

(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2008-527710

(P2008-527710A)

(43) 公表日 平成20年7月24日 (2008.7.24)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H O 1 L 21/3205 (2006.01)	H O 1 L 21/88 T	5 F O 3 3
H O 1 L 23/52 (2006.01)	H O 1 L 21/60 3 O 1 N	5 F O 4 4
H O 1 L 21/60 (2006.01)		

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願2007-550366 (P2007-550366)  
(86) (22) 出願日 平成17年11月30日 (2005.11.30)  
(85) 翻訳文提出日 平成19年5月29日 (2007.5.29)  
(86) 国際出願番号 PCT/US2005/043207  
(87) 国際公開番号 W02006/076082  
(87) 国際公開日 平成18年7月20日 (2006.7.20)  
(31) 優先権主張番号 11/033,008  
(32) 優先日 平成17年1月11日 (2005.1.11)  
(33) 優先権主張国 米国 (US)

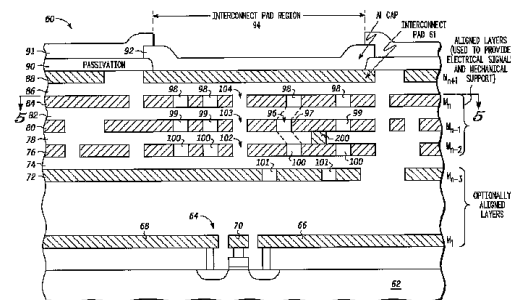
(71) 出願人 504199127  
フリースケール セミコンダクター イン  
コーポレイテッド  
アメリカ合衆国 78735 テキサス州  
オースティン ウィリアム キャノン  
ドライブ ウェスト 6501  
(74) 代理人 100116322  
弁理士 桑垣 衛  
(72) 発明者 ヘス、ケビン ジェイ.  
アメリカ合衆国 78717 テキサス州  
オースティン アイアンデール ドライ  
ブ 14720

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 信号導電効率を上げながら配線パッド用構造支持体を実現する方法及び装置

## (57) 【要約】

本方法 (10) によって、補強構造支持体を有する配線 (60, 160, 260) 構造が、下層の機能的金属層が低モジュラスの誘電体によって絶縁分離される状態で実現する。複数の開口を有する第1金属層 (80) が基板の上に設けられる。第1電気絶縁層 (82) が第1金属層の上に設けられる。複数の開口を有する第2金属層 (84) が第1電気絶縁層の上に設けられる。配線パッド領域を画定する配線パッド (61, 140) が第2金属層の上に設けられる。2つの金属層における少なくとも所定の数の開口 (98, 99) を位置整合させて配線構造の構造強度を向上させる。位置整合の程度は、用途及び使用する材料によって異なる。ボンディングワイヤ接続または導電性バンプを配線構造に使用することができる。



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

配線パッドの構造支持体を形成するための方法であって、

基板を設ける工程と、

複数の開口を有する第 1 金属層を基板の上方に設ける工程と、

第 1 電気絶縁層を第 1 金属層の上方に設ける工程と、

複数の開口を有する第 2 金属層を第 1 電気絶縁層の上方に設ける工程と、

配線パッド領域を画定する配線パッドを第 2 金属層の上方に設ける工程と、

物理レイアウト形状を、第 1 金属層及び第 2 金属層に対して論理演算を行なうことにより生成する工程と、

配線パッドの領域内の物理レイアウト形状の金属配線密度である数値 X を決定する工程と、

数値 X を使用して、第 1 金属層の複数の開口、及び第 2 金属層の複数の開口の十分高精度な位置整合が、十分な強度の構造支持体に関して行われているか否かを判定する工程とを備える方法。

**【請求項 2】**

値 X が所定の閾値以下となる条件を満たすように値 X を設定する、請求項 1 記載の方法。

**【請求項 3】**

所定の閾値は 0.85 である、請求項 2 記載の方法。

**【請求項 4】**

所定の閾値は 0.80 ~ 0.85 の範囲の値である、請求項 2 記載の方法。

**【請求項 5】**

所定の閾値は 0.70 ~ 0.95 の範囲の値である、請求項 2 記載の方法。

**【請求項 6】**

第 2 電気絶縁層を第 2 金属層の上方に設ける工程と、

複数の開口を有する第 3 金属層を第 2 電気絶縁層と配線パッドとの間に位置するように設ける工程とをさらに備える、請求項 1 記載の方法。

**【請求項 7】**

第 1 電気絶縁層及び第 2 電気絶縁層は同じ材料からなる、請求項 6 記載の方法。

**【請求項 8】**

第 1 電気絶縁層は誘電体からなる、請求項 1 記載の方法。

**【請求項 9】**

第 1 電気絶縁層は 4 未満の誘電率を有する、請求項 1 記載の方法。

**【請求項 10】**

第 1 電気絶縁層は 80 ギガパスカル未満のモジュラス値を有する、請求項 1 記載の方法。

**【請求項 11】**

第 1 金属層の複数の開口及び第 2 金属層の複数の開口は、第 1 電気絶縁層によってほぼ充填されている、請求項 1 記載の方法。

**【請求項 12】**

第 1 金属層及び第 2 金属層はそれぞれ、20 ~ 80 % の範囲の物理的金属配線密度を、第 1 金属層及び第 2 金属層の該当する領域に関して有する、請求項 1 記載の方法。

**【請求項 13】**

一つ以上のビアを、第 1 電気絶縁層を貫通するように形成して第 1 金属層の少なくとも一部分を第 2 金属層の少なくとも一部分に電氣的に接続する工程をさらに備える、請求項 1 記載の方法。

**【請求項 14】**

パッシベーション層を配線パッドと第 2 金属層との間に配置する工程をさらに備える、請求項 1 記載の方法。

**【請求項 15】**

少なくとも一つの素子が配線パッド下の基板に形成される、請求項 1 記載の方法。

10

20

30

40

50

## 【請求項 16】

配線パッド領域内に形成される配線パッド構造であって、

半導体素子が基板の中に形成される構成の基板と、

複数の導電層とを備え、各導電層は、配線パッド領域内の基板の上に設けられ、かつ一つ以上の低モジュラスの誘電体材料（群）と接触し、複数の導電層は、複数の開口が配線パッド領域の所定部分の上で垂直方向に位置整合して、これらの導電層が配線パッド構造の十分な強度の機械的支持体となるように形成される、配線パッド構造。

## 【請求項 17】

複数の導電層の内の最上部の導電層の上に設けられる誘電体層と、

誘電体層の上に設けられる導電配線パッド層と、をさらに備え、

誘電体層は金属配線密度がゼロの領域を誘電体層の領域の内部に含むので、金属が誘電体層のどの開口をも貫通することがなく、前記金属配線密度がゼロの領域は配線パッド領域の少なくとも 50 % を占める、請求項 16 記載の配線パッド構造。

10

## 【請求項 18】

配線パッド領域内に形成される配線パッド構造であって、

基板、及び基板を機能的に使用する能動回路と、

基板の上に設けられる複数の金属配線層であって、複数の金属配線層が、一つ以上の低モジュラスの誘電体材料と接触し、かつ複数の開口が配線パッド領域の所定部分の内部で垂直方向に位置整合するように形成される構成の複数の金属配線層と、

複数の金属配線層の上に設けられる最上部の金属配線層と、

20

最上部の金属配線層の上に設けられ、かつ最上部の金属配線層の第 1 導体を露出させる一つ以上の開口を有する絶縁層と、

絶縁層の上に形成され、かつ第 1 導体に一つ以上の開口を充填することにより接続される導電パッドと、を備え、最上部の金属配線層の第 2 導体は、導電パッドから絶縁層によってのみ電氣的に絶縁され、そして第 2 導体は導電パッドに直接接続されることがなく、第 1 導体及び第 2 導体は、一つ以上の低モジュラスの誘電体材料のモジュラスよりも大きいモジュラスを有する誘電体材料によって分離される、配線パッド構造。

## 【請求項 19】

最上部の金属配線層の内、最上部の金属配線層の第 1 導体を最上部の金属配線層の第 2 導体から分離する開口は、複数の金属配線層の垂直方向に位置整合した開口と完全に位置整合するということがない、請求項 18 記載の配線パッド構造。

30

## 【請求項 20】

配線パッド領域内の配線パッド構造であって、

能動回路を有する基板と、

基板の上に設けられる複数の金属配線層であって、複数の金属配線層の各々が一つ以上の低モジュラスの誘電体材料と接触し、かつ複数の開口が配線パッド領域の所定部分の内部で垂直方向に位置整合するように形成される構成の複数の金属配線層と、

複数の金属配線層の上に設けられる絶縁層と、

絶縁層の上に形成され、かつ複数の金属配線層の内の最上部の配線層の第 1 導体に、絶縁層の一つ以上の開口を充填することにより接続される金属パッドと、を備え、複数の金属配線層の内の最上部の配線層の第 2 導体は、金属パッドから絶縁層によってのみ電氣的に絶縁され、そして第 2 導体は金属パッドに直接接続されることがない、配線パッド構造。

40

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本開示はパッケージ半導体に関し、特に下地の導電層との電氣的接続を行なうための集積回路の配線パッドに関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

50

ワイヤボンディングは、電気回路を含む半導体チップを部品パッケージのピンに接続するために広く使用される方法である。半導体の幾何学的寸法は、半導体形成技術の進歩に伴い、縮小され続けているので、ワイヤボンディングパッド領域のサイズが小さくなっている。ボンディングパッド領域が小さくなると、物理的なワイヤボンディング接続が集積回路に対して行なわれるときに、ボンディングパッド構造に加わる応力が大きくなる。金属ボンディングパッド自体と、金属配線及び誘電体層から成る下地の積層構造とを含むボンディングパッド構造は、ワイヤボンディングがなされる間、パッドを機械的に支持する。最先端の低誘電率（低 $k$ ）誘電体材料の開発によって、集積回路の電気的性能が向上したが、これらの低 $k$ 材料は通常、低モジュラス（低機械的強度）を特徴とし、これによってボンディングパッド構造の強度が低下する。詳細には、銅配線金属及び低モジュラス（低 $k$ ）誘電体によって形成されるボンディングパッド構造は、ワイヤボンディングプロセスの間の機械的ダメージを受け易い。今日使用される最先端の低 $k$ 層間誘電体では、早い世代の製品に使用される誘電体よりもモジュラスが低いので、ワイヤボンディングによって、金属層及び誘電体層から成る下地の積層構造が更に簡単に機械的に破壊される。

#### 【0003】

機械的不良及び構造的不良を起こす可能性のある圧縮力の他に、機械ボンディング後のワイヤボンディングキャピラリの移動の間のボンディング済みワイヤの張力を伴う、つり上げ力によっても、ボンディングワイヤに構造的ダメージが生じる恐れがある。つり上げ力によって、一つ以上の下地層の剥離が生じ易くなる。このような構造的ダメージは視覚的に検出することができず、かつ後続の検査または作業が行なわれるまで明らかになることがない。

#### 【0004】

ボンディングワイヤの下に発生する機械的応力を軽減する公知の方法では、専用の構造支持体を使用する。広く用いられる構造では、少なくとも2つの金属層をボンディングパッドの下に使用し、これらの金属層は、ワイヤボンディングパッド領域の大部分に渡って分散配置されるビア群から成る大規模アレイによって互いに接続され、かつボンディングパッドに接続される。このビア配置は、下地金属層の大部分とボンディングパッドが全て電氣的に互いに接続されることを必要とするので、機能的に互いに独立していない。従って、ワイヤボンディングパッドの下では、下地の2つの金属層のこれらの主要部分は、パッドに関連しない配線または相互接続に使用することができない。

#### 【発明の開示】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0005】

必要なのは、低モジュラスの誘電体材料を用いるのではあるが、ワイヤボンディングを行なう際の強固な支持体となり、更にボンディングパッドの下に2つの金属層の主要部分をパッドに関連しない配線に使用することができるようにするボンディングパッド構造である。

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0006】

本発明によると、新規のレイアウト方法をパッド下の金属配線及び誘電体積層構造に使用することにより集積回路（IC）の配線パッド位置に構造支持体を設ける方法及び装置が提供される。本明細書において使用される、金属により形成される配線パッドは集積回路の内、電氣的接続がパッドから一つ以上の下地金属層に対して行なわれる表面に配置される。通常のIC設計では、層間誘電体によって分離される複数の金属層を積層構造として形成して半導体基板の複数の素子の間に必要となる配線とする。配線パッドの例として、これらには制限されないが、ワイヤボンディングパッド、プローブパッド、フリップチップパンプパッド、テストポイント、または下地の構造支持体を必要とする他のパッケージ構造またはテストパッド構造を挙げることができる。配線パッド下に物理的に配置される配線パッド領域は、本明細書に提示するレイアウト方法を適用することができる領域を画定する。これらのレイアウト方法により、IC技術により銅金属配線及び低モジュラス

10

20

30

40

50

誘電体を用いて形成されるボンディングパッド構造は、ワイヤボンディングプロセス中に機械的ダメージを相当に受け難くなる。ここで使用する低モジュラス材料は、通常 80 GPa (ギガパスカル) よりも小さい値を有する材料である。更に、ここで使用する低 k 材料は、通常 4 未満の誘電率を有する材料である。ここで、使用する低 k 誘電体の多くは低モジュラスを有する。ここで使用する高モジュラス材料は、通常 80 GPa (ギガパスカル) 以上の値を有する材料である。

#### 【0007】

配線パッドは IC 物理レイアウトの入力 / 出力 (I/O) セルに配置される。これらの I/O セルは通常、これらの I/O 素子の I/O 配線、局所配線に対応する能動素子及び受動素子と、そして通常、上層の配線層において配線される電源 / 接地配線またはバスと、を含み、I/O 配線、局所配線は通常、下層の配線層において配線される。電源 / 接地 (電源) 配線は通常、幅が非常に広く、かつ最適 IC 動作に必要なように、多くの場合、複数の配線層の中で配線されてこれらの電源配線の抵抗を最小にする。I/O セルのレイアウト面積を最小にするために、回路を垂直方向位置整合積層構造として配置することが非常に望ましい。例えば、基板に含まれる能動素子及び受動素子、局所配線、電源バス、及び IC 表面の配線パッドは垂直方向に配置される。最も面積効率の高い構造では、能動素子及び受動素子だけでなく、局所配線、及び全配線層を利用する電源配線は、I/O セルの物理領域全体に渡って出来る限り高密度に配置される。しかしながら、配線を配線パッドの下に、特に銅配線 / 低モジュラス誘電体技術を用いて配置する場合には、細心の注意を払って、構造支持体をパッドに対して確実に強固にする必要がある。少なくとも 2 つの金属層をボンディング領域全体の下に配置し、そしてこれらの層を互いに、かつボンディングパッドに大規模ビアアレイによって接続することにより配線パッドを構造的に支持するという先行技術による解決法は、レイアウト領域を効率良く使用することができない。これらの解決法では、少なくとも 2 つの金属層をパッドの下で、独立した相互接続 (すなわち、電源バスまたは信号) 配線として使用することができない。本明細書では効率の良い解決法が開示されるので、配線パッド下の全ての金属層が全て、または部分的に、配線パッドとは無関係の配線に使用できるとともに、強固な構造支持体となる。別の表現をすると、先行技術による解決法において、主としてパッドを機械的に支持するように機能する「ダミー」配線またはビアが必要とはならない。IC レイアウト設計では、各配線層に開口またはスロットを設けることはごく普通に行われる。開口またはスロットはまた、幅広の金属電源バスまたは配線に普通に配置されて、当該金属層における局所金属配線密度を下げる。通常、最先端 IC プロセス技術における銅配線に関するレイアウト設計ルールでは、開口またはスロットをかなり均一に分布させて、目標金属配線密度範囲 (すなわち、20% ~ 80%) が所定領域内で満たされるようにする必要がある。例えば、80% 金属配線密度と規定されるレイアウト領域では、領域の内の 80% が金属配線を含み、20% が誘電体で充填された開口 (すなわち、金属配線の無い部分) を含むことになる。これらのレイアウト設計ルールでは通常、化学的機械研磨 (CMP) として知られる半導体処理を使用する場合、銅金属層が確実に平坦になるようにする必要がある。IC の一つの局所領域の内部の金属配線密度が隣接領域における密度よりもずっと高い場合、金属が CMP の間に不均一に研磨されて金属層膜厚に不所望のバラツキが生じる。従って、開口群から成るアレイを各金属層に設けて、個別金属配線または個別金属形状を画定し、そして金属配線密度を CMP プロセス制御が可能になるように許容範囲に収める必要がある。しかしながら、後述するが、開口を設けると、配線パッド下に設けられる構造支持体の量に大きな影響を与える。特に重要なのは、これらの開口を、所定の下地金属層において相対的に垂直方向に位置整合させることである。

#### 【0008】

ここに開示する方法及び構造の重要な特徴として、垂直方向に位置整合させた開口またはスロットを、配線パッド領域の複数の配線層の内の 2 つ以上の配線層に使用する。通常、低モジュラス層間誘電体材料または低モジュラス相互接続誘電体材料と接触する最上部金属層では、これらの開口を位置整合させる必要がある。層間誘電体は、異なる金属層の

10

20

30

40

50

間の誘電体として定義される。相互接続誘電体とは、単一金属層の内部の開口またはギャップを埋める誘電体として定義される。低モジュラス誘電体と接触する金属層の開口であって、垂直方向に位置整合させた開口は、配線パッド領域の内、所定の最小割合の面積に渡って設けられる必要がある。「垂直方向に位置整合させた開口」という考え方を目に見える形にするための良好なやり方として、金属配線層から成る積層構造を通して半導体基板の方向に下に向かって眺める場合を想定する。金属が不透明であり、かつ誘電体が透明であるとする、この金属積層構造の内、垂直方向に位置整合させた開口が設けられた領域を通してしか見通すことができないことになる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0009】

本発明は例を通して示され、そして添付の図によって制限されるものではなく、これらの図では、同様の参照記号は同様の構成要素を指す。

当業者であれば、これらの図における構成要素が説明を簡単かつ明瞭にするために示され、そして必ずしも寸法通りには描かれていないことが分かるであろう。例えば、これらの図における幾つかの構成要素の寸法を他の構成要素に対して誇張して描いて本発明の実施形態を理解し易くしている。

【0010】

図1, 2を参照する。集積回路(IC)における配線パッド位置の構造支持体を形成する方法10が示されている。この支持体構造は、レイアウト技術を物理レイアウト設計に使用して、配線パッド領域の3つ以上の金属配線層の複数の開口またはスロットを垂直方向に位置整合させることにより形成される。図1及び図2のフローチャートは概念的な設計フローとして捉えられるべきであり、この設計フローは、説明を明確にするために、物理レイアウト設計フロー及びIC製造フローの両方の要素を含む。スタートコマンド11に従ってステップ12を実行し、このステップでは、基板に一つ以上の能動素子または受動素子が形成される構成の半導体基板を設ける。このような能動素子は、例えばトランジスタ及びダイオードだけでなく、他の公知の能動素子であってもよい。このような受動素子は抵抗体、キャパシタ、及びインダクタだけでなく、他の公知の受動素子であってもよい。更にステップ12では、一つ以上の金属層を配置し、これらの金属層は、電気的機能に関しては重要であるが、配線パッド支持に関して重要とはなっていない(すなわち、配線パッド支持の機能には使用されていない)。ステップ14では、第1金属層を一つ以上の能動素子または受動素子の上に配置する。第1金属層は第1の複数の開口を配線パッド領域に有する。複数の開口を有するこの第1金属層を形成するために多くの従来の方法を使用することができる。第1金属層の複数の開口の内部には、相互接続誘電体材料が含まれる。第1金属層の複数の穴の相互接続誘電体を形成するために多くの従来の方法を使用することができる。ステップ16では、第1層間誘電体層を第1金属層の上に配置する。この第1層間誘電体層を第1金属層の上に形成するために多くの従来の方法を使用することができる。ステップ18では、第2金属層を第1誘電体層の上に配置し、そして第2金属層は第2の複数の開口を配線パッド領域に有する。第2の複数の開口には相互接続誘電体を充填する。

【0011】

ステップ20の前に、複数の追加被覆金属層を繰り返しステップ(図1には示さないが、ステップ18の後の3つのドットにより示す)において形成することができ、これらの被覆金属層の各々は、相互接続誘電体が充填される複数の開口を有し、かつ層間誘電体層によって分離される。ステップ20では、第N金属層を第(N-1)誘電体層の上に配置する。

【0012】

第N金属層は、Nを整数とする場合、配線パッド領域に形成される第Nの複数の開口を有する。第Nの複数の開口には相互接続誘電体が充填される。ここで、第1、第2などから第Nまでの金属層の各々における開口の数は異なる数とすることができ、そしてこれらの開口は異なる形状を有し、かつ異なる位置に設けることができることを理解されたい。

10

20

30

40

50

しかしながら、各金属層における開口の数は同じ数とすることもでき、そして複数の形状またはパターンの多くは同じとすることができる。いずれにせよ、各金属層は、技術のレイアウト設計基準によって指定される金属配線密度条件を満たす必要がある。

#### 【0013】

第N金属層は本明細書においては、配線パッド構造における最上部金属層として定義され、最上部金属層は低モジュラス誘電体材料と接触する。第1～第Nの複数の開口は、低モジュラス相互接続誘電体材料によって充填される、または少なくとも部分的に充填される。ここで、第1～第(N-1)層間誘電体層は、どのような数値のモジュラスの誘電体材料とすることもできることを理解されたい。

#### 【0014】

10

ステップ22では、一時的な物理レイアウト形状を、Boolean OR演算を第N金属層～第(N-Y)金属層に対して行なうことにより生成する。図示の形態では、論理和演算される配線パッド支持体の最上部金属層は第N金属層であり、論理和演算される配線パッド支持体の最下部金属層は第(N-Y)金属層である。値Yは整数であり、この値Yによって、本明細書において提供される方法10のレイアウト技術を適用する必要がある、第N金属層よりも下の金属層の総数が決まる。従って、位置整合金属層の合計数はY+1に等しい。数Yは、金属層及び誘電体層の材料特性、及びICに使用される金属層の数を含む多数の要素によって変わり得る。方法10の例では、値Yは2以上である。他の形態では、値Yは1以上とすることができる。

#### 【0015】

20

ステップ23では、ステップ22において生成される第N～第(N-Y)金属層の論理和合成から得られる一時的な物理レイアウト形状の金属配線密度は、配線パッド領域の物理範囲(面積)の内部で求められる。この金属配線密度に対応する値はXと定義される。この密度値Xは論理和演算金属配線密度(ORed metal density)と呼ぶこともできる。論理和演算金属配線密度は1以下の数値である。

#### 【0016】

論理和演算金属配線密度値Xを求めた後、ステップ24が行なわれ、このステップでは、比較を行なって、値Xが所定の閾値を下回るか、それとも閾値に等しいかどうかを判断する。一の形態では、所定の閾値は、約50パーセント(0.50)～95パーセント(0.95)の範囲内のいずれかの割合とすることができる。所定の閾値の値として、0.80及び0.85を挙げることができるが、この閾値の値は、特に上に列挙した範囲内のいずれの値を含むこともできる。

30

#### 【0017】

値Xが所定の閾値以上である、または閾値に等しい場合、ステップ26を行ない、このステップでは、第N～第(N-Y)金属層の内の少なくとも一つの金属層を変更する。変更金属層は、相対的に小さい論理和演算金属配線密度値Xを生成するために、更に多くの開口、サイズ変更した開口、または位置変更した開口を配線パッド領域内に含むことができる。変更金属層に置き換えた後、ステップ22及び23を再度繰り返してXの新規の値を求める。次に、ステップ24を更に繰り返す。Xの値が依然として所定の閾値以上である、または閾値に等しい場合、ステップ26を再度繰り返す。このプロセスは、Xの値が所定の閾値よりも小さくなる、または閾値に等しくなるまで繰り返し行なわれる。この時点で、一時的な物理レイアウト形状を消去することができる、というのは、この形状は論理和演算金属配線密度を求めるためにのみ生成されるからである。従って、ステップ14、16、18、20、22、23、及び24の結果は、垂直方向に位置整合させる開口群を含む物理レイアウト設計であり、これらの開口は、第N～第(N-Y)金属層の内、配線パッド領域の合計面積の一部分Xに相当する領域に含まれる。

40

#### 【0018】

第N金属と第(N-Y)金属との間に含まれる金属層は本明細書においては、配線パッド構造における位置整合金属層として定義される。従って、第N金属層は配線パッド構造における最上位位置整合金属層である。ここで、第N～第(N-Y)金属層の一部分また

50

は全てを、配線パッドに関連しない配線または相互接続に使用することができることを理解されたい。

【0019】

配線パッド構造の内、第N金属層の上に位置する金属層は、このような金属層が在るとすれば、位置整合金属層とする必要はないと仮定する、というのは、これらの層は、低モジュラスの層間誘電体または相互接続誘電体と接触しないからである。二酸化シリコン、シリコン酸窒化膜、または他の絶縁ガラスのような従来の高モジュラス誘電体材料をこれらの層に使用することができる。配線パッド構造の内、第(N-Y)金属層の下に位置する金属層は適宜、位置整合させることができるが、低モジュラス誘電体材料と接触する場合でも位置整合させて配線パッドの機械的支持体を形成する必要はない。

10

【0020】

ステップ24において求めたXの論理和演算密度値が所定の閾値以下である場合、幾つかのオプションの内の一つを選択して最終の所望パッド構成によって変わるボンディングパッド構造の設計を完了させることができる。配線パッドオプションの3つの例について以下に説明する。

【0021】

図1及び2における方法10の適用形態の第1例では、ボンディングパッド設計を標準の配線パッド構造に関してどのように完了させるかについて説明する。この場合、図1に示す任意ステップ28を行ない、このステップでは、第N誘電体層を第N金属層の上に配置する。この第N誘電体層はいずれの数値のモジュラスの誘電体材料とすることもできる。図2に示す任意ステップ30では、第(N+1)金属層を第N誘電体層の上に配置する。この例では、第(N+1)金属層は位置整合させない層であり、かつ配線パッド構造の最終金属層である。ここで、この金属層の内、配線パッド領域内の部分は配線パッドとして機能することに注目されたい。ステップ32では、パッシベーション層を最終金属層の上に配置する。この例では、パッシベーション層の内、配線パッド領域の全物理範囲(面積)に対応する大開口をステップ33において形成して最終金属層との電氣的接続を行なう。

20

【0022】

ステップ34では、アルミニウム層またはアルミニウム合金層を適宜、配線パッドの上に配置する。アルミニウムキャップから配線パッドに、ステップ33において形成されるパッシベーション層の大開口を通して達する電氣的コンタクトが形成される。銅に直接、ボンディングワイヤを信頼性良く形成するためには問題が生じるために、アルミニウムキャップは、複数の銅配線パッドの上に配置する形で広く使用されている。従って、銅配線技術におけるワイヤボンディングパッドは多くの場合、アルミニウム層を使用して露出ワイヤボンディングパッドを覆う。

30

【0023】

ステップ36では、集積回路の物理レイアウト設計を従来の公知の方法により完了させる。本方法はステップ38で終了する。この第1例に対応する配線パッド構造を図4に断面図として示し、この配線パッド構造について以下に更に詳細に議論する。

【0024】

40

例えば、ここに説明する方法を使用して、配線パッド領域内の第N~第(N-Y)金属層のいずれの部分にも電氣的に接続されることがない配線パッドの支持構造を形成することができる。配線パッド領域内のパッドと第N金属層との間のパッド支持体にはビアを設ける必要はない。更に、配線パッド領域内の複数の位置整合金属層のいずれの金属層の間のパッド支持体にもビアを設ける必要はない。別の構成として、配線パッドは、下層の第N~第(N-Y)金属層の内、配線パッド領域内の部分にのみビアにより接続することができ、この場合、ビアは必要な場合にのみ配置して、配線パッド信号を下層の能動素子及び受動素子にまで効率的に送信するようにする。

【0025】

図1及び2の方法10の適用形態の第2例では、ボンドオーバーパッシベーション(b

50



ond over passivation: BOP) 配線パッド構造を形成することができる。この例は第1例とは次の点で異なる。第1例におけるように、第N誘電体層(ステップ28)及び第(N+1)金属層(ステップ30)を配置する。前の例におけるように、第(N+1)金属層をここでも同じように配線パッド構造の最終金属層と見なす。ステップ30の後、ステップ32を行ない、このステップでは、パッシベーション層を配線パッド領域の最終金属層の上に配置する。ステップ33では、一つ以上のパッシベーション開口を適宜形成し、これらのパッシベーション開口は、開口を設けるとする場合には、合計面積を有し、この合計面積は通常、配線パッド領域の物理範囲(面積)よりも小さい。ステップ33において形成される任意の開口は最終金属層の一部分との電氣的接続を可能にする。

10

#### 【0026】

ステップ34では、上に説明した同じアルミニウムキャップ層を使用するアルミニウム配線パッドをパッシベーション層の上に配置する。ステップ33において形成されるパッシベーション層の一つ以上の開口を通して最終金属層との電氣的コンタクトを適宜形成する。ステップ36では、集積回路の形成を従来の公知の方法により完成させる。集積回路の形成が完成すると、方法はステップ38で終了する。この第2例に対応する配線パッド構造を図6の断面に示し、以下に更に詳細に議論する。

#### 【0027】

図1及び2の方法10の適用形態の第3例では、別のタイプのボンドオーバーパッシベーション(bond over passivation: BOP)配線パッド構造を形成することができる。この例は第2例とは、この第3例では、配線パッド構造の最終金属層が低モジュラスの誘電体材料と接触すると仮定する点で異なる。従って、配線パッドの強固な支持体を実現するために、最終金属層を位置整合金属層のグループに含めることが望ましい。従って、この例では、第N金属層または最上部位置整合金属層は最終金属層でもある。従って、ステップ22において論理和演算金属配線密度を求める操作では、第(N-Y)金属層~最終金属層を含める。従って、方法10は前に説明したように行なわれるが、ステップ28及びステップ30は省略される。従って、ステップ24における肯定の結果によって、方法はステップ32に直接進む。残りのステップ32~38は、第2例に関して説明したように行なわれる。この第3例に対応する配線パッド構造を図7の断面に示し、以下に更に詳細に議論する。

20

30

#### 【0028】

図3に示すのは、図1のステップ22~24の実施形態の説明に役に立つ上平面図である。2つの金属層の物理レイアウト形状の一部を示し、この場合、各金属層は異なる平面に位置し(すなわち、一つの金属層が他の金属層の上に配置される)、かつ層間誘電体層によって互いから電氣的に絶縁される。図3では、これらの金属層はクロスハッチ線で描かれている。ここで、これらのクロスハッチ線は2つの金属層の各々に関して直交する。2つの金属層の各々は、クロスハッチの無い部分として示される複数の開口またはスロットを有し、そして一つの層のこれらの開口の幾つかは他の層の複数の開口と部分的に重なる。これらの開口の各々は、相互接続誘電体によって充填される。一つの金属層の金属バス42は或る垂直軸を中心とした形状であり、かつ或る水平軸を中心とした形状の他の金属層の金属バス44の下方に設けられる。金属バス42及び金属バス44は図示の形態では互いに直交するが、どのような角度でも互いに対して傾斜させることができる。金属バス42内には開口50~58が設けられる。金属バス44内には開口45~48が設けられる。金属バス42及び金属バス44の各々における複数の開口は離間し、かつ所定のパターンに配置される。ここで、開口群の種々のパターンを使用することができるが、これらの開口は一般的には、各金属層の一つの部分のみに集中して分布させるのではなく、各金属層に全体的に渡って分布させることを理解されたい。

40

#### 【0029】

ステップ22のBoolean演算を行なう場合、金属バス42及び44の各々の形状を論理和合成して合成形状を生成し、この合成形状は図3において、いずれか一方のタイ

50

ブの、または両方のタイプのクロスハッチングが引かれている領域によって表わされる、両方の領域が結合された複合形状である。図1のステップ23では、配線パッド領域40内部のこの合成形状の論理和演算金属配線密度を求める。金属バス42の一部分は、配線パッド領域の内部に配置する必要はなく、従ってバス42の内、配線パッド領域の外部に位置する部分はステップ23において行なわれる値Xを求める操作の対象にはならないことになる。論理和演算金属配線密度を表わす結果Xがステップ24で所定の閾値よりも大きいと判断される場合、金属バス42または金属バス44のいずれか、或いは両方の開口を移動させる、または開口のサイズを変更して論理和演算密度を低くすることができる。別の構成として、追加の開口を一方の、または両方の金属バスに配置して、論理和演算密度を低くすることができる。例えば、論理和演算金属配線密度値は、金属バス42の開口を金属バス44の開口に更に高精度に位置整合させることにより低くすることができる。別の表現をすると、金属バス44の開口47及び48を移動させて、相対的に大きな割合の下層開口51及び55にそれぞれ重なるようにすることができる。本願発明者らは、論理和演算金属配線密度が所定の割合または閾値を絶対に超えることがないようにすることにより、配線パッド下の構造支持体が、低モジュラスの誘電体材料を使用する場合でも強固になるという知見を得た。

10

#### 【0030】

図4に示すのは、図1及び2の方法に従って設計される集積回路60の断面である。図4に示す配線パッド構造は図1及び2に関する説明において提示される配線パッド構造オプションの第1例に対応し、第1例では、図2のステップ33において形成されるパッシュベーション層90の開口によって、配線パッド構造の配線パッド領域94の物理範囲（面積）が決まる。集積回路60は配線パッド61を有し、配線パッドの下方には機能的な金属配線層及び能動回路が配置される。例えば、トランジスタが一つだけ基板62の内部に示されている。他の回路がトランジスタまたはダイオードのような能動回路素子、或いは抵抗体、キャパシタ、及びインダクタのような受動回路素子のいずれであってもよいが、他の回路を配線パッド領域94内の基板62に形成することができることを理解されたい。トランジスタ64は、ソース、ドレイン、及びゲートを有するように基板62に形成される。ドレインコンタクト66はトランジスタ64のドレインとの接続をビアを通して可能にする。ソースコンタクト68はトランジスタ64のソースとの接続をビアを通して可能にする。ゲートコンタクト70はトランジスタ64のゲートとの接続をビアを通して可能にする。ドレインコンタクト66、ソースコンタクト68、及びゲートコンタクト70は、記号M1が付された最下部金属層を使用することにより設けられる。金属層M1内部の複数の開口または破断部は他のいずれの金属層の開口とも垂直方向に位置整合させる必要はない、というのは、金属層M1は図1に示される、Xの値を求めるステップ23において使用されることがないからである。金属層72までの当該金属層を含む任意の数の追加金属層は、集積回路内部の電氣的配線のために設けられる。いずれの追加金属層も層間誘電体層によって分離される。金属層72のようなこれらの金属層は開口101のような設計開口を有し、これらの開口101は、電氣的機能を実現するという要求に純粹に基づいて配置され、かつ図1及び2の方法を使用する位置整合金属層として考慮されることがない。図4では、金属層72は第 $(M_{n-3})$ 金属層として表示される。金属層72を被覆するのは層間誘電体層74である。相互接続誘電体材料が開口101に充填される。開口100及び102を有し、かつ第 $(M_{n-2})$ 金属層と表記される金属層76が誘電体層74の上に設けられる。相互接続誘電体材料が開口100及び102にも充填される。金属層76を被覆するのは層間誘電体層78である。開口96, 99, 及び103を有し、かつ第 $(M_{n-1})$ 金属層と表記される金属層80が誘電体層78の上に設けられる。金属層80の一部分を金属層76の一部分に電氣的に接続する導電配線200が誘電体層78を貫通して設けられる。この導電配線は一括して「ビア」と表記する。ビア群はどのような材料によっても形成することができるが、通常は銅のような金属が使用される。図4に示す複数の金属層のいずれの金属層の間にも追加（すなわち、複数の）ビアを必要に応じて設けて、ICの電氣的機能を達成することができる。しかしながら、ビアを配線パ

20

30

40

50

ッド領域のいずれかの位置に設けてワイヤボンディング工程中の構造支持体とすることは全く必要ではないことに注目することが重要である。金属層 80 を被覆するのは層間誘電体層 82 である。相互接続誘電体材料が開口 96, 99, 及び 103 に充填される。開口 98 及び 104 を有し、かつ第 ( $M_n$ ) 金属層と表記される金属層 84 が誘電体層 82 の上に設けられる。相互接続誘電体材料が開口 98 及び 104 に充填される。金属層 84 を被覆するのは層間誘電体層 86 である。図 4 のパッド構造では、金属層 84 が最上部の位置整合金属層であると考えることができる。従って、金属層 84, 80, 及び 76、または第 ( $M_n$ )、第 ( $M_{n-1}$ )、及び第 ( $M_{n-2}$ ) 金属層の開口を、物理レイアウトにおいて十分高精度に位置整合させて、論理和演算金属配線密度が所定の閾値以下となるようにする必要がある。別の形態では、第 ( $M_n$ ) 金属層の開口と第 ( $M_{n-1}$ ) 金属層の開口のみを物理レイアウトにおいて十分高精度に位置整合させて、論理和演算金属配線密度が所定の閾値以下となるようにする必要がある。

10

#### 【0031】

誘電体層 86 を被覆するのは金属層 88 である。金属層 88 の内、図 4 の配線パッド領域 94 の内部に位置する部分は配線パッドを表わす。金属層 88 を被覆するのはパッシベーション層 90 であり、このパッシベーション層は、従来のいずれのパッシベーション層材料によっても形成することができる。パッシベーション層 90 の例示としての材料はプラズマ支援窒化膜または他の窒化膜材料である。金属層 88 を被覆するパッシベーション層 90 を選択的にエッチングして金属層 88 の配線パッド部分を露出させる。

20

#### 【0032】

一の形態では、配線パッドの下方に設けられる、金属層 76, 80, 及び 84 のような金属層は銅である、または或る量の銅を少なくとも含有する。別の形態では、アルミニウムまたはアルミニウム合金をこれらの金属層に使用することができる。一の形態では、誘電体層 74、誘電体層 78、及び誘電体層 82 の誘電体材料、及び金属層 72, 76, 80, 及び 84 の開口の誘電体材料は低モジュラスの誘電体である。別の形態では、誘電体層 74、誘電体層 78、及び誘電体層 82 の層間誘電体材料は高モジュラスの誘電体であり、そして金属層 72, 76, 80, 及び 84 の開口の相互接続誘電体材料は低モジュラスの誘電体である。しかしながら、図 4 の実施形態では、金属層 80 及び金属層 84 は低モジュラスの層間誘電体材料、または低モジュラスの相互接続誘電体材料のいずれか、或いは両方と接触しなければならない。誘電体層 86 の誘電体材料、及び金属層 88 の開口の誘電体材料は、二酸化シリコン、酸窒化シリコン、または他の絶縁ガラスのような高モジュラスの誘電体である。

30

#### 【0033】

配線パッド 61 の上に設けられるのは、形成するかどうか任意のアルミニウムキャップまたはアルミニウム合金キャップ 92 である。電気的コンタクトは、アルミニウムキャップ 92 から配線パッド 61 に、パッシベーション層 90 の大開口を通して行なわれる。前に説明したように、アルミニウムキャップは普通、銅にワイヤボンディングを直接行なう際に問題が生じるため、銅配線パッドの上に使用される。アルミニウムキャップ 92 の上には、IC 外部からの種々のタイプの電気配線のいずれかが形成される。例えば、ボンディングワイヤ (図示せず) はアルミニウムキャップ 92 の上に、金ワイヤ及び半田のような材料を使用して形成することができる。金属層 88 がアルミニウムである別の形態では、アルミニウムキャップ 92 を使用せずに、配線パッドに直接、信頼性の高いボンディングを形成することができる。更に別の形態では、導電ボール (図示せず) を配線パッド領域 94 の上に形成することができる。任意であるが、第 2 パッシベーション層 91 を第 1 パッシベーション層 90 及びアルミニウムキャップ 92 の上に形成することができる。次に、第 2 パッシベーション層 91 の開口を配線パッド領域に形成して、アルミニウムキャップが露出し、そして上に説明した方法のいずれかによる電気配線に利用することができるようにする。

40

#### 【0034】

図 4 に示すような通常の設計では、配線パッド領域における 3 つの位置整合金属層は主

50

として、幅広の電源 / 接地バスまたは配線として使用される。前に説明したように、化学的機械研磨 (CMP) による平坦化を確実にこなうために、レイアウト設計ルールでは通常、これらの幅広の電源バスにスロットを設けて局所金属配線密度を低くする必要がある。図 4 では、隣接金属バスのこれらのスロットまたは開口は、金属層の上端及び下端で開口を横に走る水平ラインで示される。例えば、開口 98, 99, 及び 100 は、幅広の金属バスに設けられるスロットである。これとは異なり、開口 102, 103, 及び 104 は隣接バスに設けられるスロットではなく、単一の金属層に位置する 2 つの異なる金属バスまたは配線を分離する開口である。この様子は、金属層の上端及び下端で開口 102, 103, 及び 104 を横に走る水平ラインが無いことにより示される。この様子は図 5 を上から下に眺めた図 150 に更に明瞭に示される。

10

#### 【0035】

配線パッド領域の位置整合金属層を主として大容量の電源バスに使用する場合でも、これらの金属層のスロットまたは開口の全ての位置整合を確実にこなうことは難しいことが多い。例えば、幅狭の電源 / 接地バスまたは信号配線は多くの場合、この領域を通過させる必要があるので、必ず、スロット及び開口の位置整合を繰り返してこなう作業の邪魔になる。位置整合不良の例を図 4 に示すが、この例では、金属層 80 の開口 96 のエッジが、該当する被覆開口 98 及び該当する下層開口 100 のエッジに正確に位置整合しない。位置不整合開口 96 のエッジ 97 は、後の図 5 を参照することにより特定される。

#### 【0036】

集積回路 60 の構造を更に理解するために、図 5 は、金属層 84 の上端のライン 5 - 5 から金属層 80 の下端にまで降りるように眺めたときの、集積回路 60 の断面図または見下ろし図を示している。このようにして断面図に含まれるようになるのは、図 4 の金属層 80 及び金属層 84 だけでなく、開口 96, 98, 及び 104 である。配線パッド領域 94 は破線矩形によって輪郭が示される。金属層 84 の露出部分は、金属層 80 の露出部分とは異なる一方向にクロスハッチが描かれている。合計 12 個の開口 98 及び一つの開口 104 が金属層 84 に設けられる様子が示される。この例では、開口 104 は、2 つの異なる幅広の電源バス、すなわち開口 104 の左側の一つの電源バス及び右側の一つの電源バスを分離する。これらの電源バスは、例えば VDD 電源バス及び VSS 電源バスをそれぞれ表わすことができる。ここで、開口 98 はスロットとして機能して、金属層 84 の局所金属配線密度をプロセス技術の設計ルールに必要なレベルにまで低くする。好適な形態では、配線パッド領域における開口 98、開口 104、及び全ての位置整合金属層のほとんどの開口の最小寸法は、0.5 ミクロン ~ 5.0 ミクロンの範囲とする必要がある。この最小寸法の代表的な値は、1.0 ミクロン及び 1.5 ミクロンである。

20

30

#### 【0037】

図 5 において、幾つかの開口 98 が開口 96 と位置整合しない様子が、金属層 80 の一部分が、最も左側の 2 列の開口、及び最も右側の列の開口を除く第 3 列の開口から覗いて見えることから明らかに分かる。金属層 80 の位置不整合開口 96 のエッジ 97 は金属層 84 の開口 98 から覗いて見え、かつ図 4 と図 5 との間の基準ポイントとして設けられる。複数の金属層の開口の位置がこのように整合しないことにより、値 X を図 1 及び 2 の方法 10 のステップ 23 において求める場合の論理和演算金属配線密度がわずかに高くなる。しかしながら、複数の金属層の開口の或る程度の位置不整合は、効率的な電気配線設計に必要とされる場合には、論理和演算金属配線密度が図 1 のステップ 24 の所定の閾値以下である限り、許容することができる。ステップ 24 のこの条件が満たされる場合、配線パッド構造はボンディングプロセス中の配線パッドの構造支持体となる。

40

#### 【0038】

ここでも同じように、配線パッド 61 下の金属層 76, 80, 84 の全て、または一部を使用して配線パッドに関係のない配線または相互接続を行なうことができることに注目されたい。この構成は、アレイ状のビアを配線パッド領域全体に渡って分布させる必要のある前述の解決法では実現しない。図 4 の配線パッド構造では、配線パッド領域における金属層 84 のどの部分も、配線パッドに関係する配線に使用されないことを前提として

50

いる。この前提では、ビアを配線パッド領域内の誘電体層 8 6 に配置して配線パッド 6 1 を金属層 8 4 の一部分に電氣的に接続するということが全く無いことが必ず必要となる。従って、金属充填ビアをパッド下の誘電体層 8 6 には設けないので、配線パッド領域におけるこの誘電体層の金属配線密度はゼロである。図 5 には、矩形領域 1 3 0 が示される。この領域 1 3 0 は、配線パッド 6 1 下の層間誘電体層 8 6 の連続領域の物理範囲に対応する。他の幾何学的形状を実現することができる。規定により、ビアは誘電体層 8 6 の領域 1 3 0 内には配置されない。従って、領域 1 3 0 内では、誘電体層 8 6 の金属配線密度はゼロである。図 5 では、矩形領域 1 3 0 が配線パッド領域の一つのエッジに重なるように示されるが、この領域は配線パッド領域内のどの位置にも配置することができ、かつ種々の高さ、及び幅を有することができる。しかしながら、好適な形態では、矩形領域 1 3 0 は配線パッド領域の少なくとも 5 0 % を占める。

#### 【 0 0 3 9 】

図 6 に示すのは、図 4 の集積回路 6 0 と多くの類似点を有する集積回路 1 6 0 である。図 6 に示す配線パッド構造は、図 1 及び 2 に関する記述において提示される配線パッド構造オプションの第 2 例に対応する。ここで、図 2 のステップ 3 3 において形成されるパッシベーション層 1 9 0 の開口は、配線パッド構造の配線パッド領域よりもはるかに小さい面積を占めるように設けられる。従って、類似構造要素には同じ参照番号が付され、そして同じ構成要素の機能動作について繰り返し説明することはしない。層間誘電体層 8 6 の上には、複数の開口によって分離される種々のセグメントを有する金属層 1 8 8 である。配線パッド領域 9 4 内では、金属層 1 8 8 は開口によって分離される金属導体 1 3 1 及び 1 3 2 を有する。金属層 1 8 8 の開口内には相互接続誘電体が設けられる。金属層 1 8 8 の上には、いずれかの従来のパッシベーション層材料または絶縁層材料により形成されるパッシベーション層 1 9 0 が設けられる。パッシベーション層 1 9 0 の例示としての材料は、プラズマ支援窒化膜または他の窒化膜材料である。開口（参照番号が付されていない）をパッシベーション層 1 9 0 に形成する。この例では、開口を配線パッド領域 9 4 内に形成する。別の例では、パッシベーション層 1 9 0 内の開口は、パッシベーション層 1 9 0 の内、配線パッド領域 9 4 の外に位置する部分に形成することができる。パッシベーション層 1 9 0 内の開口によって導体 1 3 2 の一部分が露出し、この部分は、配線パッド領域の面積よりもずっと小さい。アルミニウム配線パッド領域 1 4 0 はパッシベーション層 1 9 0 の内、パッド領域 1 4 0 は配線パッド領域 9 4 を画定する部分の上に形成され、かつパッド領域内のパッシベーション層 1 9 0 に形成される開口の下に位置する導体 1 3 2 と物理的に直接接触する。アルミニウム配線パッドの材料が堆積している間、アルミニウムはパッシベーション層 1 9 0 の開口に、アルミニウムが開口にコンフォーマルに形成されるように埋め込まれる。配線パッドが金属層 8 8 に任意のアルミニウムキャップ 9 2 を有するように形成される構成の図 4 とは異なり、図 6 では、配線パッド 1 4 0 はアルミニウムキャップ層により形成される。従って、結果として得られる構造は、ボンディングワイヤ（図示せず）が配線パッド 1 4 0 の上に形成される場合のボンドオーバーパッシベーション（bond over passivation: BOP）構造となる。BOP パッド構造は、図 4 の標準のパッド構造よりも、配線パッド 1 4 0 下の金属層 1 8 8 の一部分が、配線パッドに無関係の配線として自由に使用されるという点で有利である。例えば、導体 1 3 1 は配線パッドとは無関係であると考えられる。図 6 では、誘電体層 8 6 の誘電体材料、及び金属層 1 8 8 の開口の中の誘電体材料は、高モジュラスの誘電体であると考えられる。更に、金属層 7 6 , 8 0 , 及び 8 4 は、低モジュラスの誘電体材料と接触すると考えられる。従って、図 6 のパッド構造では、金属層 8 4 は最上部の位置整合金属層と考えられる。金属層 8 4 , 8 0 , 及び 7 6 、または第 ( $M_n$ )、第 ( $M_{n-1}$ )、及び第 ( $M_{n-2}$ ) 金属層の位置整合を物理レイアウトにおいて十分高精度に行なって、論理和演算金属配線密度が所定の閾値以下となるようにする必要がある。別の形態では、第 ( $M_n$ ) 及び第 ( $M_{n-1}$ ) 金属層の開口のみの位置整合を物理レイアウトにおいて十分高精度に行なって、論理和演算金属配線密度が所定の閾値以下となるようにする必要がある。

## 【 0 0 4 0 】

この例の別の形態では、開口がパッシベーション層 1 9 0 に形成されないので、電気的接続が配線パッド 1 4 0 と金属層 1 8 8 の金属導体 1 3 2 との間で行なわれない。この形態の B O P パッド構造は、配線パッドが配線パッド領域から遠く離れた位置のパッシベーションの下に金属に電気的に接続される構成の I C 設計に使用することができる。

## 【 0 0 4 1 】

図 7 に示すのは、図 1 及び 2 の方法において提示される配線パッド構造オプションの第 3 例に対応する配線パッド構造である。図 7 は、図 6 の集積回路 1 6 0 と多くの類似点を有する集積回路 2 6 0 である。従って、類似構造要素には同じ参照番号が付され、そして同じ構成要素の機能動作について繰り返し説明することはしない。図 6 の配線パッド構造とは異なり、図 7 の配線パッド構造は、最終金属層 2 8 8 が低モジュラスの誘電体材料と接触することを特徴とする。アルミニウム配線パッド 1 4 0 を支持するために、最終金属層 2 8 8 は位置整合層である必要がある。第 N 金属層を最上部の位置整合金属層とする定義に従って、最終金属層 2 8 8 は第  $M_n$  層と表記され、そして図 1 及び 2 の方法 1 0 のステップ 2 2 及び 2 3 の論理演算和金属配線密度を求める操作において考察対象となる。金属層 2 8 8 下の該当する金属層 8 4 及び 8 0 もこの例では位置整合層である。金属層 7 6 を、被覆金属層 2 8 8 , 8 4 , 及び 8 0 と位置整合させるかどうかは任意である。従って、金属層 7 6 は、図 1 のステップ 2 2 及び 2 3 の論理演算和金属配線密度を求める操作において考察対象とされない。配線パッド構造の金属層の参照記号として、これらの金属層に第 N 金属層から始まる形でインデックスを付して、金属層 8 4 が第  $M_{(n-1)}$  金属層、金属層 8 0 が第  $M_{(n-2)}$  金属層、そして金属層 7 6 が第  $M_{(n-3)}$  金属層となるようにする。機能的に、金属層 8 4 , 8 0 , 及び 7 6 は図 6 の同じ層に類似する。金属層 8 4 の上には層間誘電体層 2 8 6 が設けられる。誘電体層 2 8 6 の上には、複数の開口によって分離される種々のセグメントを有する金属層 2 8 8 が設けられる。相互接続誘電体材料が、金属層 2 8 8 のセグメントの開口 1 0 4 に充填される。この例では、誘電体層 2 8 6 の誘電体材料が低モジュラスの誘電体であるか、または開口 1 0 4 に充填される誘電体材料が低モジュラスの誘電体材料である、或いは、両方の誘電体材料が低モジュラスの誘電体材料である。いずれにせよ、金属層 2 8 8 は低モジュラスの誘電体材料と接触する。

## 【 0 0 4 2 】

図 7 の誘電体層 2 8 6 の上には、複数の開口によって分離される種々のセグメントを有する金属層 2 8 8 が設けられる。配線パッド領域 9 4 内では、金属層 2 8 8 は、一つの開口 2 4 8 によって分離される金属導体 2 3 1 及び 2 3 2 を有する。導体 2 3 1 及び導体 2 3 2 はそれぞれ、複数の開口またはスロット 2 6 2 を有する幅広の隣接バスまたは配線と考えることができる。金属層 2 8 8 の全ての開口及びスロットの内部には、相互接続誘電体材料が設けられる。金属層 2 8 8 の上には、いずれかの従来のパッシベーション層材料により形成されるパッシベーション層 1 9 0 が設けられる。パッシベーション層 1 9 0 の例示としての材料は、プラズマ支援窒化膜または他の窒化膜材料である。開口（参照番号が付されていない）をパッシベーション層 1 9 0 に形成する。この例では、開口を配線パッド領域 9 4 内に形成する。別の例では、パッシベーション層 1 9 0 の開口は、パッシベーション層 1 9 0 の内、配線パッド領域の外に位置する部分に形成することができる。パッシベーション層 1 9 0 の開口によって導体 2 3 2 の一部分が露出し、この部分は、配線パッド領域の面積よりもずっと小さい。アルミニウム配線パッド 1 4 0 はパッシベーション層 1 9 0 の内、配線パッド領域 9 4 を画定する部分の上に形成され、かつパッド領域内のパッシベーション層 1 9 0 に形成される開口の下に位置する導体 2 3 2 と物理的に直接接触する。アルミニウム配線パッドが堆積している間、アルミニウムはパッシベーション層 1 9 0 の開口を、アルミニウムが開口にコンフォーマルに形成されるように充填する。従って、結果として得られる構造は、ボンディングワイヤ（図示せず）が配線パッド 1 4 0 の上に形成される場合のボンドオーバーパッシベーション（B O P）構造となる。B O P パッド構造は、図 4 の標準のパッド構造よりも、配線パッド 1 4 0 下の金属層 2 8 8 の一部分が、配線パッドに無関係の配線として自由に使用されるという点で有利である。例えば

、導体 2 3 1 は配線パッドとは無関係であると考えられる。

【 0 0 4 3 】

この例の別の形態では、開口がパッシベーション層 1 9 0 に形成されないので、電氣的接続が配線パッド 1 4 0 と金属層 2 8 8 の金属導体 2 3 2 との間では行なわれない。この形態の B O P パッド構造は、配線パッドが配線パッド領域から遠く離れた位置のパッシベーションの下に金属に電氣的に接続される構成の I C 設計に使用することができる。

【 0 0 4 4 】

従って、図 4 , 6 , 及び 7 の例では、集積回路 6 0 , 1 6 0 , 及び 2 6 0 は複数の位置整合金属層を配線パッドの下に有し、これらの金属層を使用して電気信号を供給し、そして配線パッドの機械的支持体とする。たとえ、低モジュラスの誘電体材料が配線パッド構造の複数の層に使用されるとしても、十分な強度の支持体が形成されて、ボンディングワイヤが配線パッド 4 0 及び 1 4 0 の上に形成される場合の配線パッド構造に加わる圧縮力に耐えることができる。更に、十分な機械的強度が実現するので、ワイヤボンディングキャピラリーを配線パッド 4 0 及び 1 4 0 から離れる方向に引っ張り、そしてワイヤボンディングワイヤが引っ張り状態になるときに、配線パッドに加わる上方向の引っ張り力に耐えることができる。同様の圧縮力は、導電性パンプのような他の相互接続手段が使用される場合に生じる。図 1 及び 2 に関して説明した方法によって金属層を位置整合させることにより配線パッド構造を機械的に補強する結果、ビア、プラグ、または他の「ダミー」金属支持素子を複数の下地金属層の間に配置する必要がない。このようなビア、プラグ、及び他の金属支持素子を配置することにより、下地金属層を全て電氣的に接続する。図 1 及び 2 の方法により得られる配線パッド構造によって、個別の電源ライン、接地ライン、静電気放電 ( E S D ) ライン、及び信号ラインだけでなく能動シリコン素子及び局所配線を、配線パッド下の領域に配置することが可能になる。

【 0 0 4 5 】

これまでの説明により、複数の下地金属層を低モジュラスの誘電体材料により分離する構成の配線パッドの下における能動回路の使用を可能にする配線パッド構造を提供してきたことを理解されたい。銅を使用する金属層は、本明細書に説明する位置整合方法を使用する場合の構造支持体に特に有用である。しかしながら、他の金属を使用して本明細書に説明する支持構造を実現することができる。本明細書において提供される構造によって、低モジュラスの誘電体を取り入れた製品の組み立てが、低コストのワイヤボンディングアセンブリ装置を使用して可能になる。このような低モジュラスの誘電体は多くの低 k 誘電体材料を含む。

【 0 0 4 6 】

一の形態では、配線パッドの構造支持体を形成する方法が提供される。基板を作製する。複数の開口を有する第 1 金属層を基板の上に形成する。第 1 電気絶縁層を第 1 金属層の上に形成する。複数の開口を有する第 2 金属層を第 1 電気絶縁層の上に形成する。配線パッド領域を画定する配線パッドを第 2 金属層の上に形成する。物理レイアウト形状を、第 1 金属層及び第 2 金属層に対して論理演算を行なうことにより生成する。配線パッドの領域内の物理レイアウト形状の金属配線密度である値 X を求める。値 X を使用して、第 1 金属層の複数の開口、及び第 2 金属層の複数の開口の十分高精度な位置整合が、十分な強度の構造支持体に関して行われているかどうかを判断する。

【 0 0 4 7 】

一の形態では、値 X は所定の閾値以下にする必要がある。別の形態では、所定の閾値は 0 . 8 5 を含む。更に別の形態では、所定の閾値は 0 . 8 0 ~ 0 . 8 5 の範囲の値を含む。更に別の形態では、所定の閾値は 0 . 7 0 ~ 0 . 9 5 の範囲の値を含む。別の形態では、第 2 電気絶縁層を第 2 金属層の上に形成する。別の形態では、複数の開口を有する第 3 金属層を第 2 電気絶縁層と配線パッドとの間に配置する。更に別の形態では、第 1 電気絶縁層及び第 2 電気絶縁層は同じ材料を含む。更に別の形態では、第 1 電気絶縁層は誘電体を含む。別の形態では、第 1 電気絶縁層は 4 未満の誘電率を有する。一の形態では、第 1 電気絶縁層は 8 0 ギガパスカル未満のモジュラス値を有する。別の形態では、第 1 金属層

の複数の開口及び第２金属層の複数の開口は、ほとんどの部分が第１電気絶縁層により充填される。別の形態では、第１金属層及び第２金属層はそれぞれ、２０～８０％の範囲の物理的金属配線密度を、第１金属層及び第２金属層の該当する領域に関して有する。別の形態では、一つ以上のビアを第１電気絶縁層を貫通するように形成して第１金属層の少なくとも一部分を第２金属層の少なくとも一部分に電気的に接続する。別の形態では、パッシベーション層を配線パッドと第２金属層との間に配置する。更に別の形態では、少なくとも一つの素子を、配線パッド下の基板に形成する。別の形態では、配線パッド構造を配線パッド領域内に形成する。基板内に半導体素子を有する構成の基板を形成する。複数の導電層を形成し、各導電層は、配線パッド領域内の基板の上に設けられ、かつ一つ以上の低モジュラスの誘電体材料（群）と接触する。複数の導電層は、複数の開口が配線パッド領域の所定部分の上で垂直方向に位置整合して、これらの導電層が配線パッド構造の十分な強度の機械的支持体となるように形成される。別の形態では、配線パッド構造は更に、誘電体層を、複数の導電層の内の最上部の導電層の上に含む。誘電体層は金属配線密度がゼロの領域を誘電体層の領域の内部に含むので、金属が誘電体層のどの開口をも貫通することがなく、当該領域は配線パッド領域の少なくとも５０％を占める。導電配線パッド層は誘電体層の上に設けられる。

10

#### 【００４８】

更に別の形態では、配線パッド領域内に形成される配線パッド構造が提供される。基板を機能的に使用する能動回路を備える基板を作製する。複数の金属配線層が基板の上に設けられ、複数の金属配線層は、一つ以上の低モジュラスの誘電体材料と接触し、かつ複数の開口が配線パッド領域の所定部分の内部で垂直方向に位置整合するように形成される。最上部の金属配線層が複数の金属配線層の上に設けられる。絶縁層は最上部の金属配線層の上に設けられ、かつ最上部の金属配線層の第１導体を露出させる一つ以上の開口を有する。導電パッドは絶縁層の上に形成され、かつ第１導体に一つ以上の開口を充填することにより接続される。最上部の金属配線層の第２導体は、導電パッドから絶縁層によってのみ電気的に絶縁され、そして第２導体は導電パッドに直接接続されることはない。第１導体及び第２導体は、一つ以上の低モジュラスの誘電体材料のモジュラスよりも大きいモジュラスを有する誘電体材料によって分離される。

20

#### 【００４９】

別の形態では、最上部の金属配線層の内、最上部の金属配線層の第１導体を最上部の金属配線層の第２導体から分離する開口は、複数の金属配線層の垂直方向に位置整合した開口と完全に位置整合するということはない。

30

#### 【００５０】

更に別の形態では、配線パッド領域内に位置する配線パッド構造が提供される。基板は能動回路を有する。複数の金属配線層が基板の上に設けられ、複数の金属配線層の各々は一つ以上の低モジュラスの誘電体材料と接触し、かつ複数の開口が配線パッド領域の所定部分の内部で垂直方向に位置整合するように形成される。絶縁層は複数の金属配線層の上に設けられる。金属パッドは絶縁層の上に設けられ、かつ複数の金属配線層の内の最上部の配線層の第１導体に、絶縁層の一つ以上の開口を充填することにより接続される。複数の金属配線層の内の最上部の配線層の第２導体は、金属パッドから絶縁層によってのみ電気的に絶縁される。第２導体は金属パッドに直接接続されることはない。

40

#### 【００５１】

本明細書ではこれまで、本発明について特定の実施形態を参照しながら記載してきた。しかしながら、この技術分野の当業者であれば、種々の変形及び変更を、以下の請求項に示す本発明の技術範囲から逸脱しない範囲において加え得ることが分かるであろう。従って、明細書及び図は、本発明を制限するものとしてではなく例示として捉えられるべきであり、そしてこのような変更の全てが本発明の技術範囲に含まれるべきものである。

#### 【００５２】

効果、他の利点、及び技術的問題に対する解決法について、特定の実施形態に関して上に記載してきた。しかしながら、効果、利点、及び問題解決法、及びいずれかの効果、利

50



点、または問題解決法をもたらし、またはさらに顕著にし得る全ての要素（群）が、いずれかの請求項または全ての請求項の必須の、必要な、または基本的な特徴または要素であると解釈されるべきではない。本明細書で使用されるように、「comprises」、「comprising」という用語、または他の全てのこれらの変形は包括的な意味で適用されるものであり、一連の要素を備えるプロセス、方法、製品、または装置がこれらの要素のみを含むのではなく、明らかに列挙されていない、またはそのようなプロセス、方法、製品、または装置に固有の他の要素も含むことができる。本明細書で使用される「a」または「an」という用語は「1つ(one)」または「1つよりも多い(more than one)」として定義される。本明細書で使用される「plurality」という用語は「2つ(two)」または「2つよりも多い(more than two)」として定義される。本明細書で使用される「another」という用語は「少なくとも2番目の」または「2番目に続く3番目以降の」として定義される。本明細書で使用される「including」及び/又は「having」という用語は「comprising」(すなわち広義語)として定義される。本明細書で使用される「coupled」という用語は「connected」として定義されるが、必ずしも直接にという意味ではなく、必ずしも機械的にという意味でもない。

10

【図面の簡単な説明】

【0053】

【図1】本発明による配線パッドを形成するためのレイアウト方法のフローチャート。

【図2】本発明による配線パッドを形成するためのレイアウト方法のフローチャート。

20

【図3】十分な強度の構造支持体を有する配線パッドを形成するための、図1及び2のレイアウト方法に関連して決定される構造の上面図。

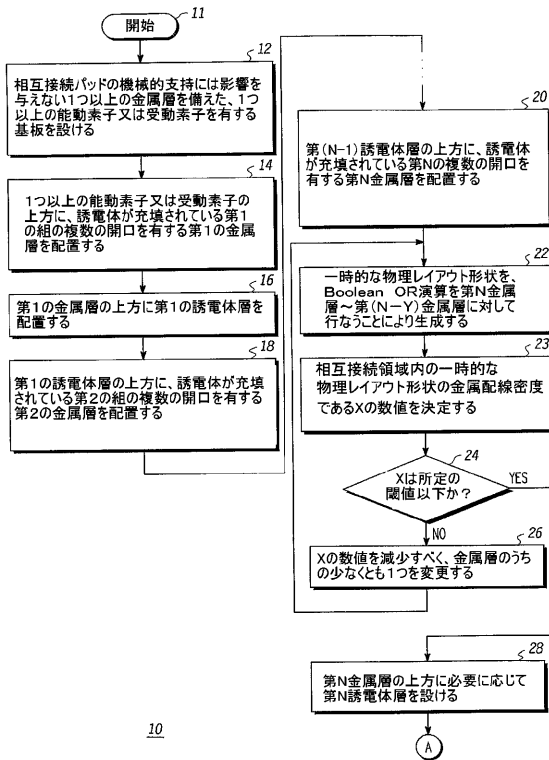
【図4】本発明の一の形態による半導体の一部分の配線パッド領域の断面図。

【図5】図4の配線パッド領域の2つの導電層の上面図。

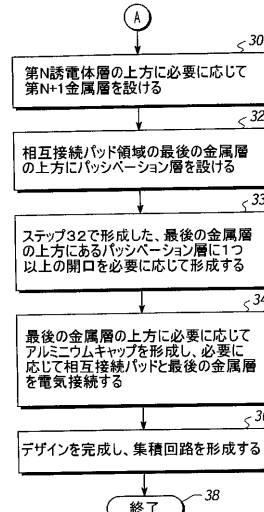
【図6】本発明の別の形態による半導体の一部分の配線パッド領域の断面図。

【図7】本発明の更に別の形態による半導体の一部分の配線パッド領域の断面図。

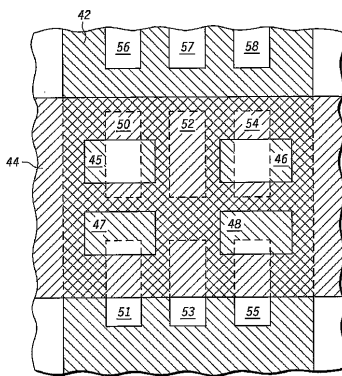
【図 1】



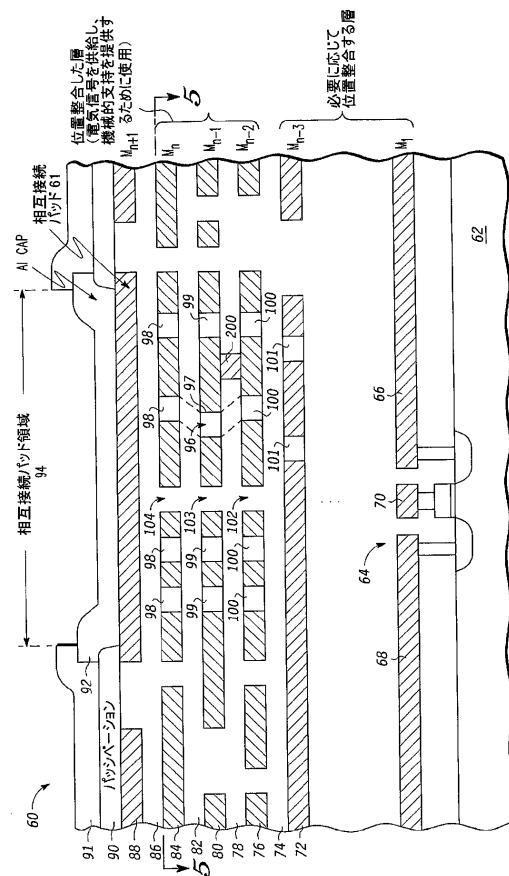
【図 2】



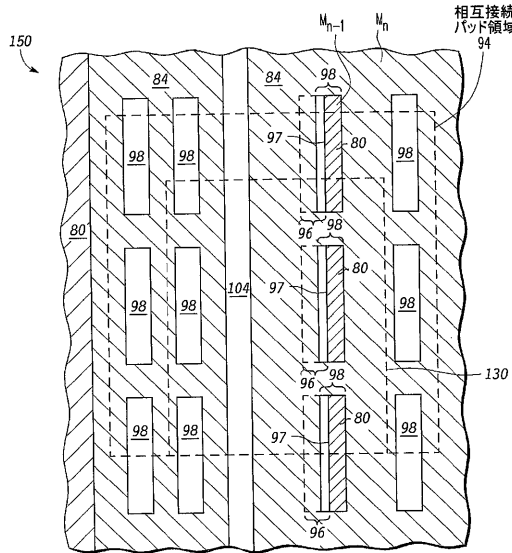
【図 3】



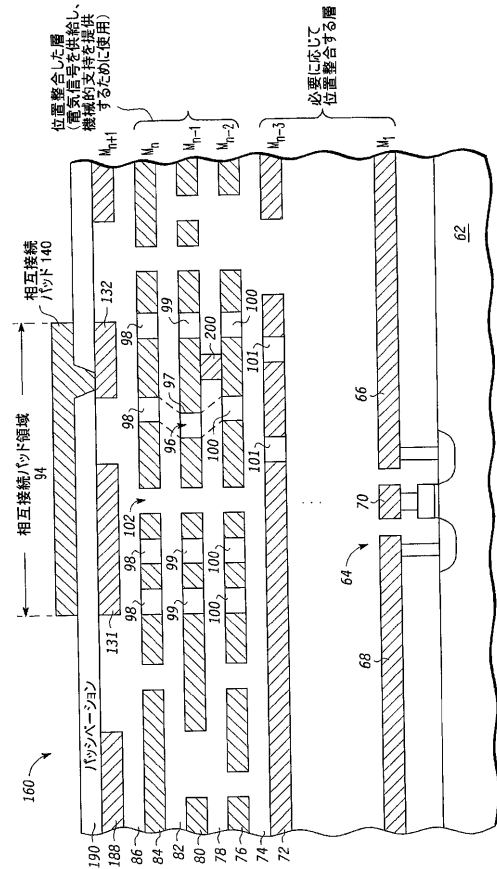
【図 4】



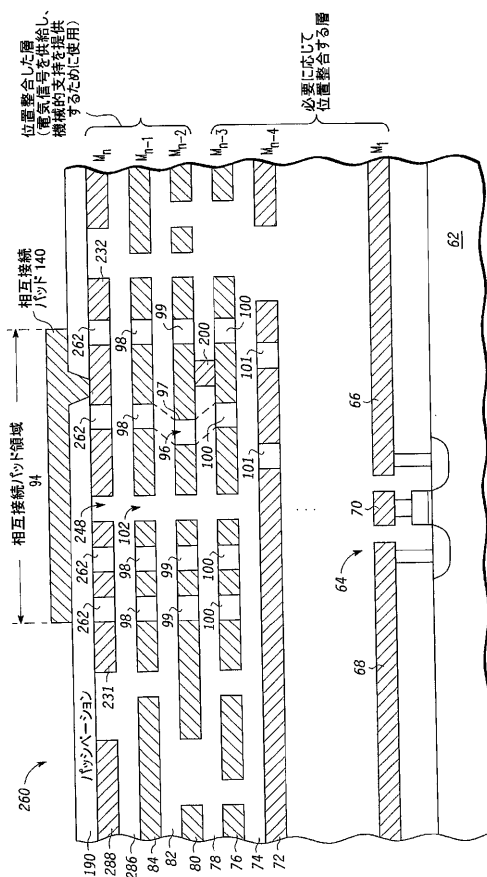
【図 5】



【図 6】



【図 7】



## 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, KN, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, 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 ダウニー、スーザン エイチ .

アメリカ合衆国 7 8 7 3 3 テキサス州 オースティン ウェストン レーン ノース 2 0 5

(72)発明者 ミラー、ジェームス ダブリュ .

アメリカ合衆国 7 8 7 0 5 テキサス州 オースティン ウェスト サード ストリート 2 0 9

(72)発明者 ヨン、チェン チョイ

マレーシア国 4 7 1 0 0 クアラランプール プチョン ジャラン ビーケイ 5 / 7 エイ ナン  
バー 1 1 エイ

F ターム(参考) 5F033 HH08 HH09 HH11 JJ11 KK08 KK11 MM21 RR04 RR06 UU04

VV07 WW05 XX17 XX19

5F044 EE02 EE14