(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3796116号
(P3796116)
(45)発行日　平成18年7月12日(2006.7.12)　(24)登録日　平成18年4月21日(2006.4.21)

(51)Int.Cl.　F I
H01L 21/60 (2006.01)　H01L 21/60 301P
H01L 21/60 301F

請求項の数 6　(全 9 頁)

(21)出願番号　特願2000-386402(P2000-386402)
(22)出願日　平成12年12月20日(2000.12.20)
(65)公開番号　特開2001-189343(P2001-189343A)
(43)公開日　平成13年7月10日(2001.7.10)
審査請求日　平成15年1月7日(2003.1.7)
(31)優先権主張番号　09/467253
(32)優先日　平成11年12月20日(1999.12.20)
(33)優先権主張国　米国(US)

前置審査

(73)特許権者　596092698
ルーセント　テクノロジーズ　インコーポレーテッド
アメリカ合衆国．０７９７４－０６３６　ニュージャーシィ，マレイ　ヒル，マウンテン　アヴェニュー　６００
(74)代理人　100064447
弁理士　岡部　正夫
(74)代理人　100085176
弁理士　加藤　伸晃
(74)代理人　100096943
弁理士　臼井　伸一
(74)代理人　100101498
弁理士　越智　隆夫

最終頁に続く

(54)【発明の名称】ワイヤボンディング方法と半導体デバイス

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
（Ａ）　銅（Ｃｕ）製相互接続材料を具備した半導体基板を形成するステップと、
（Ｂ）　前記相互接続材料から銅（Ｃｕ）製ボンディングパッドを形成するステップと、
（Ｃ）　前記基板上及び前記銅（Ｃｕ）製ボンディングパッドにわたって均質タンタル（Ｔａ）層を堆積するステップと、
（Ｄ）　前記タンタル（Ｔａ）層をパターン化し、エッチングするステップであって、前記タンタル（Ｔａ）層は前記銅（Ｃｕ）製ボンディングパッドを封止し、
（Ｅ）　アルミ製ワイヤとタンタル（Ｔａ）層とを前記ボンディングパッドにわたってボンディングするステップと
からなり、前記タンタル（Ｔａ）層の一部が銅（Ｃｕ）製のボンディングパッドと金属間結合し、タンタル（Ｔａ）層の別の部分が$TaAl_3$の化合物を形成し、前記タンタル（Ｔａ）層へ前記アルミ製ワイヤ金属間結合させることを特徴とするワイヤボンディング方法。
【請求項２】
前記アルミ製ワイヤは、アルミ製ワイヤ、アルミ合金製ワイヤ、アルミでコーティングした金製ワイヤから成るグループから選択されることを特徴とする請求項１記載の方法。
【請求項３】
前記アルミ（Ａｌ）製ワイヤは、タンタル（Ｔａ）層にウェッジボンディングにより結

合される
ことを特徴とする請求項１記載の方法。
【請求項４】
　（Ｆ）　前記（Ｅ）ステップの後に熱処理をするステップ
を更に有することを特徴とする請求項１記載の方法。
【請求項５】
　（Ｇ）　前記基板をプラスチック製パッケージと気密パッケージから成るグループから選択されたパッケージでもってパッケージするステップ
を更に有することを特徴とする請求項１記載の方法。
【請求項６】
　前記タンタル（Ｔａ）層は、ネガティブなマスキングとフォトレジストパターン化と光リソグラフから成る方法でパターン化される
ことを特徴とする請求項１記載の方法。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明は、集積回路と半導体デバイスに関し、特にマイクロ電子回路を半導体デバイスで集積する際の銅製の相互接続構造のワイヤボンディングに関する。
【０００２】
【従来の技術】
パッケージングは半導体の製造における基本的プロセスである。電子回路をパッケージングすることにより、情報を処理したりあるいは予め記憶する主な電気回路の適切な相互接続及び適切な動作環境を与える。電子パッケージは、多くの電気回路構成要素、例えば抵抗、キャパシタ、ダイオード、トランジスタ等を含む。回路形成するためにこれらの構成要素を相互接続する必要がある。
【０００３】
情報システムが大量の情報を記憶し処理するにつれて、数多くの回路及び相互接続が必要とされる。このようなニーズを満たすためにチップはプラスチック製、セラミック製又は金属をコーティングした材料製の第１レベルのパッケージ上で相互接続される。チップとパッケージの電気的相互接続は、チップレベルの相互接続と称する様々なボンディング技術、例えばワイヤボンディング、フリップチップ技術を用いて通常行われる。チップボンディング技術の選択は、チップと基板上の入力／出力（Ｉ／Ｏ）の相互接続の数とスペース及び相互接続材料の選択、許容可能なコストに依存する。
【０００４】
ワイヤボンディングにおいては、非常に細いワイヤが半導体構成要素に取り付けられ、これらの構成要素どうしあるいはパッケージのリード線と相互接続させている。これらが幅広く用いられているのは、接続当たりのコストを下げながらこれらの技術でもって、チップの接続の数の増加及び高い密度が達成できることに基づいている。ワイヤボンディングを用いることは、チップボンディングのアルミベースの相互接続材料に通常限定される。
【０００５】
フリップチップ技術は、入力／出力（Ｉ／Ｏ）の効率を増加させるため及びＩＣのスピードを向上させるためにワイヤボンドに置換して使用されるがその理由は相互接続の遅延が最小となるからである。フリップチップボンディングにおいては、リード線のないモノリシックな構造体がチップの表面上に配置されたバンプにより回路に電気的及び機械的な相互接続され、導電性の接合材料でもってカバーされる回路素子を含む。
【０００６】
従来の設計ではアルミ（Ａｌ）又はアルミ合金をチップボンディングのボンディングパッド用の基礎的な相互接続材料として用いている。しかし、アルミ系の相互接続材料は、他の物質、例えば銅（Ｃｕ）へのマイグレーションが行われる傾向がある。銅は抵抗率が低く集積回路内の更に細いワイヤ用の優れた材料であり、より優れた回路性能とデバイスの

信頼性を与える。しかし銅は、半導体デバイスに対し悪い特性を有する。その理由は通常の動作温度で空気中で容易に酸化してしまうからである。銅は又腐食性が高く半導体内の他の材料と切り離さない限り半導体デバイスを簡単に汚染してしまう。銅のこれらの化学的活性特性により、チップを銅製の相互接続材料にボンディングする際のワイヤボンディングとして銅を用いることは出来ない。従って、銅製の相互接続部をチップボンディングする従来技術ではフリップチップ方法を利用している。

【０００７】

図１は従来のフリップチップボンディングプロセスを表す。この従来のフリップチップボンディングプロセスは、「Microelectronics Packaging Handbook,Rao R.Tummala and Eugene J.Rymaszewski (eds.) ,Van Nostrand Reinhold,New York(1989),pages 366-382」に記載されている。図１においてフリップチップボンディングは、チップ１４上の濡れ性のある金属端子上に堆積された半田バンプ１２と、基板１８上の半田濡れ性のある端子１６の対応する端子列とを利用する。チップ１４を逆さまにして基板１８と整合させ、半田バンプ１２と半田濡れ性のある端子１６により形成された半田接合部１２を加熱し、リフローさせながら同時に形成する。

【０００８】

このフリップチップ技術はワイヤボンディングよりも高価で処理装置も高く設備投資額も大きい。更にまたワイヤボンディングに比べてフリップチップ技術は、余分なステップを必要とする。例えば、フリップチップボンディングは、アンダーバンプを形成する前に、堆積されパターン化されたアンダーバンプの金属製の構造体を必要とする。このアンダーバンプに用いられる金属材料は、堆積し、パターン化しなければならない複雑な３層以上の金属層を含む。更に余分な堆積プロセスにより半導体デバイスの製造コストが増加し、時には同じ工場内あるいは外部の業者により行われる余分な組み立て作業を必要とすることがある。更にまたこのパターン化プロセスは、複雑なリソグラフプロセスとエッチングプロセスを必要とし、これにより更にコストが上がる。更にまた複雑なプロセスが半田堆積ステップ、パターン化ステップ、リフローステップを必要とするような半田バンプの形成に不可欠である。

【０００９】

【発明が解決しようとする課題】

従って、本発明の目的は、銅製の相互接続構造を具備した半導体デバイスを製造する方法及びフリップチップ技術よりもよりコスト的に有利であるが、しかし従来利用可能な製造設備を用いることの出来る半田方法を提供することである。

【００１０】

【課題を解決するための手段】

本発明は、安定した酸化品質を具備したワイヤを用いて、酸化し易い相互接続材料をボンディングするワイヤボンディング技術を提供することである。本発明によればパッシベーション層が半導体基板上に形成され、相互接続材料から形成されたボンディングパッドを封止して、相互接続材料ではなくパッシベーション層を具備したワイヤボンドを提供する。このパッシベーション層は、相互接続材料にボンディングされたときに金属学的に安定した材料から選択される。ワイヤは相互接続材料に比較して安定性を有するために、即ち容易には腐食しないために信頼性のある機械的及び電気的な接続が半導体デバイス（相互接続材料）とワイヤとの間に（これらの間にパッシベーション層が配置される）提供される。

【００１１】

斯くして本発明は、低コストのワイヤボンディング技術を用いるが、更に余分な装置あるいは設備投資を必要としない。更にまた本発明は、余分な金属化ステップを必要とせずチップボンディングプロセスを効率的に行うことが出来る。

【００１２】

【発明の実施の形態】

従来設計ではＡｌ（アルミ）又はＡｌ合金をチップボンディングのボンディングパッド用

の基本的な相互接続材料として用いている。Ａｌ系の材料は、酸化／パッシベーションの品質の観点から及び経済的な技術、例えばワイヤボンディングでもって構成することが容易なために用いられている。しかしＡｌ系の相互接続材料は他の基板、例えばＣｕにマイグレーションする傾向がある。銅は低抵抗のため集積回路の更に細いワイヤ用の優れた材料であり、優れた回路性能及びデバイスの信頼性を与える。銅を相互接続材料として使用することは、相互接続システムの抵抗を大幅に減らすために好ましい。

【００１３】

しかし銅は、通常の動作温度では空気中で容易に酸化しやすいために半導体デバイスに対し悪い特性を有する。銅は極めて腐食性が高く、半導体デバイスの他の材料と分離しない限り半導体デバイスを容易に汚染してしまう。銅のこのような化学的に活性な特性のために、チップを銅製の相互接続にボンディングする際にワイヤボンディングとして用いることは出来ない。その結果ワイヤボンディングはより経済的ではあるが、従来はチップを銅製の相互接続材料にボンディングする際にはフリップチップ技術を用いていた。

【００１４】

図２は、ボンディングプロセスで用いられる従来のワイヤボンディング方法を示す。ボンディングはＡｕ製のワイヤを用いて行われる。このワイヤが基板に一時に結合される。図２の（ａ）は、基板２４にボンディングされるキャピラリー２２内の金製ワイヤ２０を示す。図２（ｂ）において基板２４を加熱して金製ワイヤ２０を従来のウェッジボンディング方法により基板２４にウェッジボンディングする。図２（ｃ）と（ｄ）は、従来プロセスで形成されたボールボンドとウェッジボンドのそれぞれの上面図と側面図を示す。ボンディングは垂直方向の力をかけることにより、あるいは金製のワイヤを超音波で振動させることにより行われる。図２の（ｄ）において金製ワイヤ２０は、半導体デバイス２６上の例えば左側の入力／出力（Ｉ／Ｏ）パッド上の第１ボンディング部位のボールボンド２５をパッケージリードフレーム、あるいは他の基板２８上の右側の例えばＩ／Ｏパッド上の第２のボンディング部位上のウェッジボンド２７と接続する。

【００１５】

回路性能の向上及びコスト低減のために銅を基板上のボンディングパッド用相互接続材料としてアルミの代わりに用いることが出来る。しかし、銅にワイヤを直接ボンディングすることは不可能である。その理由は銅は汚染しやすく、且つ高密度の酸化物層を容易に形成して、この層は金又はアルミ系のワイヤボンディング技術では貫通することが出来ないためである。金製のワイヤあるいはアルミ製のワイヤの何れかをアルミ製の相互接続部にボンディングするための技術が存在する。しかし、この技術は、銅又はアルミ製のワイヤを銅製の相互接続部に結合するためには機能しない。その理由は、銅は容易に酸化してしまうからである。従来はワイヤを銅製の相互接続材料とボンディングするためにワイヤボンディング全部及びフリップチップ技術を使用することを諦めていた。

【００１６】

本発明は、銅のような相互接続材料とワイヤとをボンディングするためにワイヤボンディング技術を用いる新たな方法を提供する。本発明によればパッシベーション層を形成して、相互接続材料を封止し、その結果ワイヤボンドは、相互接続材料ではなくパッシベーション層で覆われている。

【００１７】

このパッシベーション層の材料は、相互接続材料と共に安定した冶金学上の結合を形成するよう選択される。その結果信頼性のある機械的及び電気的な接続が半導体デバイス（相互接続材料）とワイヤとの間に形成され、その結果パッシベーション層はそれらの間に配置される。

【００１８】

本発明の一実施例によれば、タンタル（Ｔａ）を用いて銅製の相互接続材料を封止する。本発明によれば、金製のワイヤではなくアルミ（またはアルミ合金）製のワイヤをワイヤボンディングプロセスで用いる。Ａｌ製のワイヤはＣｕ製の相互接続部の代わりにＴａ層と良く接合して、$TaAl_3$の金属間化合物を形成する。Ｃｕ製のボンドパッドをＡｌワ

イヤでもってワイヤボンディングする従来技術を用いて形成する。Ｔａ層をその後基板上に堆積し、パターン化し、エッチングしてＣｕ製のボンドパッドを封止する。Ｔａ層はパッシベーション層として機能して、その下のＣｕ製のボンドパッドと相互接続材料を保護する。冶金学的に安定した化合物$TaAl_3$がその後Ｔａ層とＡｌワイヤの間に形成される。

【００１９】

図３は本発明のウェッジボンディングプロセスを示す。図３（ａ）に示すようにこのウェッジボンディングプロセスで用いられた３０は、Ａｌ製のワイヤである。アルミ合金製のワイヤも本発明によりウェッジボンディングプロセスに用いることが出来る。Ｔａ製パッシベーション層３２が基板３４の表面上に覆い被さって形成され、Ｃｕ製相互接続部３１を封止する。次に図３（ｂ）においてＡｌ製のワイヤ３０と基板３４との間のウェッジボンド３６に圧力をかけることにより、あるいは超音波の振動により形成する。ウェッジボンド３６は、Ｃｕ製相互接続部３１の表面に直接形成されているわけではなく、ウェッジボンド３６は、Ｃｕ製相互接続部３１を封止している（覆う）Ｔａ製パッシベーション層３２に形成される。Ｔａ製パッシベーション層３２は、３０と良好に結合して金属間化合物$TaAl_3$を形成し、これがＣｕ製相互接続部３１との強い冶金結合（即ち、ウェッジボンド３６）を形成する。

【００２０】

図３の（ｃ）、（ｄ）はウェッジボンド３６とＴａ製パッシベーション層３２のそれぞれの上面図と側面図である。Ａｌ製のワイヤ３０に沿った両方のボンディング部位に形成されたウェッジボンドが半導体デバイス３８上の左側、例えばＩ／Ｏパッド上の第１のボンディング部位とパッケージリードフレームあるいは他の基板３４上の右側の、例えばＩ／Ｏパッドの第２のボンディング部位とを結合する。

【００２１】

Ｔａ製パッシベーション層３２の厚さは、Ｔａ製パッシベーション層３２がＣｕ製のボンドパッドと相互作用して金属学的な即ち冶金学的な結合を形成するか、あるいはＡｌ製のワイヤ３０と反応するよう選択される。本発明の一実施例においてはＴａ製パッシベーション層３２の厚さは、３００から１０００Åの間にある。Ｔａ製パッシベーション層３２の一部がＣｕ製のボンドパッドと結合し、他の部分が$TaAl_3$化合物を形成する。Ｔａ製パッシベーション層３２の大部分は、$TaAl_3$を形成するのに費やされる。Ｔａ製パッシベーション層３２の未反応領域がＣｕボンドパッドと強固な冶金的／機械的結合を形成する。

【００２２】

本発明の他の実施例においては、ＡｌでコーティングしたＡｕ製のワイヤをウェッジボンドプロセスで用いることが出来る。更に別の実施例においては、２００℃から４００℃の熱処理をワイヤボンディングプロセスの直後に行って強固な結合を形成する。

【００２３】

図４は本発明の接合方法を示すフローチャート図である。図４においてＣｕ製の相互接続部を具備する基板を最初にまず形成する（ステップ４０１）。Ｃｕ製のボンドパッドを形成する（ステップ４０２）。Ｔａ層を基板上に堆積する（ステップ４０３）。このＴａ層を次にパターン化し、エッチングしてＣｕボンドパッドを封止する（ステップ４０４）。パターン化技術は、ネガティブなパッドマスキングとフォトレジストパターン化を含む。このパターン化プロセスは、金属マスクあるいはリフトオフ技術を用いて堆積プロセスの間に行われる。このパターン化は、また光リソグラフとブランケット堆積のエッチングによって行うことも出来る。

【００２４】

ステップ４０５においてＡｌ製のワイヤをＴａ製層でもってウェッジボンディングする金属間化合物$TaAl_3$が形成される（ステップ４０６）。Ｔａ層の一部がＣｕ製のボンドパッドと結合するが、別の部分は$TaAl_3$の化合物を形成する（ステップ４０６）。Ｔａ製の層の大部分は、$TaAl_3$を形成するために費やされる。Ｔａ製の層の未反応部分

がＣｕ製のボンドパッドと強固な冶金的／機械的結合を形成する（ステップ４０７）。Ａｌ製ワイヤとＣｕ製相互接続部を具備した基板との間の強固なワイヤボンディングとそれらの間にＴａ製層とＴａＡｌ$_3$が形成される。本発明の方法を実行する際に様々な種類のフィルム（例えば、薄いフィルム、厚いフィルムのプロセス）と材料を用いることが出来る。

【００２５】

図５はＣｕ製の相互接続材料をワイヤボンディング用のボンディングパッドとして用いた半導体デバイスに適用された本発明の実施例を示す。図５（ａ）においてボンディングパッド５０が基板５２（ＩＣ構造体）の上に金属（Ｃｕ）の相互接続部をボンディングパッドとして用いて形成される。Ｔａ製のパッシベーション層５４が基板５２の上に堆積され、Ｃｕ製の相互接続部を封止する。基板５２はその上にデバイスが形成された半導体基板を含む。基板５２は半導体製基板の上に形成されたデバイスを接続する多層構造の相互接続構造を含む。更にまた、多層構造の相互接続構造体は、複数のレベルの金属製相互接続部、例えば、Ｃｕ製の相互接続部を含む。このＣｕ製の相互接続部は、食刻プロセスあるいはドライエッチングプロセスにより形成できる。

【００２６】

図５はＣｕ製の相互接続部をボンディングパッドとして用いた半導体デバイスに適用される本発明のウェッジボンディングの例を示す。ウェッジボンド５８がＡｌ製ワイヤ５６と基板５２の上のボンディングパッド５０との間の接点に形成される。ボンディングパッド５０に直接ワイヤボンディングする代わりにＡｌ製ワイヤ５６とＴａ製パッシベーション層５４でＴａＡｌ$_3$の金属間化合物を形成する。このＴａＡｌ$_3$の金属間化合物は、ウェッジボンド５８の一部であるがＴａ製パッシベーション層５４の上部に形成され、Ａｌ製ワイヤ５６を基板５２に結合する。その後基板５２をプラスチック又は気密のパッケージ内にパッケージする。

【００２７】

【発明の効果】

以上述べたように本発明は、余分な設備あるいは経済的な投資を行うことなく比較的低コストのワイヤボンディング技術を利用することができる。更に本発明は、余分な金属化ステップを必要とすることなく、チップボンディングプロセスを効率的に行うことが出来る。斯くして、相互接続材料の腐食性酸化の影響は、低コスト、且つプロセス的に効率的なプロセスでもって阻止できる。

【図面の簡単な説明】

【図１】従来技術に関わるフリップチップボンディングプロセスを表す図。

【図２】従来のワイヤボンディングプロセスを表す図。

【図３】ウェッジボンディングプロセスで用いられる本発明の方法の一実施例を表す図。

【図４】本発明の方法を表すフローチャート図。

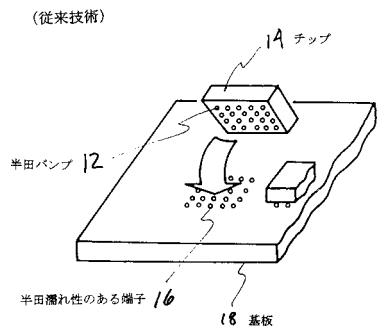
【図５】本発明の方法がボンディングパッドを用いて半導体デバイスに適用される他の実施例を表す図。

【符号の説明】

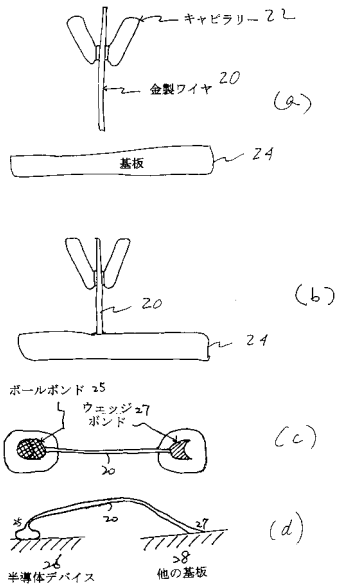
１２　半田バンプ
１４　チップ
１６　半田濡れ性のある端子
１８　基板
２０　金製ワイヤ
２２　キャピラリー
２４　基板
２５　ボールボンド
２６　半導体デバイス
２７　ウェッジボンド
２８　他の基板

３０　Ａｌ製ワイヤ
３１　Ｃｕ製相互接続部
３２　Ｔａ製パッシベーション層
３４　基板
３６　ウェッジボンド
３８　半導体デバイス
４０１　Ｃｕ製相互接続部を具備する基板を形成する
４０２　Ｃｕ製ボンディングパッドを形成する
４０３　Ｔａパッシベーション層を堆積する
４０４　Ｔａパッシベーション層をパターン化しエッチングする
４０５　Ｔａパッシベーション層上にウェッジボンドする
４０６　$TaAl_3$化合物を形成する
４０７　基板との接続を形成する
５０　ボンディングパッド
５２　基板
５４　Ｔａ製パッシベーション層
５６　Ａｌ製ワイヤ
５８　ウェッジボンド

【図１】

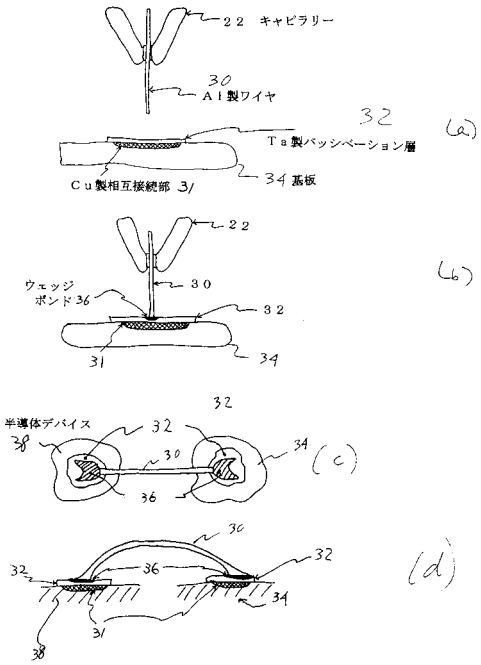


【図２】

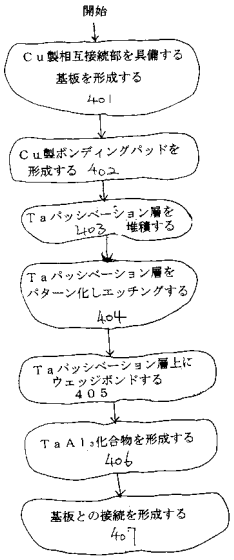


（従来技術）

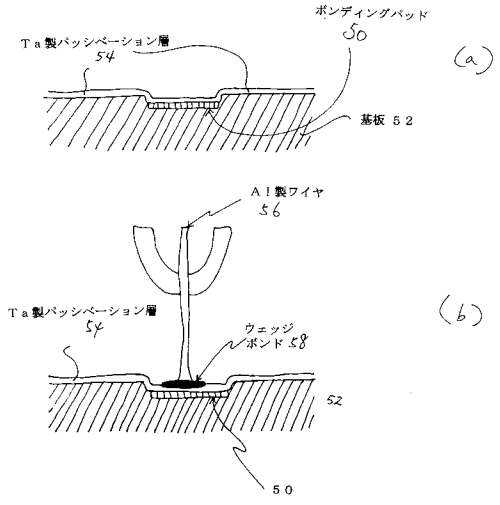
【図３】


２２ キャピラリー
30
Ａｌ製ワイヤ
32
(a)
Ｔａ製パッシベーション層
Ｃｕ製相互接続部 31
34 基板
22
ウェッジ
ボンド36
30
32
(b)
31
34
32
半導体デバイス
38
32
30
34
(c)
36
36
32
32
36
34
(d)
31
38

【図４】


開始
Ｃｕ製相互接続部を具備する
基板を形成する
401
Ｃｕ製ボンディングパッドを
形成する 402
Ｔａパッシベーション層を
堆積する
403
Ｔａパッシベーション層を
パターン化しエッチングする
404
Ｔａパッシベーション層上に
ウェッジボンドする
405
ＴａＡｌ３化合物を形成する
406
基板との接続を形成する
407

【図５】


ボンディングパッド
50
Ｔａ製パッシベーション層
54
(a)
基板５２
Ａｌ製ワイヤ
56
Ｔａ製パッシベーション層
54
ウェッジ
ボンド58
(b)
52
５０

フロントページの続き

(74)代理人 100096688
弁理士 本宮 照久
(74)代理人 100104352
弁理士 朝日 伸光
(72)発明者 サイレシ チッティペッディ
アメリカ合衆国、１８１０４ ペンシルベニア、アレンタウン、レネイプ トレイル ３０８
(72)発明者 サイレシ マンシン マーチャント
アメリカ合衆国、３２８３５ フロリダ、オーランド、ヴァインランド オーク ブルバード ８２１４

審査官 田中 永一

(56)参考文献 特開平０５－２９９４６７（ＪＰ，Ａ）
特開平１０－１６３７９０（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
H01L 21/60