

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6569802号
(P6569802)

(45) 発行日 令和1年9月4日(2019.9.4)

(24) 登録日 令和1年8月16日(2019.8.16)

(51) Int.Cl. F I
H O 1 L 21/02 (2006.01) H O 1 L 21/02 B

請求項の数 21 (全 28 頁)

| | | | |
|---------------|------------------------------|-----------|---|
| (21) 出願番号 | 特願2018-507853 (P2018-507853) | (73) 特許権者 | 000004112 株式会社ニコン 東京都港区港南二丁目15番3号 |
| (86) (22) 出願日 | 平成28年3月28日(2016.3.28) | (74) 代理人 | 110000877 龍華国際特許業務法人 |
| (86) 国際出願番号 | PCT/JP2016/059985 | (72) 発明者 | 菅谷 功 東京都港区港南二丁目15番3号 株式会 社ニコン内 |
| (87) 国際公開番号 | W02017/168531 | (72) 発明者 | 福田 稔 東京都港区港南二丁目15番3号 株式会 社ニコン内 |
| (87) 国際公開日 | 平成29年10月5日(2017.10.5) | 審査官 | 小池 英敏 |
| 審査請求日 | 平成30年8月20日(2018.8.20) | | |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 基板貼り合わせ装置および基板貼り合わせ方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1の基板における表面の一部と第2の基板における表面の一部とを、前記第1の基板および前記第2の基板の間に温度差を設けて相対位置を補正した状態で接触させて前記一部に接触領域を形成した後に、前記接触領域を拡大させて、前記第1の基板および前記第2の基板を貼り合わせる基板貼り合わせ装置であって、

前記第1の基板および前記第2の基板の間の位置ずれが閾値を超える前に前記接触領域の拡大を開始させ、

前記閾値は、前記第1の基板および前記第2の基板を貼り合わせた後に前記第1の基板および前記第2の基板の間に電気的な導通が可能となるずれ量である基板貼り合わせ装置

10

【請求項2】

前記位置ずれは、前記第1の基板および前記第2の基板の少なくとも一方の歪みにより生じるずれを含む、請求項1に記載の基板貼り合せ装置。

【請求項3】

前記第1の基板および前記第2の基板のそれぞれの前記表面のまだ接触していない非接触領域の温度差が前記位置ずれの閾値に対応する所定の範囲外になる前に、前記接触領域の拡大を開始する請求項1または2に記載の基板貼り合わせ装置。

【請求項4】

前記一部に形成された前記接触領域において、前記第1の基板および前記第2の基板の

20

面方向の相対位置が固定される結合力で前記第1の基板および前記第2の基板が互いに結合された後、前記接触領域の拡大を開始する請求項1から3のいずれか一項に記載の基板貼り合わせ装置。

【請求項5】

前記結合力で結合された前記接触領域が前記一部に形成されたか否かを判断する判断部を備え、前記判断部による判断結果に基づいて、前記接触領域の拡大が開始される請求項4に記載の基板貼り合わせ装置。

【請求項6】

前記第1の基板を保持する保持部を備え、

前記保持部による前記第1の基板の保持を解除することにより前記接触領域が拡大され

10

、
前記保持部は、前記第1の基板および前記第2の基板の間に閾値以上の位置ずれが生じる前に、前記第1の基板の保持を解除する請求項1から5のいずれか一項に記載の基板貼り合わせ装置。

【請求項7】

前記閾値は、前記第1の基板および前記第2の基板にそれぞれ設けられた接続部同士が少なくとも一部で接触するときの前記第1の基板および前記第2の基板の間の位置ずれ量に対応する値である請求項6に記載の基板貼り合わせ装置。

【請求項8】

前記位置ずれは、前記第1の基板および前記第2の基板の少なくとも一方の温調により前記第1の基板および前記第2の基板の相対位置が補正された状態に対するずれである請求項1から7のいずれか一項に記載の基板貼り合わせ装置。

20

【請求項9】

前記補正の補正量を算出する算出部を備え、

前記算出部は、前記接触領域が拡大する過程で前記第1の基板および前記第2の基板の少なくとも一方に生じる歪みによる位置ずれに基づいて、前記補正量を算出する請求項8に記載の基板貼り合わせ装置。

【請求項10】

前記第1の基板および前記第2の基板の少なくとも一方と外部との熱の交流を制御する温度調節部をさらに備える請求項1から9のいずれか一項に記載の基板貼り合わせ装置。

30

【請求項11】

第1の基板における表面の一部と第2の基板における表面の一部とを、前記第1の基板および前記第2の基板の間に温度差を設けて相対位置を補正した状態で接触させて前記一部に接触領域を形成した後に、前記接触領域を拡大させて、前記第1の基板および前記第2の基板を貼り合わせる基板貼り合わせ方法であって、

前記第1の基板および前記第2の基板の間の位置ずれが閾値を超える前に前記接触領域の拡大を開始させる段階を含み、

前記閾値は、前記第1の基板および前記第2の基板を貼り合わせた後に前記第1の基板および前記第2の基板の間に電気的な導通が可能となるずれ量である基板貼り合わせ方法

40

【請求項12】

前記位置ずれは、前記第1の基板および前記第2の基板の少なくとも一方の歪みにより生じるずれを含む、請求項11に記載の基板貼り合わせ方法。

【請求項13】

前記第1の基板および前記第2の基板のそれぞれの前記表面のまだ接触していない非接触領域の温度差が前記位置ずれの閾値に対応する所定の範囲外になる前に、前記接触領域の拡大を開始する請求項11または12に記載の基板貼り合わせ方法。

【請求項14】

前記一部に形成された前記接触領域において、前記第1の基板および前記第2の基板の面方向の相対位置が固定される結合力で前記第1の基板および前記第2の基板が互いに結

50

合された後、前記接触領域の拡大を開始する開始段階を有する請求項 1 1 から 1 3 のいずれか一項に記載の基板貼り合わせ方法。

【請求項 1 5】

前記結合力で結合された前記接触領域が前記一部に形成されたか否かを判断する判断段階を含み、前記開始段階は、前記判断段階での判断結果に基づいて、前記接触領域の拡大を開始する請求項 1 4 に記載の基板貼り合わせ方法。

【請求項 1 6】

前記第 1 の基板を保持部に保持する保持段階を含み、

前記開始段階は、前記第 1 の基板および前記第 2 の基板の間に閾値以上の位置ずれが生じる前に、前記保持部による前記第 1 の基板の保持を解除する請求項 1 4 または 1 5 に記載の基板貼り合わせ方法。

【請求項 1 7】

前記保持段階では、前記第 1 の基板および前記第 2 の基板の歪み量の差による位置ずれを補正する場合に、補正量が小さい方の基板を前記保持部に保持する請求項 1 6 に記載の基板貼り合わせ方法。

【請求項 1 8】

前記閾値は、前記第 1 の基板および前記第 2 の基板にそれぞれ設けられた接続部同士が少なくとも一部で接触するときの前記第 1 の基板および前記第 2 の基板の間の位置ずれ量に対応する値である請求項 1 6 に記載の基板貼り合わせ方法。

【請求項 1 9】

前記位置ずれは、前記第 1 の基板および前記第 2 の基板の少なくとも一方の温調により前記第 1 の基板および前記第 2 の基板の相対位置が補正された状態に対するずれである請求項 1 1 から 1 8 のいずれか一項に記載の基板貼り合わせ方法。

【請求項 2 0】

前記補正の補正量を算出する算出段階を備え、

前記算出段階は、前記接触領域が拡大する過程で前記第 1 の基板および前記第 2 の基板の少なくとも一方に生じる歪みによる位置ずれに基づいて、前記補正量を算出する請求項 1 9 に記載の基板貼り合わせ方法。

【請求項 2 1】

前記第 1 の基板および前記第 2 の基板の少なくとも一方と外部との熱の交流を制御する段階をさらに備える請求項 1 1 から 2 0 のいずれか一項に記載の基板貼り合わせ方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、基板貼り合わせ装置および基板貼り合わせ方法に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

2 つの基板の表面を活性化し、活性化した表面同士を接触させることにより 2 つの基板を貼り合わせる装置がある（例えば、特許文献 1 参照）。

特許文献 1 特開 2 0 1 3 - 2 5 8 3 7 7 号公報

【0 0 0 3】

2 つの基板に温度差を生じさせることにより、基板間の歪み量の差による位置ずれを補正する場合、基板同士を接触させたときに生じる熱伝達により、補正が適切に行われない場合がある。

【発明の概要】

【0 0 0 4】

本発明の第 1 の態様においては、第 1 の基板における表面の一部と第 2 の基板における表面の一部とを接触させて一部に接触領域を形成した後に、接触領域を拡大させて、第 1 の基板および第 2 の基板を貼り合わせる基板貼り合わせ装置であって、第 1 の基板および第 2 の基板の間の位置ずれが貼り合わせ後の位置ずれの許容値を超える前に、接触領域の

10

20

30

40

50

拡大を開始させる基板貼り合わせ装置が提供される。

【0005】

本発明の第2の態様においては、第1の基板における表面の一部と第2の基板における表面の一部とを接触させて一部に接触領域を形成した後に、接触領域を拡大させて、第1の基板および第2の基板を貼り合わせる基板貼り合わせ装置であって、第1の基板および第2の基板の間の位置ずれが貼り合わせ後の位置ずれの許容値を超える前に、接触領域の拡大を開始させる段階を備える基板貼り合わせ方法が提供される。

【0006】

上記の発明の概要は、発明の特徴の全てを列挙したものではない。これらの特徴群のサブコンビネーションも発明となり得る。

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図1】基板貼り合わせ装置100の模式図である。

【図2】基板210の模式的平面図である。

【図3】基板210を重ね合わせる手順を示す流れ図である。

【図4】基板211を保持した基板ホルダ221の模式的断面図である。

【図5】基板213を保持した基板ホルダ223の模式的断面図である。

【図6】貼り合わせ部300の模式的断面図である。

【図7】貼り合わせ部300の模式的断面図である。

【図8】貼り合わせ部300の模式的断面図である。

【図9】貼り合わせ部300の模式的断面図である。

【図10】貼り合わせ過程における基板211、213の状態を示す模式図である。

【図11】貼り合わせ部300の模式的断面図である。

【図12】貼り合わせ過程における基板211、213の状態を示す模式図である。

【図13】貼り合わせ過程における基板211、213の状態を示す模式図である。

【図14】貼り合わせ基板230における位置ずれを示すグラフである。

【図15】貼り合わせ部300における温度調節方法を示す模式図である。

【図16】貼り合わせ基板230のずれ量および倍率の分布を示すグラフである。

【図17】貼り合わせ基板230のずれ量および倍率の分布を示すグラフである。

【図18】貼り合わせ基板230のずれ量および倍率の分布を示すグラフである。

【図19】貼り合わせ基板230のずれ量および倍率の分布を示すグラフである。

【図20】貼り合わせ基板230のずれ量および倍率の分布を示すグラフである。

【図21】貼り合わせ基板230のずれ量および倍率の分布を示すグラフである。

【図22】貼り合わせ過程における基板211、213の状態を示す模式図である。

【図23】貼り合わせ過程における基板211、213の状態を示す模式図である。

【図24】貼り合わせ過程における基板211、213の状態を示す模式図である。

【図25】貼り合わせ過程における基板211、213の状態を示す模式図である。

【図26】貼り合わせ過程における基板211、213の状態を示す模式図である。

【図27】貼り合わせ過程における基板211、213の状態を示す模式図である。

【発明を実施するための形態】

【0008】

以下、発明の実施の形態を説明する。下記の実施形態は、請求の範囲に係る発明を限定するものではない。また、実施形態の中で説明されている特徴の組み合わせの全てが発明の解決手段に必須であるとは限らない。

【0009】

図1は、基板貼り合わせ装置100の模式的平面図である。基板貼り合わせ装置100は、筐体110と、筐体110の外側に配された基板カセット120、130および制御部150と、筐体110の内部に配された搬送部140、貼り合わせ部300、およびブリアライナ500を備える。筐体110の内部は温度管理されており、例えば、室温に保たれる。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 0 】

一方の基板カセット 1 2 0 には、これから重ね合わせる複数の基板 2 1 0 が収容されており、他方の基板カセット 1 3 0 には、基板 2 1 0 を重ね合わせて作製された複数の貼り合わせ基板 2 3 0 が収容される。

【 0 0 1 1 】

搬送部 1 4 0 は、筐体 1 1 0 の内部における搬送機能を担う。搬送部 1 4 0 は、単独の基板 2 1 0、基板ホルダ 2 2 0、基板 2 1 0 を保持した基板ホルダ 2 2 0、基板 2 1 0 を積層して形成した貼り合わせ基板 2 3 0 等を搬送する。

【 0 0 1 2 】

制御部 1 5 0 は、基板貼り合わせ装置 1 0 0 の各部を相互に連携させて統括的に制御する。また、制御部 1 5 0 は、外部からのユーザの指示を受け付けて、貼り合わせ基板 2 3 0 を製造する場合の製造条件を設定する。

10

【 0 0 1 3 】

貼り合わせ部 3 0 0 は、各々が基板 2 1 0 を保持して対向する一対のステージを有し、制御部 1 5 0 の制御の下に、ステージに保持した基板 2 1 0 を相互に位置合わせした後、互いに接触させて貼り合わせる。これにより、貼り合わせ基板 2 3 0 が形成される。

【 0 0 1 4 】

基板ホルダ 2 2 0 は、アルミナセラミックス等の硬質材料により形成され、基板 2 1 0 を吸着して保持する。基板貼り合わせ装置 1 0 0 の内部において、基板ホルダ 2 2 0 は個々に基板 2 1 0 を保持して、基板 2 1 0 と一体的に取り扱われる。

20

【 0 0 1 5 】

貼り合わせ基板 2 3 0 を基板貼り合わせ装置 1 0 0 から搬出するとき、貼り合わせ基板 2 3 0 は基板ホルダ 2 2 0 から分離され、基板ホルダ 2 2 0 は次に貼り合わされる基板 2 1 0 を保持すべくプリアライナ 5 0 0 に搬送される。

【 0 0 1 6 】

プリアライナ 5 0 0 は、搬送部 1 4 0 と協働して、基板貼り合わせ装置 1 0 0 に搬入された基板 2 1 0 を基板ホルダ 2 2 0 に基板を保持させる。

【 0 0 1 7 】

基板貼り合わせ装置 1 0 0 は、基板 2 1 0 として素子、回路、端子等が形成された基板の他に、未加工のシリコンウエハ、Ge を添加した SiGe 基板、Ge 単結晶基板、I I I - V 族または I I - V I 族等の化合物半導体ウエハ、および、ガラス基板等を貼り合わせることもできる。また、回路が形成された回路基板と未加工の基板とを貼り合わせることも、回路基板同士、未加工基板同士等、同種の基板を貼り合わせることもできる。更に、貼り合わされる基板 2 1 0 は、それ自体が、既に複数の基板を積層して形成された貼り合わせ基板 2 3 0 であってもよい。

30

【 0 0 1 8 】

図 2 は、基板貼り合わせ装置 1 0 0 において貼り合わされる基板 2 1 0 の模式的平面図である。基板 2 1 0 は、ノッチ 2 1 4 と、複数の回路領域 2 1 6 および複数のアライメントマーク 2 1 8 とを有する。

【 0 0 1 9 】

ノッチ 2 1 4 は、全体として略円形の基板 2 1 0 の周縁に形成されており、基板 2 1 0 を基板ホルダ 2 2 0 に保持するときの位置合わせ用の指標、回路領域 2 1 6 の配列方向等を知るための指標、または、1 枚の基板 2 1 0 に互いに異なる回路領域 2 1 6 が形成されている場合は、回路領域 2 1 6 を区別するための指標として用いられる。

40

【 0 0 2 0 】

回路領域 2 1 6 は、基板 2 1 0 の表面に、基板 2 1 0 の面方向に周期的に配される。回路領域 2 1 6 の各々には、フォトリソグラフィ技術等より形成された半導体装置、配線、保護膜等が設けられる。回路領域 2 1 6 には、基板 2 1 0 を他の基板 2 1 0、リードフレーム等に電氣的に接続する場合に接続端子となるパッド、バンプ等の接続部を含む構造物も配される。

50

【 0 0 2 1 】

アライメントマーク 2 1 8 は、例えば、回路領域 2 1 6 相互の間に配されたスクライブライン 2 1 2 に重ねて配され、基板 2 1 0 を積層対象である他の基板 2 1 0 と位置合わせする場合に指標として利用される。アライメントマーク 2 1 8 は、回路領域 2 1 6 の内側に配してもよいし、回路領域 2 1 6 に形成された構造物の一部をアライメントマーク 2 1 8 として利用してもよい。

【 0 0 2 2 】

図 3 は、基板貼り合わせ装置 1 0 0 において基板 2 1 0 を貼り合わせて貼り合わせ基板 2 3 0 を作製する手順を示す流れ図である。基板貼り合わせ装置 1 0 0 の内部においては、基板 2 1 0 を一枚ずつ基板ホルダ 2 2 0 に保持させた状態で操作する。よって、制御部 1 5 0 は、まず、プリアライナ 5 0 0 に、基板カセット 1 2 0 から取り出した基板 2 1 0 を一枚ずつ基板ホルダ 2 2 0 に保持させる。次いで、制御部 1 5 0 は、相互に貼り合わせる複数の基板 2 1 0 を、基板ホルダ 2 2 0 と共に貼り合わせ部 3 0 0 に搬入させる（ステップ S 1 0 1 ）。

10

【 0 0 2 3 】

次に、制御部 1 5 0 は、基板 2 1 0 に設けられたアライメントマーク 2 1 8 を検出する（ステップ S 1 0 2 ）。また、制御部 1 5 0 は、検出したアライメントマーク 2 1 8 の位置に基づいて、貼り合わせる複数の基板 2 1 0 の相対位置を検出する（ステップ S 1 0 3 ）。

【 0 0 2 4 】

次に、制御部 1 5 0 は、基板 2 1 0 の表面を活性化する（ステップ S 1 0 4 ）。基板 2 1 0 は、例えば、基板 2 1 0 の表面をプラズマに暴露して清浄化することにより活性化できる。これにより、基板 2 1 0 を他の基板 2 1 0 に接触させた場合に、基板 2 1 0 同士が相互に接着されて一体化する。なお、基板 2 1 0 は、研磨等の機械的な処理により活性化することができる。

20

【 0 0 2 5 】

また、例えば液体または気体のエッチャントを用いて基板 2 1 0 の表面を化学的に清浄化することにより活性化することができる。また、基板 2 1 0 は、プラズマに暴露する方法の他に、不活性ガスを用いたスパッタエッチング、イオンビーム、または、高速原子ビーム等により活性化することもできる。イオンビームや高速原子ビームを用いる場合は、貼り合わせ部 3 0 0 を減圧下において生成することが可能である。

30

【 0 0 2 6 】

更に、紫外線照射、オゾンアッシャー等により基板 2 1 0 を活性化することもできる。複数種類の活性化方法を併用してもよい。基板 2 1 0 の表面の活性化後、基板 2 1 0 の表面を親水化装置により親水化してもよい。

【 0 0 2 7 】

次に、制御部 1 5 0 は、貼り合わせる基板 2 1 0 の温度調節を開始する（ステップ S 1 0 5 ）。ここで実行される温度調節は、例えば、二つの基板 2 1 0 の歪み量の差による表面に沿った面方向の位置ずれを補正するための温度調節であり、二つの基板 2 1 0 の間に温度差を生じさせる。また、基板 2 1 0 の反り等の変形を、温度調節以外の方法を併せて補正してもよい。これにより、個々の基板 2 1 0 に固有の歪みがある場合であっても、複数の基板 2 1 0 を精度よく位置合わせできる。

40

【 0 0 2 8 】

尚、位置ずれとは、二つの基板 2 1 0 の間の相対位置のずれであり、後述するように二つの基板 2 1 0 が互いに位置合わせされたときの位置に対するずれ、もしくは、一方の基板 2 1 0 の位置を基準としたときの一方の基板 2 1 0 に対する他方の基板 2 1 0 のずれである。位置ずれは、二つの基板 2 1 0 の間で互いに対応する構造物同士やアライメントマーク同士の相対位置ずれとして現れる。位置ずれには、基板 2 1 0 の面内での基板 2 1 0 自体の移動および回転によって生じるずれ、および、二つの基板 2 1 0 に生じる後述する歪み量の差によって生じるずれが含まれ、基板 2 1 0 全体に生じるずれだけでなく基板 2

50

10に部分的に生じるずれも含まれる。

【0029】

次に、制御部150は、貼り合わせる複数の基板210を相互に位置合わせする(ステップS106)。位置合わせは、ステップS103において検出した基板210の相対位置に基づいて、一方の基板210を他方の基板210に対して相対移動させることにより実行される。

【0030】

次に、制御部150は、基板210に貼り合わせの起点を形成すべく、位置合わせした基板210のそれぞれの表面の一部を相互に接触させる(ステップS107)。互いに接触した一部は、基板210同士が接触した領域である接触領域であり、貼り合わせを開始するときに形成される接触領域である。接触する一部は、点接触していることが好ましい。

10

【0031】

貼り合わせる一対の基板210における貼り合わせの起点を形成する際、一方の基板210の一部を他の基板210の一部に向けて押すことにより、基板210の間に挟まれた雰囲気ガス等を出し、基板210の表面同士を直接に接触させる。このため、雰囲気ガスの粘性が高い場合、基板210の活性が低い場合は、二つの基板210を互いに接触させるまでに時間を要する場合がある。

【0032】

この接触により、活性化された二つの基板210の接触領域が、水素結合のような化学結合により結合する。二つの基板210を一部で接触させた後、二つの基板210が互いに接触した状態を維持する。このとき、基板210同士を押し付けることにより、接触した一部の面積を大きくすることにより接触領域を広げてもよい。接触状態を維持した状態で所定の時間が経過すると、二つの基板210の貼り合わせの過程で基板210間に位置ずれが生じない大きさの結合力が二つの基板210の間に確保される。これにより、基板210の互いに接触した一部に貼り合わせの起点が形成される。

20

【0033】

なお、基板210の面方向について複数箇所に貼り合わせの起点が形成された場合、複数の起点に挟まれた領域に残された気泡を貼り合わせの過程で排出できなくなり、最終的に完成した貼り合わせ基板230にボイドが生じる場合がある。そこで、基板210を貼り合わせる場合は、基板210の1箇所に貼り合わせの起点を形成して、当該貼り合わせの起点から接触領域を拡げることにより基板210全体を貼り合わせることが好ましい。

30

【0034】

そこで、貼り合わせ部300で基板210を貼り合わせる場合は、例えば、貼り合わせる基板210の一方に隆起部分を形成し、当該隆起部分を他方の基板210に接触させることにより、予め決定したひとつの位置に貼り合わせの起点を形成する。よって、基板210を貼り合わせる場合は、複数箇所に同時に起点が形成されて気泡等が基板210間に閉じ込められることを防止する目的で、起点が形成されるまでの間、基板の隆起部分の形状を維持し続けることが好ましい。

【0035】

次に、制御部150は、一部が相互に押し付けられた基板210において起点が形成されたか否かを調べる(ステップS108)。これにより、基板210に貼り合わせの起点が形成されたことが検知された場合(ステップS108: YES)、制御部150は、少なくとも一方の基板210の保持を解除して解放する(ステップS109)。

40

【0036】

このとき、基板210の一部に貼り合わせの起点が形成されると、起点では二つの基板210が上記した結合力により結合されているため、貼り合わせる複数の基板210の相対位置は、基板210の面方向について固定される。よって、制御部150が貼り合わせる基板210の少なくとも一方の保持を解除しても、接触領域が拡大していく過程で、二つの基板210間に位置ずれが生じることが抑制される。

50

【 0 0 3 7 】

一方の基板 2 1 0 の保持の解除により、基板 2 1 0 が相互に吸着しあって貼り合わされることが許容される。このとき、二つの基板 2 1 0 の表面がそれぞれ活性化後に親水化されている場合は、表面の水酸基の水素分子間の分子間力により、二つの基板 2 1 0 が互いに吸着し合う。

【 0 0 3 8 】

これにより、二つの基板 2 1 0 の接触領域は、起点から隣接する領域に順次拡がり、やがて、基板 2 1 0 全体が貼り合わされた状態となり、貼り合わせ基板 2 3 0 が形成される。よって、制御部 1 5 0 は、基板 2 1 0 に対する温度制御を終了し（ステップ S 1 1 0）、搬送部 1 4 0 に貼り合わせ基板 2 3 0 を貼り合わせ部 3 0 0 から搬出させ（ステップ S 1 1 1）、基板ホルダ 2 2 0 を分離させた上で基板カセット 1 3 0 に収容させる。

10

【 0 0 3 9 】

ステップ S 1 0 8 において基板 2 1 0 に起点が形成されていない場合（ステップ S 1 0 8 : N O）は、制御部 1 5 0 は、両方の基板 2 1 0 の保持を継続しつつ、貼り合わせの起点を形成すべく、基板 2 1 0 の一部を押し付け続ける。

【 0 0 4 0 】

図 4 は、ステップ S 1 0 1 において貼り合わせ部 3 0 0 に搬入される 1 枚の基板 2 1 1 が基板ホルダ 2 2 1 に保持された状態を示す模式的断面である。基板ホルダ 2 2 1 は、静電チャック、真空チャック等を有して基板 2 1 1 を保持面 2 2 2 に吸着して保持する。

【 0 0 4 1 】

基板ホルダ 2 2 1 の保持面 2 2 2 は、中央側が高く、周縁が低い湾曲した形状を有する。よって、保持面 2 2 2 に吸着された基板 2 1 1 も、中央側が突出した形状に湾曲する。また、基板ホルダ 2 2 1 が基板 2 1 1 を保持し続けている間は、基板 2 1 0 の凸状の形状が維持される。なお、基板ホルダ 2 2 1 の保持面 2 2 2 の形状は、球面、放物面、円筒面等であってもよい。

20

【 0 0 4 2 】

なお、保持面 2 2 2 に基板 2 1 1 が吸着された場合、湾曲した基板 2 1 1 においては、図中に一点鎖線で示す基板 2 1 1 の厚さ方向の中心部 A に比較して、基板 2 1 1 の図中上面では、基板 2 1 1 の表面が面方向に拡大変形される。また、基板 2 1 1 の図中下面においては、基板 2 1 1 の表面が面方向に縮小変形される。

30

【 0 0 4 3 】

よって、基板 2 1 1 を基板ホルダ 2 2 1 に保持させることにより、基板 2 1 1 の表面に形成された回路領域 2 1 6 の、設計仕様に対する面内の倍率も拡大される。

【 0 0 4 4 】

図 5 は、他の基板 2 1 3 を基板ホルダ 2 2 3 に保持させた状態を示す模式的断面である。基板ホルダ 2 2 3 は、平坦な保持面 2 2 4 と、静電チャック、真空チャック等、基板 2 1 3 を吸着する機能とを有する。基板ホルダ 2 2 3 に吸着して保持された基板 2 1 3 は、保持面 2 2 4 に密着して、保持面 2 2 4 の形状に倣って平坦になる。

【 0 0 4 5 】

よって、貼り合わせ部 3 0 0 において、図 4 に示した基板ホルダ 2 2 1 に保持されて凸状に変形した基板 2 1 1 を、図 5 に示した基板ホルダ 2 2 3 に平坦な状態で保持された基板 2 1 3 に接触させた場合、基板 2 1 1、2 1 3 は、中央の一点において接触する。また、基板ホルダ 2 2 1、2 2 3 の各々が基板 2 1 1、2 1 3 を保持している間は、基板 2 1 1、2 1 3 の周縁側の領域は、互いに離れた状態を保つ。

40

【 0 0 4 6 】

なお、上記の例では、凸状に変形させた基板 2 1 1 と平坦な基板 2 1 3 との組み合わせを例にあげた。しかしながら、例えば、基板 2 1 1、2 1 3 を両方とも凸状に変形させた場合、基板 2 1 1、2 1 3 を互いに曲率が異なる凸状と凹状に変形させた場合、基板 2 1 1、2 1 3 を、中心軸が平行ではない円筒状に変形させた場合も、貼り合わせ部 3 0 0 において、基板 2 1 1、2 1 3 を一点で接触させることができる。

50

【 0 0 4 7 】

図 6 は、貼り合わせ部 3 0 0 の構造を示す模式的断面図である。また、図 6 は、基板 2 1 1、2 1 3 および基板ホルダ 2 2 1、2 2 3 が搬入された直後の貼り合わせ部 3 0 0 の状態を示す図でもある。貼り合わせ部 3 0 0 は、枠体 3 1 0、上ステージ 3 2 2 および下ステージ 3 3 2 を備える。

【 0 0 4 8 】

枠体 3 1 0 は、水平な床面 3 0 1 に対して平行な底板 3 1 2 および天板 3 1 6 と、床板に対して垂直な複数の支柱 3 1 4 とを有する。底板 3 1 2、支柱 3 1 4 および天板 3 1 6 は、貼り合わせ部 3 0 0 の他の部材を収容する直方体の枠体 3 1 0 を形成する。

【 0 0 4 9 】

上ステージ 3 2 2 は、天板 3 1 6 の図中下面に下向きに固定される。上ステージ 3 2 2 は、真空チャック、静電チャック等の保持機能を有して、基板ホルダ 2 2 1 を保持する保持部を形成する。図示の状態において、上ステージ 3 2 2 には、既に、基板 2 1 1 を保持した基板ホルダ 2 2 1 が保持されている。

【 0 0 5 0 】

下ステージ 3 3 2 は、上ステージ 3 2 2 に対向して配置され、底板 3 1 2 の上面に配された X 方向駆動部 3 3 1 に重ねられた Y 方向駆動部 3 3 3 の図中上面に搭載される。下ステージ 3 3 2 は、上ステージ 3 2 2 に保持された基板 2 1 1 に対向して、基板 2 1 3 を保持する保持部を形成する。図示の状態において、下ステージ 3 3 2 には、既に、基板 2 1 3 を保持した基板ホルダ 2 2 3 を保持する。

【 0 0 5 1 】

なお、図示の状態では、湾曲した保持面 2 2 2 を有する基板ホルダ 2 2 1 が、図中下側に位置する上ステージ 3 2 2 に、平坦な保持面 2 2 4 を有する基板ホルダ 2 2 3 に保持された基板 2 1 3 が、図中下側に位置する下ステージ 3 3 2 に、それぞれ保持されている。しかしながら、上ステージ 3 2 2 および下ステージ 3 3 2 と、基板ホルダ 2 2 1、2 2 3 との組み合わせはこれに限らない。また、上ステージ 3 2 2 および下ステージ 3 3 2 の両方に、平坦な基板ホルダ 2 2 3 または湾曲した基板ホルダ 2 2 1 を搬入してもよい。

【 0 0 5 2 】

貼り合わせ部 3 0 0 において、X 方向駆動部 3 3 1 は、底板 3 1 2 と平行に、図中に矢印 X で示す方向に移動する。Y 方向駆動部 3 3 3 は、X 方向駆動部 3 3 1 上で、底板 3 1 2 と平行に、図中に矢印 Y で示す方向に移動する。これら、X 方向駆動部 3 3 1 および Y 方向駆動部 3 3 3 の動作を組み合わせると、下ステージ 3 3 2 は、底板 3 1 2 と平行に二次元的に移動する。これにより、下ステージ 3 3 2 に搭載した基板 2 1 3 を、上ステージ 3 2 2 に保持した基板 2 1 1 に対して位置合わせできる。

【 0 0 5 3 】

また、下ステージ 3 3 2 は、底板 3 1 2 に対して垂直に、矢印 Z で示す方向に昇降する昇降駆動部 3 3 8 により支持される。下ステージ 3 3 2 は、Y 方向駆動部 3 3 3 に対して昇降できる。これにより、貼り合わせ部 3 0 0 は、下ステージ 3 3 2 に搭載した基板 2 1 3 を、上ステージ 3 2 2 に保持した基板 2 1 3 に押し付ける押し付け部の一例である。

【 0 0 5 4 】

X 方向駆動部 3 3 1、Y 方向駆動部 3 3 3 および昇降駆動部 3 3 8 による下ステージ 3 3 2 の移動量は、干渉計等を用いて精密に計測される。また、X 方向駆動部 3 3 1 および Y 方向駆動部 3 3 3 は、粗動部と微動部との 2 段階構成としてもよい。これにより、高精度な位置合わせと、高いスループットとを両立させて、下ステージ 3 3 2 に搭載された基板 2 1 1 の移動を、制御精度を低下させることなく高速に貼り合わせできる。

【 0 0 5 5 】

Y 方向駆動部 3 3 3 には、顕微鏡 3 3 4 および活性化装置 3 2 6 が、それぞれ下ステージ 3 3 2 の側方に更に搭載される。顕微鏡 3 3 4 は、上ステージ 3 2 2 に保持された下向きの基板 2 1 3 の下面を観察できる。活性化装置 3 3 6 は、上ステージ 3 2 2 に保持された基板 2 1 3 の下面を清浄化するプラズマを発生する。

10

20

30

40

50

【0056】

なお、貼り合わせ部300は、底板312に対して垂直な回転軸の回りに下ステージ332を回転させる回転駆動部、および、下ステージ332を揺動させる揺動駆動部を更に備えてもよい。これにより、下ステージ332を上ステージ322に対して平行にすると共に、下ステージ332に保持された基板211を回転させて、基板211、213の位置合わせ精度を向上させることができる。

【0057】

更に、貼り合わせ部300は、一对の顕微鏡324、334と、一对の活性化装置326、336とを有する。一方の顕微鏡324および活性化装置326は、天板316の下面において、上ステージ322の側方に固定される。顕微鏡324は、下ステージ332に保持された基板213の上面を観察できる。活性化装置326は、下ステージ332に保持された基板213の上面を清浄化するプラズマを発生する。

10

【0058】

また、他方の顕微鏡334および活性化装置336は、Y方向駆動部333において、下ステージ332の側方に搭載される。顕微鏡334は、上ステージ322に保持された基板211の下面を観察できる。活性化装置336は、上ステージ322に保持された基板211の下面を清浄化するプラズマを発生する。

【0059】

顕微鏡324、334は、ステップS102において次のような手順で使用できる。制御部150は、図6に示すように、顕微鏡324、334の焦点を相互に合わせることに

20

【0060】

制御部150は、図7に示すように、X方向駆動部331およびY方向駆動部333を動作させて、顕微鏡324、334により基板211、213の各々に設けられたアライメントマーク218を検出させる(図3のステップS102)。制御部150は、アライメントマーク218を検出するまでの、X方向駆動部331およびY方向駆動部333による下ステージ332の移動量を把握している。

【0061】

こうして、相対位置が既知である顕微鏡324、334で基板211、213のアライメントマーク218の位置を検出することにより、基板211、213の相対位置が判る(図3のステップS103)。これにより、重ね合わせる基板211、213を位置合わせする場合には、基板211、213間の表面に沿った面方向の位置ずれ量が所定の値よりも小さくなるように、基板211、213の相対的な移動量および回転量を含む相対移動量を算出すればよい。所定の値は、基板211、213の相互の貼り合わせが完了したときに、基板211、213間に電気的な導通が可能となるずれ量であり、基板211、213にそれぞれ接続部等の構造物が設けられている場合は、構造物同士が少なくとも一部で接触するときのずれ量である。所定の値は、例えば1.0 μ m以下であり、より好ましくは、0.5 μ m以下である。基板211、213間の位置ずれが閾値以上になった場合は、接続部同士が接触しない又は適切な電気的導通が得られない、もしくは接合部間に所定の接合強度が得られない。

30

40

【0062】

ただし、貼り合わせ基板230を形成する個々の基板211、213には、個別に歪みが生じている場合がある。このため、基板211、213間の相対的な位置ずれ量が統計的に最小になるように、下ステージ332を平行移動させ、且つ、回転させても、この基板211、213間の歪み量の差によって生じる位置ずれにより、二つの基板211、213のアライメントマーク218の多くが一致しない場合がある。このため、基板211、213がそれぞれ個別に異なる歪みを有する場合は、ステップS106において、相対移動量を計算しても、基板211、213の位置ずれ量が所定の値よりも小さくならない場合がある。

【0063】

50

基板 2 1 1、2 1 3 に生じる歪みには、基板 2 1 1、2 1 3 の反り、撓み等、基板 2 1 1、2 1 3 全体で一定の傾向を有する歪みすなわち X 方向および Y 方向のシフト成分、基板の中心周りの回転成分、および、基板の中心から放射方向に歪む倍率成分と、直交成分と、それら以外の非線形成分とが含まれる。直交成分は、例えば基板の中心を通る線分で分けた二つの領域で線分に沿って互いに反対方向に生じた歪みである。なお、倍率成分には、X 方向および Y 方向に同じ量だけ変形する等方倍率と、異なる量で変形する非等方倍率とが含まれ、非等方倍率は非線形成分に含まれる。

【 0 0 6 4 】

これらの歪みは、基板 2 1 1、2 1 3 におけるアライメントマーク 2 1 8 や回路領域 2 1 6 を形成するプロセスにより生じた応力、基板 2 1 1、2 1 3 の結晶配向に起因する異方性、スクライプライン 2 1 2、回路領域 2 1 6 等の配置等に起因する周期的な剛性の変化等により生じる。また、基板 2 1 1、2 1 3 を貼り合わせる前に歪みが生じていない場合であっても、接触領域が拡大していく貼り合わせの過程で、既に接触した領域である接触領域と未だ接触していない領域である非接触領域との境界で基板 2 1 1、2 1 3 が変形して歪みを生じる場合もある。

10

【 0 0 6 5 】

このような基板 2 1 1、2 1 3 の歪み量の差により生じる基板 2 1 1、2 1 3 間の面方向の位置ずれを、少なくとも一方の基板の温度調節により補正する（ステップ S 1 0 5）。つまり、基板 2 1 1、2 1 3 の少なくとも一方の温度を調節することによって熱膨張または熱収縮を生じさせることにより、基板 2 1 1、2 1 3 の少なくとも一方の全体の大きさを変化させて、他方の基板との位置ずれを補正する。

20

【 0 0 6 6 】

温調により位置ずれを補正するとき、制御部 1 5 0 は、位置ずれを解消する補正量を、図示しない算出部に算出させる。算出部は、ステップ S 1 0 3 で検出した二つの基板 2 1 1、2 1 3 の相対位置すなわち位置ずれ量に基づいて、一方の基板に対する他方の基板の拡大率または縮小率を算出する。このとき、接触領域が拡大する過程で基板 2 1 1、2 1 3 の少なくとも一方に生じる歪みによる位置ずれ量を予測または計測し、そのずれ量と、ステップ S 1 0 3 で検出した位置ずれ量とに基づいて、拡大率または縮小率を算出してもよい。

30

【 0 0 6 7 】

次に、算出部は、補正対象となる基板 2 1 1、2 1 3 の熱膨張率を用いて、そのような拡大率または縮小率で基板を拡大または縮小するために求められる目標温度差を算出する。このとき、温度差と補正量との関係に対応付けたテーブルを予め記憶しておき、目標温度差の算出時にこのテーブルを参照してもよい。

【 0 0 6 8 】

尚、温調による補正に加えて、保持面 2 2 2 が湾曲または屈曲した基板ホルダ 2 2 1 に基板 2 1 1 を保持させることにより、基板 2 1 1 の位置ずれを補正することもできる。

【 0 0 6 9 】

更に、貼り合わせ部 3 0 0 において、基板 2 1 1、2 1 3 を搭載する上ステージ 3 2 2 および下ステージ 3 3 2 の少なくとも一方に、基板 2 1 1、2 1 3 を機械的に変形させるアクチュエータを設けて、基板 2 1 1、2 1 3 の少なくとも一方を変形させて補正することもできる。これにより、貼り合わせ部 3 0 0 は、基板 2 1 1、2 1 3 の位置ずれを、位置ずれの原因となる歪みの成分（線形成分、非線形成分）を問わず補正できる。

40

【 0 0 7 0 】

図 8 は、貼り合わせ部 3 0 0 が基板 2 1 1、2 1 3 を活性化する動作（図 3 のステップ S 1 0 4）を示す。制御部 1 5 0 は、下ステージ 3 3 2 の位置を初期位置にリセットした後に水平に移動させることにより、活性化装置 3 2 6、3 3 6 が生成したプラズマを基板 2 1 1、2 1 3 の表面に端から順に照射する。これにより、基板 2 1 1、2 1 3 のそれぞれの表面が清浄化され、化学的な活性が高くなる。このため、基板 2 1 1、2 1 3 は、互いに接触した場合に、自律的に吸着して貼り合わされる状態になる。

50

【0071】

なお、活性化装置326、336は、顕微鏡324、334の各々から遠ざかる方向にプラズマPを放射する。これにより、プラズマが照射された基板211、213から発生した破片が顕微鏡324を汚染することが防止される。

【0072】

本実施例では、貼り合わせ部300は、基板211、213を活性化する活性化装置326、326を備えているが、貼り合わせ部300とは別に設けた活性化装置326、326を用いて予め活性化した基板211、213を貼り合わせ部300に搬入することにより、貼り合わせ部300の活性化装置326を省略した構造にすることもできる。

【0073】

また、基板211、213の少なくとも一方を活性化するステップS104と、基板211、213のいずれかを温度調節するステップS105とは、順番を入れ換えてもよい。即ち、上記の説明のように、基板211、213を活性化(ステップS104)した後に、基板211、213の少なくとも一方を温度調節(ステップS105)してもよいし、先に基板211、213の少なくとも一方を温度調節した後(ステップS105)に、基板211、213を活性化(ステップS104)してもよい。

【0074】

図9は、貼り合わせ部300が基板211、213を位置合わせする動作(図3のステップS106)を示す。制御部150は、最初に検出した顕微鏡324、334の相対位置と、ステップS102において検出した基板211、213のアライメントマーク218の位置とに基づいて、下ステージ332を移動させる。このとき、二つの基板211、213の間で互いに対応するアライメントマーク218同士の間方向の位置が一致するように、もしくは、アライメントマーク218同士の相対的な位置ずれ量が前記した所定の値よりも小さくなるように、下ステージ332を移動させてもよい。

【0075】

図10は、図9に示したステップS106の状態における基板211、213の様子を模式的に示す図である。図示のように、それぞれが基板ホルダ221、223を介して上ステージ322および下ステージ332に保持された基板211、213は、互いに位置合わせされた状態で対向する。

【0076】

図11は、貼り合わせ部300が下ステージ332に保持された基板213を、上ステージ322に保持された基板211に押し付ける動作(図3のステップS107)を示す。制御部150は、昇降駆動部338を動作させて下ステージ332を上昇させることにより基板211、213を相互に接触させる。

【0077】

図12は、図10に示したステップS107からステップS108にかけての基板211、213の様子を模式的に示す図である。図示のように、上ステージ322に保持された基板211の中央部が隆起しているため、下ステージ332が上ステージ322に接近すると、まず、基板211、213の中央部が接触する。更に、制御部150が昇降駆動部338の動作を継続することにより、基板211、213の中央部が相互に接触し、図22に示すように、基板211、213に貼り合わせの起点219が形成される。尚、図22から図27は、それぞれ基板211、213の断面図である。また、基板211、213にそれぞれ示されている点線は、基板211、213の断面内における径方向の位置を示しており、基板211、213の中心から径方向に沿って等しい間隔をおき、且つ、二つの基板211、213間で互いに対応する位置に示されている。

【0078】

この状態では、基板ホルダ221は、基板211、213の中央部以外の部分が接触しないように基板211を保持しており、基板211の周縁部は基板213から離れている。

【0079】

図13は、図3に示したステップS109における基板211、213の状態を示す図である。ステップS109においては、上ステージ322に保持された基板ホルダ221による保持が解除され、基板211が解放される。

【0080】

基板211、213の表面は活性化されているので、一部が密着して貼り合わせの起点219が形成されると、基板211、213同士の分子間力により、隣接する領域が自律的に相互に吸着される。よって、例えば、上ステージ322における基板211の保持を開放することにより、基板211、213の接触領域は、隣接する領域に順次広がる。

【0081】

換言すれば、上ステージ322において基板211の保持が解除されるまでは、基板211、213の周縁部における接触が規制されている。このため、基板211が上ステージ322に保持されている間は、基板211、213の接触領域の拡大も抑制される。

【0082】

基板ホルダ221からの基板211の解除により、基板211、213の接触領域が順次広がっていくボンディングウェーブが発生する。やがて、ボンディングウェーブが基板211、213の周縁部に達したとき、基板211、213は、略全面にわたって貼り合わされる。二つの基板211、213が貼り合わされた状態では、基板211、213が全面的に水素結合のような化学結合により結合されている。こうして、基板211、213は、貼り合わせ基板230を形成する。

【0083】

ステップS107の段階で上ステージ322に保持された状態の基板211は、中央付近が周縁付近よりも突出した状態で保持されている。よって、基板211、213が貼り合わされた領域の拡大は、基板211、213の中央から外縁に向かって拡大する。このため、貼り合わせる前の段階で基板211、213に挟まれていた雰囲気ガス、例えば大気は、基板211、213が貼り合わされた領域の面積が広がる過程で、基板211、213の内側から外側に向かって押し出され、貼り合わされた基板211、213の間に気泡が残ることが防止される。

【0084】

基板211、213が重ね合わされる過程で、基板211、213の間から気泡等を円滑に押し出すには、基板211、213の接触が開始された時点で、基板211、213の間に、気泡の移動を妨げない広さを有し、基板211、213の周縁で連続した隙間が形成されていることが好ましい。よって、保持面222が湾曲した基板ホルダ221に吸着させることによる基板211の変形は、ステップS107(図3)で基板213に接触させる段階において、気泡の押し出しが可能な一定の湾曲が残るような変形手順を選択することが好ましい。また、重ね合わせの段階で基板211の湾曲が少なくなることが予測される場合は、気泡を通す間隙を確保する目的で、下ステージ332に保持される基板213を保持する基板ホルダ223として、保持面224が湾曲した基板ホルダを用いてもよい。

【0085】

また、上記の例では、ステップS109に、上ステージ322に保持された基板211の保持を解除した。しかしながら、同ステップにおいては、下ステージ332による保持を解除してもよいし、両方のステージにおいて基板211、213の保持を解除してもよい。

【0086】

ただし、保持を解除した基板211は、基板ホルダ221からの吸着による歪みの補正も解除されることになる。よって、ステップS109において基板の保持を解除する場合は、基板間の位置ずれの原因となる面方向の歪みや反りの変形量が相対的に少なく、補正量がより小さい方の基板211、213の保持を解除することが好ましい。

【0087】

また、ステップS109において基板211の保持を解除するタイミングは、ステップ

10

20

30

40

50

S 1 0 8において判断される貼り合わせの起点2 1 9が形成されたか否かに依存する。換言すれば、保持部としての基板ホルダ2 2 1は、基板2 1 1、2 1 3の一部に貼り合わされた領域が形成されるまでの期間、基板2 1 1、2 1 3を保持し続ける。また、貼り合わせ部3 0 0は、制御部1 5 0の制御の下に、基板2 1 1、2 1 3の一部に貼り合わされた領域が形成されるまでの期間、基板2 1 1、2 1 3を押し付け続ける。

【0 0 8 8】

ステップS 1 0 9において基板2 1 1の保持を解除するタイミングは、ステップS 1 0 7の後に基板2 1 1、2 1 3に形成される貼り合わせの起点2 1 9を検知して、検知結果に基づいて決定できる。貼り合わせの起点検知は、例えば、一部または全部が透明なステージを用いて、基板2 1 1、2 1 3を透過する波長で基板2 1 1、2 1 3を光学的に観察してもよい。また、下ステージ3 3 2を上昇させる昇降駆動部3 3 8の機械的負荷または電気的な負荷の変動を検出して、起点2 1 9の形成を判断する判断部を制御部1 5 0に実装し、この判断部による判断結果に基づいて起点2 1 9が形成されたことを判断してもよい。

10

【0 0 8 9】

また、貼り合わせ部3 0 0における判断部としての制御部1 5 0は、ステップS 1 0 8において、基板2 1 1、2 1 3の一部を押し付け始めてから、予め定めた時間が経過した場合に、基板2 1 1、2 1 3の一部が貼り合わされて起点2 1 9が形成されたと判断してもよい。判断の閾値となる時間は、例えば、貼り合わせる基板2 1 1、2 1 3と同じ仕様の基板を貼り合わせて、起点2 1 9が確実に形成される時間を予め決定しておいてもよい。

20

【0 0 9 0】

また、制御部1 5 0が、貼り合わせの起点2 1 9が形成されたと判断する時間は、基板2 1 1、2 1 3のロット毎または基板の種類毎に変更してもよい。時間の変更は、制御部1 5 0を通じて、貼り合わせの対象毎に手動で変更してもよいし、貼り合わせる基板2 1 1、2 1 3の種類と関連付けて保存した情報を参照して自動的に設定してもよい。

【0 0 9 1】

なお、貼り合わせ部3 0 0においては、前記したように算出した温度差に基づいて、貼り合わせる基板2 1 1、2 1 3の少なくとも一方の温度を調節することにより、基板2 1 1、2 1 3の倍率差による位置ずれを補正する。

30

【0 0 9 2】

貼り合わされる基板2 1 1、2 1 3に温度差を設けた場合、基板2 1 1、2 1 3において起点2 1 9を形成する過程および接触領域が拡大していく過程で、基板2 1 1、2 1 3の接触領域において、基板2 1 1、2 1 3のうち温度が高い方の基板から温度が低い方の基板へと熱が伝わり、基板2 1 1、2 1 3の間の温度差が設定した温度差からずれる。温度が低い基板の接触領域から非接触領域に当該基板内を熱が伝わることにより非接触領域の温度が変化し、図2 3に点線で示すように、非接触領域に変形が生じる。非接触領域に熱変形が生じると、図2 4に示すように、両基板2 1 1、2 1 3の非接触領域同士を貼り合わせたときに、領域2 3 1において基板2 1 1、2 1 3間に位置ずれが生じる。この位置ずれは、図2 4において、基板2 1 1、2 1 3間で互いに対応する点線の位置がずれていることで示されている。この変形には、基板2 1 1、2 1 3の面方向に沿った伸縮変形や反り変形が含まれる。

40

【0 0 9 3】

そこで、基板2 1 1、2 1 3の一部が接触して接触領域が形成されて、その一部における2 1 1、2 1 3温度差が小さくなり始めてから、その温度差が予め定めた許容範囲の値よりも小さくなる前に、すなわち、接触領域からの熱伝達により二つの基板2 1 1、2 1 3の非接触領域の温度が変化して非接触領域の間の温度差が所定の範囲を超える前に、すなわち、基板2 1 1、2 1 3の少なくとも一方の非接触領域に変形が生じることにより、非接触領域の間に閾値以上の位置ずれが生じる前に、基板2 1 1、2 1 3の一方の保持を解除して、接触領域の拡大を開始させる。拡大する接触領域の外周にはボンディングウェ

50

イブが発生して、基板 2 1 1、2 1 3 の接触領域が広がっていく。

【 0 0 9 4 】

ここで、基板 2 1 1、2 1 3 において接触領域となった部分では、基板 2 1 1、2 1 3 間の温度差が減少しても、基板 2 1 1、2 1 3 相互の機械的な結合により、ずれの発生または拡大は抑制される。一方、基板 2 1 1、2 1 3 が未だ接触していないボンディングウェイクの外側になる基板 2 1 1、2 1 3 の非接触領域では、隣接する接触領域において接触した基板 2 1 1、2 1 3 の間の熱伝導により基板 2 1 1、2 1 3 間の温度差が減少する。このため、基板 2 1 1、2 1 3 の温度差が予め設定した許容範囲よりも多く減少すると、基板 2 1 1、2 1 3 にずれが生じる。

【 0 0 9 5 】

なお、非接触領域における温度差の変化は、基板 2 1 1、2 1 3 における貼り合わせ面の平坦性等の状態、接触領域の拡大が開始されるまでに基板 2 1 1、2 1 3 の接触状態が継続する時間、基板 2 1 1、2 1 3 の厚さ、熱伝導率等の諸特性に基づいて予測できる。よって、上記の適切な許容範囲を予め設定することができる。

【 0 0 9 6 】

また、上記の基板 2 1 1、2 1 3 の間の温度差は、互いに接触する面において生じていればよく、基板 2 1 1、2 1 3 全体に温度差が生じていなくてもよい。よって、基板 2 1 1、2 1 3 の接触を検出してから温度差が予め定めた許容範囲の値よりも小さくなる前に接触領域の拡大を開始させることにより、図 2 5 に示すように、実効的な基板 2 1 1、2 1 3 の温度差を維持して、位置ずれを生じることなく基板 2 1 1、2 1 3 を貼り合わせることができる。

【 0 0 9 7 】

図 1 4 は、温度差を有する基板 2 1 1、2 1 3 を貼り合わせる場合に貼り合わせ基板 2 3 0 に生じた接合後の平均倍率と非線形ずれ量の一例を示すグラフである。平均倍率は、貼り合わされた基板 2 1 1、2 1 3 の面内の複数箇所における基板 2 1 1、2 1 3 間の倍率差の平均である。非線形ずれ量は、基板 2 1 1、2 1 3 の接触から貼り合わせ完了までの過程で生じた非線形成分の歪みによる基板 2 1 1、2 1 3 間のずれ量である。

【 0 0 9 8 】

図示の例では、貼り合わせ開始の当初、倍率差および非線形ずれ量が生じていない基板 2 1 1、2 1 3 に 5 の温度差を形成し、二つの基板 2 1 1、2 1 3 のうち一方の基板に対して他方に正の倍率変形を生じさせている。グラフの横軸には、ステップ S 1 0 7 (図 3 参照) に基板 2 1 1、2 1 3 の一部を接触させてから、ステップ S 1 0 9 (図 3 参照) に基板 2 1 1、2 1 3 の保持を解除するまでの待機時間が示される。平均倍率および非線形ずれ量のそれぞれのグラフの変化率は、貼り合わされる二つの基板 2 1 1、2 1 3 の熱伝達率によって変化する。

【 0 0 9 9 】

図示のグラフには、5 の温度差を設定した基板 2 1 1、2 1 3 を貼り合わせるにあたって、基板 2 1 1、2 1 3 の一部を接触させてから、1 秒後、2 秒後、5 秒後および 1 0 秒後に一方の基板 2 1 1 の保持を解除して基板 2 1 1、2 1 3 全体を貼り合わせた場合の、貼り合わせ基板 2 3 0 の平均倍率と、非線形ずれ量とをプロットした。

【 0 1 0 0 】

図示のように、基板 2 1 1 の保持を解除するまでの待機時間すなわち基板 2 1 1 の一部を基板 2 1 3 に接触させた状態を維持した時間が長くなるほど、基板 2 1 1、2 1 3 を貼り合わせた後の平均倍率は減少する。これは、基板 2 1 1、2 1 3 を押し付けた状態の待機時間が長くなるにつれて、基板 2 1 1、2 1 3 の温度が高い方から低い方へと熱が伝達され、二つの基板 2 1 1、2 1 3 の温度がほぼ等しくなることにより、二つの基板 2 1 1、2 1 3 の熱による変形量もほぼ等しくなるためであると推測される。よって、温度差による倍率補正が施された基板を他の基板に貼り合わせるとき、すなわち、温度差により倍率差が所定の値よりも小さくなっている二つの基板を貼り合わせるときに、待機時間が長くなるほど、貼り合わせ前に一方の基板に生じさせた変形が基板間の熱伝達により解消さ

10

20

30

40

50

れて倍率差が大きくなる。

【0101】

一方、時間の経過と共に、互いに接触した二つの基板211、213の一方から他方への熱の伝達量が大きくなるので、基板211の保持を解除するまでの待機時間が長くなるほど、基板211、213を貼り合わせた後の非線形ずれ量も大きくなる。よって、温度差による倍率補正と、非線形ずれ量の抑制という観点からは、基板211の保持を解除するまでの待機時間は、短い方が好ましいと考えられる。また、二つの基板211、213に設定する温度差が大きいほど熱伝達が早いため、補正量が大きくなるに従って、待機時間を短くすることが好ましく、補正精度が高いほど待機時間を短くすることが好ましい。

【0102】

ただし、ステップS107（図3参照）において、貼り合わせの起点219が形成される前すなわち二つの基板211、213間に所定の結合力が確保される前に一方の基板211の保持を解除した場合、貼り合わせ過程で基板211、213間に位置ずれが生じる。よって、起点219を形成する観点では、所定の結合力が生じるまで待機時間を確保する必要がある。従って、基板211、213を貼り合わせる場合は、基板211、213に起点219が形成された後であって、且つ、基板211、213の温度差が予め定められた閾値よりも小さくなる前すなわち基板211、213の少なくとも一方に変形が生じることにより基板211、213間の倍率差および非線形ずれ量を含むずれ量が閾値以上になる前に、一方の基板211を解放して接触領域の拡大を開始することが好ましい。

【0103】

上記の接触領域の拡大を開始するときのずれ量の閾値は、基板211、213の相互の貼り合わせが完了したときに、基板211、213間に電氣的な導通が可能となるずれ量であり、基板211、213にそれぞれ接続部等の構造物が設けられている場合は、構造物同士が少なくとも一部で接触するときのずれ量である。基板211、213間の位置ずれが閾値以上になった場合は、接続部同士が接触しない又は適切な電氣的導通が得られない、もしくは接合部間に所定の接合強度が得られない。つまり、閾値は、基板211、213の貼り合わせが完了した際の位置ずれの許容範囲の最大値すなわち許容値であり、例えば基板211、213の種類、接合プロセス、および、基板貼り合わせ装置100毎に、予め定められている。例えば、基板211、213間の温度差を小さくして4に設定することにより、平均倍率を小さくすることによって、待機時間が1秒で非線形ずれ量を小さくすることができる。

【0104】

貼り合わせる基板211、213に貼り合わせの起点219が形成されるに足る待機時間を予め測定または算出して、当該待機時間の間に減少する基板211、213の温度差を見込んで、基板211、213の貼り合わせを開始する時点での温度差を、二つの基板211、213のずれ量の補正に必要となる目標温度差よりも大きくしておいてもよい。この場合、基板211、213に当初設定される温度差は、例えば、待機時間後にステップS109を開始した時点で、基板211、213の倍率が補償される温度差となるように決定してもよい。この場合、基板211、213の接触により温度差が、目標温度差を含む所定の範囲を下回る前に、接触領域の拡大を開始することが好ましい。

【0105】

また、基板211、213の温度差による倍率補正の観点からすると、基板211、213の貼り合わせが完了した時点、即ち、基板211、213に形成され起点219からの接触領域の拡大が終了した時点で、基板211、213間の温度差が所定の範囲内に入るように、予め温度差を大きく設定しておいてもよい。所定の範囲は、二つの基板211、213の前記した位置ずれ量の許容範囲に対応して設定され、温度差が所定の範囲を超えると、基板211、213の接続部同士が接触しない又は適切な電氣的接続を得ることができない、もしくは接合部間に所定の接合強度が得られない。設定する温度差、および、一方の基板の保持を解除するタイミングは、後述するように、接触領域の拡大中に基板211、213間の伝熱により生じる温度の変化量を考慮して、設定される。

10

20

30

40

50

【 0 1 0 6 】

図 1 5 は、貼り合わせ部 3 0 0 において基板 2 1 1、2 1 3 の温度調節をする温度調節部の一例を示す模式図である。前記したように、起点形成時に二つの基板 2 1 1、2 1 3 の接触により熱伝達が生じ、基板 2 1 1、2 1 3 間の温度差が設定した温度差よりも小さくなる。この現象は、基板 2 1 1、2 1 3 の接触領域が拡大する過程でも同様に生じる。このため、温度調節部は、基板 2 1 1、2 1 3 が互いに接触してから貼り合わせが完了するまでの間において、温度差を付けた基板 2 1 1、2 1 3 の少なくとも一方の基板と外部との熱の交流を制御し、基板 2 1 1、2 1 3 の温度差を所定の範囲内に維持する。外部には、他方の基板、および、基板 2 1 1、2 1 3 の雰囲気ガス等が含まれる。

【 0 1 0 7 】

図 1 5 に示す例では、温度調節部は、下ステージ 3 3 2 に内蔵された複数のヒータ 3 3 9 を有する。複数のヒータ 3 3 9 は、接触領域が拡大していく方向すなわち下ステージ 3 3 2 の径方向に分割して設けられ、制御部 1 5 0 により個別に発熱量が調節される。複数のヒータ 3 3 9 は、基板 2 1 3 を保持する基板ホルダ 2 2 3 を加熱して温度調節することにより、基板ホルダ 2 2 3 に保持された基板 2 1 3 を複数のヒータ 3 3 9 に対応する領域毎に温度調節する。

【 0 1 0 8 】

基板 2 1 3 を温調するとき、基板ホルダ 2 2 3 への基板 2 1 3 の保持を一旦解除し、温調により基板 2 1 3 を変形させた後、図 2 6 に示すように、基板 2 1 3 を基板ホルダ 2 2 3 に再度保持する。これにより、基板 2 1 3 の倍率を含む歪み量を、基板 2 1 1 の歪み量に応じて調整して、図 2 7 に示すように、位置ずれの抑制された貼り合わせ基板 2 3 0 を作製できる。ヒータ 3 3 9 としては、抵抗加熱ヒータの他、ペルチェ効果素子、誘導加熱装置、赤外線照射装置等、他の加熱装置を用いてもよい。

【 0 1 0 9 】

制御部 1 5 0 は、二つの基板 2 1 1、2 1 3 の接触領域が拡大していく過程において、接触領域と非接触領域との境界の移動位置すなわち基板 2 1 1、2 1 3 が接触して熱伝達が行われる位置に応じて、その位置に対応するヒータ 3 3 9 の温度を順に調整する。ヒータ 3 3 9 の温度は、少なくとも熱伝達により基板 2 1 3 の温度が下がった分を上昇させて、二つの基板 2 1 1、2 1 3 の温度差が所定の範囲内で維持するように設定される。

【 0 1 1 0 】

具体的には、基板 2 1 3 の非接触領域のうち境界に隣接する部分の熱が基板 2 1 3 内を伝わって基板 2 1 3 の接触領域から基板 2 1 1 に伝わるため、当該部分と当該部分に対応する基板 2 1 1 の部分との間の温度差が予め設定された所定の範囲内に入るように、当該部分に対応するヒータ 3 3 9 を制御する。境界の移動に伴って、基板 2 1 3 の中心から周縁部に向けて、複数のヒータ 3 3 9 の制御を順に行う。これにより、基板 2 1 1、2 1 3 の非接触領域の互いに対応する部分が互いに接触するまで、当該部分の間の温度差が所定の範囲内に維持される。つまり、接触領域の相互の接触時の熱交換によって非接触領域の互いに対応する部分の間の温度差が所定の範囲外になることが抑制される。接触領域と非接触領域との境界の位置を検出する検出部を設け、この検出部の検出結果に基づいて制御すべきヒータ 3 3 9 を決定してもよい。

【 0 1 1 1 】

尚、基板ホルダ 2 2 3 への基板 2 1 3 の保持力が、温度低下による基板 2 1 3 の熱変形力よりも大きい場合は、接触領域の境界の位置変化に応じたヒータ 3 3 9 の制御を不要とすることができる。

【 0 1 1 2 】

また、図示の例では、温度調節部は、上ステージ 3 2 2 に保持された基板ホルダ 2 2 1 に形成された複数の通気孔 2 2 5 を有する。基板ホルダ 2 2 1 の通気孔 2 2 5 は、上ステージ 3 2 2 に設けられた給気孔に連通している。温度調節部は、基板 2 1 1 の保持を解除するとき又は解除した後、基板 2 1 1 に向かって気体を噴射して吹きつける。このとき、接触領域と非接触領域との境界の移動位置に応じて、その位置に対応する通気孔 2 2 5

10

20

30

40

50

から基板 2 1 1 に気体を噴射する。

【 0 1 1 3 】

また、温度調節部は、通気孔 2 2 5 を通して噴出する気体の温度を調節する。図示の例のように、基板 2 1 1 の歪み量を基準にして基板 2 1 3 が加熱により変形されている場合、基板 2 1 3 からの熱伝達により基板 2 1 1 が変形するため、気体の温度は、その変形により基板 2 1 1、2 1 3 間に生じるずれが抑制される温度に設定される。

【 0 1 1 4 】

具体的には、基板 2 1 3 から接触領域を通して基板 2 1 1 に伝わった熱が基板 2 1 1 内を伝わって基板 2 1 1 の非接触領域のうち境界に隣接する部分に伝わるため、当該部分と当該部分に対応する基板 2 1 3 の部分との間の温度差が予め設定された所定の範囲内に入るように、当該部分に対応する通気孔 2 2 5 からの気体の温度を制御する。

10

【 0 1 1 5 】

図示の状態は、図 3 におけるステップ S 1 0 9 の直後の状態を示し、基板 2 1 1、2 1 3 は、中央部において貼り合わされているが、周縁は未だ貼り合わされていない。この状態で、通気孔 2 2 5 から図中上側の基板 2 1 1 に向かって噴射する気体の温度を調節することにより、保持を解除した後の基板 2 1 1 の温度を能動的に調節しつつ、基板 2 1 1、2 1 3 の貼り合わせを進行させることができる。

【 0 1 1 6 】

このような温度調節部による温調により、二つの基板 2 1 1、2 1 3 の少なくとも一方において、接触領域における熱交換により、まだ接触していない非接触領域の温度が変化することが抑制される。

20

【 0 1 1 7 】

上記した例において、基板 2 1 1 の領域毎に補正量が異なる場合は、各領域に対応する通気孔 2 2 5 から噴射される気体の温度、および、ヒータ 3 3 9 の温度の少なくとも一つを、その領域の補正量に応じた温度に設定してもよい。

【 0 1 1 8 】

また、例えば赤外線温度センサのような温度センサ等の検出部の検出結果に基づいて、起点形成の過程および接触領域が拡大する過程で変化する基板 2 1 1、2 1 3 の温度をリアルタイムで検出または予測し、検出または予測した温度に基づいて、噴射される気体の温度およびヒータ 3 3 9 の温度を調整してもよい。

30

【 0 1 1 9 】

また、上記した例では、接触領域の拡大の進行に応じてヒータ 3 3 9 および気体の温度を順に調整する例を示したが、これに代えて、または、これに加えて、以下の方法でヒータ 3 3 9 および気体の温度を設定してもよい。

【 0 1 2 0 】

基板 2 1 1、2 1 3 を互いに接触させる前に、貼り合わせ過程で生じる基板 2 1 1、2 1 3 の温度変化を予測し、その温度変化に基づいて、複数のヒータ 3 3 9 の個々の温度、および、複数の通気孔 2 2 5 の個々から噴射される気体の温度を設定する。この場合、例えば、基板 2 1 1、2 1 3 の表面の活性化度合、基板 2 1 1、2 1 3 同士が接触してから貼り合わせが完了するまでの時間、接触領域が拡大する速度すなわち境界の進行速度、および、基板 2 1 1、2 1 3 の厚さ、基板 2 1 1、2 1 3 内の熱伝達速度等を考慮して、基板 2 1 1、2 1 3 の温度変化が予測される。

40

【 0 1 2 1 】

または、貼り合わされる二つの基板 2 1 1、2 1 3 と同じ条件で製造された基板を予め実験的に貼り合わせ、その結果から、ヒータ 3 3 9 または気体の温度と、基板 2 1 1、2 1 3 の変形量と、基板 2 1 1、2 1 3 間の温度差との関係を記憶しておき、これに基づいてヒータ 3 3 9 および気体の温度を設定する。

【 0 1 2 2 】

図 1 5 の例では、貼り合わせ時に保持が解除される基板 2 1 1 の歪み量を基準として基板 2 1 3 を温調した例を示したが、基板 2 1 3 の歪み量を基準として基板 2 1 1 を温調し

50

てもよい。この場合も、制御部 150 は、基板 211、213 が互いに接触してから貼り合わせが完了するまでの間において、基板 211、213 の温度差が所定の範囲内に維持されるようにヒータ 339 および気体の噴出の少なくとも一方を制御する。

【0123】

このように、貼り合わせ部 300 は、基板 211、213 の各々に個別の温度調節デバイスを有し、基板 211、213 を個別に温度調節することにより、上ステージ 322 による保持から解放された後であっても、基板 211 を能動的に温度調節できる。よって、基板 211 が解放された後も、基板 211、213 の温度差を維持できる。

【0124】

図 15 に示す例では、起点形成過程および貼り合わせ過程において基板 211、213 間の温度差を維持する例を示したが、これに代えて、または、これに加えて、以下の方法により基板 211、213 の温度差が設定した温度差よりも小さくなることを抑制することができる。

【0125】

二つの基板 211、213 の起点形成にかかる時間の短縮および接触領域の拡大の速度の向上を図り、基板 211、213 間の熱伝達によって基板 211、213 の少なくとも一方が変形する前に、基板 211、213 を互いに接合する。この場合、基板 211、213 間の水素結合等の化学結合力を向上させるために、基板 211、213 の表面の活性化度合を変更する。

【0126】

二つの基板 211、213 を減圧下で接合してもよい。これにより、二つの基板 211、213 間で気体を介した熱伝達が抑制される。この場合、貼り合わせ部 300 内を予め減圧しておいてもよく、起点形成開始の段階から貼り合わせ完了までの貼り合わせ過程においてのみ、貼り合わせ部 300 内または基板 211、213 の周囲だけを減圧してもよい。

【0127】

二つの基板 211、213 のうち少なくとも温度調節された基板の周囲の温度を、当該基板の温度に対する差が所定の範囲となるように制御してもよい。所定の範囲は、二つの基板 211、213 のずれ量の許容範囲に対応して設定される。例えば、基板 211 を温調により補正している場合は、基板ホルダ 221 と基板 213 との間の温度を、基板 211 の温度に対する差が所定の範囲になるように制御する。

【0128】

図 16 は、貼り合わせ基板 230 のずれ量および倍率の分布を示すグラフである。図 16 においては、当初、上ステージ 322 に保持されていた基板 211 を、基板ホルダ 221 の保持から解放された後も通気孔 225 を使用して温度調節を継続しつつ貼り合わせ場合について、貼り合わせ基板 230 におけるずれ量および倍率の分布を示す。なお、基板 211、213 の貼り合わせにおいては、基板 211、213 の中央部において、下ステージ 332 側の基板 213 の温度が、上ステージ 322 側の基板 211 の温度よりも 5 高くなるように温度調節した。

【0129】

図 16 に示すグラフの横軸は、基板ホルダ 221 から解放された基板 211 に対する熱伝達率を示す。また、同グラフの縦軸は、図 14 と同様に、貼り合わせ後の平均倍率と、貼り合わせ基板 230 における非線形ずれ量とを示す。

【0130】

図示のように、基板ホルダ 221 から解放された後も能動的な温度調節を継続することにより、基板 211 の温度による倍率補正が維持される。これにより、貼り合わせ後に得られた貼り合わせ基板 230 においても、非線形ずれ量が低減される。

【0131】

このように、貼り合わせ部 300 は、ステップ S107 (図 3 参照) からステップ S109 (図 3 参照) までの待機時間中および貼り合わせ過程に、基板 211、213 の少な

10

20

30

40

50

くとも一方の温度を積極的に調節する温度調節部を設けてもよい。この温度調節部は、ステップ S 1 0 9 (図 3 参照) が実行されるまでの間、予め決定された補正量が得られる温度差を維持すべく、待機時間中も、基板 2 1 1、2 1 3 の少なくとも一方の加熱または冷却を継続する。これにより、基板 2 1 1、2 1 3 の温度差が維持された状態で基板 2 1 1、2 1 3 の貼り合わせが進行し、基板 2 1 1、2 1 3 を精度よく位置合わせした状態で貼り合わせることができる。

【 0 1 3 2 】

図 1 7 は、貼り合わせ基板 2 3 0 のずれ量および倍率の分布を示すグラフである。図 1 7 においては、図 1 5 に示した下ステージ 3 3 2 のヒータ 3 3 9 を用いて温度調節することにより、図中下側の基板 2 1 3 に、径方向の温度勾配を持たせつつ貼り合わせした場合 10

【 0 1 3 3 】

ここで、基板 2 1 3 に形成した温度勾配は、基板 2 1 3 の中央部に対して、基板 2 1 3 の周縁側がより高くなるように設定した。

【 0 1 3 4 】

これにより、基板 2 1 1、2 1 3 の貼り合わせが進行する間に、基板 2 1 3 に対して貼り合わされる基板 2 1 1 に基板 2 1 3 から熱が伝達されることにより基板 2 1 1 の温度が上昇した場合であっても、基板 2 1 1、2 1 3 が貼り合わされた領域が基板の周縁まで広がるまで、基板 2 1 1、2 1 3 相互の温度差が維持される。よって、温度差による倍率補正が、基板 2 1 1、2 1 3 全体の貼り合わせに対して有効になる。 20

【 0 1 3 5 】

なお、図 1 5 には、下ステージ 3 3 2 のヒータ 3 3 9 と、上ステージ 3 2 2 に保持される基板ホルダ 2 2 1 の通気孔 2 2 5 とを併せて示した。しかしながら、ヒータ 3 3 9 および通気孔 2 2 5 のいずれか一方でも、貼り合わせ基板 2 3 0 における位置ずれを抑制することができる。また、基板 2 1 1、2 1 3 の少なくとも一方を温度調節する場合には、ヒータ 3 3 9 および通気孔 2 2 5 以外の他の温度調節デバイスを用いてもよい。また、温度調節デバイスとしては、加熱装置ばかりではなく、冷却装置を用いてもよい。

【 0 1 3 6 】

図 1 8、1 9、2 0、および 2 1 は、基板 2 1 1、2 1 3 を貼り合わせる場合の条件を変えて作製した貼り合わせ基板 2 3 0 における基板 2 1 1、2 1 3 相互の実測ずれ量、予想ずれ量、および、平均倍率を示すグラフである。予想ずれ量は、基板 2 1 1、2 1 3 間の倍率差を表す。平均倍率は、実測の平均倍率であり、図 1 4 から図 1 7 に示した平均倍率とは異なり、実測ずれ量を半径の値で割ったものである。ずれ量および倍率は、貼り合わせ基板 2 3 0 の径方向の分布により示す。 30

【 0 1 3 7 】

図 1 8 にずれ量および倍率の分布を示す貼り合わせ基板 2 3 0 は、温度差を設定していない基板 2 1 1、2 1 3 (温度差 : 0) を貼り合わせて作製した。貼り合わせ部 3 0 0 において貼り合わせる場合に、基板 2 1 1、2 1 3 が接触してから一方の基板 2 1 1 の保持を解除するまでの待機時間は 1 秒とした。この貼り合わせ基板 2 3 0 においては、貼り合わせる前の基板 2 1 1、2 1 3 が有していた倍率差により、基板 2 1 1、2 1 3 の周縁 40

【 0 1 3 8 】

図 1 9 にずれ量および倍率の分布を示す貼り合わせ基板 2 3 0 は、5 の温度差を設定した基板 2 1 1、2 1 3 (温度差 : 5) を、待機時間は 1 秒として貼り合わせて作製した。この貼り合わせ基板 2 3 0 においては、基板 2 1 1、2 1 3 に温度差を設けたことにより、基板 2 1 1、2 1 3 の倍率差に起因する実測ずれ量は、予想ずれ量に概ね従って抑制されている。ただし、貼り合わせ基板 2 3 0 の中央部および貼り合わせ基板 2 3 0 の周縁部では、線形の倍率成分を示す予想ずれ量に対して実測ずれ量に差が生じている。すなわち、中央部および周縁部に、非線形成分の歪みが生じている。ただし、実測の平均倍率 50

は、貼り合わせ基板 2 3 0 の中央付近を除いて、絶対値が小さい。

【 0 1 3 9 】

図 2 0 にずれ量および倍率の分布を示す貼り合わせ基板 2 3 0 は、温度差を設定していない基板 2 1 1、2 1 3 (温度差: 0) を貼り合わせて作製した。貼り合わせ部 3 0 0 において貼り合わせる場合に、基板 2 1 1、2 1 3 が接触してから一方の基板 2 1 1 の保持を解除するまでの待機時間を 1 0 秒とした。よって、基板 2 1 1、2 1 3 の一方が解放された時点で、押し付けられた中央部には基板 2 1 1、2 1 3 の間に、既に貼り合わされた領域が形成されている。しかしながら、基板 2 1 1、2 1 3 相互に温度差を設けず倍率が補正されていないので、中央付近のずれ量が待機時間の長さに応じて拡大していることを除くと、ずれ量の径方向の分布は、図 1 8 に示した例と同じ傾向を有する。

10

【 0 1 4 0 】

図 2 1 にずれ量および倍率の分布を示す貼り合わせ基板 2 3 0 は、5 の温度差を設定した基板 2 1 1、2 1 3 (温度差: 5) を、待機時間は 1 0 秒として貼り合わせて作製した。よって、この貼り合わせ基板 2 3 0 を作製する場合も、基板 2 1 1、2 1 3 の一方が解放された時点で、押し付けられた中央部には基板 2 1 1、2 1 3 の間に、既に貼り合わされた領域が形成されている。

【 0 1 4 1 】

図 2 1 の例では、貼り合わせ基板 2 3 0 の中央部および貼り合わせ基板 2 3 0 の周縁部において、予想ずれ量に対する実測ずれ量の差が生じており、特に中央部では、図 1 9 の例における差よりも大きい。このため、図 1 4 に示す例でも述べたように、待機時間をより短くした方がよいことが分かる。

20

【 0 1 4 2 】

上記のような基板貼り合わせ装置 1 0 0 は、シリコン単結晶基板を用いた基板 2 1 1、2 1 3 を貼り合わせる場合の他、基板 2 1 1、2 1 3 の一面に配された SiO_2 面同士の貼り合わせに用いてもよい。また、基板 2 1 1、2 1 3 の貼り合わせ面に離散的に配された Cu バンプ同士を貼り合わせる場合にも、基板貼り合わせ装置 1 0 0 を用いてもよい。

【 0 1 4 3 】

また、上記した実施例では、基板 2 1 1、2 1 3 の少なくとも一方を基板ホルダ 2 2 1 または基板ホルダ 2 2 3 から解除することにより接触領域の拡大を開始した例を示したが、これに代えて、基板 2 1 1、2 1 3 の両方を保持した状態で接触領域を拡大してもよい。この場合、例えば、基板 2 1 1、2 1 3 の少なくとも一方の面方向に沿って複数のアクチュエータを配置し、基板 2 1 1、2 1 3 の中心に対応するアクチュエータを駆動して起点 2 1 9 を形成した後、一方の基板を中心部から周縁部に向けて順に他方の基板に向けて押圧するように複数のアクチュエータを制御することにより、一方の基板の他方の基板への接触の進行すなわち接触領域の拡大の進行を制御することができる。

30

【 0 1 4 4 】

また、上記した例では、基板 2 1 1、2 1 3 の全体を温調する例を示したが、基板 2 1 1、2 1 3 の少なくとも一方の基板の回路領域が形成された表面だけを温調してもよく、また、基板 2 1 1、2 1 3 の全体ではなく基板 2 1 1、2 1 3 間で位置ずれが生じている部分だけを温調してもよい。

40

【 0 1 4 5 】

表面だけを温調する場合、表面の伸縮変形により基板が撓むが、この基板をステージや基板ホルダに保持したときに、これらの吸着力により、ステージおよび基板ホルダの保持面の形状に基板を倣わせることができる。

【 0 1 4 6 】

位置ずれが生じている部分だけを温調する場合、基板 2 1 1、2 1 3 の当該部分間に温度差を生じさせる。この場合、接触領域が拡大していく過程において、当該部分同士の接触による熱交換により、当該部分に隣接する非接触領域のそれぞれの温度または非接触領域間の温度差が変化することを抑制するように、温度調節部により基板 2 1 1、2 1 3 が温調される。非接触領域間に温度差を積極的に生じさせていない場合には、基板 2 1 1、

50

213のそれぞれの非接触領域の温度が同じ温度を基準とした所定の範囲内に維持される。

また、本実施例において「貼り合わせ」とは、本実施例に記載の方法で積層された二つの基板に設けられた端子が互いに接続され、これにより、二つの基板間に電気的な導通が確保された場合もしくは二つの基板の接合強度が所定の強度以上となる場合には、それらの状態を指す。また、本実施例に記載の方法で積層された二つの基板をその後アニール等の処理を行うことにより、二つの基板が最終的に電気的に接続される場合もしくは二つの基板の接合強度が所定の強度以上となる場合は、「貼り合わせ」は、アニール等の処理前に二つの基板が一時的に結合している状態、すなわち仮接合されている状態を指す。

【0147】

アニールにより接合強度が所定の強度以上になる状態は、例えば、二つの基板の表面同士が互いに共有結合により結合されている状態を含む。また、仮接合されている状態は、重なり合った二つの基板を分離して再利用することができる状態を含む。

また、本実施例では、基板211、213間に閾値以上の位置ずれが生じる前に、接触領域の拡大を開始させる例を示したが、これに代えて、基板211、213の少なくとも一方に閾値以上の変形が生じる前に接触領域の拡大を開始してもよい。この場合、一方の基板のみが変形する場合は、基板211、213の一部同士が接触する前の状態もしくは基板211、213が位置合わせされた状態を基準として、その一方の基板に生じる変形量の大きさが、基板211、213の接続部間に適切な電気的接続や接合強度が得られないずれを発生する大きさにならないように、閾値が設定される。一方、基板211、213の両方が変形する場合は、変形量の差が、基板211、213の接続部間に適切な電気的接続や接合強度が得られないずれを発生する大きさにならないように、閾値が設定される。

【0148】

以上、実施の形態を説明したが、本発明の技術的範囲は上記実施の形態に記載の範囲には限定されない。上記実施の形態に、多様な変更または改良を加えることが可能であることが当業者に明らかである。その様な変更または改良を加えた形態も本発明の技術的範囲に含まれ得ることが、請求の範囲の記載から明らかである。

【0149】

請求の範囲、明細書、および図面中において示した装置、システム、プログラム、および方法における動作、手順、ステップ、および段階等の各処理の実行順序は、特段「より前に」、「先立って」等と明示しておらず、また、前の処理の出力を後の処理で用いるのでない限り、任意の順序で実現しうることに留意すべきである。請求の範囲、明細書、および図面中の動作フローに関して、便宜上「まず」、「次に、」等を用いて説明したとしても、この順で実施することが必須であることを意味するものではない。

【符号の説明】

【0150】

100 基板貼り合わせ装置、110 筐体、120、130 基板カセット、140 搬送部、150 制御部、210、211、213 基板、212 スクライプライン、214 ノッチ、216 回路領域、218 アライメントマーク、219 起点、220、221、223 基板ホルダ、222、224 保持面、225 通気孔、230 貼り合わせ基板、231 領域、300 貼り合わせ部、301 床面、310 枠体、312 底板、314 支柱、316 天板、322 上ステージ、324、334 顕微鏡、326、336 活性化装置、331 X方向駆動部、332 下ステージ、333 Y方向駆動部、338 昇降駆動部、339 ヒータ、500 プリアライナ

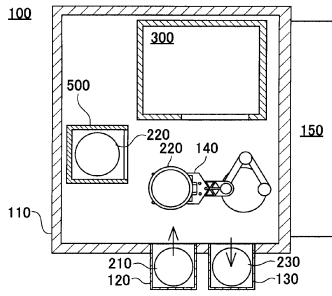
10

20

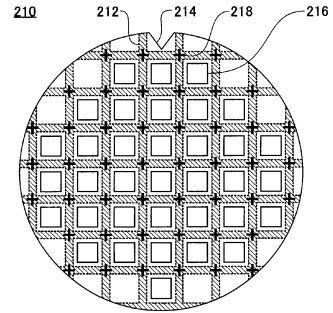
30

40

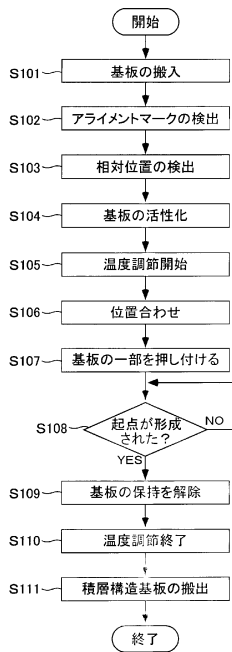
【図1】



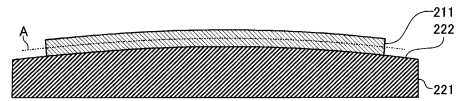
【図2】



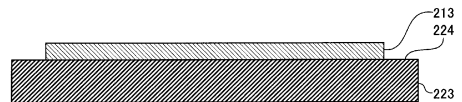
【図3】



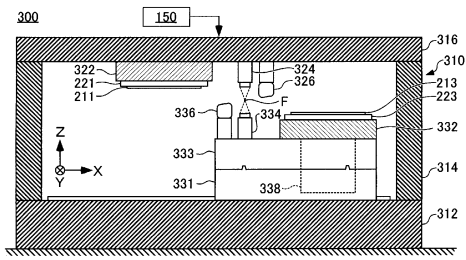
【図4】



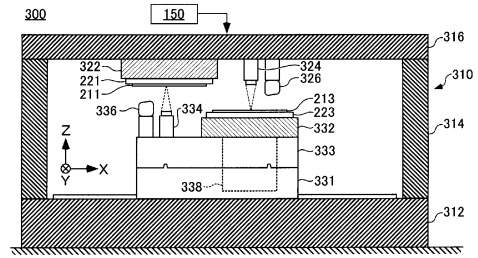
【図5】



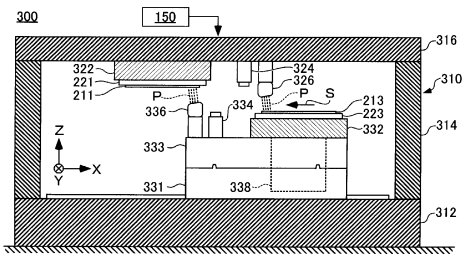
【図 6】



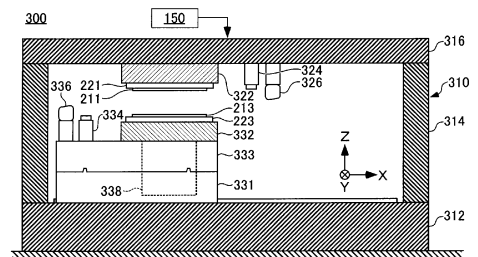
【図 7】



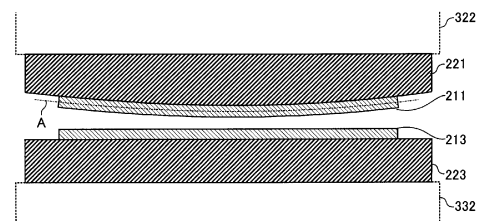
【図 8】



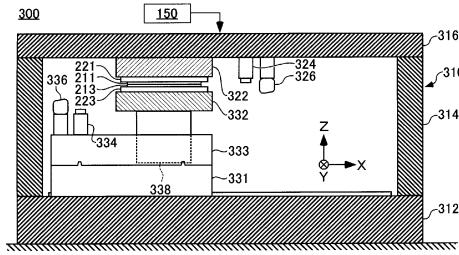
【図 9】



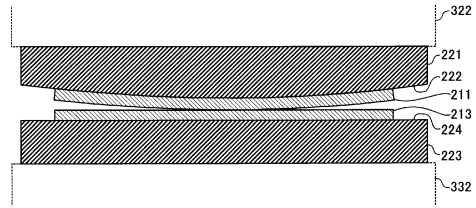
【図 10】



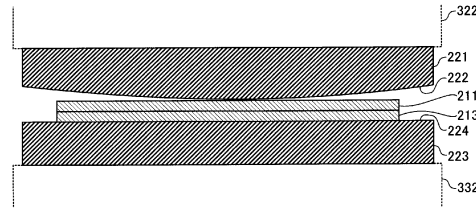
【図11】



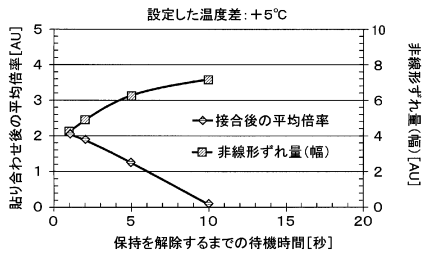
【図12】



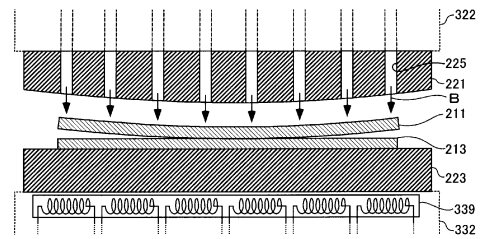
【図13】



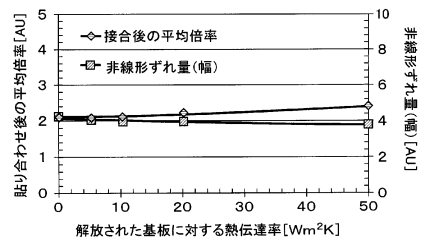
【図14】



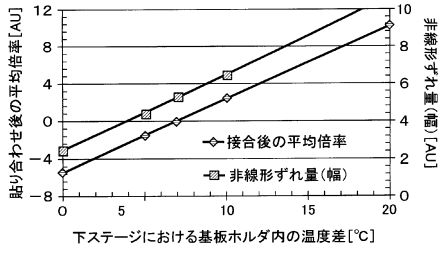
【図15】



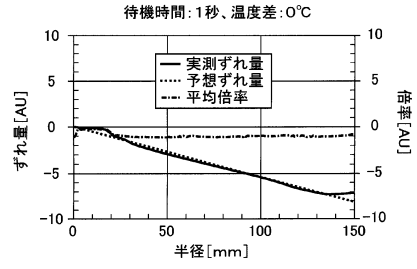
【図16】



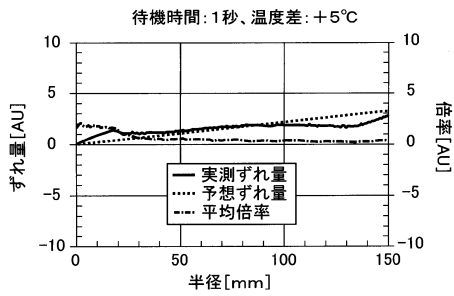
【図 17】



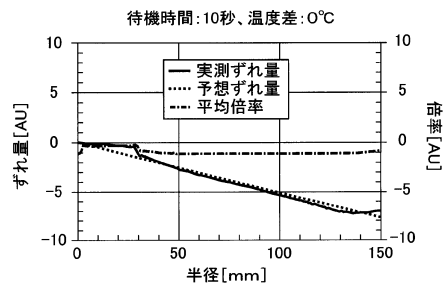
【図 18】



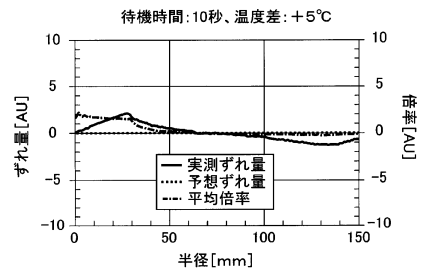
【図 19】



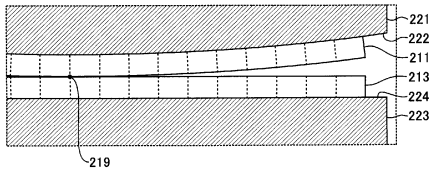
【図 20】



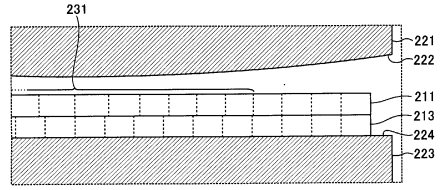
【図 21】



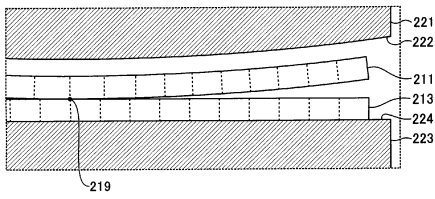
【 2 2 】



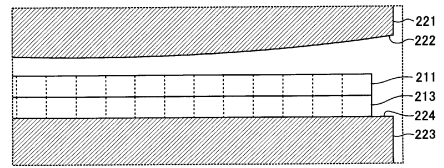
【 2 4 】



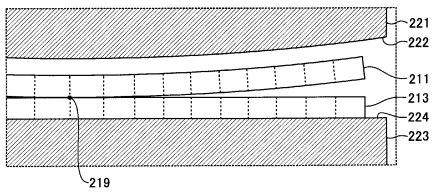
【 2 3 】



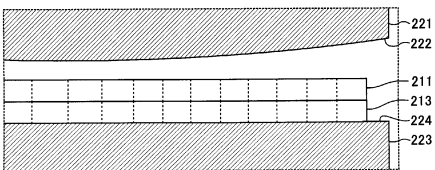
【 2 5 】



【 2 6 】



【 2 7 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2013-008921(JP,A)
特開2015-142117(JP,A)
特開2015-149339(JP,A)
国際公開第2014/064944(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

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