

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、ステージまたはボンディングヘッドに倣い機構を搭載した半導体装置の製造装置および製造方法を開示する。

背景技術

[0002] ボンディングヘッドの先端面（以下「保持面」という）に半導体チップを吸引保持した状態でボンディングヘッドを駆動し、半導体チップを基板にボンディングすることで、半導体装置を製造する技術が従来から広く知られている。かかる半導体装置の製造技術において、半導体チップを基板の表面に良好に接合するためには、保持面が基板の平面に高い精度で平行になっていることが求められる。

[0003] 保持面を、簡易な手順で、基板に対して平行にするために、基板が載置されるステージまたは半導体チップを保持するボンディングヘッドに倣い機構を搭載した製造装置も知られている。ここで、倣い機構とは、凹状半球面及び凸状半球面の一方を含む固定部材と、凹状半球面及び凸状半球面の他方を含む可動部材と、を有しており、可動部材が固定部材に対して三次元的に揺動できるものである。倣い機構は、可動部材の揺動が可能なフリー状態と、可動部材の揺動が規制されたロック状態と、に切り替え可能である。

[0004] 特許文献１には、こうした倣い機構を搭載したボンディングヘッドが開示されている。特許文献１では、倣い機構をフリーにした状態で、ボンディングヘッドで保持した第２の対象物を、ステージ上に保持された第１の対象物に当接させ、押圧することで、第２の対象物の当接面を第１の対象物の面に対して平行に調整している。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献１：特許第３９１９６８４号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0006] 特許文献1の技術によれば、簡易な手順で、ボンディングヘッドの保持面を、ステージに対して、ある程度平行にできる。しかしながら、ボンディングヘッドの保持面またはボンディングヘッドで保持された第2の対象物を、ステージまたはステージで保持された第1の対象物に、単純に押し当てただけの場合、摩擦の影響などにより、保持面が載置面に対して完全に平行にならない場合があった。つまり、従来技術では、ボンディングヘッドの保持面をステージの載置面に対して高精度で平行に調整することは難しかった。
- [0007] そこで、本明細書では、簡易な手順で、ボンディングヘッドの保持面をステージの載置面に対して高精度で平行に調整できる半導体装置の製造装置および製造方法を開示する。

課題を解決するための手段

- [0008] 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、チップを吸引保持する保持面を有し、前記ステージに対して前記ステージの面方向および法線方向に相対的に移動可能なボンディングヘッドと、第1球面および前記第1球面に対して揺動可能に設けられた第2球面を有し、前記ステージまたは前記ボンディングヘッドに搭載された倣い機構であって、前記載置面または前記保持面であり前記第2球面に接続する対向面を、前記対向面に対向する前記保持面または前記載置面である基準面に対して揺動させ、前記対向面の揺動が可能なフリー状態と、前記対向面の揺動が規制されたロック状態と、に切り替え可能な倣い機構と、前記倣い機構を前記ロック状態で前記対向面を前記基準面に直接または間接的に当接させた後に、前記倣い機構を前記フリー状態に切り替えて前記対向面を前記基準面に直接または間接的に押し付け、その後、前記倣い機構を前記ロック状態に切り替える、調整処理を1回以上実行して前記対向面を前記基準面に対して平行に調整するコントローラと、を備える、ことを特徴とする。
- [0009] この場合、前記コントローラは、前記調整処理において、前記対向面を前

記基準面に押し付けた際の前記ボンディングヘッドの軸方向位置である押し付け位置が、規定の基準値に達するまで、前記調整処理を繰り返してもよい。

[0010] また、前記コントローラは、前記対向面を前記基準面に押し付けた際の前記ボンディングヘッドの軸方向位置を、押し付け位置として記憶しており、前記コントローラは、前回の押し付けで得られた前記押し付け位置と、今回の押し付けで得られた前記押し付け位置と、の変化量が規定の基準値に達するまで、前記調整処理を繰り返してもよい。

[0011] また、前記倣い機構は、前記ステージに搭載されており、前記コントローラは、前記調整処理において、前記基準面である前記保持面を、前記対向面である載置面と、前記倣い機構の揺動中心を通る載置面の法線と、の交点に押し付けてもよい。

[0012] また、前記コントローラは、さらに、前記調整処理に先立って初期処理も実行し、前記コントローラは、前記初期処理において、前記倣い機構を前記フリー状態にしたうえ前記対向面を前記基準面に直接または間接的に当接させた後に、前記対向面を前記基準面に直接または間接的に押し付け、さらに、その後、前記倣い機構を前記ロック状態に切り替えてもよい。

[0013] 本明細書で開示する半導体装置の製造方法は、ステージに載置された基板に、倣い機構を有するボンディングヘッドの保持面で吸引保持した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半導体装置の製造方法であって、前記ステージまたは前記ボンディングヘッドは、第1球面および前記第1球面に対して揺動可能に設けられた第2球面を有し、前記載置面または前記保持面である対向面を、前記対向面に対向する前記保持面または前記載置面である基準面に対して揺動させる倣い機構であって、前記対向面の揺動が可能なフリー状態と、前記対向面の揺動が規制されたロック状態と、に切り替え可能な倣い機構が搭載されており、前記倣い機構を前記ロック状態で前記対向面を前記基準面に直接または間接的に当接させた後に、前記倣い機構を前記フリー状態に切り替えて前記対向面を前記基準面に直接または間接

的に押し付け、前記倣い機構を前記ロック状態に切り替える動作を行う調整ステップを含み、前記調整ステップを一回以上実行して前記対向面を前記基準面に対して平行に調整する、ことを特徴とする。

発明の効果

- [0014] 本明細書で開示する技術によれば、簡易な手順で、ボンディングヘッドの保持面を、ステージ１２の載置面１８に対して高精度で平行に調整できる。

図面の簡単な説明

- [0015] [図１]半導体装置の製造装置の構成を示す図である。
[図２]倣い機構の構成の一例を示す図である。
[図３]倣い処理の原理を示すイメージ図である。
[図４Ａ]倣い処理の様子を示すイメージ図である。
[図４Ｂ]倣い処理の様子を示すイメージ図である。
[図５Ａ]倣い処理の様子を示すイメージ図である。
[図５Ｂ]倣い処理の様子を示すイメージ図である。
[図６Ａ]倣い処理の様子を示すイメージ図である。
[図６Ｂ]倣い処理の様子を示すイメージ図である。
[図７]倣い処理全体の流れを示すフローチャートである。
[図８]初期処理の流れを示すフローチャートである。
[図９]調整処理の流れを示すフローチャートである。
[図１０]半導体装置の製造装置の他の構成を示す図である。

発明を実施するための形態

- [0016] 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の構成を示す図である。図１に示すように、製造装置１０は、基板１００が載置されるステージ１２と、半導体チップ１０２を吸引保持するボンディングヘッド１４と、を備えている。
- [0017] ステージ１２は、基板１００を吸引保持可能であり、その内部には、基板１００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３４で制御される。ステ

ージ１２の上面は、基板１００が載置される載置面１８として機能する。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。

[0018] ボンディングヘッド１４は、ステージ１２と対向して配置されており、ステージ１２に対して水平方向および鉛直方向に移動可能となっている。このボンディングヘッド１４の移動を実現するために、移動機構２６が設けられている。移動機構２６は、例えば、モータや油圧シリンダ等の駆動源と、当該駆動源の動きをボンディングヘッド１４に伝達する直動機構やギヤ等の伝達機構と、を有している。この移動機構２６の駆動は、コントローラ３４により制御される。

[0019] ボンディングヘッド１４は、その先端面である保持面２０において、半導体チップ１０２を吸引保持できる。そのため、ボンディングヘッド１４の先端部には、半導体チップ１０２を吸引保持するための吸引孔（図示せず）が形成されており、当該吸引孔は、エア配管３１を介して真空源３０に連結されている。また、ボンディングヘッド１４の先端部には、保持した半導体チップ１０２を加熱するためのヒータ２４が、内蔵されている。このヒータ２４は、ヒータ駆動部２８により、制御される。

[0020] ボンディングヘッド１４は、保持面２０で半導体チップ１０２を吸引保持したうえで、当該半導体チップ１０２を基板１００表面に載置し、加圧加熱することで、半導体チップ１０２を基板１００にボンディングする。ここで、近年では、半導体プロセスの微細化により、半導体装置は、高集積化を果たしてきた。かかる高集積化を可能にするためには、基板１００と、当該基板１００に接合される半導体チップ１０２と、の平行度を高精度に保つ必要がある。こうした平行調整の手段として、従来では、ゴニオステージと呼ばれる手動の角度調整機器や、シムを挟んで傾きを調整する方法等が提案されてきた。しかし、こうした従来の平行調整手段は、高いスキルと多大な調整時間を必要としていた。

- [0021] そこで、本例のボンディングヘッド１４は、簡易な手順で平行調整を可能とするために、倣い機構２２を搭載している。倣い機構２２は、球面空気静圧軸受４４（図２参照）を内蔵した空気圧機器である。以下では、ボンディングヘッド１４のうち、この倣い機構２２より上側を「上部１４ｕ」と呼び、下側を「下部１４ｄ」と呼ぶ。
- [0022] 図２は、この倣い機構２２の構成の一例を示す図である。倣い機構２２は、固定部材４０と、当該固定部材４０に対して可動の可動部材４２と、ホルダ４３と、を有している。この固定部材４０および可動部材４２で、球面空気静圧軸受４４が構成される。固定部材４０の上端は、ボンディングヘッド１４の上部１４ｕに固定されている。固定部材４０の底面は、凹状の半球面となっている。また、固定部材４０には、エアを供給または吸引するためのエア通路４６が形成されている。このエア通路４６は、固定部材４０の側面から、底面（すなわち凹状半球面）まで貫通している。固定部材４０の側面には、このエア通路４６と、倣い機構駆動部３２と、を流体連結するためのエア配管４７（図１参照）が接続されている。
- [0023] 可動部材４２は、固定部材４０に対して三次元的に揺動可能に保持されている。可動部材４２の下端は、ボンディングヘッド１４の下部１４ｄに固定されており、可動部材４２は、保持面２０とともに揺動可能となっている。また、可動部材４２の上面は、固定部材４０の凹状半球面に対応する凸状半球面となっている。ホルダ４３は、可動部材４２の揺動を妨げないように、可動部材４２を保持している。
- [0024] こうした倣い機構２２は、固定部材４０の凹状半球面から圧縮空気を噴出させることで、可動部材４２を固定部材４０から離間させて、非接触状態で支持する。これにより、可動部材４２の摺動抵抗が大幅に低下し、極めて軽い力で精密に回転運動することが可能となる。また、圧縮空気の供給を停止し、可動部材４２を真空吸引することで、可動部材４２を所定の姿勢に固定できる。以下では、圧縮空気を噴出し、可動部材４２の揺動を許容した状態を「フリー状態」、可動部材４２を真空吸引し、可動部材４２の揺動を規制

した状態を「ロック状態」と呼ぶ。

[0025] こうした倣い機構 22 のフリー状態およびロック状態の切り替は、倣い機構駆動部 32 により行われる。倣い機構駆動部 32 は、圧縮空気を供給するためのコンプレッサや、真空吸引するための真空源等を有している。また、倣い機構駆動部 32 の駆動は、コントローラ 34 により制御される。

[0026] コントローラ 34 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 34 は、移動機構 26 やヒータ駆動部 28、真空源 30 等を駆動して、半導体チップ 102 を基板 100 にボンディングする実装処理を実行する。また、本例のコントローラ 34 は、この実装処理に先立って、保持面 20 を、載置面 18 に倣わすことで、両者を平行に調整する倣い処理も実行する。なお、以下では、保持面 20 および載置面 18 のうち揺動可能な面である保持面 20 を「対向面 50」と呼び、固定面である載置面 18 を「基準面 110」と呼ぶ。

[0027] こうしたコントローラ 34 は、各種演算を実行するプロセッサと、データおよびプログラムを記憶するメモリと、を有したコンピュータである。本例のコントローラ 34 は、半導体チップ 102 の実装処理に先立って、対向面 50 を基準面 110 に対して平行になるように調整する倣い処理を実行する。以下、この倣い処理について説明する。

[0028] 図 3 は、倣い処理の原理を示すイメージ図である。一般に、装置には軸や面の傾きのズレが存在する。こうしたズレに起因して、対向面 50（保持面 20）が基準面 110（載置面 18）に対して傾く場合がある。図 3 の例では、ボンディングヘッド 14 の上部 14u の軸 A が、理想の軸 A* に対して傾いている。

[0029] こうした傾きを補正するために、近年、倣い機構 22 の利用が提案されている。具体的には、倣い機構 22 をフリー状態にしたうえで、対向面 50 を基準面 110 に押し付けることで、対向面 50 の平行調整を行うことが提案されている。フリー状態の場合、可動部材 42 は、極めて小さな力で揺動できる。そのため、理論上は、対向面 50 を基準面 110 に押し当てれば、対

向面 50 全体が基準面 110 に接触した状態まで、換言すれば、対向面 50 が基準面 110 に対して完全平行になる状態まで、可動部材 42 が揺動する。そして、平行になった時点で、倣い機構 22 をロック状態に切り替え、可動部材 42 の揺動を規制すれば、対向面 50 の基準面 110 に対する平行度を高精度に保つことができる。

[0030] しかしながら、現実的には、対向面 50 を基準面 110 に当接させただけでは、対向面 50 の傾きを完全に解消することができず、平行オフセットが残留することがある。平行オフセットが残留した状態で倣い機構 22 をロックした場合、対向面 50 の基準面 110 に対する平行度を高精度に維持することができない。

[0031] こうした平行オフセットが残留する理由としては、可動部材 42 を揺動させる力と、対向面 50 と基準面 110 との間の摩擦力と、が釣り合うことが挙げられる。すなわち、対向面 50 を基準面 110 に押し付けた際、可動部材 42 は、揺動するが、このとき、対向面 50 の基準面 110 との接点 P は、接点 P からみてボンディングヘッドの外側方向（図 3 における矢印 B 方向）に滑り動いていく。このときの摩擦力は、摩擦係数と垂直抗力との乗算値であり、押し付け力が増加し、垂直抗力が増加するにつれて、摩擦力も増加する。つまり、対向面 50 を基準面 110 に押し付けた初期段階では、垂直抗力が小さいため、接点 P は、基準面 110 上を滑り動くことができるが、押し付け力の増加に伴い、摩擦力も増加する。そして、この摩擦力と、可動部材 42 を揺動させる力と、が釣り合うと、その時点で、可動部材 42 の揺動が、停止する。結果として、図 3 の右図に示すように、対向面 50 の基準面 110 に対する傾きが残存することがある。

[0032] ここで、対向面 50 が、基準面 110 に当接した直後において、対向面 50 の基準面 110 に対する傾きが小さい場合、完全平行にするために必要な接点 P の移動量が小さくなる。そのため、この場合には、摩擦力と揺動させる力とが釣り合う前に、対向面 50 を基準面 110 に対して完全平行にできる可能性がある。しかしながら、通常、可動部材 42 およびボンディングヘ

ッド14の下部14dには、電気配線やエア配管31, 47が接続されている。そのため、対向面50と基準面110と離間させた状態で、倣い機構22をフリーにした場合、図3の左図に示すように、可動部材42が、エア配管31, 47等の自重により、一方向に大きく傾き、対向面50の基準面110に対する傾きが大きくなりやすい。その結果、この状態で、対向面50を基準面110に押し当てたとしても、完全平行になる前に、摩擦力が可動部材42を揺動させる力と釣り合いやすくなる。

[0033] つまり、単純に、倣い機構22をフリー状態に切り替えたうえで、対向面50を基準面110に押し付けただけでは、対向面50を基準面110に対して完全平行にすることは難しかった。そこで、本例では、対向面50の基準面110への押し付け動作を繰り返し行う構成としている。これについて、図4A～図6Bを参照して説明する。図4A～図6Bは、本例の倣い処理の様子を示すイメージ図である。

[0034] 本例の倣い処理は、初期処理と、調整処理と、を含む。初期処理は、倣い処理の最初に、1回だけ実行される処理である。一方、調整処理は、初期処理の後で、1回または複数回実行される処理である。

[0035] 初期処理は、従来の倣い処理とほぼ同じ処理となる。すなわち、初期処理では、図4Aに示すように、対向面50と基準面110とが離間した状態において、倣い機構22をフリー状態に切り替える。この場合、可動部材42は、エア配管31（図4A～図6Bでは図示せず）等の自重により、片側に大きく傾く。

[0036] この状態で、ボンディングヘッド14を下降させ、対向面50を基準面110に所定の荷重で押し付ける。そして、その後、図4Bに示すように、倣い機構22をフリー状態からロック状態に切り替える。ここで、フリー状態のまま、対向面50を基準面110に押し付けることで、可動部材42がある程度揺動し、対向面50の基準面110に対する傾きが、ある程度、解消される。ただし、この時点で、傾きが完全に解消されることは少なく、図4Bに示すように、平行オフセットが残存する場合が多い。

[0037] 以上の初期処理が完了すれば、続いて、調整処理を実行する。調整処理では、初期処理または前回の調整処理で得られた対向面50の傾きを維持したまま、対向面50を基準面110に押し付ける。具体的に説明すると、初期処理または前回の調整処理が完了した段階で、倣い機構22はロック状態となっている。調整処理は、図5Aに示すように、このロック状態のまま、ボンディングヘッド14を一度上昇させた状態からスタートする。その後、ボンディングヘッド14を下降させ、図5Bに示すように、対向面50を基準面110に当接させる。この当接は、基準面110からの反力に基づいて検出してもよいし、ボンディングヘッド14の軸方向位置 P_z の変化に基づいて検出してもよい。いずれにしても、ロック状態のまま、対向面50が基準面110に当接すれば、図6Aに示すように、倣い機構22をロック状態からフリー状態に切り替える。そして、この状態で、対向面50を基準面110に所定の荷重で押し付ける。これにより、可動部材42が、対向面50の傾きを解消する方向に揺動する。そして、この押し付けの後、倣い機構22をフリー状態からロック状態に切り替える。

[0038] 本例の倣い処理では、以上の調整処理を1回、または、複数回、実行する。ここで、これまでの説明で明らかな通り、調整処理において、対向面50の基準面110への押し付け開始時点における対向面50の傾きは、初期処理または前回の調整処理で得られた対向面50の傾きを維持している。換言すれば、調整処理において、対向面50を基準面110に押し付ける際には、既に、対向面50の傾きがある程度解消されている。対向面50の傾きが、ある程度解消された状態で、対向面50の基準面110への押し付けを開始するため、初期処理または前回の調整処理よりも、対向面50を完全平行に近づけることができる。つまり、前回の初期処理または調整処理で得られた対向面50の傾きを維持したまま、対向面50を基準面110に押し付ける調整処理を1回以上、実行することで、対向面50を基準面110に対してより確実に平行にできる。

[0039] なお、調整処理の実行回数は、予め規定されていてもよい。また、別の形

態として、対向面 50 が基準面 110 に対して十分に平行になったと判断できるまで、調整処理を繰り返してもよい。十分に平行になったとの判断は、例えば、対向面 50 を基準面 110 に押し付けた際のボンディングヘッド 14 の軸方向位置 P_z である押し付け位置 $P_p[i]$ に基づいて行ってもよい。例えば、対向面 50 が十分に平行になったときの軸方向位置 P_z は、過去の測定や、ステージ 12 およびボンディングヘッド 14 の配置等からある程度、推測することができる。そこで、対向面 50 が十分に平行になった時の軸方向位置 P_z を基準位置 P_{def} として推測し、実際の調整処理で得られた押し付け位置 $P_p[i]$ が基準位置 P_{def} に達するまで、調整処理を繰り返してもよい。また、対向面 50 が基準面 110 に対して十分に平行になった場合、対向面 50 を基準面 110 に押し付けたとしても、ボンディングヘッド 14 の軸方向位置 $P_z[i]$ は、変化しない。そこで、前回の初期処理または調整処理で得られた押し付け位置 $P_p[i-1]$ と、今回の調整処理で得られた押し付け位置 $P_p[i]$ と、の変化量が、規定の基準値未満となるまで調整処理を繰り返してもよい。いずれにしても、調整処理を 1 回以上実行することで、対向面 50 を基準面 110 に対してより確実に平行にできる。

[0040] 次に、倣い処理の流れについて図 7～図 9 を参照して説明する。図 7 は、倣い処理全体の流れを説明するフローチャートである。既述した通り、また、図 7 に示すように、コントローラ 34 は、倣い処理として、最初に、初期処理を実行させる (S10)。図 8 は、この初期処理の流れを示すフローチャートである。初期処理では、コントローラ 34 は、最初に、倣い機構駆動部 32 を駆動して、倣い機構 22 をフリー状態とする (S12)。コントローラ 34 からの指示を受けて、倣い機構駆動部 32 は、球面空気静圧軸受 44 に圧縮空気を供給し、可動部材 42 を揺動可能にする。フリー状態になると、可動部材 42 は、配管等の自重により、図 4A に示すように、一方向に大きく傾く。続いて、コントローラ 34 は、移動機構 26 を駆動して、ボンディングヘッド 14 をステージ 12 に向かって下降させる (S14)。コン

トローラ 34 は、この下降に際して、対向面 50 が基準面 110 に当接したか否かを監視する (S16)。

[0041] 下降の結果、対向面 50 が基準面 110 に当接した場合 (S16 で Yes)、コントローラ 34 は、移動機構 26 を駆動して、対向面 50 を基準面 110 に所定の荷重で押し付けさせる (S18)。これにより、可動部材 42 は、基準面 110 からの反力を受けて、傾きを解消する方向に揺動する。ただし、押し付けが進むにつれて、対向面 50 と基準面 110 との間の摩擦が増加し、可動部材 42 を揺動させる力と釣り合う。この場合、可動部材 42 の揺動は、対向面 50 の基準面 110 に対する傾きが残存した状態で、止まることになる。なお、コントローラ 34 は、この押し付け動作完了時点でのボンディングヘッド 14 の軸方向位置 P_z を、押し付け位置 $P_p[i]$ として記憶する。

[0042] 対向面 50 を所定の荷重で押し付けることができれば、続いて、コントローラ 34 は、倣い機構駆動部 32 を駆動して、倣い機構 22 をロック状態に切り替える (S20)。そして、ボンディングヘッド 14 を、載置面 18 から離間した高さまで上昇させれば (S22)、初期処理は、終了となる。

[0043] 初期処理が終了すれば、図 7 に示すように、続いて、調整処理を実行する (S30)。図 9 は、調整処理の流れを示すフローチャートである。調整処理の開始時点で、倣い機構 22 は、ロック状態となっている。コントローラ 34 は、このロック状態を維持した状態で、移動機構 26 を駆動して、ボンディングヘッド 14 をステージ 12 に向かって下降させる (S32, S34)。ロック状態が維持されているため、この時点において、前回の初期処理または調整処理で得られた対向面 50 の傾きが維持されている。コントローラ 34 は、この下降に際して、対向面 50 が基準面 110 に当接したか否かを監視する (S36)。

[0044] 下降の結果、対向面 50 が基準面 110 に当接した場合 (S36 で Yes)、コントローラ 34 は、倣い機構駆動部 32 を駆動して、倣い機構 22 を、ロック状態からフリー状態に切り替えさせる (S38)。これにより、可

動部材 4 2 の揺動が許容される。ここで、このとき、対向面 5 0 の一部は、すでに、基準面 1 1 0 に当接しているため、配管等の自重があったとしても、可動部材 4 2 は、対向面 5 0 の傾きが増加する方向には揺動できない。したがって、このフリー状態に切り替えた直後における対向面 5 0 の傾きは、前回の押し付け動作が終了した時点での傾きである。

[0045] 倣い機構 2 2 がフリー状態になれば、コントローラ 3 4 は、移動機構 2 6 を駆動して、対向面 5 0 を所定の荷重で基準面 1 1 0 に押し付けさせる (S 4 0)。これにより、可動部材 4 2 は、基準面 1 1 0 からの反力を受けて、対向面 5 0 の傾きを解消する方向に揺動する。そして、完全平行になる、または、基準面 1 1 0 との摩擦力が可動部材 4 2 を揺動させる力と釣り合うと、可動部材 4 2 の揺動が止まる。なお、コントローラ 3 4 は、この押し付け動作完了時点でのボンディングヘッド 1 4 の軸方向位置 P_z を、押し付け位置 $P_p[i]$ として記憶する。

[0046] 対向面 5 0 を所定の荷重で押し付けることができれば、続いて、コントローラ 3 4 は、倣い機構 2 2 をロック状態に切り替える (S 4 2)。これにより、今回の押し付け動作で得られた対向面 5 0 の傾きが維持される。そして、ボンディングヘッド 1 4 を、載置面 1 8 から離間した高さまで上昇させれば (S 4 4)、調整処理は、終了となる。

[0047] 再び、図 7 を参照する。調整処理が終了すれば、コントローラ 3 4 は、対向面 5 0 が基準面 1 1 0 に対して十分に平行になったか否かを確認する (S 5 0)。この確認の方法は、特に限定されない。したがって、コントローラ 3 4 は、上述した通り、直前の押し付け動作で得られた押し付け位置 $P_p[i]$ が規定の基準位置 P_{def} に達した場合に平行になったと判断してもよいし、直前の押し付け動作で得られた押し付け位置 $P_p[i]$ と前回の押し付け動作で得られた押し付け位置 $P_p[i-1]$ との変化量が規定の基準値に達した場合に、平行になったと判断してもよい。いずれにしても、コントローラ 3 4 は、対向面 5 0 が基準面 1 1 0 に対して、十分に平行になっていないと判断した場合 (S 5 0 で No)、調整処理を再度、実行する。一方、

対向面 50 が基準面 110 に対して十分に平行になったと判断した場合（S50 で Yes）、倣い処理は、終了となる。なお、ここでは、平行になったか否かを監視しているが、調整処理の繰り返し回数が、事前に規定された回数（例えば 2 回など）に達すれば、倣い処理を終了するようにしてもよい。

[0048] 以上の説明で明らかなとおり、本例では、前回の押し付け動作で得られた傾きを維持した状態から、今回の押し付け動作を行う調整処理を 1 回以上、実行する。その結果、対向面 50 の傾きを徐々に低減できるため、対向面 50 を基準面 110 に対して、より確実に平行にできる。

[0049] なお、上述の説明では、倣い機構 22 は、ボンディングヘッド 14 に搭載されているが、図 10 に示すように、ボンディングヘッド 14 に替えて、ステージ 12 に倣い機構 22 を設けてもよい。この場合、ステージ 12 の載置面 18 が揺動可能な対向面 50 となり、ボンディングヘッド 14 の保持面 20 が、傾き固定の基準面 110 となる。そして、この場合でも、対向面 50（載置面 18）を基準面 110（保持面 20）に対して平行にするために、倣い処理を実行すればよい。この場合の倣い処理の手順は、図 7～図 9 の手順とほぼ同じである。また、ステージ 12 に倣い機構 22 が設けられている場合、基準面 110 である保持面 20 を載置面 18 に押し付ける際には、載置面 18 のうち、倣い機構 22 の揺動中心 O を通る載置面 18 の法線 L1 と載置面 18 との交点 P c 付近に押し付ける。

[0050] また、これまでの説明では、対向面 50 を直接、基準面 110 に、押し付けているが、対向面 50 は、間接的に、基準面 110 に押し付けられてもよい。例えば、ボンディングヘッド 14 に倣い機構 22 が搭載されている場合、対向面 50 である保持面 20 で、チップ部材を保持し、このチップ部材を基準面 110 に押し付けるようにしてもよい。また、この場合、基準面 110 である載置面 18 で基板 100 を支持しておき、この基板 100 に、対向面 50 または対向面 50 で保持したチップ部材を押し付けるようにしてもよい。

[0051] また、これまでの説明では、調整処理の前に、初期処理を実行しているが

、初期処理は、省略されてもよい。すなわち、図8の処理は行わず、図9の処理を1回以上、実行するだけでもよい。また、これまでの説明では、ボンディングヘッド14を移動させることで、対向面50を基準面110に当接、押し付けているが、ボンディングヘッド14に替えて、または、加えて、ステージ12を移動させてもよい。

符号の説明

[0052] 10 製造装置、12 ステージ、14 ボンディングヘッド、18 載置面、20 保持面、22 倣い機構、24 ヒータ、26 移動機構、28 ヒータ駆動部、30 真空源、31, 47 エア配管、32 倣い機構駆動部、34 コントローラ、40 固定部材、42 可動部材、43 ホルダ、44 球面空気静圧軸受、46 エア通路、50 対向面、100 基板、102 半導体チップ、110 基準面。

請求の範囲

[請求項1]

基板が載置される載置面を有するステージと、

チップを吸引保持する保持面を有し、前記ステージに対して前記ステージの面方向および法線方向に相対的に移動可能なボンディングヘッドと、

第1球面および前記第1球面に対して揺動可能に設けられた第2球面を有し、前記ステージまたは前記ボンディングヘッドに搭載された倣い機構であって、前記載置面または前記保持面であり前記第2球面に接続する対向面を、前記対向面に対向する前記保持面または前記載置面である基準面に対して揺動させ、前記対向面の揺動が可能なフリー状態と、前記対向面の揺動が規制されたロック状態と、に切り替え可能な倣い機構と、

前記倣い機構を前記ロック状態で前記対向面を前記基準面に直接または間接的に当接させた後に、前記倣い機構を前記フリー状態に切り替えて前記対向面を前記基準面に直接または間接的に押し付け、その後、前記倣い機構を前記ロック状態に切り替える、調整処理を1回以上実行して前記対向面を前記基準面に対して平行に調整するコントローラと、

を備える、

ことを特徴とする半導体装置の製造装置。

[請求項2]

請求項1に記載の半導体装置の製造装置であって、

前記コントローラは、前記調整処理において、前記対向面を前記基準面に押し付けた際の前記ボンディングヘッドの軸方向位置である押し付け位置が、規定の基準値に達するまで、前記調整処理を繰り返す、ことを特徴とする半導体装置の製造装置。

[請求項3]

請求項1に記載の半導体装置の製造装置であって、

前記コントローラは、前記対向面を前記基準面に押し付けた際の前記ボンディングヘッドの軸方向位置を、押し付け位置として記憶して

おり、

前記コントローラは、前回の押し付けで得られた前記押し付け位置と、今回の押し付けで得られた前記押し付け位置と、の変化量が規定の基準値に達するまで、前記調整処理を繰り返す、

ことを特徴とする半導体装置の製造装置。

[請求項4]

請求項1から3のいずれか1項に記載の半導体装置の製造装置であって、

前記倣い機構は、前記ステージに搭載されており、

前記コントローラは、前記調整処理において、前記基準面である前記保持面を、前記対向面である載置面と、前記倣い機構の揺動中心を通る載置面の法線と、の交点に押し付ける、ことを特徴とする半導体装置の製造装置。

[請求項5]

請求項1から4のいずれか1項に記載の半導体装置の製造装置であって、

前記コントローラは、さらに、前記調整処理に先立って初期処理も実行し、

前記コントローラは、前記初期処理において、前記倣い機構を前記フリー状態にしたうえ前記対向面を前記基準面に直接または間接的に当接させた後に、前記対向面を前記基準面に直接または間接的に押し付け、さらに、その後、前記倣い機構を前記ロック状態に切り替える、

ことを特徴とする半導体装置の製造装置。

[請求項6]

ステージに載置された基板に、倣い機構を有するボンディングヘッドの保持面で吸引保持した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半導体装置の製造方法であって、

前記ステージまたは前記ボンディングヘッドは、第1球面および前記第1球面に対して揺動可能に設けられた第2球面を有し、前記載置面または前記保持面である対向面を、前記対向面に対向する前記保持

面または前記載置面である基準面に対して揺動させる倣い機構であって、前記対向面の揺動が可能なフリー状態と、前記対向面の揺動が規制されたロック状態と、に切り替え可能な倣い機構が搭載されており、

前記倣い機構を前記ロック状態で前記対向面を前記基準面に直接または間接的に当接させた後に、前記倣い機構を前記フリー状態に切り替えて前記対向面を前記基準面に直接または間接的に押し付け、前記倣い機構を前記ロック状態に切り替える動作を行う調整ステップを含み、

前記調整ステップを一回以上実行して前記対向面を前記基準面に対して平行に調整する、

ことを特徴とする半導体装置の製造方法。