

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6125443号
(P6125443)

(45) 発行日 平成29年5月10日(2017.5.10)

(24) 登録日 平成29年4月14日(2017.4.14)

(51) Int.Cl.		F I			
HO 1 L	21/02	(2006.01)	HO 1 L	21/02	B
B 2 3 K	20/00	(2006.01)	B 2 3 K	20/00	3 1 O P
HO 1 L	21/683	(2006.01)	HO 1 L	21/68	N
HO 1 L	21/68	(2006.01)	HO 1 L	21/68	K

請求項の数 5 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2014-6869 (P2014-6869)	(73) 特許権者	315017775 三菱重工工作機械株式会社 滋賀県栗東市六地藏130番地
(22) 出願日	平成26年1月17日(2014.1.17)	(74) 代理人	100102864 弁理士 工藤 実
(65) 公開番号	特開2015-135903 (P2015-135903A)	(74) 代理人	100117617 弁理士 中尾 圭策
(43) 公開日	平成27年7月27日(2015.7.27)	(74) 代理人	100196003 弁理士 石川 太郎
審査請求日	平成28年9月9日(2016.9.9)	(72) 発明者	木ノ内 雅人 東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内
		(72) 発明者	後藤 崇之 東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 常温接合装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

接合チャンバと、

前記接合チャンバの内部で上側ウェハを上下方向に移動可能に支持する上側ステージ機構と、

前記接合チャンバの内部で下側ウェハを水平面内で移動可能に支持する下側ステージ機構

とを具備し、

前記下側ステージ機構は、

前記下側ウェハを保持する下側ウェハ保持部を有するキャリッジと、

前記キャリッジに連結されて前記キャリッジを支持する弾性案内と、

前記下側ウェハ保持部を粗動させる位置決めステージと、

前記下側ウェハ保持部を微動させる微動機構と、

キャリッジ支持台

とを含み、

前記弾性案内は、前記上側ステージ機構から前記キャリッジに荷重が印加されていないときに前記キャリッジが前記キャリッジ支持台に接触しないように前記キャリッジを支持し、前記上側ステージ機構によって前記上側ウェハが前記下側ウェハに接触されて前記キャリッジに前記上下方向に荷重が印加されると前記キャリッジが前記キャリッジ支持台に接触するように弾性変形し、

前記位置決めステージは、前記弾性案内を駆動することによって前記下側ウェハ保持部を粗動させ、

前記キャリッジは、前記弾性案内が接合されたキャリッジプレートを含み、

前記下側ウェハ保持部は、前記キャリッジプレートの上方に位置し、

前記微動機構は、

前記キャリッジプレートの上に設けられたフレームと、

前記フレームに連結され前記下側ウェハ保持部を駆動する駆動機構

とを含み、

前記上側ステージ機構によって前記上側ウェハが前記下側ウェハに接触されて前記キャリッジに前記上下方向に荷重が印加されると、前記弾性案内は、前記キャリッジプレートが前記キャリッジ支持台に接触するように弾性変形する

10

常温接合装置。

【請求項2】

請求項1に記載の常温接合装置であって、

前記フレームには、前記下側ウェハ保持部を前記上下方向に移動可能に支持する支持機構が設けられ、

前記支持機構は、前記上側ステージ機構から前記下側ウェハ保持部に荷重が印加されていないときに前記下側ウェハ保持部が前記キャリッジプレートに接触しないように前記下側ウェハ保持部を支持し、前記上側ステージ機構によって前記上側ウェハが前記下側ウェハに接触されて前記下側ウェハ保持部に前記上下方向に荷重が印加されると前記下側ウェハ保持部が前記キャリッジプレートに接触するように弾性変形する

20

常温接合装置。

【請求項3】

接合チャンバと、

前記接合チャンバの内部で上側ウェハを上下方向に移動可能に支持する上側ステージ機構と、

前記接合チャンバの内部で下側ウェハを水平面内で移動可能に支持する下側ステージ機構

とを具備し、

前記下側ステージ機構は、

前記下側ウェハを保持する下側ウェハ保持部を有するキャリッジと、

前記キャリッジに連結されて前記キャリッジを支持する弾性案内と、

前記下側ウェハ保持部を粗動させる位置決めステージと、

前記下側ウェハ保持部を微動させる微動機構と、

キャリッジ支持台

とを含み、

前記弾性案内は、前記上側ステージ機構から前記キャリッジに荷重が印加されていないときに前記キャリッジが前記キャリッジ支持台に接触しないように前記キャリッジを支持し、前記上側ステージ機構によって前記上側ウェハが前記下側ウェハに接触されて前記キャリッジに前記上下方向に荷重が印加されると前記キャリッジが前記キャリッジ支持台に接触するように弾性変形し、

40

前記微動機構は、

テーブルと、

前記テーブルを駆動する駆動機構

とを含み、

前記弾性案内は、前記下側ウェハ保持部を前記テーブルに連結し、

前記位置決めステージは、前記微動機構の全体を駆動することによって前記下側ウェハ保持部を粗動させ、

前記微動機構は、前記駆動機構によって前記テーブルを駆動することによって前記下側ウェハ保持部を微動させる

50

常温接合装置。

【請求項 4】

請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の常温接合装置であって、
前記上側ステージ機構は、

前記上側ウェハを保持する上側ウェハ保持部と、
前記上側ウェハ保持部の向きを調節する角度調節機構

とを具備する

常温接合装置。

【請求項 5】

請求項 4 に記載の常温接合装置であって、

前記上側ステージ機構は、更に、前記上下方向に昇降される昇降ロッドを備え、
前記角度調節機構は、

前記上側ウェハ保持部に固定される球フランジと、
前記昇降ロッドに固定される球座と、

前記球座に固定され、前記球フランジを挟持して前記球フランジを前記球座に連結する固定フランジ

とを含む

常温接合装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、常温接合装置に関する。

【背景技術】

【0002】

2枚のウェハ（基板）を接合するための技術として、常温接合が知られている。常温接合とは、接合すべき2枚のウェハの表面を真空雰囲気中で活性化し、活性化されたウェハ表面を接触させることで該2枚のウェハを接合する技術である。ウェハ表面を活性化する方法としては、例えば、イオンビームを用いる方法と中性原子ビームを用いる方法とが知られている。

【0003】

常温接合における基礎技術の一つが、接合されるウェハの位置合わせである。近年では、デバイスの小型化、高精度化が進んでおり、接合されるウェハを精密に位置合わせすることが重要になってきている。ウェハの精密な位置合わせを実現する方法としては、圧電素子を用いて位置合わせを行う技術が知られている（例えば、特許第4822577号（特許文献1）、特許第4669766号（特許文献2）参照）。

【0004】

圧電素子の使用は、精密な位置合わせに好適であるが、その一方で、十分に大きなストローク（可動範囲）を提供できないという問題がある。このような問題に対処する技術としては、粗動ステージと微動ステージの組み合わせを用いる技術が知られている（例えば、特開2005-288637号公報（特許文献3）、特開平5-160340号公報（特許文献4）参照）。

【0005】

常温接合のウェハの位置合わせに関し、もう一つの重要な事項は、位置合わせに用いられるステージ機構の耐荷重である。常温接合においては、接合されるウェハに大きな接合圧力（例えば、最大、10トンの圧力）を作用させる必要があるため、ウェハの位置合わせに用いられるステージ機構を、大荷重に耐えられるように設計する必要がある。特許3970304号（特許文献5）は、ステージ機構の耐荷重を高めるための技術を開示している。この特許文献に開示されたステージ機構では、ウェハを保持するキャリッジが弾性案内によって位置決めステージに連結されている。更に、位置決めステージとは別にキャリッジ支持台が設けられている。キャリッジに荷重が印加されない状態では、キャリッジ

10

20

30

40

50

がキャリッジ支持台と接触しないように支持される。キャリッジに荷重が印加されると、弾性案内が弾性変形してキャリッジがキャリッジ支持台に接触され、キャリッジ支持台に荷重が分散される。これにより、位置決めステージに作用する荷重が低減されている。

【0006】

しかしながら、上述された公知技術は、いずれも、十分に大きなストロークを有しながら、ウェハの精密な位置合わせとステージ機構の耐荷重の増大の要求をも満たすステージ機構を提供するものではない。

【0007】

なお、本願に関連し得る技術として、試料台の向きを調節する角度調節機構が上側ステージに設けられた常温接合装置が、特許第4209457号(特許文献6)に開示されている。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】特許第4822577号

【特許文献2】特許第4669766号

【特許文献3】特開2005-288637号公報

【特許文献4】特開平5-160340号公報

【特許文献5】特許3970304号

【特許文献6】特許第4209457号

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

したがって、本発明の目的は、大きなストロークを有しながら、ウェハの精密な位置合わせと大きな耐荷重の要求をも満たすステージ機構を備えた常温接合装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明の一の観点では、常温接合装置(1)が、接合チャンバ(5)と、接合チャンバ(5)の内部で上側ウェハ(33)を上下方向に移動可能に支持する上側ステージ機構(23、23A)と、接合チャンバ(5)の内部で下側ウェハ(34)を水平面内で移動可能に支持する下側ステージ機構(24、24A、24B)とを具備する。下側ステージ機構(24、24A、24B)は、下側ウェハ(34)を保持する下側ウェハ保持部(52、72)を有するキャリッジ(43、43A、72)と、キャリッジ(43、43A、72)に連結されてキャリッジ(43、43A、72)を支持する弾性案内(44、73)と、下側ウェハ保持部(52、72)を粗動させる位置決めステージ(41)と、下側ウェハ保持部(52、72)を微動させる微動機構(51、52、54₁~54₃)と、キャリッジ支持台(42)とを含む。弾性案内(44、73)は、上側ステージ機構(23、23A)からキャリッジ(43、43A、72)に荷重が印加されていないときにキャリッジ(43、43A、72)がキャリッジ支持台(42)に接触しないようにキャリッジ(43、43A、72)を支持し、上側ステージ機構(23、23A)によって上側ウェハ(33)が下側ウェハ(34)に接触されてキャリッジ(43、43A、72)に上下方向に荷重が印加されるとキャリッジ(43、43A、72)がキャリッジ支持台(42)に接触するように弾性変形する。

30

40

【0011】

一実施形態では、位置決めステージ(41)は、弾性案内(44)を駆動することによって下側ウェハ保持部(52)を粗動させ、微動機構(51、52、54₁~54₃)が、キャリッジ(43、43A)に組み込まれる。

【0012】

一実施形態では、キャリッジ(43A)が、弾性案内(44)が接合されたキャリッジ

50

プレート(46)を含んでおり、下側ウェハ保持部(52)がキャリッジプレート(46)の上方に位置し、微動機構(51、52、54₁~54₃)が、キャリッジプレート(46)の上に設けられたフレーム(51)と、フレーム(51)に連結され下側ウェハ保持部(52)を駆動する駆動機構(54₁~54₃)とを含んでいてもよい。この場合、上側ステージ機構(23、23A)によって上側ウェハ(33)が下側ウェハ(34)に接触されてキャリッジ(43A)に前記上下方向に荷重が印加されると、弾性案内(44)は、キャリッジプレート(46)がキャリッジ支持台(42)に接触するように弾性変形する。

【0013】

このとき、フレーム(51)には、下側ウェハ保持部(52)を上下方向に移動可能に支持する支持機構(53)が設けられてもよい。一実施形態では、支持機構(53)は、上側ステージ機構(23、23A)から下側ウェハ保持部(52)に荷重が印加されていないときに下側ウェハ保持部(52)がキャリッジプレート(46)に接触しないように下側ウェハ保持部(52)を支持し、上側ステージ機構(23、23A)によって上側ウェハ(33)が下側ウェハ(34)に接触されて下側ウェハ保持部(52)に上下方向に荷重が印加されると下側ウェハ保持部(52)がキャリッジプレート(46)に接触するように弾性変形してもよい。

【0014】

他の実施形態では、微動機構(71)が、テーブル(52)と、テーブル(52)を駆動する駆動機構(54₁~54₃)とを含み、弾性案内(73)が、下側ウェハ保持部(72)をテーブル(52)に連結してもよい。この場合、位置決めステージ(41)は、微動機構(71)の全体を駆動することによって下側ウェハ保持部(72)を粗動させ、微動機構(71)は、駆動機構(54₁~54₃)によってテーブル(52)を駆動することによって下側ウェハ保持部(72)を微動させることが好ましい。

【0015】

上記の常温接合装置において、上側ステージ機構(23A)は、上側ウェハ(33)を保持する上側ウェハ保持部(83)と、上側ウェハ保持部(83)の向きを調節する角度調節機構(82)とを具備していても良い。一実施形態では、上側ステージ機構(23A)が、上下方向に昇降される昇降ロッド(81)を備える。この場合、角度調節機構(82)は、上側ウェハ保持部(83)に固定される球フランジ(86)と、昇降ロッド(81)に固定される球座(84)と、球座(84)に固定され、球フランジ(86)を挟持して球フランジ(86)を球座(84)に連結する固定フランジ(85)とを含むことが好ましい。

【発明の効果】

【0016】

上記実施形態によれば、大きなストロークを有しながら、ウェハの精密な位置合わせと大きな耐荷重の要求をも満たすステージ機構を備えた常温接合装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】第1の実施形態の常温接合装置の構成を示す模式的に示す断面図である。

【図2】第1の実施形態における接合チャンバの構造を模式的に示す断面図である。

【図3】第1の実施形態における制御装置の構成を模式的に示すブロック図である。

【図4A】第1の実施形態における下側ステージ機構の構成を概略的に示す断面図である。

【図4B】下側ステージ機構に組み込まれるアライメント機構の構成を示す断面図である。

【図5A】第1の実施形態におけるキャリッジの構成を示す平面図である。

【図5B】キャリッジのヒンジ部の構造を示す平面図である。

【図5C】キャリッジのヒンジ部の構造を示す斜視図である。

10

20

30

40

50

【図 6】第 1 の実施形態における常温接合方法を示すフローチャートである。

【図 7】第 2 の実施形態における常温接合装置の構成を模式的に示す断面図である。

【図 8】第 2 の実施形態の常温接合装置の変形例における下側ステージ機構の構成を模式的に示す断面図である。

【図 9】第 3 の実施形態における常温接合装置の構成を模式的に示す断面図である。

【図 10】第 3 の実施形態における微動ステージ及びキャリッジの構造を示す平面図である。

【図 11】一実施形態における上側ステージ機構の構造を模式的に示す側面図である。

【図 12】図 11 の上側ステージ機構の固定フランジの構成を示す斜視図である。

【発明を実施するための形態】

10

【0018】

以下、添付図面を参照しながら本発明の実施形態について説明する。なお、以下の説明において、同一又は対応する構成要素は、同一又は対応する符号で参照されることに留意されたい。

【0019】

(第 1 の実施形態)

図 1 は、第 1 の実施形態の常温接合装置 1 の構成を示す模式的に示す断面図である。なお、以下の説明においては、必要に応じて、XYZ 直交座標系が用いられる。Z 軸は、上下方向（鉛直方向）に規定され、X 軸は、水平面に平行な面内の特定方向に規定され、Y 軸は、X 軸、Z 軸に垂直な方向に規定される。

20

【0020】

常温接合装置 1 は、常温接合を実施するプロセスモジュール 2 と、プロセスモジュール 2 を制御する制御装置（制御盤）3 とを具備している。

【0021】

プロセスモジュール 2 は、ロードロックチャンバ 4 と接合チャンバ 5 とを具備している。ロードロックチャンバ 4 は、外部環境と接合チャンバ 5 との間のウェハの受け渡しに用いられるチャンバであり、接合チャンバ 5 は、ウェハの接合が実際に行われるチャンバである。

【0022】

プロセスモジュール 2 は、更に、搬送通路 6 とゲートバルブ 7 とを備えている。搬送通路 6 は、ロードロックチャンバ 4 と接合チャンバ 5 との間に介設され、接合チャンバ 5 の内部空間とロードロックチャンバ 4 の内部空間とを接続している。ゲートバルブ 7 は、制御装置 3 による制御の下、搬送通路 6 を閉鎖し、または、搬送通路 6 を開放する。即ち、ゲートバルブ 7 は、ロードロックチャンバ 4 の内部空間を、接合チャンバ 5 の内部空間と連通させ、又は、分離する機能を有している。

30

【0023】

ロードロックチャンバ 4 は、蓋（図示されない）と真空排気装置 11 とを備えている。その蓋は、ユーザに操作されることにより、外部環境とロードロックチャンバ 4 の内部とを接続する開口部（図示されず）を閉鎖し、または、その開口部を開放する。真空排気装置 11 は、制御装置 3 による制御の下、ロードロックチャンバ 4 の内部から気体を排気する。

40

【0024】

ロードロックチャンバ 4 は、さらに、カートリッジ台 12、13 と搬送ロボット 14 とを内部に収容している。カートリッジ台 12、13 には、それぞれ、接合されるウェハを保持するカートリッジ 31、32 が載せられる。ここで、カートリッジ 31 は、ウェハの接合の際に、上側に位置するウェハ（以下、上側ウェハ 33 ということがある）を保持するカートリッジであり、カートリッジ 32 は、下側に位置するウェハ（以下、下側ウェハ 34 ということがある）を保持するカートリッジである。搬送ロボット 14 は、ゲートバルブ 7 が開放されているときに、搬送通路 6 を介してカートリッジ台 12、13 に配置されたカートリッジ 31、32 を接合チャンバ 5 の内部に搬送し、または、接合チャンバ 5

50

の内部にあるカートリッジ 3 1、3 2 をカートリッジ台 1 2、1 3 に搬送する。

【 0 0 2 5 】

接合チャンバ 5 は、真空排気装置 2 1 を備えている。真空排気装置 2 1 は、制御装置 3 による制御の下、接合チャンバ 5 の内部から気体を排気する。

【 0 0 2 6 】

図 2 は、接合チャンバ 5 の構造を模式的に示す断面図である。図 2 に図示されているように、接合チャンバ 5 は、さらにイオンガン 2 2 と、上側ステージ機構 2 3 と、下側ステージ機構 2 4 とを備えている。イオンガン 2 2 は、ウェハの表面の活性化に用いられるイオンビーム 2 2 a を出射する。イオンビーム 2 2 a が照射されることで、上側ステージ機構 2 3 に支持される上側ウェハ 3 3 と、下側ステージ機構 2 4 に支持される下側ウェハ 3 4 の表面の活性化が行われる。なお、本実施形態では、一つのイオンガン 2 2 がウェハの表面の活性化に使用されるが、複数のイオンガン 2 2 が使用されてもよい。また、イオンガン 2 2 の代わりに、他の活性化手段（例えば、中性原子ビーム源）がウェハの活性化に用いられても良い。

10

【 0 0 2 7 】

上側ステージ機構 2 3 は、上側ウェハ 3 3 の位置合わせを行うための機構であり、静電チャック 2 5 と圧接機構 2 6 とを備えている。静電チャック 2 5 は、上側ウェハ 3 3 を保持する上側ウェハ保持部として機能する。詳細には、静電チャック 2 5 は、誘電体層を備えており、その誘電体層の下端に、上下方向（Z 軸方向）に概ね垂直な平坦な面を有している。静電チャック 2 5 は、さらに、その誘電体層の内部に配置される内部電極を備えている。静電チャック 2 5 は、制御装置 3 による制御の下、その内部電極に所定の印加電圧を印加して、その誘電層の平坦な面の近傍に配置される上側ウェハ 3 3 を静電力によって保持する。

20

【 0 0 2 8 】

圧接機構 2 6 は、制御装置 3 による制御の下、上下方向（Z 軸方向）に静電チャック 2 5 を昇降させる。一実施形態では、圧接機構 2 6 は、制御装置 3 による制御の下、静電チャック 2 5 を所望の位置に位置合わせする。圧接機構 2 6 は、さらに、制御装置 3 による制御の下、静電チャック 2 5 の位置（即ち、上側ウェハ 3 3 の位置）を測定し、その位置を示すデータを制御装置 3 へ出力する。圧接機構 2 6 は、さらに、制御装置 3 による制御の下、静電チャック 2 5 により保持された上側ウェハ 3 3 に印加される荷重を測定し、その荷重を示すデータを制御装置 3 へ出力する。

30

【 0 0 2 9 】

下側ステージ機構 2 4 は、下側ウェハ 3 4 の位置合わせを行うための機構であり、その上に載せられたカートリッジ 3 2 を保持し、これにより、該カートリッジ 3 2 の上に保持された下側ウェハ 3 4 を保持する。下側ステージ機構 2 4 の詳細については後述する。

【 0 0 3 0 】

接合チャンバ 5 は、更に、アライメント機構 2 7 を備えている。アライメント機構 2 7 は、上側ステージ機構 2 3 によって保持された上側ウェハ 3 3 及び下側ステージ機構 2 4 に載せられた下側ウェハ 3 4 の表面に設けられたアライメントマークの近傍の画像を撮像する。撮像した画像は、制御装置 3 に送られて画像処理が行われ、これにより、上側ウェハ 3 3 と下側ウェハ 3 4 の間の X Y 面内の位置のずれ、及び、X Y 面内における向きのずれを検出する。アライメント機構 2 7 の詳細については後述する。アライメント機構 2 7 を用いて得られた上側ウェハ 3 3 と下側ウェハ 3 4 の間の位置及び向きのずれは、下側ステージ機構 2 4 の制御に用いられる。

40

【 0 0 3 1 】

図 3 は、本実施形態における制御装置 3 の構成を模式的に示すブロック図である。制御装置 3 は、コンピュータに例示される情報処理装置であり、CPU（Central Processing Unit）9 1 と、メモリ 9 2 と、入力装置 9 3 と、出力装置 9 4 と、インターフェース 9 5 と、外部記憶装置 9 6 と、ドライブ 9 7 とを備えている。CPU 9 1、メモリ 9 2、入力装置 9 3、出力装置 9 4、インターフェース 9 5、外部記憶装

50

置 9 6 及びドライブ 9 7 は、互いに通信可能に接続されている。

【 0 0 3 2 】

C P U 9 1 は、外部記憶装置 9 6 にインストールされたコンピュータプログラム 9 6 a をメモリ 9 2 に展開する。C P U 9 1 は、更に、展開されたコンピュータプログラム 9 6 a を実行して、必要に応じて入力装置 9 3、出力装置 9 4、外部記憶装置 9 6 等のハードウェアを制御しながら、コンピュータプログラム 9 6 a の情報処理を実現する。

【 0 0 3 3 】

外部記憶装置 9 6 は、コンピュータプログラム 9 6 a を記録するとともに、C P U 9 1 が利用する情報や生成する情報を記録する。外部記憶装置 9 6 へのコンピュータプログラム 9 6 a のインストールには、例えば、コンピュータプログラム 9 6 a を記録した記録媒体 9 8 が用いられてもよい。ドライブ 9 7 によってコンピュータプログラム 9 6 a が読み込まれ、読み込まれたコンピュータプログラム 9 6 a が外部記憶装置 9 6 に書き込まれる。

10

【 0 0 3 4 】

入力装置 9 3 は、ユーザに操作されることにより生成される情報を C P U 9 1 や外部記憶装置 9 6 に出力する。出力装置 9 4 は、C P U 9 1 により生成された情報や外部記憶装置 9 6 の情報をユーザに認識可能に出力する。

【 0 0 3 5 】

インターフェース 9 5 は、プロセスモジュール 2 の各機器と制御装置 3 との間の通信に用いられる。具体的には、インターフェース 9 5 は、ゲートバルブ 7、搬送ロボット 1 4、真空排気装置 1 1、2 1、イオンガン 2 2、上側ステージ機構 2 3 (即ち、静電チャック 2 5 及び圧接機構 2 6) 及び下側ステージ機構 2 4 を制御する制御信号を送信し、また、これらの機器から送信される信号を受け取る。

20

【 0 0 3 6 】

制御装置 3 にインストールされるコンピュータプログラム 9 6 a は、制御装置 3 に所望の機能を実現させるためのプログラムコード群を含んでいる。第 1 に、該プログラムコード群は、ウェハ 3 3、3 4 の搬送、設置および取り出しに関してプロセスモジュール 2 を制御する機能を提供する。この機能では、主として、ロードロックチャンバ 4 の真空排気装置 1 1 の制御、ゲートバルブ 7 の開閉の制御、搬送ロボット 1 4 によるカートリッジ 3 1、3 2 の搬送の制御、静電チャック 2 5 の制御及び圧接機構 2 6 の制御が行われる。第 2 に、該プログラムコード群は、ウェハ 3 3、3 4 の活性化に関してプロセスモジュール 2 を制御する機能を提供する。この機能では、主として、接合チャンバ 5 の真空排気装置 2 1 の制御、圧接機構 2 6 の制御、イオンガン 2 2 の制御が行われる。第 3 に、該プログラムコード群は、ウェハ 3 3、3 4 の接合に関してプロセスモジュール 2 を制御する機能を提供する。この機能では、主として、静電チャック 2 5 の制御及び圧接機構 2 6 の制御及び下側ステージ機構 2 4 の制御が行われる。

30

【 0 0 3 7 】

本実施形態の常温接合装置 1 の一つの特徴は、下側ステージ機構 2 4 の構成にある。本実施形態では、下側ステージ機構 2 4 が、十分に大きなストロークを提供可能でありながら、ウェハの精密な位置合わせと大きな耐荷重の両方の要求を満たすように構成されている。以下、本実施形態における下側ステージ機構 2 4 の構成について詳細に説明する。

40

【 0 0 3 8 】

図 4 A は、下側ステージ機構 2 4 の構成を概略的に示す模式図である。下側ステージ機構 2 4 は、位置決めステージ 4 1 と、キャリッジ支持台 4 2 と、キャリッジ 4 3 と、弾性案内 4 4 とを備えている。位置決めステージ 4 1 及びキャリッジ支持台 4 2 は、接合チャンバ 5 の底板 5 a に支持されている。後述されるように、位置決めステージ 4 1 は、大きなストロークで下側ウェハ 3 4 を粗動させる粗動ステージとして機能する。キャリッジ支持台 4 2 は、その上端に平滑な支持面 4 2 a を有している。支持面 4 2 a は、上下方向 (Z 軸方向) に垂直である。

【 0 0 3 9 】

50

キャリッジ 4 3 は、その上に載せられたカートリッジ 3 2 (及びカートリッジ 3 2 に載せられた下側ウェハ 3 4) を保持する。後に詳細に説明するように、本実施形態では、キャリッジ 4 3 に、下側ウェハ 3 4 を小さなストロークで微動させる微動ステージの機能が組み込まれる。弾性案内 4 4 は、弾性体から形成され、キャリッジ 4 3 の側面に接合されている。キャリッジ 4 3 は、弾性案内 4 4 によって位置決めステージ 4 1 に連結されている。弾性案内 4 4 は、キャリッジ 4 3 に荷重が印加されていない状態では、キャリッジ 4 3 の下面 4 3 a が、キャリッジ支持台 4 2 の支持面 4 2 a と接触しないようにキャリッジ 4 3 を支持する。このとき、キャリッジ 4 3 の下面 4 3 a とキャリッジ支持台 4 2 の支持面 4 2 a の間には、100 μm 程度の隙間が設けられる。一方、上側ステージ機構 2 3 によって荷重がキャリッジ 4 3 に鉛直下方向に印加されると、弾性案内 4 4 は、キャリッジ 4 3 の下面 4 3 a がキャリッジ支持台 4 2 の支持面 4 2 a に接触するように弾性変形する。

10

【0040】

ここで、位置決めステージ 4 1 は、弾性案内 4 4、及び、弾性案内 4 4 に連結されたキャリッジ 4 3 を駆動する、より具体的には、X 軸方向、Y 軸方向に移動し、且つ、角方向に回転するように構成されている。ここで、位置決めステージ 4 1 には、例えばボールねじ、リニアガイド、及びモータを用いた移動/回転機構(図示されない)が組み込まれており、位置決めステージ 4 1 は、粗動ステージとして機能する。必要がある場合、位置決めステージ 4 1 によってキャリッジ 4 3 が移動及び/又は回転され、これにより、キャリッジ 4 3 の上に載せられたカートリッジ 3 2 (及びカートリッジ 3 2 に載せられた下側

20

【0041】

下側ステージ機構 2 4 には、上述のアライメント機構 2 7 が組み込まれる。図 4 B は、下側ステージ機構 2 4 のアライメント機構 2 7 に関連する部分の構造を示す模式図である。アライメント機構 2 7 は、赤外線を発生する赤外照明 1 0 1 と、該赤外線の向きを鉛直方向に変えるレンズ 1 0 2 と、カメラ 1 0 3 とを備えている。更に、キャリッジ支持台 4 2 に透明部位 1 0 4 が形成され、キャリッジ 4 3 に(より精密には、後述されるように、キャリッジ 4 3 のステージ 5 2 に)透明部位 1 0 5 が形成されている。透明部位 1 0 4、1 0 5 は、いずれも、赤外照明 1 0 1 が照射する赤外線に対して透明な材料で形成されている。キャリッジ 4 3 の透明部位 1 0 5 は、キャリッジ支持台 4 2 の透明部位 1 0 4 の近

30

【0042】

アライメント機構 2 7 は、キャリッジ 4 3 の上に乗せられるカートリッジ 3 2 に設けられた透明部位 1 0 6、上側ウェハ 3 3 に設けられたアライメントマーク 1 0 7、及び、下側ウェハ 3 4 に設けられたアライメントマーク 1 0 8 を用いて、上側ウェハ 3 3 と下側ウェハ 3 4 の位置及び向きのずれを検出する。ここで、透明部位 1 0 6 は、赤外照明 1 0 1 が照射する赤外線に対して透明な材料で形成されている。詳細には、レンズ 1 0 2 は、赤外照明 1 0 1 により生成される赤外線の向きを鉛直方向に代えて、赤外線を透明部位 1 0 4、1 0 5、1 0 6 を介して上側ウェハ 3 3、下側ウェハ 3 4 に入射する。一般的にウェハに用いられる絶縁材料(例えば、ガラス)及び半導体(例えば、シリコン)は、赤外線を少なくとも一定程度は通過させる材料であることに留意されたい。レンズ 1 0 2 は、更に、該赤外線が上側ウェハ 3 3 及び下側ウェハ 3 4 によって反射されて生成された反射光を、カメラ 1 0 3 に入射する。カメラ 1 0 3 は、レンズ 1 0 2 を通過した反射光を撮像し、上側ウェハ 3 3 及び下側ウェハ 3 4 の一部分の画像(即ち、アライメントマーク 1 0 7、1 0 8 の近傍の画像)を得る。得られた画像は制御装置 3 に送られ、該画像に対して制御装置 3 によって画像処理が行われる。この画像処理により、上側ウェハ 3 3 と下側ウェハ 3 4 の位置及び向きのずれが検出される。

40

【0043】

なお、キャリッジ支持台 4 2 に透明部位 1 0 4 を設ける代わりに、赤外線を通過させるための空洞(又は穴)を設けてもよい。同様に、キャリッジ 4 3 及びカートリッジ 3 2 に

50

透明部位 105、106 を設ける代わりに、赤外線を通過させるための空洞（又は穴）を設けてもよい。一実施形態では、キャリッジ支持台 42 に透明部位 104 が設けられ、キャリッジ 43 及びカートリッジ 32 に、赤外線を通過させるための空洞が設けられてもよい。

【0044】

続いて、キャリッジ 43 の構造について詳細に説明する。図 5A は、キャリッジ 43 の構成を示す平面図である。キャリッジ 43 は、フレーム 51 と、テーブル 52 とを備えている。フレーム 51 は、上述の弾性案内 44 によって位置決めステージ 41 に連結される。

【0045】

テーブル 52 は、その上に載せられたカートリッジ 32（及びカートリッジ 32 に載せられた下側ウェハ 34）を保持する下側ウェハ保持部として用いられる。テーブル 52 には、上述の透明部位 105 が形成されている。上述のように、キャリッジ 43 のテーブル 52 には透明部位 105 の代わりに赤外線を通過させるための空洞（又は穴）を設けてもよい。テーブル 52 は、フレーム 51 に囲まれて配置されており、複数のヒンジ部 53 により、フレーム 51 に可動に支持されている。本実施形態では、テーブル 52 の 4 隅が 4 つのヒンジ部 53 によってフレーム 51 に連結されている。

【0046】

図 5B は、ヒンジ部 53 の構成を示す平面図である。各ヒンジ部 53 は、小片部材 61、62 を有している。小片部材 61 は、狭隘部 63 によってテーブル 52 に連結されており、狭隘部 64 によって小片部材 62 に連結されている。また、小片部材 62 は、狭隘部 65 によってフレーム 51 に連結されている。図 5C は、狭隘部 63 の構造を示す斜視図である。狭隘部 63 は、幅が細い構造として構成されており、湾曲可能である。狭隘部 64、65 も同様に、幅が細い構造として構成されており、湾曲可能である。このような構造のヒンジ部 53 は、テーブル 52 を、X 軸方向、Y 軸方向に移動可能であり、且つ、角方向に回転可能であるようにフレーム 51 に連結している。ここで、角方向とは、XY 平面内の角度方向である。

【0047】

図 5A に戻り、キャリッジ 43 は、更に、テーブル 52 を駆動する 3 つの駆動機構 54₁ ~ 54₃ を備えている。駆動機構 54₁、54₂ は、テーブル 52 を X 軸方向に駆動し、駆動機構 54₃ は、テーブル 52 を Y 軸方向に駆動する。3 つの駆動機構 54₁ ~ 54₃ は、テーブル 52 を微動させる微動機構として用いられる。

【0048】

詳細には、駆動機構 54₁ は、圧電素子 55₁ と連結部 56₁ とを備えている。圧電素子 55₁ は、その一端がフレーム 51 に連結されており、他端が連結部 56₁ に連結されている。圧電素子 55₁ は、それに供給された電圧に応じて連結部 56₁ を X 軸方向に移動させる。連結部 56₁ は、その一端が圧電素子 55₁ に連結され、他端がテーブル 52 に連結されている。ここで、連結部 56₁ は、2 つの狭隘部 57 が設けられ、狭隘部 57 において湾曲可能である。このような構造により、駆動機構 54₃ によってテーブル 52 が Y 軸方向に駆動された場合でも、テーブル 52 の Y 軸方向への変位を狭隘部 57 の湾曲によって吸収することができる。

【0049】

駆動機構 54₂ も、駆動機構 54₁ と同様に構成されており、圧電素子 55₂ と連結部 56₂ とを備えている。圧電素子 55₂ は、その一端がフレーム 51 に連結されており、他端が連結部 56₂ に連結されている。圧電素子 55₂ は、それに供給された電圧に応じて連結部 56₂ を X 軸方向に移動させる。連結部 56₂ は、その一端が圧電素子 55₂ に連結され、他端がテーブル 52 に連結されている。連結部 56₂ は、2 つの狭隘部が設けられており、該狭隘部において湾曲可能である。このような構造により、駆動機構 54₃ によってテーブル 52 が Y 軸方向に駆動された場合でも、テーブル 52 の Y 軸方向への変位を連結部 56₂ の狭隘部の湾曲によって吸収することができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 0 】

更に駆動機構 5 4₃ も、テーブル 5 2 を駆動する方向が異なる点を除けば、駆動機構 5 4₁、5 4₂ と同様に構成されている。詳細には、駆動機構 5 4₃ は、圧電素子 5 5₃ と連結部 5 6₃ とを備えている。圧電素子 5 5₃ は、その一端がフレーム 5 1 に連結されており、他端が連結部 5 6₃ に連結されている。圧電素子 5 5₃ は、それに供給された電圧に応じて連結部 5 6₃ を Y 軸方向に移動させる。連結部 5 6₃ は、その一端が圧電素子 5 5₃ に連結され、他端がテーブル 5 2 に連結されている。連結部 5 6₃ は、2 つの狭隘部が設けられており、該狭隘部において湾曲可能である。このような構造により、駆動機構 5 4₁、5 4₂ によってテーブル 5 2 が X 軸方向に駆動された場合でも、テーブル 5 2 の X 軸方向への変位を連結部 5 6₃ の狭隘部の湾曲によって吸収することができる。

10

【 0 0 5 1 】

このような構成のキャリッジ 4 3 は、テーブル 5 2 を、X 軸方向、Y 軸方向に移動可能であり、且つ、角方向に回転可能である微細ステージとして機能する。X 軸方向にテーブル 5 2 を移動させる場合、駆動機構 5 4₁、5 4₂ の圧電素子 5 5₁、5 5₂ に、圧電素子 5 5₁、5 5₂ が同一の変位となるような電圧が供給される。これにより、圧電素子 5 5₁、5 5₂ に供給される電圧を適切に調節することで、所望の位置に X 軸方向にテーブル 5 2 を移動させることができる。また、Y 軸方向にテーブル 5 2 を移動させる場合、駆動機構 5 4₁、5 4₂ の圧電素子 5 5₁、5 5₂ に、圧電素子 5 5₁、5 5₂ が同一の変位となるような電圧が供給される。これにより、圧電素子 5 5₁、5 5₂ に供給される電圧を適切に調節することで、所望の位置に X 軸方向にテーブル 5 2 を移動させることができる。更に、角方向にテーブル 5 2 を回転させる場合、駆動機構 5 4₁、5 4₂ の圧電素子 5 5₁、5 5₂ に、圧電素子 5 5₁、5 5₂ が異なる変位となるような電圧が供給される。圧電素子 5 5₁、5 5₂ に供給される電圧を適切に調節することで、角方向の所望の角度にテーブル 5 2 を回転させることができる。

20

【 0 0 5 2 】

このような構成のキャリッジ 4 3 は、テーブル 5 2 の移動に圧電素子 5 5₁、5 5₂、5 5₃ を用いるため、テーブル 5 2 を高精度で移動させ、又は、回転させることができる。言い換えれば、キャリッジ 4 3 は、テーブル 5 2 に載せられたカートリッジ 3 2 に保持されている下側ウェハ 3 4 の位置合わせを高精度で行うことができる。

30

【 0 0 5 3 】

このような構成の下側ステージ機構 2 4 による下側ウェハ 3 4 の位置決めにおいては、位置決めステージ 4 1 が粗動ステージ機構として動作し、キャリッジ 4 3 が微動ステージ機構として動作する。即ち、位置決めステージ 4 1 は、キャリッジ 4 3 と比較して、ストロークが大きい精度が低いステージ機構として動作する。キャリッジ 4 3 は、位置決めステージ 4 1 と比較して、ストロークが小さい精度が高いステージ機構として動作する。下側ウェハ 3 4 (及び、下側ウェハ 3 4 を保持するカートリッジ 3 2) を大きな変位で X 軸方向、Y 軸方向、角方向の少なくとも一方向に移動させ、又は回転させる必要がある場合、位置決めステージ 4 1 によって下側ウェハ 3 4 が移動され、又は回転される。また、下側ウェハ 3 4 を小さな変位で X 軸方向、Y 軸方向、角方向の少なくとも一方向に移動させ、又は回転させる必要がある場合、キャリッジ 4 3 によって下側ウェハ 3 4 が移動され、又は回転される。このような動作により、下側ステージ機構 2 4 は、十分に大きなストロークと、ウェハの精密な位置合わせとを実現することができる。

40

【 0 0 5 4 】

加えて、キャリッジ 4 3 が上側ステージ機構 2 3 によって鉛直下方向に押された場合、キャリッジ 4 3 の下面 4 3 a がキャリッジ支持台 4 2 の支持面 4 2 a に接触し、荷重が主として、キャリッジ支持台 4 2 に作用される。したがって、粗動ステージとして機能する位置決めステージ 4 1 に作用する荷重が軽減される。このような構造によれば、下側ステージ機構 2 4 の耐荷重を増大させることができる。

【 0 0 5 5 】

続いて、本実施形態における常温接合方法 (常温接合装置の動作) について説明する。

50

図6は、本実施形態における常温接合方法を示すフローチャートである。この常温接合方法は、上述された常温接合装置1を用いて実行される。

【0056】

初期状態では、ユーザによって、上側ウェハ33が載せられたカートリッジ31がロードロックチャンバ4のカートリッジ台12に載せられ、下側ウェハ34が載せられたカートリッジ32がカートリッジ台13に載せられているとする。ここで、複数の上側ウェハ33と、それと同数の下側ウェハ34について常温接合が行われる場合には、複数のカートリッジ31がカートリッジ台12に載せられ、同数のカートリッジ32がカートリッジ台13に載せられてもよい。

【0057】

まず、ロードロックチャンバ4の蓋が閉鎖され、ロードロックチャンバ4の真空排気装置11により、ロードロックチャンバ4の内部に予備雰囲気生成される(ステップS1)。予備雰囲気とは、ゲートバルブ7が開放されてロードロックチャンバ4と接合チャンバ5とが搬送通路6を介して連通させることが可能な程度の真空度の雰囲気である。

【0058】

続いて、1枚の上側ウェハ33及び1枚の下側ウェハ34が接合チャンバ5に搬送される(ステップS2)。具体的には、まず、ゲートバルブ7が開放され、搬送ロボット14により、上側ウェハ33を載せたカートリッジ31が、ロードロックチャンバ4のカートリッジ台12から接合チャンバ5のキャリッジ43のテーブル52の上に搬送される。続いて、圧接機構26によって静電チャック25が下降される。静電チャック25の下降は、カートリッジ31に載っている上側ウェハ33が静電チャック25に接触するタイミングで停止される。続いて、静電チャック25に上側ウェハ33が保持される。次に、圧接機構26により、静電チャック25が所定の待機位置に位置するまで上昇される。続いて、搬送ロボット14により、カートリッジ31がキャリッジ43からカートリッジ台12に搬送される。その後、搬送ロボット14により、下側ウェハ34が載せられたカートリッジ32がカートリッジ台13からキャリッジ43のテーブル52の上に搬送される。続いて、ゲートバルブ7が閉鎖される。

【0059】

次に、接合チャンバ5の内部に活性化雰囲気が生成される(ステップS3)。より具体的には、真空排気装置21の制御により、接合チャンバ5の内部の真空度が $10^{-5} \sim 10^{-6}$ Pa程度に調節される。

【0060】

続いて、上側ウェハ33及び下側ウェハ34の表面が活性化される(ステップS4)。具体的には、イオンガン22からイオンビーム22aが出射され、イオンビーム22aが、上側ウェハ33及び下側ウェハ34の表面に照射される。これにより、上側ウェハ33及び下側ウェハ34の表面がエッチングされる。イオンビーム22aの照射中、接合チャンバ5の内部の真空度は、 $10^{-2} \sim 10^{-3}$ Pa程度となる。

【0061】

次に、上側ステージ機構23と下側ステージ機構24とにより、上側ウェハ33と下側ウェハ34との位置合わせが行われる(ステップS5)。具体的には、上側ステージ機構23の圧接機構26によって静電チャック25が下降され、静電チャック25が所定のアライメント位置に配置される。このとき、上側ウェハ33と下側ウェハ34とは、所定の位置合わせ距離だけ離れている。更に、下側ステージ機構24によって下側ウェハ34が移動及び/又は回転され、上側ウェハ33との水平面内での位置合わせが行われる。

【0062】

一実施形態では、上側ウェハ33と下側ウェハ34との位置合わせは、下記の手順で行われる。まず、接合チャンバ5に設けられたアライメント機構27を用いて、上側ウェハ33と下側ウェハ34のアライメントマーク107、108の位置のずれ量(X軸方向のずれ量及びY軸方向のずれ量)及び向きのずれ量(角方向のずれ量)が算出される。位置のずれ量は、アライメントマーク107、108の位置の差分として算出され、向きの

10

20

30

40

50

ずれ量は、アライメントマーク107、108の角度の差分として算出される。アライメントマークの位置及び向き of ずれ量のいずれもが、それぞれに対して決められた基準範囲内である場合には、上側ウェハ33と下側ウェハ34との位置合わせは終了する。

【0063】

一方、アライメントマークの位置のずれ量と向き of ずれ量の少なくとも一方が基準範囲外にある場合には、下側ステージ機構24は、このずれ量を解消するように、下側ウェハ34を移動及び/又は回転する。このとき、アライメントマークの位置のずれ量と向き of ずれ量の大きさによって、位置決めステージ41による下側ウェハ34の粗動と、キャリッジ43の駆動機構54₁~54₃による下側ウェハ34の微動とが、選択的に行われる。詳細には、アライメントマークの位置のずれ量と向き of ずれ量の少なくとも一方が、それぞれに対して決められた閾値よりも大きい場合、キャリッジ43が位置決めステージ41によって駆動され、キャリッジ43が移動及び/又は回転される。一方、アライメントマークの位置のずれ量と向き of ずれ量の両方が、それぞれに対して決められた閾値よりも小さい場合、テーブル52がキャリッジ43の駆動機構54₁~54₃によって駆動される。これにより、テーブル52の上に保持されたカートリッジ32に載せられた下側ウェハ34が、アライメントマークの位置のずれ量と向き of ずれ量の解消するように駆動される。キャリッジ43又はテーブル52が移動及び/又は回転された後、アライメントマークの位置及び向き of 検出以降の手順が、アライメントマークの位置のずれ量及び向き of ずれ量の両方が基準範囲内になるまで繰り返して行われる。

【0064】

続いて、上側ウェハ33と下側ウェハ34とが接触され、上側ウェハ33と下側ウェハ34とが接合される(ステップS6)。具体的には、圧接機構26によって静電チャック25が下降され、上側ウェハ33の表面が下側ウェハ34の表面に接触される。静電チャック25の下降は、静電チャック25に印加される荷重が所定の接合荷重に到達するタイミングで停止される。すなわち、上側ウェハ33と下側ウェハ34とに接合荷重が印加される。上側ウェハ33と下側ウェハ34とは、接合荷重が印加されることによって接合され、1枚の接合ウェハに形成される。接合ウェハへの接合荷重の印加は、所定の接合時間だけ継続して行われる。

【0065】

このとき、キャリッジ43のテーブル52にも鉛直下向き方向に荷重が印加される。テーブル52に荷重が印加されると、弾性案内44が弾性変形し、キャリッジ43の下面43aがキャリッジ支持台42の支持面42aに接触する。この結果、テーブル52に印加された荷重が、主として、キャリッジ支持台42に作用され、位置決めステージ41に作用する荷重が軽減される。これは、下側ステージ機構24の耐荷重を増大させることができることを意味している。

【0066】

続いて、接合ウェハがロードロックチャンバ4に搬送される(ステップS7)。具体的には、接合ウェハが静電チャック25から離脱された後、圧接機構26により、静電チャック25が上昇される。このとき、接合ウェハは、カートリッジ32の上に載せられた状態になる。その後、ゲートバルブ7が開放されると、搬送ロボット14により、接合ウェハが載せられたカートリッジ32が、キャリッジ43のテーブル52からロードロックチャンバ4に搬送され、カートリッジ台13に戻される。

【0067】

まだ接合されていない上側ウェハ33が載せられたカートリッジ31及びまだ接合されていない下側ウェハ34が載せられたカートリッジ32が、カートリッジ台12、13に残存している場合(ステップS8、YES)、ステップS2~ステップS7の動作が、再度、実行される。

【0068】

一方、全ての上側ウェハ33及び下側ウェハ34の接合が完了している場合(ステップS8、NO)、ロードロックチャンバ4の真空排気装置11が制御され、ロードロックチ

10

20

30

40

50

チャンバ4の内部に大気圧雰囲気生成される(ステップS9)。これにより、ユーザは、ロードロックチャンバ4の蓋を開けて、接合ウェハが載せられたカートリッジ32及び何も載せられていないカートリッジ31を、カートリッジ台12、13から取り出すことができるようになる。以上で、上側ウェハ33と下側ウェハ34の接合の手順が完了する。なお、上述されたステップS1~S9は、制御装置3においてコンピュータプログラム36aが実行されることで実現される。

【0069】

以上に説明されているように、本実施形態では、下側ステージ機構24の位置決めステージ41が下側ウェハ34を粗動させる粗動ステージ機構として動作し、キャリッジ43が下側ウェハ34を微動させる微動ステージ機構として動作する。このような動作により、下側ステージ機構24は、十分に大きなストロークと、ウェハの精密な位置合わせとを実現することができる。

【0070】

加えて、キャリッジ43が上側ステージ機構23によって鉛直下方向に押された場合、キャリッジ43を支持する弾性案内44が弾性変形し、キャリッジ43の下面43aがキャリッジ支持台42の支持面42aに接触する。この結果、荷重が主として、キャリッジ支持台42に作用される。したがって、粗動ステージ機構として機能する位置決めステージ41に作用する荷重が軽減される。このような構造によれば、下側ステージ機構24の耐荷重を増大させることができる。

【0071】

(第2の実施形態)

図7は、本発明の第2の実施形態における常温接合装置1の構成、特に、下側ステージ機構24Aの構成を模式的に示す断面図である。第2の実施形態の常温接合装置1の構成は、第1の実施形態の常温接合装置1とほぼ同様である。ただし、下側ステージ機構24Aの構成が、第1の実施形態の下側ステージ機構24の構成と異なっている。なお、第1の実施形態と同様に、下側ステージ24Aにはアライメント機構27が組み込まれてもよいが、図7には図示されていない。

【0072】

詳細には、第2の実施形態では、下側ステージ機構24Aのキャリッジ43Aが、キャリッジプレート46とキャリッジプレート46の上に搭載された微動ステージ47とを備えている。キャリッジプレート46は、弾性案内44によって位置決めステージ41に連結されている。上述のように、位置決めステージ41は、ストロークが大きい粗動ステージとして機能する。キャリッジプレート46は、平滑な上面と平滑な下面とを有している。弾性案内44は、キャリッジ43Aに荷重が印加されていない状態では、キャリッジプレート46の下面が、キャリッジ支持台42の支持面42aと接触しないようにキャリッジプレート46を支持する。このとき、キャリッジプレート46の下面とキャリッジ支持台42の支持面42aの間には、100 μ m程度の隙間が設けられる。一方、上側ステージ機構23によって荷重がキャリッジ43Aに鉛直下方向に印加されると、弾性案内44は、キャリッジプレート46の下面がキャリッジ支持台42の支持面42aに接触するように弾性変形する。

【0073】

微動ステージ47は、図5A~図5Cに図示されているキャリッジ43と同一の構成を有している(ただし、フレーム51は、弾性案内44に直接には連結されていない)。微動ステージ47は、フレーム51と、テーブル52とを備えている。テーブル52は、その上に載せられたカートリッジ32(及びカートリッジ32に載せられた下側ウェハ34)を保持する下側ウェハ保持部として用いられる。テーブル52は、フレーム51に囲まれて配置されており、4つのヒンジ部53により、フレーム51に可動に支持されている。微動ステージ47は、更に、テーブル52を駆動する3つの駆動機構54₁~54₃を備えている。駆動機構54₁、54₂は、テーブル52をX軸方向に駆動し、駆動機構54₃は、テーブル52をY軸方向に駆動する。微動ステージ47のフレーム51及びテー

10

20

30

40

50

ブル52の下面は、キャリッジプレート46の上面に接合されている。

【0074】

本実施形態の下側ステージ機構24Aの構成でも、第1の実施形態と同様に、十分に大きなストロークを提供可能でありながら、ウェハの精密な位置合わせと大きな耐荷重の要求をも満たすことができる。本実施形態においては、下側ステージ機構24Aの位置決めステージ41が下側ウェハ34を粗動させる粗動ステージ機構として動作する一方で、キャリッジ43Aの微動ステージ47が下側ウェハ34を微動させるために用いられる。このような動作により、下側ステージ機構24は、十分に大きなストロークと、ウェハの精密な位置合わせとを実現することができる。

【0075】

加えて、キャリッジ43Aが上側ステージ機構23によって鉛直下方向に押された場合、キャリッジプレート46を支持する弾性案内44が弾性変形し、キャリッジプレート46の下面がキャリッジ支持台42の支持面42aに接触する。この結果、荷重が主として、キャリッジ支持台42に作用される。したがって、粗動ステージ機構として機能する位置決めステージ41に作用する荷重が軽減され、下側ステージ機構24の耐荷重を増大させることができる。

【0076】

図8は、第2の実施形態の常温接合装置1の変形例における下側ステージ機構24Aの構成を模式的に示す断面図である。該変形例においては、微動ステージ47のテーブル52が、ヒンジ部53により、上下方向（Z軸方向）にも移動可能に支持される。ここで、
20
テーブル52は、テーブル52に荷重が印加されていない場合に、テーブル52の下面とキャリッジプレート46の上面との間に隙間があるように支持される。テーブル52の下面とキャリッジプレート46の上面との間に隙間がある構造は、テーブル52の移動の際にテーブル52がキャリッジプレート46と擦れることがないため、微動ステージ47の動作をスムーズにでき、精度低下を防ぐために有効である。また、テーブル52がキャリッジプレート46と擦れることによるパーティクルの発生も抑制できる。

【0077】

ここで、本変形例においては、微動ステージ47のテーブル52が上側ステージ機構23によって鉛直下方向に押されてテーブル52に荷重が印加されると、テーブル52を支持するヒンジ部53が弾性変形し、テーブル52の下面52aがキャリッジプレート46
30
の上面46aに接触する。このとき、キャリッジプレート46も鉛直下方向に押され、キャリッジプレート46の下面が、キャリッジ支持台42の支持面42aに接触する。これにより、荷重が主として、キャリッジ支持台42に作用される。本変形例の構造では、荷重が主としてキャリッジ支持台42に作用することで、微動ステージ47のヒンジ部53に作用する荷重が軽減され、ヒンジ部53の破損を防ぐことができる。

【0078】

（第3の実施形態）

図9は、本発明の第3の実施形態における常温接合装置1の構成、特に、下側ステージ機構24Bの構成を模式的に示す断面図である。第3の実施形態の常温接合装置1の構成は、第1及び第2の実施形態の常温接合装置1と類似している。ただし、下側ステージ機構24Bの構成が、第1の実施形態の下側ステージ機構24及び第2の実施形態の下側ステージ機構24Aの構成と異なっている。なお、第1の実施形態と同様に、下側ステージ24Bにはアライメント機構27が組み込まれてもよいが、図9には図示されていない。
40

【0079】

第3の実施形態においては、下側ステージ機構24Bが、位置決めステージ41と、キャリッジ支持台42と、微動ステージ71と、キャリッジ72と、弾性案内73とを備えている。第1及び第2の実施形態と同様に、位置決めステージ41は、ストロークが大きい粗動ステージとして機能する。キャリッジ支持台42は、その上端に平滑な支持面42aを有している。支持面42aは、上下方向（Z軸方向）に垂直である。

【0080】

10

20

30

40

50

微動ステージ 7 1 は、図 5 A ~ 図 5 C に図示されたキャリッジ 4 3 (微動ステージ 4 7) と同様の構成を有している。図 1 0 に図示されているように、微動ステージ 7 1 は、フレーム 5 1 と、テーブル 5 2 とを備えている。テーブル 5 2 は、その上に載せられたカートリッジ 3 2 (及びカートリッジ 3 2 に載せられた下側ウェハ 3 4) を保持するウェハ保持部として用いられる。テーブル 5 2 は、フレーム 5 1 に囲まれて配置されており、4 つのヒンジ部 5 3 により、フレーム 5 1 に可動に支持されている。微動ステージ 4 7 は、更に、テーブル 5 2 を駆動する 3 つの駆動機構 5 4₁ ~ 5 4₃ を備えている。駆動機構 5 4₁、5 4₂ は、テーブル 5 2 を X 軸方向に駆動し、駆動機構 5 4₃ は、テーブル 5 2 を Y 軸方向に駆動する。微動ステージ 4 7 のフレーム 5 1 は、位置決めステージ 4 1 の上面に接合されている。

10

【 0 0 8 1 】

キャリッジ 7 2 は、その上に載せられたカートリッジ 3 2 (及びカートリッジ 3 2 に載せられた下側ウェハ 3 4) を保持する下側ウェハ保持部として機能する。弾性案内 7 3 は、弾性体から形成され、キャリッジ 7 2 の側面に接合されている。キャリッジ 7 2 は、弾性案内 7 3 によって微動ステージ 7 1 のテーブル 5 2 に連結されている。弾性案内 7 3 は、キャリッジ 7 2 に荷重が印加されていない状態では、キャリッジ 7 2 の下面 7 2 a が、キャリッジ支持台 4 2 の支持面 4 2 a と接触しないようにキャリッジ 7 2 を支持する。このとき、キャリッジ 7 2 の下面 7 2 a とキャリッジ支持台 4 2 の支持面 4 2 a の間には、1 0 0 μ m 程度の間隙が設けられる。一方、上側ステージ機構 2 3 によって荷重がキャリッジ 7 2 に鉛直下方向に印加されると、弾性案内 7 3 は、キャリッジ 7 2 の下面 7 2 a がキャリッジ支持台 4 2 の支持面 4 2 a に接触するように弾性変形する。

20

【 0 0 8 2 】

本実施形態の下側ステージ機構 2 4 B の構成でも、第 1 の実施形態と同様に、十分に大きなストロークを提供可能でありながら、ウェハの精密な位置合わせと大きな耐荷重の要求をも満たすことができる。本実施形態においては、下側ステージ機構 2 4 B の位置決めステージ 4 1 が下側ウェハ 3 4 を粗動させる粗動ステージ機構として動作する。即ち、位置決めステージ 4 1 は、下側ウェハ 3 4 の粗動を行う場合、微動ステージ 7 1 の全体を駆動して前記微動ステージを移動し、又は、回転する。微動ステージ 7 1 のテーブル 5 2 に下側ウェハ 3 4 を保持するキャリッジ 7 2 が弾性案内 7 3 によって連結されているので、微動ステージ 7 1 の全体を動かすことにより、下側ウェハ 3 4 を動かすことができる。その一方で、微動ステージ 7 1 が下側ウェハ 3 4 を微動させるために用いられる。下側ウェハ 3 4 の微動を行う場合、微動ステージ 7 1 の駆動機構 5 4₁ ~ 5 4₃ が、テーブル 5 2 を移動し、又は、回転する。テーブル 5 2 に下側ウェハ 3 4 を保持するキャリッジ 7 2 が弾性案内 7 3 によって連結されているので、テーブル 5 2 を動かすことにより、下側ウェハ 3 4 を動かすことができる。このような動作により、下側ステージ機構 2 4 B は、十分に大きなストロークと、ウェハの精密な位置合わせとを実現することができる。

30

【 0 0 8 3 】

加えて、キャリッジ 7 2 が上側ステージ機構 2 3 によって鉛直下方向に押された場合、キャリッジ 7 2 を支持する弾性案内 7 3 が弾性変形し、キャリッジ 7 2 の下面 7 2 a がキャリッジ支持台 4 2 の支持面 4 2 a に接触する。この結果、荷重が主として、キャリッジ支持台 4 2 に作用される。ここで、本実施形態では、粗動ステージ機構として機能する位置決めステージ 4 1 に作用する荷重の軽減に加え、微動ステージ 7 1 に作用する荷重の軽減の効果も得られることに留意されたい。これは、下側ステージ機構 2 4 B の耐荷重の一層の増大に寄与する。

40

【 0 0 8 4 】

(上側ステージ機構の変形例)

上記の各実施形態においては、上側ステージ機構 2 3 が静電チャック 2 5 を上下方向に昇降させる機能しか有していないが、上側ウェハ 3 3 を保持する静電チャック (上側ウェハ保持部) の向きを調節する角度調節機構が上側ステージ機構に組み込まれてもよい。図 1 1 は、このような構成の上側ステージ機構 2 3 A の構造を模式的に示す側面図である。

50

【 0 0 8 5 】

図 1 1 に示されているように、上側ステージ機構 2 3 A は、上下方向に昇降される昇降ロッド 8 1 を有しており、昇降ロッド 8 1 の下端に、角度調節機構 8 2 を介して上側ウェハ 3 3 を保持する静電チャック 8 3 が取り付けられている。角度調節機構 8 2 は、昇降ロッド 8 1 の下端に連結された球座 8 4 と、固定フランジ 8 5 と、静電チャック 8 3 に取り付けられた球フランジ 8 6 とを備えている。球フランジ 8 6 は、支持部分とフランジ部分とを有しており、該支持部分は、静電チャック 8 3 に接合されている。該フランジ部分は、点 8 6 a を中心とする球に形成されている。一方、球座 8 4 は、球フランジ 8 6 のフランジ部分に密着する球座面を有している。固定フランジ 8 5 は、ボルトに例示される締結具により球座 8 4 に接合されており、球フランジ 8 6 のフランジ部分を挟持して、該フランジ部分を球座 8 4 の球座面に密着させる。球フランジ 8 6 のフランジ部分は、固定フランジ 8 5 によって、球座 8 4 の球座面に摺動可能に連結されることになる。

10

【 0 0 8 6 】

図 1 2 は、固定フランジ 8 5 の構造を示す斜視図である。固定フランジ 8 5 は、分割リング 8 7 a、8 7 b を備えている。分割リング 8 7 a、8 7 b は、それぞれ、リングの一部を形成するような形状を有している。分割リング 8 7 a、8 7 b は、それぞれ、ボルトに例示される締結具により球座 8 4 に連結されている。分割リング 8 7 a、8 7 b は、その内側が球フランジ 8 6 のフランジ部分に接触するように配置され、該フランジ部分を挟持する。

20

【 0 0 8 7 】

このような構造の角度調節機構 8 2 を用いて上側ウェハ 3 3 を保持する静電チャック 8 3 を支持することにより、上側ウェハ 3 3 と下側ウェハ 3 4 の間の平行度を維持しながら上側ウェハ 3 3 と下側ウェハ 3 4 とを接合することができる。これは、上側ウェハ 3 3 と下側ウェハ 3 4 の間に大きな接合荷重を均一に印加するために有効である。

【 0 0 8 8 】

以上には、本発明の実施形態が具体的に記載されているが、本発明は、上記の実施形態に限定されない。本発明が、様々な変更と共に実施され得ることは、当業者には自明的であろう。

【 符号の説明 】

【 0 0 8 9 】

- 1 : 常温接合装置
- 2 : プロセスモジュール
- 3 : 制御装置
- 4 : ロードロックチャンバ
- 5 : 接合チャンバ
- 5 a : 底板
- 6 : 搬送通路
- 7 : ゲートバルブ
- 1 1 : 真空排気装置
- 1 2 : カートリッジ台
- 1 3 : カートリッジ台
- 1 4 : 搬送ロボット
- 2 1 : 真空排気装置
- 2 2 : イオンガン
- 2 2 a : イオンビーム
- 2 3、2 3 A : 上側ステージ機構
- 2 4、2 4 A、2 4 B : 下側ステージ機構
- 2 5 : 静電チャック
- 2 6 : 圧接機構
- 2 7 : アライメント機構

30

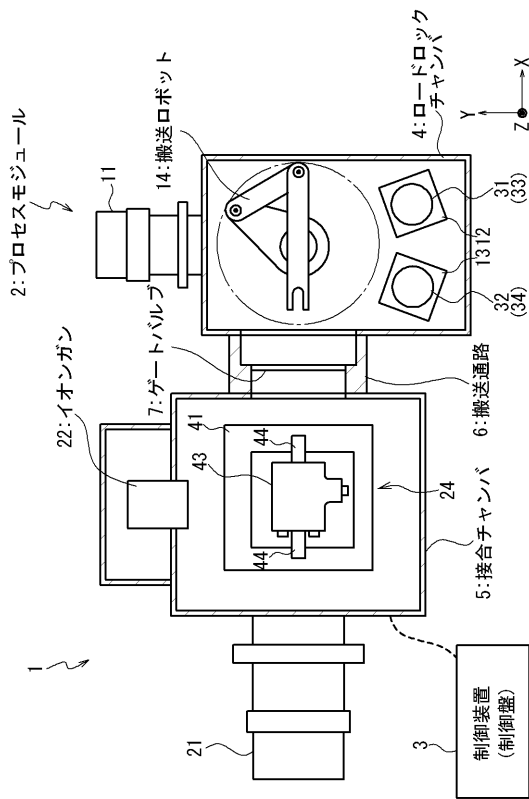
40

50

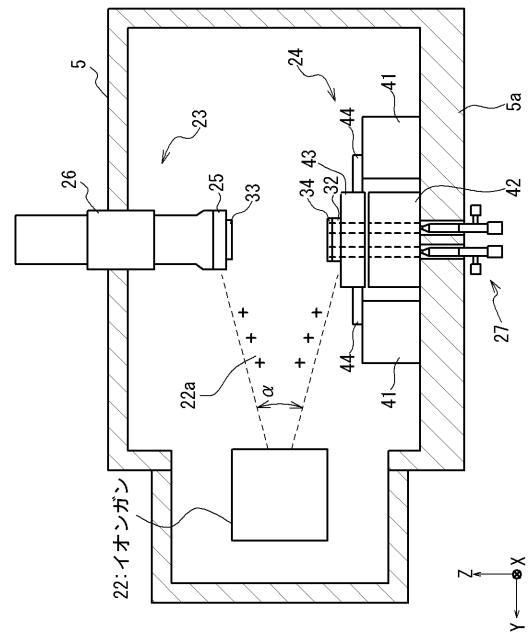
2 7 a	: 光学系	
2 7 b	: 撮像装置	
2 7 c	: 画像処理装置	
3 1、3 2	: カートリッジ	
3 3	: 上側ウェハ	
3 4	: 下側ウェハ	
3 6 a	: コンピュータプログラム	
4 1	: 位置決めステージ	
4 2	: キャリッジ支持台	
4 2 a	: 支持面	10
4 3、4 3 A	: キャリッジ	
4 3 a	: 下面	
4 4	: 弾性案内	
4 6	: キャリッジプレート	
4 6 a	: 上面	
4 7	: 微動ステージ	
5 1	: フレーム	
5 2	: テーブル	
5 2 a	: 下面	
5 3	: ヒンジ部	20
5 4 ₁ 、5 4 ₂ 、5 4 ₃	: 駆動機構	
5 5 ₁ 、5 5 ₂ 、5 5 ₃	: 圧電素子	
5 6 ₁ 、5 6 ₂ 、5 6 ₃	: 連結部	
5 7	: 狭隘部	
6 1、6 2	: 小片部材	
6 3、6 4、6 5	: 狭隘部	
7 1	: 微動ステージ	
7 2	: キャリッジ	
7 2 a	: 下面	
7 3	: 弾性案内	30
8 1	: 昇降ロッド	
8 2	: 角度調節機構	
8 3	: 静電チャック	
8 4	: 球座	
8 5	: 固定フランジ	
8 6	: 球フランジ	
8 6 a	: 点	
8 7 a、8 7 b	: 分割リング	
9 1	: CPU	
9 2	: メモリ	40
9 3	: 入力装置	
9 4	: 出力装置	
9 5	: インターフェース	
9 6	: 外部記憶装置	
9 6 a	: コンピュータプログラム	
9 7	: ドライブ	
9 8	: 記録媒体	
1 0 1	: 赤外照明	
1 0 2	: レンズ	
1 0 3	: カメラ	50

104、105、106：透明部位
107、108：アライメントマーク

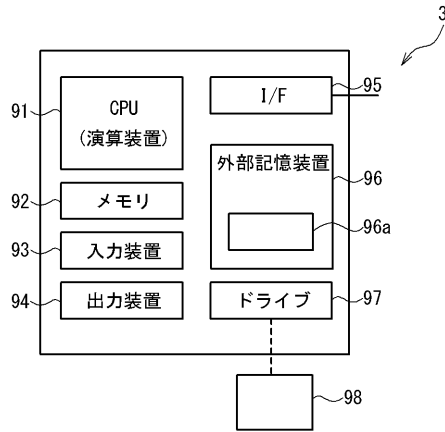
【図1】



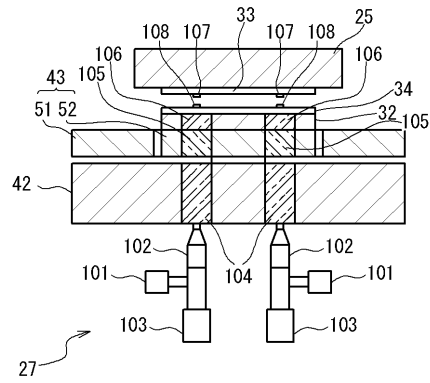
【図2】



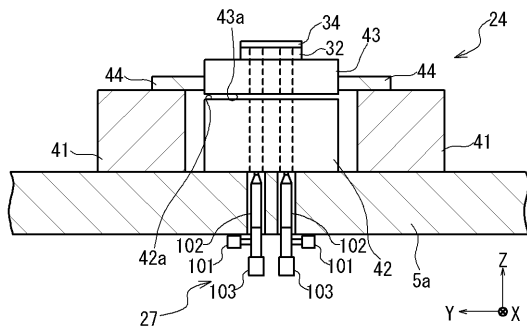
【図3】



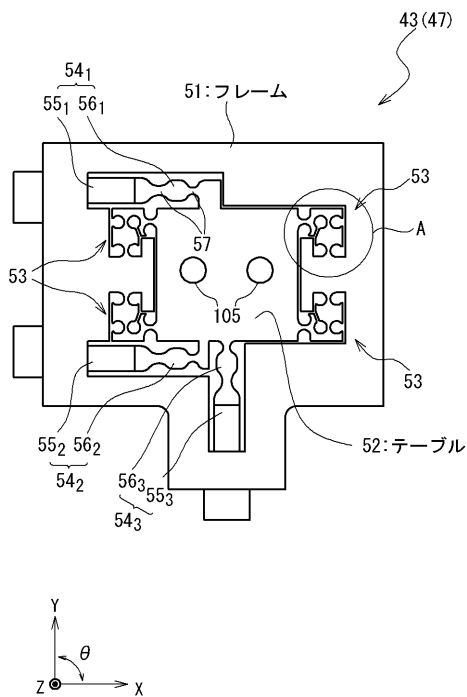
【図4B】



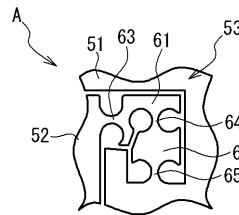
【図4A】



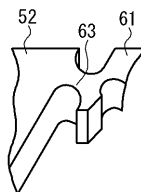
【図5A】



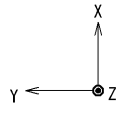
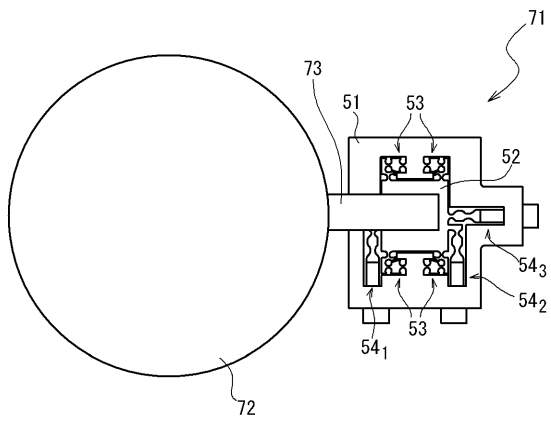
【図5B】



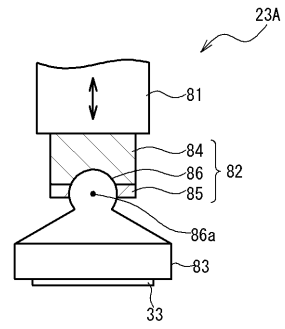
【図5C】



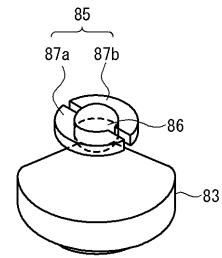
【図10】



【図11】



【図12】



フロントページの続き

- (72)発明者 津野 武志
東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内
- (72)発明者 井手 健介
東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内
- (72)発明者 鈴木 毅典
東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内

審査官 高 須 甲斐

- (56)参考文献 特開2009-208084(JP,A)
特開2011-119293(JP,A)
特開平05-160340(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/02
B23K 20/00
H01L 21/68
H01L 21/683