

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2000-260894
(P2000-260894A)

(43) 公開日 平成12年 9月22日 (2000.9.22)

(51) Int.Cl.⁷

H 0 1 L 23/12

識別記号

F I

H 0 1 L 23/12

テーマコード(参考)

L

審査請求 有 請求項の数12 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願平11-61912

(22) 出願日 平成11年 3月 9日 (1999.3.9)

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社
東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 滝澤 朋子

東京都港区芝5丁目7番1号 日本電気株
式会社内

(72) 発明者 竹内 正則

東京都港区芝5丁目7番1号 日本電気株
式会社内

(74) 代理人 100095740

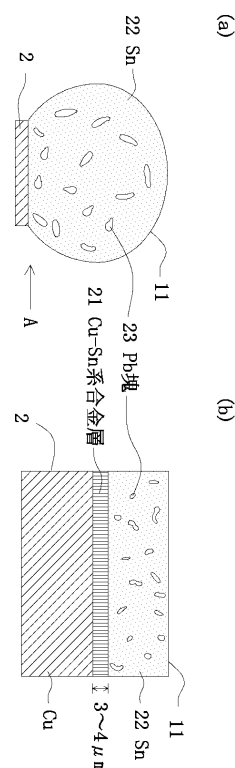
弁理士 関口 宗昭

(54) 【発明の名称】 半導体装置及び半導体装置の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 歩留まりが良好な装置として得られる半導体装置を提供する。

【解決手段】 本発明の半導体装置は、半導体チップに接続されCuを含む配線部2と、前記配線部2に接合されSnを含む半田ボール11とを有してなり、前記半田ボール11と前記配線部2との接合部に厚さ約1.87μm以上のCu-Sn系合金層21が形成されてなる。以上により上記目的を達成することができる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】半導体チップに接続され Cu を含む配線部と、前記配線部に接合され Sn を含む半田ボールとを有してなり、前記半田ボールと前記配線部との接合部に厚さ約 1.87 μm 以上の Cu - Sn 系合金層が形成されてなることを特徴とする半導体装置。

【請求項 2】半導体チップに接続され Cu を含む配線部と、前記配線部の一主面で接合され Sn を含む半田ボールと、前記配線部と前記半田ボールとの接合面と反対側面にて前記配線部と接するフィルム基板とを有してなり、前記配線部から前記フィルム基板の前記配線部との接続面と反対側面にかけて前記フィルム基板を貫通する孔が設けられ、前記孔に金属が充填されてなり、前記孔の開口部の前記金属表面に Au 層が形成され、前記半田ボールと前記配線部との接合部に厚さ約 1.87 μm 以上の Cu - Sn 系合金層が形成されてなることを特徴とする半導体装置。

【請求項 3】前記半田ボール中に前記 Pb 塊が形成されてなり、前記 Pb 塊の単位断面積当たりの分散密度が 20×10^4 個 / mm^3 以上であることを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の半導体装置。

【請求項 4】前記半田ボール中に前記 Pb 塊が形成されてなり、前記 Pb 塊の平均断面積が $10 \mu\text{m}^2$ 以下であることを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の半導体装置。

【請求項 5】前記半田ボールとプリント板とが接合されてなり、前記半田ボールと前記配線部との接合部を Cu - Sn 系合金層で強化させたことを特徴とする請求項 3 又は請求項 4 に記載の半導体装置。

【請求項 6】半導体チップ上にフィルム基板を介して Cu を含む配線部を設置した後前記半導体チップと前記フィルム基板とを接合し、前記配線部上に設けられたランドに Sn を含む半田ボールを設置した後、前記半田ボールの融点以上で不活性雰囲気又は還元性雰囲気下所定時間保持することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 7】フィルム基板の一主面に Cu を含む配線部を設置し、前記配線部の表面をレジストで保護し、前記フィルム基板から前記配線部にかけて前記フィルム基板を貫通する孔を設けた後、前記孔に金属を充填し、前記孔の開口部の前記金属表面に Au 層を形成した後、前記フィルム基板の前記 Au 層の形成面と半導体チップとを接合し、前記配線部上に設けられたランドに Sn を含む半田ボールを設置した後、前記半田ボールの融点以上で不活性雰囲気又は還元性雰囲気下所定時間保持することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 8】前記ランドの表面に Au からなる薄膜を形成してから前記半田ボールを設置することを特徴とする請求項 6 又は請求項 7 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 9】半導体チップ上にフィルム基板を介して Cu を含む配線部を設置した後前記半導体チップと前記フ

ィルム基板とを接合し、前記配線部上の所定の位置に設けられたランドに Sn を含む半田ボールを設置した後、前記半田ボールの融点以上で不活性雰囲気又は還元性雰囲気下所定時間保持することにより得られ、前記半田ボールと前記配線部との接合部に厚さ約 3 μm 以上の Cu - Sn 系合金層が形成されてなることを特徴とする半導体装置。

【請求項 10】半導体チップ上にフィルム基板を介して Cu を含む配線部を設置した後前記半導体チップと前記フィルム基板とを接合し、前記配線部上の所定の位置に設けられたランドに Sn 及び Pb を含む半田ボールを設置した後、前記半田ボールの融点以上で不活性雰囲気又は還元性雰囲気下所定時間保持することにより得られ、前記半田ボール中に形成された Pb 塊の単位断面積当たりの分散密度が 20×10^4 個 / mm^3 以下であることを特徴とする半導体装置。

【請求項 11】半導体チップ上にフィルム基板を介して Cu を含む配線部を設置した後前記半導体チップと前記フィルム基板とを接合し、前記配線部上の所定の位置に設けられたランドに Sn 及び Pb を含む半田ボールを設置した後、前記半田ボールの融点以上で不活性雰囲気又は還元性雰囲気下所定時間保持することにより得られ、前記半田ボール中に形成された Pb 塊の平均断面積が $10 \mu\text{m}^2$ 以下であることを特徴とする半導体装置。

【請求項 12】半導体チップ上にフィルム基板を介して Cu を含む配線部を設置した後前記半導体チップと前記フィルム基板とを接合し、前記配線部上の所定の位置に設けられたランドに Sn 及び Pb を含む半田ボールを設置した後、前記半田ボールの融点以上で不活性雰囲気又は還元性雰囲気下所定時間保持することにより得られ、前記半田ボールとプリント板とが接合されてなり、前記半田ボールと前記配線部との接合部を Cu - Sn 系合金層で強化させたことを特徴とする半導体装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は半導体装置及び半導体装置の製造方法に関する。特に、歩留まりが良好な装置として得られる半導体装置及び生産性の高い半導体装置の製造方法に関する。

【従来の技術】

【0002】近年、半導体装置は、電子機器の高機能化、小型軽量化及び高速化の要求に応えるために、新しい形態が次々に開発されている。例えば、半導体チップの高集積化による半導体装置の小型化・薄型化を行うことにより前述した電子機器の小型軽量化が行われている。

【0003】従来の半導体装置は一般に、図 7 (a) に示すように、半導体チップ 1 に接続され Cu を含む配線部 2 と、前記配線部 2 の表面に設けられたランド 7 と接合され Sn を含む半田ボール 101 と、前記配線部 2 と

前記半田ボール101との接合面と反対側面で前記配線部2と接するフィルム基板3とを有してなり、前記配線部2から前記フィルム基板3の前記配線部2との接合面と反対側面にかけて前記フィルム基板3を貫通する孔4が設けられ、前記孔4に金属5が充填されてなり、前記孔4の開口部の前記金属5の表面にAu層6が形成されてなる。また、ランド7は、前記半田ボール101を設置するためにレジスト32の所定の位置を削ることにより前記配線部2上に設けられた穴であり、このランド7の表面にはAu層8が形成されてなる。なお、図7にはAu層8を示したが、このAu層8は係る装置の製造後に行う温度サイクル試験等の熱処理により半田ボール101内へ拡散することが考えられ、前記熱処理後には配線部8上に配置していないと推測される。図7(a)に示される前記半田ボール101と前記配線部2との接合部の拡大図を図8に示す。なお、図8においては、従来の半導体装置として、半田ボール101がSn-Pb共晶半田(Sn含有率:63%、Pb含有率:37%)から形成されている場合の例(模式図)を示す。また、図7(a)に示される従来の半導体装置は、図7(c)に示されるように、前記半田ボール101とプリント板34とが接合されてなる。

【0004】また、図7に示される従来の半導体装置は、図9及び図10に示される工程により製造される。まず、フィルム基板3へ配線部2を取りつけた後ランド7を形成する一製造工程について、図9を参照して説明する。図9(a)~図9(h)はいずれもフィルム基板3において後の工程で半田ボール101を設置する部分の断面図である。図9(a)に示されるように、フィルム基板3の一主面にCuを含む配線部2を設置する。また、前記フィルム基板3の前記配線部2の設置面と反対側の面には接着剤31が施されている。フィルム基板3には、ポリイミド等250以上の温度条件に耐えうる材料を用い、また、接着剤31にはポリイミド系を用いる。次に、図9(a)に示されるフィルム基板3上の配線部2を所定の形状にパターニングした後(図9(b)参照)、前記配線部2及びフィルム基板3において外部に露出している面にレジスト32を施す(図9(c)参照)。続いて、前記接着剤31から前記配線部2にかけて前記フィルム基板3を貫通する孔4を形成する(図9(d)参照)。係る孔4の形成にはレーザ等の工具を用いる。さらに、前記孔4にCuやAl等の金属5を充填した(図9(e)参照)後、前記孔4の開口部に露出している前記金属5の表面にAu層6を形成する(図9(f)参照)。さらに、前記配線部2の表面上に穴を設けることにより、後の工程において半田ボールを搭載するためのランド7を設置する(図9(g)参照)。続いて、Au層8からなる薄膜を前記ランド7の表面に施す(図9(h)参照)。以上の工程により、一主面に配線部2が形成されたフィルム基板3を有してなるテープ基

板93を得る。なお、図9は、フィルム基板3に設置された1個のランド7部分を拡大して示したものであって、フィルム基板3はテープ形状を有し、前記フィルム基板3上には、後の工程において半田ボール101を設置するためのランド7が複数設置されている。

【0005】次に、図9に示される工程により得られたテープ基板93と半導体チップ1とを接続した後前記ランド7に半田ボール101を設置する一製造工程について、図10を参照して説明する。まず、図9に示される工程により得られたテープ基板93を、前記フィルム基板3において前記Au層6が設置された側の面を上にして設置した後(図10(a)参照)、前記テープ基板93の両端部それぞれにCu又はステンレス等からなるスティフィナ41を取り付ける(図10(b)参照)。前記スティフィナ41は、テープ基板93上に半導体チップ1を設置する際に、テープ基板93を固定するために設置するものである。続いて、テープ基板93上の2のスティフィナ41の間に1の半導体チップ1を設置し、前述した前記テープ基板93における前記Au層6と前記半導体チップ1に設置されるAl等からなる電極部12とを接続する(図10(c)参照)。係る接続はボンディングツールを用いて熱及び超音波を併用して行う。続いて、必要に応じて、前記テープ基板93と前記半導体チップ1との間に補強樹脂42を注入し硬化させることにより、前記テープ基板93と前記半導体チップ1との間の接続部の補強を行う(図10(d)参照)。前記補強樹脂42としてはエポキシ樹脂等の液状樹脂を用いる。続いて、半導体チップ1において、半導体チップ1を保護するためにテープ基板93設置面の反対側の面にCu、Al、SiC等からなる蓋部43を設置した後、常圧下封止する(図10(e)参照)。この場合、前記蓋部43の半導体チップ1との接合面には、AgペーストやCuペースト等の導電性接着剤44を施しておき、前記封止により係る導電性接着剤44を加熱硬化するとともに、ベルト炉やオープンにより常圧封止する。次に、位置決め工具45を用いて、前記テープ基板93に設置された前記配線部2上の各ランド7に半田ボール101を減圧吸引しながら取り付けした(図10(f)参照)後、前記半田ボール101と前記ランド7との接合部周辺にフラックス(図示しない)を塗布し、しかる後に、前記半田ボール101をリフローさせることにより前記ランド7と前記半田ボール101とを接続する。その後、必要であれば、前述した工程において用いたフラックスを洗浄する。以上の工程により得られた装置(図10(g)参照)に対し、動作特性及び物理的損傷の耐久性を決定する等のために温度サイクル試験を行った後に選別・検査等を行い、しかる後に前記半田ボール11をリフローさせることによりプリント板34と半田ボール11とを接合することにより前記装置をプリント板34に実装し(図10(i)参照)、最終的な製品である

半導体装置を得る。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、図7に示される従来の半導体装置では、以下に示される問題点が生じていた。前述したように、近年半導体装置の小型化・薄型化の要求に応えるために半導体チップの高集積化が進められている。半導体チップが高集積化されるにつれて、半導体チップの単位面積あたりに設置されるピン数が増加する必要があるため、設置される前記ピンの間隔が小さくなる。この場合、単位面積あたりに設置されるピン数が増加するとともに、1枚の半導体チップに接続される外部端子すなわち半田ボールの数も増加するため、前記半田ボール間の間隔が小さくなる。一般に、半田ボールの間隔が小さくなるほど、半田ボール1個当たりの半田ボールと配線部との接合面積が小さくなるため、前記半田ボールと前記配線部との接合部における接合強度が小さくなる。すなわち、図7に示される従来の半導体装置においては、1個の半田ボール101当たりの配線部2との接合面積が小さくなるため、前記半田ボール101と前記配線部2との接合部における接合強度が小さくなる。このため、プリント板34とも接合されてなる前記半田ボール11と前記配線部2との前記接合部近傍で破断・亀裂が発生しやすくなり、この破断・亀裂の発生が原因で半田ボール101が剥脱してしまう。その結果として、半導体装置の生産性が低下し、歩留まりが悪いという問題が生じていた。

【0007】本発明は、以上の従来技術における問題に鑑みてなされたものである。本発明の目的は、歩留まりが良好な装置として得られる半導体装置を提供することである。また、本発明の目的は、生産性の向上を図ることができる半導体装置の製造方法を提供することである。

【0008】以上の課題を解決するために、本発明者らは、半田ボールとランドとの接合部の強度の向上に関する鋭意研究を重ねた。その結果、本発明者らは、ランドと半田ボールとの接合部に、半田ボールの離脱を防止するために十分な厚さを有するCu-Sn系合金層を形成させることで前記接合部の強度を向上させることができ、前記接合部近傍で発生する破断・亀裂を低減させることにより歩留まりが良好な半導体装置を得ることができるという着想に基づき、本発明の半導体装置に想到した。また、本発明者らは、配線部上に設けられたランドに半田ボールが設置された半導体装置を不活性雰囲気又は還元性雰囲気下半田ボールの融点以上の温度で所定時間保持することにより、前記接合部に半田ボールの剥脱を防ぐために十分な厚さのCu-Sn系合金層を形成させることができるという着想に基づき、本発明の半導体装置の製造方法に想到した。

【0009】

【課題を解決するための手段】以上の課題を解決するた

め提供する本出願第1の発明は、半導体チップに接続されCuを含む配線部と、前記配線部に接合されSnを含む半田ボールとを有してなり、前記半田ボールと前記配線部との接合部に厚さ約1.87μm以上のCu-Sn系合金層が形成されてなることを特徴とする半導体装置である。

【0010】ここで、前記半田ボールの前記配線部との接合部に形成されているCu-Sn系合金層が厚さ約1.87μm未満である場合には、半田ボールと配線部との接合部を十分に強化することができず、温度サイクル試験等において前記接合部での破断・亀裂の発生の可能性が生じ、半田ボールの剥脱を止めることができないため、歩留まりの低下が考えられる。しかしながら、上記構成を有する本出願第1の発明の半導体装置によると、半導体チップに接続されCuを含む配線部と、前記配線部に接合されSnを含む半田ボールとを有してなり、前記半田ボールと前記配線部との接合部に厚さ約1.87μm以上のCu-Sn系合金層が形成されてなることにより、前記接合部の強度の向上を図ることができ、前記接合部近傍での破断・亀裂の発生を低減することができるため、前記破断・亀裂が原因による半田ボールの剥脱を少なくすることができる。これにより、半導体装置の生産性が向上し、前記接合部における信頼性が向上し、歩留まりが良好な半導体装置として得ることができる。

【0011】また、本出願第2の発明は、半導体チップに接続されCuを含む配線部と、前記配線部の一主面で接合されSnを含む半田ボールと、前記配線部と前記半田ボールとの接合面と反対側面にて前記配線部と接するフィルム基板とを有してなり、前記配線部から前記フィルム基板の前記配線部との接続面と反対側面にかけて前記フィルム基板を貫通する孔が設けられ、前記孔に金属が充填されてなり、前記孔の開口部の前記金属表面にAu層が形成され、前記半田ボールと前記配線部との接合部に厚さ約1.87μm以上のCu-Sn系合金層が形成されてなることを特徴とする半導体装置である。

【0012】ここで、前記半田ボールの前記配線部との接合部に厚さ約1.87μm未満のCu-Sn系合金層が形成されている場合には、半田ボールと配線部との接合部を十分に強化することができず、温度サイクル試験等において前記接合部での破断・亀裂の発生の可能性が生じ、半田ボールの剥脱を止めることができないため、歩留まりの低下が考えられる。しかしながら、上記構成を有する本出願第2の発明の半導体装置によると、前記半田ボールと前記配線部との接合部に厚さ約1.87μm以上のCu-Sn系合金層が形成されてなることにより、前記接合部の強度の向上を図ることができ、前記接合部近傍での破断・亀裂の発生を低減することができるため、前記破断・亀裂が原因による半田ボールの剥脱を少なくすることができる。これにより、半導体装置の生

産性が向上し、前記接合部における信頼性が向上し、歩留まりが良好な半導体装置として得ることができる。

【0013】また、本出願第3の発明の半導体装置は、本出願第1の発明又は本出願第2の発明の半導体装置であって、前記半田ボール中に前記Pb塊が形成されてなり、前記Pb塊の単位断面積当たりの分散密度が 20×10^4 個/mm³以上であることを特徴とする。

【0014】ここで、形成されている前記Pb塊の単位断面積当たりの分散密度が 20×10^4 個/mm³以下である場合には、前記Pb塊により半田ボール内に歪みが生じやすくなり、温度サイクル試験等において前記接合部での破断・亀裂の発生の可能性が生じ、半田ボールの剥脱を止めることができないため、歩留まりの低下が考えられる。しかしながら、上記構成を有する本出願第3の発明の半導体装置によると、前記半田ボール中に前記Pb塊が形成されてなり、前記Pb塊の単位断面積当たりの分散密度が 20×10^4 個/mm³以上であることにより、半田ボール内に生じる歪みを低減することができるため、前記接合部近傍での破断・亀裂の発生を低減することができるため、前記破断・亀裂が原因による半田ボールの剥脱を少なくすることができる。これにより、半導体装置の生産性が向上し、前記接合部における信頼性が向上し、歩留まりが良好な半導体装置として得ることができる。

【0015】また、本出願第4の発明の半導体装置は、本出願第1の発明又は本出願第2の発明の半導体装置であって、前記半田ボール中に前記Pb塊が形成されてなり、前記Pb塊の平均断面積が $10 \mu\text{m}^2$ 以下であることを特徴とする。

【0016】ここで、前記Pb塊の平均断面積が $10 \mu\text{m}^2$ 以上である場合には、前記Pb塊により半田ボール内に歪みが生じやすくなり、温度サイクル試験等において前記接合部での破断・亀裂の発生の可能性が生じ、半田ボールの剥脱を止めることができないため、歩留まりの低下が考えられる。しかしながら、上記構成を有する本出願第4の発明の半導体装置によると、前記半田ボール中に前記Pb塊が形成されてなり、前記Pb塊の平均断面積が $10 \mu\text{m}^2$ 以下であることにより、半田ボール内に生じる歪みを低減することができるため、前記接合部近傍での破断・亀裂の発生を低減することができるため、前記破断・亀裂が原因による半田ボールの剥脱を少なくすることができる。これにより、半導体装置の生産性が向上し、前記接合部における信頼性が向上し、歩留まりが良好な半導体装置として得ることができる。

【0017】また、本出願第5の発明の半導体装置は、本出願第3の発明又は本出願第4の発明の半導体装置であって、前記半田ボールとプリント板とが接合されてなり、前記半田ボールと前記配線部との接合部をCu-Sn系合金層で強化させたことを特徴とする。

【0018】ここで、前記半田ボールと前記配線部との

接合部がCu-Sn系合金層で強化されていないと、温度サイクル試験等において前記接合部での破断・亀裂の発生の可能性が生じ、半田ボールの剥脱を止めることができないため、歩留まりの低下が考えられる。しかしながら、上記構成を有する本出願第5の発明の半導体装置によると、前記半田ボールとプリント板とが接合されてなり、前記半田ボールと前記配線部との接合部をCu-Sn系合金層で強化させたことにより、プリント板とも接合されてなる半田ボールと前記配線部との前記接合部近傍での破断・亀裂の発生を低減することができるため、前記破断・亀裂が原因による半田ボールの剥脱を少なくすることができる。これにより、半導体装置の生産性が向上し、前記接合部における信頼性が向上し、歩留まりが良好な半導体装置として得ることができる。

【0019】また、本出願第6の発明は、半導体チップ上にフィルム基板を介してCuを含む配線部を設置した後前記半導体チップと前記フィルム基板とを接合し、前記配線部に設けられたランドにSnを含む半田ボールを設置した後、前記半田ボールの融点以上で不活性雰囲気又は還元性雰囲気下所定時間保持することを特徴とする半導体装置の製造方法である。

【0020】ここで、所定時間とは、半田ボールと配線部との接合部における強度を高めるために十分な時間をいう。上記構成を有する本出願第6の発明の半導体装置の製造方法によると、半導体チップ上にフィルム基板を介してCuを含む配線部を設置した後前記半導体チップと前記フィルム基板とを接合し、前記配線部に設けられたランドにSnを含む半田ボールを設置した後、前記半田ボールの融点以上で不活性雰囲気又は還元性雰囲気下所定時間保持することにより、半田ボール中のSnが前記配線部中のCuへと液相拡散し、前記接合部近傍に半田ボールの剥脱を防ぐために十分な厚みを有するCu-Sn系合金層が形成されることから、前記接合部における強度を向上させることができるため、前記接合部近傍における破断・亀裂の発生率を低減することができる。これにより、破断・亀裂の発生による欠陥品の発生を少なくすることができるため、半導体装置の生産性の向上を図ることができる。

【0021】また、本出願第7の発明は、フィルム基板の一主面にCuを含む配線部を設置し、前記配線部の表面をレジストで保護し、前記フィルム基板から前記配線部にかけて前記フィルム基板を貫通する孔を設けた後、前記孔に金属を充填し、前記孔の開口部の前記金属表面にAu層を形成した後、前記フィルム基板の前記Au層の形成面と半導体チップとを接合し、前記配線部に設けられたランドにSnを含む半田ボールを設置した後、前記半田ボールの融点以上で不活性雰囲気又は還元性雰囲気下所定時間保持することを特徴とする半導体装置の製造方法である。

【0022】ここで、所定時間とは、半田ボールと配線

部との接合部における強度を高めるために十分な時間をいう。上記構成を有する本出願第7の発明の半導体装置の製造方法によると、前記配線部上に設けられたランドにSnを含む半田ボールを設置した後、前記半田ボールの融点以上で不活性雰囲気又は還元性雰囲気下所定時間保持することにより、半田ボール中のSnが前記配線部中のCuへと液相拡散し、前記接合部近傍に半田ボールの剥脱を防ぐために十分な厚みを有するCu-Sn系合金層が形成されることから、前記接合部における強度を向上させることができるため、前記接合部近傍における破断・亀裂の発生率を低減することができる。これにより、破断・亀裂の発生による欠陥品の発生を少なくすることができるため、半導体装置の生産性の向上を図ることができる。

【0023】また、本出願第8の発明の半導体装置の製造方法は、本出願第6の発明又は本出願第7の発明の半導体装置の製造方法であって、前記ランドの表面にAuからなる薄膜を形成してから前記半田ボールを設置することを特徴とする。

【0024】上記構成を有する本出願第8の発明の半導体装置の製造方法によると、前記ランドの表面にAuからなる薄膜を形成してから前記半田ボールを設置することにより、前記配線部における酸化を防止することができる。

【0025】また、本出願第9の発明は、半導体チップ上にフィルム基板を介してCuを含む配線部を設置した後前記半導体チップと前記フィルム基板とを接合し、前記配線部上の所定の位置に設けられたランドにSnを含む半田ボールを設置した後、前記半田ボールの融点以上で不活性雰囲気又は還元性雰囲気下所定時間保持することにより得られ、前記半田ボールと前記配線部との接合部に厚さ約3μm以上のCu-Sn系合金層が形成されてなることを特徴とする半導体装置である。

【0026】ここで、前記半田ボールの前記配線部との接合部に形成されているCu-Sn系合金層が厚さ約1.87μm未満である場合には、半田ボールと配線部との接合部を十分に強化することができず、温度サイクル試験等において前記接合部での破断・亀裂の発生の可能性が生じ、半田ボールの剥脱を止めることができないため、歩留まりの低下が考えられる。しかしながら、上記構成を有する本出願第9の発明の半導体装置によると、前記半田ボールと前記配線部との接合部に厚さ約3μm以上のCu-Sn系合金層が形成されてなることにより、前記接合部の強度の向上を図ることができ、前記接合部近傍での破断・亀裂の発生を低減することができるため、前記破断・亀裂が原因による半田ボールの剥脱を少なくすることができる。これにより、半導体装置の生産性が向上し、前記接合部における信頼性が向上し、歩留まりが良好な半導体装置として得ることができる。

【0027】また、本出願第10の発明は、半導体チッ

プ上にフィルム基板を介してCuを含む配線部を設置した後前記半導体チップと前記フィルム基板とを接合し、前記配線部上の所定の位置に設けられたランドにSn及びPbを含む半田ボールを設置した後、前記半田ボールの融点以上で不活性雰囲気又は還元性雰囲気下所定時間保持することにより得られ、前記半田ボール中に形成されたPb塊の単位断面積当たりの分散密度が 20×10^4 個/mm³以下であることを特徴とする半導体装置である。

【0028】ここで、形成されている前記Pb塊の単位断面積当たりの分散密度が 20×10^4 個/mm³以下である場合には、前記Pb塊により半田ボール内に歪みが生じやすくなり、温度サイクル試験等において前記接合部での破断・亀裂の発生の可能性が生じ、半田ボールの剥脱を止めることができないため、歩留まりの低下が考えられる。しかしながら、上記構成を有する本出願第10の発明の半導体装置によると、前記半田ボール中に形成されたPb塊の単位断面積当たりの分散密度が 20×10^4 個/mm³以下であることにより、半田ボール内に生じる歪みを低減することができるため、前記接合部近傍での破断・亀裂の発生を低減することができるため、前記破断・亀裂が原因による半田ボールの剥脱を少なくすることができる。これにより、半導体装置の生産性が向上し、前記接合部における信頼性が向上し、歩留まりが良好な半導体装置として得ることができる。

【0029】また、本出願第11の発明は、半導体チップ上にフィルム基板を介してCuを含む配線部を設置した後前記半導体チップと前記フィルム基板とを接合し、前記配線部上の所定の位置に設けられたランドにSn及びPbを含む半田ボールを設置した後、前記半田ボールの融点以上で不活性雰囲気又は還元性雰囲気下所定時間保持することにより得られ、前記半田ボール中に形成されたPb塊の平均断面積が10μm²以下であることを特徴とする半導体装置である。

【0030】ここで、前記Pb塊の平均断面積が10μm²以上である場合には、前記Pb塊により半田ボール内に歪みが生じやすくなり、温度サイクル試験等において前記接合部での破断・亀裂の発生の可能性が生じ、半田ボールの剥脱を止めることができないため、歩留まりの低下が考えられる。しかしながら、上記構成を有する本出願第4の発明の半導体装置によると、前記半田ボール中に形成されたPb塊の平均断面積が10μm²以下であることにより、半田ボール内に生じる歪みを低減することができるため、前記接合部近傍での破断・亀裂の発生を低減することができるため、前記破断・亀裂が原因による半田ボールの剥脱を少なくすることができる。これにより、半導体装置の生産性が向上し、前記接合部における信頼性が向上し、歩留まりが良好な半導体装置として得ることができる。

【0031】また、本出願第12の発明は、半導体チッ

ブ上にフィルム基板を介してCuを含む配線部を設置した後前記半導体チップと前記フィルム基板とを接合し、前記配線部上の所定の位置に設けられたランドにSn及びPbを含む半田ボールを設置した後、前記半田ボールの融点以上で不活性雰囲気又は還元性雰囲気下所定時間保持することにより得られ、前記半田ボールとプリント板とが接合されてなり、前記半田ボールと前記配線部との接合部をCu-Sn系合金層で強化させたことを特徴とする半導体装置である。

【0032】ここで、前記半田ボールと前記配線部との接合部がCu-Sn系合金層で強化されていないと、温度サイクル試験等において前記接合部での破断・亀裂の発生の可能性が生じ、半田ボールの剥脱を止めることができないため、歩留まりの低下が考えられる。しかしながら、上記構成を有する本出願第12の発明の半導体装置によると、前記半田ボールとプリント板とが接合されてなり、前記半田ボールと前記配線部との接合部をCu-Sn系合金層で強化させたことにより、プリント板34とも接合されてなる半田ボール11と前記配線部2との前記接合部近傍での破断・亀裂の発生を低減することができるため、前記破断・亀裂が原因による半田ボールの剥脱を少なくすることができる。これにより、半導体装置の生産性が向上し、前記接合部における信頼性が向上し、歩留まりが良好な半導体装置として得ることができる。

【0033】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態に係る半導体装置を、図面を参照して説明するが、以下の実施の形態は本発明に係る半導体装置の一例にすぎない。図1は、本発明の一実施の形態に係る半導体装置を示す断面図である。図2は、図1に示される半導体装置において、半田ボール11としてSn-Pb共晶半田(Sn含有率：63%、Pb含有率：37%)からなる半田ボールを用いた場合の半田ボール11部分の拡大断面図(模式図)である。図3は、図1に示される半導体装置の一製造工程を示す図である。図4は、図1に示される半導体装置の一製造工程を示す図である。図5は、半田ボール11にSn-Cu共晶半田からなる半田ボールを用い、図3・図4(a)～(g)に示される工程により得られた装置を、図4(h)に示す工程において半田ボール11の融点以上の温度で所定時間N₂雰囲気下保持した後図4(i)に示す工程にてプリント板と半田ボールとを接合した後の半田ボール11と配線部7との接合部における剪断強度を測定した結果を示す図である。図6は、図5に示される剪断強度の測定方法の一例を示す図である。

【0034】 本実施の形態に係る半導体装置は、図1(a)に示すように、半導体チップ1に接続されCuを含む配線部2と、前記配線部2に接合されSnを含む半田ボール11とを有してなる。すなわち、半導体チップ

1に接続されCuを含む配線部4と、前記配線部4の主面で接合されSnを含む半田ボール11と、前記配線部2と前記半田ボール11との接合面と反対側面で前記配線部2と接するフィルム基板3とを有してなり、前記配線部2から前記フィルム基板3の前記配線部2との接合面と反対側面にかけて前記フィルム基板3を貫通する孔4が設けられ、前記孔4に金属5が充填されてなり、前記孔4の開口部の前記金属5の表面にAu層6が形成されている。なお、本実施の形態に係る半導体装置においては、半導体チップ1上に設置された電極部12の直上に孔4が設置され、前記孔4に充填された金属5を介して半田ボール11と前記電極部12とが接合されているが、必ずしも前記電極部12の直上に半田ボール11が設置されている必要はない。また、図1(a)に示される本実施の形態に係る半導体装置は、図1(c)に示されるように、前記半田ボール11とプリント板34とが接合されてなる。

【0035】また、半田ボール11はSnを主成分とするものであり、例えばSn-Pb系合金やSn-Ag系合金、若しくはSnを主体としてAg、Cu、An、Bi、Ni、Cd、S、As、Zn等を含むPbフリー半田等を用いて形成される。また、図1(a)において、半田ボール11と配線部2との接合部すなわちランド7近傍を拡大した図を図1(b)に示す。図1(b)に示されるように、半田ボール11と前記配線部2との接合部、すなわち、前記配線部2にて半田ボール11が設置されているランド7部分には、強固なCu-Sn系合金層が形成されている。以上のように、半田ボール11と前記配線部2との接合部にCu-Sn系合金層が設けられていることにより、前記接合部近傍での破断・亀裂の発生を低減することができるため、前記破断・亀裂が原因による半田ボール11の剥脱を少なくすることができる。その結果、半導体装置の生産性が向上し、歩留まりをより高めることができる。前記接合部近傍での破断・亀裂の発生を低減するためには、Cu-Sn系合金層の厚さは1.87μm以上であることが好ましく、2μm以上であるとより好ましく、3μm以上であるとさらに好ましい。

【0036】また、半田ボール11にSn以外の含有物が含まれている場合、この含有物は一般に塊状で存在することが多い。この塊が大きくなればなるほど半田ボール11中に歪みが生じやすくなり破断・亀裂が発生しやすくなるため、前記含有物はより小さな塊に分散化して形成されているのが好ましい。例えば、前記半田ボール11にSn以外にPbが含まれる場合、半田ボール11中にPbからなる塊が形成されてなり、前記塊はより小さく且つより分散化されて形成されてなることが好ましい。

【0037】次に、図1に示される半導体装置の製造工程について、図3及び図4を参照して説明する。まず、

フィルム基板3へ配線部2を設置する一製造工程について、図3を参照して説明する。図3(a)に示されるように、フィルム基板3の一主面にCuを含む配線部2を設置する。また、前記フィルム基板3の前記配線部2の設置面と反対側の面には接着剤31が施されている。フィルム基板3には、ポリイミド等250以上の温度条件に耐えうる材料を用い、接着剤31にはポリイミド系を用いる。次に、図3(a)に示されるフィルム基板3上の配線部2を所定の形状にパターンニングした後(図3(b)参照)、前記配線部2及びフィルム基板3の外部に露出している表面にレジスト32を施す(図3(c)参照)。続いて、前記接着剤31から前記配線部2にかけて前記フィルム基板3を貫通する孔4を形成する(図3(d)参照)。係る孔4の形成にはレーザ等の工具を用いる。さらに、前記孔4にCu又はAl等の金属5を充填した(図3(e)参照)後、前記孔4の開口部の前記金属5の表面にAu層6を形成する(図3(f)参照)。以上の工程により、一主面に配線部2が形成されたフィルム基板3を有してなるテープ基板33を得る。なお、図3は、フィルム基板3に設置された1個のランド7を拡大して示したものであって、このフィルム基板3上には、後の工程において半田ボール101を設置するためのランド7が複数設置されている。

【0038】次に、図3に示される工程により得られたテープ基板33を用いて半田ボール11を設置する一製造工程について、図4を参照して説明する。まず、図3に示される工程により得られたテープ基板33を、前記テープ基板33における前記Au層6が設置された側の面を上にして設置した後(図4(a)参照)、前記テープ基板33の両端部それぞれにCu又はステンレス等からなるスティフィナ41を取り付ける(図4(b)参照)。続いて、2のスティフィナ41間に1の半導体チップ1を設置し、前記Au層6と前記半導体チップ1に設置されるAl等からなる電極部とを接続する(図4(c)参照)。係る接続はボンディングツールを用いて熱及び超音波を併用して行う。続いて、必要に応じて、前記テープ基板33と前記半導体チップ1との間に補強樹脂42を注入し硬化させることにより、前記テープ基板33と前記半導体チップ1との間の接続部の補強を行う(図4(d)参照)。前記補強樹脂42としてはエポキシ樹脂等の液状樹脂を用いる。続いて、半導体チップ1において、テープ基板33との接続面の反対側の面に、Cu、Al、SiC等からなる蓋部43を設置して常圧下封止する(図4(e)参照)。この場合、前記蓋部43の半導体チップ1との接続面には、Agペースト・Cuペースト等の導電性接着剤44を施しておき、前記封止により係る導電性接着剤44を加熱硬化するとともに、ベルト炉やオープンにより常圧封止する。次に、テープ基板33のフィルム基板3に設置されたレジスト32の所定の位置にエッチング等により溝を形成するこ

とにより半田ボール11を設置するためのランド7(図示しない)を設けた後、位置決め工具45を用いて、前記テープ基板33に設置された前記配線部2上の各ランド7に半田ボール11を減圧吸引しながら取り付け(図4(f)参照)後、前記半田ボール11と前記ランド7との接合部周辺にフラックス(図示しない)を塗布し、しかる後に、前記半田ボール11をリフローさせることにより前記ランド7と前記半田ボール11とを接合する。その後、必要であれば、前述した工程において用いたフラックスを洗浄する。以上の工程により得られた装置(図4(g)参照)を不活性雰囲気又は還元性雰囲気下半田ボール11の融点以上の温度で所定時間保持する(図4(h)参照)。以上の工程により得られた装置に対し、動作特性及び物理的損傷の耐久性を決定する等のために温度サイクル試験を行った後に選別・検査等を行い、しかる後に前記半田ボール11をリフローさせることによりプリント板34と半田ボール11とを接合して前記装置をプリント板34に実装し(図4(i)参照)、最終的な製品である半導体装置を得る。前述したように、図4(g)に示される装置を不活性雰囲気又は還元性雰囲気下半田ボール11の融点以上の温度で所定時間保持することにより、半田ボール11中のSnと前記ランド7中のCuが合金化され、前記半田ボール11と前記ランド7との接合部近傍にCu-Sn合金が形成される。ここで、不活性雰囲気とは、半田ボール11及びランド部7と反応しない気体、例えば、N₂、Ar、He、Ne等、若しくはこれらを混合したものをいい、還元性雰囲気下とは還元性を有する気体、例えばCOやH₂等をいう。以上のように、前記装置を不活性雰囲気又は還元性雰囲気下半田ボール11の融点以上の温度で所定時間保持することにより、半田ボール11中のSnが前記配線部2のCuマトリックス中へと液相拡散し、前記接合部近傍に半田ボール11の剥脱を防ぐために十分な厚みを有するCu-Sn系合金層が形成されることから、図4(i)に示される工程において、半田ボール11が前記半田ボール11と前記配線部2との接合部における強度を向上させることができるため、プリント板34とも接合されてなる半田ボール11と前記配線部2との前記接合部近傍での破断・亀裂の発生率を低減することができる。これにより、前記破断・亀裂の発生による欠陥品の発生を少なくすることができるため、半導体装置の生産性の向上を図ることができる。

【0039】なお、本実施の形態においては、図3(f)に示されるように、ランド7にAuからなる薄膜を形成せずにランド7に半田ボール11を設置した場合を示した。一般に、ランド7にAuからなる薄膜を形成してから半田ボールを前記ランド7に設置することにより、配線部2の酸化を防止するとともに合金化を促進することができることから、本実施の形態においても、図9に示される従来の半導体装置の製造工程と同様に、ラ

ンド7にAuからなる薄膜を形成してから前記ランド7に半田ボール11を設置してもよい。これにより、前記配線部2における酸化を防止することができる。

【0040】

【実施例1】続いて、図1に示される本実施の形態に係る半導体装置において、半田ボール11としてSn-Pb共晶半田(Sn含有率：63%、Pb含有率：37%)からなる半田ボールを用いた場合の一実施例を示す。本実施例に係る半田ボール11部分の拡大図を図2に示す。図2に示されるように、前記半田ボール11の前記配線部2との接合部近傍にはCu-Sn系合金層が形成されてなる。図2に示される本発明の半導体装置に設置された半田ボール11においては、各半田ボール11においてCu-Sn系合金層が1.87~4.0μm形成されており、特に3.0~4.0μm形成されているものが多かった。一方、図8に示される従来の半導体装置に設置される半田ボール101においては、Cu-Sn系合金層が1.00~1.50μm形成されていた。これにより図2に示される本発明の半導体装置のほうが強固なCu-Sn系合金層がより厚く形成されているのが分かった。以上により半田ボール11の剥脱を防止するためには、前記Cu-Sn系合金層が少なくとも1.87μm以上形成されていることが望ましい。このように、十分な厚さのCu-Sn系合金層が前記接合部近傍に形成されている結果として、前記半田ボール11と前記配線部2との接合部において強度が高められるため前記接合部近傍での破断・亀裂の発生率を低減することができる。これにより前記破断・亀裂の発生による欠陥品の発生を少なくすることができるため歩留まりが良好な装置として得ることができる。

【0041】また、前述したように、半田ボール11にSn以外の含有物が含まれている場合、この含有物は一般に塊状で存在することが多く、図2に示される半田ボール11においては、半田ボール11の原材料中に含まれるPbが塊として含有される。以下、前記Pbから形成された塊をPb塊と略す。このPb塊が大きくなればなるほど半田ボール11中に歪みが生じやすくなり破断・亀裂が発生しやすくなるため、前記Pb塊はより小さく分散化されて形成されてなるほうが好ましい。図2に示される半田ボール11においては、前記Pb塊の単位断面積当たりの分散密度が 20×10^4 個/mm³以上であった。一方、図8に示される従来の半導体装置に設置された半田ボール101中に形成されたPb塊の単位断面積当たりの分散密度は 15×10^4 個/mm³であった。以上のことから本発明の半導体装置に設置された半田ボール11は、従来の半導体装置に設置された半田ボール101と比較して、含有するPb塊がより分散化され形成されているといえる。さらに、図2に示される半田ボール11においては、前記Pb塊の断面積は1~10μm²であった。一方、図8に示される従来の半導

体装置に設置された半田ボール101中に形成されたPb塊の断面積は10~30μm²であった。以上のことから、本発明の半導体装置に設置された半田ボール11は、従来の半導体装置に設置された半田ボール101と比較して、含有するPb塊がより微細であるといえる。このように、図2に示される本発明の半導体装置は、前記半導体装置に設置された半田ボール11中にPb塊がより微細化され且つ分散化されて形成されているため、半田ボール11中に歪みが生じにくく、前記半田ボール11と前記配線部2との接合部における破断・亀裂の発生を低減することができる。以上のことから、破断・亀裂の発生による欠陥品の発生を少なくすることができるため、歩留まりがより良好な装置として得ることができる。

【0042】

【実施例2】次に、実施例1と同様に、半田ボール11にSn-Cu共晶半田からなる半田ボールを用い、図3及び図4(a)~(g)に示される工程により得られた装置を、図4(h)において不活性雰囲気としてN₂を用い、N₂雰囲気下半田ボール11の融点以上の温度で所定時間下保持した後、図4(i)においてプリント板34と半田ボール11とを接合した後の半田ボール11と配線部7との接合部における剪断強度を測定した結果を示す。前記接合部における剪断強度と保持時間との関係を図5に示す。図5においては、横軸はN₂雰囲気下で装置を保持した時間(保持時間・単位：時間)、縦軸は剪断強度(単位：gf)であり、○は半田ボール11の融点以上(Sn-Cu共晶半田の融点は183)である240で保持した場合の各時間における剪断強度を示し、●は比較例として、半田ボール11の融点以下である150で保持した場合の各時間における剪断強度を示す。また、前記剪断強度は、図6に示されるように、半田ボール11と前記配線部2との接合部において半田ボール11と前記配線部2との前記接合面と略平行方向(矢印A方向)に測定ツール61を用いて半田ボール11を剪断した際に測定された強度である。本実施例に係る半導体装置は、半田ボール11の直径が0.5mmであり、搭載された半田ボール11のピッチ(隣接する半田ボール11の中心間の距離)が0.8mm、ランド7(半田ボール11と配線部2との接合部)の直径が0.4mmであるように設置されたものである。図5に示されるように、半田ボール11の融点以下で前記装置を保持した場合と比較して、半田ボール11の融点以上で前記装置を保持した場合の方が半田ボール11と前記配線部2との接合部における剪断強度が向上した。これは、半田ボール11の融点以上で前記装置を保持することにより、半田ボール11中のSnが前記配線部2のCuへと液相拡散し、前記接合部近傍にCu-Sn系合金層が形成されるためであると推測され、これにより、前記半田ボール11と前記配線部2との接合部における強

度を向上させることができる。特に、半田ボール 11 の融点以上で前記装置を保持した場合、1 時間以上保持することにより剪断強度を 680 gf 以上に向上させることができ、半田ボール 11 とプリント板 34 とが接合されてなる装置において、前記半田ボール 11 と前記配線部 2 との前記接合部近傍における半田ボール 11 の剥脱を十分防止するために十分な強度を得ることができる。

【0043】また、本実施例に用いた半田ボール 11 は共晶半田から形成されたものであるため、半田ボール 11 *

元素又は合金	熱膨張係数 (ppm)	密度 (g/cm ³)
Cu	16.8	8.93
Pb	29	11.34
Sn	21	7.28
Cu-Sn 合金	17.1~17.8	---

前記 Pb 塊が大きくなればなるほど半田ボール 11 中に歪みが生じやすくなり破断・亀裂が発生しやすくなるため、半田ボール 11 中に発生する歪みを少なくするためには、前記 Pb 塊は小さいほうが好ましいといえる。一方、表 1 によると、Cu、Cu-Sn 合金、及び Sn の熱膨張係数と比較して Pb の熱膨張係数は大きい。Pb の密度もまた Cu 及び Sn の密度と比較して大きいことが分かる。そのため、得られた半導体装置に対して温度サイクル試験等（半田ボール 11 の融点よりも低い温度での熱処理）を行った場合、Pb の熱膨張係数が他の成分より大きいことから、Pb 塊は半田ボール 11 の他の部分よりも膨張するため、Pb 塊の部分に歪みが多く発生すると考えられる。すなわち、半田ボール 11 中に含まれる Pb 塊が大きければ大きいほど半田ボール 11 内により大きな歪みが生じ、半田ボールの破断・亀裂が発生しやすくなる。しかしながら、本実施例においては、半田ボール 11 の融点以上の温度で熱処理を行うことにより、図 2 に示されるように、半田ボール 11 内に含まれる元素の結晶構造が変化し、前記熱処理工程を経ずに得られた従来の半導体装置（図 8 参照）と比較して、Pb から形成される塊（Pb 塊）がより微細化され且つ分散して形成されている。このように、本実施例に係る熱処理を経ることにより得られた半導体装置では、半田ボール 11 に含まれる Pb 塊が微細化されて形成されているため Pb 塊の部分から生じる歪みを小さくすることができる。以上により、半田ボール 11 と配線部 2 との接合部における接合強度を高めることができる。

【0044】なお、本実施例においては、半田ボール 11 の材質が Sn-Pb 共晶半田である場合を示したが、半田ボール 11 の材質はこれに限定されず、Sn を含むものであればよく、例えば、Sn-Ag 系合金や、Sn を主成分とし、Ag、Cu、Zn、Cd、Ni、S、A

* 1 中に Pb を含有してなり、前記半田ボール 11 は、図 2 に示されるような成分分布を有する。図 2 に示されるように、Pb は半田ボール 11 中において塊（以下、Pb 塊と略す）として存在する。表 1 に、前記半田ボール 11 に含まれる主成分（Cu、Pb、Sn、Cu-Sn 合金）の熱膨張係数（単位：ppm）及び密度（単位：g/cm³）を示す。

【表 1】

s、Bi を含む Pb フリー半田等を用いてもよい。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の一実施の形態に係る半導体装置を示す断面図である。

【図 2】 図 1 に示される半導体装置において、半田ボールとして Sn-Pb 共晶半田（Sn 含有率：63%、Pb 含有率：37%）からなる半田ボールを用いた場合の半田ボール部分の拡大断面図（模式図）である。

【図 3】 図 1 に示される半導体装置の一製造工程を示す図である。

【図 4】 図 1 に示される半導体装置の一製造工程を示す図である。

【図 5】 半田ボール 11 に Sn-Cu 共晶半田からなる半田ボールを用い、図 3・図 4(a)~(g) に示される工程により得られた装置を、図 4(h) において半田ボールの融点以上の温度で所定時間 N₂ 雰囲気下保持した後、プリント板と半田ボールとを接合した後の半田ボールと配線部との接合部における剪断強度を測定した結果を示す図である。

【図 6】 図 5 に示される剪断強度の測定方法の一例を示す図である。

【図 7】 従来の半導体装置を示す図である。

【図 8】 図 7 に示される従来の半導体装置において、半田ボールとして Sn-Pb 共晶半田（Sn 含有率：63%、Pb 含有率：37%）からなる半田ボールを用いた場合の半田ボール部分の拡大断面図（模式図）である。

【図 9】 従来の半導体装置の一製造工程を示す図である。

【図 10】 従来の半導体装置の一製造工程を示す図である。

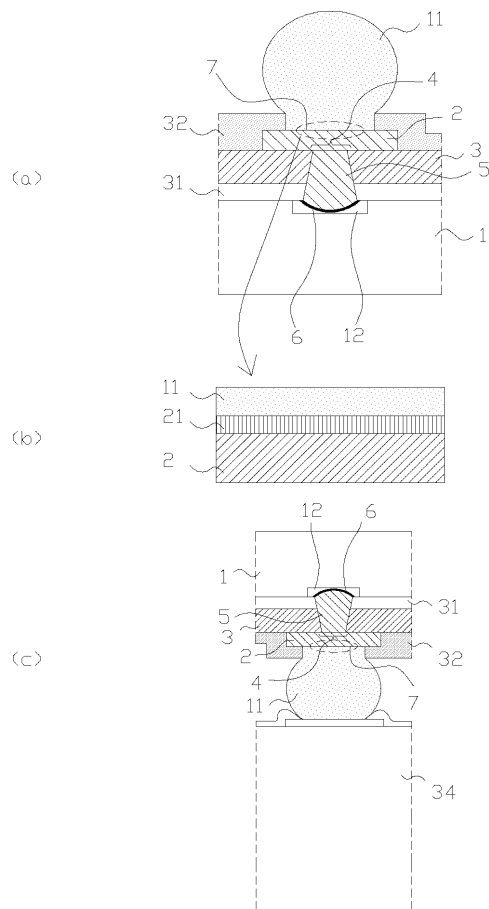
【符号の説明】

1 半導体チップ
2 配線部

19

3	フィルム基板
4	孔
5	金属
6	Au層
7	ランド
8	Au層
11	半田ボール
12	電極部
21	Cu-Sn系合金層
22	Sn
23	Pn塊
31	接着剤
32	レジスト
33	テープ基板

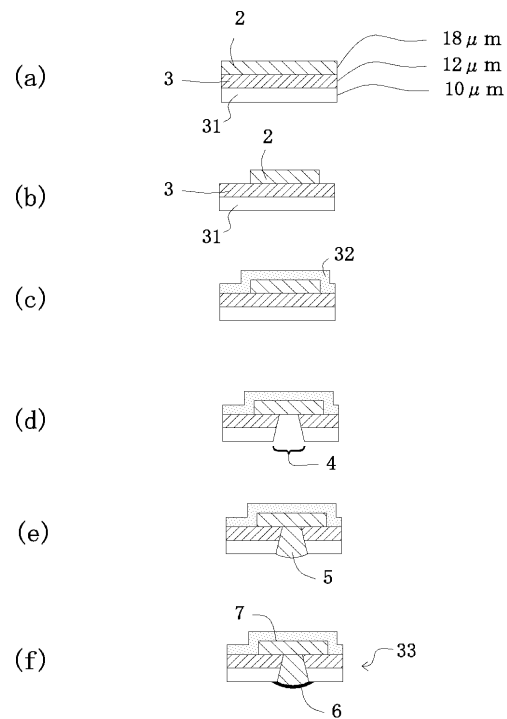
【図1】



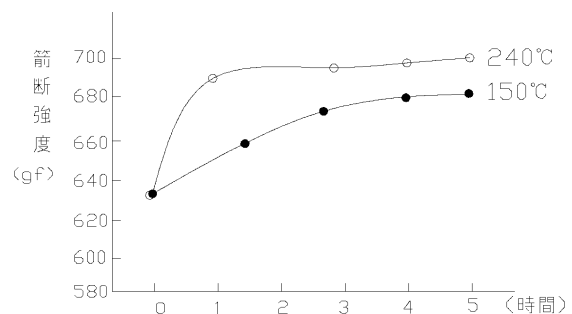
20

34	プリント板
41	スティフィナ
42	補強樹脂
43	蓋部
44	導電性接着剤
45	位置決め工具
46	エポキシ樹脂又はシリコン樹脂
61	測定ツール
81	Cu-Sn系合金層
82	Sn
83	Pn塊
93	テープ基板
101	半田ボール

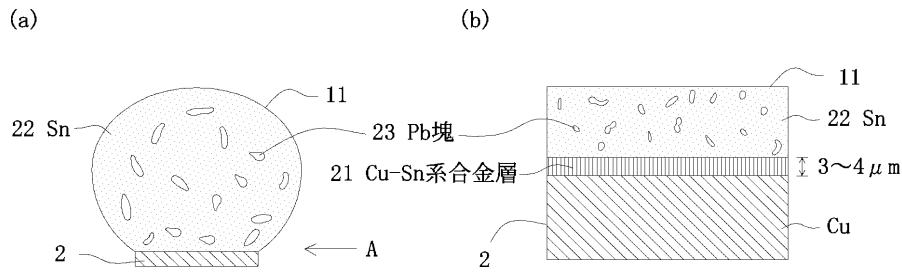
【図3】



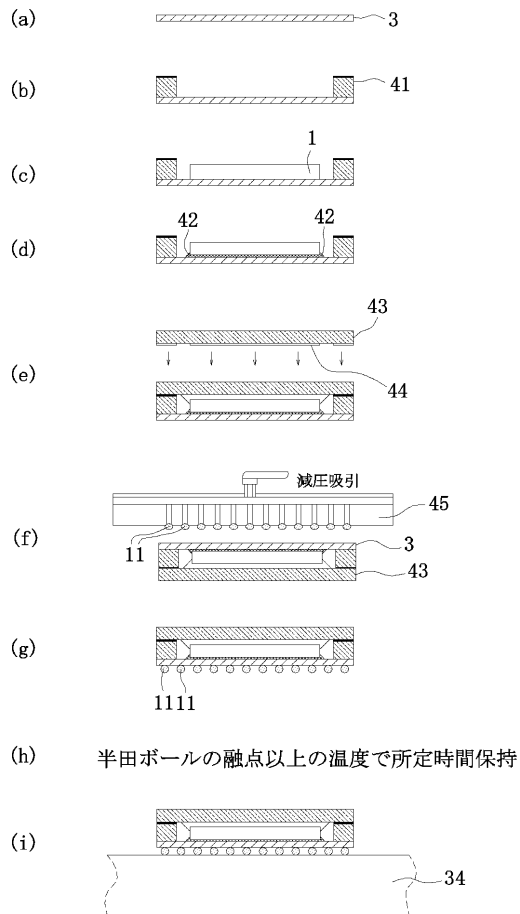
【図5】



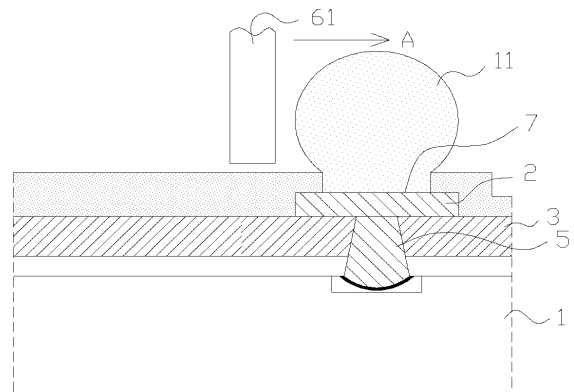
【図2】



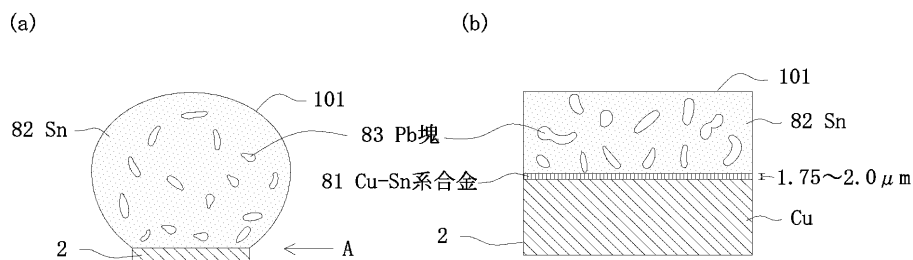
【図4】



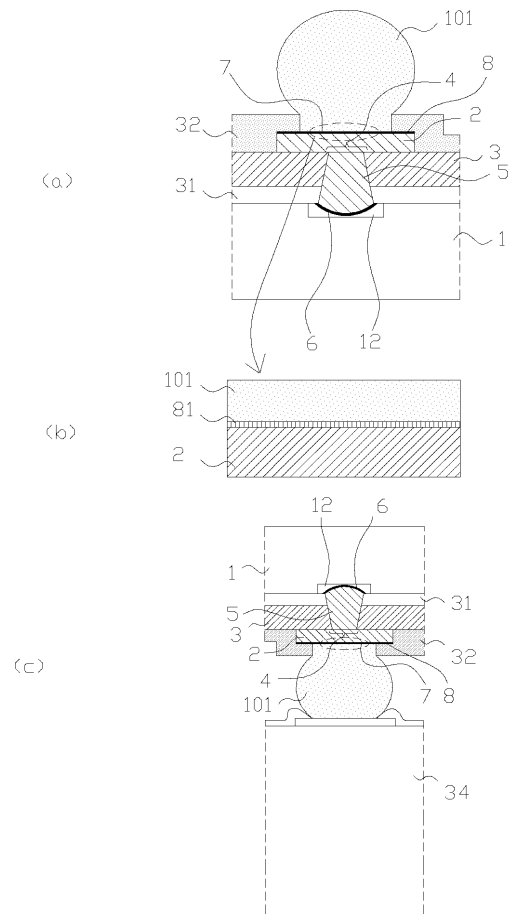
【図6】



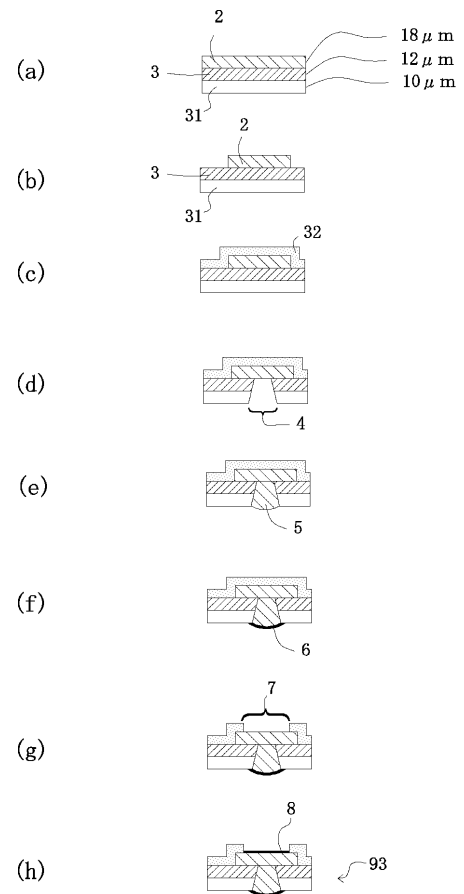
【図8】



【図 7】



【図 9】



【図 10】

