

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第6492528号
(P6492528)

(45) 発行日 平成31年4月3日 (2019.4.3)

(24) 登録日 平成31年3月15日 (2019.3.15)

(51) Int.Cl.

F I

HO 1 L 21/02 (2006.01)

HO 1 L 21/677 (2006.01)

HO 1 L 21/683 (2006.01)

HO 1 L 21/02 B

HO 1 L 21/68 A

HO 1 L 21/68 R

請求項の数 18 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2014-216510 (P2014-216510)	(73) 特許権者	000004112
(22) 出願日	平成26年10月23日 (2014.10.23)		株式会社ニコン
(65) 公開番号	特開2016-86037 (P2016-86037A)		東京都港区港南二丁目15番3号
(43) 公開日	平成28年5月19日 (2016.5.19)	(74) 代理人	110000877
審査請求日	平成29年10月6日 (2017.10.6)		龍華国際特許業務法人
		(72) 発明者	菅谷 功
			東京都千代田区有楽町一丁目12番1号
			株式会社ニコン内
		審査官	堀江 義隆

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 加熱装置、基板接合装置、加熱方法および積層半導体装置の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

位置合わせされた第1の基板および第2の基板の少なくとも一方を加熱する加熱部と、
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熱変形による前記第1の基板
および前記第2の基板間の位置ずれが閾値を超えないように、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度を制御する制御部と、
を備え、

前記加熱部は、前記第1の基板を加熱する第1の加熱部と、前記第2の基板を加熱する
第2の加熱部とを備え、前記制御部は、前記第1の加熱部と前記第1の基板との第1の間
隔、および、前記第2の加熱部と前記第2の基板との第2の間隔を変化させる加熱装置。

10

【請求項 2】

前記制御部は、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に対する加熱を
抑制することにより前記温度を制御する請求項1に記載の加熱装置。

【請求項 3】

前記制御部は、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に対する加熱を
促進することにより前記温度を制御する請求項1または2に記載の加熱装置。

【請求項 4】

前記制御部は、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を支持して、前
記一方の基板と前記加熱部との間隔を変化させる支持部材を有する請求項1から3のいず
れか1項に記載の加熱装置。

20

【請求項 5】

前記支持部材は、前記加熱部に対して相対的に変位する請求項 4 に記載の加熱装置。

【請求項 6】

前記支持部材は、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を保持する基板ホルダに対して、前記一方の基板の外縁よりも外側において当接して、前記一方の基板を支持する請求項 4 または 5 に記載の加熱装置。

【請求項 7】

前記制御部は、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を前記加熱装置に搬入し、且つ、前記一方の基板と前記加熱部との間隔を変化させる搬送ロボットを含む請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載の加熱装置。

10

【請求項 8】

前記制御部は、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を吸着する吸着部を含む請求項 1 から 7 までのいずれか一項に記載の加熱装置。

【請求項 9】

前記吸着部は、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を保持する基板ホルダに配され、静電力により前記一方の基板を前記基板ホルダに吸着する静電チャックを含む請求項 8 に記載の加熱装置。

【請求項 10】

前記制御部は、前記加熱部の温度を変化させることにより前記第 1 の基板および前記第 2 の基板の少なくとも一方の温度を制御する請求項 1 から 9 までのいずれか一項に記載の加熱装置。

20

【請求項 11】

前記加熱部は、前記第 1 の基板を加熱する第 1 の加熱部と、前記第 2 の基板を加熱する第 2 の加熱部とを有し、

前記制御部は、前記第 1 の基板に対する前記第 1 の加熱部の間隔と、前記第 2 の基板に対する前記第 2 の加熱部の間隔とを等しく保つ請求項 1 から請求項 10 までのいずれか一項に記載の加熱装置。

【請求項 12】

重ね合わされた第 1 の基板および第 2 の基板の少なくとも一方を加熱する加熱部と、

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熱変形による前記第 1 の基板および前記第 2 の基板間の位置ずれが閾値を超える前に、前記閾値を超える位置ずれを防止する加圧力で、前記第 1 の基板および前記第 2 の基板を加圧する加圧部と、
を備える加熱装置。

30

【請求項 13】

重ね合わされた前記第 1 の基板および前記第 2 の基板を加圧する加圧部を備え、

前記加熱部は、前記加圧部が前記第 1 の基板および前記第 2 の基板を加圧した後も、前記第 1 の基板および前記第 2 の基板の加熱を継続する請求項 12 に記載の加熱装置。

【請求項 14】

第 1 の基板および第 2 の基板を相互に位置合わせする位置合わせ装置と、

請求項 1 から 13 までのいずれか一項に記載された加熱装置と、

前記第 1 の基板および前記第 2 の基板を前記位置合わせ装置から搬出して前記加熱装置に搬入する搬送ロボットと
を備える基板接合装置。

40

【請求項 15】

位置合わせされた第 1 の基板および第 2 の基板のうち、前記第 1 の基板を第 1 の加熱部で加熱し、前記第 2 の基板を第 2 の加熱部で加熱する加熱段階と、

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熱変形による前記第 1 の基板および前記第 2 の基板間の位置ずれが閾値を超えないように、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度を制御する制御段階と、
を備え、

50

前記制御段階は、前記第 1 の加熱部と前記第 1 の基板との第 1 の間隔、および、前記第 2 の加熱部と前記第 2 の基板との第 2 の間隔を変化させる加熱方法。

【請求項 1 6】

重ね合わされた第 1 の基板および第 2 の基板の少なくとも一方を加熱する加熱段階と、
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熱変形による前記第 1 の基板
および前記第 2 の基板間の位置ずれが閾値を超える前に、前記閾値を超える位置ずれを防止する加圧力で、前記第 1 の基板および前記第 2 の基板を加圧する加圧段階と、
を備える加熱方法。

【請求項 1 7】

第 1 の基板および第 2 の基板を位置合わせする位置合わせ段階と、
位置合わせされた前記第 1 の基板および前記第 2 の基板のうち、前記第 1 の基板を第 1 の加熱部で加熱し、前記第 2 の基板を第 2 の加熱部で加熱する加熱段階と、
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熱変形による前記第 1 の基板
および前記第 2 の基板の位置ずれが閾値を超えないように、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度を制御する制御段階と、
を備え、
前記制御段階は、前記第 1 の加熱部と前記第 1 の基板との第 1 の間隔、および、前記第 2 の加熱部と前記第 2 の基板との第 2 の間隔を変化させる積層半導体装置の製造方法。

【請求項 1 8】

重ね合わされた第 1 の基板および第 2 の基板を位置合わせする位置合わせ段階と、
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を加熱する加熱段階と、
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熱変形による前記第 1 の基板
および前記第 2 の基板間の位置ずれが閾値を超える前に、前記閾値を超える位置ずれを防止する加圧力で、前記第 1 の基板および前記第 2 の基板を加圧する加圧段階と、
を備える積層半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、加熱装置、基板接合装置、加熱方法および積層半導体装置の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

複数の基板を積層して加熱することにより積層構造の基板を製造する加熱加圧装置がある（例えば、特許文献 1 参照）。

特許文献 1 特開 2008 - 282857 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

加熱装置において生じる基板相互の位置ずれにより積層基板の製造歩留りが低下する場合がある。

【課題を解決するための手段】

【0004】

本発明の第 1 態様によると、第 1 の基板および第 2 の基板の少なくとも一方を加熱する加熱部と、位置合わせした第 1 の基板および第 2 の基板の位置関係を維持すべく、第 1 の基板および第 2 の基板の少なくとも一方の温度を制御する制御部とを備える加熱装置が提供される。

【0005】

本発明の第 2 態様によると、第 1 の基板および第 2 の基板の少なくとも一方を加熱する加熱部と、第 1 の基板および第 2 の基板の少なくとも一方における熱膨張による、第 1 の基板および第 2 の基板の相互の位置ずれが予め定めた閾値を超える前に、第 1 の基板上記

10

20

30

40

50

の加熱装置のいずれかと、第１の基板および第２の基板を位置合わせ装置から搬出して加熱装置に搬入する搬送ロボットとを備える基板接合装置が提供される。

【０００６】

本発明の第３態様によると、第１の基板および第２の基板を相互に位置合わせする位置合わせ装置と、上記のいずれかの加熱装置と、第１の基板および第２の基板を位置合わせ装置から搬出して加熱装置に搬入する搬送ロボットとを備える基板接合装置が提供される。

【０００７】

本発明の第４態様によると、第１の基板および第２の基板の少なくとも一方を加熱する加熱段階と、位置合わせした第１の基板および第２の基板の位置関係を維持すべく、第１の基板および第２の基板の少なくとも一方の温度を制御する制御段階とを備える加熱方法が提供される。

10

【０００８】

本発明の第５態様によると、第１の基板および第２の基板の少なくとも一方を加熱する加熱段階と、第１の基板および第２の基板の少なくとも一方の熱変形によって生じる第１の基板および第２の基板の相互の位置ずれが予め定めた条件を満たす前に、第１の基板および第２の基板の所定の位置関係を維持する加圧力で、互いに重ね合わされた第１の基板および第２の基板を加圧する加圧段階とを備える加熱方法が提供される。

【０００９】

本発明の第６態様によると、第１の基板および第２の基板を位置合わせする位置合わせ段階と、第１の基板および第２の基板の少なくとも一方を加熱する加熱段階と、位置合わせした第１の基板および第２の基板の位置関係を維持すべく、第１の基板および第２の基板の少なくとも一方の温度を制御する制御段階とを備える積層半導体装置の製造方法が提供される。

20

【００１０】

本発明の第７態様によると、第１の基板および第２の基板を位置合わせする位置合わせ段階と、第１の基板および第２の基板の少なくとも一方を加熱する加熱段階と、第１の基板および第２の基板の少なくとも一方の熱膨張による相互の位置ずれが予め定めた閾値を超える前に、第１の基板および第２の基板の位置ずれを防止する加圧力で、互いに重ね合わされた第１の基板および第２の基板を加圧する加圧段階とを備える積層半導体装置の製造方法が提供される。

30

【００１１】

上記の発明の概要は、本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また、発明となり得る。

【図面の簡単な説明】

【００１２】

【図１】基板接合装置１００の模式的平面図である。

【図２】基板ホルダ２０１の斜視図である。

【図３】基板ホルダ２０２の斜視図である。

【図４】積層体１０２の模式的断面図である。

40

【図５】加熱装置３００の模式的断面図である。

【図６】加熱装置３００の模式的断面図である。

【図７】加熱装置３００の模式的断面図である。

【図８】加熱装置３００の模式的断面図である。

【図９】加熱装置３００の模式的断面図である。

【図１０】加熱装置３００の模式的断面図である。

【図１１】加熱装置３００の模式的断面図である。

【図１２】加熱装置３００の模式的断面図である。

【図１３】積層基板１０３の模式的断面図である。

【図１４】積層体１０２の温度変化を模式的に示すグラフである。

50

【図 15】ヒータプレート 332、362 の温度変化を模式的に示すグラフである。

【図 16】加熱装置 301 の模式的断面図である。

【図 17】加熱装置 302 の模式的断面図である。

【図 18】加熱装置 302 の模式的断面図である。

【図 19】加熱装置 302 の模式的断面図である。

【図 20】積層体 102 の温度変化を模式的に示すグラフである。

【図 21】積層体 102 の温度変化を模式的に示すグラフである。

【図 22】加熱装置 303 の模式的断面図である。

【図 23】加熱装置 304 の模式的断面図である。

【図 24】加熱装置 305 の模式的断面図である。

10

【発明を実施するための形態】

【0013】

発明の実施の形態を通じて本発明を説明する。下記の実施形態は特許請求の範囲に係る発明を限定しない。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。

【0014】

図 1 は、基板接合装置 100 の模式的平面図である。基板接合装置 100 は、筐体 110 と、筐体 110 の外面に配された基板カセット 120、130 および制御部 170 と、筐体 110 の内部に配された搬送ロボット 140、アライナ 150 および加熱装置 300 とを備える。

20

【0015】

一方の基板カセット 120 は、貼り合わせに供する基板 101 を格納する。基板 101 は、シリコンウエハ、化合物半導体ウエハ等の半導体基板の他、ガラス基板、サファイア基板等の誘電体基板であってもよい。また、基板 101 は、素子、回路、端子等が形成されたものであってもよい。更に、基板 101 として、それ自体が既に基板 101 を積層して接合された積層基板であってもよい。

【0016】

他方の基板カセット 130 は、基板接合装置 100 において基板 101 を貼り合わせて作製した積層基板 103 を格納する。基板カセット 120、130 は、筐体 110 に対して個別に着脱できる。よって、基板カセット 120 を用いることにより、複数の基板 101 を基板接合装置 100 に対して一括して搬入できる。また、基板カセット 130 を用いることにより、複数の積層基板 103 を基板接合装置 100 から一括して搬出できる。

30

【0017】

搬送ロボット 140 は、筐体 110 の内部において、基板 101 を、基板カセット 120 からアライナ 150 に搬送する。また、搬送ロボット 140 は、アライナ 150 にて基板 101 を重ね合わせて形成された積層体 102 を加熱装置 300 に搬送する。更に、搬送ロボット 140 は、加熱装置 300 において基板 101 を接合して形成された積層基板 103 を、加熱装置 300 から基板カセット 130 に搬送する。

【0018】

アライナ 150 は、それぞれが基板 101 を保持する一対のステージを有する。一対のステージの各々に基板 101 を保持させた状態でステージを相対的に移動させることにより、一対の基板 101 を相互に位置合わせする。更に、位置合わせされた基板 101 を相互に重ね合わせて、基板 101 の積層体を形成する。なお、基板接合装置 100 において、少なくともアライナ 150 の内部は、室温に近い温度に温度管理される。これにより、アライナ 150 における基板 101 位置合わせの精度が維持される。

40

【0019】

加熱装置 300 は、断熱容器 310 の内部に形成され、制御部 170 の制御の下に、搬入された基板 101 または基板 101 を含む積層体を加熱する。断熱容器 310 は、シャッタ 320 により開閉される開口を有する。これにより、加熱装置 300 が発生する熱を遮断して、アライナ 150 の位置合わせ精度が低下することを防止する。なお、加熱装置

50

300は、搬入された基板101または基板101を含む積層体を加熱しつつ加圧する加熱加圧装置であってもよい。また、シャッタ320を閉じた断熱容器310の内部は、基板101の熱酸化等を防止する目的で脱気して、真空環境下で基板101を加熱および加圧してもよい。

【0020】

基板101は薄く脆いので、基板接合装置100の内部においては、より高い強度を有する基板ホルダ200に吸着させた状態で基板101を取り扱ってもよい。基板ホルダ200に保持させた状態で基板101を取り扱う場合は、アライナ150において位置合わせ後に形成される積層体が、重ね合わされた基板101を挟む基板ホルダ200を含んでもよい。積層体が基板ホルダ200を含む場合、加熱装置300においては、基板101と共に基板ホルダ200も加熱される。また、加熱装置300において基板101を含む積層体102が加圧される場合は、基板ホルダ200も加圧される。

10

【0021】

図2は、接合する1対の基板101のうちの一方を保持する基板ホルダ201の斜視図である。図中において、基板ホルダ201は、基板101を保持する保持面212を図中下方に向けた状態で、斜め下方から見上げた状態で示される。基板ホルダ201は、保持部210、枠部220および連結部230を有する。

【0022】

保持部210は、保持面212、埋設電極214および結合部216を有し、AlNセラミックス等の硬質な材料で一体的に形成される。保持面212は、全体として略円盤状の保持部210において、図中下面に配される。保持面212は、高精度に平坦に成形され、基板101よりも一回り大きな円形をなす。

20

【0023】

1対の埋設電極214は、保持面212全体を略2つに分配して配置され、互いに絶縁された状態で保持部210の内部に埋設されて、保持部210に静電チャックを形成する。埋設電極214に吸着電圧が印加された場合、絶縁性を有する保持面212に、基板101が静電力により吸着される。

【0024】

なお、埋設電極214を含む静電チャックにより発生した静電力は、保持部210の表裏に作用する。よって、埋設電極に吸着電圧が印加された場合、保持面212に対して裏面になる保持部210の図中上面においても静電力が作用する。

30

【0025】

結合部216は、保持面212の径方向について周縁部から突出して、保持面212の外周に複数箇所配される。結合部216は、保持部210と一体的に形成され、後述する枠部220を保持部210に対して固定する場合にブラケットとして用いられる。

【0026】

外部電極228は、フランジ部222の一部において、保持面212と同じ側に複数配される。外部電極228の各々は、埋設電極214のいずれかに電氣的に結合される。これにより、外部電極228を通じて、埋設電極214に対して、基板ホルダ201の外部から吸着電圧を印加できる。

40

【0027】

上記のような基板ホルダ201は、半導体ウエハ等の基板101を保持部210の保持面212に載せた状態で、外部電極228を通じて埋設電極214に吸着電圧を印加することにより、基板101を保持面212に吸着させる。これにより、薄くて脆い基板101を、剛性および強度の高い基板ホルダ201と一体的に安全に取り扱うことができる。

【0028】

図3は、接合する1対の基板101の他方を保持する基板ホルダ202の斜視図である。既に説明した基板ホルダ201と共通の要素には、同じ参照番号を付して重複する説明を省く。

【0029】

50

基板ホルダ 202 は、基板 101 を保持する保持面 212 を図中上方に向けた状態で、斜め上方から見降ろした状態で示される。基板ホルダ 202 は、保持部 210、枠部 220 および連結部 230 を有する。基板ホルダ 202 において、保持部 210 は、基板ホルダ 201 の保持部 210 と同じ構造を有し、保持面 212、埋設電極 214 および結合部 216 を有する。

【0030】

保持部 210 は、保持面 212 が、図中上面に配されていることを除いて、基板ホルダ 201 の保持部 210 と同じ構造を有する。よって、埋設電極 214 に吸着電圧が印加された場合に、静電力により基板 101 を保持面 212 にできる。また、基板ホルダ 202 においても、埋設電極に吸着電圧が印加された場合、保持面 212 に対して裏面になる保持部 210 の図中下面においても静電力が作用する。

10

【0031】

基板ホルダ 202 において、外部電極 228 は、フランジ部 222 の一部において、保持面 212 と反対側に複数配される。外部電極 228 の各々は、埋設電極 214 のいずれかに電氣的に結合される。これにより、外部電極 228 を通じて、埋設電極 214 に対して、基板ホルダ 201 の外部から吸着電圧を印加できる。

【0032】

上記のような基板ホルダ 202 は、半導体ウエハ等の基板 101 を保持部 210 の保持面 212 に載せた状態で、外部電極 228 を通じて埋設電極 214 に吸着電圧を印加することにより、基板 101 を保持面 212 に吸着させる。これにより、薄くて脆い基板 101 を、剛性および強度の高い基板ホルダ 201 と一体的に安全に取り扱うことができる。

20

【0033】

図 4 は、積層体 102 の模式的断面図である。積層体 102 は、それぞれが基板ホルダ 201、202 に保持された一对の基板 101 を、基板接合装置 100 のアライナ 150 により位置合わせして重ね合わせることににより形成される。積層体 102 においては、一对の基板ホルダ 201、202 が、吸着部 234 および被吸着部 236 により相互に吸着され、アライナ 150 において基板 101 が位置合わせされた状態を維持している。

【0034】

ただし、アライナ 150 から搬出された段階の積層体 102 において、一对の基板 101 はただ重ね合わされているに過ぎず、相互に接合していないか、一部または全体が弱力で接合している。基板接合装置 100 の加熱装置 300 において積層体 102 が加熱加圧されると、一对の基板 101 が相互に接合されて一体的な積層基板 103 となる。

30

【0035】

換言するならば、基板接合装置 100 においては、アライナ 150 において位置合わせされた一对の基板 101 の位置関係が、加熱装置 300 において接合されるまでの間にずれてしまう場合がある。そのような基板 101 の位置ずれを生じる原因のひとつに、基板 101 相互の熱膨張量の相違がある。

【0036】

即ち、加熱装置 300 に搬入された積層体 102 は、ヒータプレート 332、362 の少なくとも一方により、厚さ方向外側から加熱される。このため、積層体 102 における図中下側の基板 101 は、図中下側のヒータプレート 332 による加熱の影響を、他方の基板 101 よりも先に受ける。また、積層体 102 における図中上側の基板 101 は、図中上側のヒータプレート 362 による加熱の影響を、他の基板よりも先に受ける。

40

【0037】

このため、積層体 102 を形成する一对の基板 101 間に温度差が生じて、一对の基板 101 の熱膨張係数が同等である場合には、一对の基板 101 の面方向および厚さ方向の熱変形量に相違が生じる。ここで、面方向の熱変形には、基板 101 の面方向に沿った熱膨張及び熱収縮による変形が含まれる。また、厚さ方向の熱変形には、基板 101 の厚さ方向に沿った熱膨張および熱収縮による変形、および、基板 101 の撓み変形が含まれる。

50

【 0 0 3 8 】

このため、アライナ 1 5 0 において位置合わせされた基板 1 0 1 の面方向の位置関係および厚さ方向の位置関係の少なくとも一方が、加熱装置 3 0 0 における加熱によりずれてしまう場合がある。また、一对の基板 1 0 1 の熱膨張係数が同等でない場合は、温度差が生じていなくても、一对の基板 1 0 1 の熱変形量に相違が生じ、一对の基板 1 0 1 の面方向および厚さ方向の少なくとも一方の位置関係にずれが生じる。

【 0 0 3 9 】

アライナ 1 5 0 で位置合わせされた一对の基板 1 0 1 の位置関係がずれると、一对の基板 1 0 1 のそれぞれに対応して設けられた電極または端子同士の位置関係が維持されずに変化する。また、一对の基板 1 0 1 の熱変形量の相違により、例えば撮像素子の一方の基板に設けられたレンズおよび他方の基板に設けられたフォトダイオードのように位置関係が予め決まっている構造物同士の位置関係が維持されずに変化する。

10

【 0 0 4 0 】

一对の基板 1 0 1 の熱変形量の差が所定の閾値を超えることにより、位置合わせされた一对の基板 1 0 1 の位置関係が維持されない場合、すなわち、アライナ 1 5 0 で位置合わせされて接触した一对の基板 1 0 1 の電極または端子同士の接触量が所定の大きさ以下になった場合もしくは接触せずに離間した場合、アライナ 1 5 0 で位置合わせされて少なくとも一部が互いに対向した電極または端子同士が部分的にも対向せずに位置ずれした場合、一对の基板 1 0 1 の電極または端子同士がその後の加圧工程での加圧による接触しない程基板 1 0 1 が厚さ方向に変形した場合、および、レンズから出た光がフォトダイオードに入射しない場合、接合された一对の基板 1 0 1 により形成される積層半導体装置に所望の機能が確保されず歩留りが低下する。

20

【 0 0 4 1 】

なお、基板 1 0 1 を加圧する前の加熱に時間をかけることにより、一对の基板 1 0 1 間の温度を均衡させることもできるが、その場合は、加熱に要する時間が増加した分、基板接合装置 1 0 0 のスループットが低下する。尚、前記した一对の基板 1 0 1 の電極または端子同士の接触量は、電極または端子の端面の大きさ、および、アライナ 1 5 0 の位置合わせ精度または基板接合装置 1 0 0 の接合精度に基づいて決定される。

【 0 0 4 2 】

よって、加熱装置 3 0 0 において基板 1 0 1 を接合する場合には、加圧等により最終的に接合する一对の基板 1 0 1 の熱変形量の差が所定の値よりも小さくなっていることが好ましい。逆に、一对の基板 1 0 1 の熱変形量の差によって一对の基板 1 0 1 にずれが生じて、その大きさが、一对の基板 1 0 1 の電極同士が離間せずに接触する範囲内であったり、電極同士が互いに部分的に対向する範囲内であったりすれば、一对の基板 1 0 1 の熱変形量に差が生じてよい。なお、積層体 1 0 2 を加圧する圧力がある程度上昇した後は、基板 1 0 1 の一方が膨張または収縮しても、基板 1 0 1 の一方が他方に対してずれることがなくなる。

30

【 0 0 4 3 】

また、最終的に基板 1 0 1 の温度が均等になる場合でも、熱変形による基板 1 0 の熱履歴が異なると、位置合わせにずれが生じる場合がある。よって、積層体 1 0 2 が加熱装置 3 0 0 に搬入されてから接合に至るまでの過程においても、基板 1 0 1 相互に生じる温度差が著しく大きくなることは避けることが好ましい。

40

【 0 0 4 4 】

なお、加熱装置 3 0 0 において処理される積層体 1 0 2 は、図示の構造に限られるわけではない。例えば、基板ホルダ 2 0 1、2 0 2 の間で、3 枚以上の基板 1 0 1 が重ね合わされている場合もある。また、基板ホルダ 2 0 1、2 0 2 の間で重ね合わされた基板 1 0 1 の一方または両方が、既に複数の基板を積層して製造された積層基板 1 0 3 である場合もある。更に、基板ホルダ 2 0 1、2 0 2 が取り除かれて、基板 1 0 1 が重ね合わされた状態で加熱加圧される場合もある。

【 0 0 4 5 】

50

図 5 および図 6 は、加熱装置 300 単独の模式的断面図である。図 5 は、図 6 に符号 B で示す、シャッタ 320 により開閉される搬入口 312 を有する側壁を切った断面を示す。図 6 は、図 5 に符号 A で示す、搬入口 312 を有していない側壁を切った断面を示す。

【0046】

加熱装置 300 は、断熱容器 310 の内面に形成された仮置台 314 と、断熱容器 310 の内部に配された下ステージ 330 および上ステージ 360 とを有する。仮置台 314 は、断熱容器 310 の側壁内面から、内側に向かって突出して形成される。

【0047】

仮置台 314 は、シャッタ 320 が開いた搬入口 312 を通じて搬送ロボット 140 により搬入された積層体 102 の下面と、略同じ高さの上面を有する。ただし、仮置台 314 の上面と、搬入口 312 の下辺との間には、搬送ロボット 140 を抜き取ることができる間隔が設けられている。これにより、搬送ロボット 140 は、搬入した積層体 102 を仮置台 314 に置いて、断熱容器 310 から退出できる。

【0048】

加熱装置 300 において、上ステージ 360 は、上部を断熱容器 310 の天井面に対して固定される。また、上ステージ 360 の下面には、ヒータプレート 362 が配される。ヒータプレート 362 は、外部から電力を供給された場合に発熱する。なお、ヒータプレート 362 の下面は、搬入口 312 よりも高い位置に配される。

【0049】

加熱装置 300 において、下ステージ 330 は、アクチュエータ 340 を介して、断熱容器 310 の底面に配される。また、下ステージ 330 の上面には、ヒータプレート 362 が配される。ヒータプレート 362 は、外部から電力を供給された場合に発熱する。

【0050】

アクチュエータ 340 の作動により、ヒータプレート 362 上面が仮置台 314 の上面よりも低くなる位置に下ステージ 330 およびヒータプレート 332 が下降する。また、アクチュエータ 340 の作動により、下ステージ 330 上のヒータプレート 362 と、上ステージ 360 のヒータプレート 362 との間で、積層体 102 を加圧できる高さまで、下ステージ 330 およびヒータプレート 332 が上昇する。

【0051】

また、下ステージ 330 は、下ステージ 330 の側面に沿って、下ステージ 330 に対して昇降可能な支持部材として、複数のプッシュアップピン 350 を有する。プッシュアップピン 350 は、下ステージ 330 およびヒータプレート 332 の周囲に沿って 3 本以上配される。

【0052】

下ステージ 330 が所定の位置に下降した場合、プッシュアップピン 350 の上端は、仮置台 314 に設けられた貫通孔の内部で、仮置台 314 の上面よりも低い位置にある。アクチュエータ 340 が動作して下ステージ 330 が上昇する場合は、プッシュアップピン 350 も、下ステージ 330 と共に上昇する。

【0053】

また、プッシュアップピン 350 の各々は、ばね 352 により図中上方に向かって付勢されつつ、ヒータプレート 332 に対して相対的に変位するように設けられている。ばね 352 の付勢力は、積層体 102 の重量に抗して伸びた状態を維持する大きさを有するが、アクチュエータ 340 の駆動により積層体 102 が上ステージ 360 に押し付けられた場合は、下ステージ 330 のさらなる上昇に伴って上ステージ 360 から受ける力により縮む程度に小さい。

【0054】

図 7 は、基板接合装置 100 において動作する加熱装置 300 の模式的断面図である。同図は、図 5 と同じ断面により示される。

【0055】

図示のように、アライナ 150 において形成された積層体 102 は、搬送ロボット 14

10

20

30

40

50

0により、シャッタ320が開いた搬入口312から、加熱装置300に搬入される。搬送ロボット140は、仮置台314よりも高い位置で積層体102を搬入する。

【0056】

なお、積層体102を搬入する段階で、上下のヒータプレート332、362が既に昇温している場合は、積層体102が加熱装置300の内部に進入した時点から、積層体102の加熱が始まる。ここで、下側のヒータプレート332によって加熱された下側の基板101の温度と、上側のヒータプレート362によって加熱された上側の基板101の温度とが相違すると、積層体102に厚さ方向の温度分布が生じて、積層体102において重ね合わされた一对の基板101の熱変形量にも差異が生じる場合がある。

【0057】

重ね合わされた基板101相互の熱膨張量の差が、基板101の摩擦係数等に応じて決まる臨界値を超えると、重ね合わされた基板101に位置ずれが生じる場合がある。ヒータプレート332、362と積層体102との間隔に応じた輻射熱による加熱温度の相違も、熱変形量に差異が生じる要因のひとつなので、一对の基板101の熱膨張係数が同等の場合は、加熱装置300に積層体102を搬入するときに、上下のヒータプレート332、362から積層体102までの間隔が等しくなる位置に進入させることが好ましい。

【0058】

ただし、例えば、搬入される積層体102の下面の一部は、搬送ロボット140のフィンガにより覆われているので、上下のヒータプレート332、362から積層体102までの間隔が等しかったとしても、下側のヒータプレート332から積層体102の図中下面に届く輻射熱は、上側のヒータプレート362から積層体102の図中上面に届く輻射熱よりも少なくなる。よって、上下の輻射加熱の差を補償する目的で、積層体102を搬入する位置を、下側のヒータプレート362に近づける等の補正をしてもよい。

【0059】

図8は、加熱装置300の模式的断面図であり、図7に示した段階の次の段階を示す。同図は、図6と同じ断面により示される。

【0060】

図示のように、搬送ロボット140は、仮置台314に積層体102を置いて加熱装置300から退出する。これにより、基板接合装置100の制御部170は、シャッタ320により搬入口312を閉じる、加熱装置300の外部に対する熱の漏洩を防止できる。

【0061】

図9は、加熱装置300の模式的断面図であり、図8に示した段階の次の段階を示す。同図は、図6と同じ断面により示される。

【0062】

図示の段階において、下ステージ330は、アクチュエータ340に駆動されて上昇し始める。プッシュアップピン350も下ステージ330と共に上昇し、やがて、積層体102の下面において、基板101の外縁よりも径方向の外側で基板ホルダ202の枠部220に当接して、積層体102を持ち上げる。このように、プッシュアップピン350は、積層体102の支持部材を形成する。これにより、積層体102は、上ステージ360に向かって上昇する。

【0063】

上記のような動作の過程で、下ステージ330のヒータプレート332と、積層体102の下面との距離 D_1 は徐々に短くなる。このため、上ステージ360のヒータプレート362と積層体102上面との間の距離 D_2 に対して、下ステージ330のヒータプレート332と積層体102下面との間の距離 D_1 の方が短くなる。その結果、上側のヒータプレート362の輻射熱による積層体102上面の加熱よりも、下ステージ330のヒータプレート332の輻射熱による積層体102下面の加熱の方が大きくなる。

【0064】

ただし、積層体102は、プッシュアップピン350により、下ステージ330から浮いている。このため、下側のヒータプレート332の輻射熱による積層体102下面の加

10

20

30

40

50

熱が抑制され、上下のヒータプレート 332、362 による加熱温度の差は限定的になる。このように、プッシュアップピン 350 は、積層体 102 に対する加熱を抑制する加熱抑制部を形成する。

【0065】

図 10 は、加熱装置 300 の模式的断面図であり、図 9 に示した段階の次の段階を示す。同図は、図 6 と同じ断面により示される。

【0066】

図示の段階において、下ステージ 330 は更に上昇している。このため、下側のヒータプレート 332 と、積層体 102 の下面との距離 D_1 よりも、上ステージ 360 のヒータプレート 362 下面と、積層体 102 の上面との距離 D_2 の方が短くなる。このため、図示の段階においては、上ステージ 360 のヒータプレート 362 の輻射熱によって加熱される積層体 102 上面の温度が、下ステージ 330 のヒータプレート 332 の輻射熱によって加熱される積層体 102 下面の温度より高くなる。

10

【0067】

図 11 は、加熱装置 300 の模式的断面図であり、図 10 に示した段階の次の段階を示す。同図は、図 6 と同じ断面により示される。

【0068】

図示の段階において、下ステージ 330 は更に上昇している。このため、積層体 102 の上面が、上ステージ 360 のヒータプレート 362 下面に当接している。これにより、上ステージ 360 のヒータプレート 362 下面による積層体 102 の加熱は、輻射熱から伝導熱に替わる。

20

【0069】

また、プッシュアップピン 350 は、ばね 352 により上方に向かって付勢されているので、積層体 102 は、上側のヒータプレート 362 に対して押し付けられる。これにより、上側のヒータプレート 362 による積層体 102 上面の加熱が促進され、積層体 102 上面の昇温速度が上昇する。このように、プッシュアップピン 350 およびばね 352 は、積層体 102 上面に対する加熱促進部としても作用する。

【0070】

図 12 は、加熱装置 300 の模式的断面図であり、図 11 に示した段階の次の段階を示す。同図は、図 6 と同じ断面により示される。

30

【0071】

図示の段階においては、ばね 352 の付勢力に抗して下ステージ 330 が上昇し、下ステージ 330 のヒータプレート 332 上面が、積層体 102 の下面の接している。よって、下ステージ 330 のヒータプレート 332 上面による積層体 102 の加熱も、輻射熱から伝導熱に切り替わる。これにより、積層体 102 の上面においても、下面においても、ヒータプレート 332、362 の加熱による積層体 102 の昇温速度は略等しくなる。

【0072】

続いて、アクチュエータ 340 を更に動作させて、下ステージ 330 および上ステージ 360 の間で、既に加熱されている積層体 102 を強く加圧する。更に、積層体 102 を加熱および加圧した状態を、予め定められた時間が経過するまで維持することにより、積層体 102 において重ね合わされていた一対の基板 101 は相互に接合される。

40

【0073】

図 13 は、積層基板 103 の模式的断面図である。上記のように、積層体 102 を加熱加圧することにより、当初は重ね合わされたただけであった一対の基板 101 は一体的な積層基板 103 となる。よって、加熱装置 300 から搬出した積層体 102 においては、一対の基板ホルダ 201、202 と積層基板 103 とを分離できる。基板接合装置 100 においては、積層体 102 から分離された積層基板 103 は、搬送ロボット 140 により基板カセット 130 に蓄積される。

【0074】

図 14 は、上記のような動作をする加熱装置 300 における積層体 102 の温度変化を

50

示すグラフである。図中には、積層体 102 における上側の基板ホルダ 201 上面の温度が実線で、下側の基板ホルダ 202 下面の温度が点線で示される。

【0075】

図示のように、積層体 102 が加熱装置 300 に搬入された当初の期間 X_1 は、図 9 を参照して説明した通り、積層体 102 下面とヒータプレート 332 の間隔 D_1 の方が積層体 102 上面とヒータプレート 362 の間隔 D_2 よりも短い。このため、一对の基板 101 の熱膨張係数が同等である場合は、期間 X_1 においては、下側の基板ホルダ 202 の温度上昇が早く、積層体 102 の下側の基板 101 の熱変形量が、上側の基板 101 の熱変形量よりも大きくなる。

【0076】

続く期間 X_2 には、下ステージ 330 が上昇するにつれて、図 10 を参照して説明した通り、積層体 102 上面がヒータプレート 362 に接近して、上側の基板ホルダ 201 の昇温速度が徐々に上昇する。このため、上側の基板ホルダ 201 の温度の上昇速度が徐々に高くなる。しかしながら、下側の基板ホルダ 202 の温度上昇が先行している。よって、期間 X_2 においても、積層体 102 の上側の基板 101 の熱変形量よりも下側の基板 101 の熱変形量が依然として大きい。

【0077】

しかしながら、図 11 に示したように、積層体 102 上面が上側のヒータプレート 362 に当接する直前の期間 X_3 には、上側の基板ホルダ 201 と上側のヒータプレート 362 との間隔 D_2 が、下側の基板ホルダ 202 と下側のヒータプレート 332 との間隔 D_1 よりも狭くなるように変化するので、上側の基板 101 の昇温速度が急速に上昇して、上側の基板 101 の熱変形量が急速に増加する。やがて、期間 X_3 後のタイミング T_1 には、下側の基板ホルダ 202 の温度と上側の基板ホルダ 201 の温度とが均衡すると共に、一对の基板 101 の熱変形量も等しくなる。

【0078】

よって、当該タイミング T_1 に、図 12 に示したように上下のヒータプレート 332、362 のいずれもが積層体 102 に当接すれば、以降の期間 X_4 においては、積層体 102 の内部で厚さ方向の熱変形量の差が所定の値を超えることなく、積層体 102 全体を加熱し、更に加圧を開始できる。これにより、積層体 102 を形成する一对の基板 101 相互の温度差に起因する位置ずれを防止して、アライナ 150 において高精度に位置合わせされた状態で積層基板 103 を形成できる。なお、積層体 102 の加圧を開始する前に、積層体 102 に熱が行き渡る時間もとることにより、積層体 102 全体の温度を略均一にして、熱変形量の相違を十分に解消できる。

【0079】

なお、積層体 102 が予め定められた目標温度まで加熱された後、更に、目標温度を維持したまま、予め定めた加熱加圧時間が経過する期間 X_5 にわたって積層体 102 を加圧することにより、一对の基板 101 が接合される。また、期間 X_5 が経過した後、積層基板 103 を含む積層体 102 を、予め定められた予備冷却温度まで冷却した後に、積層体 102 を加熱装置 300 から搬出してもよい。

【0080】

図 15 は、加熱装置 300 におけるヒータプレート 332、362 の温度変化を示すグラフである。なお、図中の「1 周期」とは、ひとつの積層体 102 を搬入してから搬出するまでの期間を示す。よって、図 15 は、積層体 102 を加熱加圧する処理を繰り返す場合の温度変化を示す。

【0081】

上記のように、加熱装置 300 においては、積層体 102 の上面と下面との温度の相違を、加熱抑制部および加熱促進部により補正する。このため、図示のように、加熱装置 300 において、ヒータプレート 332、362 の温度は、加熱加圧処理が終わった積層体 102 を冷却する期間と、積層体 102 が搬出された直後にヒータプレート 332、362 の表面が露出して放射熱が増加する期間とを除いて、ヒータプレート 332、362 の

10

20

30

40

50

温度を、加熱目標温度の付近に維持し続けることができる。よって、ヒータプレート 3 3 2、3 6 2 の加熱および冷却に要する時間を省き、積層基板 1 0 3 を継続的に製造する場合のスループットを向上させることができる。

【 0 0 8 2 】

なお、上記の例では、プッシュアップピン 3 5 0 を利用して加熱促進部および加熱抑制部を形成した。しかしながら、単一の加熱促進部および加熱抑制部では、積層体 1 0 2 の上面および下面の温度差を補正し切れない場合がある。このような場合は、更に、他の加熱抑制部または加熱促進部を併用して、温度差を高精度に補正してもよい。

【 0 0 8 3 】

こうして、アライナ 1 5 0 において位置合わせして重ね合わせた基板を、位置合わせ精度を廉価させることなく接合できる加熱装置 3 0 0 が提供される。このような加熱装置 3 0 0 を備えた基板接合装置 1 0 0 は、積層構造の半導体装置を製造する半導体装置製造として使用できる。

【 0 0 8 4 】

図 1 6 は、他の加熱装置 3 0 1 の模式的断面図である。図示の加熱装置 3 0 1 は、次に説明する点を除くと、加熱装置 3 0 0 と同じ構造を有し、搬入された積層体を加熱すると共に加圧することもできる。よって、共通の要素には同じ参照番号を付して重複する説明を省く。また、図 1 6 は、図 6 の加熱装置 3 0 0 と同じ断面によって示される。

【 0 0 8 5 】

図示の加熱装置 3 0 1 は、仮置台 3 1 4 を備えていない点で、加熱装置 3 0 0 と相違する。加熱装置 3 0 1 において、搬送ロボット 1 4 0 により搬入された積層体 1 0 2 は、仮置台 3 1 4 ではなく、プッシュアップピン 3 5 0 に受け渡される。これにより、仮置台 3 1 4 からプッシュアップピン 3 5 0 への受け渡しに要する時間を短縮し、積層体 1 0 2 の表裏に対して加熱が不均衡になる時間を短縮する加熱抑制部が形成される。

【 0 0 8 6 】

図 1 7 は、また他の加熱装置 3 0 2 の模式的断面図である。図示の加熱装置 3 0 2 は、次に説明する点を除くと、加熱装置 3 0 0 と同じ構造を有し、搬入された積層体を加熱すると共に加圧することもできる。よって、共通の要素には同じ参照番号を付して重複する説明を省く。また、図 1 7 は、図 6 の加熱装置 3 0 0 と同じ断面によって示される。

【 0 0 8 7 】

加熱装置 3 0 2 は、上ステージ 3 6 0 にプッシュダウンピン 3 5 1 が設けられている点で、加熱装置 3 0 0 と異なる構造を有する。また、加熱装置 3 0 2 は、加熱装置 3 0 1 と同様に、仮置台 3 1 4 が省かれている。

【 0 0 8 8 】

加熱装置 3 0 2 において、上ステージ 3 6 0 は、その側面に沿って、上ステージ 3 6 0 に対して昇降可能な複数のプッシュダウンピン 3 5 1 を有する。プッシュダウンピン 3 5 1 は、上ステージ 3 6 0 およびヒータプレート 3 6 2 の周囲に沿って 3 本以上配される。

【 0 0 8 9 】

また、プッシュダウンピン 3 5 1 の各々は、ばね 3 5 3 により、図中下方に向かって付勢されている。ばね 3 5 3 は、下ステージ 3 3 0 に設けられたプッシュアップピン 3 5 0 のばね 3 5 2 と略同じばね定数を有する。このような加熱装置 3 0 2 においては、搬入された積層体 1 0 2 は、加熱装置 3 0 1 と同様に、直接にプッシュアップピン 3 5 0 により支持される。

【 0 0 9 0 】

図 1 8 は、加熱装置 3 0 2 の模式的断面図であり、加熱装置 3 0 2 の動作を示す。図示の段階において、下ステージ 3 3 0 は、アクチュエータ 3 4 0 に駆動されて上昇し始める。プッシュアップピン 3 5 0 も下ステージ 3 3 0 と共に上昇する。これにより、積層体 1 0 2 の上面は、プッシュダウンピン 3 5 1 の下端に当接する。

【 0 0 9 1 】

既に説明した通り、下ステージ 3 3 0 に設けられたプッシュアップピン 3 5 0 は、積層

10

20

30

40

50

体 1 0 2 の下面に対する加熱抑制部を形成する。同様に、加熱装置 3 0 2 においては、上ステージ 3 6 0 に設けられたプッシュダウンピン 3 5 1 も、積層体 1 0 2 の上面に対する加熱抑制部を形成する。

【 0 0 9 2 】

ここで、プッシュアップピン 3 5 0 のばね 3 5 2 と、プッシュダウンピン 3 5 1 のばね 3 5 3 とは、等しいバネ定数を有するので、下ステージ 3 3 0 が更に上昇した場合に、プッシュアップピン 3 5 0 の縮み量と、プッシュダウンピン 3 5 1 の縮み量は等しい。よって、積層体 1 0 2 の下面とヒータプレート 3 3 2 の間隔 D_4 と、積層体 1 0 2 の上面とヒータプレート 3 6 2 の間隔 D_3 とは、常に等しく保たれる。よって、積層体 1 0 2 の加熱は、上面と下面で均衡する。このような加熱の均衡は、図 1 9 に示すように、積層体 1 0 2 が上下のヒータプレート 3 3 2、3 6 2 に当接するまで継続される。

10

【 0 0 9 3 】

図 2 0 は、上記のような動作をする加熱装置 3 0 0 における積層体 1 0 2 の温度変化を示すグラフである。図中には、積層体 1 0 2 における上側の基板ホルダ 2 0 1 上面の温度が実線で、下側の基板ホルダ 2 0 2 下面の温度が点線で示される。

【 0 0 9 4 】

図示のように、加熱装置 3 0 2 においては、積層体 1 0 2 がプッシュアップピン 3 5 0 およびプッシュダウンピン 3 5 1 に挟まれた後の期間 Y_3 、 Y_4 および Y_5 に、積層体 1 0 2 の上面および下面に対する加熱が等しくなる。よって、これらの期間 Y_3 、 Y_4 および Y_5 における基板 1 0 1 の熱変形量の差が所定の値を超えることはない。

20

【 0 0 9 5 】

しかしながら、積層体 1 0 2 が加熱装置 3 0 2 に搬入された直後の期間 Y_1 および期間 Y_2 に生じた、積層体 1 0 2 の上面および下面の温度の相違に起因する基板 1 0 1 相互の熱変形量の相違は、最終的に積層体 1 0 2 の温度が定常状態になるまで持ち越される。ただし、熱変形量に相違が生じる期間 Y_1 、 Y_2 が短いので、基板ホルダ 2 0 1、2 0 2 の温度上昇が定常状態になった直後の短い期間 Y_6 に熱変形量の相違は解消される。なお、積層体 1 0 2 の加圧を開始する前に、積層体 1 0 2 に熱が行き渡る時間もとることにより、積層体 1 0 2 全体の温度を略均一にして、熱変形量の相違を十分に解消できる。

【 0 0 9 6 】

図 2 1 は、加熱装置 3 0 2 の他の運用を説明する図である。加熱装置 3 0 2 においては、更に、加熱促進部を設けることにより、上記の搬入直後における温度の差を補正する。

30

【 0 0 9 7 】

加熱装置 3 0 2 に積層体 1 0 2 が搬入された当初の期間 Z_1 、 Z_2 および Z_3 における加熱装置 3 0 2 の挙動は、図 2 0 に示した期間 Y_1 、 Y_2 および Y_3 における加熱装置 3 0 2 の挙動と変わらない。しかしながら、図示のスケジュールでは、積層体 1 0 2 の両面がヒータプレート 3 3 2、3 6 2 に当接した後であって、加圧を開始する前に、上側の基板ホルダ 2 0 1 の静電チャックを利用して、積層体 1 0 2 を上側のヒータプレート 3 6 2 に吸着させる。これにより、加圧開始直前の期間 Z_5 においては、上側の基板ホルダ 2 0 1 の温度が急速に上昇する。

【 0 0 9 8 】

40

即ち、既に説明した通り、積層体 1 0 2 を形成する基板ホルダ 2 0 1、2 0 2 には、静電チャックが設けられている。そこで、図に示すように、積層体 1 0 2 が上下のヒータプレート 3 3 2、3 6 2 に接した直後に、上側の基板ホルダ 2 0 1 の静電チャックを動作させる。静電チャックは上方のヒータプレート 3 6 2 も吸着するので、積層体 1 0 2 の上面のヒータプレート 3 6 2 に対する接触圧が高くなる。これにより、積層体 1 0 2 上面の加熱を促進して、搬入直後の温度の不均衡を補正できる。これにより、基板 1 0 1 相互の熱変形量の相違は、早期に解消される。このように、制御部 1 7 0 は、積層体 1 0 2 を吸着する静電チャック等を制御して基板 1 0 1 を含む積層体 1 0 2 の温度を制御することもできる。

【 0 0 9 9 】

50

なお、図 2 1 の例では、積層体 1 0 2 が上下のヒータプレート 3 3 2、3 6 2 に接した直後に、上側の基板ホルダ 2 0 1 の静電チャックを動作させる例を示したが、上側の基板ホルダ 2 0 1 の静電チャックを動作させるタイミングは、上側の基板ホルダ 2 0 1 がヒータプレート 3 6 2 に接触してから加圧が開始するまでの間であればいつでもよい。

【 0 1 0 0 】

図 2 2 は、また他の加熱装置 3 0 3 の模式的な断面図である。図示の加熱装置 3 0 3 は、次に説明する点を除くと、加熱装置 3 0 0 と同じ構造を有し、搬入された積層体を加熱すると共に加圧することもできる。よって、共通の要素には同じ参照番号を付して重複する説明を省く。また、図 2 2 は、図 6 の加熱装置 3 0 0 と同じ断面によって示される。

【 0 1 0 1 】

図示の加熱装置 3 0 3 は、昇降する仮置台 3 1 5 を備え、ヒータプレート 3 3 2、3 6 2 に挟まれる直前まで、積層体 1 0 2 が仮置台 3 1 5 に支持される点で加熱装置 3 0 0 と異なる構造を有する。また、下ステージ 3 3 0 からプッシュアップピン 3 5 0 が省かれる代わりに、仮置台 3 1 5 と下ステージ 3 3 0 とを連動させる仕組みを備える点で、加熱装置 3 0 0 と異なる構造を有する。

【 0 1 0 2 】

加熱装置 3 0 3 において、仮置台 3 1 5 は、断熱容器 3 1 0 の内部を垂直に昇降する。また、仮置台 3 1 5 は、ばね 3 7 6 により、図中上方に向かって付勢されている。更に、仮置台 3 1 5 の下面には滑車 3 7 2 が設けられる。

【 0 1 0 3 】

滑車 3 7 2 に掛けられたワイヤ 3 7 4 の一端は、断熱容器 3 1 0 の底面に結合される。また、当該ワイヤ 3 7 4 の他端は、下ステージ 3 3 0 に対して結合される。これにより、下ステージ 3 3 0 が昇降した場合、仮置台 3 1 5 は、下ステージ 3 3 0 の昇降量の半分の移動量で昇降する。

【 0 1 0 4 】

よって、搬入した積層体 1 0 2 を仮置台 3 1 5 に支持させた状態で、下ステージ 3 3 0 を上昇させている間、上側のヒータプレート 3 6 2 と積層体 1 0 2 上面との間隔 D_5 は、下側のヒータプレート 3 3 2 と積層体 1 0 2 下面との間隔 D_6 と、常に等しくなる。これにより、積層体 1 0 2 上面の温度と積層体 1 0 2 下面の温度は略等しくなるため、積層された基板 1 0 1 の熱変形量の差が所定の値を超えることが防止される。

【 0 1 0 5 】

図 2 3 は、また他の加熱装置 3 0 4 の模式的断面図である。図示の加熱装置 3 0 4 は、次に説明する点を除くと、加熱装置 3 0 0 と同じ構造を有し、搬入された積層体を加熱すると共に加圧することもできる。よって、共通の要素には同じ参照番号を付して重複する説明を省く。また、図 2 3 は、図 6 の加熱装置 3 0 0 と同じ断面によって示される。

【 0 1 0 6 】

加熱装置 3 0 4 は、下ステージ 3 3 0 に複数のプッシュアップピン 3 5 0 を備える。プッシュアップピン 3 5 0 は、アクチュエータ 3 4 2 により駆動されて、下ステージ 3 3 0 に対する突出量を変化させることができる。また、加熱装置 3 0 4 において加熱加圧される積層体 1 0 2 においては、基板ホルダ 2 0 1、2 0 2 の各々が、温度センサ 3 8 1、3 8 2 を有し、個々の基板ホルダ 2 0 1、2 0 2 の温度を個別に検出できる。

【 0 1 0 7 】

更に、加熱装置 3 0 4 は、温度センサ 3 8 1、3 8 2 が検出した温度に基づいて、加熱を制御する加熱制御部 3 8 0 を備える。加熱制御部 3 8 0 は、温度センサ 3 8 1、3 8 2 の検出温度に基づいて、アクチュエータ 3 4 2 および下ステージ 3 3 0 の駆動を制御して、プッシュアップピン 3 5 0 の上昇量および上昇速度の少なくとも一方と、下ステージ 3 3 0 の上昇量および上昇速度の少なくとも一方とをそれぞれ変化させる。これにより、基板ホルダ 2 0 1、2 0 2 の温度すなわち温度センサ 3 8 1、3 8 2 の検出温度に応じて、ヒータプレート 3 3 2、3 6 2 と積層体 1 0 2 との間隔を調整することができる。これにより、加熱装置 3 0 4 は、積層体 1 0 2 を形成する一对の基板 1 0 1 の熱変形量の差が所

10

20

30

40

50

定の値を超えないように積層体 102 を加熱できる。

【0108】

これにより、上側のヒータプレート 362 と積層体 102 上面との間隔 D_7 が、下側のヒータプレート 332 と積層体 102 下面との間隔 D_8 と、常に等しく保つことができる。よって、積層体 102 上面の温度と積層体 102 下面の温度を略等しくして、積層された基板 101 の熱変形量の差が所定の値を超えることを防止できる。

【0109】

なお、加熱制御部 380 は、温度センサ 381、382 により基板 101 の温度または熱膨張量を監視する代わりに、積層体 102 を形成する基板 101 および基板ホルダ 201、202 について既知の情報を利用して、間隔 D_7 、 D_8 の適切な値を予測して、プッシュアップピン 350 の突出量を制御してもよい。また、一对の基板 101 の熱変形量の差が所定の値を超えない間隔 D_7 、 D_8 の大きさが予め分かっている場合は、温度センサ 381、382 を用いることなく、プッシュアップピン 350 の上昇量および上昇速度の少なくとも一方と、下ステージ 330 の上昇量および上昇速度の少なくとも一方とを制御することにより、一对の基板 101 の温度をそれぞれ制御してもよい。

【0110】

上記の加熱装置 300、301、302、303、304 においては、いずれも、受動的に動作する加熱抑制部を例にあげた。しかしながら、プッシュアップピン 350、プッシュダウンピン 351 および仮置台 315 を移動させるアクチュエータを設けて、能動的な制御をしてもよい。

【0111】

上記の例では、下ステージ 330 および上ステージ 360 に加熱抑制部または加熱促進部を設ける例を主に説明した。しかしながら、例えば、加熱装置 300、301、302、303 と同じ温度環境に搬送ロボット 140 が存在する場合は、積層体 102 を搬入および搬出する搬送ロボット 140 を、積層体 102 とヒータプレート 332、362 との間隔を変化させる加熱抑制部または加熱促進部として用いてもよい。

【0112】

図 24 は、また他の加熱装置 305 の模式的断面図である。図示の加熱装置 305 は、次に説明する点を除くと、加熱装置 300 と同じ構造を有し、搬入された積層体を加熱すると共に加圧することもできる。よって、共通の要素には同じ参照番号を付して重複する説明を省く。また、図 24 は、図 6 の加熱装置 300 と同じ断面によって示される。

【0113】

加熱装置 305 は、プッシュアップピン 350 を備えていない代わりに、ヒータプレート 332、362 の温度を、個別且つ急速に変化させることができる。また、加熱装置 305 において加熱加圧される積層体 102 においては、基板ホルダ 201、202 の各々が、温度センサ 381、382 を有し、個々の基板ホルダ 201、202 の温度を個別に検出できる。

【0114】

更に、加熱装置 305 は、温度センサ 381、382 が検出した温度に基づいて、ヒータプレート 332、362 による加熱温度を個別に制御する加熱制御部 380 を備える。これにより、加熱装置 305 は、積層体 102 を形成する一对の基板 101 に熱変形量の差が所定の値を超えないように積層体 102 を加熱することができる。

【0115】

よって、積層体 102 とヒータプレート 332、362 との間隔、接触圧力等を配慮することなく、積層体 102 を加熱、加圧できる。また、搬送ロボット 140、プッシュアップピン 350 および仮置台 314、315 相互における積層体 102 の受け渡しに要する手間と時間を節約できるので、基板接合装置 100 の制御を簡潔にすることができると共に、スループットを向上できる。

【0116】

また、ヒータプレート 332、362 等の加熱源から伝わる熱により、積層体 102 に

10

20

30

40

50

生じた面方向および厚さ方向の熱変形の差が前記した所定の閾値を超える前に、位置合わせされた一対の基板 101 の位置関係を維持するロック圧力で積層体を加圧して、加熱過程に基板 101 間に生じる熱変形量の差によるずれを回避してもよい。この場合、基板 101 の熱による撓み変形を抑制するロック圧力で基板を加圧することにより、基板 101 の撓み変形による厚さ方向のずれを防止することができる。

【0117】

また、一対の基板 101 にロック圧力をかけることにより、一対の基板 101 間で熱の伝達が行われるため、一対の基板 101 の温度を均等にすることができる。これにより、一対の基板 101 の熱膨張係数が同等である場合は、一対の基板 101 間での熱膨張による変形量の差の発生を抑制することができる。

10

【0118】

また更に、基板ホルダ 201、202 における保持面 212 と反対側の面に、ヒータプレート 332、362 からの熱伝導を妨げる熱障壁層、反射層等を設けて、低レベルの輻射熱の影響を排除するようにしてもよい。また更に、上記の例では専ら加熱する場合について説明したが、積層体の一部を冷却することにより、加熱の不均衡を補正してもよい。

【0119】

また、上記した実施例では、基板ホルダ 201、202 を用いて一対の基板 101 を互いに接合する例を示した。しかしながら、基板ホルダ 201、202 を用いずに一対の基板 101 を互いに接合する場合に本発明を適用してもよい。また、上記した実施例では、一対の基板 101 が同等の熱膨張係数を有した材料からなる例を示したが、互いに異なる熱膨張係数を有する材料から成る一対の基板を用いてもよい。この場合、上下のヒータプレート 332、362 と一対の基板 101 との間隔やヒータプレート 332、362 の温度は、それぞれ一対の基板 101 の温度が等しくなるように制御される必要はなく、一対の基板の熱変形量の差が所定の値を超えないように、材料に応じた値に設定される。また、一対の基板の材料に対応した間隔の大きさや温度に応じて、プッシュアップピン 350 や下ステージ 330 等の駆動が制御される。

20

【0120】

以上、実施の形態を用いて本発明を説明したが、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、特許請求の範囲の記載から明らかである。

30

【0121】

特許請求の範囲、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。特許請求の範囲、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】

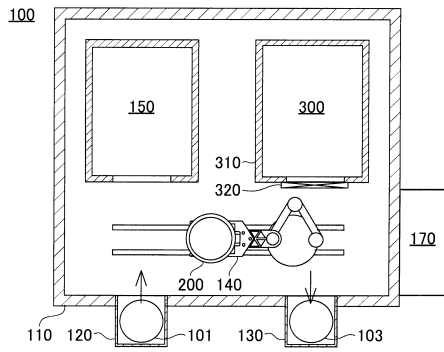
【0122】

100 基板接合装置、101 基板、102 積層体、103 積層基板、110 筐体、120、130 基板カセット、140 搬送ロボット、150 アライナ、170 制御部、200、201、202 基板ホルダ、210 保持部、212 保持面、214 埋設電極、216 結合部、220 枠部、222 フランジ部、228 外部電極、230 連結部、234 吸着部、236 被吸着部、300、301、302、303、304、305 加熱装置、310 断熱容器、312 搬入口、314、315 仮置台、320 シャッタ、330 下ステージ、332、362 ヒータプレート、340、342 アクチュエータ、350 プッシュアップピン、351 プッシュダウンピン、352、353、376 ばね、360 上ステージ、372 滑車、374 ワイヤ、380 加熱制御部、381、382 温度センサ

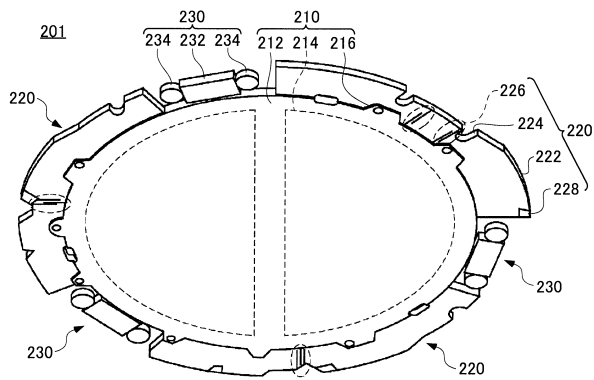
40

50

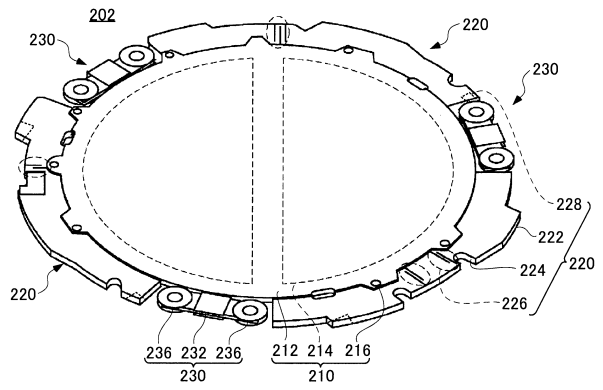
【図 1】



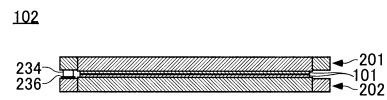
【図 2】



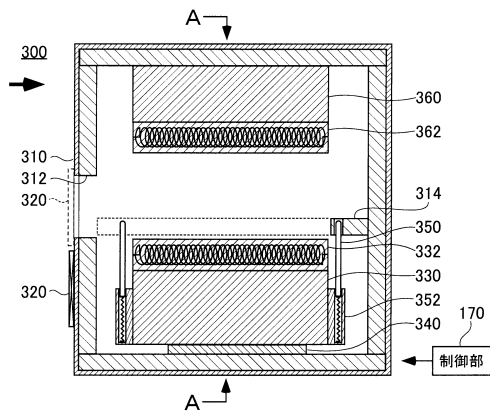
【図 3】



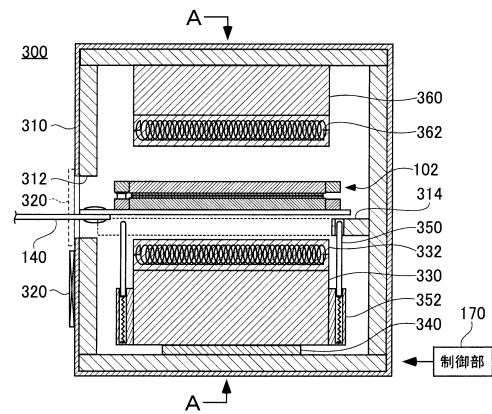
【図 4】



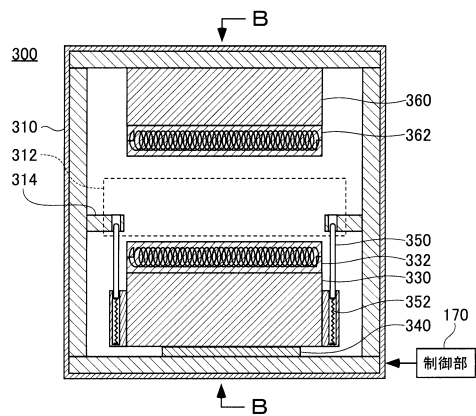
【図 5】



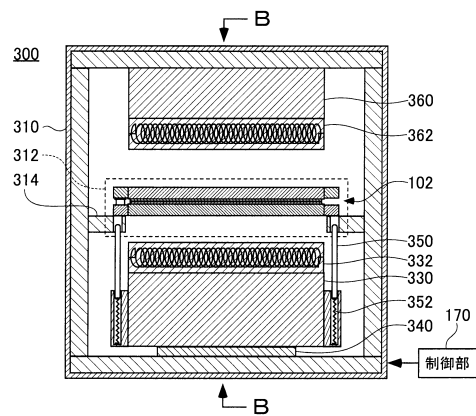
【図 7】



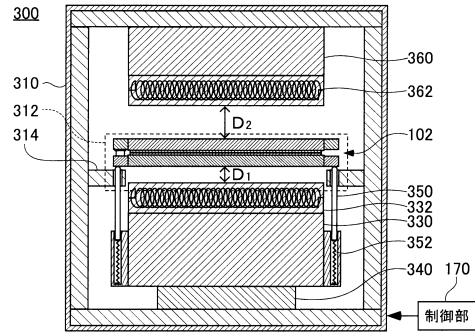
【図 6】



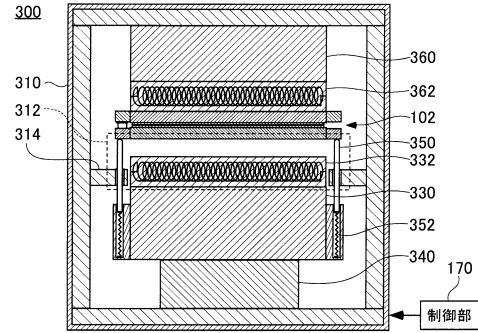
【図 8】



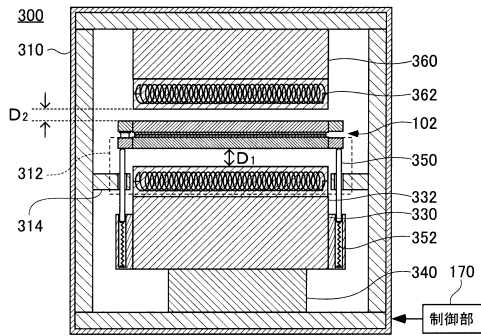
【図 9】



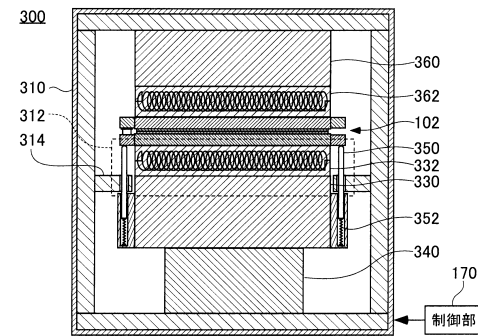
【図 11】



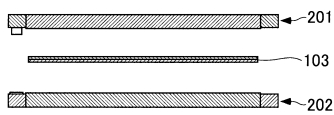
【図 10】



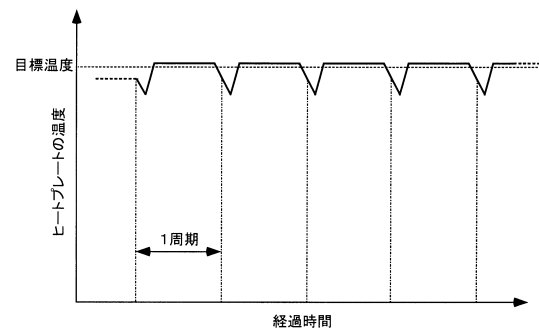
【図 12】



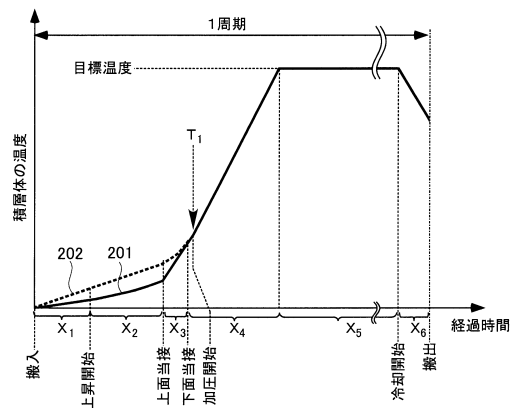
【図 13】



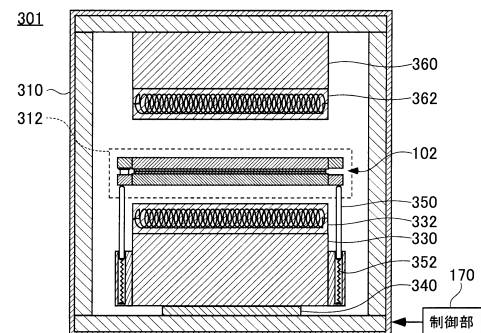
【図 15】



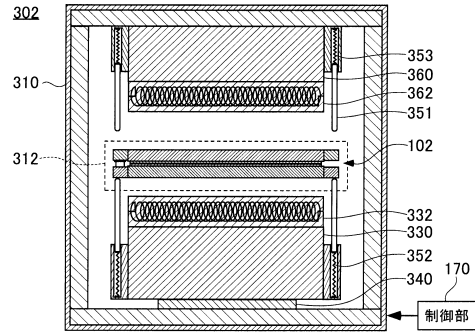
【図 14】



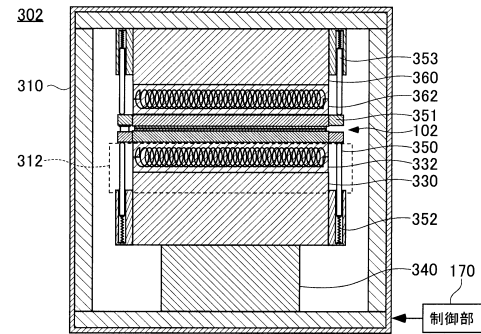
【図 16】



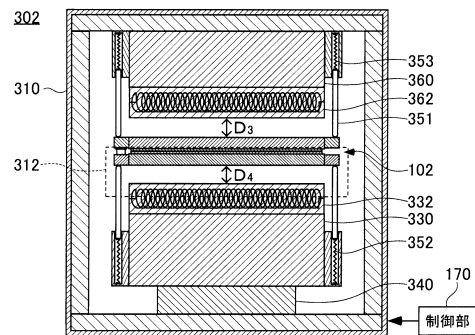
【図 17】



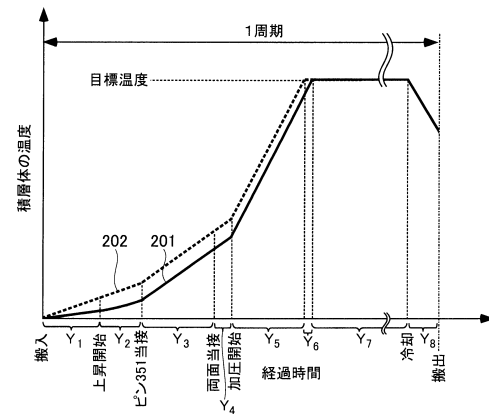
【図 19】



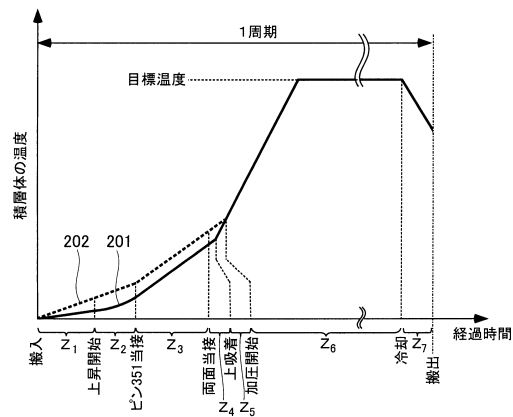
【図 18】



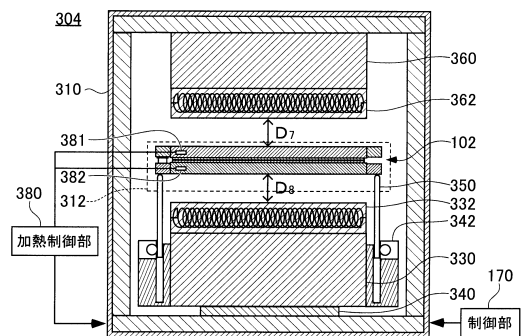
【図 20】



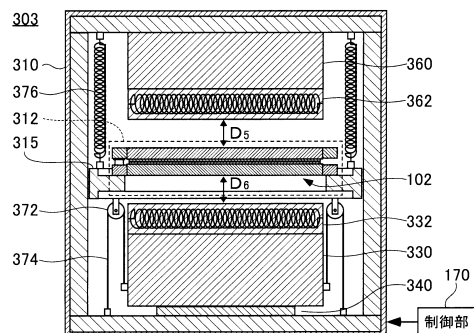
【図 21】



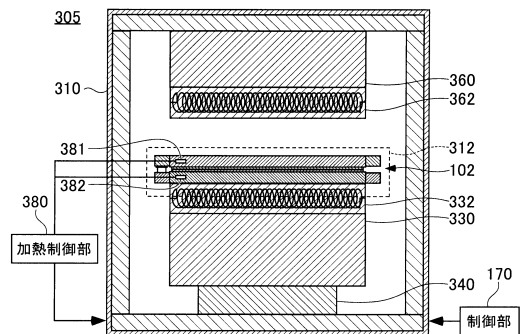
【図 23】



【図 22】



【図 24】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開 2 0 1 2 - 2 5 6 6 5 8 (J P , A)
国際公開第 2 0 1 4 / 1 5 7 0 8 2 (W O , A 1)
特開 2 0 1 1 - 1 5 1 0 7 3 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
H 0 1 L 2 1 / 0 2
H 0 1 L 2 1 / 6 7 7
H 0 1 L 2 1 / 6 8 3