロメカニカルデバイス(43)を含んでいる。第1の面は、ダイ基準面(42)を含んでいる。パッケージフレーム(20)は、開口部(22)と、オプティカルマイクロメカニカルデバイスが開口部に配置されるようにダイ基準面を収容するように構成される開口部に近いパッケージフレーム基準面(28)と、を含んでいる。1つ以上のV字溝(50)が、マイクロメカニカルデバイスに隣接し、開口部に隣接して終端している光学インターフェイス基準平面(44)に対して位置決めされる。1本以上の光ファイバが、1つ以上のオプティカルマイクロメカニカルデバイスと光学的に結合されるV字溝に配置される。



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

オプティカル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 つ以上のオプティカルマイクロメカニカルデバイスを有するダイであって、  
該第 1 面がダイ基準面を有するダイと、  
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、前記オプティカル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し、かつ光学インターフェイス基準平面に対して位置決めされる 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 つ以上のオプティカルマイクロメカニカルデバイスと光学的に結合される 1 つ以上の光相互接続部の末端と、  
を具備するオプティカル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】

前記光学インターフェイス基準平面が、前記ダイ基準面を含む、請求項 1 に記載のパッケージ。

## 【請求項 3】

前記光学インターフェイス基準平面が、前記パッケージフレーム基準面を含む、請求項 1 に記載のパッケージ。

## 【請求項 4】

前記光学インターフェイス基準平面が、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配置される前記ダイ基準面に平行な平面を含む、請求項 1 に記載のパッケージ。

20

## 【請求項 5】

前記光相互接続部位置合せ機構が、前記パッケージフレーム基準面に配置される V 字溝を含む、請求項 1 に記載のパッケージ。

## 【請求項 6】

前記光相互接続部位置合せ機構が、前記ダイ基準面に配置される V 字溝を含む、請求項 1 に記載のパッケージ。

## 【請求項 7】

前記光相互接続部位置合せ機構が、前記パッケージフレーム基準面および前記ダイ基準面の両方に配置される、請求項 1 に記載のパッケージ。

30

## 【請求項 8】

前記光相互接続部が、前記光学インターフェイス基準平面に対して接線関係を有する、請求項 1 に記載のパッケージ。

## 【請求項 9】

光相互接続部の第 1 部分は前記光学インターフェイス基準平面の一方の側に位置決めされ、該光相互接続部の第 2 部分は前記光学インターフェイス基準平面の他方の側に位置決めされる、請求項 1 に記載のパッケージ。

## 【請求項 10】

前記光相互接続部の少なくとも 1 つが、前記ダイと接触する、請求項 1 に記載のパッケージ。

40

## 【請求項 11】

前記光相互接続部が、前記ダイと接触することなく前記ダイに隣接して終端する、請求項 1 に記載のパッケージ。

## 【請求項 12】

前記光相互接続部が、光ファイバと光ファイバの光相互接続部を含む、請求項 1 に記載のパッケージ。

## 【請求項 13】

前記レンズが、前記光ファイバを 1 つ以上のオプティカルマイクロメカニカルデバイスと光学的に結合する、請求項 12 に記載のパッケージ。

50

## 【請求項 14】

前記レンズが、前記ダイと接触する、請求項 12 に記載のパッケージ。

## 【請求項 15】

前記レンズが、前記ダイと接触することなく、前記ダイに隣接して終端する、請求項 12 に記載のパッケージ。

## 【請求項 16】

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。

## 【請求項 17】

前記ダイ基準面上のコンタクトパッドおよび前記パッケージフレーム基準面上のコンタクトパッドを含む、請求項 16 に記載のパッケージ。 10

## 【請求項 18】

前記コンタクトパッドが、1 つ以上のオプティカル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 16 に記載のパッケージ。

## 【請求項 19】

前記コンタクトパッドが、1 つ以上のオプティカル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 16 に記載のパッケージ。

## 【請求項 20】

前記コンタクトパッドが、1 つ以上のオプティカル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上に配置されるコンタクトパッドと電氣的に連結する、請求項 16 に記載のパッケージ。 20

## 【請求項 21】

前記開口部が、矩形の形状を有する、請求項 1 に記載のパッケージ。

## 【請求項 22】

前記開口部が、複雑な形状を有する、請求項 1 に記載のパッケージ。

## 【請求項 23】

前記開口部は、光ファイバの末端がダイと接触することなく開口部断面形状のアームで終端するように構成される断面形状を有する、請求項 1 に記載のパッケージ。

## 【請求項 24】

前記ダイの裏面上にツーリングフィクスチャを具備する、請求項 1 に記載のパッケージ。 30

## 【請求項 25】

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 24 に記載のパッケージ。

## 【請求項 26】

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 24 に記載のパッケージ。

## 【請求項 27】

前記ダイを前記パッケージフレームに封着する封入材を具備する、請求項 1 に記載のパッケージ。

## 【請求項 28】

前記ダイ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。 40

## 【請求項 29】

前記開口部が、カバーを含む、請求項 1 に記載のパッケージ。

## 【請求項 30】

前記ダイに電氣的に連結されるフレキシブル回路を具備する、請求項 1 に記載のパッケージ。

## 【請求項 31】

前記パッケージフレーム上の電気トレースを具備し、該電気トレースが前記パッケージフレーム基準面のコンタクトパッドに電氣的に連結される、請求項 1 に記載のパッケージ。

## 【請求項 32】

前記ダイの裏面に沿って延在するフレキシブル回路と、  
前記ダイを通して延在し、前記オプティカルマイクロメカニカルデバイスを前記フレキシブル回路に電氣的に結合する１つ以上のバイアとを具備する、請求項１に記載のパッケージ。

【請求項３３】

前記オプティカルマイクロメカニカルデバイスに隣接する肩領域と、  
前記オプティカルマイクロメカニカルデバイスから前記肩領域まで延在する電気トレースと、  
前記肩領域と前記光学インターフェイス基準平面との間に配置されるフレキシブル回路であって、前記トレースに電氣的に連結されるフレキシブル回路と、  
を具備する、請求項１に記載のパッケージ。

10

【請求項３４】

前記パッケージフレームが、  
前記ダイ基準面と係合するように位置決めされる１つ以上の位置合せポストと、  
前記開口部に対向する側で前記位置合せポストに隣接するキャビティとを有する、請求項１に記載のパッケージ。

【請求項３５】

前記ダイ基準面上のコンタクトパッドと電氣的に連結して前記キャビティを通して延在するフレキシブル回路を具備する、請求項３４に記載のパッケージ。

【請求項３６】

前記ダイを前記位置合せポストに保持するのに十分に前記キャビティに配置される接着剤を具備する、請求項３４に記載のパッケージ。

20

【請求項３７】

少なくとも１つのパッケージ化されたオプティカルマイクロメカニカルデバイスを有する光通信システムを具備する、請求項１に記載のパッケージ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、光学インターフェイスを有するパッケージ化されたマイクロメカニカルデバイスに関し、さらに詳細には、光ファイバを位置合せするために有用であるオプティカルマイクロメカニカルデバイスに隣接する光学インターフェイス基準平面に関する。

30

【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）デバイスおよびオプティカル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、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。

40

【０００３】

ＭＥＭＳまたはＭＯＥＭＳデバイスを作製する１つの方法は、基板上の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、基板の上に平坦に置かれる。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デバイスまたは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

50

、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。

#### 【0004】

MEMSデバイスのパッケージ化は、微小構造物の物理的に能動的な性質のために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。

10

#### 【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、パッケージ化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(Zhangら)、EP0852337号およびEP1057779号に開示されているようなMEMSデバイスをパッケージ化するために公知である。しかし、これらのパッケージ化技術はいずれも、光ファイバをMEMSデバイスに連結

20

#### 【発明の開示】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0006】

本発明は、マイクロメカニカルデバイスに隣接する光学インターフェイス基準平面を有するパッケージ化されたマイクロメカニカルデバイスに関する。1つ以上のオプティカルマイクロメカニカルデバイスが、ダイの第1の面上に配置される。第1の面は、ダイ基準面を含んでいる。開口部と、開口部に近いパッケージフレーム基準面と、を含んでいるパッケージフレームは、オプティカルマイクロメカニカルデバイスが開口部に配置されるようにダイ基準面を収容するように構成されている。V字溝などの1つ以上の光相互接続部位置合せ機構は、開口部に隣接して終端し、光学インターフェイス基準平面に対して位置決めされる。光ファイバなどの1つ以上の光相互接続部の末端は、光相互接続部位置合せ機構に配置され、1つ以上のオプティカルマイクロメカニカルデバイスと光学的に結合される。

30

#### 【0007】

光学インターフェイス基準平面は、ダイ基準面、パッケージフレーム基準面またはダイ基準面とパッケージフレーム基準面との間に配置されるダイ基準面に平行な平面であってもよい。光相互接続部を含む平面付近に光学インターフェイス基準平面を配置することによって、位置合せを改善し、構成許容差を最小限に抑える。

#### 【0008】

光相互接続部位置合せ機構は、パッケージフレーム基準面、ダイ基準面、またはパッケージフレーム基準面およびダイ基準面の両方に配置されていてもよい。光相互接続部は、光学インターフェイス基準平面と接線関係を有していてもよい。別の実施形態において、光相互接続部の第1の部分は光学インターフェイス基準平面の一方の側に位置決めされ、光相互接続部の第2の部分は光学インターフェイス基準平面の他方の側に位置決めされる。

40

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0009】

一実施形態において、光相互接続部は、ダイに接触する。別の実施形態において、光相互接続部は、ダイに接触することなくダイに隣接して終端する。別の実施形態において、V字溝に配置されているレンズは、光ファイバの末端に光学的に結合される。レンズは、光

50

ファイバを1つ以上のオプティカルマイクロメカニカルデバイスと光学的に結合する。レンズはダイと接触していてもよく、ダイに接触することなくダイに隣接して終端していてもよい。

【0010】

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任意に介在していてもよい。コンタクトパッドは、ダイ基準面および/またはパッケージフレーム基準面上に配置されてもよい。一実施形態において、コンタクトパッドは、1つ以上のオプティカル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上に配置されるコンタクトパッドなどの外部電気接点と電氣的に連結する。別の実施形態において、コンタクトパッドは、1つ以上のオプティカル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、ダイをパッケージフレームに機械的に取り付けのために用いられてもよい。

10

【0011】

開口部は、矩形の形状または複雑な形状であってもよい。一実施形態において、開口部は、光ファイバの末端がダイと接触することなく断面形状の開口部のアームで終端するように構成される断面形状を含む。

【0012】

ツーリングフィクスチャは、ダイの裏面上に配置されていてもよい。ツーリングフィクスチャは、ツーリングポストおよび/またはヒートシンクであってもよい。一般に、ダイをパッケージフレームに密閉するために、封入材料を用いることができる。カバーは、ダイをパッケージフレームに密閉する。

20

【0013】

フレキシブル回路は、ダイに電氣的に連結されてもよい。一実施形態において、フレキシブル回路は、ダイの裏面にわたって延在し、1つ以上のバイアがダイを通して延在し、オプティカルマイクロメカニカルデバイスをフレキシブル回路に電氣的に連結する。別の実施形態において、肩領域が、オプティカルマイクロメカニカルデバイスに隣接して形成される。電気トレースは、オプティカルマイクロメカニカルデバイスから肩領域まで延在する。フレキシブル回路は、肩領域と光学インターフェイス基準平面との間に配置されている。フレキシブル回路は、トレースに電氣的に連結される。

【0014】

一実施形態において、パッケージフレームは、ダイ基準面と係合するために、1つ以上の位置合せポスト位置を含む。開口部に対向する側において、キャビティが位置合せポストに隣接するように形成されることが好ましい。フレキシブル回路は、ダイ基準面上のコンタクトパッドと電氣的に連結するために、キャビティを通して延在することができる。ダイを位置合せポストに保持するために、接着剤をキャビティ内に配置することができる。

30

【0015】

本発明はまた、本発明による少なくとも1つのパッケージ化されたオプティカルマイクロメカニカルデバイスを含む光通信システムに関する。

【0016】

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

40

【発明を実施するための最良の形態】

【0017】

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・インテグレイティッド・マイクロシステムズ(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(Cronos Integrated Microsystems)から市販されている「MUMPs

50

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とき、「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。

#### 【0018】

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作製するために、集積回路 (IC) 業界では既知の平面作製工程ステップに適合されている。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工程ステップ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。

#### 【0019】

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オプティカル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作製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。本願明細書で用いるとき、「オプティカル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。オプティカル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、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 号に示されている。

#### 【0020】

図 1 は、本発明によるオプティカルマイクロメカニカルデバイスをパッケージ化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 つ以上のオプティカル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 を含んでいる。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 のインターフェイスを示すために、点線で示されている。本願明細書で用いるとき、「ダイ」なる語は、1 つ以上のオプティカルマイクロメカニカルデバイスを含む基板を指す。

#### 【0021】

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 を含んでいる。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

10

20

30

40

50

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を生じる。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構成される V 字溝などの一連の光相互接続部位置合せ機構 29 を含んでいる。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含んで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。

#### 【0022】

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。成形しやすさのほか、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、電子パッケージ化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において広く用いられている。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化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。

#### 【0023】

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、オプティカル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、大部分のオプティカル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。

#### 【0024】

成形プラスチックパッケージには、一般に金属またはセラミックのような気密性はない。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。

#### 【0025】

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化されたオプティカル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 のインターフェイスは、光ファイバ 72 および関連レンズ 70 を含むフェルール 76 をオプティカル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学インターフェイス基準平面 44 を含む（図 3 参照）。オプティカル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、オプティカル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。本願明細書で用いるとき、「ダイ基準面」なる語は、オプティカル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。「光学インターフェイス基準平面」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配置され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。オプティカルマイクロメカニカルデバイス 43 に隣接して光学インターフェイス基準平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。

#### 【0026】

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 は光学インターフェイス基準平面 44 と接線関係を形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

10

20

30

40

50



いに垂直に配置されるが、依然として光学インターフェイス基準平面 4 4 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的材料除去技術を用いて、形成されてもよい。

#### 【0027】

ダイ 2 4 および V 字溝 5 0 は、フェルール 7 6 のレンズ 7 0 を捕捉し、光学インターフェイス基準平面 4 4 およびオプティカルマイクロメカニカルデバイス 4 3 と正確に位置合せする。図 2 および図 3 の実施形態は、オプティカルマイクロメカニカルデバイス 4 3 上の活性光学面が、レンズ 7 0 の径のほぼ 2 分の 1 に対応する量だけダイ基準面 4 2 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 7 0 は、マイクロメカニカルデバイス 4 3 と中心を合わせる。

10

#### 【0028】

本発明のパッケージ化されたオプティカルマイクロメカニカルデバイス 4 0 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 6 0 によって形成される。フレックス回路 6 0 は、ダイ 2 4 をパッケージフレーム 2 0 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 6 0 は、パッケージフレーム 2 0 の縁まで上面 2 6 に沿って延在する。フレックス回路 6 0 をダイ 2 4 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。

#### 【0029】

例示の実施形態において、フレックス回路 6 0 およびオプティカルマイクロメカニカルデバイス 4 3 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 7 4 は、任意にパッケージフレーム 2 0 の周縁に形成される。ダイ 2 4 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) など広範囲の電気接点構成を用いることができる。

20

#### 【0030】

ダイ 2 4 の裏面 5 5 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 5 6 を含んでいる。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 5 6 は、材料の 1 個部品または個別の構成要素から作製されることができる。一実施形態において、個別のダイ 2 4 がウェーハから切断される前に、裏面 5 5 はツーリングフィクスチャ 5 6 に取付けられる。オプティカルマイクロメカニカルデバイス 4 3 がダイ 2 4 から開放される前に、ツーリングフィクスチャ 5 6 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 5 6 をダイ 2 4 に取付けることができる。

30

#### 【0031】

ツーリングフィクスチャ 5 6 は、オプティカルマイクロメカニカルデバイス 4 3 に損傷を与えることなくダイ 2 4 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 5 6 が取付けられると、前面またはダイ基準面 4 2 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 2 0 との係合に利用可能である。一旦、パッケージフレーム 2 0 に取付けられると、ツーリングフィクスチャ 5 6 は、パッケージ化されたオプティカルマイクロメカニカルデバイス 4 0 の一体部分となる。

40

#### 【0032】

上部フレーム部材 4 8 およびカバー 4 9 は、ダイをパッケージフレーム 2 0 に密閉する。上部フレーム部材 4 8 およびカバー 4 9 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 5 6 は、パッケージ化工程中、ダイ 2 4 の処理を容易にする。コンプライアント熱伝導性材料 5 2 はツーリングフィクスチャ 5 6 とカバー 4 9 との間に配置されて、パッケージ化されたオプティカルマイクロメカニカルデバイス 4 0 から熱を伝導することが好ましい。封入材料 6 2 は任意に、ダイ 2 4 および/ま

50

たはツーリングフィクスチャ 5 6 の上に配置され、環境汚染から開口部 2 2 をさらに密閉することができる。下部カバー 5 4 は、ダイ 2 4 に対向する開口部 2 2 を密閉する。開口部 2 2 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満たされてもよい。

#### 【0033】

確実に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。パッケージ化されたオプティカルマイクロメカニカルデバイス 4 0 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、パッケージ化されたオプティカルマイクロメカニカルデバイス 4 0 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、封入材料 6 2 のみが用いられ、上部フレーム部材 4 8 およびカバー 4 9 は省略される。封入材料 6 2 は、エポキシ、シリカファイバを有するエポキシ、エポキシレゾールノボラックポリマーなどのオプティカルマイクロメカニカルデバイス 4 3 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

#### 【0034】

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 2 8 に直接接合されるダイ 2 4 を示している。図 4 は別の実施形態を示しており、ダイ 2 4 上のダイ基準面 4 2 および/またはパッケージフレーム基準面 2 8 が 1 つ以上のコンタクトパッド 8 0、8 2 を含んでいる。コンタクトパッド 8 0、8 2 は、ダイ 2 4 をパッケージフレーム基準面 2 8 に正確に位置合せして取付けるために簡単に用いられることができる。別の実施形態において、コンタクトパッド 8 0、8 2 は、ダイ基準面 4 2 上のオプティカルマイクロメカニカルデバイス 4 3 とパッケージフレーム 2 0 上のコンタクトパッド 3 2 (図 1 参照)との間に電気相互接続を形成する。コンタクトパッド 8 0、8 2 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。本願明細書で用いるとき、「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/または電氣的インターフェイスを指す。

20

#### 【0035】

図 4 の実施形態は、2 つのコンタクトパッド 8 0、8 2 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 4 2 またはパッケージフレーム基準面 2 8 のいずれかの上に配置されてもよい。図 4 の実施形態において、光学インターフェイス基準平面 8 4 は、ダイ基準面 4 2 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、光学インターフェイス基準平面 8 4 は、ダイ基準面 4 2 とパッケージフレーム基準面 2 8 との間の任意の場所に配置されていてもよい。たとえば、光学インターフェイス基準平面は、コンタクトパッド 8 0、8 2 の間のインターフェイスに配置されていてもよい。光学インターフェイス基準平面 8 4 は、オプティカルマイクロメカニカルデバイス 4 3 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 8 5 に組込まれる。図 4 はツーリングフィクスチャ 8 5 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、オプティカルマイクロメカニカルデバイスのタイプ、用いられるカバーのタイプおよび他の要因に応じて変更することができる。

30

#### 【0036】

図 5 は、1 つ以上の接合位置合せポスト 8 8 および隣接キャビティ 9 0 を有する別のパッケージフレーム 8 6 を示している。一実施形態において、キャビティ 9 0 は、フレックス回路 9 2 をダイ基準面 4 2 上のコンタクトパッドに電氣的に連結するために用いられる。図 5 の実施形態において、ダイ基準面 4 2 およびパッケージフレーム基準面 2 8 は、同一平面にあり、光学インターフェイス基準平面 9 8 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 9 0 は、ダイ 2 4 を位置合せポスト 8 8 に保持するために用いられる接着剤 9 4 で満たされてもよい。キャビティ 9 0 に接着剤 9 4 を配置することによって、ダイ基準面 4 2 と位置合せポスト 8 8 の上部 9 6 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

#### 【0037】

50

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 9 1 は任意に、ツーリングポスト 9 3 を包囲する。材料 9 1 は、ヒートシンクとして作用することができ、および/またはダイ 2 4 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 9 3 は任意に、ダイ 2 4 をパッケージフレーム 8 6 にさらに固定するために、カバー 9 5 の内面と接触または係合する。

#### 【0038】

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。

#### 【0039】

図 6 は、より複雑な形状の開口部 1 0 2 を有する別のパッケージフレーム 1 0 0 の平面図である。ダイ 1 0 4 は、ダイ 1 0 4 とパッケージフレーム基準面 1 0 6 とのインターフェイスを示すように概略的に示されている。V 字溝 1 0 8 は、4 つの側面すべてから開口部 1 0 2 へ指向される。開口部 1 0 2 の部分またはアーム 1 1 0 A、1 1 0 B、1 1 0 C、1 1 0 D は、ダイ 1 0 4 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 1 0 8 の深さを制御することによって、オプティカル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をダイ基準面に比して調整することができる。

#### 【0040】

図 7 は、光学インターフェイス基準平面 1 2 4 に沿ってパッケージフレーム基準面 1 0 6 に接合されるダイマウンティング面 1 2 2 を有するパッケージ化されたオプティカルマイクロメカニカルデバイス 1 2 0 の側断面図である。V 字溝 1 0 8 は、レンズ 1 2 6 と、光ファイバ 1 4 6 を収容するフェルール 1 4 4 と、が光学インターフェイス基準平面 1 2 4 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 1 4 4 の外径はレンズ 1 2 6 の外径に適合することが好ましい。光学インターフェイス基準平面 1 2 4 に対するレンズ 1 2 6 の位置を調整するために、溝 1 0 8 の深さを用いることができる。すなわち、レンズ 1 2 6 は、ダイ基準面 1 2 2 に関係なく光学インターフェイス基準平面 1 2 4 に対して位置決めされることができる。V 字溝 1 0 8 の深さを変更することによって、さまざまなダイ 1 0 4 に関して図 6 のパッケージフレーム 1 0 0 を用いることができると同時に、レンズ 1 2 6 をオプティカル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 8 0、8 2 と共に用いてもよい。

#### 【0041】

パッケージフレーム 1 0 0 は、開口部 1 0 2 にわたって延在している下部カバー 1 3 0 を含むことが好ましい。図 7 に示された実施形態において、上部カバー 1 3 2 は、ハンダ、ブレージング、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 1 0 0 に接合される個別の構成要素である。フレックス回路 1 3 6 を用いてダイ 1 0 4 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 1 3 6 は、ダイ 1 0 4 の背面 1 3 8 に沿って延在する。ダイ 1 0 4 に形成されるバイア 1 4 0 は、フレックス回路 1 3 6 をダイ基準面 1 2 2 上のオプティカル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 1 3 6 を他の電気構成要素に連結するために、ピ

10

20

30

40

50

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。

【0042】

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化されたオプティカル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、上述のように光学インターフェイス基準平面 162 を形成する。ツーリングフィクスチャ 164 および封入材料 166 は、任意に、パッケージ化されたオプティカルマイクロメカニカルデバイス 150 に関して設けられる。封入材料 166 は任意に、熱伝導性であってもよい。

10

【0043】

図 9 および図 10 は、本発明によるパッケージ化されたオプティカル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含んでいるか、または含んでいない)パッケージフレーム基準面 204 に接合され、光学インターフェイス基準平面 206 を形成する。V 字溝 208 は、オプティカル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。

20

【0044】

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 の中心線をファイバフェルール 232 の中心線と位置合せをするように設計される。オプティカルマイクロメカニカルデバイス 224 にとって光学インターフェイス基準平面 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。

【0045】

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、ファイバフェルール 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 / またはフェルール 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 上のオ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。

30

【0046】

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 を含んでいる。ヒートシンク 220 は任意に、ダイ 216 の周縁部を越えて延在する延長タブ 238 を含む。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。熱伝導性封入材料は任意に、ヒートシンク 220 とカバー 236 との間に設けられてもよい。

40

【0047】

図 11 ~ 図 13 は、本発明による別のパッケージ化されたオプティカル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 対のフェルール 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。

【0048】

オプティカル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

50

レーム 3 1 4 に接触するような断面形状の開口部 3 1 2 に位置決めされる（たとえば、図 6 参照）。ダイ基準面 3 2 0 は、光学インターフェイス基準平面 3 3 0 を含む。開口部 3 1 2 の部分 3 1 6 A、3 1 6 B、3 1 6 C、3 1 6 D に形成される間隙により、フレキシブル回路 3 1 8 をダイ基準面 3 2 0 上のコンタクトパッドと電氣的に連結させ（図 1 3 参照）、パッケージフレーム 3 1 4 の上面 3 2 2 に沿って延在させることができる（図 1 1 参照）。明瞭に示すために、上部パッケージフレーム 3 2 4、カバー 3 2 6 およびツーリングフィクスチャ 3 2 8 のみが図 1 2 に示されている。上部パッケージフレーム 3 2 4 およびカバー 3 2 6 は、材料の 1 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 との間に形成される

10

。【図面の簡単な説明】

【0049】

【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てパッケージ化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 のパッケージ化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化されたマイクロメカニカルデバイスの側断面図である。

20

【図 5】本発明による位置合せポストを有するパッケージ化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化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化された別のマイクロメカニカルデバイスである。

【図 9】パッケージ化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 のパッケージ化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化されたマイクロメカニカルデバイスの平面図である

30

。【図 12】図 11 のパッケージ化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 のパッケージ化されたマイクロメカニカルデバイスの底面図である。

## 【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)

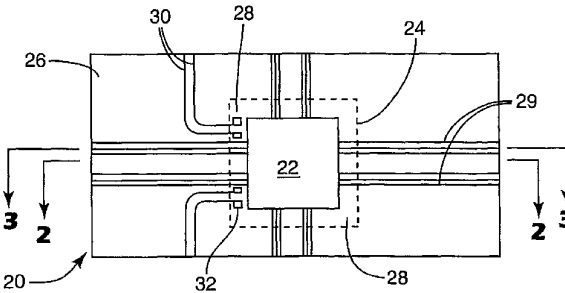
PCT

(10) International Publication Number  
WO 03/010574 A2

- (51) International Patent Classification: G02B 6/00 (81) Designated States (national): AE, AG, AL, AM, AT (utility model), 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 (utility model), EE, ES, FI (utility model), FI, GB, GD, GE, GI, 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, PT, PI, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK (utility model), SK, SI, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (21) International Application Number: PCT/US02/19066
- (22) International Filing Date: 11 June 2002 (11.06.2002)
- (25) Filing Language: English
- (26) Publication Language: English
- (30) Priority Data: 09/911,950 24 July 2001 (24.07.2001) US (84) Designated States (regional): ARIPO patent (GH, GM, KI, LS, MW, MZ, SD, SI, 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 (BJ, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NI, SN, TD, TG).
- (71) Applicant: 3M INNOVATIVE PROPERTIES COMPANY [US/US]; 3M Center, Post Office Box 33427, Saint Paul, MN 55133-3427 (US).
- (72) Inventors: CARPENTER, Barry S.; Post Office Box 33427, Saint Paul, MN 55133-3427 (US); HAGEN, Kathy L.; Post Office Box 33427, Saint Paul, MN 55133-3427 (US); SMITH, Robert G.; 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).
- Declarations under Rule 4.17:  
— as to applicant's entitlement to apply for and be granted a patent (Rule 4.17(ii)) for the following designations 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,

[Continued on next page]

(54) Title: PACKAGED OPTICAL MICRO-MECHANICAL DEVICE



(57) Abstract: A packaged optical micro-mechanical device. A die includes one or more optical micro-mechanical devices on a first surface of a substrate. The first surface includes a die reference surface. A package frame includes 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. One or more V-grooves are positioned relative to an optical interface reference plane adjacent to the micro-mechanical devices and terminating adjacent to the aperture. One or more optical fibers are located in the V-grooves optically coupled with one or more of the optical micro-mechanical devices.

WO 03/010574 A2

WO 03/010574 A2



MK, MN, MW, MX, MY, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW, ARIPO patent (GH, 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, HT, MR, NE, SN, TD, TG) as to the applicant's entitlement to claim the priority of the earlier application (Rule 4.1(ii)) for all designations

**Published:**

— without international search report and to be republished upon receipt of that 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.

WO 03/010574

PCT/US02/19066

**PACKAGED OPTICAL MICRO-MECHANICAL DEVICE**

The present invention relates to a packaged micro-mechanical devices with an optical interface, and in particular, to an optical interface reference plane adjacent to the optical micro-mechanical device that is useful for aligning optical fibers.

Fabricating complex micro-electro-mechanical systems (MEMS) and micro-optical-electro-mechanical systems (MOEMS) devices represents a significant advance in 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.

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 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 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 micro-machined structures. The encapsulant must not contact the active portions of the micro-machined structure. Moreover, common encapsulation techniques such as injection molding, often requiring pressures of 1000 psi, would easily crush the microstructure.



WO 03/010574

PCT/US02/19066

One application for micro-machined structures is in connection with processing optical signals, such as optical switches, wavelength specific equalizers, polarization mode 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.

The present invention is directed to a packaged optical micro-mechanical device with an optical interface reference plane adjacent to the micro-mechanical devices. One or more optical micro-mechanical devices are located on a first surface of a die. The first surface includes a die reference surface. A package frame comprising an aperture and a package frame reference surface proximate the aperture is adapted to receive the die reference surface such that the optical micro-mechanical devices are located in the aperture. One or more optical interconnect alignment mechanisms, such as V-grooves, terminate adjacent to the aperture and are positioned relative to an optical interface reference plane. Distal ends of one or more optical interconnects, such as optical fibers are located in optical interconnect alignment mechanisms and are optically coupled with one or more of the optical micro-mechanical devices.

The optical interface reference plane can be the die reference surface, the package frame reference surface or a plane parallel to the die reference surface located between the die reference surface and the package frame reference surface. Locating the optical interface reference plane near to the plane containing the optical interconnects improves alignment and minimizes tolerance build-up.

The optical interconnect alignment mechanisms can be located in the package frame reference surface, in the die reference surface or in both the package frame reference surface and the die reference surface. The optical interconnects can have tangential relationship with the optical interface reference plane. In another embodiment, a first portion of the optical interconnect is positioned on one side of the optical interface reference plane and a second portion of the optical interconnect is positioned on another side of the optical interface reference plane.

WO 03/010574

PCT/US02/19066

In one embodiment, the optical interconnect contacts the die. In another embodiment, the optical interconnect terminate adjacent to the die without contacting the die. In another embodiment, lenses located in the V-groove are optically coupled to the distal end of the optical fiber. The lenses optically couple the optical fiber with one or more optical micro-mechanical devices. The lens can contact the die or can terminate adjacent to the die without contacting the die.

One or more contact pads can optionally be interposed between the die reference surface and the package frame reference surface. The contact pads can be located on the die reference surface and/or the package frame reference surface. In one embodiment, the contact pads electrically couple one or more optical micro-mechanical devices with external electrical contacts, such as contact pads located on the package frame reference surface. In another embodiment, the contact pads electrically couple one or more optical micro-mechanical devices with a flexible circuit member. The contact pads can also be used to mechanical attach the die to the package frame.

The aperture can be a rectangular shape or a complex shape. In one embodiment, the aperture comprises a cross-shape configured so that the distal ends of the optical fibers terminate in arms of the cross-shaped aperture without contacting the die.

A tooling fixture can be located on a rear surface of the die. The tooling fixture can be a tooling post and/or a heat sink. An encapsulating material is typically used to seal the die to the package frame. A cover seals the die to the package frame.

A flexible circuit can be electrically coupled to the die. In one embodiment, the flexible circuit extends across a rear surface of the die and one or more vias extend through the die and electrically coupling the optical micro-mechanical devices to the flexible circuit. In another embodiment, a shoulder region is formed adjacent to the optical micro-mechanical devices. Electrical traces extend from the optical micro-mechanical devices to the shoulder region. A flexible circuit is located between the shoulder region and the optical interface reference plane. The flexible circuit is electrically coupled to the traces.

In one embodiment, the package frame comprises one or more alignment posts position to engage with the die reference surface. A cavity is preferably formed adjacent to the alignment posts on a side opposite the aperture. A flexible circuit extending through

WO 03/010574

PCT/US02/19066

the cavity electrically couples with contact pads on the die reference surface. An adhesive located in the cavity can be used to retain the die to the alignment posts.

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.

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.

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.

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.

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.

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.

WO 03/010574

PCT/US02/19066

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

WO 03/010574

PCT/US02/19066

MEMS-Based Polarization Mode Dispersion Compensator filed January 29, 2001, Serial 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 03/010574

PCT/US02/19066

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 03/010574

PCT/US02/19066

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 03/010574

PCT/US02/19066

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 include one or more contact pads 80, 82. The contact pads 80, 82 can be simply used to 25 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 constructed from solder, conductive adhesive or a variety of other conductive materials. 30 As used herein, "contact pads" refers to a mechanical and/or electrical interface between a die and a package frame.



WO 03/010574

PCT/US02/19066

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 03/010574

PCT/US02/19066

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 03/010574

PCT/US02/19066

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 03/010574

PCT/US02/19066

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 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 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 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 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 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 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 03/010574

PCT/US02/19066

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 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  
micro-mechanical devices are located in the aperture;  
one or more optical interconnect alignment mechanisms terminating adjacent to the  
10 aperture are positioned relative to an optical interface reference plane; 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-  
mechanical devices.
- 15 2. The package of claim 1 wherein the optical interface reference plane  
comprises the die reference surface.
3. The package of claim 1 wherein the optical interface reference plane  
comprises the package frame reference surface.  
20
4. The package of claim 1 wherein the optical interface reference plane  
comprises the plane parallel to the die reference surface located between the die reference  
surface and the package frame reference surface.
- 25 5. The package of claim 1 wherein the optical interconnect alignment  
mechanisms comprise V-grooves located in the package frame reference surface.
6. The package of claim 1 wherein the optical interconnect alignment  
mechanisms comprise V-grooves located in the die reference surface.  
30

WO 03/010574

PCT/US02/19066

7. The package of claim 1 wherein the optical interconnect alignment mechanisms are located in both the package frame reference surface and the die reference surface.
- 5 8. The package of claim 1 wherein the optical interconnects comprise a tangential relationship with the optical interface reference plane.
9. The package of claim 1 wherein a first portion of an optical interconnect is positioned on one side of the optical interface reference plane and a second portion of the  
10 optical interconnect is positioned on another side of the optical interface reference plane.
10. The package of claim 1 wherein at least one of the optical interconnects contacts the die.
- 15 11. The package of claim 1 wherein the optical interconnects terminate adjacent to the die without contacting the die.
12. The package of claim 1 wherein the optical interconnect comprises one of an optical fiber and optical fiber.
- 20 13. The package of claim 12 wherein the lens optically couples the optical fiber with one or more optical micro-mechanical devices.
14. The package of claim 12 wherein the lens contacts the die.
- 25 15. The package of claim 12 wherein the lens terminates adjacent to the die without contacting the die.
16. The package of claim 1 comprising one or more contact pads interposed  
30 between the die reference surface and the package frame reference surface.

WO 03/010574

PCT/US02/19066

17. The package of claim 16 comprising a contact pad on the die reference surface and a contact pad on the package frame reference surface.
18. The package of claim 16 wherein the contact pad electrically couples one or  
5 more optical micro-mechanical devices with external electrical contacts.
19. The package of claim 16 wherein the contact pad electrically couples one or more optical micro-mechanical devices with a flexible circuit member.
- 10 20. The package of claim 16 wherein the contact pad electrically couples one or more optical micro-mechanical devices with contact pads located on the package frame reference surface.
- 15 21. The package of claim 1 wherein the aperture comprises a rectangular shape.
22. The package of claim 1 wherein the aperture comprises a complex shape.
23. The package of claim 1 wherein the aperture comprises a cross-shape  
configured so that the distal ends of the optical fibers terminate in arms of the cross-shaped  
20 aperture without contacting the die.
24. The package of claim 1 comprising a tooling fixture on a rear surface of the die.
- 25 25. The package of claim 24 wherein the tooling fixture comprises a tooling post.
26. The package of claim 24 wherein the tooling fixture comprises a heat sink.
- 30 27. The package of claim 1 comprising an encapsulating material sealing the die to the package frame.

WO 03/010574

PCT/US02/19066

28. The package of claim 1 comprising a cover sealing the die to the package frame.
- 5 29. The package of claim 1 wherein the aperture comprises a cover.
30. The package of claim 1 comprising a flexible circuit electrically coupled to the die.
- 10 31. The package of claim 1 comprising electric traces on the package frame, the electric traces electrically coupled to contact pads in the package frame reference surface.
32. The package of claim 1 comprising:  
a flexible circuit extending across a rear surface of the die;  
15 one or more vias extending through the die and electrically coupling the optical micro-mechanical devices to the flexible circuit.
33. The package of claim 1 comprising:  
a shoulder region adjacent to the optical micro-mechanical devices;  
20 electrical traces extending from the optical micro-mechanical devices to the shoulder region; and  
a flexible circuit located between the shoulder region and the optical interface reference plane, the flexible circuit being electrically coupled to the traces.
- 25 34. The package of claim 1 wherein the package frame comprises:  
one or more alignment posts positioned to engage with the die reference surface;  
and  
a cavity adjacent to the alignment posts on a side opposite the aperture.
- 30 35. The package of claim 34 comprising a flexible circuit extending through the cavity electrically couples with contact pads on the die reference surface.



WO 03/010574

PCT/US02/19066

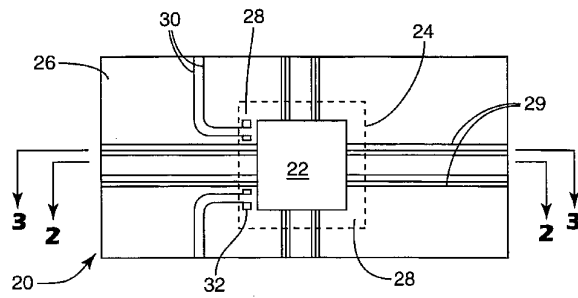
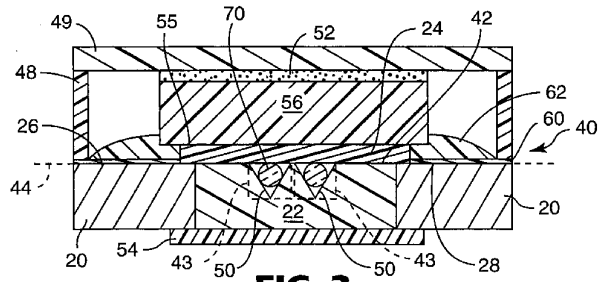
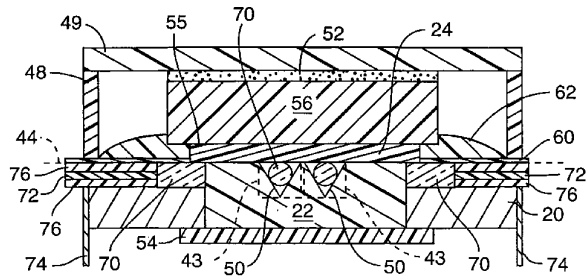
36. The package of claim 34 comprising an adhesive located in the cavity sufficient to retain the die to the alignment posts.

- 5           37. The package of claim 1 comprising an optical communication system including at least one packaged optical micro-mechanical device.

WO 03/010574

PCT/US02/19066

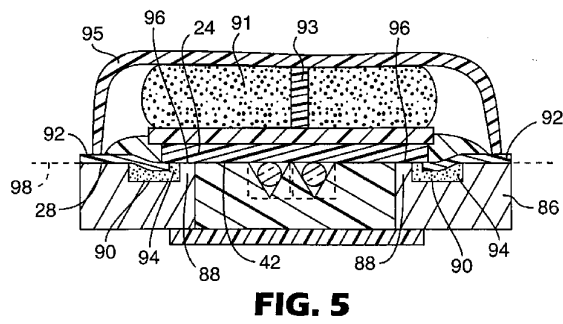
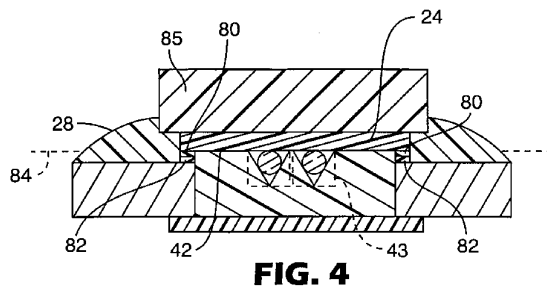
1/6

**FIG. 1****FIG. 2****FIG. 3**

WO 03/010574

PCT/US02/19066

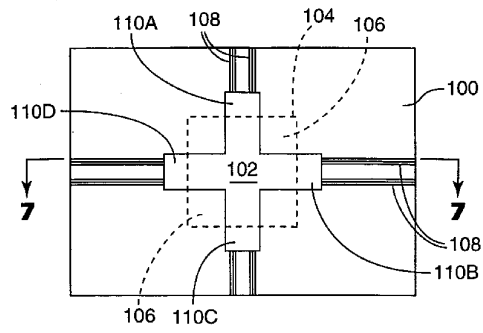
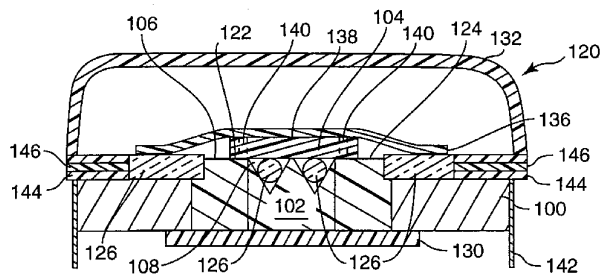
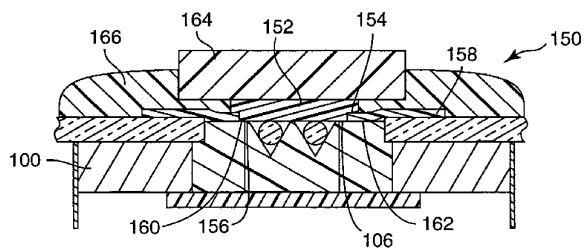
2/6

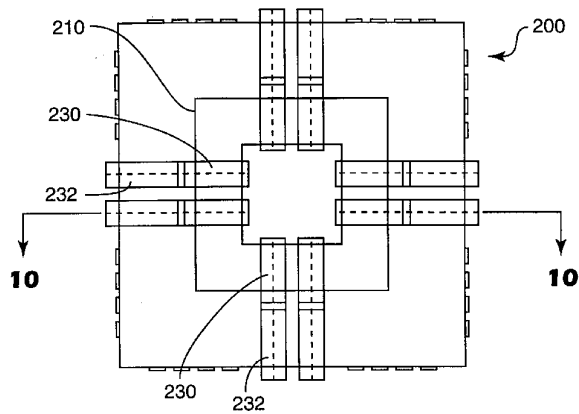
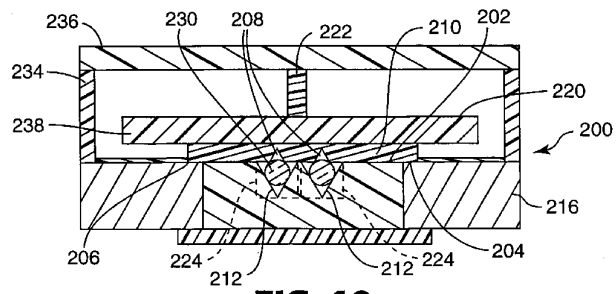


WO 03/010574

PCT/US02/19066

3/6

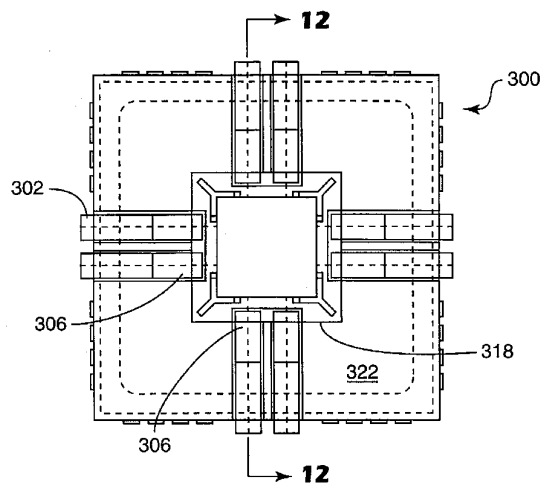
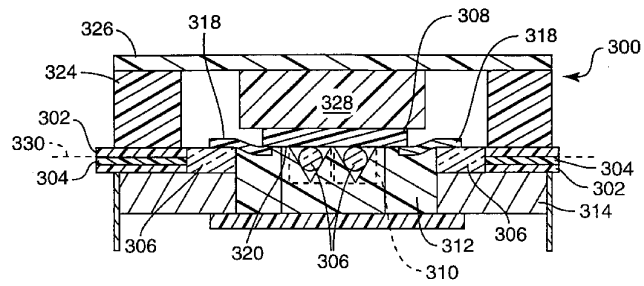
**FIG. 6****FIG. 7****FIG. 8**

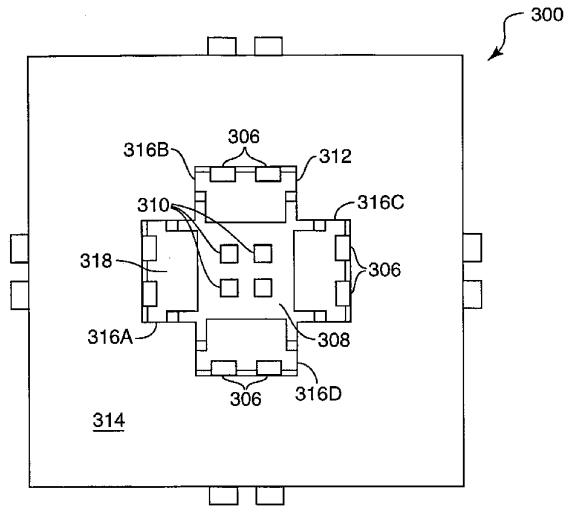
**FIG. 9****FIG. 10**

WO 03/010574

PCT/US02/19066

5/6

**FIG. 11****FIG. 12**

**FIG. 13**

## 【国際公開パンフレット（コレクトバージョン）】

(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)

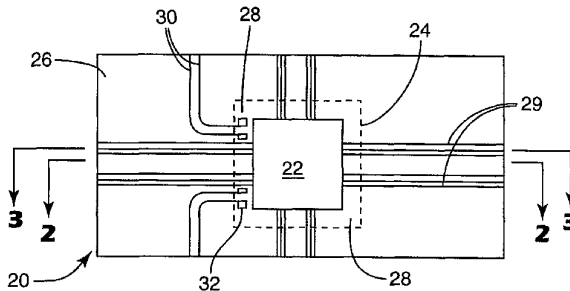
PCT

(10) International Publication Number  
**WO 03/010574 A3**

- (51) International Patent Classification: **G02B 6/36** (US). SMITH, Robert G.; Post Office Box 33427, Saint Paul, MN 55133-3427 (US).
- (21) International Application Number: PCT/US02/19066
- (22) International Filing Date: 11 June 2002 (11.06.2002)
- (25) Filing Language: English
- (26) Publication Language: English
- (30) Priority Data: 09/911,950 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).
- (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 (utility model), EE, ES, FI (utility model), 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 (utility model), SK, SL, TJ, 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,

[Continued on next page]

(54) Title: PACKAGED OPTICAL MICRO-MECHANICAL DEVICE



(57) Abstract: A packaged optical micro-mechanical device. A die (24) includes one or more optical micro-mechanical devices (43) on a first surface of a substrate. The first surface includes a die reference surface (42). A package frame (20) includes an aperture (22) and a package frame reference surface (28) proximate the aperture adapted to receive the die reference surface such that the optical micro-mechanical devices are located in the aperture. One or more V-grooves (50) are positioned relative to an optical interface reference plane (44) adjacent to the micro-mechanical devices and terminating adjacent to the aperture. One or more optical fibers are located in the V-grooves optically coupled with one or more of the optical micro-mechanical devices.

WO 03/010574 A3



WO 03/010574 A3



GB, GR, IL, IT, LU, MC, NL, PL, SE, TR), OAPI patent (BI, BJ, CI, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, MI, MR, NI, SN, TD, TG).

as to the applicant's entitlement to claim the priority of the earlier application (Rule 4.17(ii)) for all designations

#### Declarations under Rule 4.17:

— as to applicant's entitlement to apply for and be granted a patent (Rule 4.17(i)) for the following designations 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, MY, 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, ARIPO patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SI, 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, PL, SE, TR), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, MI, MR, NF, SN, TD, TG)

#### Published:

— with international search report  
— before the expiration of the time limit for amending the claims and to be republished in the event of receipt of amendments

(88) Date of publication of the international search report:  
10 April 2003

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.

## 【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US 02/19066
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 602B6/36		
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-TDS		
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)  page 8, line 13 -page 12, line 9; figures 3-11	1-10,12, 14, 16-22, 24-29, 31,34
X	TOSHIYOSHI H ET AL: "ELECTROSTATIC MICRO TORSION MIRRORS FOR AN OPTICAL SWITCH MATRIX" JOURNAL OF MICROELECTROMECHANICAL SYSTEMS, IEEE INC. NEW YORK, US, vol. 5, no. 4, 1 December 1996 (1996-12-01), pages 231-237, XP000678676 ISSN: 1057-7157 the whole document  -/--	1-4,9, 11-13, 15,22,37
<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 referring 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 combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art *S* document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 20 February 2003		Date of mailing of the international search report 03/03/2003
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5516 Patimilain 2 NL - 3800 LV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-3040, Tx. 31 551 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Wolf, S

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

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International	Application No
PCT/US	02/19066

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
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 1-5,28 -----	1-5,9, 10, 12-14, 16,18, 21,29
A	EP 0 961 150 A (LUCENT TECHNOLOGIES INC) 1 December 1999 (1999-12-01) column 3, line 20 -column 4, line 44 column 8, line 55 -column 9, line 24; figures 1,6,7 -----	1
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
A	EP 0 982 610 A (HEWLETT PACKARD CO) 1 March 2000 (2000-03-01) column 5, line 28 -column 7, line 53; figure 1 -----	19

Form PCT/ISA/210 (continuation of second sheet) (July 1992)

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No  
PCT/US 02/19066

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 3330906 B2 07-10-2002 JP 2000075210 A 14-03-2000 JP 3032720 B2 17-04-2000 JP 9230248 A 05-09-1997
EP 0961150	A	01-12-1999	US 5995688 A 30-11-1999 EP 0961150 A2 01-12-1999 JP 2000010028 A 14-01-2000
EP 0982610	A	01-03-2000	US 6203212 B1 20-03-2001 EP 0982610 A2 01-03-2000 JP 2000082830 A 21-03-2000

## 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

(72)発明者 ヘーゲン, キャシー エル.

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

(72)発明者 スミス, ロバート ジー.

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) 2H037 BA00 BA23 BA24 DA03 DA04 DA06 DA12 DA15 DA35 DA36  
DA38