

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-251410

(P2010-251410A)

(43) 公開日 平成22年11月4日(2010.11.4)

(51) Int.Cl.

H01L 21/02 (2006.01)

F I

H01L 21/02

B

H01L 21/02

A

テーマコード (参考)

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2009-97050 (P2009-97050)

(22) 出願日 平成21年4月13日 (2009. 4. 13)

(71) 出願人 000190688

新光電気工業株式会社

長野県長野市小島田町80番地

(74) 代理人 100091672

弁理士 岡本 啓三

(72) 発明者 村山 啓

長野県長野市小島田町80番地 新光電気  
工業株式会社内

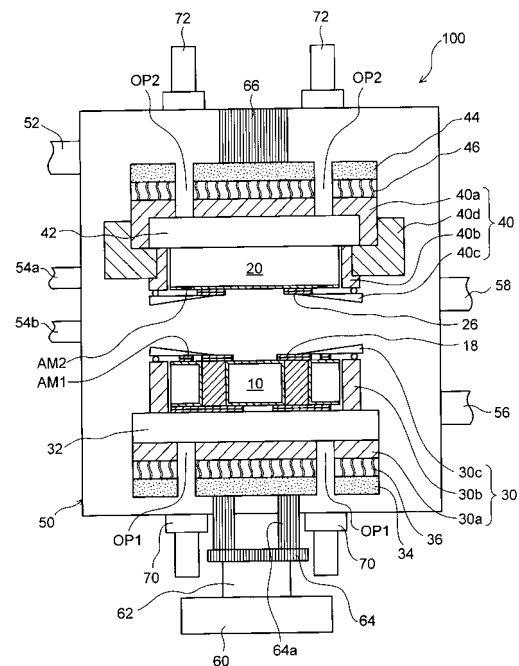
(54) 【発明の名称】 ウエハ接合装置

(57) 【要約】

【課題】 ウエハ接合の際に圧力及び熱ともに均一に加えることができ、精度の高いウエハ接合の実現に寄与すること。

【解決手段】 下ウエハ10、上ウエハ20をそれぞれ固定保持する治具30、40が装着されたチャンバ50内で、両ウエハの相対的な移動調整と各ウエハに設けられた位置合わせ用のマークAM1、AM2に対する光の照射70及びその検出72とに基づいて両ウエハ間の位置合わせを行い、両ウエハを接触させてウエハ接合を行うウエハ接合装置100において、各々の治具30、40に、当該ウエハ10、20のマークAM1、AM2に対する光が透過する領域に対応する部分に開口部OP1、OP2を設けるとともに、当該ウエハの面全体に直接接触する光透過性部材32、42を介在させて当該ウエハ10、20を固定保持する。

【選択図】 図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

下ウエハ及び上ウエハをそれぞれ固定保持する治具が装着されたチャンバ内で、両ウエハの相対的な移動調整と各ウエハに設けられた位置合わせ用のマークに対する光の照射及びその検出とに基づいて両ウエハ間の位置合わせを行い、両ウエハを接触させてウエハ接合を行うウエハ接合装置において、

前記下ウエハ及び上ウエハをそれぞれ固定保持する各々の治具は、当該ウエハのマークに対する光が透過する領域に対応する部分に開口部を有するとともに、当該ウエハの面全体に直接接触する光透過性部材を介在させて当該ウエハを固定保持することを特徴とするウエハ接合装置。

10

**【請求項 2】**

前記光透過性部材は、シリコンからなることを特徴とする請求項 1 に記載のウエハ接合装置。

**【請求項 3】**

前記光透過性部材は、ヒータ機能を内蔵していることを特徴とする請求項 2 に記載のウエハ接合装置。

**【請求項 4】**

前記光透過性部材は、静電チャック機能を内蔵していることを特徴とする請求項 2 に記載のウエハ接合装置。

**【請求項 5】**

下ウエハ及び上ウエハをそれぞれ固定保持する治具が装着されたチャンバ内で、両ウエハの相対的な移動調整と各ウエハに設けられた位置合わせ用のマークに対する光の照射及びその検出とに基づいて両ウエハ間の位置合わせを行い、両ウエハを接触させてウエハ接合を行うウエハ接合装置において、

20

前記下ウエハ及び上ウエハをそれぞれ固定保持する各々の治具は、少なくとも、当該ウエハのマークに対する光が透過する領域に対応する部分が光透過性部材から構成されており、当該ウエハの面全体に直接接触する光透過性部材を介在させて当該ウエハを固定保持することを特徴とするウエハ接合装置。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】**

30

**【0001】**

本発明は、半導体ウエハの積層を行うのに用いられるウエハ接合装置に関し、特に、各ウエハをそれぞれ固定保持する治具が装着されたチャンバ内で両ウエハの加熱を伴う押し当てにより接合を行うウエハ接合装置に関する。

**【背景技術】****【0002】**

従来の技術では、例えば、2枚のシリコンウエハを接合する場合、その一つの方法として、ボンディング装置（ウエハ接合装置）の外部で各ウエハをそれぞれ治具で保持し、各ウエハの位置合わせ（アライメント）を行い、治具で固定した後、そのウエハを固定保持した治具を装置の内部（チャンバ内）に装着して、加熱及び加圧処理により両ウエハを接合する方法がある。この方法では、治具に設けられたクランプ部材をウエハ周辺部（治具固定エリア）に係止することで、当該ウエハを治具に固定保持している。

40

**【0003】**

また、ウエハ接合を行う他の方法として、各ウエハのアライメントを装置内部で行う方法もある。この方法では、接合対象の各ウエハの位置合わせを行うに際し、そのウエハの位置ずれを検出してその補正を行うための手段が必要である。その手段としては、両ウエハの相対的な移動調整を行うための機構の他に、ウエハに設けられた位置合わせ用のマーク（アライメントマーク）を照らし出すための光源と、その照らし出されたアライメントマークを読み取るための手段（例えば、IR（赤外線）カメラ）が必要である。

**【0004】**

50

この場合、ウエハを固定保持する治具は耐熱性を要求されることから、その構成材料としてアルミナセラミックス等（光を透過しない部材）が用いられている。従って、このような治具に保持されるウエハのアライメントを上記の光源とカメラを用いて装置内部で行えるようにするためには、治具の所定の箇所（当該ウエハに設けられたアライメントマークの配設位置に対応する箇所）に観察用窓（開口部）を設けておく必要がある。つまり、このような開口部を設けておくことで、装置外部から入射された光で照らし出されたアライメントマークを外部のカメラで読み取り、それに基づいて所要のウエハアライメントを行うことができる。

【0005】

かかる従来技術に関連する技術の一例は、下記の特許文献1に記載されている。この文献には、三次元LSI積層装置が開示されており、この装置では、石英ガラスに保持された上ウエハの下面に紫外線硬化型接着剤を塗布するとともに、この石英ガラスの変形を防止するバックアップガラスを石英ガラスの上面に設け、この石英ガラスに保持された上ウエハに対して真空チャックに吸着保持された下ウエハを位置決め押圧した状態で、石英ガラスを透過した紫外線を照射して接着剤を硬化させることで、両ウエハを接着して積層三次元LSIを形成している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開平9-148207号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

上述したように従来のウエハ接合に係る技術では、ボンディング装置の外部でウエハのアライメントを行ってから装置内部で加熱及び加圧処理によりウエハ接合を行う方法や、装置内部でウエハのアライメントを行ってから同様の加熱及び加圧処理によりウエハ接合を行う方法が用いられている。

【0008】

しかしながら、前者の方法（装置外部でアライメントを行う方法）では、ウエハ周辺部の治具固定エリアにクランプ部材を係止した状態でウエハの加熱を伴う加圧処理を行っているため、ウエハ周辺部の治具固定エリアと他のエリアとの間でウエハに加わる圧力及び熱ともに不均一となり、ボンディング特性が劣化（つまり、ウエハ接合の精度が低下）するといった問題があった。

【0009】

一方、後者の方法（ウエハのアライメントも装置内部で行う方法）においても、治具の所定の箇所に観察用窓（開口部）を設ける必要があるため、この開口部と他の治具部分との間でウエハに加わる圧力に差が生じ（不均一な圧力）、また、開口部から熱が逃げることにより熱伝導性が低下するため、ウエハに加わる熱も不均一になるといった問題があった。この場合も同様に、ウエハ接合の精度が低下する。

【0010】

本発明は、かかる従来技術における課題に鑑み創作されたもので、ウエハ接合の際に圧力及び熱ともに均一に加えることができ、精度の高いウエハ接合の実現に寄与することができるウエハ接合装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0011】

上記の従来技術の課題を解決するため、本発明によれば、下ウエハ及び上ウエハをそれぞれ固定保持する治具が装着されたチャンバ内で、両ウエハの相対的な移動調整と各ウエハに設けられた位置合わせ用のマークに対する光の照射及びその検出とに基づいて両ウエハ間の位置合わせを行い、両ウエハを接触させてウエハ接合を行うウエハ接合装置において、前記下ウエハ及び上ウエハをそれぞれ固定保持する各々の治具は、当該ウエハのマー

10

20

30

40

50

クに対する光が透過する領域に対応する部分に開口部を有するとともに、当該ウエハの面全体に直接接触する光透過性部材を介在させて当該ウエハを固定保持することを特徴とするウエハ接合装置が提供される。

【発明の効果】

【0012】

本発明に係るウエハ接合装置の構成によれば、それぞれ開口部（上記の観察用窓）が設けられた各々の治具と下ウエハ、上ウエハとの間に、それぞれ対応するウエハの面全体に直接接触するように光透過性部材が介在されているので、ウエハ接合の際に加熱を伴う押圧を行ったときに、各ウエハの面全体に圧力及び熱を均一に加えることができる。これにより、精度の高いウエハ接合を実現することが可能となる。

10

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】本発明の一実施形態に係るウエハ接合装置を正面から見たときの構成を一部模式的に示す図である。

【図2】図1の装置において接合対象とされる一方のウエハ（下ウエハ）の製造工程の一例（その1）を示す断面図である。

【図3】図2の製造工程に続く製造工程（その2）を示す断面図である。

【図4】図1の装置において接合対象とされる他方のウエハ（上ウエハ）の製造工程の一例を示す断面図である。

【図5】図1の装置を用いて上ウエハと下ウエハを接合した状態を示す図である。

20

【図6】図1の装置に用いられるシリコン治具の一変形例に係るヒータ内蔵シリコン治具の構成を示す図である。

【図7】図1の装置に用いられるシリコン治具の他の変形例に係る静電チャック内蔵シリコン治具の構成を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0014】

以下、本発明の好適な実施の形態について、添付の図面を参照しながら説明する。

【0015】

図1は本発明の一実施形態に係るウエハ接合装置の構成を正面図の形態で一部模式的に示したものである。

30

【0016】

本実施形態に係るウエハ接合装置100は、基盤（図示せず）に固設されたチャンバ50を備えており、このチャンバ50内に、接合対象とされる下ウエハ10及び上ウエハ20をそれぞれ固定的に保持するウエハ固定治具（下治具30及び上治具40）が装着されている。各ウエハ10、20は、後述するようにチャンバ50内で相対的に移動調整がなされ、所要の位置合わせがなされた後、加熱を伴う押圧（押し当て）により接合されるようになっている。

【0017】

下治具30は、その全体構成を概略断面的に見ると凹部状の形態を有しており、その基本的な構成部材として、治具本体を構成する支持部30aと、この支持部30aに機械的に結合され、保持すべき下ウエハ10の大きさ（直径）よりも大きい内径を有した円筒状の側壁部30bと、この側壁部30bの上端部において複数箇所（例えば、2箇所）に着脱自在に設けられたウエハ押え用つまみ30cとを備えている。図示の例では、下ウエハ10の一部分の構成を拡大して模式的に示しているため、ウエハ押え用つまみ30cの先端が下ウエハ10上の回路部分（配線パターン18）に直接接触しているが、実際には、下ウエハ10の周囲近傍部分（回路が形成されていない部分）にウエハ押え用つまみ30cが係止されている。この係止は、下ウエハ10を下治具30にセットしてからチャンバ50内で所要のアライメント調整が終了し、ウエハ接合（図5参照）が行われる直前まで継続される。本実施形態では、下治具30を構成する材料としてアルミナセラミックスを用いている。

40

50

## 【 0 0 1 8 】

この下治具 3 0 には、本発明を特徴付けるシリコン治具 3 2 が装着されている。このシリコン治具 3 2 は、接合対象の下ウエハ 1 0 と同様のシリコンウエハからなり、その両面は鏡面仕上げされており、図示のように下ウエハ 1 0 の裏面（アライメントマーク A M 1 が形成されている側と反対側の面）全体に直接接触している。つまり、このシリコン治具 3 2 は、本来のウエハ固定治具（下治具 3 0）と接合対象の下ウエハ 1 0 との間に介在する形で設けられており、このウエハ 1 0 を直接保持する部材としての役割を果たす。シリコン治具 3 2 の両面を鏡面仕上げしている理由は、アライメントマーク A M 1 の読み取りを正確に行えるようにするためである。また、下ウエハ 1 0 は、例えば、ワックスによってシリコン治具 3 2 上に保持されている。

10

## 【 0 0 1 9 】

同様に上治具 4 0 も、概略断面的に見ると凹部状の形態を有しており、その基本的な構成部材として、治具本体を構成する支持部 4 0 a と、この支持部 4 0 a に機械的に結合され、保持すべき上ウエハ 2 0 の大きさ（直径）よりも大きい内径を有した円筒状の側壁部 4 0 b と、この側壁部 4 0 b の上端部において複数箇所（例えば、2 箇所）に着脱自在に設けられたウエハ押え用つまめ 4 0 c とを備えており、さらに、支持部 4 0 a の外周部において複数箇所（例えば、3 箇所）に着脱自在に設けられた治具押え用つまめ 4 0 d を備えている。この治具押え用つまめ 4 0 d は、後述するシリコン治具 4 2 が上治具 4 0 の支持部 4 0 a から脱落するのを防ぐためのものである。同様に、上ウエハ 2 0 についてもその一部分の構成を拡大して示しているので、ウエハ押え用つまめ 4 0 c の先端が上ウエハ 2 0 上の回路部分（パンプ 2 6）に直接接触しているが、実際には、上ウエハ 2 0 の周囲近傍部分にウエハ押え用つまめ 4 0 c が係止されている。同様にこの係止は、ウエハ接合（図 5）が行われる直前まで継続される。また、上治具 4 0 も同様に、アルミナセラミックスを用いて構成されている。

20

## 【 0 0 2 0 】

この上治具 4 0 にも同様に、本発明を特徴付けるシリコン治具 4 2 が、本来のウエハ固定治具（上治具 4 0）と接合対象の上ウエハ 2 0 との間に介在する形で設けられている。同様に、このシリコン治具 4 2 もその両面が鏡面仕上げされたシリコンウエハからなり、図示のように上ウエハ 2 0 の裏面（アライメントマーク A M 2 が形成されている側と反対側の面）全体に直接接触している。シリコン治具 4 2 の両面を鏡面仕上げしている理由は、同様にアライメントマーク A M 2 の読み取りを正確に行えるようにするためである。また、上ウエハ 2 0 も同様に、ワックスによってシリコン治具 4 2 上に保持されている。

30

## 【 0 0 2 1 】

チャンバ 5 0 の下方には、Z 軸（上下方向）移動の位置決め用のステージ 6 0 が配設され、このステージ 6 0 は基盤（図示せず）に固設されている。このステージ 6 0 には、ロードセル 6 2 を介在させて、Z 軸方向に伸縮可能な複数（例えば、4 本）の駆動軸 6 4 a を備えた Z 軸駆動部 6 4 が機械的に結合されている。ロードセル 6 2 は、下ウエハ 1 0 と上ウエハ 2 0 の接合の際に両ウエハの接触圧（密着力）を測定するためのものである。また、Z 軸駆動部 6 4 の各駆動軸 6 4 a の先端には支持板（図示せず）が固定されており、この支持板上に、断熱材 3 4 及びヒータ 3 6 を介在させて、下治具 3 0（治具本体を構成する支持部 3 0 a）が着脱自在に装着されている。ヒータ 3 6 は、ウエハ接合を行う際に用いられる。断熱材 3 4 は、ヒータ 3 6 から発生した熱が外部に逃げるのを遮断するために設けられており、これにより、ヒータ 3 6 から発生した熱をウエハ加熱用として有効に利用することができる。

40

## 【 0 0 2 2 】

一方、チャンバ 5 0 内の上部には X Y シータ（水平方向）テーブル 6 6 が固設されており、この X Y シータテーブル 6 6 上に、同様に断熱材 4 4 及びヒータ 4 6 を介在させて、上治具 4 0（治具本体を構成する支持部 4 0 a）が着脱自在に装着されている。断熱材 4 4 及びヒータ 4 6 の機能については、下治具 3 0 側に設けた断熱材 3 4 及びヒータ 3 6 と

50

同様である。

【 0 0 2 3 】

また、下治具 3 0 ( 支持部 3 0 a ) には、所定の箇所 ( 下ウエハ 1 0 に設けられたアライメントマーク A M 1 の配設位置に対応する 2 箇所 ) に観察用窓 ( 開口部 ) O P 1 が設けられている。この開口部 O P 1 は、断熱材 3 4 及びヒータ 3 6 の対応する部分を貫通して形成されている。上述したように下治具 3 0 はアルミナセラミックスを用いて構成されているので、この所定の箇所に開口部 O P 1 を設けておくことで、アライメントマーク A M 1 を照らし出すための外部からの光を通すことができる。

【 0 0 2 4 】

上治具 4 0 ( 支持部 4 0 a ) にも同様に、所定の箇所 ( 上ウエハ 2 0 に設けられたアライメントマーク A M 2 の配設位置に対応する 2 箇所 ) に観察用窓 ( 開口部 ) O P 2 が設けられている。この開口部 O P 2 も同様に、断熱材 4 4 及びヒータ 4 6 の対応する部分を貫通して形成されている。上治具 4 0 も同様にアルミナセラミックスを用いて構成されているので、この所定の箇所に開口部 O P 2 を設けておくことで、外部から入射された光で照らし出された下ウエハ 1 0 のアライメントマーク A M 1 と、上ウエハ 2 0 のアライメントマーク A M 2 とを観察することができる。

10

【 0 0 2 5 】

また、チャンバ 5 0 の外部には、接合対象の各ウエハ 1 0 , 2 0 の位置ずれを検出してその位置合わせを行う際に用いられる光源 7 0 と I R ( 赤外線 ) カメラ 7 2 が配設されている。本実施形態では、光源 7 0 として I R ( 赤外線 ) ランプを使用しており、この光源 7 0 は、チャンバ 5 0 の下部の所定の箇所 ( 下治具 3 0 に設けられた 2 つの観察用窓 O P 1 の配設位置に対応する 2 箇所 ) に配置されている。また、I R カメラ 7 2 は、C C D 撮像素子、対物レンズ等の光学素子を内蔵しており、チャンバ 5 0 の上部の所定の箇所 ( 上治具 4 0 に設けられた 2 つの観察用窓 O P 2 の配設位置に対応する 2 箇所 ) に配置されている。なお、光源 7 0 は、シリコンを透過する波長の光を出力するものであれば十分であり、I R ( 赤外線 ) ランプ以外の光源を使用してもよい。

20

【 0 0 2 6 】

また、チャンバ 5 0 には、ケーブル用ポート 5 2 、 1 対のガス導入ポート 5 4 a , 5 4 b 、排気ポート 5 6 及びリークバルブ 5 8 が付設されている。ケーブル用ポート 5 2 は、チャンバ 5 0 内に配設される機器や装置等が行う動作に必要なとされる電源電圧 ( 例えば、ウエハ接合時にヒータ 3 6 , 4 6 を所要の温度に加熱するのに必要とされる電圧など ) を供給するためのものである。ガス導入ポート 5 4 a , 5 4 b は、チャンバ 5 0 内で各ウエハ 1 0 , 2 0 に対し必要とされる加工処理を行うのに用いられる処理用のガスを供給するためのものであり、例えば、ウエハと静電チャック ( 後述する静電チャック内蔵シリコン治具 ) の間にヘリウム ( H e ) 等の不活性ガスを流してウエハを冷却させたりする場合に使用される。排気ポート 5 6 は、これに接続された真空ポンプ ( 図示せず ) により、チャンバ 5 0 内から空気を排出して真空雰囲気を作り出すためのものである。リークバルブ 5 8 は、チャンバ 5 0 内で不要となったガスを外部に放出するためのものである。

30

【 0 0 2 7 】

次に、本実施形態のウエハ接合装置 1 0 0 において接合対象とされる下ウエハ 1 0 及び上ウエハ 2 0 を製造する方法について、それぞれ製造工程の一例を示す図 2 、図 3 及び図 4 を参照しながら説明する。なお、図 2 ~ 図 4 に示す各工程図では、それぞれ各ウエハの一部分についてその断面構造を拡大して示している。

40

【 0 0 2 8 】

< 下ウエハ 1 0 の作製 ... 図 2 、図 3 参照 >

先ず最初の工程では ( 図 2 ( a ) 参照 ) 、出発材料となるウエハ ( 半導体基板 ) を用意する。例えば、直径が 8 インチもしくは 1 2 インチで、厚さが 7 2 5  $\mu$  m 程度のシリコンウエハ 1 0 A を用意する。

【 0 0 2 9 】

次の工程では ( 図 2 ( b ) 参照 ) 、その用意したシリコンウエハ 1 0 A に対し、先ず、

50

裏面研削（バックサイドグラインディング）処理を施して所要の厚さ（例えば、 $200 \sim 300 \mu\text{m}$ 程度）に薄化する。つまり、ウエハ10Aの裏面を「鏡面」に仕上げる。裏面研削は、例えば、化学研磨、化学機械研磨（CMP）、プラズマエッチング等の加工技術を用いて行うことができる。

#### 【0030】

次に、その薄化されたシリコンウエハ10Bの表面（図示の例では、上側）に、パターンニング材料を使用してエッチングレジストを形成し、その所要の箇所を開口する（開口部OP1を備えたレジスト層R1の形成）。この開口部OP1は、次の工程で形成されるスルーホールT Hの形状に従ってパターンニングされる。パターンニング材料としては、感光性のドライフィルム（レジスト材料をポリエステルのカバーシートとポリエチレンのセパレータ

10

#### 【0031】

例えば、ドライフィルムを使用する場合、先ずシリコンウエハ10Bの表面を洗浄した後、その表面にドライフィルム（セパレータシートを剥離したもの）を熱圧着によりラミネートし、このドライフィルムに対し、所要のスルーホールT Hの形状にパターンニングされたマスク（図示せず）を用いて紫外線（UV）照射による露光を施して硬化させ、さらにカバーシートを剥離した後、所定の現像液（ネガ型のレジストの場合には有機溶剤を含む現像液、ポジ型のレジストの場合にはアルカリ系の現像液）を用いて当該部分をエッチング除去し（開口部OP1の形成）、所要のレジスト層R1を形成する。同様に、液状レジストを用いた場合にも、表面洗浄 表面にレジスト塗布 乾燥 露光 現像の工程を経て、所要の形状にパターンニングされたレジスト層R1を形成することができる。

20

#### 【0032】

次の工程では（図2（c）参照）、パターンニングされたレジスト層R1が形成されたシリコンウエハ10Bに対し、そのレジスト層R1をマスクにして、例えば、反応性イオンエッチング（RIE）等のドライエッチング法により、レジスト層R1の開口部OP1から露出している部分（ウエハ部分）を厚さ方向に貫通するようにエッチングして、スルーホールT Hを形成する。RIEは、六フッ化炭素（ $\text{CF}_6$ ）、六フッ化硫黄（ $\text{SF}_6$ ）、八フッ化シクロブタン（ $\text{C}_4\text{F}_8$ ）等の反応ガスを用いて行うことができるが、このうち $\text{C}_4\text{F}_8$  ガスを用いてエッチングするのが望ましい。

30

#### 【0033】

この後、エッチングレジストとして使用したレジスト層R1を除去する。例えば、エッチングレジストとしてドライフィルムを使用した場合には、水酸化ナトリウムやモノエタノールアミン系等のアルカリ性の薬液を用いて除去することができ、ノボラック系樹脂、エポキシ系樹脂等の液状レジストを使用した場合には、アセトンやアルコール等を用いて除去することができる。これによって、シリコンウエハ10Bの所要の箇所にその厚さ方向に貫通するスルーホールT Hが形成された構造体が作製されたことになる。

#### 【0034】

次の工程では（図2（d）参照）、その作製された構造体の表面（スルーホールT Hの内壁面上を含む）に、例えば、熱酸化法やCVD法等により、 $\text{SiO}_2$ の絶縁層（シリコン酸化膜）12を $1.5 \mu\text{m}$ 程度の厚さに形成する。

40

#### 【0035】

次の工程では（図2（e）参照）、表面が絶縁層（シリコン酸化膜）12で覆われたシリコンウエハ10Bに対し、スルーホールT H（図2（d））に導電性材料を充填して貫通電極14を形成する。例えば、以下のようにして形成することができる。

#### 【0036】

先ず絶縁層12の表面に、無電解銅（Cu）めっきによりシード層を形成し、次にこのシード層（Cu）を給電層として利用した電解Cuめっきにより、スルーホールT Hに導体（Cu）を充填する。あるいは、無電解Cuめっきのみで充填してもよいし、他の方法として、導電性ペーストを用いたスクリーン印刷法やインクジェット法等により、Cu等

50

の金属を含有する導電性材料をスルーホールＴＨに充填することも可能である。これによって、図示のようにシリコンウエハ１０Ｂの所要の箇所にその厚さ方向に貫通するスルーホール電極（貫通電極）１４が形成されたことになる。

【００３７】

次の工程では（図３（ａ）参照）、表面が絶縁層（シリコン酸化膜）１２で覆われたシリコンウエハ１０Ｂの両面（スルーホール電極１４の両面も含む）に、スパッタリングや無電解めっき等によりシード層１６を形成する。例えば、全面にチタン（Ｔｉ）をスパッタリングにより堆積させ（Ｔｉ層）、さらにその上に銅（Ｃｕ）をスパッタリングにより堆積させて（Ｃｕ層）、２層構造（Ｔｉ／Ｃｕ）のシード層１６を形成する。このシード層１６の下層のＴｉ層は、その下層の絶縁層１２と上層のＣｕ層との密着性を高めるための金属層である。他の金属材料として、クロム（Ｃｒ）を用いてもよい。

10

【００３８】

次の工程では（図３（ｂ）参照）、両面に形成されたシード層１６上に、図２（ｂ）の工程で行った処理と同様にして、パターニング材料を使用してめっきレジストを形成し、それぞれ所要の形状にパターニングする（レジスト層Ｒ２の形成）。めっきレジストのパターニングは、形成すべき配線パターン１８の形状（すなわち、スルーホール電極１４を介してウエハ１０Ｂの両面を電氣的に接続する所要の形状）に従って行う。パターニング材料としては、同様に感光性のドライフィルムもしくは液状のフォトレジストを用いることができる。

【００３９】

20

次の工程では（図３（ｃ）参照）、パターニングされたレジスト層Ｒ２をマスクにして各シード層１６上に、それぞれシード層１６を給電層として利用した電解めっきにより、所要の形状に配線パターン（配線層）１８を形成する。

【００４０】

まず、両面の各シード層（Ｔｉ／Ｃｕ）１６上に、それぞれ銅（Ｃｕ）めっきを施してＣｕ層を形成し、さらに各Ｃｕ層上に、それぞれニッケル（Ｎｉ）めっきを施してＮｉ層を被着させる。これにより、上ウエハ２０に接合される側と反対側の面（図示の例では上側）の配線層（Ｃｕ／Ｎｉ）１８が形成される。ここで、Ｎｉ層は、最終的に露出するシード層（Ｔｉ／Ｃｕ）１６をエッチングする際に、配線層１８のＣｕがエッチングされるのを防ぐためのバリヤ層として機能する。

30

【００４１】

さらに、上ウエハ２０に接合される側の面（図示の例では下側）に形成されたＮｉ層上に、金（Ａｕ）めっきを施してＡｕ層を被着させる。これにより、上ウエハ２０に接合される側の面の配線層（Ｃｕ／Ｎｉ／Ａｕ）１８が形成される。ここで、Ａｕ層は、上ウエハ２０側に設けられる電極端子（パンプ）と接合されたときのコンタクト性を良くするために設けられ、また、上記のバリヤ層としての役割も果たす。

【００４２】

最後の工程では（図３（ｄ）参照）、図２（ｃ）の工程で行った処理と同様にして、めっきレジストとして使用したレジスト層Ｒ２を除去した後、ウェットエッチングにより、露出しているシード層（Ｔｉ／Ｃｕ）１６を除去する。この場合、先ずＣｕを溶かすエッチング液でシード層１６の上層部分のＣｕ層を除去し、次にＴｉを溶かすエッチング液で下層部分のＴｉ層を除去する。そして、所定の表面洗浄を行う。

40

【００４３】

これによって、図示のようにシリコンウエハ１０Ｂの両面にそれぞれ所要の形状に配線パターン１８が形成され、両面の各配線パターン１８がスルーホール電極１４を介して電氣的に接続された構造体、すなわち、接合対象とされる一方のウエハ（下ウエハ１０）が作製されたことになる。

【００４４】

図３（ｄ）に示すように、この下ウエハ１０において、上ウエハ２０に接合される側の面に形成された配線パターン１８のうち、一部のパターンはアライメントマークＡＭ１と

50



して利用される。このアライメントマーク A M 1 として割り当てられる導体パターンは、上述した図 3 ( b ) 及び ( c ) の工程においてめっきレジストのパターニング及び所要のめっき処理 ( 配線パターン 1 8 の形成 ) を行う際に、ウエハ 1 0 B 上の所定の箇所 ( 図示の例では 2 箇所 ) に、他の配線部分には接続されない孤立したランド状の形態で形成される。

#### 【 0 0 4 5 】

< 上ウエハ 2 0 の作製 ... 図 4 参照 >

先ず最初の工程では ( 図 4 ( a ) 参照 ) 、同様に出発材料となるウエハ ( 半導体基板 ) を用意する。本実施形態では、一方の面側に所要の回路素子が形成されたデバイスウエハ 2 0 A を用意する。例えば、所定の大きさ ( 8 インチ、12 インチ等 ) のシリコンウエハ 10 に対し、その一方の面側に所要のデバイスプロセスを施して複数のデバイスをアレイ状に作り込み、そのデバイスが作り込まれている側の面に、デバイス上に所要の形状に形成されたアルミニウム ( A l ) 等からなる配線パターンの一部分のみを露出させて、窒化シリコン ( S i N ) やリンガラス ( P S G ) 等からなるパッシベーション膜 ( 絶縁層 ) 2 2 を形成する。

#### 【 0 0 4 6 】

この絶縁層 2 2 から露出される配線パターンの一部分には、デバイスの電極端子として利用されるパッド ( 図示せず ) の部分が含まれており、さらに、シリコンウエハ上の所定の箇所 ( 図示の例では 2 箇所 ) に孤立したランド状の形態で形成されたアライメントマーク A M 2 が含まれている。各アライメントマーク A M 2 は、下ウエハ 1 0 側に設けられた各アライメントマーク A M 1 の位置にそれぞれ対応する箇所に設けられている。

#### 【 0 0 4 7 】

さらに、このシリコンウエハに対し、図 2 ( b ) の工程で行った処理と同様にして、その裏面 ( 回路素子が形成されている側と反対側の面 ) を研削して所要の厚さ ( 2 0 0 ~ 3 0 0  $\mu$  m 程度 ) に薄化し、裏面が鏡面仕上げされたデバイスウエハ 2 0 A を得る。

#### 【 0 0 4 8 】

次の工程では ( 図 4 ( b ) 参照 ) 、このデバイスウエハ 2 0 A の絶縁層 2 2 ( アライメントマーク A M 2 を含む ) が形成されている側の面に、図 3 ( a ) の工程で行った処理と同様にして、スパッタリング等により、2 層構造 ( T i / C u ) のシード層 2 4 を形成する。

#### 【 0 0 4 9 】

次の工程では ( 図 4 ( c ) 参照 ) 、その形成されたシード層 2 4 上に、図 3 ( b ) の工程で行った処理と同様にして、パターニング材料を使用してめっきレジストを形成し、その所要の箇所を開口する ( 開口部 O P 3 を備えたレジスト層 R 3 の形成 ) 。この開口部 O P 3 は、次の工程で形成される電極端子 ( バンプ ) の形状に従ってパターニングされる。パターニング材料としては、同様に感光性のドライフィルムもしくは液状のフォトレジストを用いることができる。

#### 【 0 0 5 0 】

次の工程では ( 図 4 ( d ) 参照 ) 、図 3 ( c ) の工程で行った処理と同様にして、パターニングされたレジスト層 R 3 をマスクにしてシード層 2 4 上に、このシード層 2 4 を給電層として利用した電解めっきにより、所要の形状にバンプ ( 導体層 ) 2 6 を形成する。本実施形態では、露出しているシード層 ( T i / C u ) 2 4 上に、順次、銅 ( C u ) めっき、ニッケル ( N i ) めっき、金 ( A u ) めっき及びインジウム ( I n ) めっきを施して 4 層構造 ( C u / N i / A u / I n ) のバンプ 2 6 を形成する。

#### 【 0 0 5 1 】

最後の工程では ( 図 4 ( e ) 参照 ) 、図 3 ( d ) の工程で行った処理と同様にして、めっきレジスト ( レジスト層 R 3 ) を除去した後、ウェットエッチングにより、露出しているシード層 ( T i / C u ) 2 4 を除去する。そして、所定の表面洗浄を行う。

#### 【 0 0 5 2 】

これによって、図示のようにデバイスウエハ 2 0 A の回路素子が形成されている側の面

に所要の形状にパンプ（導体層）26が形成されるとともに、このパンプ26の部分とアライメントマークAM2の部分以外の領域が絶縁層22で覆われた構造体、すなわち、接合対象とされる他方のウエハ（上ウエハ20）が作製されたことになる。

【0053】

次に、本実施形態のウエハ接合装置100において下ウエハ10と上ウエハ20を接合する方法について、図5も併せて参照しながら説明する。

【0054】

先ず図1に示すように、チャンバ50内の下治具30に下ウエハ10をセットする。すなわち、下治具30の支持部30a上にシリコン治具（シリコンウエハ）32を載置し、このシリコン治具32上の側壁部30b内に、下ウエハ10のアライメントマークAM1が形成されている側と反対側の面をシリコンウエハ32の面に接触させて下ウエハ10を載置した後、ウエハ押え用つまめ30cにより下ウエハ10の周囲近傍部分を係止する。

【0055】

同様にして、上治具40に上ウエハ20をセットする。すなわち、上治具40の支持部40a上にシリコン治具（シリコンウエハ）42を載置し、治具押え用つまめ40dによりシリコン治具42の周囲近傍部分を係止した後、このシリコン治具42上の側壁部40b内に、上ウエハ20のアライメントマークAM2が形成されている側と反対側の面をシリコンウエハ42の面に接触させて上ウエハ20を載置し、ウエハ押え用つまめ40cにより上ウエハ20の周囲近傍部分を係止する。

【0056】

次に、シリコン治具32を介在させて下治具30に固定保持された下ウエハ10と、シリコン治具42を介在させて上治具40に固定保持された上ウエハ20との相対的な位置を調整（移動調整）し、さらに、各ウエハ10, 20に設けられたアライメントマークAM1, AM2に対する光の照射及びその検出に基づいて、両ウエハ10, 20間の位置合わせ（位置補正）を行う。この両ウエハ10, 20の相対的な移動調整と、各アライメントマークAM1, AM2に対する光の照射及びその検出は、チャンバ50に設けられている各装置（Z軸移動位置決め用のステージ60、駆動軸64aを備えたZ軸駆動部64、XYシータテーブル66、1対の光源70、1対のIRカメラ72）を用いて行う。

【0057】

この位置合わせを行う際、下ウエハ10と上ウエハ20の配置間隔は、図1に示した状態（各ウエハ10, 20を各治具30, 40にセットした状態）での配置間隔よりもさらに近接するよう調整される。この調整は、位置決め用のステージ60に機械的に結合されたZ軸駆動部64を介して駆動軸64aを伸長させて（図5において矢印で示す動作）、下ウエハ10を上側に移動させることにより行われる。

【0058】

このように下ウエハ10と上ウエハ20のアライメントが終了すると、各ウエハ10, 20の周囲近傍部分に係止されていたウエハ押え用つまめ30c, 40cの係止状態を解除する（図5参照）。このとき、各ウエハ10, 20は、上述したようにワックスによってそれぞれシリコン治具32, 42上に保持されているので、ウエハ押え用つまめ30c, 40cの係止を解除しても、脱落せずに治具上に保持された状態を保っている。

【0059】

この状態でさらに、Z軸駆動部64により駆動軸64aを伸長させて下ウエハ10を上側に移動させることで、下ウエハ10を上ウエハ20に押し当てる（両ウエハ10, 20を接触させる）。このとき、Z軸駆動部64に結合されたロードセル62により、上ウエハ20に対する下ウエハ10の押し当て荷重を検出し、所定の押し当て荷重となるように調整する。

【0060】

この状態でさらに、下治具30側、上治具40側の各ヒータ36, 46を電源オン状態として、それぞれ対応するウエハ10, 20を加熱する。このとき、各ヒータ36, 46から発生した熱は、それぞれ対応するウエハ固定治具30, 40及びシリコン治具32,

10

20

30

40

50

42を介してウエハ10, 20に伝達される。このように両ウエハ10, 20を接触させて加熱を伴う押圧(押し当て)を行うことで、ウエハ接合が行われる。これにより、各ウエハ10, 20は、一体化されるとともに、それぞれの回路部分(図1に示す配線パターン18及びパンプ26)を介して電氣的に接続される。

#### 【0061】

以上説明したように、本実施形態に係るウエハ接合装置100(図1)によれば、それぞれ観察用窓OP1, OP2が設けられたウエハ固定治具(下治具30、上治具40)と接合対象のウエハ10, 20との間に介在する形でシリコン治具32, 42が設けられ、各シリコン治具32, 42は、シリコンウエハからなり、それぞれ対応するウエハ10, 20の裏面(アライメントマークAM1, AM2が形成されている側と反対側の面)全体に直接接触している。

10

#### 【0062】

従って、このシリコン治具(シリコンウエハ)32, 42を介在させて各治具30, 40により各ウエハ10, 20を固定保持した状態でウエハの加熱及び加圧処理を行った場合、各ウエハ10, 20の面全体にシリコンウエハ32, 42が直接接触しているので、各ウエハ10, 20の面全体に圧力及び熱を均一に加えることができる。この圧力均一性及び均熱性により、精度の高いウエハ接合を実現することが可能となる。

#### 【0063】

また、接合対象のウエハ10, 20と直接接触している部分(シリコンウエハ32, 42)の熱容量を小さくできるので、ウエハ接合の際に各ウエハ10, 20の急速昇温が可能である。ちなみに、従来のアルミナセラミックスからなる治具では、熱伝導性があまり良くないので、下からヒータで加熱しても早くは昇温しないが、本実施形態のようにシリコン治具32, 42を介在させていれば、熱伝導性が良好であるので、接合対象のウエハ10, 20を早く昇温させることができる。これは、均熱性アップに寄与する。

20

#### 【0064】

また、ウエハ10, 20と直接接触している部分(シリコンウエハ32, 42)の熱容量を小さくできるので、例えば、ヘリウム(He)等の不活性ガスを用いてウエハを冷却させたりする場合に、当該ウエハの急速降温も可能である。

#### 【0065】

また、シリコンウエハ32, 42を使用することで熱膨張率が低いので、ウエハ10, 20を高温まで加熱することができる。さらに、接合対象のウエハ10, 20に接触する部分(シリコン治具32, 42)の熱膨張係数がウエハ10, 20のそれと同じであるので、従来のように熱膨張係数の違いに起因して起こり得る位置ずれを防止することも可能である。

30

#### 【0066】

##### <他の実施形態>

上述した実施形態では、ウエハ接合装置100(図1)において接合対象とされる各ウエハ10, 20を直接保持する部材としてシリコン部材(ウエハ)のみからなるシリコン治具32, 42を用いた場合を例にとって説明したが、ウエハを直接保持する部材がこの形態に限定されないことはもちろんである。以下、ウエハ直接保持部材の各種変形形態について、図6及び図7を参照しながら説明する。

40

#### 【0067】

図6は、上述した実施形態(図1)において用いられるシリコン治具32(42)の一変形例に係るヒータ内蔵シリコン治具の構成を示したものである。図中、(a)はそのヒータ内蔵シリコン治具80の縦断面図、(b)はその平面図である。

#### 【0068】

本実施形態に係るヒータ内蔵シリコン治具80は、上述した実施形態におけるシリコン治具32(42)と同様にシリコンウエハをベース基材としている。さらに、このシリコン基材82の一方の面(図示の例では上側)に、絶縁層84(例えば、熱酸化法やCVD法等により形成されたシリコン酸化膜)を介在させてヒータ配線(例えば、タングステン

50

等からなる配線パターン) 86 が作り込まれており(図6(a))、このヒータ配線86は、シリコン基材82全面に亘ってパターン形成されている(図6(b))。ただし、このパターン形成に際し、シリコン基材82上でIR光透過領域に対応する部分(図中、破線で囲んだTRの部分)にはヒータ配線86を設けないように留意する必要がある。

#### 【0069】

このヒータ内蔵シリコン治具80は、上述した実施形態におけるシリコン治具32(42)の代わりに、チャンバ50内のウエハ固定治具(下治具30、上治具40)にセットして使用することができる。その際、ヒータ配線86が形成されている側と反対側の面に接合対象のウエハ10(20)が接触するようにセットされる。また、その使用の際、シリコン治具80に作り込まれたヒータ配線(配線パターン)86の両端に、所要の電源電圧(例えば、AC100Vもしくは200V)が印加されるようになっている。この電源電圧は、チャンバ50の外部からケーブル用ポート52を介して供給される。

10

#### 【0070】

このヒータ内蔵シリコン治具80を使用した場合、上述した実施形態(図1)で得られた効果に加えて、ヒータ36(46)を省略できるというメリットがある。

#### 【0071】

図7は、上述した実施形態(図1)において用いられるシリコン治具32(42)の他の変形例に係る静電チャック内蔵シリコン治具の構成を示したものである。図中、(a)は静電チャック内蔵シリコン治具90の縦断面図、(b)はその平面図である。

#### 【0072】

本実施形態に係る静電チャック内蔵シリコン治具90は、上述した実施形態におけるシリコン治具32(42)と同様にシリコンウエハをベース基材としている。さらに、このシリコン基材92の一方の面(図示の例では下側)に、それぞれ絶縁層94(例えば、熱酸化法やCVD法等により形成されたシリコン酸化膜)を介在させて2種類の電極(配線パターン)96a及び96bが作り込まれており(図7(a))、各電極96a、96bは、互いに対向するように点対称のパターン形状に形成されている(図7(b))。さらに、電極96a、96b上も含めてシリコン基材92全体を絶縁層98(シリコン酸化膜等)で被覆している。この場合も同様に、各電極96a、96bのパターン形成に際し、シリコン基材92上でIR光透過領域に対応する部分(図中、破線で囲んだTRの部分)には各配線96a、96bを設けないように留意する必要がある。

20

30

#### 【0073】

この静電チャック内蔵シリコン治具90は、上述した実施形態におけるシリコン治具32(42)の代わりに、チャンバ50内のウエハ固定治具(下治具30、上治具40)にセットして使用することができる。その際、各電極(配線パターン)96a、96bが形成されている側の面に接合対象のウエハ10(20)が接触するようにセットされる。また、その使用の際、シリコン治具90に作り込まれた各電極(配線パターン)96a、96bの一端に、それぞれ正(+)、負(-)の高圧電圧(例えば、DC500V~50kV)が印加されるようになっている。この高圧電圧は、チャンバ50の外部に設置された高圧電源部(図示せず)からケーブル用ポート52を介して供給される。

#### 【0074】

静電チャック内蔵シリコン治具90は、各電極96a、96bに正(+)、負(-)の高圧電圧が印加されると、各電極を被覆している絶縁層94(誘電体として機能する)の部分にそれぞれ正(+ )電荷、負(- )電荷が蓄積される。これにより、この静電チャックに対向するウエハ(この場合、下ウエハ10又は上ウエハ20)側の部分にそれぞれ反対電荷(負(- )電荷 正(+ )電荷)が蓄積され、チャックとウエハ間にクーロン力が発生する。このクーロン力により、シリコン治具90の電極96a、96bが形成されている側の面にウエハ10(20)が吸着される。

40

#### 【0075】

この静電チャック内蔵シリコン治具90を使用した場合、上述した実施形態(図1)で得られた効果に加えて、各治具30、40に設けられたウエハ押え用つまみ30c、40c

50

を省略できるというメリットがある。

【 0 0 7 6 】

また、上述した各実施形態では、接合対象とされる各ウエハ 1 0 , 2 0 を間接的に（シリコン治具 3 2 , 4 2 を介在させて）保持する本来のウエハ固定治具（下治具 3 0 、上治具 4 0 ）に観察用窓（開口部）O P 1 , O P 2 を設けているが、かかる観察用窓は省略することも可能である。特に図示はしないが、例えば、ウエハ固定治具（下治具 3 0 、上治具 4 0 ）の少なくとも I R 光透過領域に対応する部分を光透過性の部材で構成すれば、この部分を透かして光源 7 0 からの I R 光で照らし出されたアライメントマーク A M 1 , A M 2 を I R カメラ 7 2 で読み取ることができる。

【 0 0 7 7 】

なお、ウエハ固定治具（下治具 3 0 、上治具 4 0 ）にシリコンウエハを使用した場合、本発明を特徴付けるシリコン治具（シリコンウエハ）3 2 , 4 2 と併せて 2 枚のシリコンウエハが積層された形となるため、そのうち一方のシリコンウエハを省略することも技術的には可能である。しかしながら、治具部分の交換の手間を考えると、それぞれ別体の 2 枚のシリコンウエハ（一方は接合対象のウエハを直接保持する部材、他方は本来のウエハ固定治具）に分けて配設した方が望ましい。その理由は、シリコンウエハは機械的な衝撃に対して比較的脆く、衝撃が加わるとウエハの角の部分が欠け易いからである。つまり、一体ものとしてシリコンウエハを配設した場合（ウエハ直接保持部材とウエハ固定治具の 2 つの機能を兼用させた場合）、その一部分が欠けていてもそのウエハ自体を交換する必要があるが、2 枚に分けて配設した場合、その欠けている一部分を含む方のウエハのみを交換すれば足りるからである。

【 0 0 7 8 】

また、上述した各実施形態では、接合対象とされる各ウエハ 1 0 , 2 0 を直接保持する部材としてシリコン治具 3 2 , 4 2 （ヒータ内蔵シリコン治具 8 0 、静電チャック内蔵シリコン治具 9 0 ）を用いた場合を例にとって説明したが、本発明の要旨からも明らかなように、使用する部材はシリコン部材に限定されないことはもちろんである。要は、上下の各ウエハ 1 0 , 2 0 の位置合わせを行う際（ウエハ接合前）に各ウエハのアライメントマーク A M 1 , A M 2 を読み取ることができるよう当該部分が光透過性の部材で構成されていれば十分であり、例えば、石英ガラスを使用することも可能である。

【 0 0 7 9 】

ただし、石英ガラスの熱伝導率は約  $1.38 \text{ W/mK}$  であるのに対し、シリコンの熱伝導率は約  $150 \text{ W/mK}$  であり、シリコンを用いた治具の方が熱伝導性の点では有利である。すなわち、上述した各実施形態のようにシリコンを用いた治具の方が均熱性が高く、また、観察用窓を設ける必要がないため、更に均熱性及び加圧性が向上する。シリコンの一部に石英ガラスを用いた治具においても同様である。

【 0 0 8 0 】

また、上述した各実施形態では、デバイスが形成されたウエハ（上ウエハ 2 0 ）を接合対象として用いた場合を例にとって説明したが、本接合装置 1 0 0 （図 1 ）において接合対象とするウエハの形態がこれに限定されないことはもちろんである。例えば、シリコンインターポーザやガラス基板等を接合する場合にも本接合装置 1 0 0 は同様に用いることが可能である。

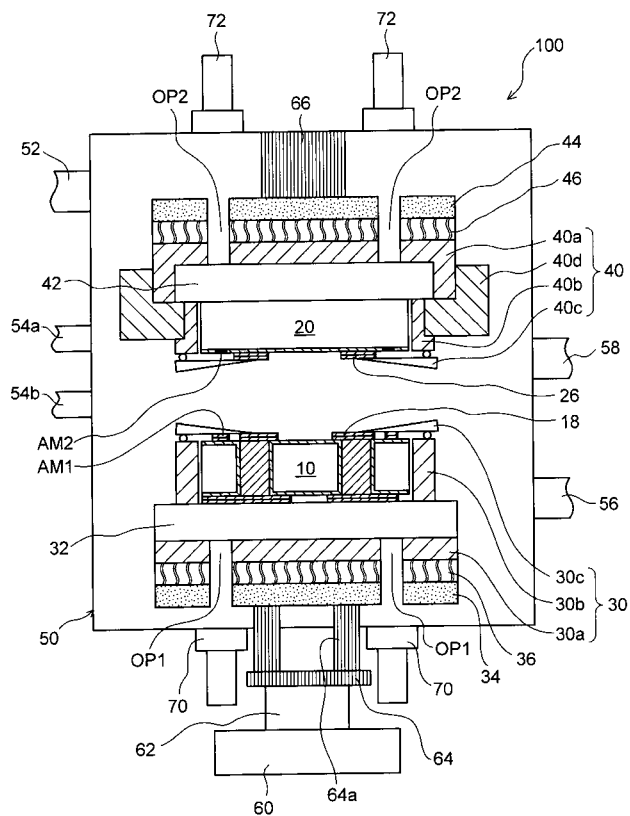
【 符号の説明 】

【 0 0 8 1 】

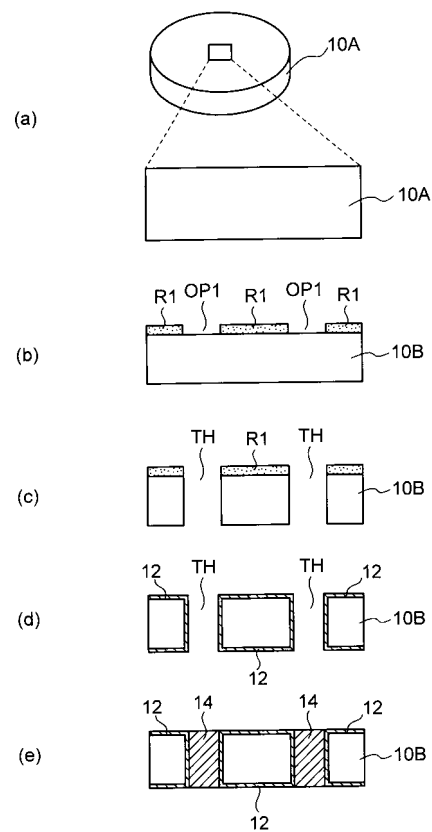
1 0 , 2 0 ...（接合対象とされる）ウエハ、  
 3 0 , 4 0 ...ウエハ固定治具（下治具、上治具）、  
 3 2 , 4 2 ...シリコン治具（ウエハ直接保持部材 / 光透過性部材）、  
 3 6 , 4 6 ...（ウエハ加熱用）ヒータ、  
 5 0 ...チャンバ、  
 6 4 ... Z 軸駆動部、  
 6 6 ... X Y シータテーブル、

70 ... 光源、  
 72 ... IRカメラ、  
 80 ... ヒータ内蔵シリコン治具、  
 90 ... 静電チャック内蔵シリコン治具、  
 100 ... ウエハ接合装置、  
 AM1, AM2 ... アライメントマーク（位置合わせ用のマーク）、  
 OP1, OP2 ... 観察用窓（開口部）。

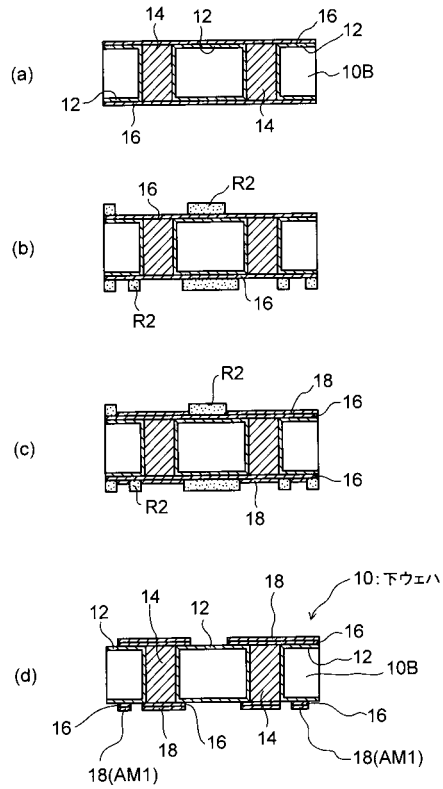
【図1】



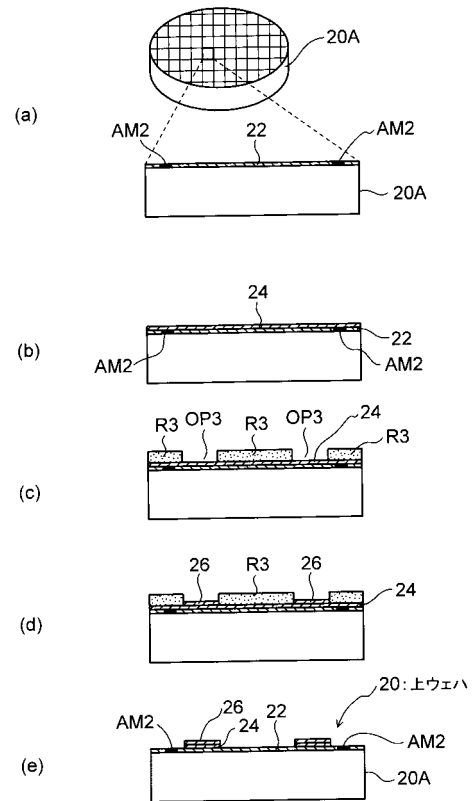
【図2】



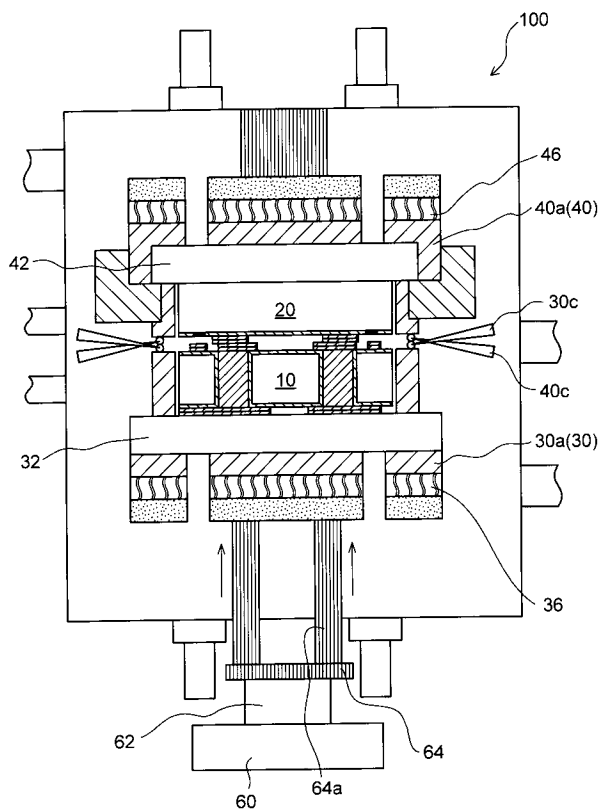
【 図 3 】



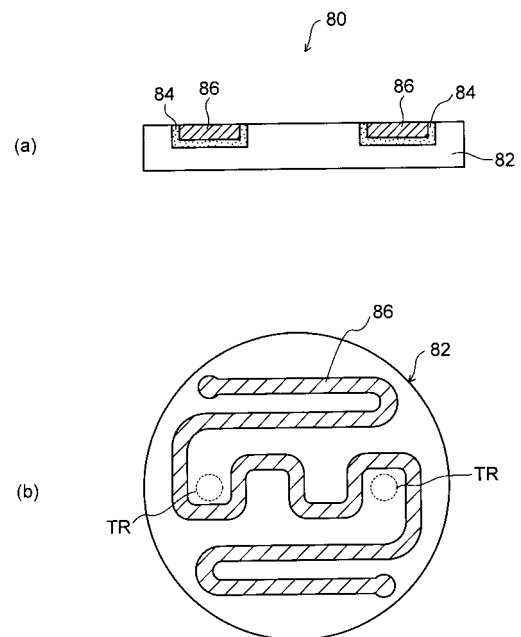
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】

