

明 細 書

発明の名称：半導体装置の製造装置および製造方法

技術分野

[0001] 本明細書は、基板に１以上のチップをボンディングすることで半導体装置を製造する製造装置および製造方法を開示する。

背景技術

[0002] 従来から、基板に１以上のチップを実装して半導体装置を製造する製造装置が知られている。かかる製造装置は、チップを吸引保持する実装ツールを有しており、チップを基板に配置する際には、チップが所望の位置に配置されるように、当該実装ツールを移動させる。さらに、チップを基板に配置する際には、基板に対面するチップの接合面が、基板の実装面に対して平行であることも重要となる。チップが実装面に対して傾いていると、チップが基板に対して実装上の不良を生じる。例えば、チップの bumps 電極と基板の電極との間で、電気的な接合不良が生じる可能性がある。

[0003] ここで、特許文献１には、フラットパネルディスプレイに設けられた電極に、ＩＣ部品を仮圧着する際に、搭載状態のＩＣ部品の電極に対する位置ズレ量を、カメラで検出し、位置ズレ量が不適合な場合には、位置ズレ量をフィードバックして、次のＩＣ部品の仮圧着動作を補正することが開示されている。また、特許文献１には、bumps と電極との接合状態を検出し、不適合な場合には、ＩＣ部品とディスプレイとの平行度が許容範囲を超えているものとして警告を出力することも開示されている。かかる特許文献１の技術によれば、位置ズレ量が適宜、検出され、フィードバックされるため、ＩＣ部品の位置決め精度を高く保つことができる。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献１：特許第３３２３３９５号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかし、特許文献1の技術では、平行度については、良否を判定しているだけであり、フィードバックされていない。そのため、特許文献1等の従来技術では、チップの基板に対する平行度を高く保つことができなかった。

[0006] そこで、本明細書では、基板に対するチップの平行度をより向上できる半導体装置の製造装置を開示する。

課題を解決するための手段

[0007] 本明細書で開示する半導体装置の製造装置は、基板が載置される載置面を有するステージと、チップを保持するチップ保持面を有し、前記ステージに載置された前記基板に前記チップを配置する実装ヘッドと、前記実装ヘッドにより前記基板の実装面に載置されたチップの前記実装面に対する傾斜角を検出傾斜角として測定する測定機構と、前記チップ保持面の前記載置面に対する傾斜角である保持面傾斜角を変更する保持面調整機構と、前記検出傾斜角に基づいて前記保持面傾斜角の補正量を算出し、算出された前記補正量に応じて前記保持面調整機構により前記保持面傾斜角を変更させる、コントローラと、を備えることを特徴とする。

[0008] この場合、前記コントローラは、過去に測定された複数の前記検出傾斜角を記憶しており、前記コントローラは、前記複数の検出傾斜角それぞれから、前記保持面傾斜角の補正の影響を除去した基本傾斜角を求め、前記基本傾斜角の基板間での変化傾向に応じて、前記補正量の算出ポリシーを変更してもよい。

[0009] また、前記コントローラは、前記基本傾斜角の基板間でのばらつきが、規定の許容値以下の場合、直近の基板について得られた前記検出傾斜角を相殺する値を前記補正量として算出してもよい。

[0010] また、前記コントローラは、前記基本傾斜角が基板間で所定の規則性をもって変化する場合、前記規則性に従って次の基板の基本傾斜角を推定し、これを相殺する値を前記補正量として算出してもよい。

[0011] また、前記コントローラは、前記基本傾斜角が基板間でランダムに変化する

る場合、前記複数の基板について得られた前記複数の基本傾斜角の代表値を次の基板の基本傾斜角として推定し、これを相殺する値を前記補正量として算出してもよい。

[0012] また、前記コントローラは、一つの基板に載置された複数のチップそれぞれについて前記検出傾斜角が得られた場合、複数のチップについて得られた複数の検出傾斜角の代表値を、前記一つの基板の前記検出傾斜角として取り扱ってもよい。

[0013] また、前記コントローラは、一つの基板に載置された複数のチップそれぞれについて前記検出傾斜角が得られた場合、各チップの前記基板内の位置と、各チップの前記検出傾斜角と、の対応関係を記録したマップを生成し、前記マップに基づいて、各チップ位置それぞれについて前記補正量を算出してもよい。

[0014] また、前記実装ヘッドは、前記チップ保持面を含む実装ツールと、前記実装ツールを保持する球面空気軸受と、を有しており、前記球面空気軸受は、前記実装ツールをその揺動を許容した状態で保持するフリー状態と、前記実装ツールをその揺動を阻害した状態で保持するロック状態と、に切り替え可能であり、前記保持面調整機構は、前記チップ保持面が当接する傾斜板と、前記傾斜板を支持する複数の支持柱であって、互いに独立して進退することで前記傾斜板の角度を任意に変更する複数の支持柱と、を有してもよい。

[0015] 本明細書で開示する半導体装置の製造方法は、実装ツールのチップ保持面でチップを保持し、前記実装ツールを移動させて前記チップを、ステージの載置面に載置された基板の実装面に載置するボンディングステップと、前記実装面に載置されたチップの上面と前記実装面との傾斜角を検出傾斜角として測定する測定ステップと、前記検出傾斜角に基づいて、前記チップ保持面の前記ステージに対する傾斜角である保持面傾斜角の補正量を算出する補正量算出ステップと、前記保持面傾斜角を変更する保持面調整機構により、前記保持面傾斜角を前記補正量に応じて変更する補正ステップと、を備えることを特徴とする。

発明の効果

[0016] 本明細書で開示する技術によれば、基板に対するチップの平行度をより向上できる。

図面の簡単な説明

- [0017] [図1]製造装置の構成を示すイメージ図である。
- [図2]保持面調整機構の構成を示すイメージ図である。
- [図3A]チップのボンディング処理の様子を示すイメージ図である。
- [図3B]保持面傾斜角を補正した様子を示すイメージ図である。
- [図4]本例の製造装置による半導体装置の製造の流れを示すフローチャートである。
- [図5]図4のフローに従って処理を実行した場合における各種パラメータの変化の一例を示す図である。
- [図6A]基本傾斜角の変化傾向の一例を示す図である。
- [図6B]基本傾斜角の変化傾向の他の一例を示す図である。
- [図6C]基本傾斜角の変化傾向の他の一例を示す図である。
- [図7]補正量算出ステップの詳細な流れを示すフローチャートである。
- [図8]半導体装置の製造の流れの他の例を示すフローチャートである。
- [図9]検出傾斜角の位置ごとのばらつきの様子を示すイメージ図である。

発明を実施するための形態

- [0018] 以下、図面を参照して半導体装置の製造装置10の構成について説明する。図1は、製造装置10の構成を示すイメージ図である。製造装置10は、電子部品であるチップ100をフェースダウンの状態では、基板110上に実装することで半導体装置を製造する装置である。製造装置10は、基板110が載置されるステージ12と、基板110にチップ100を実装する実装ヘッド14と、実装後のチップ100の基板110に対する平行度を測定する測定機構16と、実装ヘッド14のチップ保持面26の傾きを変更する保持面調整機構18と、実装ヘッド14や保持面調整機構18の駆動を制御するコントローラ20と、を備えている。

- [0019] ステージ１２は、基板１１０を吸引保持可能であり、その内部には、基板１１０を加温するためのヒータ（図示せず）が搭載されている。このステージ１２の加温および吸引は、後述するコントローラ２０で制御される。ステージ１２の上面は、基板１１０が載置される載置面２１として機能する。なお、本例のステージ１２は、その鉛直方向および水平方向の位置が不変の固定ステージであるが、場合によっては、ステージ１２を鉛直方向および水平方向の少なくとも一方に可動としてもよい。
- [0020] 実装ヘッド１４は、チップ１００を吸引保持する実装ツール２２と、当該実装ツール２２を水平方向および鉛直方向に移動させる移動機構（図示せず）と、を備えている。実装ツール２２は、基板１１０と対向して配置されており、その先端面は、チップ１００を吸引保持するチップ保持面２６として機能する。また、実装ツール２２の内部には、保持したチップ１００を加熱するためのヒータ（図示せず）が、内蔵されている。実装ツール２２は、チップ保持面２６でチップ１００を吸引保持したうえで、当該チップ１００を基板１１０の表面（以下「実装面１１２」という）に載置し、加圧加熱することで、チップ１００を基板１１０にボンディングする。
- [0021] また、本例の実装ヘッド１４は、球面空気軸受２８を有している。球面空気軸受２８は、固定部２８ａと可動部２８ｂとを有しており、固定部２８ａおよび可動部２８ｂの一方が、凹状の半球面を、他方が、当該凹状の半球面の内部で摺動する凸状の半球面を有している。可動部２８ｂの固定部２８ａに対する揺動は、両者の間のギャップのエアを吸引または供給することで制御される。すなわち、固定部２８ａに対する可動部２８ｂの三次元的な揺動は、ギャップにエアを供給することで許容され、ギャップ内のエアを吸引することで阻害される。以下では、エアが供給されて可動部２８ｂの揺動が許容された状態を「フリー状態」と呼び、エアが吸引されて可動部２８ｂの揺動が阻害された状態を「ロック状態」と呼ぶ。本例では、球面空気軸受２８の可動部２８ｂを実装ツール２２に、固定部２８ａを実装ヘッド１４の本体２３に取り付けている。この場合、この球面空気軸受２８をフリー状態にし

たうえで、チップ保持面 26 を、所望の面に押し付けることで、チップ保持面 26 を所望の面と平行にすることができる。換言すれば、球面空気軸受 28 を設けることで、実装ツール 22 の本体 23 に対する揺動、ひいては、チップ保持面 26 の載置面 21 に対する傾斜角度（以下「保持面傾斜角 S_b 」という）を変更できる。

[0022] チップ 100 を基板 110 に実装する際には、チップ保持面 26 でチップ 100 を保持した状態で、実装ツール 22 を基板 110 に向かって下降させ、チップ 100 を基板 110 の実装面 112 に載置する。そして、その状態で、チップ 100 を加熱加圧することで、チップ 100 の底面に設けられたバンプ 102（図 3 A、図 3 B 参照）を、基板 110 の電極 114（図 3 A、図 3 B 参照）に溶着させる。

[0023] 測定機構 16 は、チップ 100 の基板 110 への実装状態、特に、実装面 112 に対するチップ 100 の傾斜角を測定する。測定されたチップ 100 の傾斜角は、検出傾斜角 S_d として、コントローラ 20 に送信される。コントローラ 20 は、得られた検出傾斜角 S_d に基づいて保持面傾斜角 S_b を補正するが、これについては、後述する。

[0024] 検出傾斜角 S_d の測定方法は、特に限定されず、例えば、接触式の傾斜センサや、非接触式の距離センサ等を用いて測定してもよい。例えば、非接触で距離を測定するレーザ測定器 30 を用いる場合、レーザ測定器 30 は、実装面 112 に設定された複数の基板側測定点までの距離と、チップ 100 の上面に設定された複数のチップ側測定点までの距離と、を測定する。そして、測定機構 16 は、複数の基板側測定点までの距離に基づいて実装面 112 の傾斜角を、複数のチップ側測定点までの距離に基づいてチップ 100 上面の傾斜角を算出し、この二つの傾斜角から、実装面 112 に対するチップ 100 の傾斜角、すなわち、検出傾斜角 S_d を算出する。なお、ここで説明した検出傾斜角 S_d の測定方法は、一例であり、適宜、変更されてもよい。

[0025] 保持面調整機構 18 は、チップ保持面 26 の載置面 21 に対する傾斜角、すなわち、保持面傾斜角 S_b を調整する機構である。具体的には、保持面調

整機構 18 は、チップ保持面 26 を当接させる傾斜板 34 を有している。この傾斜板 34 は、任意に進退可能な複数の支持柱 36 により支持されており、図 2 に示すように、任意の支持柱 36 の突出量を調整することで、傾斜板 34 の傾斜角を変更できる。保持面傾斜角 S_b を調整する場合には、予め、この支持柱 36 を進退させて、この傾斜板 34 を所望の傾斜角に調整するとともに、実装ツール 22 を本体 23 に対して揺動可能なフリー状態としておく。その状態で、チップ保持面 26 を傾斜板 34 に当接させて、チップ保持面 26 を傾斜板 34 に倣わせる。そして、チップ保持面 26 が傾斜板 34 に完全に倣えば、実装ツール 22 をその揺動が阻害されるロック状態に切り替える。これにより、保持面傾斜角 S_b が、傾斜板 34 と同じ傾斜角で固定される。

[0026] コントローラ 20 は、製造装置 10 の各部の駆動を制御する。具体的には、コントローラ 20 は、実装ヘッド 14 を駆動して、チップ 100 を基板 110 にボンディングするボンディング処理を実行する。また、本例のコントローラ 20 は、必要に応じて、保持面調整機構 18 に対してチップ保持面 26 の傾きの補正処理を実行させるが、これについては、後述する。こうしたコントローラ 20 は、各種演算を実行するプロセッサ 38 と、データおよびプログラムを記憶するメモリ 40 と、を有したコンピュータである。

[0027] 次に、保持面傾斜角 S_b の補正処理について説明する。図 3A に示すように、チップ 100 の底面には、電極として機能するバンプ 102 が形成されている。チップ 100 を実装する際には、このバンプ 102 が、基板 110 の電極 114 に接触するように、チップ 100 を基板 110 の実装面 112 に載置したうえで、当該チップ 100 を実装ツール 22 で加熱加圧する。良好な実装品質を確保するためには、この加圧加熱の際に、チップ 100 と実装面 112 とを平行に保つ必要がある。チップ 100 と実装面 112 が平行でない場合、バンプ 102 と電極 114 との間で、電氣的な接合不良が生じる可能性がある。

[0028] そこで、従来の製造装置 10 では、チップ 100 の実装に先立って、チッ

チップ保持面 26 がステージ 12 の載置面 21 と平行になるように、保持面傾斜角 S_b を調整していた。具体的には、チップ 100 の実装に先立って、チップ保持面 26 を載置面 21 に押し当てて、実装ツール 22 を載置面 21 に倣わしていた。

[0029] しかしながら、従来の製造装置 10 は、実装ツール 22 のステージ 12 に対する傾きを調整しているに過ぎないため、基板 110 の実装面 112 に対するチップ 100 の平行度は、十分に担保されなかった。例えば、図 3 A に示すように、チップ保持面 26 を載置面 21 に対して平行に調整したとしても、温度変化や基板 110 の製造誤差等に起因して、基板 110 の上面（実装面 112）が下面に対して傾いていると、チップ 100 が、実装面 112 に対して傾くこととなる。

[0030] そこで、本例では、必要に応じて、チップ 100 の実装面 112 に対する傾斜角を検出傾斜角 S_d として測定し、この検出傾斜角 S_d を相殺するように、保持面傾斜角 S_b を補正している。図 3 B は、補正後の様子を示すイメージ図である。

[0031] 本例では、こうした検出傾斜角 S_d の測定と、保持面傾斜角 S_b の補正と、を基板 110 一枚ごとに実施している。これについて、図 4 を参照して説明する。図 4 は、本例の製造装置 10 による半導体装置の製造の流れを示すフローチャートである。

[0032] 半導体装置を製造する際には、まず、基板 110 を、ステージ 12 に搬送し、載置する（S10）。続いて、実装ヘッド 14 を駆動して、チップ 100 を基板 110 にボンディングする。すなわち、チップ 100 を基板 110 の所定位置に載置し、加熱加圧する（S12）。一枚の基板 110 に、必要な個数のチップ 100 をボンディングできれば、ボンディング後の基板 110 を測定機構 16 に搬送する。

[0033] 測定機構 16 は、実装面 112 に対するチップ 100 の傾斜角を、検出傾斜角 S_d として測定し、コントローラ 20 に送信する（S14）。ここで、一つの基板 110 に複数のチップ 100 が実装されている場合、測定機構 1

6は、複数のチップ100のうち、代表的な一つのチップ100（例えば基板110の中央に実装されたチップ100等）についてのみ検出傾斜角Sdを測定してもよい。また、別の形態として、測定機構16は、複数のチップ100それぞれについて検出傾斜角Sdを測定してもよい。この場合、コントローラ20は、一つの基板110について得られた複数の検出傾斜角Sdの代表値を、当該一つの基板110の検出傾斜角Sdとして取り扱う。ここで、「代表値」とは、データの分布の中心的な位置を表す統計値であり、例えば、平均値や中央値、最頻値である。いずれにしても、コントローラ20は、一つの基板110に、一つの検出傾斜角Sdを対応付けてメモリ40に記憶する。

[0034] 検出傾斜角Sdが得られれば、コントローラ20は、次の基板110の有無を確認する（S16）。次の基板110が無ければ（S16でYes）、製造処理は、終了となる。一方、次の基板110がある場合（S16でYes）、コントローラ20は、次の基板110のために、検出傾斜角Sdに基づいて、保持面傾斜角Sbの補正の要否を判定する（S18）。具体的には、コントローラ20は、得られた検出傾斜角Sdを、規定の傾斜許容値と比較する。比較の結果、検出傾斜角Sdが傾斜許容値以下の場合には、現在の保持面傾斜角Sbは、適正であり、補正は不要と判断する（S18でNo）。この場合、コントローラ20は、当該保持面傾斜角Sbの補正を行うことなく、ステップS20に戻り、次の新たな基板110へのボンディング処理を実行する。一方、検出傾斜角Sdが傾斜許容値を超過している場合、コントローラ20は、保持面傾斜角Sbの補正が必要と判断する（S18でYes）。この場合、コントローラ20は、次回の検出傾斜角Sdを低減し、チップ100の傾斜角が実装面112の傾斜角に近づくような補正量Cを算出する（S20）。この補正量Cの算出について後述する。

[0035] 補正量Cが算出できれば、コントローラ20は、保持面調整機構18を用いて、当該補正量C分だけ、保持面傾斜角Sbを補正する（S22）。具体的には、支持柱36の進退量を調整して、傾斜板34を、補正量Cに応じた

傾斜角に変更する。そして、フリー状態に切り替えた実装ツール 22 を傾斜板 34 に押し当てて、チップ保持面 26 を傾斜板 34 に倣わせた後、実装ツール 22 を固定状態に切り替える。こうした保持面調整機構 18 の補正が完了すれば、ステップ S 10 に戻り、新たな基板 110 へのチップ 100 実装を実行する。そして、最終的に、必要な基板 110、すべてについて、チップ 100 の実装が完了すれば（S 16 で N o）、製造処理は、終了となる。

[0036] このように、本例では、実装後のチップ 100 の実装面 112 に対する傾斜角を測定し、その測定結果を、次回以降の実装にフィードバックしている。その結果、チップ 100 の実装面 112 に対する平行度をより向上することができる。

[0037] 次に、補正量 C の算出について説明する。補正量 C は、次の基板 110 での検出傾斜角 S d をゼロに近づけるのであれば、その算出手順は、特に限定されない。本例では、複数の基板 110 について得られた複数の検出傾斜角 S d から、保持面傾斜角 S b の補正の影響を除去した基本傾斜角 S s を算出し、この基本傾斜角 S s の基板間での変化傾向に応じて、補正量 C の算出ポリシーを変更している。

[0038] この補正量 C の算出の詳細な説明に先立って、当該補正量 C の算出で用いるパラメータについて図 5 を参照して説明する。図 5 は、図 4 のフローに従って、4 枚の基板 110 に対して、チップ 100 の実装と、検出傾斜角 S d の測定と、保持面傾斜角 S b の補正と、を繰り返し実施した際の、各種パラメータの変化の一例を示す図である。なお、保持面傾斜角 S b を一定に保った場合でも、実装面 112 に対するチップ 100 の平行度は、基板 110 間ではばらつく。この平行度の基板間でのばらつきの原因は、温度や荷重の変化、補正誤差、基板 110 の品質のばらつき等、様々であるが、図 5 では、これらをまとめて、基板 110 の実装面 112 の傾きとして表している。そして、この図 5 における基板 110 の実装面 112 の傾きは、検出傾斜角 S d から補正の影響を除去した傾斜角であり、保持面傾斜角 S b の補正を一切行わなかった場合に得られるであろう検出傾斜角 S d である。以下では、この

補正しなかった場合に得られるであろう検出傾斜角（図5における実装面112の傾斜角）が、「基本傾斜角 S_s 」となる。

[0039] n 枚目の基板110の検出傾斜角 S_d 、基本傾斜角 S_s 、保持面傾斜角 S_b 、補正量 C を、それぞれ、 $S_d[n]$ 、 $S_s[n]$ 、 $S_b[n]$ 、 $C[n]$ とした場合、 n 枚目の保持面傾斜角 $S_b[n]$ および基本傾斜角 $S_s[n]$ は、それぞれ、次の式1、式2で表すことができる。

$$S_b[n] = S_b[n-1] + C[n] \quad \text{式1}$$

$$S_s[n] = S_b[n] - S_d[n] \quad \text{式2}$$

[0040] 図5の例では、1枚目の基板110の段階では、保持面傾斜角 S_b の補正は一度も行われていないため、補正量 $C[1] = 0^\circ$ であり、保持面傾斜角 $S_b[1] = 0^\circ$ である。この場合において、検出傾斜角 $S_d[1] = -5^\circ$ が測定できた場合、基本傾斜角 $S_s[1] = S_b[1] - S_d[1] = +5^\circ$ と算出できる。

[0041] この1枚目の検出傾斜角 $S_d[1]$ を相殺するために、2枚目の基板110については、補正量 $C[2] = -S_d[1] = +5^\circ$ にしたとする。この場合、2枚目の基板110において、保持面傾斜角 $S_b[2]$ は、 $S_b[2] = S_b[1] + C[2] = +5^\circ$ となる。そして、2枚目の基板110の検出傾斜角 $S_d[2] = -5^\circ$ であった場合、2枚目の基板110の基本傾斜角 $S_s[2]$ は、 $S_s[2] = S_b[2] - S_d[2] = +10^\circ$ と算出できる。3枚目以降についても、同様に、検出傾斜角 $S_d[n]$ に基づいて、基本傾斜角 $S_s[n]$ を算出できる。

[0042] コントローラ20は、式1、式2に従って、基本傾斜角 S_s を順次算出し、この基本傾斜角 S_s の基板間での変化傾向を特定し、その変化傾向に適した手順で補正量 C を算出する。本例では、変化傾向を、「ばらつきが小さい」、「規則性がある」、「ランダムに変化する」の3種類に分けている。図6A～図6Cは、この3種類の変化傾向を説明する図である。各図において、横軸は、基板110のサンプル数 n を、縦軸は、 n 枚目の基板110の基本傾斜角 S_s を、それぞれ示している。

[0043] 図6Aに示すように、複数の基本傾斜角 S_s のばらつきが小さい場合、実装面112に対するチップ100の傾きが生じる原因、例えば、温度変化や基板の品質等は、おおむね、安定しているといえる。したがって、この場合、コントローラ20は、直近の検出傾斜角 $S_d[n]$ を相殺する値を、次の基板110の補正量 $C[n+1]$ として算出する。すなわち、コントローラ20は、 $C[n+1] = -S_d[n]$ の演算を行う。なお、ばらつきの評価には、例えば、分散や標準偏差を用いる。したがって、例えば、コントローラ20は、複数の基本傾斜角 S_s の標準偏差を求め、この標準偏差が、予め規定した許容値以下の場合、 $C[n+1] = -S_d[n]$ として補正量 C を算出する。

[0044] 一方、図6Bに示すように、基本傾斜角 S_s が所定の規則性をもって変化している場合、実装面112に対するチップ100の傾きが生じる原因も規則性をもって変化していると推測できる。したがって、この場合、コントローラ20は、この規則性に従って、次の基板110の基本傾斜角 $S_s[n+1]$ を求め、当該基本傾斜角 $S_s[n+1]$ を相殺する値を、次の基板110の補正量 C として算出する。例えば、 a 、 b を定数とした場合に、基本傾斜角 S_s が、概ね、「 $S_s[n] = a \times n + b$ 」という一次関数に従って変化している場合を考える。この場合、次の基板110の基本傾斜角 $S_s[n+1]$ は、 $S_s[n+1] = a \times (n+1) + b$ と推測できる。

[0045] また、次の基板110の検出傾斜角 $S_d[n+1]$ は、次の式3で表される。そして、次の基板110の補正量 $C[n+1]$ は、検出傾斜角 $S_d[n+1]$ をゼロにする値であるため、式4で求めることができる。

$$S_d[n+1] = S_b[n] + C[n+1] - S_d[n+1] \quad \text{式3}$$

$$C[n+1] = S_d[n+1] - S_b[n] \quad \text{式4}$$

[0046] なお、規則性をもって変化しているか否かは、例えば、複数の基本傾斜角 S_s の近似曲線 A_c を求め、この近似曲線 A_c と複数の基本傾斜角 S_s との近似度合いに基づいて判断してもよい。ここで、近似曲線 A_c は、上述したような一次関数に限らず、二次関数や、指数関数、対数関数等でもよい。ま

た、近似度合いは、例えば、近似曲線 A_c と複数の基本傾斜角 S_s との二乗平均誤差で表してもよい。すなわち、コントローラ 20 は、複数の基本傾斜角 S_s の近似曲線 A_c に対する二乗平均誤差が、予め規定された許容値以下の場合に、基本傾斜角 S_s が規則的に変化していると判断してもよい。

[0047] 次に、図 6 C に示すように、基本傾斜角 S_s が規則性なく、ランダムに変化している場合、すなわち、複数の基本傾斜角 S_s の近似曲線 A_c に対する二乗平均誤差が許容値超過の場合について説明する。この場合、実装面 112 に対するチップ 100 の傾きが生じる原因もランダムに変化していると推測できる。この場合、コントローラ 20 は、複数の基本傾斜角 S_s の代表値を次の基板 110 の基本傾斜角 $S_s[n+1]$ として推定し、これを相殺する値を次の基板 110 の補正量 $C[n+1]$ として算出する。ここで、代表値とは、例えば、平均値または中央値または最頻値である。コントローラ 20 は、複数の基本傾斜角 S_s の代表値を次の基板 110 の基本傾斜角 $S_s[n+1]$ として推定すれば、これを式 4 に当てはめて、次の補正量 $C[n+1]$ を算出する。

[0048] 図 7 は、補正量算出ステップ（図 4 のステップ S20）の詳細な流れを示すフローチャートである。補正量 C を算出する場合は、上述した通り、まず、過去 N 枚分の基板 110 の基本傾斜角 S_s を算出する（S30）。過去 N 枚分の基本傾斜角 S_s が算出できれば、続いて、その過去 N 枚分の基本傾斜角 S_s のばらつき、例えば、分散または標準偏差を算出する（S32）。基本傾斜角 S_s のばらつきが小さい場合、例えば、標準偏差が規定の許容値以下の場合（S34 で Yes）、コントローラ 20 は、直近の検出傾斜角 $S_d[n]$ を相殺する値を、次の基板 110 の補正量 $C[n+1]$ として算出する（S36）。

[0049] 一方、 N 枚分の基本傾斜角 S_s のばらつきが大きい場合（S34 で No）、コントローラ 20 は、この N 枚分の基本傾斜角 S_s の近似曲線 A_c を求める（S38）。ここで求める近似曲線 A_c は、一次関数、二次関数、指数関数、対数関数のいずれでもよい。また、ここで求める近似曲線 A_c は、一種

類に限らず、複数種類でもよい。

[0050] 近似曲線 A_c が算出できれば、続いて、コントローラ 20 は、この近似曲線 A_c と N 枚分の基本傾斜角 S_s とを比較する (S40)。比較の結果、近似曲線 A_c と基本傾斜角 S_s とが近似度合いが大きい場合 (S40 で Yes)、例えば、近似曲線 A_c と基本傾斜角 S_s との二乗平均誤差が許容値以下の場合、コントローラ 20 は、近似曲線 A_c に基づいて、次の基本傾斜角 $S_s[n+1]$ を求める (S42)。なお、ステップ S38 において、複数種類の近似曲線 A_c を求めている場合には、複数の近似曲線 A_c のうち近似度合いが最大となった近似曲線 A_c に基づいて、 $S_s[n+1]$ を求めればよい。一方、近似曲線 A_c と基本傾斜角 S_s との近似度合いが小さい場合 (S40 で No)、コントローラ 20 は、過去 N 枚分の基本傾斜角 S_s の代表値、例えば、平均値等を、次の基板 110 の基本傾斜角 $S_s[n+1]$ と設定する (S44)。そして、次の基板 110 の基本傾斜角 $S_s[n+1]$ が求められれば、これを式 4 に当てはめて、次の基板 110 の補正量 $C[n+1]$ を算出する (S46)。

[0051] 以上の説明で明らかとなおり、本例では、基本傾斜角 S_s の変化傾向に応じて、補正量 C の算出ポリシーを変更している。これにより、より適切な補正量 C を算出することができ、チップ 100 の実装面 112 に対する平行度をより向上できる。

[0052] なお、ここまで説明した構成は、一例であり、少なくとも、必要なタイミングで検出傾斜角 S_d に基づいて保持面傾斜角 S_b の補正量 C を算出し、算出された補正量 C に応じて保持面傾斜角 S_b を変更するのであれば、その他の構成は、適宜、変更されてもよい。例えば、これまでの説明では、基本傾斜角 S_s の変化傾向に応じて、補正量 C の算出ポリシーを変更している。しかし、補正量 C の算出手順は、適宜、変更されてもよい。したがって、例えば、基本傾斜角 S_s の変化傾向に関わらず、常に直近の検出傾斜角 $S_d[n]$ を相殺する値を、次の基板 110 の補正量 $C[n+1]$ として算出してもよい。

[0053] また、図4のフローチャートでは、検出傾斜角 S_d の測定(S14)および保持面傾斜角 S_b の補正(S20、S22)を一枚の基板110ごとに行っている。しかし、こうした検出傾斜角 S_d の測定および保持面傾斜角 S_b の実施間隔は、適宜、変更されてもよい。したがって、検出傾斜角 S_d の測定および保持面傾斜角 S_b の補正は、複数枚間隔や、一定時間間隔で実施されてもよい。また、検出傾斜角 S_d の測定の実施間隔と、保持面傾斜角 S_b の補正の実施間隔は、同じである必要はなく、互いに違っていてもよい。例えば、図8に示すように、検出傾斜角 S_d の測定(S14)は、基板110一枚ごとに実施し、保持面傾斜角 S_b の補正(S20、S22)は、 l_{max} 枚ごとに実施するようにしてもよい。かかる構成とすることで、保持面傾斜角 S_b の補正の実施回数を減らすことができ、ひいては、半導体装置の製造のタクトタイムを低減できる。

[0054] また、これまでの説明では、保持面傾斜角 S_b の補正を、基板110単位で行っていたが、基板110内の位置ごとに、保持面傾斜角 S_b の補正を行ってもよい。例えば、図9に示すように、基板110内の位置 $P_a \sim P_c$ によって検出傾斜角 $S_{d_a} \sim S_{d_c}$ が異なる場合、コントローラ20は、この基板110内の位置 $P_a \sim P_c$ と、その検出傾斜角 $S_{d_a} \sim S_{d_c}$ と、を対応付けて記録したマップを生成する。そして、このマップに基づいて、位置 $P_a \sim P_c$ ごとの補正量 $C_{_a} \sim C_{_c}$ を算出し、位置 $P_a \sim P_c$ ごとに、保持面傾斜角 S_b を補正してもよい。かかる構成とすることで、チップ100の実装面112に対する平行度をより向上できる。

[0055] また、本例では、実装ツール22を揺動させることで、保持面傾斜角 S_b を変更している。しかし、実装ツール22に替えて、ステージ12を揺動させることで、保持面傾斜角 S_b を変更してもよい。例えば、ステージ12を、進退可能な複数の支持柱で支持し、この支持柱の進退量を調整することで、ステージ12の傾き、ひいては、チップ保持面26の載置面21に対する傾斜角（すなわち保持面傾斜角 S_b ）を変更できるようにしてもよい。

符号の説明

[0056] 10 製造装置、12 ステージ、14 実装ヘッド、16 測定機構、
18 保持面調整機構、20 コントローラ、21 載置面、22 実装ツ
ール、23 本体、26 チップ保持面、28 球面空気軸受、30 レー
ザ測定器、34 傾斜板、36 支持柱、38 プロセッサ、40 メモリ
、100 チップ、102 バンプ、110 基板、112 実装面、11
4 電極。