

(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2008-510966

(P2008-510966A)

(43) 公表日 平成20年4月10日(2008.4.10)

(51) Int.Cl.

G01R 1/073 (2006.01)
G01R 31/26 (2006.01)
H01L 21/66 (2006.01)

F 1

GO1R 1/073
 GO1R 31/26
 H01L 21/66

E
J
B

テーマコード(参考)

2G003
 2G011
 4M106

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2007-528044 (P2007-528044)
 (86) (22) 出願日 平成17年8月19日 (2005.8.19)
 (85) 翻訳文提出日 平成19年3月20日 (2007.3.20)
 (86) 國際出願番号 PCT/US2005/029581
 (87) 國際公開番号 WO2006/023741
 (87) 國際公開日 平成18年3月2日 (2006.3.2)
 (31) 優先権主張番号 10/922,486
 (32) 優先日 平成16年8月19日 (2004.8.19)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

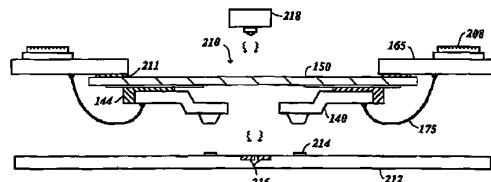
(71) 出願人 505377474
 フォームファクター、 インコーポレイテッド
 アメリカ合衆国 カリフォルニア 94551, リバーモア, サウスフロント
 ロード 7005
 (74) 代理人 100079108
 弁理士 稲葉 良幸
 (74) 代理人 100093861
 弁理士 大賀 貞司
 (74) 代理人 100109346
 弁理士 大貫 敏史

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】一度に多数方式でワイヤボンドプローブカードを作製する方法

(57) 【要約】

非常に微細なピッチ間隔で製造できかつ支持基板に正確に配置できる、ウエハテストプロービングで用いるための弾性ばね接点が、提供される。弾性接触構造体は、スペース変換基板上の電気回路へのワイヤボンディング用に適合されている。付着ばね接点を備えた支持基板と一緒に数多く製造し、スペース変換基板へ付着させる前にダイシングおよびテストをして、歩留まりを改善することができる。弾性ばね接点は、剥離層上に接点を形成するためにフォトリソグラフィ技術を用いて製造され、その後ばね接点は、支持基板にエポキシ接着され、剥離層は除去される。支持基板は、接点の整列および下方の光学部品のテストを可能にするために、透明にすることができる。支持基板には、インピーダンス整合の改善のために、ばね接点の下に設けられた接地プレートを含むことができる。



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

接着剤によって支持基板に取り付けられたばね接触要素を含む装置。

【請求項 2】

前記接着剤がエポキシを含む、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 3】

前記接着剤が非導電性であり、前記ばね接触要素を前記支持基板から電気的に絶縁する、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 4】

前記ばね接触要素の少なくとも一部にわたって連続的なビーズで施される接着剤をさらに含む、請求項 1 に記載の装置。 10

【請求項 5】

前記支持基板が透明である、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 6】

前記支持基板がガラスである、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 7】

前記支持基板が、前記ばね接触要素の少なくとも 1 つの中下にある接地プレート領域を含む、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 8】

前記接着剤が非導電性であり、前記接地プレートを前記ばね接触要素から電気的に絶縁する、請求項 7 に記載の装置。 20

【請求項 9】

ボンドパッドを有する追加基板と、

前記支持基板を前記追加基板に接続する弾性要素と、

前記ばね接触要素を前記ボンドパッドに接続するフレキシブル導電要素と、
をさらに含む、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 10】

ボンドパッドを有する追加基板と、

前記支持基板を前記追加基板に接続する弾性要素と、

前記ばね接触要素を前記支持基板上のボンドパッドに接続するフレキシブル導電要素と
、
前記追加基板の前記ボンドパッドを前記支持基板上のボンドパッドに接続するワイヤボンドと、

をさらに含む、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 11】

ボンドパッドを有する追加基板であって、前記支持基板が取り付けられた追加基板と、

前記ばね接触要素を前記ボンドパッドに接続するワイヤボンドと、

をさらに含む、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 12】

前記支持基板が取り付けられた追加基板と、

前記支持基板に設けられたトレースであって、前記支持基板が前記追加基板上の電気接点を前記トレースに接続する信号ビアを含む、トレースと、

前記ばね接触要素を前記トレースに接続するワイヤボンドと、

をさらに含む、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 13】

ボンドパッドを有する追加基板であって、前記支持基板が取り付けられた追加基板と、
前記支持基板に設けられたトレースと、

前記ばね接触要素を前記トレースの第 1 の端部に接続する第 1 のワイヤボンドと、

前記トレースを前記ボンドパッドに接続する第 2 のワイヤボンドと、

をさらに含む、請求項 1 に記載の装置。

40

50

【請求項 14】

前記トレースの少なくとも 1 つが薄膜抵抗器を含む、請求項 13 に記載の装置。

【請求項 15】

前記トレースの少なくとも 1 つがコンデンサを含む、請求項 13 に記載の装置。

【請求項 16】

前記支持基板が信号ビアを含む、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 17】

前記ばね接触要素が、前記信号ビアの導電性バンプにワイヤボンディングされる、請求項 16 に記載の装置。

【請求項 18】

前記支持基板が、前記ばね接触要素の下にある前記信号ビアから電気的に絶縁された接地プレートを含み、前記接地プレートが、前記支持基板内の少なくとも 1 つの追加ビアに接続されている、請求項 17 に記載の装置。

【請求項 19】

請求項 1 に記載の装置によってテストされるデバイス。

【請求項 20】

リソグラフィで形成され、エポキシに捕捉されたばね接触要素を含む装置。

【請求項 21】

リソグラフィで形成され、ガラス基板に取り付けられたばね接触要素を含む装置。

【請求項 22】

リソグラフィで形成され、透明支持基板に取り付けられたばね接触要素を含む装置。

【請求項 23】

前記透明支持基板を介して、前記ばね接触要素に接続可能なデバイスに光信号を供給するための光源をさらに含む、請求項 22 に記載の装置。

【請求項 24】

前記ばね接触要素に接続された電気ルーティング線を含む前記透明基板に取り付けられた追加基板であって、透明基板を介した光信号の伝送のために光が通過可能な開口部を有する追加基板をさらに含む、請求項 22 に記載の装置。

【請求項 25】

請求項 22 に記載の装置によってテストされるデバイス。

【請求項 26】

導電性伝送線にワイヤボンディングされたばね接触要素を含む装置。

【請求項 27】

請求項 26 に記載の装置によってテストされるデバイス。

【請求項 28】

ワイヤボンディングに適した表面を有するばね接触要素。

【請求項 29】

多数のプローブリード線を単一の基板に形成すること、および、
前記基板を別個のユニットにダイシングすること、
を含む方法。

【請求項 30】

ばね接点に隣接して設けられた接地プレートのサイズを調節して、前記ばね接点のインピーダンスを制御することを含む方法。

【請求項 31】

接触要素を支持基板に形成する方法であって、
犠牲基板を設けること、

前記犠牲基板に、前記接触要素のための接触先端部を形成するための貫入部を形成すること、

フォトレジストの第 1 の層を施し、かつ前記フォトレジストをパターニングして、前記貫入部および前記貫入部に隣接する前記犠牲基板の領域の上に開口部を形成すること、

10

20

30

40

50

前記露出した犠牲基板上の導電層および第2のフォトレジスト層を施すこと、
フォトレジストの第2の層を施しあつパターニングして、前記第1のフォトレジスト層
の一部、および前記貫入部とは別個の前記犠牲基板上に開口部を形成すること、
フォトレジストの前記第2の層の領域間に形成された開口部に弾性金属材料を施し、
フォトレジストの前記第2の層を除去すること、
前記貫入部とは別個の、前記接触要素の一部の上に接着剤を施すこと、
前記支持基板を前記接着剤に付着させること、
前記第1のフォトレジスト材料を除去すること、および、
前記犠牲基板を除去すること、
を含む方法。

10

【請求項32】

前記支持基板を、自身内のルーティング線にボンドパッドを付着させたスペース変換基
板に取り付けること、および、
前記接触要素を前記ボンドパッドの1つにワイヤボンディングすること、
をさらに含む、請求項31に記載の方法。

【請求項33】

前記接着剤を用いて前記支持基板を前記接触要素に取り付ける前に、金属接地プレート
領域を前記支持基板に施すことであって、前記接着剤が非導電性であり、前記接触要素を
前記接地プレート領域から絶縁することをさらに含む、請求項32に記載の方法。

【請求項34】

前記接地プレートを前記ボンドパッドの1つにワイヤボンディングすることをさらに含
む、請求項33に記載の方法。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

技術分野

本発明は、電気部品間の圧力接觸をもたらす弹性電気接觸要素またはばね接点に関し、
特に、ウエハ上の集積回路（IC）をテストするプロービングに用いるプローブカードを
形成するばね接点およびばね接点を基板に付着させるための構造体に関する。

【背景技術】

30

【0002】

関連技術

弹性接觸要素またはばね接点は、様々な形状で製造される。ウエハ上のICをプロービ
ングするために用いられる一タイプのばね接点が、「犠牲部材を用いた、電気接点の製造
方法（Method of Manufacturing Electrical Contacts, Using a Sacrificial Member）」なる名称
の米国特許第5,476,211号明細書ならびにその対応分割特許である米国特許第5
,852,871号明細書および米国特許第6,049,976号明細書（全てカンドロス（Kandros）による）に説明されている。これらの特許は、フレキシブルで細
長いコア要素（たとえばワイヤ「ステム」または「スケルトン」）を電子部品の端子に取
り付けること、および1つまたは複数の材料の「シェル」でフレキシブルコア要素をコ
ーティングし、結果として得られるばね接点の弹性特性を保証することによって、弹性相互
接続要素を作製する方法を開示している。コア要素の例示的な材料には、金が含まれる。
弹性コーティングの例示的な材料には、ニッケルおよびその合金が含まれる。結果として
得られるばね接觸要素は、プローブカードとウエハ上の集積回路との間をはじめとして2
以上の電子部品間の圧力接続をもたらすために用いられる。

40

【0003】

基板にばね接点を接続してプローブカード、またはばね接点を備えた他の構造体を形成
することが、エルドリッジ（Eldridge）、グルーベ（Grube）、カンドロス
（Kandros）およびマシュー（Mathieu）による「プローブカードアセン

50

プリのプローブ要素の先端を平坦化する方法 (Method of Planarizing Tips of Probe Elements of a Probe Card Assembly)」なる名称の米国特許第5,974,662号明細書に説明されている。この特許は、「スペース変換器」を形成するために細長い弾性ばね接触要素を取り付けた基板をはじめとして、プローブカードアセンブリについて説明している。スペース変換器は、一表面において、端子を第1のピッチまたは端子間の間隔に配置し、かつ反対表面における第2のピッチに、対応する端子を配置した多層相互接続基板である。スペース変換は、第1のピッチから第2のピッチへ「ピッチ拡張」を達成するために用いられる基板の層におけるルーティング線によって提供される。使用において、細長いばね接触要素の自由端(先端)が、プローピングまたはテストされる電子部品の対応する端子との圧力接続をもたらす。

10

20

30

40

50

【0004】

別のタイプのばね接触要素が、エルドリッジ (Eldridge)、グルーベ (Gru be)、カンドロス (Khandros) およびマシュー (Mathieu) による「マイクロエレクトロニクスばね接触要素および複数のばね接触要素を有する電子部品 (Microelectronic Spring Contact Element and Electronic Component Having A Plurality Of Spring Contact Elements)」なる名称の米国特許第6,482,013号明細書に説明されており、この特許は、参照により本明細書に援用されている。この特許は、弾性接触要素を作製するために、機械技術ではなくフォトリソグラフィ技術について説明している。機械的に形成された接触要素と同様に、リソグラフィ技術を用いて形成された弾性接触要素には、ニッケルおよびその合金などの弾性材料が含まれる。フォトリソグラフィ技術を用いて、弾性接点を備えたプローブカードまたは他の基板を製造するために、ばね接点が、材料のめっきまたは堆積、フォトレジストの適用、フォトリソグラフィ技術を用いたマスキング、およびエッチングを含む一連のステップによって、基板表面の金属相互接続パッドに形成される。スペース変換器については、弾性接点が自身に形成された相互接続パッドは、スペース変換基板内のルーティング線に弾性接点を接続する。フォトリソグラフィ技術を用いれば、精密許容誤差を実現して、パッドに形成されたばね接点と、テストされる集積回路上の対応する接觸パッドとの整列を保証することができる。

【発明の開示】

【課題を解決するための手段】

【0005】

概要

本発明に従い、非常に微細なピッチで製造することができ、かつ支持基板上に正確に配置できる弾性接触構造体を説明する。弾性接触構造体は、回路との電気接觸をなすために一端部においてワイヤボンディング用に適合される一方で、別の端部ではばね接点を提供する。これらのはね接点を備えた支持基板は、一度に多数方式で製造することができ、製造コストを低減し、製造歩留まりを向上させる冗長性を提供する。

【0006】

本発明による弾性接触構造体は、フォトリソグラフィ技術を用いて作製される。弾性接触構造体は、犠牲基板の剥離層上に形成され、次に、犠牲基板が除去される前に、接着剤によって支持基板に貼付される。ここで次に、弾性接触構造体を支持する支持基板は、伝送線を含むベース基板に付着される。ベース基板は、接着剤を用いて直接付着できる。代替として、ベース基板は、支持基板が弾性プラットフォームを提供するように、弾性ばねによって装着される。

【0007】

一実施形態においてベース基板の伝送線は、ワイヤボンディングによって弾性接点に付着される。別の実施形態において、ばねを用いて弾性プラットフォームを作る場合には、フレキシブル導電リード線を用いて弾性接点をベース基板に接続する。ベース基板の伝送

線が、一表面における弹性接点から、より微細なピッチの接点セットへ信号をルーティングし、それによって、ウエハプロービングで典型的に用いられる「スペース変換器」基板を形成できる。便宜上、以後はベース基板をスペース変換基板と呼ぶ。

【0008】

一実施形態において、支持基板は、接地プレートを形成する金属コーティングを、付着された弹性接触構造体の下に設けている。次に、弹性接触構造体を支持基板に付着させる接着剤は、エポキシなどの非導電性材料であり、接触構造体を接地プレートから電気的に絶縁する。次に、接地プレートは、弹性接触構造体、およびスペース変換基板の線路へ接続するワイヤbondを通して、より良好なインピーダンス整合を提供する。

【0009】

さらなる実施形態において、支持基板は、ガラスなどの透明誘電材料で作製される。透明であることによって、スペース変換基板に支持基板を装着するための整列を容易に実行して、弹性ばね接点が、被テストウエハなどの別のデバイス上の接点と整列することを保証できる。さらに透明基板を備えれば、基板を通して光源を設け、感光部品をテストできる。

10

【0010】

さらなる実施形態において、導電性ビアが、支持基板を通して設けられる。一実施形態におけるビアには、スペース変換基板上のトレースへ付着させるための、一つの側におけるはんだバンプが含まれる。導電性エポキシなど、はんだバンプ以外の接続機構または他の方法を用いて、ビアを、スペース変換基板上のトレースに付着できる。弹性接触要素は、ビアに接続するトレースにワイヤボンディングされるか、または支持基板の反対側のビアに直接ワイヤボンディングされる。接地プレートが支持基板に用いられる場合には、信号線ビアと支持基板における接地プレート領域との間に絶縁が提供される。接地プレートは、ビアによって、スペース変換基板の接地線へさらに接続できる。

20

【0011】

追加実施形態において、弹性接触要素は、単一の支持基板上に群で形成され、製造後、支持基板は、1つまたは複数のスペース変換基板に接合するために個別タイルにダイシングされる。タイルには、単一の被試験体(DUT)または多数のDUTのICをテストするように配置されたばね接点を含むことができる。スペース変換基板にタイルを付着させた後で、ワイヤボンディングまたはワイヤを付着させる別的方式を実行して、弹性接触要素を、スペース変換基板における伝送線に電気的に接続する。支持基板のダイシングによって、不良接点を備えたタイルを廃棄できる一方で、欠陥のないタイルは用いられ、製造歩留まりが向上される。

30

【0012】

本発明のさらなる詳細を、添付の図面を用いて説明する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0013】

詳細な説明

図1A～図1Pは、本発明に従ってタイル基板に設けられる弹性接触要素の製造ステップを示し図解している。本発明は、図示の製造ステップに限定されない。

40

【0014】

図1Aに示すように、プロセスは、シリコンウエハなどの適切な犠牲基板102で始まる。犠牲基板102は、さらに、アルミニウム、銅、セラミック、チタンタングstenなどの材料で構成できる。犠牲基板上には、窒化ケイ素または二酸化ケイ素などのエッチストップ材料のプランケット層105が施される。次に、フォトトレジストなどのマスキング材料層104が、エッチストップ材料105上に施される。次に、マスキング材料104は、フォトリソグラフィ技術を用いてイメージングおよび現像され、犠牲基板102上のエッチストップ材料105のエリア106を露出させる。代替として、フォトトレジスト104の選択された部分は、レーザを伴う周知の技術などの他の技術を用いて除去することができ、結果として得られるマスキング層104の露出部分は、化学的エッチングプロセ

50

スを用いて除去することができ、その結果として、エッチストップ材料 105 の表面に至る、フォトレジスト 104 の開口部 106 が作成される。

【0015】

図 1B に示す次のステップで、露出したエッチストップ材料 105 は、フッ化水素酸 (HF) などのエッティング液でエッティングされ、開口部 106 において基板 102 を露出させる。次に、残りのフォトレジスト材料 104 が除去され、開口部 106 以外の基板 102 のエリアにわたってエッチストップ材料 105 が残される。

【0016】

図 1C に示す次のステップで、犠牲基板 102 は、基板を選択的にエッティングするための周知の化学作用を用いて、開口部 106 においてエッティングされる。たとえば、シリコン基板は、水酸化カリウム (KOH) を用いて選択的にエッティングできる。これによって、基板 102 に小さな幾何学的貫入部（凹部またはトレンチ）110 が作成され、その深さは、貫入部の所望の深さに対応するエッティングタイミングによって制御される。また、犠牲基板 102 としてシリコンウエハを用いる場合には、貫入部 110 の側壁 112 は、垂直以外の角度になる。以下に続く説明で明らかのように、貫入部またはトレンチ 110 は、弾性接触構造体の先端に存在する位相的特徴（角錐、角錐台等）を画定する。水酸化カリウムを用いてエッティングによって形成されることに加えて、貫入部はまた、金属基板のディンプリング、反応性イオンエッティングによるようなドライエッティング、または当該技術分野において周知の他の手順によって形成できる。

【0017】

貫入部 110 を作成した後で、エッチストップ材料 105 は、図 1D の断面に示すように、除去するのが好ましい。図 1D-1 は、貫入部 110 を備えた、図 1D の断面に示す犠牲基板 102 の上面図を示す。

【0018】

図 1E に示す次のステップにおいて、フォトレジストの追加層 120 が、フォトリソグラフィ技術を用いて、施されてパターニングされ、貫入部 110 に隣接するフォトレジストエリアが露出されている。フォトレジスト 120 は、さらに、図 1F に示すように、エリア 122 において、任意にスランピングさせるかまたは成形してもよい。スランピング部 122 は、フォトレジストの加熱により実現される。成形は、エリア 122 におけるフォトレジスト材料 120 の角度露光および次に続くエッティングにより行なってもよい。スランピングエリアは、弾性接触構造体における屈曲部のための型を形成する。スランピングまたは成形によって、フォトレジストの表面をスパッタリングにより金属化することがより容易になる。代替として、図 1F の断面は、前に参照した米国特許第 6,482,013 号明細書に説明されているように、二酸化ケイ素または窒化ケイ素などのエッチストップ材料を施し、次にエッティングすることによって作製してもよい。

【0019】

図 1G に示す次のステップにおいて、1つまたは複数の金属層 130 が、スパッタリングなどによって、基板 102 上にプランケット堆積される。一実施形態において、金属層は、2つの材料、すなわち、剥離層として選択された、アルミニウムなどの第 1 の材料、および次の層の堆積のための「シード」層として働く第 2 の層から構成されている。例として、金属層 130 は、アルミニウムの剥離層およびそれに続く銅のシード層で構成してもよい。剥離材によって、（ここで説明するように）犠牲基板上に作製されたばね接触要素が支持基板に取り付けられた後で、犠牲基板を除去することが可能になる。剥離材は、剥離プロセスの間に、保護「キャッピング」層の役割を果たした後で、最終ばね接点から除去してもよい。

【0020】

次に、図 1H に示すように、フォトレジストなどの追加マスキング層 132 が、基板 102 に施される。フォトレジスト 132 は、結果として得られるばね接点要素のための望ましい長さおよび幅を画定する型を効果的に形成する開口部を画定するように、パターニングされる。

10

20

30

40

50

【0021】

次に、弹性接触構造体140は、弹性接点を形成するために、図1Iに示すようにフォトレジストエリア132間に金属層を施すことによって形成される。フォトレジストエリア132間に堆積される比較的厚い「構造的」金属層は、前述のように、ニッケルなどの弹性材料の電気めっきなどの適切なプロセスを用いて、剥離層130の上に施される。電気めっきの代替として、化学気相成長法(CVD)、物理気相成長法(PVD)または当該技術分野において利用可能な他の技術などの技術を用いて、弹性接触構造体140を形成する金属を施すことが可能である。

【0022】

弹性接触構造体140を形成するように説明した金属層は、結果として得られるばね接触要素の機械的特徴を制御または支配するように意図されている。弹性接触構造体の強化に追加層を含んでもよいことは、本発明の範囲内にある。たとえば、ニッケルなどの弹性材料を堆積する前に、導電率、低接触抵抗、はんだ付け性および耐腐食性の優れた電気特性のために選択された材料層を堆積してもよい。たとえば金またはロジウム(これらは両方とも、良好な接触材料である)、ニッケルコバルト(ろう付けの良好な材料)がある。一実施形態において、弹性材料を堆積する前に、金、アルミニウム、パラジウムコバルトなど、ワイヤボンディングに適した材料が施される。

10

【0023】

図1Jに示すように、接触構造体140およびフォトレジスト材料132は、一旦形成されると、任意に、平坦にラッピング(LAPPING)できる。ばね動作がばね接点の厚さの関数であるので、ラッピングによって、ばね定数のより正確な制御が可能になる。接触構造体140は、研削、化学機械研磨(CMP)、フライス削り、または平坦化に用いられる他の適切なプロセスによって、平坦化できる。図示の細長い弹性接触構造体140には単一の屈曲領域が含まれているが、前に参照した米国特許第6,482,013号明細書に説明されているように、多数の屈曲部を含んでもよい。

20

【0024】

図1Kに示す次のステップにおいて、フォトレジスト材料132が剥がされ、ばね接点140の端部が露出される。図1Lに示すように、露出したブランケットスパッタ金属130がさらに除去され、弹性接点140の下のスパッタ金属130だけが残される。

30

【0025】

図1Mに示す次のステップにおいて、エポキシなどの接着剤144が、弹性接点140の端部およびフォトレジスト120の一部の上に施される。当該技術分野において周知のように、接着剤は、さらなる強度のために粒子で満たしてもよい。図1Nに示すさらなるステップにおいて、支持基板150が、エポキシの上に貼付され、エポキシが硬化する。図1Oに示すように、硬化したエポキシは、支持基板150を弹性接点140に接合する。一実施形態において、支持基板150は、ガラスなどの透明材料であり、弹性接点140をスペース変換基板に配置するときに、透明基板を通して見ることによって、弹性接点140の視覚的な整列を可能にする。支持基板150は同様に、重合体もしくはセラミックなどの別の誘電材料、または金属などの導電性材料にすることができる。

40

【0026】

一実施形態において、図1Nに示すように、導電性金属材料152を、支持基板150の1つまたは複数の領域に施して、弹性接点140の下にある接地プレートを形成することができる。接地プレート152は、弹性接点140の下で容量層を提供して、より良好なインピーダンス整合を提供する役目をする。接触要素140の下にある1つまたは複数の接地プレート領域152のサイジングは、図1Nにおけるギャップ幅「g」のサイジングと同様に、インピーダンス整合のために調節できる。一実施形態において、支持基板150全体は、導電性金属材料から形成でき、接着剤144は、支持基板(または接地プレート)を弹性接点140から電気的に絶縁する非導電性誘電体を形成する。接地プレートはまた、支持基板150の反対側に形成できる。

【0027】

50

弾性接点 140 が、接着剤 144 によって支持基板に 150 に貼付され、次のステップにおいて、図 10 に示すように、フォトレジスト材料 120 が剥がされ、図 1P に示すように、犠牲基板 102 を分離している残されたプランケットスパッタ金属 130 が、犠牲基板 102 と共にエッチングされる。

【0028】

図 1A ~ 図 1P は、支持基板に細長い弾性（ばね）相互接続（接触）要素を作製するための例示的なプロセスを説明している。これは、続いて説明するように、さらに利用可能な「中間」製品と見なすことができる。

【0029】

図 1A ~ 図 1P において形成された接触構造体 140 を備えた支持基板 150 は、図 2 に示すように、一実施形態において電気ルーティング線 161 を含むさらなる基板 160 に接着または接合される。次に、接触構造体 140 は、基板 160 におけるルーティング線 161 に接続するボンドパッド 163 に接触するワイヤボンド 162 によって接続される。一実施形態において、接地プレート領域 152 は、1つまたは複数のワイヤボンド 164 によって、基板 160 を通して設けられた接地接続線 165 にさらに接続される。基板 160 が、ワイヤボンドパッド 163 から、ルーティング線 161 を通って、基板 160 の反対面の別のピッチにおける接点へ電気ルーティングを提供するので、基板 160 は、「スペース変換器」基板を効果的に形成する。スペース変換基板 160 に取り付けて示しているが、基板 160 は、その表面にのみルーティング線を備えた基板または「スペース変換」を少しも提供しない、貫通線ビアを備えた基板などの他の形状を取ることができる。基板 160 は、多層セラミック材料、効果的に PCB を形成する高分子材料、または適していると当業者には考えられるような他の材料から、形成できる。便宜上、支持基板 150 などの弾性接点支持基板に付着している基板 160 などの基板のさらなる言及では、「スペース変換基板」と呼ぶ。

【0030】

図 3 は、スペース変換基板 160 に取り付けるための別の構成を示すが、この場合には、支持基板 151 は、ビア 172 を含むように変更されている。ビア 172 は、支持基板 151 の表面上のボンドパッド 177 から、支持基板 151 の反対側に設けられたはんだバンプ 174 へ導電線を提供する。はんだバンプ 174 は、支持基板 151 をスペース変換基板 160 に接続するように働く。代替として、はんだバンプ 174 に加えて、エポキシまたは当該技術分野において周知のアンダーフィル（図示せず）などの粘着性充填材料を、支持基板 151 とスペース変換基板 160 との間にさらに設けて、基板を接続する。はんだバンプ 174 は、ビア 172 を、スペース変換基板 160 内の電気ルーティング線 161 に接続する。ビア 172 の反対側端部にはバンプまたはボンドパッド 177 が含まれるが、これらは次に、ワイヤボンド 175 によって接触構造体 140 に接続される。1つまたは複数の追加ビア 173 を設けて、接地プレート領域 152 を、スペース変換基板 160 内の接地線 161 に接続できる。

【0031】

図 4 は、取り付けのための別の構成を示すが、この場合には、弾性ばね 200 が、支持基板 150 とプリント回路基板（PCB）165との間に設けられている。支持構造体 150 は、弾性ばね 200 に取り付けられることによって、ウエハ上の部品をテストするための弾性プラットフォームを形成し、弾性性質によって、テストプロービング中に、ウエハまたはその上に形成された部品を損傷する可能性が制限される。弾性ばね 200 は、図示のような金属コイルばね、弾性接点 140 と類似の細長いばね、弾性エラストマから作製されたばね構造体もしくはゴムなどのフレキシブル材料、または当該技術分野において周知の他の弾性材料にすることができる。フレキシブル導電接続部 202 は、PCB 165 を弾性接点 140 に接続する。フレキシブル接続部 202 は、支持構造体 150 上のパッド 204、および PCB 基板 165 上のソケット 206 または他のフレキシブル接続部に接合されるように、図 4 に示されている。フレキシブル接続部 202 は、超音波圧縮または当該技術分野において周知の他の接合手順を用いて、ボンドパッド 204 およびソケ

10

20

30

40

50

ット 206 に接続される。ワイヤボンド 175 は、弹性接点 140 をボンドパッド 204 に接続する。スペース変換 PCB 165 (図示せず) 内のルーティング線は、ウエハテスタに接続するために、フレキシブル接続部 202 を、PCB 165 の反対側のコネクタ 208 へ接続する。

【 0032 】

別個のワイヤボンド 175 を用いずに、弹性接点 140 が、フレキシブル接続部 202 によって、PCB 基板 165 上のパッド 206 に直接接続されるように、図 5 は、図 4 の弹性プラットフォーム構成に対する変更を示す。図 5 の構造は、フレキシブル接続部が弹性接点 140 にそれほどの量の力をかけない場合、または弹性接点 140 から PCB 基板 165 へのより短い電気経路を有することによって、より良好な電気特性が得られる場合には、製造を単純化するために有用であり得る。

10

【 0033 】

図 6 は、弹性接点 140 が透明支持基板 150 に設けられ、かつ PCB 165 に取り付けられた別の構成を示すが、PCB 165 は、光が透明支持基板 150 を通過して感光装置をテストできるようにする 1つまたは複数の開口部 210 を有する。基板 150 は、接着剤 144 と類似のエポキシなどの接着剤を用いてか、または図 4 ~ 図 5 におけるように弹性プラットフォームを形成する弹性ばねを用いて、PCB 165 に付着できる。図 6 の構成は、ウエハ 212 の上方に設けて示したが、弹性接点 140 は、ウエハ上の IC をテストするために、ウエハ 212 上のプローピングパッド 214 に対して整列されている。弹性接点 140 への信号およびそこからの信号は、図 4 ~ 図 5 に示すように、コネクタ 208 を通ってテスタに供給される。ウエハ 212 を、電荷結合素子 (CCD) 、カメラ付携帯電話用画像センサ、または感光性の類似光学部品などの感光装置 216 と共にさらに示す。レーザまたは発光ダイオードなどの光源 218 は、テスト構造体の上方に設けて示す。光源 218 から放射された光は、PCB 165 における開口部 210 および透明支持基板 150 を通して供給され、テストのために、ウエハ 212 上の感光部品 216 に信号を供給する。したがって、ウエハ 212 上の光学および電気部品のテストは、同時に行うことができる。

20

【 0034 】

図 7 は、单一 DUT におけるパッドの一構成と接触するように設定された、支持基板 150 上の弹性接触構造体 140 の上面図を示す。図 7 では、図 2 の断面で示す構成と同様に、ワイヤボンディングが、弹性接触構造体 140 から、スペース変換基板 160 上のボンドパッド 163 へ提供されている。弹性接触構造体 140 は、(図 1D - 1 に示す貫入部 110 に形成された) 先端部 180 が DUT 接触パッド (図示せず) の上に提供されるように、支持基板 150 上に配置される。破線は DUT の周辺エリアを示すが、パッドの一構成が DUT の周辺部辺りに配置されている。ワイヤボンド 162 が、接触構造体 140 を、スペース変換基板 160 上の接触パッド 163 に接続する。さらなるワイヤボンド 164 が、支持基板 150 の表面における接地プレートを、スペース変換基板 160 上の接地線接触パッド 178 に接続する。接地に至るワイヤボンド 164 は、良好な信号忠実度のために、信号線のすぐ近くに配置される。单一の接地線 164 だけを示すが、信号忠実度を改善するために追加の線路を設けることができる。図 7 では、接地プレートが、支持基板 150 の表面全体にわたって設けられていると仮定されているが、しかし 1 つまたは複数の接触構造体 140 の下にある個別接地プレート領域を代替として用いてもよい。非導電性接着剤 144 が、接地プレート領域を接触構造体 140 から分離する。一実施形態において、接触パッド 163 および 178 は、図 2 に示す線路の配置と同様に、スペース変換器 160 の内部線路に接続されていると仮定されている。

30

【 0035 】

図 8 は、図 3 の配置と同様に、スペース変換基板 166 に接続するためのパッドおよびビアを代替として有する支持基板 151 上の弹性接触構造体 140 の上面図を示す。信号ビアは、基板 151 のパッド 177 で終端する。次に、支持基板 151 における接地プレート領域 152 は、ビアに接続する信号パッド 177 を電気的に絶縁するために開口部 1

40

50

53を有する。接地プレート領域152は、信号パッド177を囲んで示されているが、代替として、信号パッド177は、支持基板151における接地プレート領域の外に設けることが可能である。次に、接地プレート領域152は、ビア173によって、スペース変換基板160における接地線に直接接続される。接触構造体140は、非導電性接着剤144によって、接地プレート152から電気的に絶縁される。弾性接触構造体140は、ワイヤボンド175によって、ボンドパッド177に接続される。前述のように、接地プレート領域152（または、別個の接地プレートが各接点の下にある場合には領域）のサイズは、ワイヤボンド175および接触構造体140を通して、結果として生じるインピーダンスを制御するように調節できる。一実施形態において、接着剤222は、多くのプローブにわたって連続的なビーズに分配できる。前に言及したように、接着剤222は、曲げ強さを改善するか、または支持基板151からのプローブ140の剥離を防ぐために提供される。接着剤222の例には、エポキシ樹脂、充填エポキシ、シアン酸エステル、B C B、または当該技術分野で認められた接着性を備えた他の材料が含まれる。

【0036】

図8に示すように弾性接点140をビア上のパッド177へ直接ワイヤボンディングする代わりとして、図9に示すように、ある長さのトレース181を加えることができる。トレース181の長さによって、ボンドワイヤ175はビア172に接続される。トレース181の長さおよびサイズは、インピーダンス整合を改善するために調節できる。トレース181には、インピーダンス整合を提供するサイズの薄膜抵抗器をさらに含むことができる。より高いインピーダンスは、トレース181を構成する導電線のサイズを単に調節するのとは対照的に、薄膜抵抗器をトレース181に設けることで達成できる。薄膜抵抗器は、導電線の直列素子として、または終端部として働くことが可能である。トレース181にはまた、高周波コンデンサを含むことができる。コンデンサは、別個の直列素子として働くことか、または接地へのバイパスを提供することが可能である。図9の代替を図10に示すが、そこでは、ビアを用いるのではなく、トレース181がボンドパッド接続部を提供する。図10に示すように、第1のボンドワイヤ194が、弾性接点140をトレース181の第1の端部に接続する一方で、別のボンドワイヤ196が、トレース181の第2の端部をスペース変換基板160上のボンドパッド198に接続する。スペース変換基板160における内部ルーティング線197が、ボンドパッド198を基板160の反対側に接続する。

【0037】

図11は、支持基板150上の弾性接触構造体140の配置のために図7および8に示した構成に対する代替構成の上面図を示す。図示のように、弾性接触構造体140は、先端部180が、D U Tの中心線に沿って配置されたパッドの上に配列されるように、再配置される。D U Tの周囲は、破線によって示されている。図7には示していないが、ワイヤボンディングおよび接地プレートは、前述のように提供できる。

【0038】

図12は、弾性接触構造体を自身の上に形成した基板150の上面図を示し、製造歩留まりを改善するためにどのように基板150を製造し、次にダイシングすることができるかを例示する。図示の構成には、図7および8に示すように自身の周辺近くに接点を有するD U T上のパッドと接触するように構成されている弾性ばね接点群が含まれる。ばね接点の26の群が、ウエハ形状を有する支持基板150に形成されて示されている。線は、ばね接点群のうちの個別ばね接点の境界を示す。切断は、支持基板150を26の個別D U Tテスト構造体へダイシングするための線に沿って行うことができる。個別支持基板タイルは、ダイシングの前または後にテストすることができ、テストによって、タイルが機能できると証明された場合には、前述のように、タイルを、スペース変換基板に付着できる。支持基板150をダイシングして個別タイルを形成し、機能しないタイルを廃棄することによって、製造歩留まりを改善できる。

【0039】

図12に示す線に沿ってダイシングする代わりとして、ダイシングは、より大きな破線

10

20

30

40

50

190で示すように、弹性接点群のうちの2つ以上を一緒にして実行することができる。したがって、互いに対しても接点群の正確な整列を維持できる一方で、4つの群のいくつかを、それらが機能しない場合には廃棄することで、製造歩留まりの増加がやはり提供される。

【0040】

図13は、プローブカードの構成要素の断面図を示すが、テストシステムコントローラに接続するためのコネクタ203を含むPCB165に接続するために、図4～図5で用いられる弹性ばね200の代替として、スペース変換基板160の柔軟な取り付けを例示する。スペース変換基板160は、図2～図3に示すようにかまたは図6と類似の光学的接続を可能にする開口部を備えたシステムとして、図13に示すシステムを用いて柔軟に取り付けるように構成できる。図7～図11に示す他の構成も同様に、図13に示すように柔軟に取り付けできる。

10

【0041】

図13のプローブカードは、ウエハに直接接触するプローブ140に対して電気経路および機械的支持の両方を提供するように構成して示す。図13には、図2に示すように構成されたスペース変換器160が含まれる。プローブカードの電気経路は、プリント回路基板(PCB)165と同様にスペース変換器160、およびインタポーザ232を通して設けられている。テストシステムコントローラのためのテストデータは、PCB165の周辺部辺りに接続されたボゴピンまたはゼロ挿入力(ZIF)コネクタ203を通して供給される。チャネル伝送線240は、PCB165において水平にテスタインタフェースコネクタ(ボゴまたはZIF)203からPCB165上の接触パッドへ信号を分配し、スペース変換器160上のパッドのルーティングピッチと一致させる。インタポーザ232には、ばねプローブ電気接点44が両側に配置された基板42が含まれる。インタポーザ232は、PCB165上の個別パッドを、スペース変換器160にランドグリッドアレイ(LGA)を形成しているパッドへ電気的に接続する。LGAパッド接続部は、典型的には規則的な多列パターンで配置される。スペース変換器160の基板45における伝送線246は、LGAから、アレイに構成されたばねプローブ140へ、信号線を分配または「スペース変換」する。埋め込み回路、プローブおよびLGAを備えたスペース変換器160は、プローブヘッドと呼ばれる。

20

【0042】

電気部品の機械的支持は、バックプレート250、プラケット252、フレーム254、板ばね256およびレベリングピン262によって提供される。バックプレート250がPCB165の一つの側に設けられる一方で、プラケット252は、もう一方の側に設けられてねじ259で装着される。板ばね256は、ねじ258によってプラケット252に装着される。板ばね256は延びて、フレーム254をプラケット252の内壁内に可動に保持する。次に、フレーム254は、スペース変換器160を支持するための水平拡張部260を、その内壁内に含む。フレーム254は、プローブヘッドを囲んで、横移動を制限するようにプラケット252に対して精密許容誤差を維持する。

30

【0043】

レベリングピン262は、電気部品の機械的支持を完成させ、スペース変換器234の水平化を提供する。レベリングピン262を調節して、真鍮球体266が、スペース変換器160との点接触を提供するようにする。球体266は、スペース変換器160におけるLGAの周囲の外側で接触し、電気部品からの絶縁を維持する。基板の水平化は、レベリングピンと呼ばれる前進ねじ262を用いることを介して、これらの球体を正確に調節することによって達成される。レベリングピン262は、スペース変換器160を水平にるように調節可能であり、全てのプローブ140がウエハと接触することを保証する。レベリングピン262は、バックプレート250において支持部265を通して回される。球体266がスペース変換器160と接したままになるように、レベリングピンねじ262の動きは、板ばね256によって対抗される。板ばね256は、インタポーザ232よりずっと強くなるように設計され、その結果、レベリングねじ262の上昇および下降

40

50

は、板ばね 256 によって対抗され、インタポーザ 232 のばね 242 および 244 は、スペース変換器 160 が P C B 165 に対して移動するときに、電気接触が、スペース変換器 160 間に維持されるように保証するためにのみ働く。

【0044】

上記で本発明を詳細に説明したが、それは、単に、どのように本発明を作製し用いるかを当業者に教示するためのものである。本発明の範囲が特許請求の範囲によって定義されているように、多くの追加的な変更が本発明の範囲に包含される。

【図面の簡単な説明】

【0045】

【図 1A - 1P】本発明に従って支持基板に設けられる弹性接触要素の製造ステップを示す断面図である。10

【図 2】支持構造体上の弹性接触構造体の断面図であり、支持構造体がスペース変換基板に付着され、ワイヤボンドが、接触要素および接地プレートの両方から、スペース変換基板上の接点に設けられている。

【図 3】支持構造体上の弹性接触構造体の断面図であり、支持基板が、スペース変換基板におけるルーティング線へはんだバンプによって付着されたビアを含み、ワイヤボンドが、弹性接触構造体からビアへ設けられている。

【図 4】支持基板が、ウエハをプロービングするための弹性プラットフォームを形成する弹性ばねによって、P C B に付着されている断面図である。

【図 5】別個のワイヤボンディングの必要なしに、弹性接触構造体が、フレキシブルリード線によって P C B に直接接続されるように、図 4 の弹性プラットフォーム構成の修正を示す。20

【図 6】ウエハプロービングを可能にするための、P C B に付着された透明支持構造体における弹性接触構造体を示す断面図であり、P C B は、感光装置のテストを可能にするために、光が透明支持体を通過できるようにする開口部を有する。

【図 7】図 2 に示すような弹性接触構造体のワイヤボンディングを伴い、D U T 上のパッドの一構成と接触するように構成された、支持基板上の弹性接触構造体の上面図を示す。

【図 8】図 3 に示すように、スペース変換基板に接続するためのビアを代替として有し、かつビアへの弹性接触構造体のワイヤボンディングを伴う支持基板における弹性接触構造体の上面図を示す。30

【図 9】図 8 と同様に、ボンドパッドへのワイヤボンディングを伴うが、トレースが中間にワイヤボンディングされた弹性接点を示す。

【図 10】図 9 と同様に、ボンドパッドへの、トレースを通したワイヤボンディングを伴うが、ボンドパッドがトレースによってビアに接続された弹性接点を示す。

【図 11】図 7 および 8 に示す構成と異なる D U T パッドの構成と接触するように設定された弹性接触構造体の代替構成の上面図を示す。

【図 12】弹性接触構造体を自身の上に形成した基板の上面図を示し、製造歩留まりを改善するために基板をどのようにダイシングできるかを例示する。

【図 13】プローブカードの構成要素の断面図を示し、図 4 ~ 図 5 の代替として、スペース変換基板の柔軟な取り付けを例示する。40

【図1A】



FIG. 1A

【図1B】

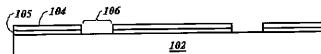


FIG. 1B

【図1C】

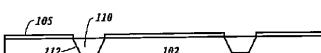


FIG. 1C

【図1D】

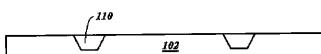


FIG. 1D

【図1D-1】

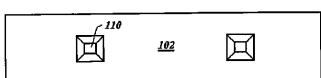


FIG. 1D-1

【図1E】

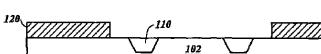


FIG. 1E

【図1F】



FIG. 1F

【図1G】

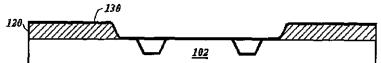


FIG. 1G

【図1H】

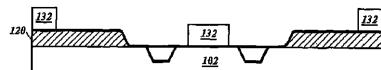


FIG. 1H

【図1I】

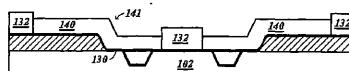


FIG. 1I

【図1J】

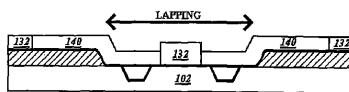


FIG. 1J

【図1K】

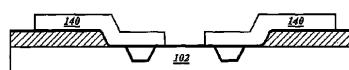


FIG. 1K

【図1L】

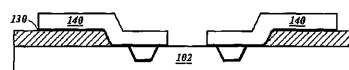


FIG. 1L

【図1M】

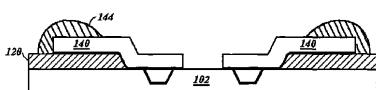


FIG. 1M

【図1N】

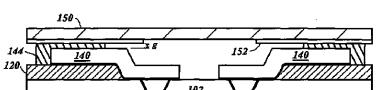


FIG. 1N

【図1O】

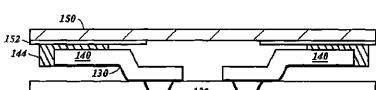


FIG. 1O

【図1P】

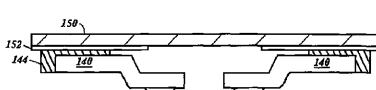


FIG. 1P

【図2】

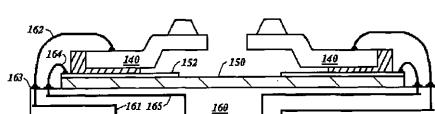


FIG. 2

【図3】

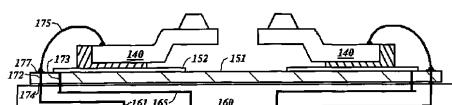


FIG. 3

【図4】

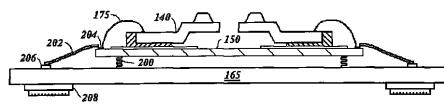


FIG. 4

【図5】

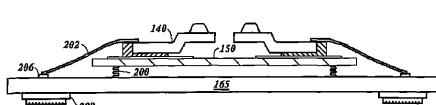


FIG. 5

【図6】

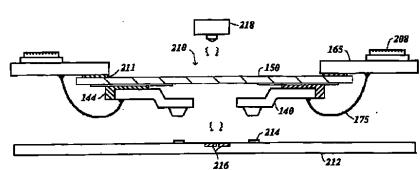


FIG. 6

【図 7】

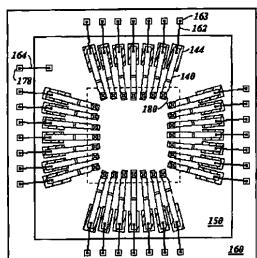


FIG. 7

【図 8】

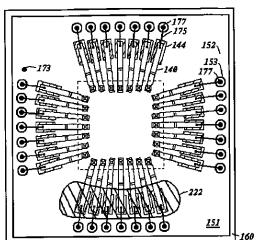


FIG. 8

【図 9】

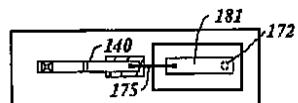


FIG. 9

【図 12】

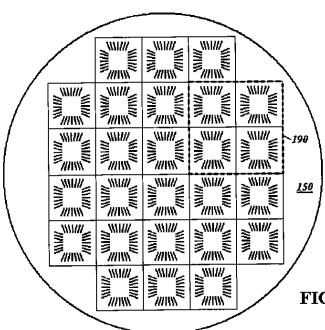


FIG. 12

【図 13】

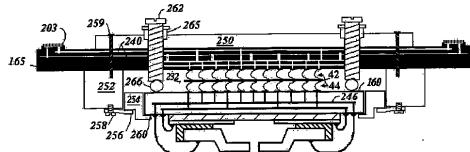


FIG. 13

【図 10】

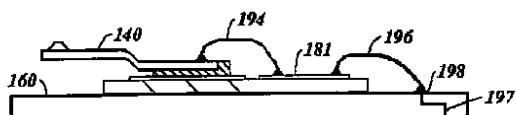


FIG. 10

【図 11】

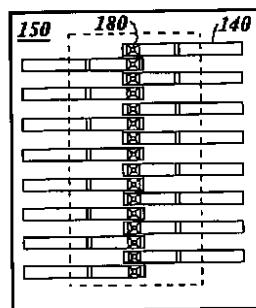


FIG. 11

【国際調査報告】

60700820045



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US05/29581

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC: H01L 21/66(2006.01)

USPC: 438/17;257/773,784,E21.523

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)

U.S. : 438/17;257/773,784,e21.523

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 practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 6023103 A (CHANG et al) 08 February 2000 (08.02.2000), figures 5,5A and 5B	1-4,26,28
Y		5-13,16-18,20-24
Y	US 5848685 A (Smith et al) 15 December 1998 (15.12.1998), figures 10-13	20-24
Y	US 2001/0021483 (Mathieu et al) 13 September 2000 (13.09.2000), fig. I2A-13B	20-24
Y	US 2003/0099097 (Mok et al) 29 May 2003 (29.05.2003), figures 13-14	9-13,16-18

<input type="checkbox"/>	Further documents are listed in the continuation of Box C.	<input type="checkbox"/>	See patent family annex
* Special categories of cited documents:			
"A"	document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E"	earlier application or patent published on or after the international filing date	"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
"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 (as specified)	"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
"O"	document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&"	document member of the same patent family
"P"	document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		
Date of the actual completion of the international search 04 October 2007 (04.10.2007)		Date of mailing of the international search report 19 OCT 2007	
Name and mailing address of the ISA/US Mail Stop PCT, Attn: ISA/US Commissioner for Patents P.O. Box 1450 Alexandria, Virginia 22313-1450 Facsimile No. (571) 273-3201		Authorized officer <i>Rhonda J. Reed</i> Smith Matthew Telephone No. (571)272-2800	

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2005)

18.12.2007

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW,GH,GM,KE,LS,MW,MZ,NA,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,MD,RU,TJ,TM),EP(AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV,MC,NL,PL,PT,RO,SE,SI,SK,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,BW,BY,BZ,CA,CH,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,HR,HU,ID,IL,IN,IS,JP,KE,KG,KM,KP,KR,KZ,LC,LK,LR,L,S,LT,LU,LV,MA,MD,MG,MK,MN,MW,MX,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PG,PH,PL,PT,RO,RU,SC,SD,SE,SG,SK,SL,SM,SY,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,YU,ZA,ZM,ZW

(72)発明者 エルドリッジ,ベンジャミン,エヌ.

アメリカ合衆国,カリフォルニア州 94526,ダンビル,シェリーレーン 651

(72)発明者 バーバラ,ブルース,ジェイ.

アメリカ合衆国,カリフォルニア州 94514,ディスカバリー ベイ,ピアーポイント 4070

F ターム(参考) 2G003 AE03 AG04 AG08 AG12

2G011 AA10 AA15 AB01 AB06 AB09 AC14 AC32 AE03 AF07

4M106 AA01 BA01 DD10