

(43) 国際公開日
2007 年 2 月 15 日 (15.02.2007)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2007/018016 A1

(51) 国際特許分類:

H01L 21/26 (2006.01) H01L 21/31 (2006.01)
H01L 21/205 (2006.01) H01L 21/324 (2006.01)
H01L 21/22 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2006/314241

(22) 国際出願日: 2006 年 7 月 19 日 (19.07.2006)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願2005-227606 2005 年 8 月 5 日 (05.08.2005) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社日立国際電気 (HITACHI KOKUSAI ELECTRIC INC.) [JP/JP]; 〒1018980 東京都千代田区外神田 4 丁目 1 番 1 号 Tokyo (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 上野 正昭 (UENO, Masaaki) [JP/JP]; 〒9392393 富山県富山市八尾町保内

二丁目 1 番地 株式会社日立国際電気内 Toyama (JP). 林田 晃 (HAYASHIDA, Akira) [JP/JP]; 〒9392393 富山県富山市八尾町保内二丁目 1 番地 株式会社日立国際電気内 Toyama (JP). 島田 真一 (SHIMADA, Masakazu) [JP/JP]; 〒9392393 富山県富山市八尾町保内二丁目 1 番地 株式会社日立国際電気内 Toyama (JP). 岡 威憲 (OKA, Takenori) [JP/JP]; 〒9392393 富山県富山市八尾町保内二丁目 1 番地 株式会社日立国際電気内 Toyama (JP).

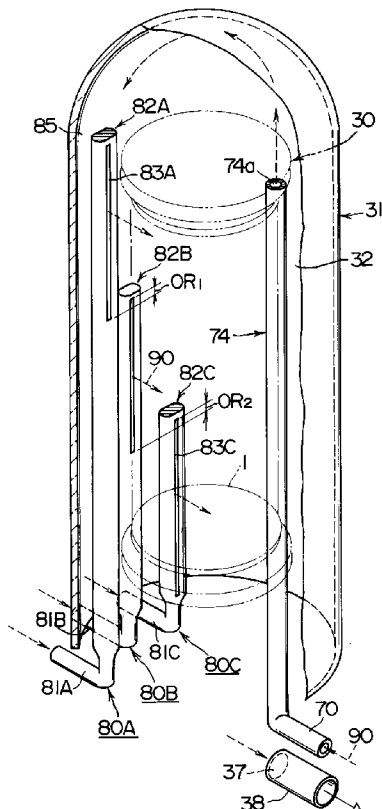
(74) 代理人: 梶原 辰也 (KAJIWARA, Tatuya); 〒1600023 東京都新宿区西新宿 8 丁目 9 番 5 号 セントラル西新宿 1-201 号 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK,

[続葉有]

(54) Title: SUBSTRATE PROCESSING EQUIPMENT, COOLING GAS SUPPLY NOZZLE AND METHOD FOR FABRICATING SEMICONDUCTOR DEVICE

(54) 発明の名称: 基板処理装置、冷却ガス供給ノズルおよび半導体装置の製造方法



(57) Abstract: Substrate processing equipment comprises a processing chamber for containing a boat holding a plurality of substrates and processing the plurality of substrates, a heater unit arranged around the processing chamber and heating the substrate, and a cooling gas supply nozzle having ejection holes formed in the pipe portion extending in the direction perpendicular to the major surface of the substrate held on the boat contained in the processing chamber and ejecting cooling gas over at least two of the plurality of substrates. The cooling gas supply nozzle is formed such that the cross-sectional area of the pipe portion in the region where the ejection holes are formed becomes larger than the total opening area of the ejection holes.

(57) 要約: 複数枚の基板を保持したボートを收容して複数枚の基板を処理する処理室と、処理室周りに設置されて基板を加熱するヒータユニットと、処理室内に收容されたボートに保持されている基板の主面に対して垂直方向に延びる管部に、複数枚の基板の少なくとも 2 枚に跨がって冷却ガスを噴出する噴出孔が形成されている冷却ガス供給ノズルとを備えており、前記冷却ガス供給ノズルは、噴出孔が形成された領域の管部の断面積が噴出孔の総開口面積よりも大きくなるように、形成されている。



MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE,

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

明 細 書

基板処理装置、冷却ガス供給ノズルおよび半導体装置の製造方法 技術分野

[0001] 本発明は、基板処理装置に関し、例えば、半導体集積回路装置(以下、ICという。)の製造方法に使用されるアニール装置や拡散装置、酸化装置およびCVD装置等の熱処理装置(furnace)に利用して有効なものに関する。

背景技術

[0002] ICの製造方法において、半導体素子を含む集積回路が作り込まれる半導体ウェハ(以下、ウェハという。)に窒化シリコン(Si_3N_4)や酸化シリコンおよびポリシリコン等のCVD膜を形成する成膜工程には、バッチ式縦形ホットウオール形減圧CVD装置が広く使用されている。

バッチ式縦形ホットウオール形減圧CVD装置(以下、CVD装置という。)は、プロセスチューブが縦形に設置されており、プロセスチューブは処理室を形成するインナチューブとインナチューブを取り囲むアウトチューブとから構成されている。

プロセスチューブ外には処理室を加熱するヒータユニットが敷設されている。また、プロセスチューブを支持するマニホールドには、処理室内に処理ガスとしての成膜ガスを供給するガス供給管と、処理室を真空排気する排気管とがそれぞれ接続されている。

プロセスチューブの下側には待機室が形成されており、待機室にはシールキャップを介してボートを昇降させるボートエレベータが設置されている。シールキャップはボートエレベータによって昇降されてプロセスチューブの下端開口を開閉するように構成されている。ボートは複数枚のウェハを中心を揃えて垂直方向に整列させた状態でそれぞれ水平に保持するように構成されており、シールキャップの上に垂直に設置されている。

そして、複数枚のウェハがボートによって垂直方向に整列されて保持された状態で、プロセスチューブの下端開口から処理室に搬入(ボートローディング)され、シールキャップによって炉口が閉塞された状態で、処理室に成膜ガスがガス供給管から供

給されるとともに、ヒータユニットによって処理室が加熱されることにより、CVD膜がウエハの上に堆積される。(例えば、特許文献1参照)。

特許文献1:特開2002-110556号公報

[0003] 一般に、CVD装置等の熱処理装置においては、熱処理後に処理室が窒素ガスパージされて所定の温度まで降温された後に、ボートが処理室から搬出(ボートアンローディング)される。

これは、処理温度のままボートアンローディングすると、ウエハ相互間の温度偏差やウエハ面内の温度偏差が大きくなってICの特性に悪影響が及ぶという現象を防止するためである。

そして、従来のこの種の熱処理装置においては、噴出口がボートよりも下方に位置されたガス供給管がマニホールドに固定されており、このガス供給管によって窒素ガスが処理室へ供給されるようになっている。

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、従来のこの種の熱処理装置においては、噴出口がボートよりも下方に位置されたガス供給管によって窒素ガスが処理室に供給されるために、ウエハ群の降温が不均一になるという問題点がある。

すなわち、ガス供給管は処理室のボートの下方の一箇所に噴出口が位置するように配置されているために、窒素ガスはウエハ群に対して均一の流れをもって接触することはできない。つまり、窒素ガスの流れが不均一になるために、ウエハ群は領域やウエハ面内において不均一に冷却される状況になり、窒素ガスの流速の大きい領域のウエハやウエハ面内だけが冷却されてしまう。

[0005] 本発明の目的は、降温速度を向上させることができるとともに、基板間および基板面内の温度偏差を防止することができる基板処理装置を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0006] 前記課題を解決するための手段は、次の通りである。

複数枚の基板を保持したボートを収容して複数枚の基板を処理する処理室と、前記処理室周りに設置されて前記基板を加熱するヒータユニットと、

前記処理室内に収容された前記ボートに保持されている前記基板の主面に対して垂直方向に延びる管部に、前記複数枚の基板の少なくとも2枚に跨がって冷却ガスを噴出する噴出孔が形成されている冷却ガス供給ノズルと、を備えており、

前記冷却ガス供給ノズルは、前記噴出孔が形成された領域の前記管部の断面積が前記噴出孔の総開口面積よりも大きくなるように、形成されていることを特徴とする基板処理装置。

発明の効果

[0007] 前記した手段によれば、冷却ガス供給ノズルから冷却ガスを噴き出すことにより、処理済みの基板を急速かつ均一に降温させることができる。

前記した手段においては、冷却ガス供給ノズルにおける噴出孔が形成された領域の管部の断面積が噴出孔の総開口面積よりも大きくなるように設定されているので、噴出孔から吹き出される際の冷却ガスの圧力差が発生するのを防止することができる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]本発明の一実施の形態であるアニール装置を示す一部省略斜視図である。

[図2]その側面断面図である。

[図3]その背面断面図である。

[図4]冷却ステップを示す主要部の平面断面図である。

[図5]同じく一部省略背面断面図である。

[図6]同じく一部省略斜視図である。

符号の説明

[0009] 1…ウエハ(基板)、2…ポッド、10…アニール装置(基板処理装置)、11…筐体、12…ポッド搬入搬出口、13…フロントシャッタ、14…ポッドステージ、15…回転式ポッド棚、16…支柱、17…棚板、18…ポッド搬送装置、19…サブ筐体、20…ウエハ搬入搬出口、21…ポッドオープナ、22…載置台、23…キャップ着脱機構、24…移載室、25…ウエハ移載装置、26…待機室、27…ボートエレベータ、28…アーム、29…シールキャップ、30…ボート(基板保持体)、31…プロセスチューブ、32…処理室、35…炉口、36…マニホールド、37…排気口、38…排気管、39…排気装置、40…

圧力センサ、41…圧力コントローラ、43…ガス供給装置、44…ガス流量コントローラ、45…回転軸、46…駆動コントローラ、47…モータ、48…断熱キャップ部、50…ヒータユニット、51…断熱槽、52…加熱ランプ(加熱手段)、53…天井加熱ランプ、53A…キャップ加熱ランプ、54…加熱ランプ駆動装置、55…温度コントローラ、56…カスケード熱電対、57…リフレクタ、58…冷却水配管、59…天井リフレクタ、60…冷却水配管、61…冷却エア通路、62…給気管、63…排気口、64…バッファ部、65…サブ排気口、70…ガス供給管(ガス供給ポート)、71…ガス供給ライン、72…窒素ガス供給装置、73…流量調整コントローラ、74…ガス供給ノズル、74a…噴出口、80A、80B、80C…冷却ガス供給ノズル、81A、81B、81C…導入部、82A、82B、82C…管部、83A、83B、83C…噴出孔、84A、84B、84C…冷却ガス供給ライン、85A、85B、85C…窒素ガス供給装置、86A、86B、86C…流量調整コントローラ、90…窒素ガス(冷却ガス)。

発明を実施するための最良の形態

[0010] 以下、本発明の一実施の形態を図面に即して説明する。

[0011] 本実施の形態において、図1、図2および図3に示されているように、本発明に係る基板処理装置は、ICの製造方法におけるアニール工程を実施するアニール装置(バッチ式縦形ホットウオール形アニール装置)10として構成されている。

なお、このアニール装置においては、ウエハ1を搬送するウエハキャリアとしては、FOUP(front opening unified pod。以下、ポッドという。)2が使用されている。

[0012] 図1～図3に示されているように、アニール装置10は型鋼や鋼板等によって直方体の箱形状に構築された筐体11を備えている。筐体11の正面壁にはポッド搬入搬出口12が筐体11の内外を連通するように開設されており、ポッド搬入搬出口12はフロントシャッタ13によって開閉されるようになっている。

ポッド搬入搬出口12の手前にはポッドステージ14が設置されており、ポッドステージ14はポッド2を載置されて位置合わせを実行するように構成されている。

ポッド2はポッドステージ14の上に工程内搬送装置(図示せず)によって搬入され、かつまた、ポッドステージ14の上から搬出されるようになっている。

[0013] 筐体11内の前後方向の略中央部における上部には、回転式ポッド棚15が設置さ

れており、回転式ポッド棚15は複数個のポッド2を保管するように構成されている。

すなわち、回転式ポッド棚15は垂直に立設されて水平面内で間欠回転される支柱16と、支柱16に上中下段の各位置において放射状に支持された複数枚の棚板17とを備えており、複数枚の棚板17はポッド2を複数個宛それぞれ載置した状態で保持するように構成されている。

筐体11内におけるポッドステージ14と回転式ポッド棚15との間には、ポッド搬送装置18が設置されており、ポッド搬送装置18はポッドステージ14と回転式ポッド棚15との間および回転式ポッド棚15とポッドオープナ21との間で、ポッド2を搬送するように構成されている。

[0014] 筐体11内の前後方向の略中央部における下部には、サブ筐体19が後端にわたって構築されている。

サブ筐体19の正面壁にはウエハ1をサブ筐体19内に対して搬入搬出するためのウエハ搬入搬出口20が一对、垂直方向に上下2段に並べられて開設されており、上下段のウエハ搬入搬出口20、20には一对のポッドオープナ21、21がそれぞれ設置されている。

ポッドオープナ21はポッド2を載置する載置台22と、ポッド2のキャップを着脱するキャップ着脱機構23とを備えている。ポッドオープナ21は載置台22に載置されたポッド2のキャップをキャップ着脱機構23によって着脱することにより、ポッド2のウエハ出し入れ口を開閉するように構成されている。

ポッドオープナ21の載置台22に対してはポッド2がポッド搬送装置18によって搬入および搬出されるようになっている。

[0015] サブ筐体19内の前側領域には移載室24が形成されており、移載室24にはウエハ移載装置25が設置されている。ウエハ移載装置25はボート30に対してウエハ1を装填(チャージング)および脱装(ディスチャージング)するように構成されている。

サブ筐体19内の後側領域には、ボートを収容して待機させる待機室26が形成されている。

待機室26にはボートを昇降させるボートエレベータ27が設置されている。ボートエレベータ27はモータ駆動の送りねじ軸装置やペローズ等によって構成されている。

ボートエレベータ27の昇降台に連結されたアーム28にはシールキャップ29が水平に据え付けられており、シールキャップ29はボート30を垂直に支持するように構成されている。

ボート30は複数本の保持部材を備えており、複数枚(例えば、50枚程度～150枚程度)のウエハ1をその中心を揃えて垂直方向に整列させた状態で、それぞれ水平に保持するように構成されている。

[0016] 図3に示されているように、アニール装置10は中心線が垂直になるように縦に配されて支持された縦形のプロセスチューブ31を備えている。

プロセスチューブ31は後記する加熱ランプの熱線(赤外線や遠赤外線等)を透過する材料の一例である石英(SiO_2)が使用されて、上端が閉塞し下端が開口した円筒形状に一体成形されている。

プロセスチューブ31の筒中空部は、ボート30によって長く整列した状態に保持された複数枚のウエハが搬入される処理室32を形成している。プロセスチューブ31の内径は取り扱うウエハの最大外径(例えば、直径300mm)よりも大きくなるように設定されている。

[0017] プロセスチューブ31の下端は略円筒形状に構築されたマニホールド36に支持されており、マニホールド36の下端開口は炉口35を構成している。マニホールド36はプロセスチューブ31の交換等のために、プロセスチューブ31にそれぞれ着脱自在に取り付けられている。マニホールド36がサブ筐体19に支持されることにより、プロセスチューブ31は垂直に据え付けられた状態になっている。

[0018] 図3に示されているように、マニホールド36には排気口37が開設されており、排気口37には処理室32を排気する排気管38の一端部が接続されている。排気管38の他端部は圧力コントローラ41によって制御される排気装置39が圧力センサ40を介して接続されている。

圧力コントローラ41は圧力センサ40からの測定結果に基づいて排気装置39をフィードバック制御するように構成されている。

[0019] マニホールド36の下端面には、炉口35を閉塞するシールキャップ29が垂直方向下側から当接するようになっており、シールキャップ29はマニホールド36の外径と略

等しい円盤形状に形成されている。

[0020] シールキャップ29の中心線上には、回転軸45が挿通されて回転自在に支承されており、回転軸45は駆動コントローラ46によって制御されるモータ47によって回転駆動されるように構成されている。

なお、駆動コントローラ46はボートエレベータ27のモータ27aも制御するように構成されている。

回転軸45の上端にはボート30が垂直に立脚されて支持されており、シールキャップ29とボート30との間には断熱キャップ部48が配置されている。ボート30はその下端が炉口35の位置から適当な距離だけ離間するようにシールキャップ29の上面から持ち上げられた状態で回転軸45に支持されており、断熱キャップ部48はそのボート30の下端とシールキャップ29との間を埋めるように構成されている。

[0021] プロセスチューブ31の外側にはヒータユニット50が設置されている。

ヒータユニット50はプロセスチューブ31を全体的に被覆する熱容量の小さい断熱槽51を備えており、断熱槽51はサブ筐体19に垂直に支持されている。断熱槽51の内側には加熱手段としてのL管形ハロゲンランプ(以下、加熱ランプという。)52が複数本、周方向に等間隔に配置されて同心円に設備されている。加熱ランプ52群は長さが異なる複数規格のものが組み合わされて同心円上に配置されており、熱の逃げ易いプロセスチューブ31の上部および下部の発熱量が増加するように構成されている。

各加熱ランプ52の端子52aはプロセスチューブ31の上部および下部にそれぞれ配置されており、端子52aの介在による発熱量の低下が回避されている。加熱ランプ52はカーボンやタングステン等のフィラメントをL字形状の石英管によって被覆し、石英管内が不活性ガスまたは真空雰囲気封止されて構成されている。

また、加熱ランプ52は熱エネルギーのピーク波長が $1.0\mu\text{m}$ ～ $2.0\mu\text{m}$ 程度の熱線を照射するように構成されており、プロセスチューブ31を殆ど加熱することなく、ウエハ1を輻射によって加熱することができるよう設定されている。

[0022] 図3に示されているように、断熱槽51の天井面の下側における中央部にはL管形ハロゲンランプ(以下、天井加熱ランプという。)53が複数本、互いに平行で両端を揃

えられて敷設されている。天井加熱ランプ53群はボート30に保持されたウエハ1群をプロセスチューブ31の上方から加熱するように構成されている。

天井加熱ランプ53はカーボンやタングステン等のフィラメントをL字形状の石英管によって被覆し、石英管内が不活性ガスまたは真空雰囲気封止されて構成されている。

また、天井加熱ランプ53は熱エネルギーのピーク波長が $1.0\mu\text{m}$ ～ $2.0\mu\text{m}$ 程度の熱線を照射するように構成されており、プロセスチューブ31を殆ど加熱することなく、ウエハ1を輻射によって加熱することができるよう設定されている。

なお、ボート30と断熱キャップ部48との間にはキャップ加熱ランプ53A群が、ウエハ1群をプロセスチューブ31の下方から加熱するように構成されている。

[0023] 図3に示されているように、加熱ランプ52群や天井加熱ランプ53群およびキャップ加熱ランプ53A群は、加熱ランプ駆動装置54に接続されており、加熱ランプ駆動装置54は温度コントローラ55によって制御されるように構成されている。

プロセスチューブ31の内側にはカスケード熱電対56が垂直方向に敷設されており、カスケード熱電対56は計測結果を温度コントローラ55に送信するようになっている。温度コントローラ55はカスケード熱電対56からの計測温度に基づいて加熱ランプ駆動装置54をフィードバック制御するように構成されている。

すなわち、温度コントローラ55は加熱ランプ駆動装置54の目標温度とカスケード熱電対56の計測温度との誤差を求めて、誤差がある場合には誤差を解消させるフィードバック制御を実行するようになっている。

さらに、温度コントローラ55は加熱ランプ52群をゾーン制御するように構成されている。

ここで、ゾーン制御とは、加熱ランプを上下に複数の範囲毎に分割して配置し、それぞれのゾーン(範囲)にカスケード熱電対の計測点を配置し、それぞれのゾーン毎にカスケード熱電対の計測する温度に基づくフィードバック制御を独立ないし関連させて制御する方法、である。

[0024] 図3および図4に示されているように、加熱ランプ52群の外側には円筒形状に形成されたリフレクタ(反射板)57が、プロセスチューブ31と同心円に設置されており、リフ

レクタ57は加熱ランプ52群からの熱線をプロセスチューブ31の方向に全て反射させるように構成されている。リフレクタ57はステンレス鋼板に石英をコーティングして形成された材料のように耐酸化性、耐熱性および耐熱衝撃性に優れた材料によって構成されている。

リフレクタ57の外周面には冷却水が流通する冷却水配管58が螺旋状に敷設されている。冷却水配管58はリフレクタ57をリフレクタ表面の石英コーティングの耐熱温度である300℃以下に冷却するように設定されている。

リフレクタ57は300℃を超えると、酸化等によって劣化し易くなるが、リフレクタ57を300℃以下に冷却することにより、リフレクタ57の耐久性を向上させることができるとともに、リフレクタ57の劣化に伴うパーティクルの発生を抑制することができる。また、断熱槽51の内部の温度を低下させる際に、リフレクタ57を冷却することにより、冷却効果を向上させることができる。

さらに、冷却水配管58はリフレクタ57の冷却領域を上中下段のゾーンに分けてそれぞれ制御し得るように構成されている。冷却水配管58をゾーン制御することにより、プロセスチューブ31の温度を降下させる際に、プロセスチューブ31のゾーンに対応して冷却することができる。例えば、ウエハ群が置かれたゾーンは熱容量がウエハ群の分だけ大きくなることにより、ウエハ群が置かれないゾーンに比べて冷却し難くなるために、冷却水配管58のウエハ群に対応するゾーンを優先的に冷却するようにゾーン制御することができる。

また、ヒータのゾーンと冷却水配管のゾーンとを同様に配置し、ヒータのゾーンの制御に合わせて冷却水配管のゾーンの制御をするように構成することができる。これにより、より一層昇温降温の制御性やスピード(レート)が向上する。

[0025] 図3に示されているように、断熱槽51の天井面には円板形状に形成された天井リフレクタ59がプロセスチューブ31と同心円に設置されており、天井リフレクタ59は天井加熱ランプ53群からの熱線をプロセスチューブ31の方向に全て反射させるように構成されている。天井リフレクタ59も耐酸化性や耐熱性および耐熱衝撃性に優れた材料によって構成されている。

天井リフレクタ59の上面には冷却水配管60が蛇行状に敷設されており、冷却水配

管60は天井リフレクタ59を300℃以下に冷却するように設定されている。

天井リフレクタ59は300℃を超えると、酸化等によって劣化し易くなるが、天井リフレクタ59を300℃以下に冷却することにより、天井リフレクタ59の耐久性を向上させることができるとともに、天井リフレクタ59の劣化に伴うパーティクルの発生を抑制することができる。また、断熱槽51の内部の温度を低下させる際に、天井リフレクタ59を冷却することにより、冷却効果を向上させることができる。

[0026] 図3および図4に示されているように、断熱槽51とプロセスチューブ31との間には冷却ガスとしての冷却エアを流通させる冷却エア通路61が、プロセスチューブ31を全体的に包囲するように形成されている。断熱槽51の下端部には冷却エアを冷却エア通路61に供給する給気管62が接続されており、給気管62に供給された冷却エアは冷却エア通路61の全周に拡散するようになっている。

[0027] 断熱槽51の天井壁における中央部には、冷却エアを冷却エア通路61から排出する排気口63が開設されており、排気口63には排気装置に接続された排気ダクト(図示せず)が接続されている。断熱槽51の天井壁における排気口63の下側には排気口63と連通するバッファ部64が大きく形成されており、バッファ部64の底面における周辺部にはサブ排気口65が複数、バッファ部64と冷却エア通路61とを連絡するように開設されている。

これらサブ排気口65により、冷却エア通路61を効率よく排気することができるようになっている。また、サブ排気口65を断熱槽51の天井壁の周辺部に配置することにより、天井加熱ランプ53を断熱槽51の天井面の中央部に敷設することができるとともに、天井加熱ランプ53を排気流路から退避させて排気流による応力や化学反応を防止することにより、天井加熱ランプ53の劣化を抑制することができる。

[0028] 図3に示されているように、マニホールド36における排気口37の真上の位置には、処理室32にガスを供給する供給ポートとしてのガス供給管70が半径方向かつ水平に挿通されている。ガス供給管70の外側端にはガス供給ライン71の一端が接続されており、ガス供給ライン71の他端には窒素ガス供給装置72が接続されている。窒素ガス供給装置72は窒素ガスを供給するように構成されており、窒素ガスの供給や供給の停止および供給流量等を流量調整コントローラ73によって制御されるように構

成されている。

また、ガス供給ライン71にはアニール用ガス供給装置43が接続されている。アニール用ガス供給装置43は水素ガス等のアニール用ガスを供給するように構成されており、アニール用ガスの供給や供給の停止および供給流量等をガス流量コントローラ44によって制御されるように構成されている。

ガス供給管70の内側端には、例えば、石英からなるL形形状のノズル(以下、ガス供給ノズルという。)74の一端が、下端部に屈曲成形された連結部をガス供給管70に嵌入されて連結されており、ガス供給ノズル74は処理室32の内周面に沿うように垂直に敷設されている。

ガス供給ノズル74の上端に形成された噴出口74aは、処理室32内に収容されたボート30におけるウエハ1の保持領域よりも高い位置であるボート30の天板よりも高い位置に配置されているとともに、処理室32の天井壁の下面に向けてガスを流すように構成されている。

[0029] 図4および図6に示されているように、マニホールド36におけるガス供給ノズル74とボート30を挟んで対向する位置には、ウエハに冷却ガスを横から供給する3本の冷却ガス供給ノズル(以下、横からの冷却ガス供給ノズルということがある。)80A、80B、80Cが同一円形線上に並べられて設置されている。

なお、横からの冷却ガス供給ノズル80A、80B、80Cは処理室32側から交換可能に設置されている。また、横からの冷却ガス供給ノズル80A、80B、80Cは、例えば、石英によって形成されている。

横からの冷却ガス供給ノズル80A、80B、80Cは、処理室32の下方から冷却ガスを導入する導入部81A、81B、81Cと、処理室32内に収容されたボート30に保持されているウエハ1の主面に対して垂直(直角)方向に延びる管部82A、82B、82Cと、管部82A、82B、82Cに隣合うウエハ1、1間に跨がって冷却ガスを噴出するように開設された噴出孔83A、83B、83Cとを備えている。

管部82A、82B、82Cはいずれもが、処理室32の内周面に沿うように垂直(鉛直)にそれぞれ敷設されている。そして、処理室32とボート30との間の限られた空間で、流路断面積を大きくするために、管部82A、82B、82Cは断面が長円形(小判形)の

管形状に形成されている。

なお、好ましくは、図4に示されているように、管部82A、82B、82Cは長円形(小判形)の管形状をも同一半径の円弧上にウエハ1の中心に向かって冷却ガスを供給するように配置すると、より一層限られた空間を有効に使用することができるとともに、ウエハを効率良く冷却することができる。

管部82A、82B、82Cの長さは大中小に相異されており、本実施の形態においては、大中小の順番に配置されている。

噴出孔83A、83B、83Cはいずれも上下方向に細長いスリット形状に形成されており、長さの相異なる管部82A、82B、82Cの上端部にそれぞれ開設されている。また、噴出孔83A、83B、83Cは管部82A、82B、82Cにおける長円形の直線部分であって、処理室32の内側を向いた主面に開設されている。

冷却ガス導入時に管部82A、82B、82Cそれぞれの内部の圧力が処理室32の圧力より大きくなることで、噴出孔の全長に渡っての圧力差が発生するのを防止するために、管部82A、82B、82Cにおける噴出孔83A、83B、83Cが形成された領域の断面積は、噴出孔83A、83B、83Cの開口面積よりも大きくなるように設定されている。

換言すれば、管部の流路断面積を噴出孔の流路断面積よりも大きく設定することにより、管部の流路抵抗を噴出孔の流路抵抗よりも小さくしており、かつ、冷却ガス導入時に管部の内部圧力が処理室32の圧力より大きくなるようにしている。

さらに、管部82A、82B、82Cにおける噴出孔83A、83B、83Cが形成された領域の断面積は、導入部81A、81B、81Cの断面積よりも大きくなるように設定されている。これにより、マニホールド36を上下方向に大きくするようなことをすることもなく、管部の断面積を確保することができる。

例えば、マニホールド36を上下方向に大きくすると、プロセスチューブ31の上下方向のサイズを小さくすることとなり、一度に処理するウエハの枚数を少なくせざるを得ないことになる。

反対に、プロセスチューブ31の上下方向のサイズはそのままにすると、ヒータユニット50の上下方向のサイズを大きくしたりせざるを得ないこととなるが、これらを防ぐこと

ができる。

さらに、導入部である管部82A、82B、82Cの断面の形状は円形とすることにより、断面円形であるガス導入ポートとの接続が容易となる。

ところで、噴出孔の上端と下端とにおいては摩擦(流路抵抗)が大きいために、流速が低下する。

そこで、噴出孔83Aと噴出孔83Bとの間、噴出孔83Bと噴出孔83Cとの間において、5mmのオーバーラップ部OR₁、OR₂がそれぞれ介設されている。

図6について具体的に説明すると、噴出孔83Aの下端を噴出孔83Bの上端より5mmだけ下方に位置させることによりオーバーラップ部OR₁を形成しており、噴出孔83Bの下端を噴出孔83Cの上端より5mmだけ下方に位置させることによりオーバーラップ部OR₂を形成している。

[0030] 図4に示されているように、3本の冷却ガス供給ノズル80A、80B、80Cの導入部81A、81B、81Cには、3本の冷却ガス供給ライン84A、84B、84Cの一端がそれぞれ接続されており、3本の冷却ガス供給ライン84A、84B、84Cの他端には3台の窒素ガス供給装置85A、85B、85Cがそれぞれ接続されている。各窒素ガス供給装置85A、85B、85Cは冷却ガスとしての窒素ガスをそれぞれ供給するように構成されており、窒素ガスの供給や供給の停止および供給流量等を一对の流量調整コントローラ86A、86B、86Cによって制御されるように構成されている。

[0031] 次に、前記構成に係るアニール装置によるICの製造方法におけるアニール工程を説明する。

図1および図2に示されているように、ポッド2がポッドステージ14に供給されると、ポッド搬入搬出口12がフロントシャッタ13によって開放され、ポッドステージ14の上のポッド2はポッド搬送装置18によって筐体11の内部へポッド搬入搬出口12から搬入される。

搬入されたポッド2は回転式ポッド棚15の指定された棚板17へポッド搬送装置18によって自動的に搬送されて受け渡され、その棚板17に一時的に保管される。

保管されたポッド2はポッド搬送装置18によって一方のポッドオープナ21に搬送されて載置台22に移載される。この際、ポッドオープナ21のウエハ搬入搬出口20はキ

キャップ着脱機構23によって閉じられており、移載室24には窒素ガスが流通されることによって充満されている。例えば、移載室24の酸素濃度は20ppm以下と、筐体11の内部(大気雰囲気)の酸素濃度よりも遙に低く設定されている。

[0032] 載置台22に載置されたポッド2はその開口側端面がサブ筐体19の正面におけるウエハ搬入搬出口20の開口縁辺部に押し付けられるとともに、そのキャップがキャップ着脱機構23によって取り外され、ウエハ出し入れ口が開放される。

ポッド2に収納された複数枚のウエハ1はウエハ移載装置25によって掬い取られ、ウエハ搬入搬出口20から移載室24を通じて待機室26へ搬入され、ボート30に装填(チャージング)される。ボート30にウエハ1を受け渡したウエハ移載装置25はポッド2に戻り、次のウエハ1をボート30に装填する。

[0033] 以降、以上のウエハ移載装置25の作動が繰り返されることにより、一方のポッドオープンナ21の載置台22の上のポッド2の全てのウエハ1がボート30に順次装填されて行く。

[0034] この一方(上段または下段)のポッドオープンナ21におけるウエハ移載装置25によるウエハのボート30への装填作業中に、他方(下段または上段)のポッドオープンナ21には回転式ポッド棚15から別のポッド2がポッド搬送装置18によって搬送されて移載され、ポッドオープンナ21によるポッド2の開放作業が同時進行される。

このように他方のポッドオープンナ21において開放作業が同時進行されていると、一方のポッドオープンナ21におけるウエハ1のボート30への装填作業の終了と同時に、他方のポッドオープンナ21にセットされたポッド2についてのウエハ移載装置25によるウエハのボート30への装填作業を開始することができる。すなわち、ウエハ移載装置25はポッド2の入替え作業についての待ち時間を浪費することなく、ウエハのボート30への装填作業を連続して実施することができるので、アニール装置10のスルーputを高めることができる。

[0035] 図3に示されているように、予め指定された枚数のウエハ1がボート30に装填されると、ウエハ1群を保持したボート30はシールキャップ29がボートエレベータ27によって上昇されることにより、プロセスチューブ31の処理室32に搬入(ボートローディング)されて行く。

図5で参照されるように、上限に達すると、シールキャップ29はマニホールド36に押接することにより、プロセスチューブ31の内部をシールした状態になる。ボート30はシールキャップ29に支持されたままの状態、処理室32に存置される。

[0036] 続いて、不活性ガスが窒素ガス供給装置72によってガス供給ノズル74から導入されつつ、プロセスチューブ31の内部が排気口37によって排気されるとともに、加熱ランプ52群および天井加熱ランプ53群によって温度コントローラ55のシーケンス制御の目標温度に加熱される。

加熱ランプ52群や天井加熱ランプ53群およびキャップ加熱ランプ53A群の加熱によるプロセスチューブ31の内部の実際の上昇温度と、加熱ランプ52群や天井加熱ランプ53群およびキャップ加熱ランプ53A群のシーケンス制御の目標温度との誤差は、カスケード熱電対56の計測結果に基づくフィードバック制御によって補正される。

また、ボート30がモータ47によって回転される。

[0037] プロセスチューブ31の内圧や温度およびボート30の回転が全体的に一定の安定した状態になると、プロセスチューブ31の処理室32にはアニール用ガスが、ガス供給装置43によってガス供給ノズル74から導入される。ガス供給ノズル74によって導入されたアニール用ガスは、プロセスチューブ31の処理室32内を流通して排気口37によって排気される。

処理室32を流通する際に、アニール用ガスが所定の処理温度に加熱されたウエハ1に接触することによる熱反応により、ウエハ1にはアニール処理が施される。

この熱処理が施される場合の処理条件の一例は、次の通りである。

処理温度は100～400℃の間で選択される所定の温度、例えば、200℃で、少なくとも処理中は一定に維持される。

アニール時に使用されるガスとしては、次のうちから選択される一つが使用される。

- (1) 窒素(N_2)ガスのみ
- (2) 窒素ガスと水素(H_2)ガスとの混合ガス
- (3) 水素ガスのみ
- (4) 窒素ガスと重水素ガスとの混合ガス
- (5) 重水素ガスのみ

(6) アルゴン (Ar) ガスのみ

また、処理圧力は、13Pa～101000Paの間で選択される所定の圧力、例えば、100000Paで、少なくとも処理中は一定に維持される。

[0038] ところで、プロセスチューブ31およびヒータユニット50の温度は処理温度以上に維持する必要がないばかりでなく、処理温度未満に下げることがかえって好ましいので、アニールステップにおいては、冷却エアが給気管62から供給されて、サブ排気口65、バッファ部64および排気口63から排気されることにより、冷却エア通路61に流通される。

この際、断熱槽51は熱容量が通例に比べて小さく設定されているので、急速に冷却することができる。

このように冷却エア通路61における冷却エアの流通によってプロセスチューブ31およびヒータユニット50を強制的に冷却することにより、例えば、窒素ガスによるアニール処理であれば、ローディングおよびアンローディング時の処理室内の温度である50℃程度にプロセスチューブ31の温度を維持することができる。

なお、冷却エア通路61は処理室32から隔離されているので、冷媒ガスとして冷却エアを使用することができる。

但し、冷却効果をより一層高めるためや、エア内の不純物による高温下での腐食を防止するためには、窒素ガス等の不活性ガスを冷媒ガスとして使用してもよい。

[0039] 所定の処理時間が経過すると、処理ガスの導入が停止された後に、図4、図5および図6に示されているように、冷却ガスとしての窒素ガス90がガス供給ノズル74および横からの冷却ガス供給ノズル80A、80B、80Cにそれぞれ供給される。この際の窒素ガス90の供給流量は、各流量調整コントローラ73、86A、86B、86Cによってそれぞれ最適値に制御される。

ガス供給ノズル74と横からの冷却ガス供給ノズル80A、80B、80Cとにそれぞれ供給された窒素ガス90は、ガス供給ノズル74の噴出口74aと横からの冷却ガス供給ノズル80A、80B、80Cの噴出孔83A、83B、83Cとからそれぞれ噴出し、処理室32にボート30によって存置されたウェハ1群に均等に接触し、処理室32の下端部における排気口37によって吸引されて排気される。

[0040] 図5および図6に示されているように、ガス供給管70からガス供給ノズル74に供給された窒素ガス90は、ガス供給ノズル74の上端の噴出口74aから処理室32の天井面に向かって噴出する。処理室32の天井面に直接吹き付けられた窒素ガス90は、プロセスチューブ31の天井壁をきわめて効果的に冷却する。

ところで、ガス供給ノズル74の噴出口74aがボート30の上側端板よりも低い位置に配置されていると、上方向への流れがウエハ1をばたつかせる現象(びびり現象。ウエハがボートの上で微振動を起こす現象。)が発生する。

ウエハ1がばたつくと、ウエハ1のボート30に対する位置ずれによるウエハ1の移載ミスや、ウエハ1とボート30との摩擦によるウエハ裏面のスクラッチおよびパーティクルの発生が起こる可能性がある。

しかし、本実施の形態においては、ガス供給ノズル74の噴出口74aはボート30の上側端板よりも高い位置に配置されているとともに、窒素ガス90を処理室32の天井面に向かって噴出するように設定されていることにより、ガス供給ノズル74の噴出口74aから噴出した窒素ガス90は処理室32の天井面に衝突した後に層流となって拡散するので、ウエハ1をばたつかせることはない。

ここで、ガス供給ノズル74の噴出口74aから噴出する窒素ガス90の噴出速度が速すぎる場合には、噴出口74aから噴出して天井面に勢いよく衝突した窒素ガス90の流れが拡散せずに偏った流れになり、この偏った流れがボート30の上部に保持されたウエハ1、1間を流れる場合がある。

このように、窒素ガス90がボート30の上部に保持されたウエハ1、1間を層流として流れることは、最も冷却され難いボート30の上部に保持されたウエハ1群に対する冷却効率を高める効果が得られると、期待される。

しかし、ガス供給ノズル74の噴出口74aから噴出する窒素ガス90の噴出速度が過度に速すぎる場合には、ボート30の上部に保持されたウエハ1群におけるウエハ1をばたつかせる原因になるので、注意が必要である。

なお、この際の窒素ガス90の供給流量は、流量調整コントローラ73によって100～200リットル毎分に制御される。

本実施の形態においては、ガス供給ノズル74は横からの冷却ガス供給ノズル80A

、80B、80Cと対向する位置に配設されており、ガス供給ノズル74の噴出口74aから噴出して天井面に衝突する窒素ガス90の流速を適度に抑制することができるために、窒素ガス90の流速が速いことに起因するボート30の上部に保持されたウエハ1群におけるウエハ1のばたつきの発生は防止することができる。

ちなみに、処理室32の天井面に衝突する窒素ガス90の流速や角度を最適値に設定するために、ガス供給ノズル74の上端部は斜めにカットする場合もある。

[0041] ところで、窒素ガス90のガス供給ノズル74からの噴出によってウエハ面間の温度偏差を小さくすることができるが、窒素ガス90のガス供給ノズル74からの噴出だけでは、ウエハ1の周辺部ばかりが冷却されることにより、ウエハ面内の温度偏差が大きくなる。

そこで、本実施の形態においては、横からの冷却ガス供給ノズル80A、80B、80Cをボート30の側方に配置することにより、窒素ガス90をウエハ1の側方から上下で隣り合うウエハ1、1間に均一に流すことにしている。

すなわち、図4、図5および図6に示されているように、横からの冷却ガス供給ノズル80A、80B、80Cにそれぞれ供給された窒素ガス90は、これらの噴出孔83A、83B、83Cから処理室32にそれぞれ水平に噴出することにより、ウエハ1の側方から上下で隣り合うウエハ1、1間にそれぞれ均一に流れる。

このとき、横からの冷却ガス供給ノズル80A、80B、80Cはガス供給ノズル74と対向する位置にそれぞれ配設されているので、前述したように、窒素ガス90の流速が速いことに起因するボート30の上部に保持されたウエハ1群におけるウエハ1のばたつきの発生は防止することができる。

横からの冷却ガス供給ノズル80A、80B、80Cは、管部における上下方向に細長いスリット形状に形成されている噴出孔が形成された断面積が噴出孔の開口面積よりも大きくなるように設定されているため、ノズル内の窒素ガス90を導入部より導入する際には、冷却ガス供給ノズルの管部内の圧力を処理室32内の圧力より大きくすることができ、噴出孔83A、83B、83Cから水平方向に略均一な流速を保つことができる。

[0042] また、横からの冷却ガス供給ノズル80A、80B、80Cの各噴出孔83A、83B、83Cは上下方向に細長いスリット形状にそれぞれ形成されているので、それぞれの噴出

孔83A、83B、83Cから噴出された冷却ガスが少なくとも2枚以上のウエハ群を同時に同条件で冷却することができるとともに、窒素ガス90の流量や処理室32内の圧力について広範囲に対応することができる。

例えば、横からの冷却ガス供給ノズル80A、80B、80Cの各噴出孔83A、83B、83Cを、これらから処理室32にそれぞれ噴出する窒素ガス90の流速を遅くなるように、設定することにより、窒素ガス90をウエハ1群にゆっくりと接触させることができるので、ウエハ1の熱を効率良く奪うことができる。

このとき、長い冷却ガス供給ノズル80Aの噴出孔83Aはボート30のウエハ保持領域の上部に対向するように開設されているので、窒素ガス90はボート30のウエハ保持領域の上部に噴出する状態になる。

中間長さの冷却ガス供給ノズル80Bの噴出孔83Bはボート30のウエハ保持領域の中央部に対向するように開設されているので、窒素ガス90はボート30のウエハ保持領域の中央部に噴出する状態になる。

短い冷却ガス供給ノズル80Cの噴出孔83Cはボート30のウエハ保持領域の下部に対向するように開設されているので、窒素ガス90はボート30のウエハ保持領域の下部に噴出する状態になる。

したがって、横からの冷却ガス供給ノズル80A、80B、80Cの各噴出孔83A、83B、83Cから噴出する窒素ガス90の流速を均等に設定することにより、窒素ガス90をウエハ1群を全長にわたって均等に冷却することができる。

なお、この際の窒素ガス90の供給流量は、各流量調整コントローラ86A、86B、86Cによってそれぞれ50～100リットル毎分にて制御される。

好ましくは、ガス供給ノズル74の流量を150リットル毎分とし、横からの冷却ガス供給ノズル80A、80B、80Cの流量をそれぞれ75リットル毎分とするとよい。

また、好ましくは、ガス供給ノズル74と横からの冷却ガス供給ノズル80A、80B、80Cの総和との流量比を、1対1、と設定するとよい。

[0043] ところで、横からの冷却ガス供給ノズル80A、80B、80Cの噴出孔83A、83B、83Cの上端と下端とにおいては、摩擦が大きいために流速が低下する。

しかし、本実施の形態においては、長い冷却ガス供給ノズル80Aの噴出孔83Aと

中間長さの冷却ガス供給ノズル80Bの噴出孔83Bとの間にオーバーラップ部 OR_1 、および、中間長さの冷却ガス供給ノズル80Bと短い冷却ガス供給ノズル80Cの噴出孔83Cとの間にオーバーラップ部 OR_2 がそれぞれ介設されていることにより、低下した流速を補うことができるので、噴出孔83Aと83Bとの境目および噴出孔83Bと83Cとの境目の流速を均等に維持することができる。

[0044] なお、窒素ガス90のウエハ1群への吹き付けに際して、ボート30をモータ47によって回転させると、ウエハ1の面内の温度差をより一層低減させることができる。

すなわち、窒素ガス90をウエハ1に浴びせながらウエハ1をボート30ごと回転させることにより、窒素ガス90をウエハ1の全周にわたって均等に接触させることができるために、ウエハ1の面内の温度差を低減させることができる。

[0045] 以上のようにして、窒素ガス90はウエハ1に直接的に接触して熱を奪い、かつ、ウエハ1群の全長にわたって均等に接触するので、ウエハ1群の温度は大きいレート(速度)をもって急速に下降するとともに、ウエハ1群の全長およびウエハ1の面内において均一に下降する。

[0046] ウエハ1群が窒素ガス90によって強制的に冷却された後に、シールキャップ29に支持されたボート30はボートエレベータ27によって下降されることにより、処理室32から搬出(ボートアンローディング)される。

このボートアンローディングに際しても、窒素ガス90が横からの冷却ガス供給ノズル80A、80B、80Cの噴出孔83A、83B、83Cによってウエハ1群に吹き付けられることにより、ウエハ1群の温度が大きいレート(速度)をもって急速に下降されるとともに、ウエハ1群の全長およびウエハ1の面内において均一に下降される。

このボート30の下降に際して、ボート30に保持されたウエハ1群列の上下において温度差が発生するのを防止するために、ボート30のウエハ保持領域の上部に対向するように開設された長い冷却ガス供給ノズル80Aの噴出孔83Aからの窒素ガス90の噴出流量と、中間長さの冷却ガス供給ノズル80Bの噴出孔83Bからの窒素ガス90の噴出流量と、ボート30のウエハ保持領域の下部に対向するように開設された短い冷却ガス供給ノズル80Cの噴出孔83Cからの窒素ガス90の噴出流量とを適宜に制御することにより、窒素ガス90による冷却速度をボート30の上下方向においてゾーン

制御する。

- [0047] 待機室26に搬出されたボート30の処理済みウエハ1は、ボート30からウエハ移載装置25によって脱装(ディスチャージング)され、ポッドオープナ21において開放されているポッド2に挿入されて収納される。

処理済みウエハ1のボート30からの脱装作業の際も、ボート30がバッチ処理したウエハ1の枚数は1台の空のポッド2に収納するウエハ1の枚数よりも何倍も多いために、複数台のポッド2が上下のポッドオープナ21、21に交互にポッド搬送装置18によって繰り返し供給されることになる。

この場合にも、一方(上段または下段)のポッドオープナ21へのウエハ移載作業中に、他方(下段または上段)のポッドオープナ21への空のポッド2への搬送や準備作業が同時進行されることにより、ウエハ移載装置25はポッド2の入替え作業についての待ち時間を浪費することなく脱装作業を連続して実施することができるために、アニール装置10のスループットを高めることができる。

- [0048] 所定枚数の処理済みのウエハ1が収納されると、ポッド2はポッドオープナ21によってキャップを装着されて閉じられる。

続いて、処理済みのウエハ1が収納されたポッド2はポッドオープナ21の載置台22から回転式ポッド棚15の指定された棚板17にポッド搬送装置18によって搬送されて一時的に保管される。

- [0049] その後、処理済みのウエハ1を収納したポッド2は回転式ポッド棚15からポッド搬入搬出口12へポッド搬送装置18により搬送され、ポッド搬入搬出口12から筐体11の外部に搬出されてポッドステージ14の上に載置される。ポッドステージ14の上に載置されたポッド2は次工程へ工程内搬送装置によって搬送される。

なお、新旧のポッド2についてのポッドステージ14への搬入搬出作業およびポッドステージ14と回転式ポッド棚15との間の入替え作業は、処理室32におけるボート30の搬入搬出作業やアニール処理の間に同時に進行されるため、アニール装置10の全体としての作業時間が延長されるのを防止することができる。

- [0050] 以降、前記作用が繰り返されることにより、アニール装置10によってウエハ1に対するアニール処理が実施されて行く。

[0051] 前記実施の形態によれば、次の効果が得られる。

[0052] 1) 熱処理後に、冷却ガスとしての窒素ガスをガス供給ノズルおよび／または横からの冷却ガス供給ノズルとによってウエハ群に吹き付けることにより、ウエハ群を直接かつ全長にわたって均等に冷却することができるので、ウエハ群の降温速度を高めることができるとともに、ウエハ相互間およびウエハの面内温度の均一性を高めることができる。

[0053] 2) ウエハ群におけるウエハ相互間の温度差およびウエハ面内の温度差の発生を防止することにより、ICの特性に及ぼす悪影響を回避することができ、また、ウエハ群の温度を十分に降温させることができるので、熱を帯びたウエハが酸素を多く含んだ雰囲気中に晒されることによる自然酸化膜の生成を防止することができ、また、膜質を向上させることができる。

特に、銅(Cu)配線等のパターンが形成されているウエハ群を処理室内で水素ガスや水素ガスを含んだ状態でアニール処理した後に、処理室内でウエハを強制的に冷却することができるので、銅結晶の欠陥(VOID)を減少させることができる。

[0054] 3) 熱処理後およびボートアンローディング時にウエハ群を十分に降温させることにより、ボートアンローディング後の降温待機時間を省略ないしは短縮することができるので、アニール装置のスループットを向上させることができる。

また、熱処理後に処理室内外の温度差が大きい状態でボートアンローディングすると、ボートの下方から引き出されるので、ボートの下方のウエハから冷やされ、ボートの上方のウエハは下方にくらべて比較的遅く引き出されるので、ボートの上方と下方のウエハとでは熱せられた総熱量に差が生じてしまい、この総熱量差がICの特性に悪影響を及ぼすのを抑制することができる。

[0055] 4) ガス供給ノズルの上端の噴出口から窒素ガスを処理室の天井面に向かって噴出させることにより、窒素ガスを処理室の天井面に直接吹き付けることができるので、プロセスチューブの天井壁をきわめて効果的に冷却することができる。

[0056] 5) ガス供給ノズルの噴出口をボートの上側端板よりも高い位置に配置して窒素ガスを処理室の天井面に向かって噴出するように設定することにより、ガス供給ノズルの噴出口から噴出した窒素ガスを処理室の天井面に衝突した後に層流として拡散させ

ることができるので、窒素ガスがウエハをばたつかせる現象が発生するのを防止することができる。

- [0057] 6) 横からの冷却ガス供給ノズルをガス供給ノズルと対向する位置に配設することにより、ガス供給ノズルの噴出口から噴出して天井面に衝突する窒素ガスの流速を適度に抑制することができるので、窒素ガスの流速が速いことに起因するボートの上部に保持されたウエハ群におけるウエハのばたつきの発生を防止することができる。
- [0058] 7) 横からの冷却ガス供給ノズルを複数本設けることにより、窒素ガスの噴出エリアを垂直方向に複数設定することができるので、処理室のウエハ群を全長にわたって均等に冷却することができ、また、ボートアンローディングに際して、窒素ガスによる冷却速度をゾーン制御することができる。
- [0059] 8) 横からの冷却ガス供給ノズルの管部を処理室の内周面に沿うように垂直に敷設するとともに、断面が長円形(小判形)の管形状に形成することにより、処理室とボートとの間の限られた空間で、管部の流路断面積を大きくすることができる。
- [0060] 9) 横からの冷却ガス供給ノズルの管部における噴出孔が形成された領域の断面積を噴出孔の開口面積よりも大きくなるように設定することにより、冷却ガス供給ノズル管部内部の圧力を処理室の圧力よりも大きくすることができ、また、噴出孔の全長に渡っての圧力差が発生するのを防止することができるので、冷却ガスの流速を噴出孔の全長にわたって均等化することができる。
- [0061] 10) さらに、冷却ガス供給ノズルの管部における噴出孔が形成された領域の断面積を導入部の断面積よりも大きくなるように設定することにより、冷却ガス供給ノズル管部内部の圧力を処理室の圧力よりも大きくすることができ、また、噴出孔の全長にわたっての圧力差が発生するのを防止することができるので、冷却ガスの流速を全長にわたって均等化することができる。
- [0062] 11) 隣合う冷却ガス供給ノズルの噴出孔が上下に隣合うように配置される際に、オーバーラップ部を介設することにより、噴出孔の上下端で低下した流速を補うことができるので、上下に隣合う噴出孔のそれぞれの上下端に配置されているウエハをも噴出孔の上下端に配置されていないウエハと同等に冷却することができる。
- [0063] なお、本発明は前記実施の形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない

範囲で種々に変更が可能であることはいうまでもない。

[0064] 例えば、横からの冷却ガス供給ノズルは3本を配設するに限らず、1本もしくは2本または4本以上配設してもよい。

また、冷却ガスとしての窒素ガスの噴出エリアは、上中下三つに設定するに限らず、一つもしくは二つまたは四つ以上に設定してもよい。

[0065] 横からの冷却ガス供給ノズルの噴出孔は、同一幅のスリット形状に形成するに限らず、上下方向で幅が増減するスリット形状に形成してもよいし、円形や角形の複数個の貫通孔によって構成してもよい。

特に、スリット形状を上方向に次第に幅が増大する形状に形成させるとよい。これは、横からの冷却ガス供給ノズル内でもヒータの加熱ゾーンに存置するように配置されるため、横からの冷却ガス供給ノズル内であっても、冷却ガスはヒータの加熱の影響等を受けて熱せられることとなり、冷却ガスがスリットから噴出される高さが高ければ高い程、ヒータによる加熱の影響を受ける時間が長くなり、噴出孔(スリット)から噴出される冷却ガスの温度は、上方向に流れるのに従って次第に高くなってしまうこととなる。そのため、上方向に流れるのに従い処理室内に供給する冷却ガスの流量を多くすることにより、上下方向にある複数のウエハに対する冷却ガスによる冷却効果を均一とすることができる。

[0066] 窒素ガス供給源はガス供給ノズルや横からの冷却ガス供給ノズルとの間において、兼用するように構成してもよい。

[0067] 加熱手段としては、熱エネルギーのピーク波長が $1.0\mu\text{m}$ のハロゲンランプを使用するに限らず、熱線(赤外線や遠赤外線等)の波長(例えば、 $0.5\sim 3.5\mu\text{m}$)を照射する他の加熱ランプ(例えば、カーボンランプ)を使用してもよいし、誘導加熱ヒータ、珪化モリブデンやFe-Cr-Al合金等の金属発熱体を使用してもよい。

[0068] 前記実施の形態においては、アニール装置について説明したが、酸化・拡散装置やCVD装置等の基板処理装置全般に適用することができる。

[0069] 被処理基板はウエハに限らず、ホトマスクやプリント配線基板、液晶パネル、コンパクトディスクおよび磁気ディスク等であってもよい。

[0070] 本願の課題を解決するための手段のうち代表的なものは、次の通りである。

(1) 複数枚の基板を保持したボートを収容して複数枚の基板を処理する処理室と、
前記処理室周りに設置されて前記基板を加熱するヒータユニットと、
前記処理室内に収容された前記ボートに保持されている前記基板の主面に対して鉛直方向に延びる管部に、前記複数枚の基板の少なくとも2枚に跨がって冷却ガスを噴出する噴出孔が形成されている冷却ガス供給ノズルと、を備えており、

前記管部における前記噴出孔が形成された領域の断面積が、前記噴出孔の総開口面積よりも大きくなるように設定されていることを特徴とする基板処理装置。

(2) 複数枚の基板を保持したボートを収容して複数枚の基板を処理する処理室と、
前記処理室周りに設置されて前記基板を加熱するヒータユニットと、
前記処理室に冷却ガスを供給する冷却ガス供給ノズルと、を備えており、
前記冷却ガス供給ノズルは、前記処理室の下方から前記冷却ガスを導入する導入部と、前記処理室内に収容された前記ボートに保持されている前記基板の主面に対して鉛直方向に延びる管部と、この管部に前記複数枚の基板の少なくとも2枚に跨がって冷却ガスを噴出するように形成された噴出孔と、を備えており、

前記管部における前記噴出孔が形成された領域の断面積が、前記導入部の断面積よりも大きくなるように設定されていることを特徴とする基板処理装置。

[0071] 前記(1)および(2)によれば、冷却ガス供給ノズルから冷却ガスを噴き出すことにより、処理済みの基板を急速かつ均一に降温させることができる。

前記(1)においては、冷却ガス供給ノズルの管部における噴出孔が形成された領域の断面積が噴出孔の開口面積よりも大きくなるように設定されているので、噴出孔から吹き出される際の冷却ガスの圧力差が発生するのを防止することができる。

前記(2)においては、冷却ガス供給ノズルの管部における噴出孔が形成された領域の断面積が導入部の断面積よりも大きくなるように設定されているので、冷却ガスの流速を遅くしつつ、噴出孔から吹き出される際の冷却ガスの圧力差が発生するのを防止することができる。

請求の範囲

- [1] 複数枚の基板を保持したボートを収容して複数枚の基板を処理する処理室と、
該処理室周りに設置されて前記基板を加熱するヒータユニットと、
前記処理室内に収容された前記ボートに保持されている前記基板の主面に対して
垂直方向に延びる管部に、前記複数枚の基板の少なくとも2枚に跨がって冷却ガス
を噴出する噴出孔が形成されている冷却ガス供給ノズルと、を備えており、
前記冷却ガス供給ノズルは、前記噴出孔が形成された領域の前記管部の断面積
が前記噴出孔の総開口面積よりも大きくなるように、形成されていることを特徴とする
基板処理装置。
- [2] 前記冷却ガス供給ノズルの前記噴出孔が形成された領域の前記管部の断面形状
が、長円形の管形状に形成されている請求項1の基板処理装置。
- [3] 前記冷却ガス供給ノズルは、前記管部が鉛直方向に延びるように形成されていると
ともに、前記噴出孔が鉛直方向に細長いスリット形状に形成されている請求項1の基
板処理装置。
- [4] 前記噴出孔は、前記管部の断面長円形の直線部分をなす主面であって、かつ、
前記処理室の内側を向いた主面に開設されている請求項2の基板処理装置。
- [5] 前記冷却ガス供給ノズルは複数設けられており、少なくとも、該第一の冷却ガス供
給ノズルと該第一の冷却ガス供給ノズルに隣接し設けられた第二の冷却ガス供給ノ
ズルとは、該第一の冷却ガス供給ノズルの前記噴出孔の上端と、該第二の冷却ガス
供給ノズルの噴出孔の下端とがオーバーラップするように、それぞれ形成されている請
求項1の基板処理装置。
- [6] 前記第一の冷却ガス供給ノズルは前記第二の冷却ガス供給ノズルよりも鉛直方向
の長さが短く、前記第一の冷却ガス供給ノズルの噴出孔の上端が前記第二の冷却ガ
ス供給ノズルの噴出孔の下端にオーバーラップするように、形成されている請求項5の
基板処理装置。
- [7] 前記冷却ガス供給ノズルの導入部には、冷却ガス供給ラインの一端が接続されて
おり、該冷却ガス供給ラインの他端には、流量調整コントローラで冷却ガスの供給流
量を制御される窒素ガス供給装置が接続されており、前記流量調整コントローラが5

0リットル毎分から100リットル毎分にて流量制御する請求項1の基板処理装置。

- [8] 前記処理室の下端から前記処理室の内周面を沿うように鉛直に設けられ前記ボートの天板よりも高い位置に噴出口が配置され、前記処理室の天井壁の下面に向けてガスを流すように構成されたガス供給ノズルをさらに備えている請求項1の基板処理装置。
- [9] 前記冷却ガス供給ノズルは前記ガス供給ノズルと前記ボートを挟んで対向する位置に配置されている請求項8の基板処理装置。
- [10] 前記冷却ガス供給ノズルは複数設けられており、
該複数の冷却ガス供給ノズルのそれぞれの導入部にそれぞれ接続される冷却ガス供給ラインと、
該冷却ガス供給ラインに接続される第一の窒素ガス供給装置と、
前記ガス供給ノズルの連結部に接続されるガス供給ラインと、
該ガス供給ラインに接続される第二の窒素ガス供給装置と、
前記第一の窒素ガス供給装置の冷却ガスの供給流量および第二の窒素ガス供給装置の冷却ガスの供給流量をそれぞれ制御する流量調整コントローラとをさらに備えており、
前記流量調整コントローラは前記複数の冷却ガス供給ノズルの前記噴出孔から噴き出される単位時間当たりの冷却ガス供給流量の総和流量と、前記ガス供給ノズルの噴出口から噴出される単位時間当たりのガス供給流量との流量比を1対1と設定し制御する請求項8の基板処理装置。
- [11] 前記ボートを回転させる回転軸と、該回転軸を回転駆動するモータとをさらに備えている請求項5の基板処理装置。
- [12] 複数枚の基板を保持したボートを収容して複数枚の基板を処理する処理室と、該処理室周りに設置されて前記基板を加熱するヒータユニットとを備える基板処理装置に用いられる冷却ガス供給ノズルであって、
前記処理室内に収容された前記ボートに保持された前記基板の主面に対して垂直方向に延びる管部に前記複数枚の基板の少なくとも2枚に跨って冷却ガスを噴出するよう噴出孔が形成されており、

前記噴出孔が形成された領域の前記管部の断面積が、前記噴出孔の総開口面積より大きくなるように形成されている冷却ガス供給ノズル。

[13] 前記噴出孔が形成された領域の前記管部の断面が、長円形の管形状に形成されている請求項12の冷却ガス供給ノズル。

[14] 前記管部が鉛直方向に延びるように形成されているとともに、前記噴出孔が鉛直方向に細長いスリット形状に形成されている請求項12の冷却ガス供給ノズル。

[15] 前記噴出孔は、前記管部の断面長円形の直線部分をなす主面であって、かつ、処理室の内側を向いた主面に開設されている請求項12の冷却ガス供給ノズル。

[16] 請求項8に記載の基板処理装置を用いて処理する半導体装置の製造方法であって、

前記複数枚の基板を保持した前記ボートを処理室に収容するステップと、

前記ヒータユニットで前記複数枚の基板を加熱し、該複数枚の基板を処理するステップと、

前記ガス供給ノズルおよび前記冷却ガス供給ノズルの噴出孔から冷却ガスを噴出し前記複数枚の基板を冷却するステップと、

前記複数枚の基板を保持した前記ボートを処理室から搬出するステップと、
を有する半導体装置の製造方法。

[17] 該複数枚の基板を処理するステップは、前記基板をアニール処理するステップである請求項16の半導体装置の製造方法。

[18] 複数枚の基板を保持したボートを処理室に収容するステップと、

該処理室周りに設置されたヒータユニットで前記複数枚の基板を加熱し、複数枚の基板を処理するステップと、

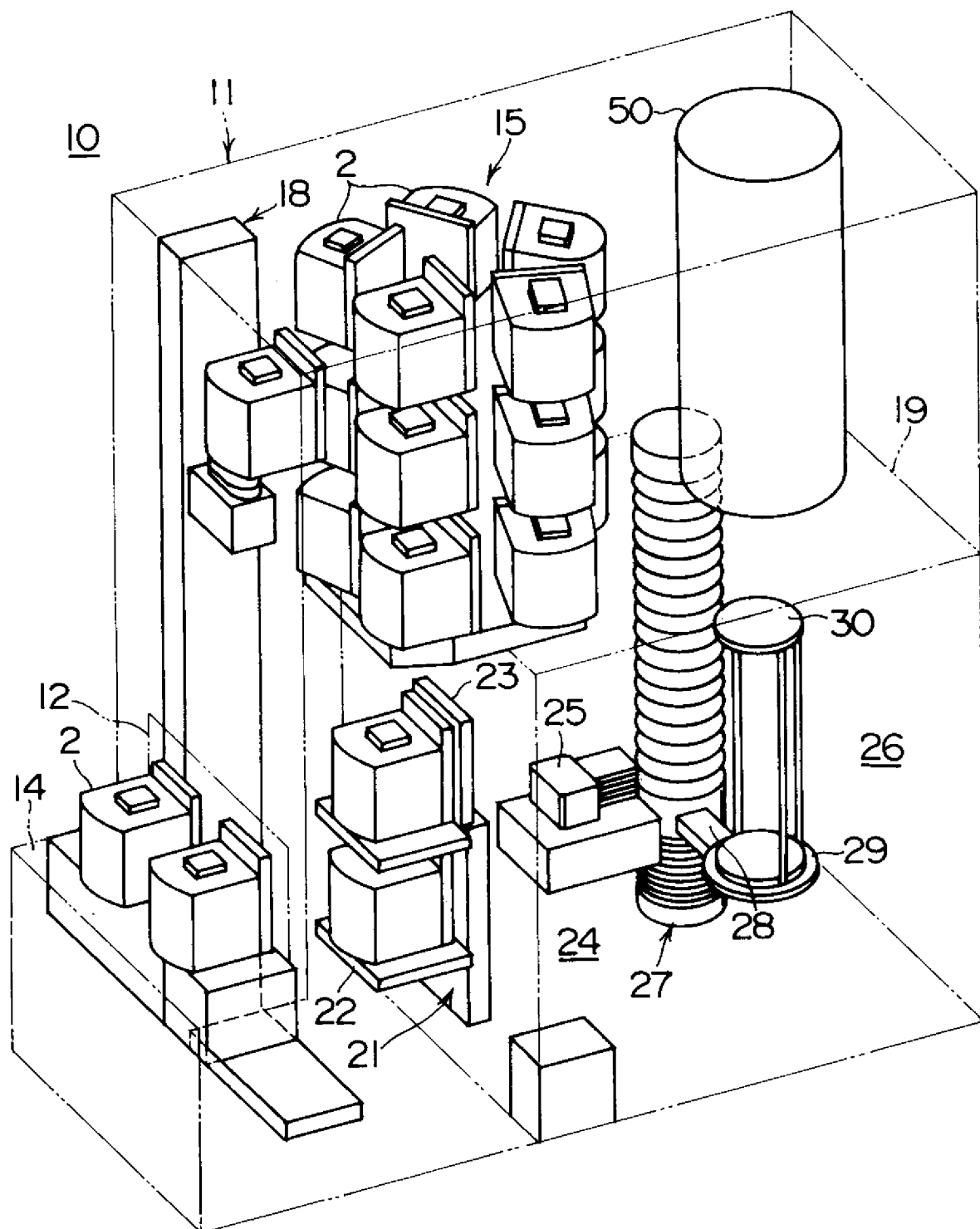
前記処理室内に収容された前記ボートに保持された前記基板の主面に対して垂直方向に延びる管部に前記複数枚の基板の少なくとも2枚に跨って冷却ガスを噴出するよう噴出孔が形成されており、前記噴出孔が形成された領域の前記管部の断面積が前記噴出孔の総開口面積より大きくなるように形成された冷却ガス供給ノズルの噴出孔から冷却ガスを噴出し、前記複数枚の基板を冷却するステップと、

前記複数枚の基板を保持した前記ボートを処理室から搬出するステップと、

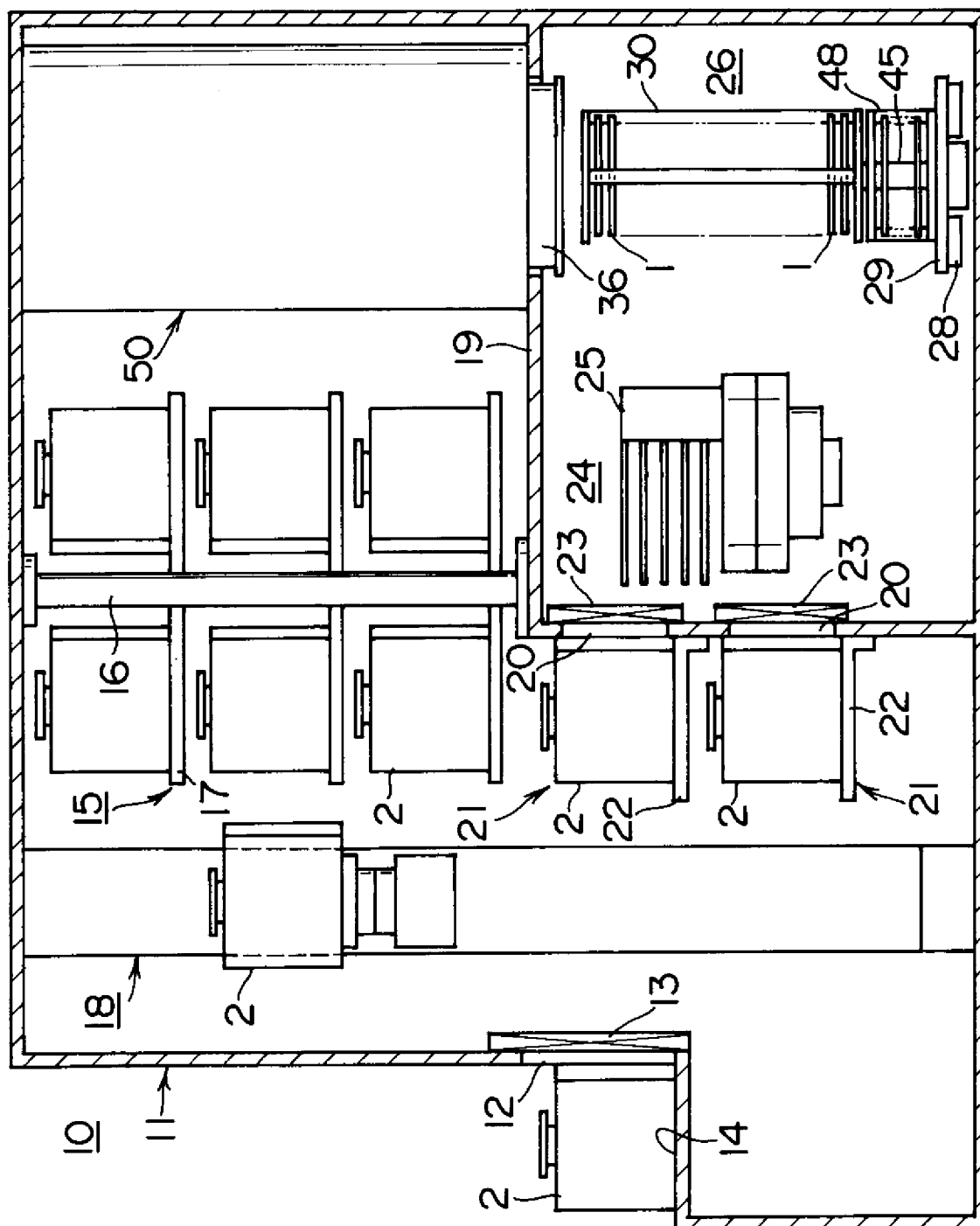
を有する半導体装置の製造方法。

- [19] 該複数枚の基板を処理するステップは、前記基板をアニール処理するステップである請求項18の半導体装置の製造方法。

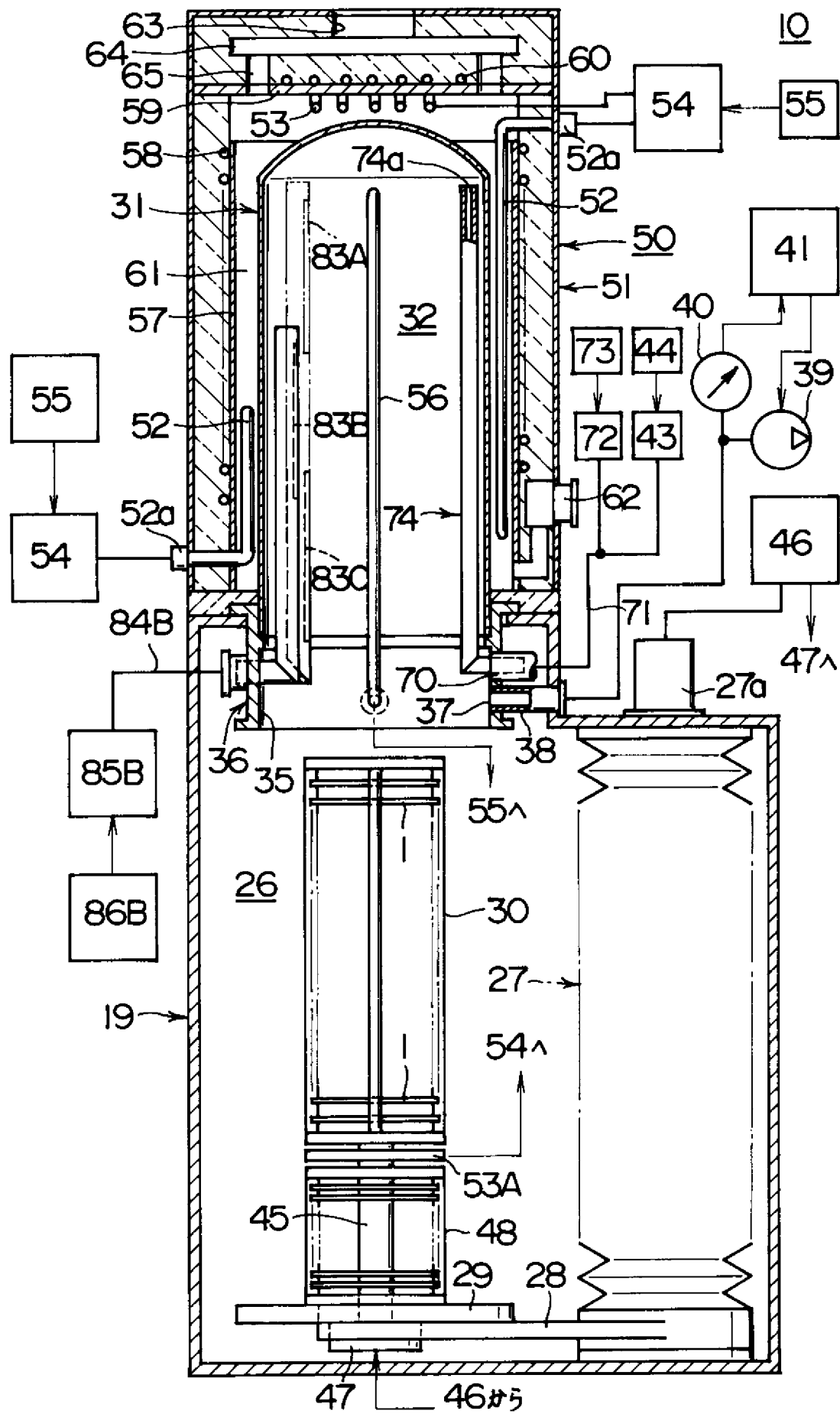
[図1]



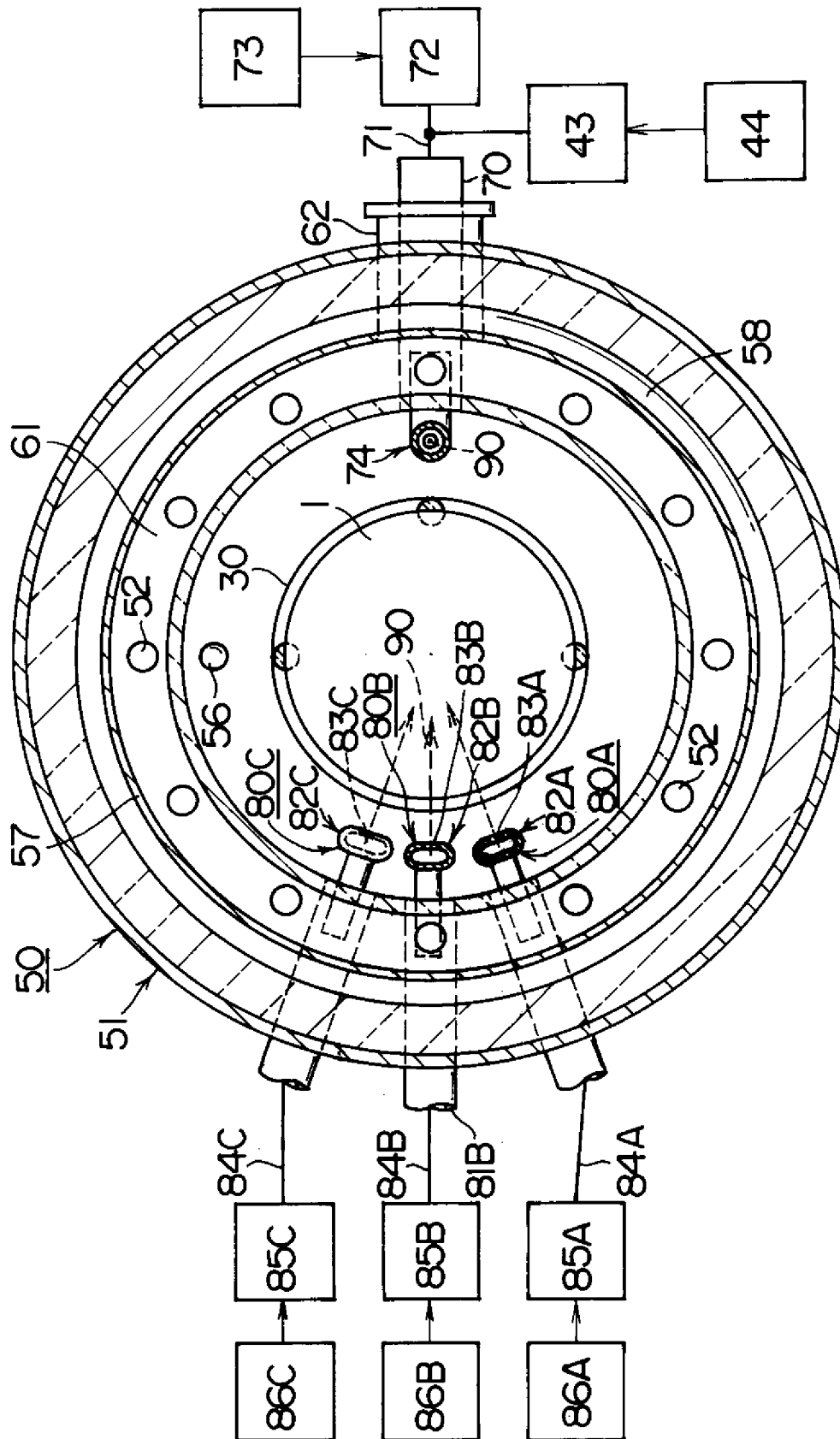
[図2]



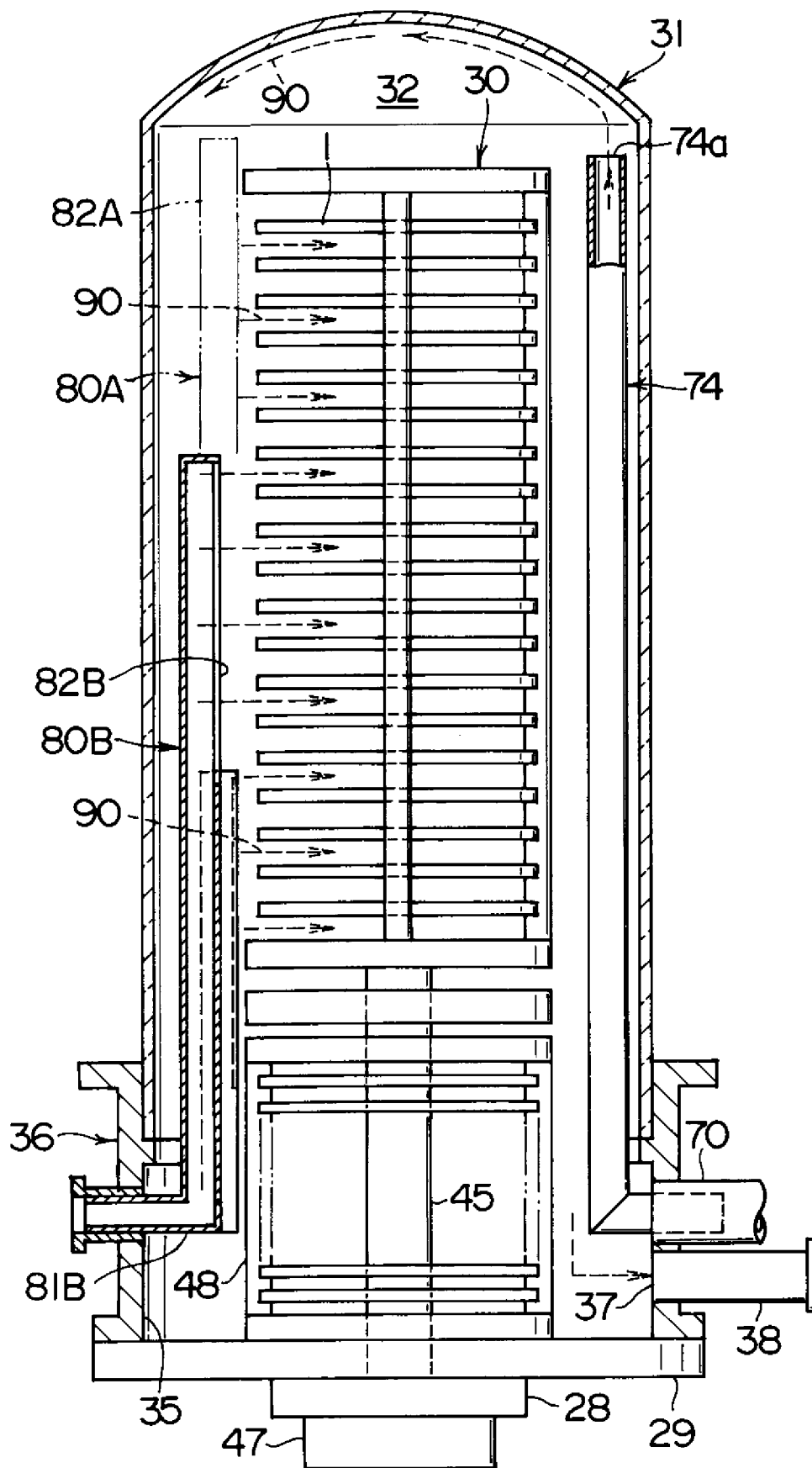
[図3]



[図4]



[図5]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2006/314241

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L21/26(2006.01)i, H01L21/205(2006.01)i, H01L21/22(2006.01)i, H01L21/31(2006.01)i, H01L21/324(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01L21/26, H01L21/205, H01L21/22, H01L21/31, H01L21/324

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2006
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2006	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2006

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2005-197373 A (Hitachi Kokusai Electric Inc.), 21 July, 2005 (21.07.05), Par. Nos. [0008] to [0039]; Figs. 1 to 5 (Family: none)	1-4, 7-8, 10, 12-19
Y	JP 2000-311862 A (Kokusai Electric Co., Ltd.), 07 November, 2000 (07.11.00), Par. Nos. [0009] to [0030]; Figs. 1 to 3 (Family: none)	1-4, 7-8, 10, 12-19
Y	JP 2004-95950 A (Hitachi Kokusai Electric Inc.), 25 March, 2004 (25.03.04), Par. Nos. [0008] to [0017]; Figs. 1, 3 (Family: none)	2, 4, 13, 15

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
12 October, 2006 (12.10.06)

Date of mailing of the international search report
24 October, 2006 (24.10.06)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2006/314241

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2003-17422 A (F.T.L. Co., Ltd.), 17 January, 2003 (17.01.03), Par. Nos. [0024] to [0034]; Figs. 3 to 5 & US 2003/0186517 A1	3, 14
Y	JP 11-67782 A (Tokyo Electron Ltd.), 09 March, 1999 (09.03.99), Par. Nos. [0007] to [0008]; Fig. 1 (Family: none)	8, 10, 16-17
A	JP 2001-176810 A (Semiconductor Leading Edge Technologies, Inc.), 29 June, 2001 (29.06.01), Par. Nos. [0018] to [0028]; Figs. 1 to 2 (Family: none)	1-19
A	JP 2004-304096 A (Tokyo Electron Ltd.), 28 October, 2004 (28.10.04), Par. Nos. [0016] to [0031]; Figs. 1 to 5 & EP 1610363 A1 & WO 2004/090959 A1	1-19
P, A	JP 2005-317734 A (Hitachi Kokusai Electric Inc.), 10 November, 2005 (10.11.05), Par. Nos. [0009] to [0057]; Figs. 1 to 9 & EP 1610363 A1 & WO 2004/090959 A1	1-19
A	JP 1-220434 A (Teru Sagami Kabushiki Kaisha), 04 September, 1989 (04.09.89), Page 2, lower left column, line 12 to page 4, lower right column, line 16; Figs. 1 to 3 (Family: none)	5-6, 11

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. H01L21/26(2006.01)i, H01L21/205(2006.01)i, H01L21/22(2006.01)i, H01L21/31(2006.01)i, H01L21/324(2006.01)i			
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. H01L21/26, H01L21/205, H01L21/22, H01L21/31, H01L21/324			
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2006年 日本国実用新案登録公報 1996-2006年 日本国登録実用新案公報 1994-2006年			
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）			
C. 関連すると認められる文献			
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号	
Y	JP 2005-197373 A (株式会社日立国際電気) 2005.07.21, 【0008】 - 【0039】, 図 1-5 (ファミリーなし)	1-4, 7-8, 10, 12-19	
Y	JP 2000-311862 A (国際電気株式会社) 2000.11.07, 【0009】-【0030】, 図 1-3 (ファミリーなし)	1-4, 7-8, 10, 12-19	
Y	JP 2004-95950 A (株式会社日立国際電気) 2004.03.25, 【0008】 - 【0017】, 図 1, 図 3 (ファミリーなし)	2, 4, 13, 15	
☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。 ☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。			
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献			
国際調査を完了した日 12.10.2006		国際調査報告の発送日 24.10.2006	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（I S A / J P） 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官（権限のある職員） 和瀬田 芳正 電話番号 03-3581-1101 内線 3498	4 L 2929

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 2003-17422 A (株式会社エフティール) 2003. 01. 17, 【0024】 - 【0034】, 図 3-5 & US 2003/0186517 A1	3, 14
Y	JP 11-67782 A (東京エレクトロン株式会社) 1999. 03. 09, 【0007】 - 【0008】, 図 1 (ファミリーなし)	8, 10, 16-17
A	JP 2001-176810 A (株式会社半導体先端テクノロジーズ) 2001. 06. 29, 【0018】 - 【0028】, 図 1-2 (ファミリーなし)	1-19
A	JP 2004-304096 A (東京エレクトロン株式会社) 2004. 10. 28, 【0016】 - 【0031】, 図 1-5 & EP 1610363 A1 & WO 2004/090959 A1	1-19
P, A	JP 2005-317734 A (株式会社日立国際電気) 2005. 11. 10, 【0009】 - 【0057】, 図 1-9 & EP 1610363 A1 & WO 2004/090959 A1	1-19
A	JP 1-220434 A (テル相模株式会社) 1989. 09. 04, 2 頁左下欄 12 行-4 頁右下欄 16 行, 第 1-3 図 (ファミリーなし)	5-6, 11