

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2012 年 1 月 26 日(26.01.2012)

PCT

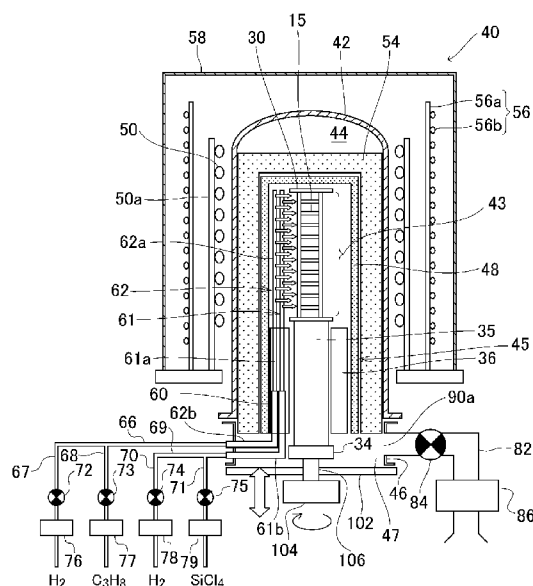
(10) 国際公開番号
WO 2012/011423 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 21/205 (2006.01) C23C 16/46 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/066041
- (22) 国際出願日: 2011 年 7 月 14 日(14.07.2011)
- (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 2010-165300 2010 年 7 月 22 日(22.07.2010) 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四丁目 1 4 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): 西堂 周平(SAIDO Shuhei) [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). 山口 天和(YAMAGUCHI Takatomo) [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). 原 大介(HARA Daisuke) [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: 油井 透, 外(YUI Tohru et al.); 〒1020072 東京都千代田区飯田橋四丁目 6 番 1 号 2 1 東和ビル 3 F 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, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (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, LR, 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 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: DEVICE FOR TREATING SUBSTRATE AND METHOD FOR PRODUCING SEMICONDUCTOR DEVICE

(54) 発明の名称: 基板処理装置および半導体装置の製造方法

【図1】



(57) Abstract: Disclosed is a device for treating a substrate, which comprises: a treatment chamber which treats a substrate inside a body to be induction heated; a substrate holding body which vertically holds a plurality of substrates inside the treatment chamber in such a way that gaps are formed therebetween; a first heat exchange part which supports the substrate holding body from underneath the substrate holding body inside the treatment chamber and exchanges heat with gas inside the treatment chamber; a second heat exchange part which is disposed horizontally with respect to the first heat exchange part inside the treatment chamber with a gap formed between the first and second heat exchange parts and which exchanges heat with the gas inside the treatment chamber; and an induction heating part which performs, outside of the body to be induction heated, induction heating of the body to be induction heated.

(57) 要約: 被誘導体内で基板を処理する処理室と、該処理室内で複数枚の基板を鉛直方向にそれぞれが間隔を成すように保持する基板保持体と、前記処理室内で前記基板保持体を該基板保持体の下方側から支持し前記処理室内のガスと熱交換する第一熱交換部と、前記処理室内で前記第一熱交換部の水平方向に該第一熱交換部と間隙を成して設けられ前記処理室内のガスと熱交換する第二熱交換部と、前記被誘導体の外側で該被誘導体を誘導加熱する誘導加熱部とを有する。

明 細 書

発明の名称：基板処理装置および半導体装置の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、基板処理装置および半導体装置の製造方法に関する。

背景技術

[0002] 従来、基板保持体（サセプタ）内で基板を処理する処理室を備え、前記サセプタを誘導加熱して鉛直方向に保持した処理室内の複数の基板を加熱するとともに、反応ガスを供給することにより基板処理を行う縦型の基板処理装置が知られている（例えば、特許文献1参照）。これは、基板を保持する基板保持体を下方側から下方断熱材によって支持し、また下方断熱材の水平方向側周縁に内側断熱材を設け、さらに基板保持体の上方に上方断熱部を設けることにより、処理室の全周を断熱材により覆うようにしたものである。これによれば、処理室の全周を断熱材により覆っているため、処理室の断熱効果（保熱効果）が高く、処理室の温度分布の均質化がはかれる。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2007-095923号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] ところで、縦型の基板処理装置の処理室は、反応管とマニホールドとを上下に重ねた反応容器内に形成される。処理室の上方側に位置する反応管は通常石英で構成され、処理室の下方側に位置するマニホールドは通常金属で構成される。マニホールドを構成する各部材の耐熱温度は、基板処理温度よりも低いことが多い。基板処理温度が高くと、処理室内の基板領域からマニホールドへのふく射は強烈である。また、基板処理にはキャリアガスが必要となるため、これによる基板領域からマニホールドへの熱エネルギーの輸送も膨大である。従って、基板処理装置の問題のひとつとして、マニホールドの温

度上昇が挙げられる。マニホールドを構成する各部材を保護するためには、マニホールドの温度を各部材の耐熱温度以下に保つ必要がある。

[0005] ところが、上述した特許文献1では、断熱効果はマニホールドへのふく射を有効に防止することは出来るものの、熱輸送については考慮されておらず、ガスは高温のままマニホールドの炉口部に放出される可能性がある。このため、炉口部の各部材の温度を耐熱温度以下に保持することが出来ない場合があり、部材の熱劣化等が生じる可能性がある。

[0006] 本発明の目的は、処理室下方側の部材の熱劣化等を抑制することが可能な基板処理装置および半導体装置の製造方法を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明の一態様によれば、被誘導体内で基板を処理する処理室と、該処理室内で複数枚の基板を鉛直方向にそれぞれが間隔を成すように保持する基板保持体と、前記処理室内で前記基板保持体を該基板保持体の下方側から支持し前記処理室内のガスと熱交換する第一熱交換部と、前記処理室内で前記第一熱交換部の水平方向に該第一熱交換部と間隙を成して設けられ前記処理室内のガスと熱交換する第二熱交換部と、前記被誘導体の外側で該被誘導体を誘導加熱する誘導加熱部とを有する基板処理装置が提供される。

[0008] 本発明の他の態様によれば、複数枚の基板を鉛直方向にそれぞれが間隔を成すように保持した基板保持体が第一熱交換部に支持された被誘導体内の処理室を、誘導加熱部により前記被誘導体を誘導加熱することで加熱し、前記複数枚の基板を処理するとともに、前記第一熱交換部及び該第一熱交換部の水平方向に該第一熱交換部と間隙を成して設けられた第二熱交換部が、前記処理室内のガスと熱交換する半導体装置の製造方法が提供される。

発明の効果

[0009] 本発明によれば、処理室下方側の部材の熱劣化等を抑制することが出来る。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]本発明の第一の実施形態に用いられる処理炉を示す縦断面図である。

[図2]本発明の第一の実施形態に用いられる基板ホルダ部の縦断面図である。

[図3]本発明の第一の実施形態に用いられる処理炉を示す平断面図である。

[図4]本発明の第一の実施形態が適用される基板処理装置を示す斜透視図である。

[図5]本発明の第一の実施形態が適用される基板処理装置のコントローラを示すブロック図である。

[図6]本発明の第一の実施形態に用いられる処理炉の下部構造の縦断面図である。

[図7]本発明の第一の実施形態に用いられるボートの搬入出を説明する処理炉の縦断面図である。

[図8]本発明の第一の実施形態に用いられる処理炉の下部構造を示す平断面図である。

[図9]本発明の第一の実施の形態に用いられる第二熱交換部の載置部の詳細縦断面図である。

[図10]本発明の第一の実施形態に用いられる処理炉の第二熱交換部の載置部の詳細平面図である。

[図11]本発明の第一の実施形態に用いられる処理炉の第二熱交換部の部分斜視図である。

[図12]本発明の第一の実施形態に用いられる処理炉の第一熱交換部の部分斜視図である。

[図13]本発明の第一の実施形態に用いられる処理炉の下部構造の詳細な縦断面図である。

[図14]本発明の第一の実施形態に用いられる処理炉の下部構造の縦断面図であって、ボートの下方以外に熱交換部があり、ガス流路が狭い場合の温度分布の計算結果を示す説明図である。

[図15]比較例に用いられる処理炉の下部構造の縦断面図であって、ボートの下方以外に熱交換部がなく、ガス流路が広い場合の温度分布の計算結果を示す説明図である。

[図16]本発明の第二の実施形態に用いられる処理炉の下部構造の縦断面図である。

[図17]本発明の第二の実施形態に用いられる処理炉の下部構造の詳細な縦断面図である。

[図18]本発明の第三の実施形態に用いられる処理炉の下部構造の縦断面図である。

[図19]本発明の第四の実施形態に用いられる処理炉の下部構造の縦断面図である。

[図20]本発明の第五の実施形態に用いられる処理炉の下部構造の縦断面図である。

[図21]本発明の第六の実施形態に用いられる処理炉の下部構造の平断面図である。

[図22]本発明の第六の実施形態の比較例に用いられる処理炉の下部構造の平断面図である。

発明を実施するための形態

[0011] [発明の概要]

既に述べた通り、処理室の全周を断熱材により覆うようにしたものでは、処理室の断熱効果が高いため、ガスは高温のまま処理室下方側に放出されることになる。このため、処理室下方側を構成する各部材の温度を耐熱温度以下に保持するのが困難であった。本発明の実施態様によれば、処理室内で基板保持体を下方側から支持する第一熱交換部と、前記処理室内で前記第一熱交換部の水平方向側周縁に該第一熱交換部と一定の間隙を成して設けられる第二熱交換部とを備え、処理室内のガスを熱交換させる。このように、処理室内のガスを熱交換させることで、高温のガスを冷却して処理室下方側の部材の熱劣化等を抑制することが可能となる。

[0012] [実施の形態]

次に、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。

ここでは、基板として炭化珪素（SiC）基板を処理する基板処理装置に

ついて述べる。炭化珪素（SiC）は珪素（Si、シリコン）に比べエネルギーバンドギャップが大きいことや、絶縁耐圧が高いことから、特にパワーデバイス用素子材料として注目されている。シリコン（Si）のエピタキシャル成長温度が900℃～1200℃であるのに比べ、炭化珪素（SiC）は1500℃～1800℃程度と高いことから基板処理装置としての基板処理装置の耐熱構造に技術的な工夫が必要である。

[0013] （基板処理装置）

図4は、本発明の一実施形態にかかる基板処理装置10の斜視図を示す。この基板処理装置10は、バッチ式縦型基板処理装置であり、主要部が配置される筐体12を有する。基板処理装置10には、例えば、SiCからなる基板としてのウエハを収納する基板収容器としてのポッド（以下、ポッドという）16が、ウエハキャリアとして使用される。この筐体12の正面側には、ポッドステージ18が配置されており、このポッドステージ18にポッド16が搬送される。ポッド16には、例えば25枚のウエハが収納され、蓋が閉じられた状態でポッドステージ18にセットされる。

[0014] 筐体12内の正面側であって、ポッドステージ18に対向する位置には、ポッド搬送装置20が配置されている。また、このポッド搬送装置20の近傍には、ポッド棚22、ポッドオープナ24及び基板枚数検知器26が配置されている。ポッド棚22はポッドオープナ24の上方に配置され、ポッド16を複数個載置した状態で保持するように構成されている。基板枚数検知器26はポッドオープナ24に隣接して配置される。ポッド搬送装置20は、ポッドステージ18とポッド棚22とポッドオープナ24との間でポッド16を搬送する。ポッドオープナ24は、ポッド16の蓋を開けるものであり、基板枚数検知器26は蓋が開けられたポッド16内のウエハの枚数を検知する。

[0015] 筐体12内には、基板移載機28、基板保持体としてのボート30が配置されている。基板移載機28は、アーム（ツィーザ）32を有し、図示しない駆動手段により上下回転動作が可能な構造となっている。アーム32は、

例えば5枚のウエハを取り出すことが出来、このアーム32を動かすことにより、ポッドオープン24の位置に置かれたポッド16及びボート30間にて、ウエハを搬送する。

[0016] 筐体12内の背面側上部には処理炉40が配置されている。この処理炉40内に、複数枚のウエハを装填したボート30が搬入され熱処理が行われる。

[0017] (処理炉)

次に、上述した処理炉40について説明する。

図1は、処理炉40の縦断面図を示す。なお、図1においては、ガス供給部60は、カーボン系原料供給ノズル62、Si系原料供給ノズル61の2つが代表例として図示されている。

[0018] 処理炉40は、円筒形状の反応管42を備える。反応管42は、石英(SiO_2)または炭化珪素(SiC)等の耐熱材料で構成され、上端が閉じ下端が開いた円筒形状に形成されている。反応管42の内側の筒中空部には、処理室44が形成されており、ボート30によって水平に保持されたウエハが垂直方向に多段に整列した状態で収容可能に構成されている。反応管42は、単管構造でもよく、インナーチューブとアウターチューブとからなる二重管構造でもよい。

[0019] ボート30は、処理室44内のウエハ14が熱処理されるウエハ領域(基板領域)43で、複数枚のウエハを鉛直方向にそれぞれが間隔を成して保持するように構成されている。ウエハは、例えば、一定間隔を隔てて保持するとよい。なお、実施の形態では、ウエハは、ウエハホルダ15に保持され、ボート30は、複数枚のウエハホルダ15を棚状に保持する。ボート30は、例えば表面をSiCコーティングしたカーボングラファイトや、炭化珪素(SiC)等の耐熱性(1500~1800℃)材料で構成され、夫々がウエハを保持している複数枚のウエハホルダ15を水平に、かつ互いの中心を揃えた状態で整列させて縦方向に多段に保持するように構成されている。

[0020] ウエハホルダ15は、例えば、図2に示すように、ウエハ14の結晶成長

面（主面ないし表面）が下向きになるように固定されるフェイスダウン方式が採用される。この方式の場合、ウエハホルダ１５は、ＳｉＣコーティングされたカーボングラファイトからなるホルダ上部１５ａとホルダ下部１５ｂとから構成されている。ホルダ上部１５ａは、例えば円板で構成されて、ウエハ１４の結晶成長面と反対側の裏面を覆ってウエハ１４の裏面成膜を防止するようになっている。ホルダ下部１５ｂは、例えば内周が外周より薄く、かつ、円環状に形成され、ウエハ１４を薄くなっている内周で受けて保持する。なお、ボート３０には、その支柱に溝が掘られており、当該溝に、ウエハ１４を保持しているウエハホルダ１５が移載される。

[0021] 反応管４２の下方には、この反応管４２と同心円状にマニホールド４６が配設されている。マニホールド４６は、例えば、ステンレス等の金属で構成され、上端及び下端が開口した円筒形状に形成されている。このマニホールド４６は反応管４２を支持するように設けられている。なお、マニホールド４６と反応管４２との間には、シール部材としてのＯリングが設けられている。このマニホールド４６が図示しない保持体に支持されることにより、反応管４２は垂直に据え付けられた状態となっている。この反応管４２とマニホールド４６により反応容器が形成される。この反応容器内に既述した処理室４４が形成される。

[0022] 処理炉４０は、基板加熱部として、例えばグラファイトで構成される被誘導体としての被加熱体４８、及び交番磁束発生部としての誘導コイル５０を備える。誘導コイル５０は支持体としてのコイル支持柱５０ａによって支持される。コイル支持柱５０ａは、絶縁体、例えばアルミナなどのセラミック材からなる。被加熱体４８は、処理室４４内に配設されている。被加熱体４８は、ボート３０の上部、ボート３０の外周、およびボート３０の下部を包むように、円筒形状に形成されている。この円筒状の被加熱体４８は、例えば、表面をＳｉＣコーティングしたカーボングラファイトからなる。この被加熱体４８は、反応管４２の外側に設けられた誘導コイル５０により発生される交番磁場によって誘導電流（渦電流）が流れて発熱される構成となつて

いる。被加熱体 4 8 が発熱することにより、処理室 4 4 内のウエハ 1 4 が処理温度に加熱される。なお、誘導コイル 5 0 は、処理室 4 4 内のウエハ領域 4 3 に対応する処理室 4 4 外に配置され、処理室 4 4 内のウエハ領域 4 3 が主に加熱されるようになっている。被加熱体 4 8 の断熱領域 4 5 にある部分は、渦電流が流れず、加熱されないようになっている。ここで、断熱領域 4 5 とは、ふく射の遮断およびガスと部材との熱交換を促進させる領域である。

[0023] 被加熱体 4 8 の近傍には、処理室 4 4 内の温度を検出する温度検出体としての図示しない温度センサが設けられている。誘導コイル 5 0 及び温度センサには、電氣的に温度制御部 5 2（図 5 参照）が接続されており、温度センサにより検出された温度情報に基づき誘導コイル 5 0 への通電具合を調節することにより処理室 4 4 内の温度が所望の温度分布となるよう所望のタイミングにて制御するように構成されている。

[0024] 被加熱体 4 8 と反応管 4 2 の間には、この被加熱体 4 8 からふく射されるふく射熱により反応管 4 2 の温度が上昇するのを防いだり、あるいはこの反応管 4 2 の外側へふく射熱が伝達したりするのを抑制する断熱材、例えばフェルト状カーボンで構成される内側断熱壁 5 4 が設けられている。内側断熱壁 5 4 は、被加熱体 4 8 の上部および外周を包むように設けられ、ポート 3 0 の上部、ポート 3 0、およびポート 3 0 の下部からの熱が外に逃げないように断熱するようになっている。また、誘導コイル 5 0 の外側には、処理室 4 4 内の熱が外側に伝達するのを抑制するための、例えば水冷構造である外側断熱壁 5 6 が、処理室 4 4 を囲むようにして設けられている。外側断熱壁 5 6 は、例えば、水冷板 5 6 a と水冷パイプ 5 6 b とから構成され、反応管 4 2 を冷却するようになっている。

さらに、外側断熱壁 5 6 の外側には、誘導コイル 5 0 により発生された交番磁界が外側に漏れるのを防止したり、外部への熱の漏洩を防止したりする筐体カバー 5 8 が設けられている。

[0025]（ガス供給系）

マニホールド46には、処理室44内にガスを流通させるガス流通路としてのガス供給ノズル61、62が貫通するようにして設けられている。ガス供給ノズル61、62は、ウエハ領域43に配置されて比較的高い耐熱性が要求されるグラファイト部61a、62aと、断熱領域45に配置されて比較的低い耐熱性で足りる石英部61bとから構成されている。ガス供給ノズル61、62は、例えば、筒状に形成されている。マニホールド46を貫通したガス供給ノズル61、62には、それぞれにガスを供給するガス供給管66、69が接続されている。

一方のガス供給管66は、2つに分岐した分岐管67、分岐管68にバルブ72、73とガス流量制御装置としてのMFC (Mass Flow Controller) 76、77を介して、例えば図示しないキャリア、炭素(C)源のガス供給源に、それぞれ接続されている。ガス供給管69は、2つに分岐した分岐管70、分岐管71にバルブ74、75とMFC 78、79を介して、例えば図示しないキャリア、シリコン(Si)源のガス供給源に、それぞれ接続されている。バルブ72～75及び、MFC 76～79には、ガス流量制御部80(図5参照)が電氣的に接続されており、供給するガスの流量が所望の流量となるよう、所望のタイミングにて制御するように構成されている。

ガス供給ノズル60には、ポート30に支持されたウエハ毎にガスを噴出するための供給孔が設けられている。なお、供給孔は、数枚のウエハ単位で設けるようにすることも出来る。

[0026] ガス供給ノズル61、62を含む5つのガス供給部161～165について詳細に説明する。ガス供給部161～165は、単にガス供給部160と総称することもある。

図3に示すように、被加熱体48の内側に、5つのガス供給部161～165が配置されている。

ガス供給部161は、シリコン(Si)源として、 SiH_4 (モノシラン)と水素(キャリア)の混合ガスを導入する。あるいは気相中でのシリコン核

形成の抑制や結晶の品質向上を狙って HCl （塩化水素）を添加したり、 Cl （塩素）を構造中に含む SiHCl_3 （トリクロロシラン）、 SiCl_4 （テトラクロロシラン）などの原料を使用したりする場合もある。ガス供給部162は、炭素（C）源として、例えば C_2H_6 （プロパン）や C_2H_4 （エチレン）等の水素炭化物と水素の混合ガスを導入する。ガス供給部164は、 n 型ドーパ層を形成するドーパントガスとして、例えば窒素を導入する。ドーパントガスとしては、 p 型ドーパ層を形成するホウ素又はアルミニウム化合物等を用いるようにすることも出来る。

[0027] なお、これらのガス供給部161、162、164が導入するガスは、上記に限られず、目的に応じて適宜変更することが出来る。シリコン源としては、上述した以外のシリコン水素化物、シリコン塩化物又はシリコン水素塩化物等、あるいはこれらを水素又はアルゴン等で希釈したものをを用いることが出来る。これら、処理室44内のウエハ14を処理（エピタキシャル成長）するためのガスを、以下、反応ガスと称す。

[0028] また、ガス供給部165は、例えばアルゴン等の不活性ガスを導入する。また、ガス供給部163は、例えばキャリアドーパントガスとして、例えば窒素、トリメチルアルミニウム（TMA）、ジボラン（ B_2H_6 ）、三塩化ホウ素（ BCl_3 ）等を導入する。

[0029] この処理炉40の構成において、ガス供給部161～165から処理室44内に導入されるガスは、図示しないガス供給源から、対応するガス供給管を通して供給され、MFCでその流量が調節された後、バルブを介して、処理室44内に導入され、ガス供給部160の供給孔からウエハ14間に噴出される。

[0030] （ガス排気系）

また、図1に示すように、マニホールド46には、ガス排気口90aに接続されたガス排気管82が貫通するようにして設けられている。ガス排気管82の下流側には、図示しない圧力検出器としての圧力センサ及び圧力調整器としてのAPCバルブ84を介して真空ポンプ等の真空排気装置86が接

続されている。圧力センサ及びA P Cバルブ84には、圧力制御部98（図5参照）が電氣的に接続されており、この圧力制御部98は、圧力センサにより検出された圧力に基づいてA P Cバルブ84の開度を調節することにより、処理室44内の圧力が所望の圧力となるよう、所望のタイミングにて制御するように構成されている。

[0031] このように、ガス供給部160の供給孔から噴出されたガスは、ガス排気口90aに向かって流れる際、水平姿勢で縦方向に多段に保持されたウエハ14間を流れるため、ガスがウエハ14に対し平行に流れ、ウエハ14全体が効率的にかつ均一にガスに晒される。

[0032] （処理炉の底部構造）

処理炉40の底部には、この処理炉40の下端開口を気密に閉塞するための炉口蓋体としてのシールキャップ102が設けられている。シールキャップ102は、例えばステンレス等の金属よりなり、円板状に形成されている。シールキャップ102の上面には、処理炉40の下端と当接するシール部材としてのOリングが設けられている。シールキャップ102には、回転機構104が設けられている。回転機構104の回転軸106はシールキャップ102を貫通してポート30に接続されており、ウエハ上のエピタキシャル層の層厚が均一となるよう処理中にこのポート30を回転させることでウエハ14を回転させるように構成されている。シールキャップ102は、処理炉40の外側に設けられた昇降機構によって垂直方向（矢印）に昇降されるように構成されており、これによりポート30を処理炉40に対し搬入搬出することが可能となっている。回転機構104及び昇降機構には、駆動制御部108（図5参照）が電氣的に接続されており、所望の動作をするよう所望のタイミングにて制御するよう構成されている。

[0033] （制御系）

図5は、基板処理装置10を構成する各部の制御構成を示す。

温度制御部52、ガス流量制御部80、圧力制御部98、駆動制御部108は、操作部及び入出力部を構成し、基板処理装置10全体を制御する主制

御部 150 に電氣的に接続されている。これら、温度制御部 52、ガス流量制御部 80、圧力制御部 98、駆動制御部 108 は、コントローラ 152 として構成されている。

[0034] [SiCエピタキシャル層を形成する方法]

次に、上述したように構成された基板処理装置 10 を用いて、半導体デバイスの製造工程の一工程として、SiCウエハなどの基板上に、例えば SiCエピタキシャル層を形成する方法について説明する。なお、以下の説明において、基板処理装置 10 を構成する各部の動作は、コントローラ 152 により制御される。

[0035] まず、ポッドステージ 18 に複数枚のウエハ 14 を収容したポッド 16 がセットされると、ポッド搬送装置 20 によりポッド 16 をポッドステージ 18 からポッド棚 22 へ搬送し、このポッド棚 22 にストックする。次に、ポッド搬送装置 20 により、ポッド棚 22 にストックされたポッド 16 をポッドオープナ 24 に搬送してセットし、このポッドオープナ 24 によりポッド 16 の蓋を開き、基板枚数検知器 26 によりポッド 16 に収容されているウエハ 14 の枚数を検知する。

[0036] 次に、基板移載機 28 により、ポッドオープナ 24 の位置にあるポッド 16 からウエハ 14 を取り出し、ボート 30 に移載して、複数枚のウエハ 14 を鉛直方向にそれぞれが間隔を成すようにボート 30 に保持する。一括処理するウエハ 14 の枚数としては、例えば 25 枚～100 枚である。これにより、量産性を高めることが出来る。

[0037] 複数枚のウエハ 14 がボート 30 に装填されると、複数枚のウエハ 14 を保持したボート 30 は、昇降機構の昇降動作（矢印で示す）により被加熱体 48 内の処理室 44 へ搬入（ボートローディング）される。この状態で、シールキャップ 102 は Oリングを介してマニホールド 46 の下端をシールした状態となる。

[0038] 処理室 44 内が所望の圧力（真空度）となるように真空排気装置 86 によって真空排気される。この際、処理室 44 内の圧力は、圧力センサで測定さ

れ、この測定された圧力に基づきガス排気管 8 2 に対応する A P C バルブ 8 4 がフィードバック制御される。また、被加熱体 4 8 の外側から誘導コイル 5 0 により被加熱体 4 8 を誘導加熱することで、処理室 4 4 内が所望の温度となるように加熱される。この際、処理室 4 4 内が所望の温度分布となるように温度センサが検出した温度情報に基づき誘導コイル 5 0 への通電具合がフィードバック制御される。続いて、回転機構 1 0 4 により、ボート 3 0 が回転されることでウエハ 1 4 が回転される。

[0039] 続いて、図示しないガス供給源からガス供給部 1 6 0 を代表して説明するガス供給ノズル 6 1、6 2 に反応ガスが供給される。所望の流量となるように、ガス供給ノズル 6 1、6 2 に対応する M F C 7 6 ~ 7 9 の開度が調節された後、バルブ 7 2 ~ 7 5 が開かれ、それぞれの反応ガスがガス供給管 6 6 ~ 7 1 を流通して、供給孔から、この処理室 4 4 内に導入される。ガス供給ノズル 6 1、6 2 から導入されたガスは、処理室 4 4 内の被加熱体 4 8 の内側を通り、主に、第一熱交換部 3 5、第二熱交換部 3 6 との間隙 3 3 を通りガス排気管 8 2 を通り排気される。反応ガスは、処理室 4 4 内を通過する際にウエハ 1 4 と接触し、ウエハ 1 4 の表面上に S i C エピタキシャル層を成長させる。

[0040] 予め設定された時間が経過すると、図示しない不活性ガス供給源から不活性ガスが供給され、処理室 4 4 内が不活性ガスで置換されると共に、処理室 4 4 内の圧力が常圧に復帰される。

[0041] その後、昇降機構によりシールキャップ 1 0 2 が下降されて、マニホールド 4 6 の下端が開口されると共に、処理済ウエハ 1 4 がボート 3 0 に保持された状態でマニホールド 4 6 の下端から反応管 4 2 の外部に搬出（ボートアンローディング）され、ボート 3 0 に支持された全てのウエハ 1 4 が冷えるまで、ボート 3 0 を所定位置で待機させる。次に、待機させたボート 3 0 のウエハ 1 4 が所定温度まで冷却されると、基板移載機 2 8 により、ボート 3 0 からウエハ 1 4 を取り出し、ポッドオープナ 2 4 にセットされている空のポッド 1 6 に搬送して収容する。その後、ポッド搬送装置 2 0 により、ウエ

ハ１４が収容されたポッド１６をポッド棚２２、またはポッドステージ１８に搬送する。

このようにして基板処理装置１０の一連の作用が完了する。

[0042] (断熱構造物)

ところで、上述したエピタキシャル成長の際、ウエハ領域４３は、エピタキシャル成長温度である１５００～１８００℃に保たれているが、この非常に高温の領域からの強烈なふく射熱により、マニホールド４６の炉口部４７の温度は上昇してしまう。また、一般に、ＳｉＣのエピタキシャル成長には大量のキャリアガスが必要となるため、これによるウエハ領域４３から炉口部４７への熱エネルギーの輸送も膨大となることは前述した通りである。ここで炉口部４７とは、マニホールド４６に形成されている開口部、例えば下端開口部（処理室下部開口部）や、側面のガス排気口９０ａも含まれる。

[0043] そこで、本発明の実施の形態では、炉口部４７を耐熱温度以下に保つために、ウエハ領域４３と炉口部４７との間に断熱領域４５を設ける。断熱領域４５に設けられる部材は、１５００～１８００℃の高温に耐え得るもので構成され（例えば、カーボンなど）、ここでウエハ領域４３からのふく射を遮断すると同時に、高温となったキャリアガスを断熱領域に設けたれた部材と積極的に熱交換させる。これにより、ガスが炉口部４７に到達する前に十分に冷やすことが出来る。

[0044] 前述のように、ふく射の遮断およびガスと部材との熱交換を促進させるために、本実施の形態では、断熱領域４５に断熱構造物から構成された熱交換系を設けている。次に、この熱交換系について説明する。

[0045] (熱交換部)

図１に示すように、ボート３０の下方には、処理室下部のシール部材の温度上昇を抑止する下部断熱手段が設けられている。この下部断熱手段は、第一の熱交換部３５と第二の熱交換部３６とを有する。

ボート３０の下部、例えば直下に第一の熱交換部３５が配置されている。第一の熱交換部３５は、処理室４４内のウエハ領域４３と炉口部４７との間

の断熱領域45で、ポート30を該ポート30の下方側から支持し処理室44内のガスと熱交換して、ガスの熱がマニホールド46（炉口部47）に伝わりにくくなるように構成されている。なお、第一の熱交換部35の下部に、さらに保温筒34が配置されている。保温筒34は、例えば、石英で構成された円板形状をした複数枚の断熱部材が積層して配置されており、後述する被誘導体としての被加熱体48からのふく射熱が処理炉40の下方側（炉口部47）に伝わりにくくなるよう構成されている。例えば、保温筒34は、その内部に円板形状をした複数枚の断熱部材を有し、この複数枚の断熱材で熱ふく射を多段に反射させて熱エネルギーを処理室44内部に保つようになっている。なお、保温筒34は、グラファイト（C）や炭化珪素（SiC）等の耐熱性材料で構成されてもよいが、既に上部の熱交換部35、36にてガスの温度が十分低くなっているので、熱交換部35、36に対し断熱性能が高い部材（例えば、石英）を用いることで、耐熱性の低い回転軸等の熱劣化をより効率的に抑制出来る。

[0046] また、処理室44内で第一熱交換部35の水平方向に、第一熱交換部35と間隙33を成して第二の熱交換部36が設けられている。従って、ガス供給ノズル61、62にから導入されたガスは、ウエハ領域43を通り、第一熱交換部35と第二熱交換部36との間隙を通して、排気される。このように第二熱交換部36を設けることにより、ガス流路が狭くなり、熱交換の効率を向上させることが出来、ガスの熱がマニホールド（炉口部47）46に伝わりにくくなるように構成されている。

[0047] 上述した断熱領域45に設けられた第一熱交換部35および第二熱交換部36は、ガスと第一熱交換部35および第二熱交換部36との間で熱の交換を行う熱交換器として機能するが、第一熱交換部35および第二熱交換部36を共に断熱部材で構成することで、ウエハ領域43と炉口部47とを断熱する断熱部としても機能する。

[0048] 本実施の形態は、一方では、ウエハ領域43と炉口部47とを断熱してウエハ領域43から出る大量の熱ふく射から炉口部47を保護する必要がある

。断熱効果を高めるためには、断熱効果の高い断熱材を使用したり、断熱部の高さを鉛直方向に大きくしたりすればよい。

他方では、炉口部４７から排出されるガスによって、ウエハ領域４３から炉口部４７へ大量の熱エネルギーが輸送されるのを防止する必要がある。熱エネルギーの輸送を有効に阻止するためには、ガス流路が狭くなるよう、ガス流路の一部を断熱材で埋めて断熱材とガスとの熱交換をおこなわせて、ガスから熱を奪えばよい。

[0049] そのために、第一熱交換部３５、およびこの第一熱交換部３５の水平方向側周縁に第一熱交換部３５と一定の間隙を成して第二熱交換部３６を設けるに際して、ガスと第一熱交換部３５および第二熱交換部３６との熱交換面積は大きく、ガスが通過する流路の断面積は小さくするとよい。

ここで、ウエハ領域４３では、ガスの流れの均一性を向上させるため、ガス流路は広いほうが望ましい。従って、本実施例では、第二熱交換部３６をウエハ領域４３より低い位置に設け、第一熱交換部３５及び第二熱交換部３６が配置される領域におけるガスの流路の水平方向の断面積が、ウエハ領域４３におけるガス流路の水平方向の断面積より小さくなるように設けている。

[0050] このように本実施の形態では、被誘導体としての被加熱体４８内でウエハ１４を処理する処理室４４と、処理室４４内で複数枚のウエハ１４を鉛直方向にそれぞれが間隔を成すように保持する基板保持体としてのポート３０と、処理室４４内でポート３０を支持し処理室４４内のガスと熱交換する第一熱交換部３５と、処理室４４内で第一熱交換部３５の水平方向に第一熱交換部３５と間隙３３を成して設けられ処理室内のガスと熱交換する第二熱交換部３６と、被加熱体４８の外側で被加熱体４８を誘導加熱する誘導加熱部としての誘導コイル５０とを有する。

[0051] このように構成することによって、処理室下方側の熱交換を促進することが出来、処理室下方側の部材の熱劣化等を抑制することが出来る。また、処理室の水平方向の大きさをウエハより十分大きく構成することが出来るため

、生産性が向上するとともに、ウエハの面内及びウエハ間の熱処理均一性を向上させることが出来る。

[0052] 第一熱交換部 3 5 および第二熱交換部 3 6 は、例えば、中実柱状に形成することも出来るが、断熱効果の点から中空筒状に形成することが好ましい。第一熱交換部 3 5 および第二熱交換部 3 6 が中空筒状で形成される場合、中空筒はガスが流入しないような構造が好ましい。また、中空筒は、中空筒内が一つの空間をなすように、区画壁が形成されていないようにすることも出来るが、ふく射熱をより多く遮断する点から、鉛直方向に複数の区画された空間を成すように、中空筒内に複数の区画壁が形成されるようにすることが好ましい。この場合、区画壁を中空筒と一体的に形成して、第一熱交換部 3 5 または第二熱交換部 3 6 を一体的に構成することが可能である。また、第一熱交換部 3 5 または第二熱交換部 3 6 を別体で構成することも可能である。熱交換部を別体で構成する場合、鉛直方向に複数の区画された空間を成すように、複数の熱交換体を積層して第一熱交換部または第二熱交換部を構成することが可能である。熱交換体は、例えば断面四角形状や断面 U 字形状ないし断面コ字形状とすることが出来る。

[0053] また、第一熱交換部 3 5 または第二熱交換部 3 6 が中実柱状に形成されている場合、中実柱を、複数の熱交換ブロックが鉛直方向に積層されて形成することも可能である。

[0054] さらに、第一熱交換部 3 5 および第二熱交換部 3 6 は、1 枚の円板または複数枚の円板で構成することも可能である。複数枚の円板で構成する場合、鉛直方向にそれぞれが間隔をなすように複数の円板が鉛直方向に積層されて形成されるように構成するとよい。

[0055] 第一熱交換部 3 5 と第二熱交換部 3 6 の形状の組合せは、例えばつぎの 4 通りが考えられる。第一の熱交換部 3 5 および第二の熱交換部 3 6 がともに中空筒状である場合、第一の熱交換部 3 5 が中空筒状または円板状のとき、第二の熱交換部 3 6 が円板状または中空筒状である場合、第一の熱交換部 3 5 および第二の熱交換部 3 6 がともに円板状である場合である。通常は、中

空筒状同士、あるいは円板状同士の組合せとする。

[0056] (ガス供給部)

図3は、処理室下方側の断熱領域45の平断面図を示す。第二熱交換部36は、既に述べたように、処理室44内で第一熱交換部35の水平方向に該第一熱交換部35と間隙33を成して設けられている。第二熱交換部36は、リング状のガス流路を埋めるように断面リング状に配置される。図3に示す実施の形態では、被加熱体48と第一熱交換部35との間に形成されるリング状のガス流路の一侧に5つのガス供給部161～165が集中的に配置され、ガス流路の一部を扇状に埋めている。なお、5つのガス供給部161～165を単にガス供給部160と総称することもある。このように、断熱領域45にガス供給部160が配置されている場合、第二熱交換部36は、リング状のガス流路の残りの流路を埋めるように断面逆C字形になるよう配置されることもある。この場合、第二熱交換部36は、ボート下部の第一熱交換部35の水平方向側周縁のガス供給部160を除く断熱領域45の全域を覆うように構成されている。

このように、第二熱交換部36で、ボート下部の第一熱交換部35の水平方向側周縁のガス供給部160を除く全域を覆うように構成されていると、処理室下方側のガス供給部160を除く全域において熱交換を促進することが出来、より一層、処理室下方側の部材の熱劣化等を抑制することが出来る。なお、ガス供給部160自体を第三の熱交換部とすることも可能である。

[0057] (熱交換)

上述したような構成により、半導体装置の製造方法の一工程において、複数枚のウエハ14を鉛直方向にそれぞれが間隔を成すように保持したボート30が第一熱交換部35に支持された被加熱体48内の処理室44を、誘導コイル50により被加熱体48を誘導加熱することで加熱し、複数枚のウエハを処理するとともに、第一熱交換部35及び第一熱交換部35の水平方向に第一熱交換部35と間隙を成して設けられた第二熱交換部36が、処理室44内のガスと熱交換することになる。

[0058] このように、第一熱交換部 3 5 及び第二熱交換部 3 6 が、処理室 4 4 内のガスと熱交換すると、処理室下方側の熱交換を促進することが出来、処理室下方側の部材の熱劣化等を抑制することが出・BR>・驕Bまた、処理室 4 4 の水平方向の大きさをウエハ 1 4 より十分大きく構成することが出来るため、生産性が向上するとともに、ウエハ 1 4 の面内及びウエハ 1 4 間の熱処理均一性を向上させることが出来る。

[0059] 次に、処理室内のガスと熱交換する熱交換部を有する処理炉の下部構造について種々の実施の形態を説明する。

[0060] [第一の実施の形態]

図 6 に、第一の実施の形態による処理炉の下部構造の概要図を、図 1 3 にその詳細斜視断面図をそれぞれ示す。なお、図 6 において、ウエハホルダ 1 5 は省略し、ウエハホルダに代えてウエハ 1 4 としている。

[0061] (中空状熱交換部)

図 6 に示すように、ポート 3 0 の下部には、第一熱交換部 3 5 および保温筒 3 4 が配置されている。第一熱交換部 3 5 は、中空筒状の熱交換部、例えば断熱部材からなる中心断熱筒 3 5 a から構成されている。中心断熱筒 3 5 a の水平方向に中心断熱筒 3 5 a と間隙 3 3 を成して、第二熱交換部 3 6 が配置されている。第二熱交換部 3 6 は、中空筒状の熱交換部、例えば上から見て逆 C 字の形状をした周縁断熱筒 3 6 a から構成されている（図 8、図 1 0 参照）。また、ガス供給部 1 6 0 の下方側にも、中心断熱筒 3 5 a の水平方向に中心断熱筒 3 5 a と間隙 3 3 a を成して、第三の熱交換部が配置されている。第三の熱交換部は、中空筒状の熱交換部、例えば流通路断熱筒 1 6 0 b から構成されている。

このように、中心断熱筒 3 5 a、周縁断熱筒 3 6 a が中空筒状に形成されていると、中心断熱筒 3 5 a、周縁断熱筒 3 6 a の外壁とガスが接触する面積を増加させることが出来、熱交換をより一層促進することが出来、より一層、処理室下方側の部材の熱劣化等を抑制することが出来る。また、中心断熱筒 3 5 a、周縁断熱筒 3 6 a を容易に製作することが出来る。特に、中心

断熱筒 35 a、周縁断熱筒 36 a がカーボン材等で構成される場合には、加工しにくく複雑な形状を製作するのが困難であるが、中空筒状に形成されているため、容易に製作することが出来る。

[0062] (熱交換体の積層)

中空筒状の中心断熱筒 35 a、周縁断熱筒 36 a、および流通路断熱筒 160 b は、実施の形態によっては、鉛直方向に複数の区画された空間を成すように複数の熱交換体が積層されて形成されていることもある。

このように、熱交換部が、複数の熱交換体が積層されて形成されていると、ふく射を遮断し、熱交換部の断熱能力を向上させることが出来る。また、組立てが容易であり、容易に外壁とガスが接触する面積を増加させることが出来、熱交換をより一層促進することが出来、より一層、処理室下方側の部材の熱劣化等を抑制することが出来る。また、熱交換部を容易に製作することが出来る。特に、熱交換体がカーボン材等で構成される場合には、加工しにくく複雑な形状を製作するのが困難であるが、中空筒状に形成されているため、容易に製作することが出来る。

[0063] (断面 U 字型)

積層することによって周縁断熱筒 36 a を構成する熱交換体は、断面四角形のダクト型とすることも出来るが、本実施の形態では、例えば図 11 に示すように、上部が開いた断面 U の字型の熱交換体 36 b として形成されており、下端面 39 に空間 38 にある雰囲気を前記空間 38 外へ逃がす貫通孔 36 c が形成されている。断面 U 字型の熱交換体 36 b は、中央部分が下端面 39 を構成するように配置され、積層される上段の熱交換体 36 b の下端面 39 が、下段の熱交換体 36 b の上部開口面を覆うようになっている。

このように、熱交換体 36 b が構成されていると、例えば、熱交換体内の空間 38 にある雰囲気が熱膨張した場合であっても、貫通孔 36 c から雰囲気が排出されるので、熱交換体内外の圧力差がなくなり、熱交換体 36 b の破損、亀裂等の発生を抑制することが出来る。また、空間 38 にある雰囲気が空間 38 外へ出た場合でも貫通孔 36 c が下端面 39 に設けられているの

で、処理室内へパーティクル、汚染物等を混入させることを抑制することが出来る。

なお、最上段に位置する熱交換体 3 6 b は、断面四角形のダクト型で構成し、かつ、上面に貫通孔を設けないようにすると、ガスが熱交換体 3 6 に流入しないため好ましい。

[0064] また、中心断熱筒 3 5 a を構成する熱交換体は、図 1 2 に示すように、例えば有底円筒形の熱交換体 3 5 b として形成することが出来る。有底円筒型に形成された熱交換体 3 5 b は、1 8 0 度回転した姿勢、すなわち、底部分が天井面 3 5 d を構成するように配置されている。天井面 3 5 d に空間 4 1 にある雰囲気の前記空間 4 1 外へ逃がす貫通孔 3 5 c が形成されている。有底円筒型の熱交換体 3 5 b は、積層される下段の熱交換体 3 5 b の天井面 3 5 d が、上段の熱交換体 3 5 b の下部開口面を覆うようになっている。

なお、最上段に位置する熱交換体 3 5 b の天井面 3 5 d には、ガスの流入を防止するため貫通孔 3 5 c を設けない方が望ましい。

[0065] (段差)

ところで、中心断熱筒 3 5 a の上端の高さ位置と周縁断熱筒 3 6 a の上端の高さ位置とを同じとすることも可能であるが、図 6 に示すように、中心断熱筒 3 5 a の上端の高さ位置よりも周縁断熱筒 3 6 a の上端の高さ位置のほうが低く構成されているように段差 3 1 を設けるのがよい。このように、中心断熱筒 3 5 a 上端の高さ位置よりも周縁断熱筒 3 6 a 上端の高さ位置のほうが低く構成される段差 3 1 を設けると、周縁断熱筒 3 6 a 上端の上箇所にはガスの流通路を確保することが出来るため、最下部にあるウエハ 1 4 にも上部のウエハ 1 4 と同様にガスを供給出来、最下部にあるウエハ 1 4 の膜厚が薄くなるのを抑制することが出来、ポート 3 0 の最下部に載置されたウエハ 1 4 の面内及びウエハ 1 4 間の熱処理均一性を向上させることが出来る。

[0066] (第三の熱交換部)

図 6、図 8 に示すように、処理室 4 4 内にガス供給部 1 6 0 が設けられる。ガス供給部 1 6 0 は、処理室 4 4 内のポート 3 0 に保持されたウエハ 1 4

へこのウエハ１４に対し水平方向からガスを供給するようになっている。このガス供給部１６０は、下方側となる一部と、上方側となる他部から構成される。

[0067] ガス供給部１６０の下方側となる一部が、中心断熱筒３５ａの水平方向側周縁に配置される。ガス供給部１６０の上方側となる他部が、ボート３０の水平方向側周縁に配置される。ガス供給部１６０は、ガスを流すガス流通路１６０ａと、処理室４４内のガスと熱交換する第三の熱交換部となる流通路熱交換部としての流通路断熱筒１６０ｂとから構成される。ガス流通路１６０ａは、ガス供給部１６０の下方側の一部から上方側の他部に延在して配置される。

[0068] ガス供給部１６０の上方側となる他部を構成するガス流通路１６０ａから、処理室４４内のボート３０に保持されたウエハ１４へこのウエハ１４に対し水平方向からガスを供給するようにしている。

[0069] ガス供給部１６０の下方側となる一部を構成するガス流通路１６０ａは、中心断熱筒３５ａと水平方向に離間するように配置される。前記流通路断熱筒１６０ｂは、前記ガス供給部１６０の下方側となる一部であって、前記ガス流通路１６０ａよりも中心断熱筒３５ａ側に設けられる。

[0070] 上述したように、ガス供給部１６０の下方側であってガス流通路１６０ａよりも中心断熱筒３５ａ側に、第三の熱交換部である流通路断熱筒１６０ｂが中心断熱筒３５ａと間隙３３ａを成して設けられ、間隙３３ａを流れる処理室４４内のガスと熱交換するようになっている。

[0071] このように、被加熱体４８と中心断熱筒３５ａとの間に形成されるガス流路に、周縁断熱筒３６ａに加えて流通路断熱筒１６０ｂが設けられているので、ガス供給部１６０下方側の熱交換を促進することが出来、処理室下方側の部材の熱劣化等を抑制することが出来る。また、処理室４４の水平方向の大きさをウエハ１４より十分大きく構成することが出来、ガス供給部１６０からの水平方向のガスの流れスペースを大きくすることが出来るため、ガスの流れを例えば、ガスの混合スペースが確保出来、また、ガスの予備加熱が

より一層可能となり、ウエハの面内及びウエハ間の熱処理均一性を向上させることが出来る。

[0072] 特に、ガス流通路 160a よりも中心断熱筒 35a 側に、第三の熱交換部である流通路断熱筒 160b が設けられていると、周縁断熱筒 36a と流通路断熱筒 160b とで中心断熱筒 35a の水平方向側周縁全域を覆われる。これにより、処理室下方側全域において熱交換を促進することが出来、より一層、処理室下方側の部材の熱劣化等を抑制することが出来る。

[0073] ここで、ガス流通路 160a をガス供給ノズル 60a で構成し、このガス供給ノズル 60a を、ガス供給部 160 の下方側となる一部から上方側となる他部に延在させるのが好ましい。この場合、ガス供給ノズル 60a の上流側となる一部に複数のガス供給孔を設けて、このガス供給孔から処理室 44 内のポート 30 に保持されたウエハ 14 に対して水平方向にガスを供給するとよい。

[0074] また、ガス流通路 160a をガス供給ノズル 60a で構成するのは、ガス供給部 160 の下流側となる一部のみとし、ガス供給部 160 の上流側となる他部を構成するガス流通路 160a は、前記ガス供給ノズル 60a に通じる単なる空間とすることも出来る。この場合、この空間を通して処理室 44 内のポート 30 に保持されたウエハ 14 に対して水平方向にガスを供給するとよい。これらの場合、前記流通路断熱筒 160b はガス供給ノズル 60a よりも中心断熱筒 35a 側に設けられたノズル断熱筒 60b とすることが出来る。

[0075] また、図 8 に示すように、第二熱交換部（周縁断熱筒 36a）の水平方向の内周径 r_1 とノズル断熱筒の水平方向の第一熱交換部側の内周径 r_2 とが一致するように構成されている。このように内周径が一致すると、処理室下方側への伝熱作用が起こる伝熱路（間隙）を、処理室下方側全域で減ずることが出来、処理室下方側全域における熱交換を促進させることが出来、より一層、処理室下方側の部材の熱劣化等を抑制することが出来る。

[0076] 図 9、図 10 に第一の実施形態における好適な例として、周縁断熱筒 36

aの載置部の詳細図を示す。マニホールド46の上部フランジ46bに、ガス供給部160を除いた逆C字型のベース46aを設置し、そのベース46a上に、断面逆C字型の周縁断熱筒36aを載置する。これにより、ボートダウン時にはシールキャップ102が下降し、ボート30および中心断熱筒35a、保温筒34が、処理室内外へ搬入出される際にも、マニホールド46に支持されるマニホールド46より上方の部材は残るため、図7に示すように、ウエハ搬入出される際にも周縁断熱筒36aは炉内（処理室内）に残置される。

[0077] このように、周縁断熱筒36aは、ボート30および中心断熱筒35aが、処理室内外へ搬入出される際にも処理室内に残置されるので、ボート30および中心断熱筒35aを処理室内外へ搬入出しやすくすることが出来る。また、通常、周縁断熱筒36aを処理室内外へ搬入出する際には、処理室44の水平方向の大きさをさらに大きくしなければならないが、本実施の形態では、周縁断熱筒36aが処理室内に残置されるように構成されているので、処理室44の水平方向の大きさをさらに大きくする必要がなく、デッドスペースの発生を抑制することが出来る。

[0078] （第二熱交換部厚さ）

また、図6および図8に示すように、第二熱交換部（周縁断熱筒36a）の水平方向の厚さ t_{36a} は、間隙33の水平方向の大きさ t_{33} よりも大きく構成されているのがよい。このように構成されていると、炉口部47に通じる処理室下方側への伝熱作用が起こる伝熱路（間隙）を減ずることが出来、処理室下方側における熱交換を促進させることが出来、より一層、処理室下方側の部材の熱劣化等を抑制することが出来る。

[0079] （排気口位置）

図6に示すように、第一熱交換部（中心断熱筒35a）および第二熱交換部（周縁断熱筒36a）よりも下方側に処理室44内のガスを排気するガス排気口90aが設けられているのがよい。これにより、第一熱交換部（中心断熱筒35a）および第二熱交換部（周縁断熱筒36a）とガスとの熱交換

をより確実に促進させることが出来る。

[0080] (作用)

以下、上述したような構成の作用について説明する。

半導体装置の製造方法の一工程において、シールキャップ102上に固定された、複数枚のSiCウエハ14を搭載したボート30を昇降機構により処理室44にロードし、処理室空間を密閉する。炉内に不活性ガス（例えばArなど）を導入しながらAPCバルブ84を介して接続された真空排気装置86により処理室空間を所望の圧力にする。処理室外周部に設けられた誘導コイル50に高周波電力（例えば10～100kHz、10～200kW）を印加し、円筒状の被加熱体48に渦電流を発生させ、ジュール熱により所望の処理温度（1500～1800℃）に加熱する。これにより、被加熱体48より内側に配置されたSiCウエハ14、ウエハホルダ15、ボート30は被加熱体48より放射されるふく射熱により被加熱体温度と同等に加熱される。

[0081] 一方、処理室下部開口部周辺においては、シール部材（Oリングなど）を熱から守るため、下部断熱手段（第一熱交換部～断三熱交換部）により温度を低く（200℃程度）維持している。処理温度（1500～1800℃）に維持されたSiCウエハ14に対してガス供給ノズル60よりキャリアガスを混合したSi系原料（図示ではSiCl₄、その他SiH₄、TCS、DCSなど）と、カーボン系材料（図示ではC₃H₈、その他C₂H₄など）を供給しつつ、APCバルブ84にて処理室内を所望の圧力に制御しながらSiCエピタキシャル成長を行う。成長中はウエハ面内の均一性を確保するため回転軸106により回転する。

[0082] 上述したような構成により、半導体装置の製造方法の一工程において、複数枚のウエハ14を鉛直方向にそれぞれが間隔を成すように保持したボート30が第一熱交換部35に支持され、被加熱体48内の処理室44を、誘導コイル50により被加熱体48を誘導加熱することで加熱し、複数枚のウエハを処理するとともに、第一熱交換部35及び第一熱交換部35の水平方向

に第一熱交換部 3 5 と間隙を成して設けられた第二熱交換部 3 6 が、処理室 4 4 内のガスと熱交換することになる。

[0083] 第一熱交換部 3 5 及び第二熱交換部 3 6 が、処理室 4 4 内のガスと熱交換すると、処理室下方側へ流入するガスの温度を下げる事が出来、処理室下方側の部材の熱劣化等を抑制することが出来る。また、第二熱交換部 3 6 をウエハ領域 4 3 の下方に設けることで、処理室 4 4 の水平方向の大きさをウエハ 1 4 より十分大きく構成することが出来るため、ウエハ 1 4 の面内及びウエハ 1 4 間の熱処理均一性を向上させることが出来る。

[0084] (シミュレーション)

ガスの通り道(ガスの流路)を第二熱交換部 3 6 により狭くすることの効果、シミュレーションによって説明する。

ボート 3 0 下の第一熱交換部 3 5 および保温筒 3 4 以外の断熱材がなく、ガスの流路 3 7 が広い場合の温度分布の計算結果を図 1 5 に、第二熱交換部 3 6 を設け、流路 3 7 (間隙 3 3) が狭い場合の温度分布の計算結果を図 1 4 にそれぞれ示す。SiCのエピタキシャル成長温度は1500℃~1800℃であるため、ここでは、ウエハ領域 4 3 の温度を1600℃とし、処理炉外の温度を室温としている。なお、等温線は、便宜上、1500℃からとなっている。

[0085] 図 1 4、図 1 5 より明らかなように、流路 3 7 が広い場合にはキャリアガスの温度が高温のまま炉口部 4 7 まで到達しており、そのため炉口部 4 7 の温度が500℃~1000℃と非常に高くなってしまふ。一方、第二の熱交換部 3 6 によって流路 3 7 を狭くした場合には、キャリアガスと周囲の部材との熱交換が促進されるため、ガスの温度は炉口部 4 7 に到達する前に200℃~500℃と十分に下がっており、炉口部 4 7 の温度を低く保つことが出来る。このように炉口部 4 7 の温度を、リングの耐熱温度(せいぜい300℃程度)、磁性流体の耐熱温度(例えば、100℃程度)以下に保つことが出来るので、リングおよび磁性流体を保護することが可能となる。これは、以下のように説明することが出来る。

[0086] 流路 3 7 におけるガスと周囲の部材で交換される熱量は、次の式で表される。

$$Q = A_1 h (T_g - T_w) \quad \dots (1)$$

(Q : 熱量、 A_1 : 熱交換面積、 h : 熱伝達率、 T_g : ガス温度、 T_w : 壁温度)

また、交換された熱量分のガスの温度変化は、次の式で表される。

$$T_{g^{n+1}} = T_{w^n} - Q / A_2 u \rho C_p \quad \dots (2)$$

(A_2 : 流路面積、 u : 流速、 ρ : 密度、 C_p : 比熱)

式 (1) より、交換熱量を多くするには、熱交換面積 A_1 (ガスと部材が接触する面積) を大きくする必要がある。さらに、交換された熱量でガスの温度をより大きく下げするためには、流路面積 A_2 (ガスが通る流路 3 7 の断面積) は小さい方がよいことが明らかである。

[0087] 従って、熱交換面積を大きくするためには、中心断熱筒 3 5 a の水平方向周縁に円筒状の周縁断熱筒 3 6 a を配置することで実現することが出来る。また、流路面積を小さくするためには、中心断熱筒 3 5 a、周縁断熱筒 3 6 a 間の間隙 3 3 を出来る限り縮めればよい。

[0088] 熱交換部を円筒状とするのではなく、円板状の断熱板を平行に縦積みした積層構造とする場合は、多数の断熱板で熱ふく射を反射するのでふく射を遮断する効果は大きい。しかし、円板の全周面が熱交換面積となるわけではないので、熱交換面積の観点から見れば円筒状のものと比べてやや劣る。この点でキャリアガスの流量が多くなれば、熱交換面積が大きいだけ円筒状の熱交換部の方が有利となる。実施の形態では、ガスと部材との熱交換のみならず、ふく射の遮断も促進させる必要があるため、円筒状であってもふく射を遮断する効果はある程度保持しておかなければならない。従って、第二の熱交換部を、断面 U 字形の熱交換体を複数個積み立てて中空円筒状の周縁断熱筒に構成するという本実施の形態のものがより好ましい。

[0089] (実施の形態の効果)

本実施の形態によれば、以下に挙げる一つまたはそれ以上の効果を有する

。

[0090] (1) 本実施の形態によれば、被加熱体内でウエハを処理する処理室と、処理室内で複数枚のウエハを鉛直方向にそれぞれが間隔を成すように処理室下方側から保持するボートと、処理室内でボートを支持し処理室内のガスと熱交換する中心断熱筒と、前記処理室内で前記中心断熱筒の水平方向に中心断熱筒と間隙を成して設けられ処理室内のガスと熱交換する周縁断熱筒と、被加熱体の外側で被加熱体を誘導加熱する誘導コイルとを有する。

[0091] このように周縁断熱筒を中心断熱筒の水平方向に間隙を成して設置することにより、誘導加熱により発生するふく射を遮断し、且つ処理室下方側のガスとの熱交換を促進して、処理室下方側の部材の温度を耐熱温度以下に保つことが出来る。従って、処理室下方側の部材の熱劣化等を抑制することが出来る。また、周縁断熱筒が、処理室内で中心断熱筒の水平方向に設けられることにより、処理室の水平方向の大きさをウエハより十分大きく構成することが出来、その結果、ガスをウエハ間に確実に供給出来るため、生産性が向上するとともに、ウエハの面内及びウエハ間の熱処理均一性を向上させることが出来る。さらに、処理室下方側からの熱輸送を、熱交換により有効に阻止することが出来るので、大流量のガスを処理室内に流すことが出来るため、高温（例えば1500℃以上）のプロセスへの対応が容易になる。

[0092] (2) また、処理室内のボートに保持されたウエハに対し水平方向からガスを供給するガス供給部の下方側となる一部が中心断熱筒の水平方向側周縁に配置され、ガス供給部の下方側となる一部を構成するガス供給ノズルが、中心断熱筒と水平方向に離間するように配置され、ガス供給部の下方側となる一部であってガス供給ノズルよりも中心断熱筒側に処理室内のガスと熱交換するノズル断熱筒が設けられ、ガス供給部の上方側となる他部を構成するガス供給ノズルから、処理室内のボートに保持されたウエハに対し水平方向からガスを供給するようにしている。

[0093] 従って、処理室下方側の熱交換を促進することが出来、処理室下方側の部材の熱劣化等を抑制することが出来る。また、処理室の水平方向の大きさを

ウエハより十分大きく構成することが出来、ガス供給部からの水平方向のガスの流れスペースを大きくすることが出来るため、ガスの流れを例えば、ガスの混合スペースが確保出来、また、ガスの予備加熱がより一層可能となり、ウエハの面内及びウエハ間の熱処理均一性を向上させることが出来る。

[0094] (3) また、中心断熱筒上端の高さ位置よりも周縁断熱筒上端の高さ位置のほうが低く構成されている。従って、周縁断熱筒上端の上箇所にガスの流通路を確保することが出来るため、ボートの最下部に載置されたウエハの面内及びウエハ間の熱処理均一性を向上させることが出来る。

[0095] (4) また、第二熱交換部を筒状に形成すると、筒状の外壁とガスが接触する面積を増加させることが出来、熱交換をより一層促進することが出来、より一層、処理室下方側の部材の熱劣化等を抑制することが出来る。また、第二熱交換部を容易に製作することが出来る。特に、第二熱交換部がカーボン材等で構成される場合には、加工しにくく複雑な形状を製作するのが困難であるが、筒状に形成されているため、容易に製作することが出来る。

また、第二熱交換部を中実筒状とするより中空筒状とすると、熱伝導による炉口部の加熱が小さくなり、望ましい。更には、その中空部に水平に断熱板を設けることでふく射による熱伝達も抑制することが出来る。

[0096] (5) 本実施の形態の半導体装置の製造方法は、複数枚のウエハを鉛直方向にそれぞれが間隔を成すように保持したボートが中心断熱筒に支持された被加熱体内の処理室を、誘導コイルにより被加熱体を誘導加熱することで加熱し、複数枚のウエハを処理するとともに、中心断熱筒及び中心断熱筒の水平方向に中心断熱筒と間隙を成して設けられた周縁断熱筒が、処理室内のガスと熱交換するようになっている。

従って、処理室下方側の熱交換を促進することが出来、処理室下方側の部材の熱劣化等を抑制することが出来る。また、処理室の水平方向の大きさをウエハより十分大きく構成することが出来るため、生産性が向上するとともに、ウエハの面内及びウエハ間の熱処理均一性を向上させることが出来る。

[0097] (6) また、周縁断熱筒とガス供給部とで中心断熱筒の水平方向側周縁全域

を覆うように構成されているので、処理室下方側全域において熱交換を促進することが出来、より一層、処理室下方側の部材の熱劣化等を抑制することが出来る。

[0098] (7) また、周縁断熱筒の水平方向内周径とノズル断熱筒の水平方向中心断熱筒側の外周径とが一致していると、処理室下方側への伝熱作用が起こる伝熱路（間隙）を、処理室下方側全域で減ずることが出来、処理室下方側全域における熱交換を促進させることが出来、より一層、処理室下方側の部材の熱劣化等を抑制することが出来る。

[0099] (8) また、周縁断熱筒の水平方向の厚さが、間隙の水平方向の大きさよりも大きく構成されてい、処理室下方側への伝熱作用が起こる伝熱路（間隙）を減ずることが出来、処理室下方側における熱交換を促進させることが出来、より一層、処理室下方側の部材の熱劣化等を抑制することが出来る。

[0100] (9) また、周縁断熱筒が、鉛直方向に複数の区画された空間を成すように複数の熱交換体が積層されて形成されていると、周縁断熱筒の断熱能力を向上させることが出来る。また、組立てが容易であり、容易に外壁とガスが接触する面積を増加させることが出来、熱交換をより一層促進することが出来、より一層、処理室下方側の部材の熱劣化等を抑制することが出来る。また、容易に製作することが出来る。特に、例えば、カーボン材等で構成される場合には、加工しにくく複雑な形状を製作するのが困難であるが、中空筒状に形成されているため、容易に製作することが出来る。

[0101] (10) また、熱交換体が、断面コの字型に形成されており、空間にある雰囲気の前記空間外へ逃がす貫通孔が下端面に形成されていると、例えば、前記熱交換体内の空間にある雰囲気が熱膨張した場合であっても、貫通孔から雰囲気が排出されるので、周縁断熱筒の破損、亀裂等の発生を抑制することが出来る。また、空間にある雰囲気が空間外へ出た場合でも貫通孔が下端面に設けられているので、処理室内へパーティクル、汚染物等を混入させることを抑制することが出来る。

[0102] (11) また、周縁断熱筒は、ポートおよび中心断熱筒が、処理室内外へ搬

入出される際にも前記処理室内に存置されるので、ポートおよび中心断熱筒を処理室内外へ搬入出しやすくすることが出来る。また、周縁断熱筒が処理室内外へ搬入出する際には、処理室の水平方向の大きさをさらに大きくしなければならないが、処理室内に存置されるように構成されているので、処理室の水平方向の大きさをさらに大きくする必要がなく、デッドスペースの発生を抑制することが出来る。

[0103] [第二の実施の形態]

図 1 6、図 1 7 に、第一熱交換部および第二熱交換部を構成する熱交換体が断熱板で構成されている第二の実施の形態を示す。すなわち中空筒状の熱交換部、ないし積層される熱交換体の代わりに、板状、例えば断熱板 5 9 を複数枚設置するようにしてある。断熱板 5 9 は、例えば、第一熱交換部にあっては円板状の断熱板 5 9 a とし、第二熱交換部にあってはリングプレート状の断熱板 5 9 b とする。ウエハ領域 4 3 からの高温のふく射を遮断するには、このような断熱板 5 9 の方が、断熱板 5 9 の枚数が多いほど効果が高いので好ましい。もっとも、大流量のプロセスガスが必要となる場合、ふく射だけではなく、ガスによって炉外に運ばれる熱も考慮しなければならない。高温になったガスが炉口部 4 7 に到達するまでに、熱交換部で積極的に熱交換させてやる必要があるが、熱交換部が断熱板 5 9 だと、中空筒状の熱交換部と比べて、ガス流れの主流である炉軸方向の熱交換面積が小さくなり、これによってガスの熱交換が若干低下する。従って、本実施の形態の断熱板 5 9 は、大量熱輸送を優先して阻止するよりも、ふく射遮断を優先する場合に有効である。

[0104] [第三の実施の形態]

図 1 8 に、基板加熱部を、上述した誘導コイルと被誘導体とから成る誘導加熱体に代えて、抵抗加熱体で構成した第三の実施の形態の処理炉を示す。

[0105] 図 1 8 に示す処理炉は、図 1 6 に示す処理炉と異なり、被加熱体 4 8、外側断熱壁 5 6、誘導コイル 5 0 などの誘導加熱部材を必要としない。図 1 8 に示すように、処理炉は、石英の反応管 4 2 およびマニホールド 4 6 から構

成される反応容器内に形成されウエハ１４を処理する処理室４４と、反応管４２の外周に設けられ処理室４４内のウエハ１４を加熱する加熱体としての抵抗加熱ヒータ４８a、前記処理室４４内で複数枚のウエハ１４を鉛直方向にそれぞれが間隔を成すように保持するボート３０とを有する。

[0106] このように、反応管４２の外部から抵抗加熱によってウエハ１４を加熱するように構成されている処理炉にも、ふく射の遮断およびガスと部材との熱交換を促進させる第一の熱交換部及び第二の熱交換部を適用することが出来る。具体的には、上記のような処理炉に、処理室４４内でボート３０を支持し処理室４４内のガスと熱交換する第一熱交換部としての中心断熱筒３５aと、処理室４４内で中心断熱筒３５aの水平方向に中心断熱筒３５aと間隙３３を成して設けられ処理室４４内のガスと熱交換する第二熱交換部としての周縁断熱筒３６aとを設けるようにする。

[0107] 本実施の形態では、部品点数が多くなる誘導加熱部材を必要とせず、基本的には抵抗加熱ヒータを設けるだけでよいので、処理炉の構成を簡素化出来る。なお、ウエハ１４を反応管４２の外部から加熱しているため、ウエハ１４に対し例えば１５００℃以上の高温処理を行う際には、反応管４２は１５００℃以上の高温に耐えられるような部材、例えばカーボン材で構成するとよい。

[0108] [第四の実施の形態]

図１９に、ガス供給部１６０を変形した第四の実施の形態の処理炉を示す。

本実施の形態が、図６の処理炉と異なる点は、ガス供給部１６０の上方側となる他部を構成するガス流通路が空間で構成され、ガス供給ノズル１６０aがボート３０の水平方向、すなわちウエハ１４側方まで延在しておらず、ノズル断熱部１６０bの上端部にとどまっている点である。処理室内のボート３０に保持されたウエハ１４へウエハ１４に対し水平方向からガスを供給するガス供給部１６０の下方側となる一部が、第一熱交換部としての中心断熱筒３５aの水平方向側周縁に配置され、ガス供給部の下方側となる一部を

構成するガス流通路としてのガス供給ノズル 160 a が、中心断熱筒 35 a と水平方向に離間するように配置され、ガス供給部の下方側となる一部であってガス供給ノズル 160 b よりも第一熱交換部である中心断熱筒 35 a 側に処理室 44 内のガスと熱交換する流通路熱交換部としてのノズル断熱筒 160 b が設けられている点は、図 6 に示す実施の形態と同じである。

[0109] 従って、本実施の形態では、ガス供給部 160 の下方側となる一部を構成するガス供給ノズル 160 a の先端から、処理室 44 内のポート 30 に保持されたウエハ 14 へウエハ 14 に対し水平方向からガスが供給される。このように、処理室 44 内のウエハ側方まで延在させたガス供給ノズルに代えて、ガス供給ノズル 160 a をノズル断熱部 160 b の上端部にとどまらせて下方側からガスを供給するようにした本実施の形態では、多数枚積層されたウエハ 14 にガスを均一に供給する際、処理室 44 内ウエハ側方まで延在させてガス供給の上方側からガスを供給する場合と比べて、ウエハ間へのガスの流れを制御するのが難しくなるものの、ガス供給ノズルの閉塞などのリスクは小さくなるというメリットがある。

[0110] [第五の実施の形態]

図 20 に、中空筒状の周縁断熱筒 36 a 内の空間を中実にした第二の熱交換部を備えた第四の実施の形態の処理炉を示す。

本実施の形態では、周縁断熱筒 36 a 内の空間を中実にするために、周縁断熱筒 36 a 内に断熱材、例えば断熱フェルト 101 を充填してある。この場合、周縁断熱筒 36 a に石英が使用出来ないような高温場では、石英に代えて例えばカーボンなどの部材を用いたとき、カーボンは石英と異なり溶接などによって周縁断熱筒 36 a 内部の断熱フェルト 101 を封じ込めることが出来ない。このため、本実施の形態によれば、断熱フェルト 101 からの脱ガスがプロセスに影響を及ぼしたり、パーティクルの原因となったり、プロセスガスによって断熱フェルト 101 が劣化して断熱性能が経時的に低下する等の問題があるものの、中空のものと比べて断熱効果が高まるというメリットがある。

[0111] [第六の実施の形態]

図 2 1 に、ウエハ 1 4、1 4 間へのガスの流れを規制する規制部 8 5 を備えた第六の実施の形態の処理炉の平断面図を示す。規制部 8 5 は、耐熱部材、例えば石英からなる薄板状の一对の板材から構成され、ボート 3 0 に向かって左右に設けられる。一对の規制部 8 5 は、各一端が円弧状に並んだ複数のガス供給ノズル 6 1 a ~ 6 5 a の両端の被加熱体 4 8 の内周側に配置される。被加熱体 4 8 の内周側から径方向内方へ延び、ボート 3 0 に近接した位置で互いに開くような方向に折り曲げられる。さらにボート 3 0 の外周に沿ってボート 3 0 の一部を包み込むように延在して、その他端がボートの裏側位置に来るようにする。規制部 8 5 は例えば第二熱交換部 3 6 の上に載置する。ボート 3 0 を囲む一对の規制部 8 5 は、ガス供給ノズル 6 0 a から出たガスの水平方向および鉛直方向の流れを制御する。規制部 8 5 による水平方向の制御では効率的にウエハ面内にガスが供給され、鉛直方向の制御ではウエハ面間に均一にガスを供給されてウエハ面間のエピタキシャル層の均一性が改善される。

[0112] なお、図 2 2 に示す比較例は、図 2 1 に示す規制部 8 5 を備えておらず、ガス供給ノズル 6 1 a ~ 6 5 a からウエハ 1 4 側に向けてガスを供給するように構成されている。

[0113] 本実施の形態では、ウエハ 1 4、1 4 間へのガスの流れを規制する規制部 8 5 を設けているので、規制部を設けていない比較例に比して、積層したウエハ 1 4、1 4 間に、ウエハ面に対してより平行にガスを流すことが出来、ウエハ面内およびウエハ間の熱処理均一性を向上出来る。

[0114] (その他)

このほかにも、本発明は、その要旨を逸脱しない範囲で種々様々変形実施可能なことは勿論であり、次のような変形実施が可能である。

[0115] 例えば、ボート下およびその周囲の断熱領域 4 5 に、耐熱性が高く、熱伝導率の低い中空の構造物、例えばグラッシーカーボンなどを一個または複数個積み立てて設置する。

[0116] または、ボート下以外の断熱領域の断熱構造物を、炉口部 4 7 の金属製のマニホールド 4 6 に載せ、マニホールド 4 6 を冷却水で冷やすことにより、ガスが炉口部 4 7 に到達するまでに十分に冷えるように構成する。

[0117] さらに、断熱領域 4 5 のガス流れを制御し、断熱部（断熱構造物）と被加熱体 4 8 の間にガスを誘導し、冷却されたマニホールド 4 6 でよりガスが冷えるように断熱構造物を構成する。

[0118] [付記]

以下、本発明の好ましい形態を付記する。

[0119] 本発明の一実施の態様によれば、

被誘導体内で基板を処理する処理室と、

該処理室内で複数枚の基板を鉛直方向にそれぞれが間隔を成すように保持する基板保持体と、

前記処理室内で前記基板保持体を該基板保持体の下方側から支持し前記処理室内のガスと熱交換する第一熱交換部と、

前記処理室内で前記第一熱交換部の水平方向に該第一熱交換部と間隙を成して設けられ前記処理室内のガスと熱交換する第二熱交換部と、

前記被誘導体の外側で該被誘導体を誘導加熱する誘導加熱部と、を有する基板処理装置が提供される。

[0120] 好ましくは、

前記処理室内の基板保持体に保持された基板へ該基板に対し水平方向からガスを供給するガス供給部の下方側となる一部が前記第一熱交換部の水平方向側周縁に配置され、

前記ガス供給部の下方側となる一部を構成するガス流通路が、前記第一熱交換部と水平方向に離間するように配置され、

前記ガス供給部の下方側となる一部であって前記ガス流通路よりも前記第一熱交換部側に前記処理室内のガスと熱交換する流通路熱交換部が設けられ、

前記ガス供給部の上方側となる他部を構成するガス流通路から、前記処理

室内の基板保持体に保持された基板へ該基板に対し水平方向からガスを供給する。

[0121] また好ましくは、

前記第一熱交換部上端の高さ位置よりも前記第二熱交換部上端の高さ位置のほうが低く構成されている。

[0122] また好ましくは、

前記第二熱交換部は、中空筒状に形成されている。

[0123] また好ましくは、

前記第二熱交換部と前記流路熱交換部とで前記第一熱交換部の水平方向側周縁全域を覆うように構成されている。

[0124] また好ましくは、

前記第二熱交換部の水平方向内周径と前記流路熱交換部の前記第一熱交換部側の外周径とが一致している。

[0125] また好ましくは、

前記第二熱交換部の水平方向の厚さは、前記間隙の水平方向の大きさよりも大きく構成されている。

[0126] また好ましくは、

前記第二熱交換部は、鉛直方向に複数の区画された空間を成すように複数の熱交換体が積層されて形成されている。

[0127] また好ましくは、

前記熱交換体は、断面Uの字型に形成されており、下端面に前記空間にある雰囲気の前記空間外へ逃がす貫通孔が形成されている。

[0128] また好ましくは、

前記第二熱交換部は、前記基板保持体および前記第一熱交換部が、前記処理室内外へ搬入出される際にも前記処理室内に残置される。

[0129] また好ましくは、

前記第一熱交換部および前記第二熱交換部よりも下方側に前記処理室内のガスを排気する排気口が設けられている。

[0130] 本発明の他の態様によれば、

複数枚の基板を鉛直方向にそれぞれが間隔を成すように保持した基板保持体を第一熱交換部により支持し被誘導体内の処理室内に搬入する搬入工程と、

誘導加熱部により前記被誘導体を誘導加熱することで加熱し、前記複数枚の基板を処理するとともに、前記第一熱交換部及び該第一熱交換部の水平方向に該第一熱交換部と間隙を成して設けられた第二熱交換部が、前記処理室内のガスと熱交換する処理工程と、

前記基板保持体を前記処理室内から搬出する搬出工程と、を有する半導体装置の製造方法が提供される。

[0131] 本発明の更に他の態様によれば、

基板を処理する処理室と、

該処理室内の基板を加熱する加熱体と、

前記処理室内で複数枚の基板を鉛直方向にそれぞれが間隔を成すように保持する基板保持体と、

前記処理室内で前記基板保持体を支持し前記処理室内のガスと熱交換する第一熱交換部と、

前記処理室内で前記第一熱交換部の水平方向に該第一熱交換部と間隙を成して設けられ前記処理室内のガスと熱交換する第二熱交換部と、を有する基板処理装置が提供される。

符号の説明

- [0132] 1 0 基板処理装置
1 4 ウエハ（基板）
1 5 ウエハホルダ
3 0 ボート（基板保持体）
3 4 保温筒
3 5 第一熱交換部
3 6 第二熱交換部

- 4 0 処理炉
- 4 2 反応管
- 4 3 基板領域（ウエハ領域）
- 4 4 処理室
- 4 5 断熱領域
- 4 6 マニホールド
- 4 7 炉口部
- 4 8 被加熱体（被誘導体）
- 5 0 誘導コイル（誘導加熱部）
- 6 0 ガス供給ノズル
- 6 0 a ガス供給ノズル
- 6 0 b ノズル熱交換部
- 6 1 ガス供給ノズル
- 6 2 ガス供給ノズル
- 8 5 規制部
- 9 0 a ガス排気口
- 1 0 2 シールキャップ
- 1 0 4 回転機構
- 1 0 6 回転軸
- 1 6 0 ガス供給部

請求の範囲

- [請求項1] 被誘導体内で基板を処理する処理室と、
 該処理室内で複数枚の基板を鉛直方向にそれぞれが間隔を成すように保持する基板保持体と、
 前記処理室内で前記基板保持体を該基板保持体の下方側から支持し前記処理室内のガスと熱交換する第一熱交換部と、
 前記処理室内で前記第一熱交換部の水平方向に該第一熱交換部と間隙を成して設けられ前記処理室内のガスと熱交換する第二熱交換部と、
 、
 前記被誘導体の外側で該被誘導体を誘導加熱する誘導加熱部と、を有する基板処理装置。
- [請求項2] 請求項1に記載の基板処理装置であって、
 前記処理室内の基板保持体に保持された基板へ該基板に対し水平方向からガスを供給するガス供給部の下方側となる一部が前記第一熱交換部の水平方向側周縁に配置され、
 前記ガス供給部の下方側となる一部を構成するガス流通路が、前記第一熱交換部と水平方向に離間するように配置され、
 前記ガス供給部の下方側となる一部であって前記ガス流通路よりも前記第一熱交換部側に前記処理室内のガスと熱交換する流通路熱交換部が設けられ、
 前記ガス供給部の上方側となる他部を構成するガス流通路から、前記処理室内の基板保持体に保持された基板へ該基板に対し水平方向からガスを供給する基板処理装置。
- [請求項3] 請求項1に記載の基板処理装置であって、
 前記第一熱交換部上端の高さ位置よりも前記第二熱交換部上端の高さ位置のほうが低く構成されている基板処理装置。
- [請求項4] 請求項1に記載の基板処理装置であって、
 前記第二熱交換部は、中空筒状に形成されている基板処理装置。

- [請求項5] 請求項2に記載の基板処理装置であって、
前記第二熱交換部と前記流路熱交換部とで前記第一熱交換部の水平方向側周縁全域を覆うように構成されている基板処理装置。
- [請求項6] 請求項5に記載の基板処理装置であって、
前記第二熱交換部の水平方向内周径と前記流路熱交換部の前記第一熱交換部側の外周径とが一致している基板処理装置。
- [請求項7] 請求項1に記載の基板処理装置であって、
前記第二熱交換部の水平方向の厚さは、前記間隙の水平方向の大きさよりも大きく構成されている基板処理装置。
- [請求項8] 請求項1に記載の基板処理装置であって、
前記第二熱交換部は、鉛直方向に複数の区画された空間を成すように複数の熱交換体が積層されて形成されている基板処理装置。
- [請求項9] 請求項8に記載の基板処理装置であって、
前記熱交換体は、断面Uの字型に形成されており、下端面に前記空間にある雰囲気気を前記空間外へ逃がす貫通孔が形成されている基板処理装置。
- [請求項10] 請求項1に記載の基板処理装置であって、
前記第二熱交換部は、前記基板保持体および前記第一熱交換部が、前記処理室内外へ搬入出される際にも前記処理室内に残置される基板処理装置。
- [請求項11] 請求項1に記載の基板処理装置であって、
前記第一熱交換部および前記第二熱交換部よりも下方側に前記処理室内のガスを排気する排気口が設けられている基板処理装置。
- [請求項12] 複数枚の基板を鉛直方向にそれぞれが間隔を成すように保持した基板保持体を第一熱交換部により支持し被誘導体内の処理室内に搬入する搬入工程と、
誘導加熱部により前記被誘導体を誘導加熱することで加熱し、前記複数枚の基板を処理するとともに、前記第一熱交換部及び該第一熱交

換部の水平方向に該第一熱交換部と間隙を成して設けられた第二熱交換部が、前記処理室内のガスと熱交換する処理工程と、

前記基板保持体を前記処理室内から搬出する搬出工程と、を有する半導体装置の製造方法。

[請求項13]

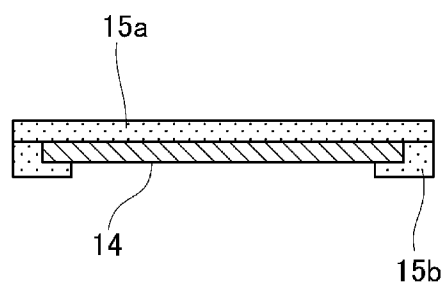
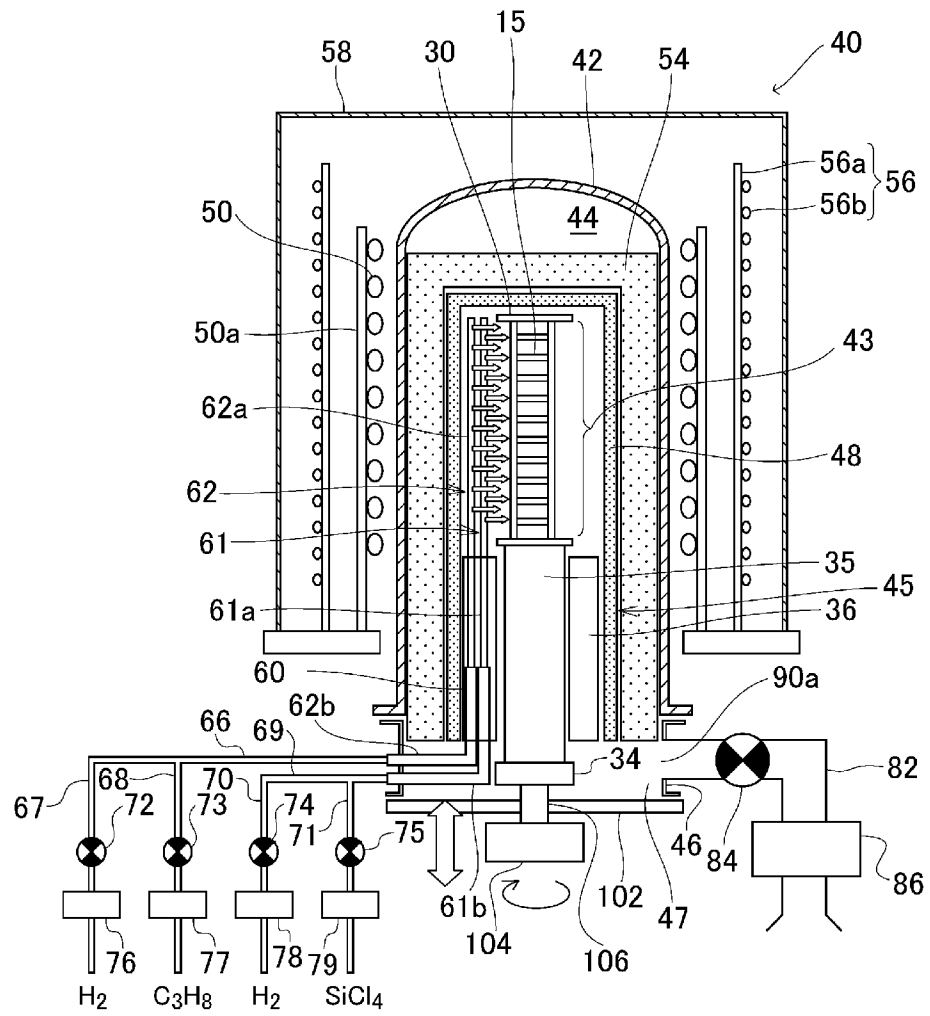
基板を処理する処理室と、

該処理室内の基板を加熱する加熱体と、

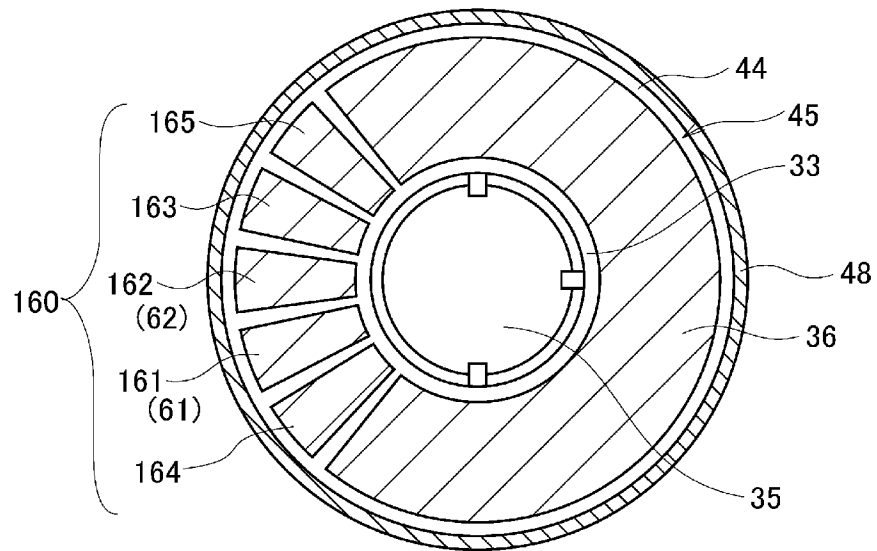
前記処理室内で複数枚の基板を鉛直方向にそれぞれが間隔を成すように保持する基板保持体と、

前記処理室内で前記基板保持体を支持し前記処理室内のガスと熱交換する第一熱交換部と、

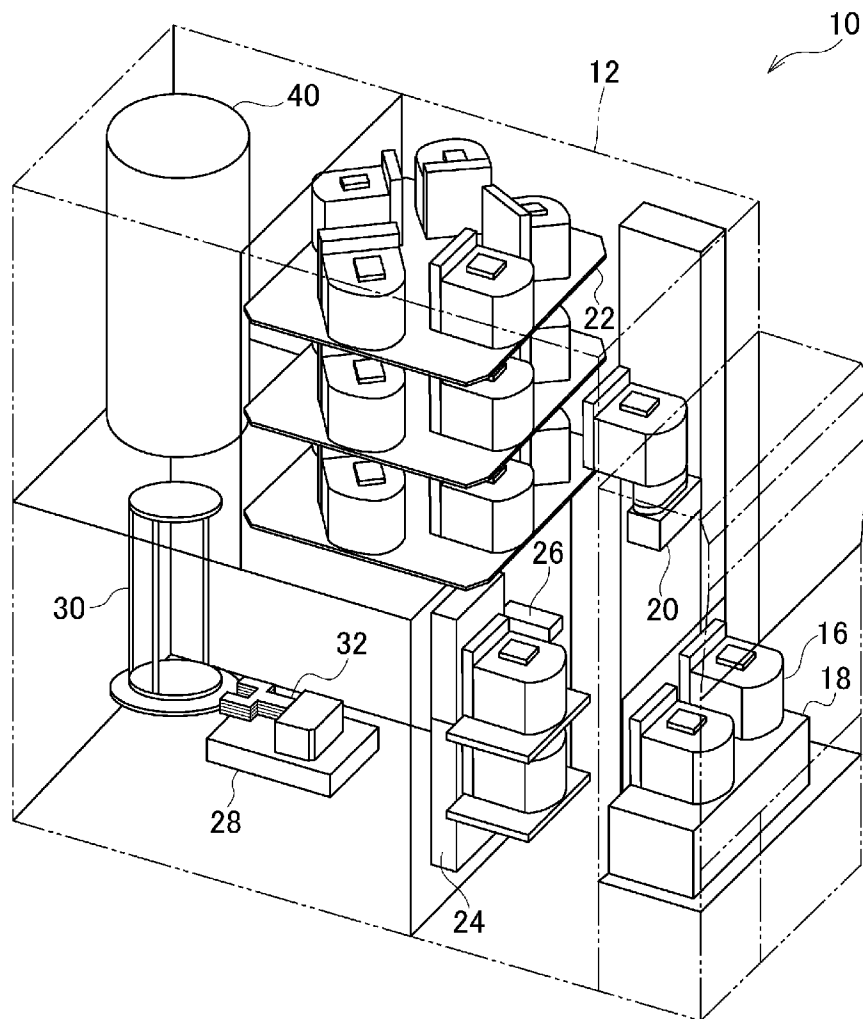
前記処理室内で前記第一熱交換部の水平方向に該第一熱交換部と間隙を成して設けられ前記処理室内のガスと熱交換する第二熱交換部と、を有する基板処理装置。



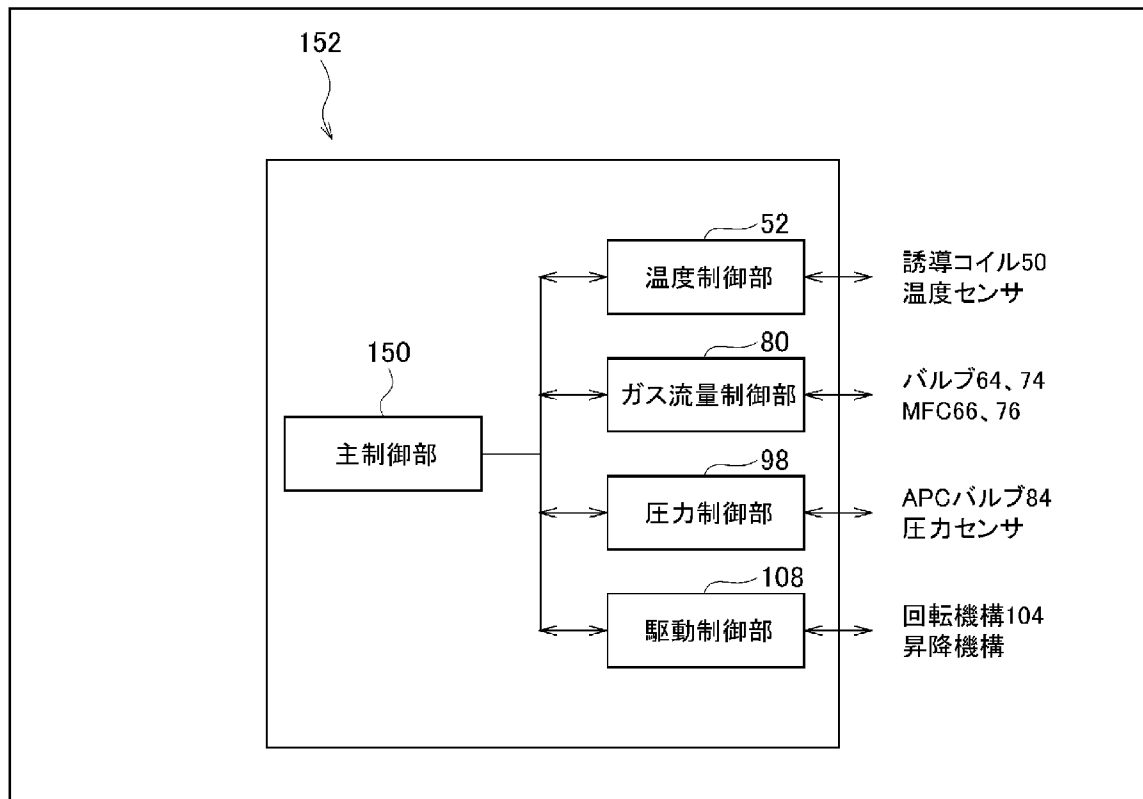
[図3]



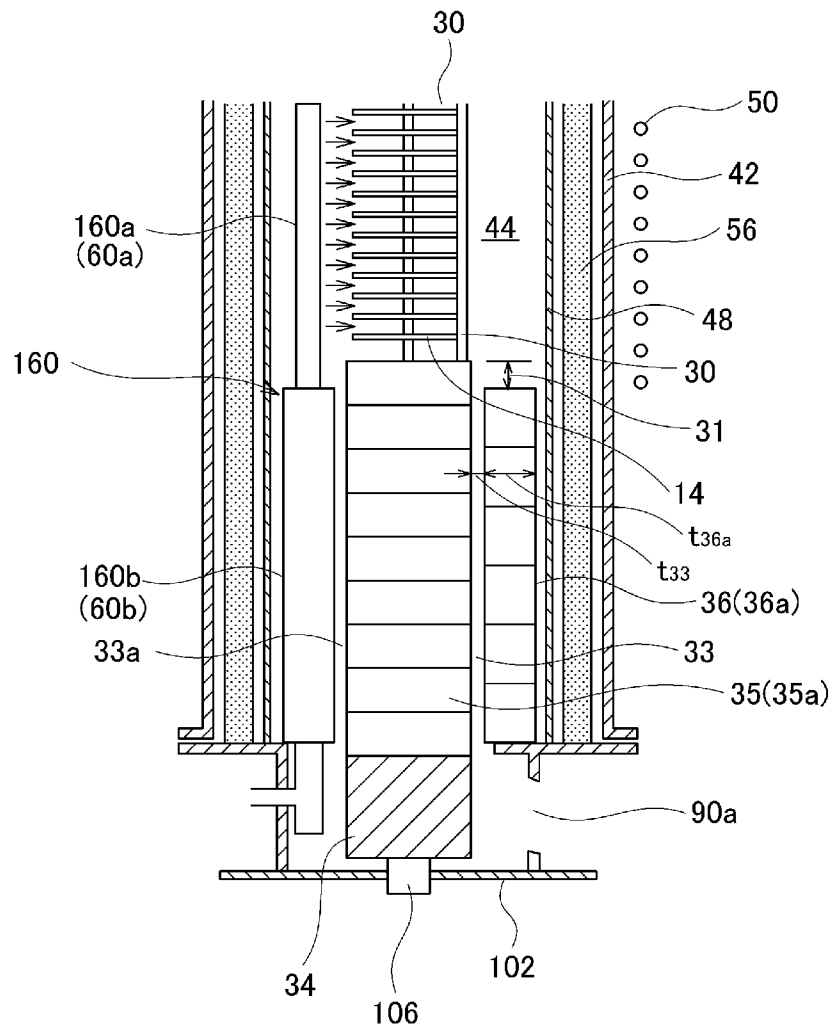
[図4]



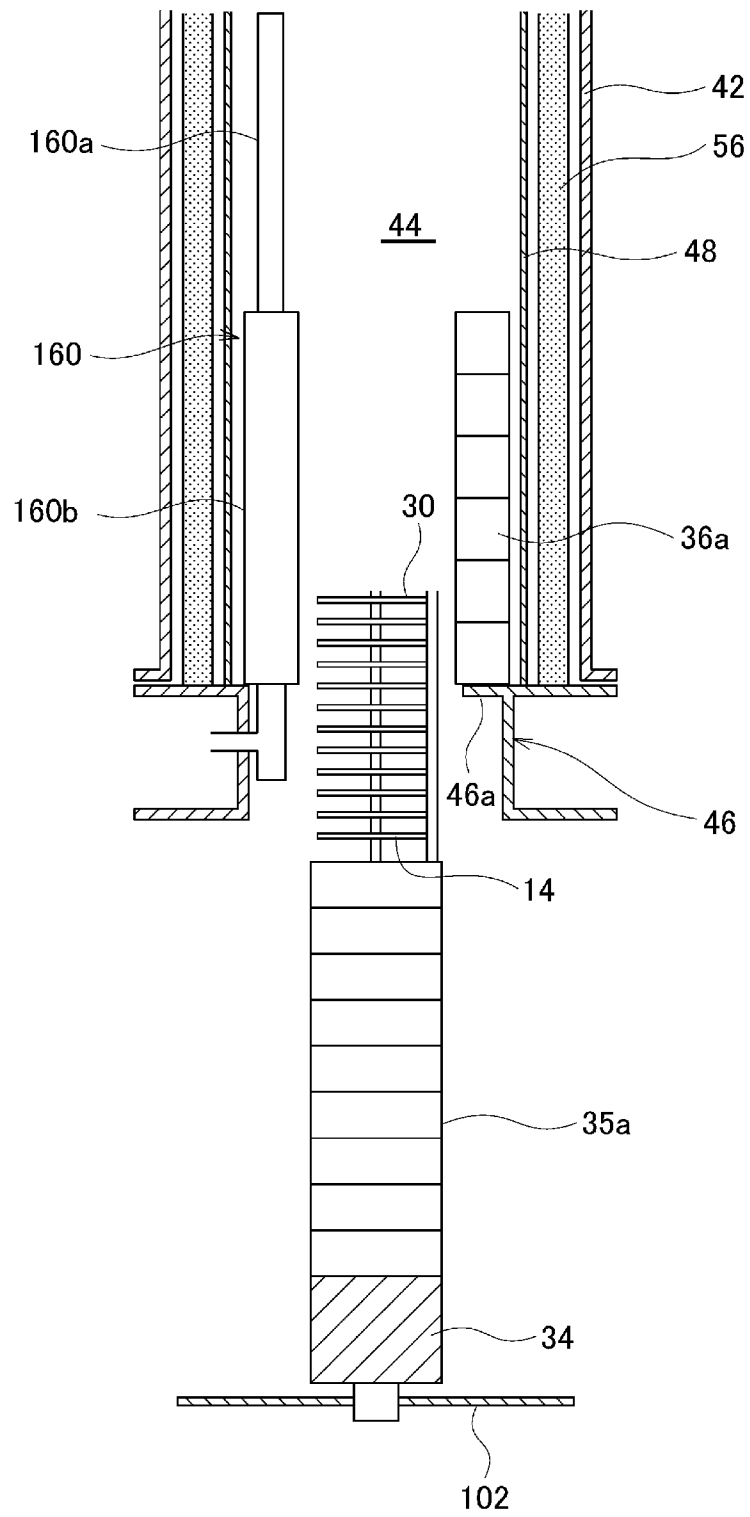
[図5]



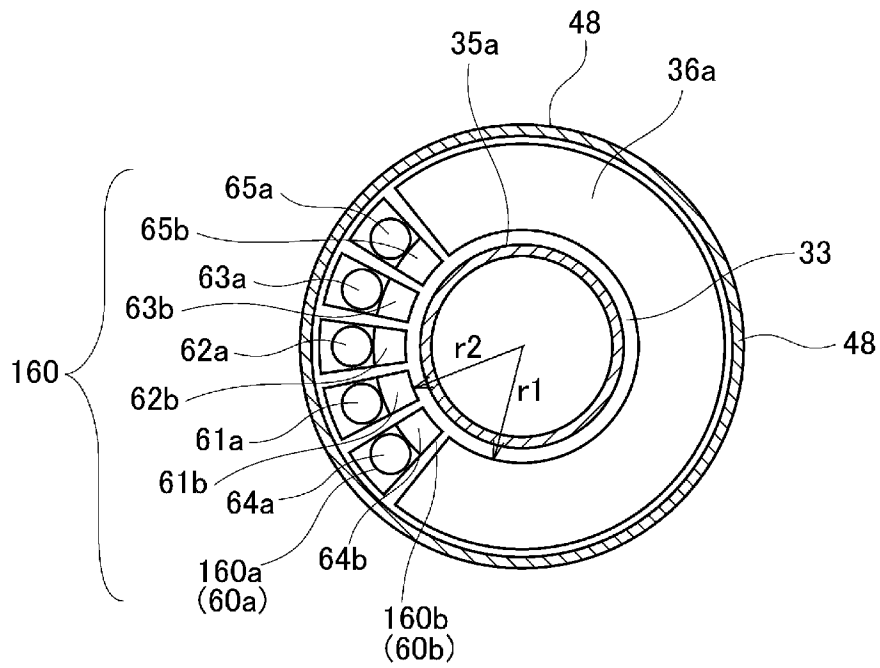
[図6]



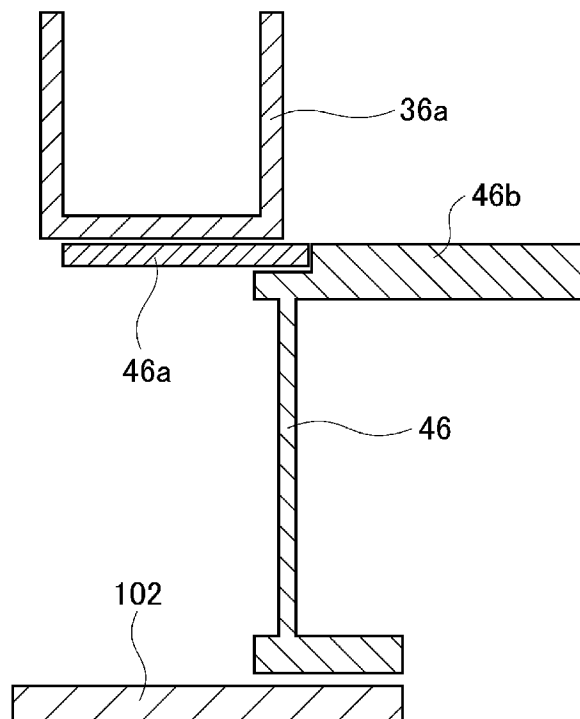
[図7]



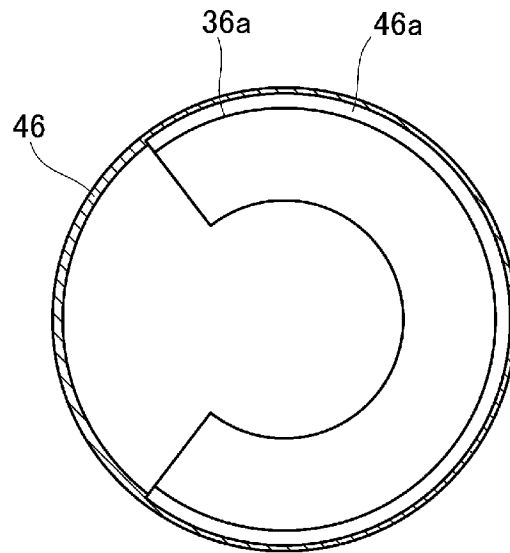
[図8]



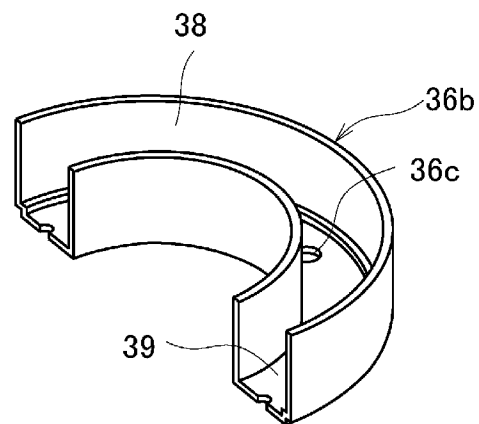
[図9]



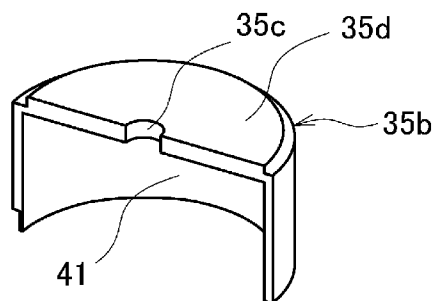
[図10]



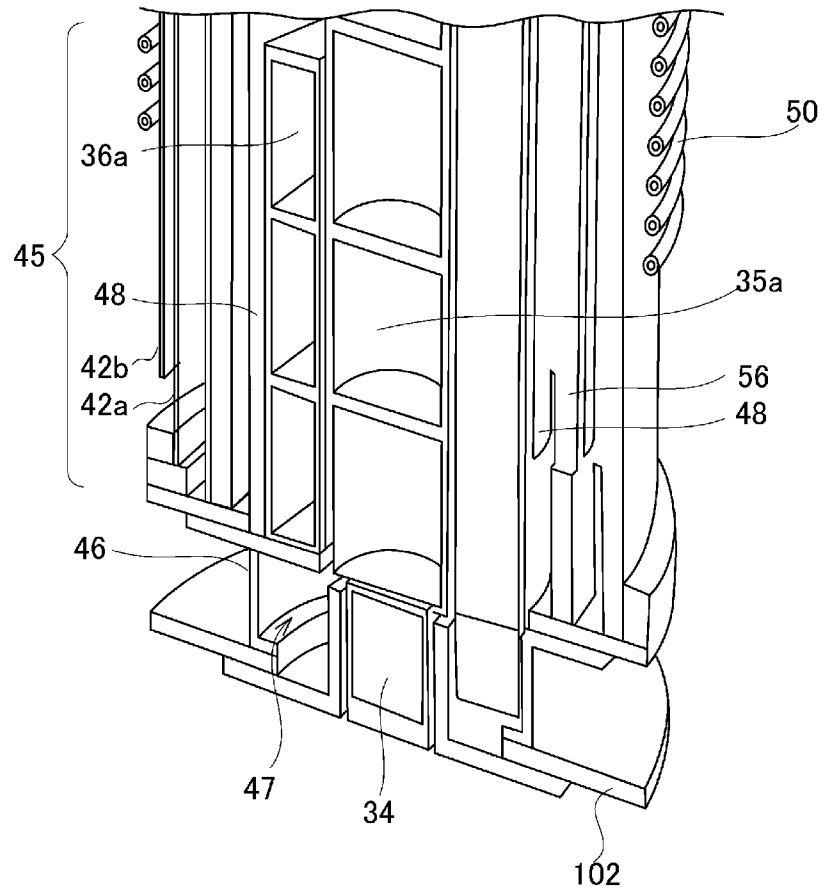
[図11]



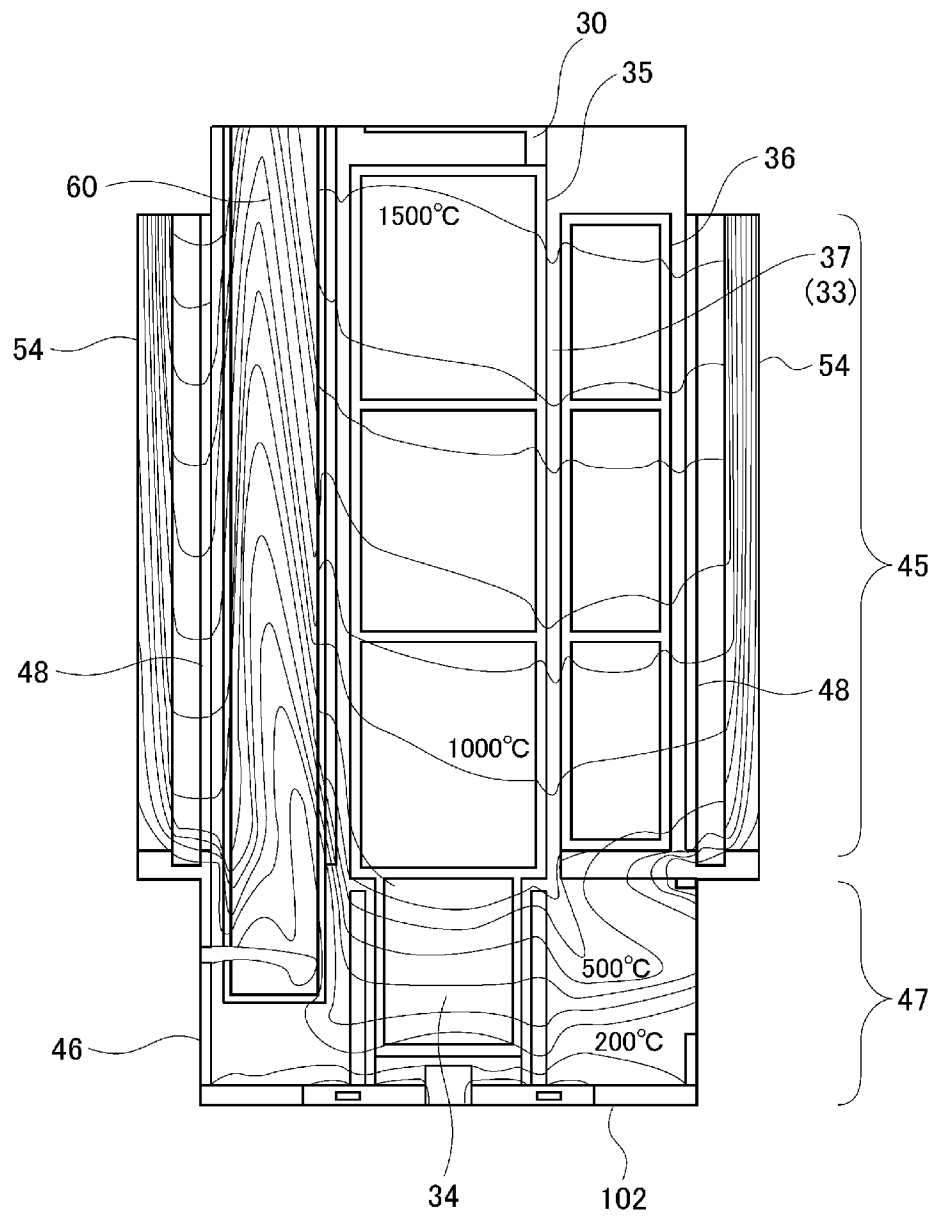
[図12]



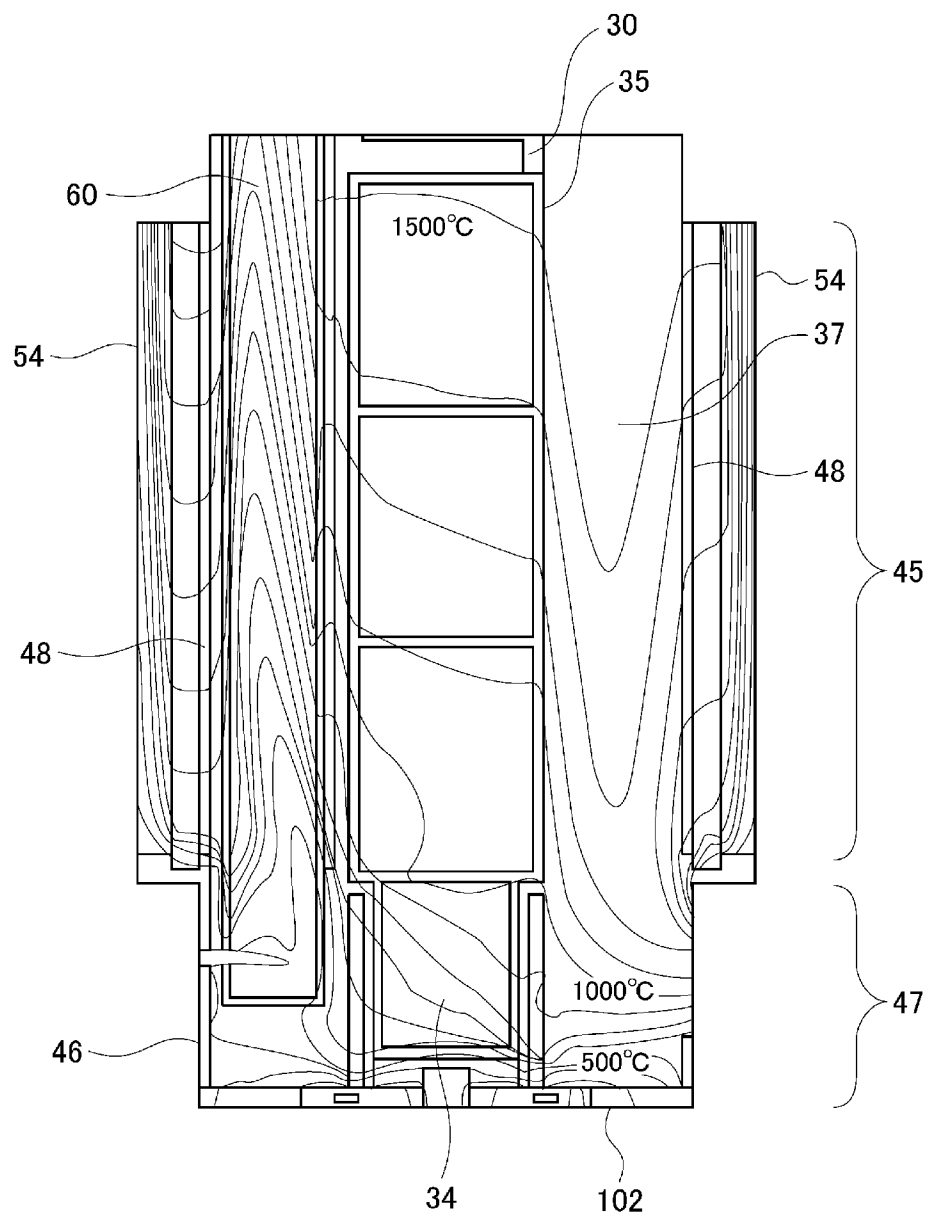
[図13]



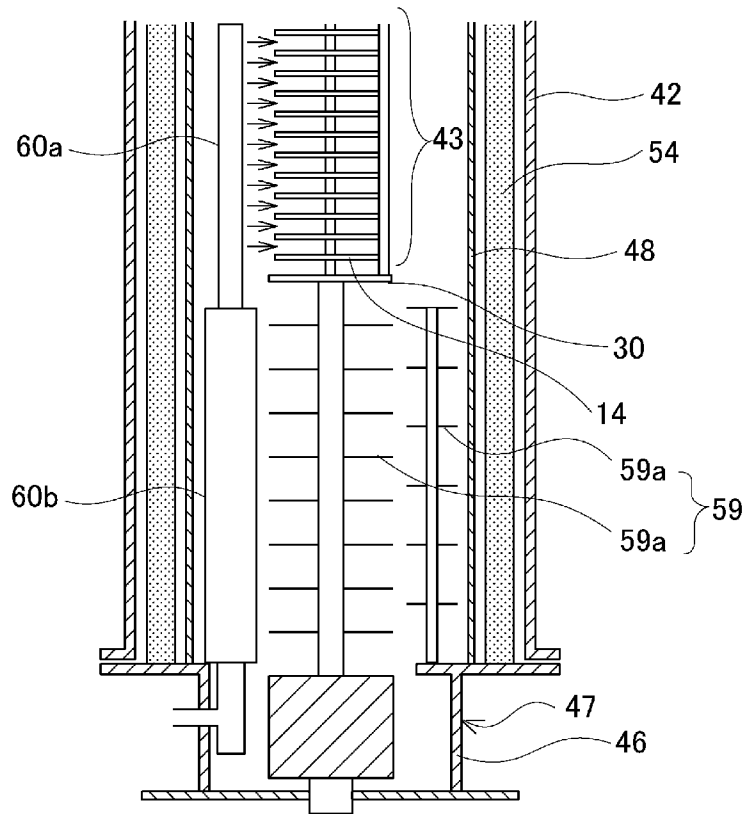
[図14]



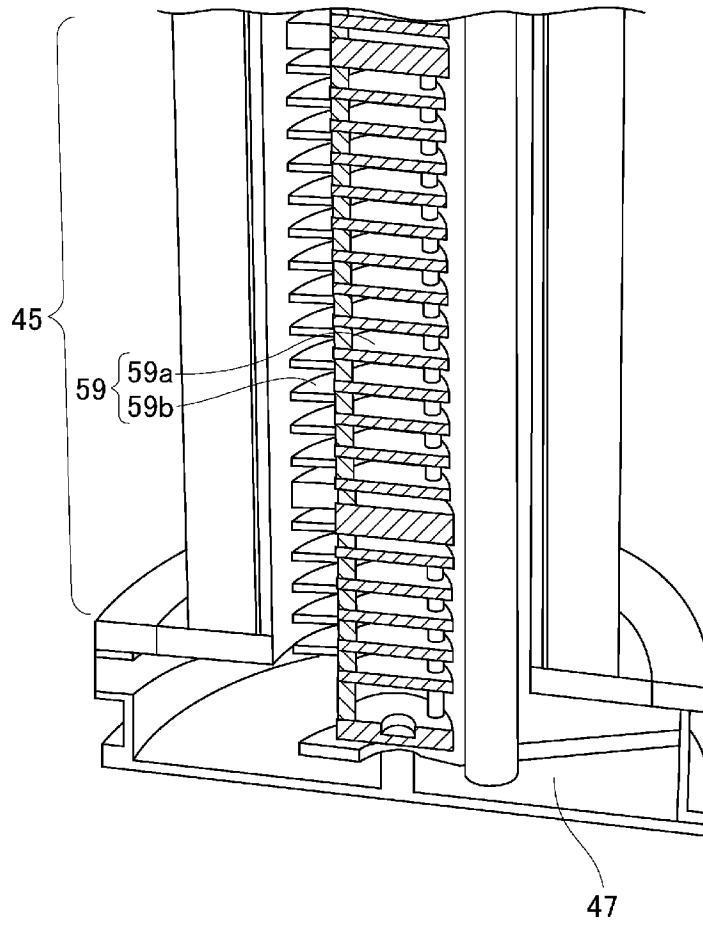
[図15]



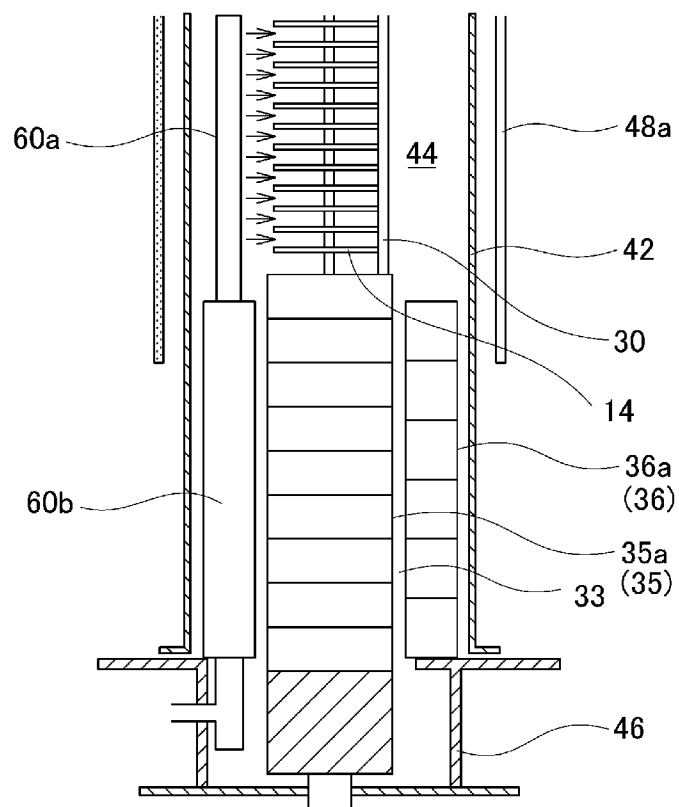
[図16]



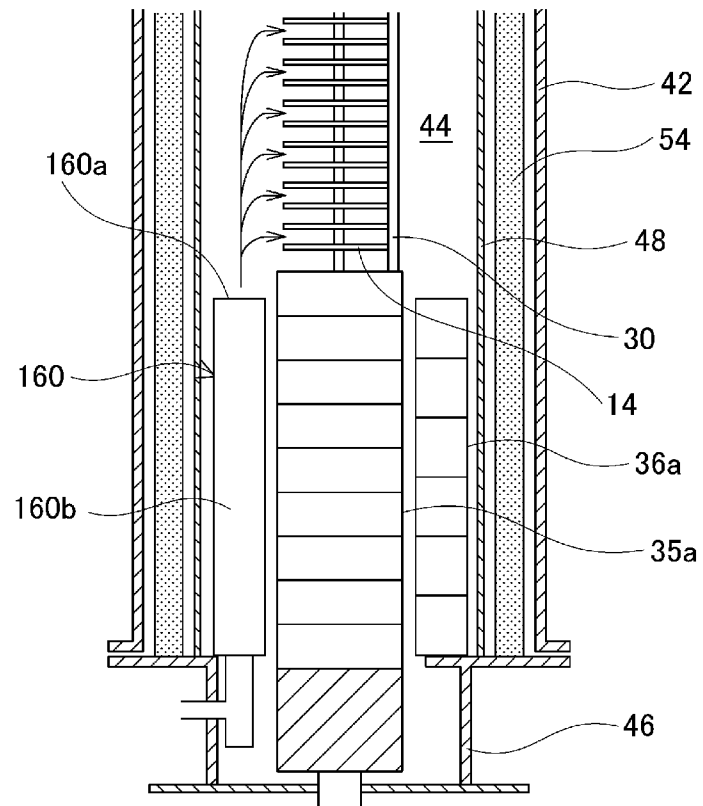
[図17]



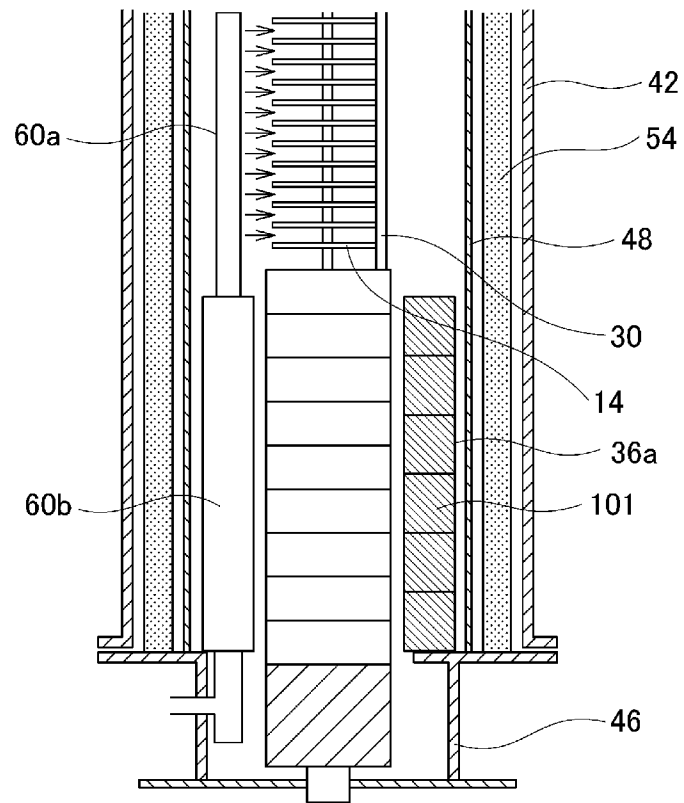
[図18]



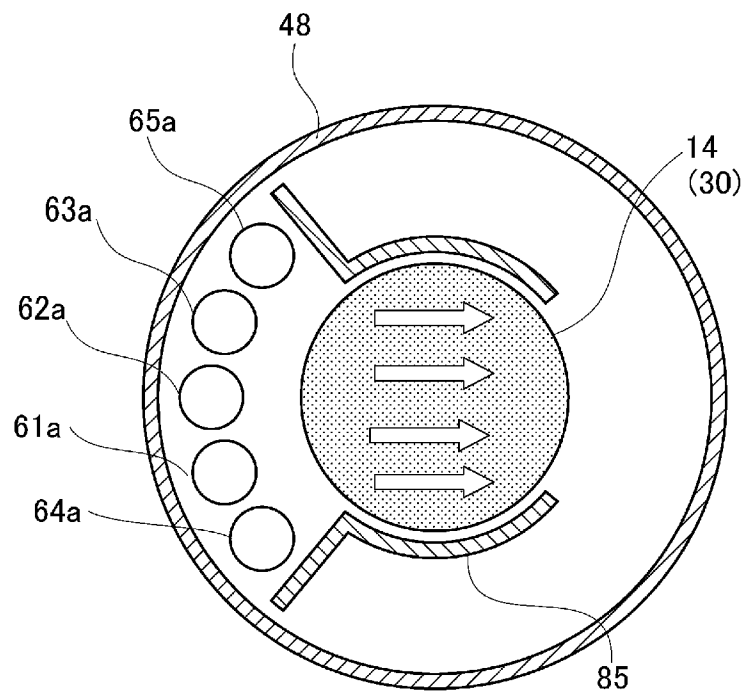
[図19]



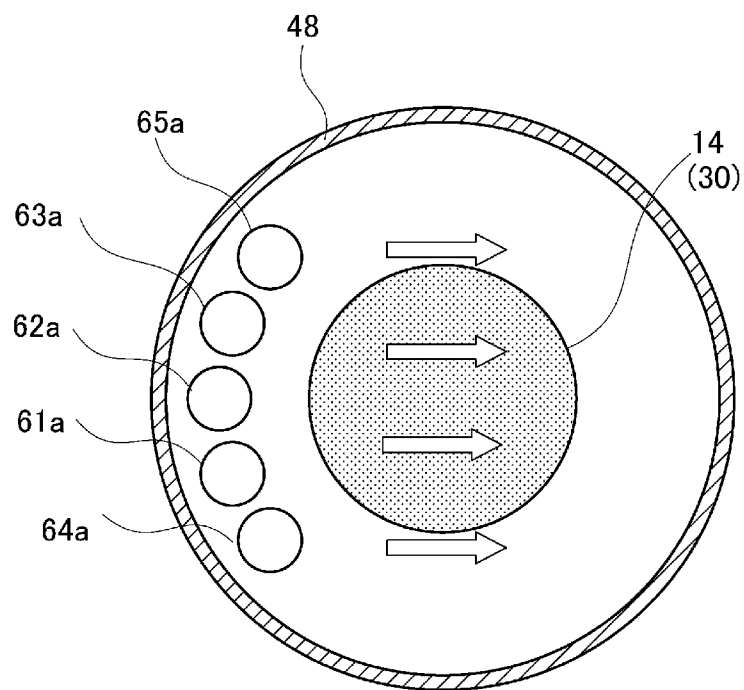
[図20]



[図21]



[図22]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/066041

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L21/205(2006.01) i, C23C16/46(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)

H01L21/205, C23C16/46

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 1996-2011

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2011 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2011

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.
A	JP 2004-235425 A (Seiko Epson Corp.), 19 August 2004 (19.08.2004), paragraphs [0020] to [0041]; fig. 1 to 4 (Family: none)	1-13
A	JP 2003-282452 A (Tokyo Electron Ltd.), 03 October 2003 (03.10.2003), paragraphs [0023] to [0055]; fig. 1 (Family: none)	1-13
A	JP 08-017752 A (Kokusai Electric Co., Ltd.), 19 January 1996 (19.01.1996), paragraphs [0006] to [0010]; fig. 1 to 4 (Family: none)	1-13



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
30 September, 2011 (30.09.11)

Date of mailing of the international search report
11 October, 2011 (11.10.11)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. H01L21/205 (2006.01)i, C23C16/46 (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. H01L21/205, C23C16/46			
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 1 9 2 2 - 1 9 9 6 年 日本国公開実用新案公報 1 9 7 1 - 2 0 1 1 年 日本国実用新案登録公報 1 9 9 6 - 2 0 1 1 年 日本国登録実用新案公報 1 9 9 4 - 2 0 1 1 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 請求項の番号	
A	JP 2004-235425 A（セイコーエプソン株式会社）2004.08.19, 段落【0020】－【0041】，図1-4（ファミリーなし）	1-13	
A	JP 2003-282452 A（東京エレクトロン株式会社）2003.10.03, 段落【0023】－【0055】，図1（ファミリーなし）	1-13	
A	JP 08-017752 A（国際電気株式会社）1996.01.19, 段落【0006】－【0010】，図1-4（ファミリーなし）	1-13	
☐ 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 3 0 . 0 9 . 2 0 1 1		国際調査報告の発送日 1 1 . 1 0 . 2 0 1 1	
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1 0 0 - 8 9 1 5 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） 宮本 靖史 電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 4 7 1	4 R 3 7 6 0