明　細　書

発明の名称 ：

基板処理装置、断熱材アセンブリ及び半導体装置の製造方法

技術分野

[0001] 本開示は、基板処理装置、断熱材アセンブリ及び半導体装置の製造方法に関する。

背景技術

[0002] 基板処理装置の一例として、半導体製造装置があり、さらに半導体製造装置の一例として、縦型装置があることが知られている。縦型装置では、複数の基板を多段に基板保持具に保持した状態で反応管の内部に設けられた処理室に搬入し、基板を加熱した状態で、例えば処理室に処理ガスを供給して基板上に膜を形成するなど、基板に対する処理が行われることがある（例えば、特開２０１９－０２１９１０号公報、特開２０１２－０６４８０４号公報参照）。

[0003] ところで、このような縦型装置では、処理室の熱が外部に逃げることに起因する基板の処理品質の低下が生じることがある。

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 本開示の目的は、処理室の温度の低下を抑制可能な構成を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0005] 本開示の一態様によれば、複数の断熱材が保持される断熱領域を下部に有する基板保持具と、

前記基板保持具が内部に収納され、上端及び下端が開口している第１反応管と、

上端が閉塞され、下端が開口している第２反応管と、

前記第１反応管と前記第２反応管の間の第１空間に保持部を有する炉口フ

ランジ部と、

前記第２反応管を覆うように設けられ、前記第１反応管内の前記基板保持具に載置された基板を加熱する加熱部と、を備え、

前記断熱領域に設けられ、前記断熱材よりも赤外線の反射率が高い第１高反射部材と、

前記第１空間において、前記第２反応管の下部で、且つ前記第２反応管の内壁側に設けられるように、前記炉口フランジ部に設けられる前記保持部に配置される前記断熱材よりも赤外線の反射率が高い第２高反射部材と、を備えた構成が提供される。

発明の効果

[0006] 本開示の一態様によれば、処理室の温度の低下を抑制することができる構成を提供することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0007] [図1]本開示の一実施形態に係る基板処理装置を示す一部切断正面図である。

[図2]本開示の一実施形態に係る基板処理装置の正面断面図である。

[図3A]本開示の一実施形態に係る基板保持具の断熱領域周辺を示す断面図である。

[図3B]反射部材付断熱板を示す断面図である。

[図4A]本開示の一実施形態に係る反射板を示す斜視図である。

[図4B]反射板の支持ベースを示す断面図である。

[図5]マニホールドに支持された反射板を示す斜視図である。

[図6]本開示の一実施形態に係る第３高反射部材を示す斜視図である。

[図7]本開示の他の実施形態に係る第３高反射部材を示す断面図である。

[図8]本開示の一実施形態に係る基板処理装置におけるコントローラのハードウェア構成を示す図である。

[図9]本開示の一実施形態に係る基板処理工程のフローチャートである。

[図10]本開示の他の実施形態に係る基板処理工程のフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0008] 以下、本開示の一実施形態を図面に即して説明する。なお、以下の説明において用いられる図面は、いずれも模式的なものであり、図面に示される、各要素の寸法の関係、各要素の比率等は、現実のものとは必ずしも一致していない。また、複数の図面の相互間においても、各要素の寸法の関係、各要素の比率等は必ずしも一致していない。

図１に示すように、本実施形態の基板処理装置１０は、一例として、ＩＣの製造方法における成膜工程を実施するバッチ式縦型装置として構成されている。

[0009] 図１、及び図２に示すように、基板処理装置１０は、支持された縦形の反応管としてのプロセスチューブ１１を備えており、プロセスチューブ１１は互いに同心円に配置された第２反応管としてのアウタチューブ１２と、第１反応管としてのインナチューブ１３とから構成されている。

[0010] アウタチューブ１２は、一例として石英（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。このアウタチューブ１２と後述する炉口フランジ部としてのマニホールド１６の内部に処理室１４が形成される。

[0011] インナチューブ１３は一例として石英（SiO_2）が使用されて、上下両端が開口した円筒形状に形成されている。インナチューブ１３は、処理室１４に配置され、インナチューブ１３の筒中空部は、基板保持具としてのボート３１が搬入される処理流路を形成するよう構成されており、アウタチューブ１２とインナチューブ１３との間の隙間によって、第１空間としての排気側流路１７が、横断面形状が一定幅の円形リング形状に形成するよう構成されている。インナチューブ１３の下端開口は、特に、ボート３１を出し入れするための炉口部１５としての炉口空間を構成している。なお、排気側流路１７や炉口部１５も処理室１４の一部である。

[0012] なお、アウタチューブ１２、及びインナチューブ１３は、石英（SiO_2）に限らず、炭化珪素（ＳｉＣ）、石英や炭化珪素の複合材料等の耐熱性の高

い材料によって形成されていてもよい。

[0013] 後述するように、インナチューブ１３に挿入されるボート３１は複数枚の基板１(以後、ウエハともいう)を上下方向に整列した状態で保持するように構成されている。したがって、インナチューブ１３の内径は取り扱う基板１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。

[0014] アウタチューブ１２とインナチューブ１３との間の下端部には、略円筒形状に構築された炉口フランジ部としてのマニホールド１６が設けられている。アウタチューブ１２およびインナチューブ１３の交換等のために、マニホールド１６はアウタチューブ１２およびインナチューブ１３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１６が基板処理装置１０の筐体２に支持されることによって、プロセスチューブ１１は垂直に据え付けられた状態になっている。インナチューブ１３はマニホールド１６から突出した円板上の支持部の上に配置されている。

[0015] 図１に示すように、マニホールド１６の円筒部１６Ａには排気管１８の一端が接続されており、排気管１８は排気側流路１７の最下端部に通じた状態になっている。

[0016] 排気管１８の他端には、圧力コントローラ２１によって制御される排気装置１９が接続されており、排気管１８の途中には圧力センサ２０が接続されている。圧力コントローラ２１は圧力センサ２０からの測定結果に基づいて排気装置１９をフィードバック制御するように構成されている。

[0017] また、マニホールド１６の円筒部１６Ａにはガス導入管２２が炉口部１５に通じるように配設されており、ガス導入管２２には、原料ガス供給装置、反応ガス供給装置および不活性ガス供給装置（以下、ガス供給装置という。）２３が接続されている。ガス供給装置２３はガス流量コントローラ２４によって制御されるように構成されている。ガス導入管２２から炉口部１５に導入されたガスは、処理流路を流通して排気側流路１７を通って（処理室１４を流通して)排気管１８によって排気される。

[0018] マニホールド１６には、下端開口を閉塞する蓋体としてのシールキャップ２５が垂直方向下側から接するようになっている。シールキャップ２５はマニホールド１６の外径と略等しい円盤形状に構築されており、筐体２の待機室３に設備されたボートカバー３７に保護されたボートエレベータ２６によって垂直方向に昇降されるように構成されている。ボートエレベータ２６は図示しないモータ駆動の送りねじ軸装置およびベローズ等によって構成されている。

[0019] シールキャップ２５の中心線上には回転軸３０が配置されて回転自在に支持されており、回転軸３０はモータ等を含んで構成されたボート回転機構２９により回転駆動されるように構成されている。回転軸３０の上端にはボート３１が垂直に支持されている。

[0020]（ボートの構成）

図２に示すように、ボート３１は上下で一対の端板３２，３３と、端板３２と端板３３との間に配置される端板３８と、これらの間に垂直に架設された三本の保持部材３４とを備えており、三本の保持部材３４には多数の保持溝（図示せず）が長手方向に等間隔に刻まれている。

[0021] 三本の保持部材３４において同一の段に刻まれた保持溝同士は、互いに対向して開口するようになっている。ボート３１は、端板３２と端板３８との間において、三本の保持部材３４の同一段の保持溝間に基板１を挿入されることにより、複数枚の基板１を水平にかつ互いに中心を揃えた状態に整列させて保持するようになっている。

[0022] また、ボート３１は、端板３８と端板３３との間において、三本の保持部材３４の同一段の保持溝３９間に断熱材が設けられている。この断熱材は、第１高反射部材としての反射部材付断熱板１２０を挿入してもよく、複数枚の反射部材付断熱板１２０を水平にかつ互いに中心を揃えた状態に整列させて保持するようになっている。

[0023] 図１に示すように、ボート３１は、複数枚の基板１が保持される端板３２から端板３８間の基板処理領域３５と、複数枚の反射部材付断熱板１２０が

保持される端板３８から端板３３間の断熱板領域（以後、断熱領域ともいう）３６とを区別するように構成され、基板処理領域３５の下方に断熱板領域３６が配置されるよう構成されている。断熱板領域３６は、端板３８と端板３３の間に、反射部材付断熱板１２０が、一定に間隔を開けて複数枚保持されている。

[0024]（ヒータ）

図１、図２、図３Ａに示すように、プロセスチューブ１１の外側には、加熱部としてのヒータユニット４０が同心円に配置されて、筐体２に支持された状態で設置されている。これにより、ヒータユニット４０は、インナチューブ１３に挿入されたボート３１に保持される基板処理領域３５内の基板１を加熱するよう構成される。ヒータユニット４０は、ステンレス鋼（ＳＵＳ）が使用されて上端閉塞で下端開口の筒形状、好ましくは円筒形状に形成されており、その内側には断熱材４０ａや断熱材４１が配置され、図示しない電熱ヒータが断熱材４１に組み込まれている。

[0025] 以下、図３～図７を用いて、高反射部材に関して詳述する。

[0026]（反射部材付断熱板：第１高反射部材）

図３Ｂに示すように、第１高反射部材としての反射部材付断熱板１２０は、一例として、断熱材としての不透明石英製の円板１２１の表面に、不透明石英よりも赤外線の反射率の高い第１高反射部材１２２を膜状（厚さは円板１２１よりも薄い）に形成したものである。なお、この不透明石英製の円板１２１が、本開示の断熱板の一例である。

[0027] なお、反射部材付断熱板１２０自体を、不透明石英と同等以上の断熱性を有し、かつ不透明石英よりも赤外線の反射率が高い材料で形成してもよい。

[0028] このように、ボート３１の断熱板領域３６に反射部材付断熱板１２０を配置することにより、断熱材だけを配置するより、炉口部１５からの熱逃げを抑制することができる。

[0029]（反射板：第２高反射部材）

図３Ａに示すように、アウタチューブ１２とインナチューブ１３との間の

排気側流路１７には、アウタチューブ１２及びインナチューブ１３よりも赤外線の反射率の高い反射板１２４が配置されている。具体的には、マニホールド１６の内周面の上端部には、保持部として、周方向に沿って複数のブロック１２７が設けられており、アウタチューブ１２の下部で、且つアウタチューブ１２の内壁に設けられるように、第２高反射部材としての反射板１２４が、このブロック１２７上に配置されている。

[0030] 図４Ａに示すように、反射板１２４は、円弧形状とされた支持ベース１２４Ａを備えており、支持ベース１２４Ａには複数本（本実施形態では２本）の支柱１２４Ｂが立設されている。これらの支柱１２４Ｂには、円弧形状とされた複数の反射体１２４Ｃが上下方向に一定の間隔を開けて支持されている。

[0031] 支持ベース１２４Ａ、支柱１２４Ｂ、及び反射体１２４Ｃは、一例として、不透明の石英等で形成することができ、これらの表面には、支持ベース１２４Ａ、支柱１２４Ｂ、及び反射体１２４Ｃを形成する材料（本実施形態では、一例として不透明石英）よりも赤外線の反射率の高い材料からなる第２高反射部材１２６が膜状に形成されている（図４Ｂ参照）。第２高反射部材１２６の材料としては、反射部材付断熱板１２０の第１高反射部材１２２と同様の材料を用いることができる。また、第２高反射部材１２６の膜の厚さは、反射部材付断熱板１２０の円板１２１よりも薄い。

[0032] また、これら支持ベース１２４Ａ、支柱１２４Ｂ、及び反射体１２４Ｃ自体を、不透明石英と同等以上の断熱性を有し、かつ不透明石英よりも赤外線の反射率が高い材料で形成してもよい。

[0033] 図５に示すように、ブロック１２７に搭載された反射板１２４はボルト等で固定されている。そして、円弧形状に形成された複数の反射板１２４は、インナチューブ１３を取り囲むように第１空間Ｓ１の内部に配置されている。

[0034] 図３Ａに示すように、ボート３１がインナチューブ１３の所定位置（基板１を処理する位置）に配置された状態では、反射板１２４は、ボート３１の

断熱板領域３６と対向する位置に配置され、かつ、端板３８よりも下側に配置されている。

[0035] なお、排気側流路１７を塞がないように、反射板１２４とアウタチューブ１２との間、及び反射板１２４とインナチューブ１３との間には、ガスを通過させる隙間が設けられている。

[0036]（第３高反射部材）

図３Ａに示すように、ヒータユニット４０とアウタチューブ１２との間の第２空間Ｓ２の内部には、アウタチューブ１２の外周面に沿って、図６に示す円筒形状の第３高反射部材１２８が配置されている。本実施形態の第３高反射部材１２８は、アウタチューブ１２の外面形状に沿った円筒形状に形成されており、下端には径方向外側へ広がる外フランジ１２８Ａが形成されている。

[0037] 図３Ａに示すように、アウタチューブ１２の下方に位置するマニホールド１６は、円筒部１６Ａを備え、円筒部１６Ａの上端には径方向外側へ広がる上フランジ１６Ｂが一体的に形成され、円筒部１６Ａの下端には、径方向外側へ広がる下フランジ１６Ｃが一体的に形成されている。

[0038] 上フランジ１６Ｂの上面の外側には、内部に冷却水が流れる流路が形成された環状の冷却リング１３０が一体的に取り付けられている。上フランジ１６Ｂの上面には、冷却リング１３０との間の隙間をシールする弾性体からなるＯリング１３２が嵌め込まれた溝が形成され、冷却リング１３０の上面には、アウタチューブ１２の外フランジ１２Ａとの間の隙間をシールする弾性体からなるＯリング１３６が嵌め込まれた溝が形成されている。これらＯリングにより第２空間Ｓ２が密閉されている。また、冷却リング１３０に冷却水を流すことで、冷却リング１３０の周辺、Ｏリング１３２、及びＯリング１３６の冷却を行うことができ、熱によるＯリング１３２、及びＯリング１３６の劣化や損傷を抑制することが可能となっている。更に、冷却リング１３０により、アウタチューブ１２の外フランジ１２Ａから上フランジ１６Ｂへの伝熱を低減することが可能となっている。

[0039] アウタチューブ１２の外フランジ１２Ａの上側には、固定リング１４０が配置されており、固定リング１４０と冷却リング１３０との間に外フランジ１２Ａが挟持されている。なお、固定リング１４０は、ボルト１４２で冷却リング１３０に固定されている。

[0040] この固定リング１４０の上側に、リング１４４を介して第３高反射部材１２８が載置されている。第３高反射部材１２８は、一例として、アウタチューブ１２の構成材料（不透明の石英）よりも赤外線の反射率の高い材料で形成することができる。

[0041] また、筒状の第３高反射部材１２８をアウタチューブ１２の外側に配置することに代えて、図７に示すように、アウタチューブ１２の外周面に、アウタチューブ１２の構成材料よりも赤外線の反射率の高い材料からなる反射膜１４６を形成してもよい。なお、反射膜１４６の厚さは、反射部材付断熱板１２０の円板１２１よりも薄いことが好ましい。

[0042] 反射膜の材料としては、反射部材付断熱板１２０および反射板１２４に用いたものと同様の材料を用いることができる。

[0043] 図３Ａに示すように、ボート３１がインナチューブ１３の所定位置に配置された状態（基板１を処理する状態）では、反射板１２４および第３高反射部材１２８は、ボート３１の断熱板領域３６と対向する位置に配置され、かつ、端板３８よりも下側に配置されている。言い換えれば、反射板１２４および第３高反射部材１２８は、断熱材４１とボート３１で支持された基板１との間、即ち、基板処理領域３５と対向しないように高さが決められている。

[0044] ここで各高反射部材(第１高反射部材１２２、第２高反射部材１２４、及び第３高反射部材１２８)の材料としては、一例として金（Ａｕ：赤外線の反射率９７％）、銀（Ａｇ：赤外線の反射率９５％）、白金（Ｐｔ：赤外線の反射率９０％）等を上げることができるが、これら以外に材料であってもよい。因みに、石英の赤外線の反射率は、５０％である。なお、本明細書での反射率は、一例として、波長３０００ｎｍ付近(例えば、波長２８００ｎｍ以上

３２００ｎｍ以下)の赤外線の反射率のことである。例えば、赤外線の６００℃のとき、放射波長のピーク値が３２００ｎｍであり、８００℃のとき、２８００ｎｍである。

[0045] ここで、第１高反射部材１２２(反射部材付断熱板１２０)、第２高反射部材１２６(反射板１２４)、及び第３高反射部材１２８の赤外線の反射率は、８０％以上とすることが好ましいが、８０％未満であっても５０％より高ければ、赤外線の反射効果は得られる。

[0046] 第１高反射部材１２２(反射部材付断熱板１２０)、第２高反射部材１２６(反射板１２４)、及び第３高反射部材１２８の赤外線の反射率は、同じであってもよく、少なくとも一つの反射率が異なっていてもよい。つまり、それぞれが少なくとも５０％より高ければ、赤外線の反射効果は得られる。

[0047] なお、反射板１２４は、第３高反射部材１２８と同様に、アウタチューブ１２の表面に第２高反射部材１２６を膜状に形成するようにしてもよい。第３高反射部材１２８の最上端は、反射板１２４の最上端より高い位置にあってもよい。

[0048] 本実施の形態によれば、反射部材付断熱板１２０、反射板１２４、及び第３高反射部材は断熱板領域３６に対向する位置に配置されているので、炉口部１５からの熱逃げを抑制するだけでなく、内部に冷却水が流れる流路が形成された環状の冷却リング１３０からの熱逃げを抑制することができる。

[0049] 本実施形態の基板処理装置１０は、図８に示すように、制御部としての制御用コンピュータであるコントローラ２００を備えている。コントローラ２００は、ＣＰＵ（Ｃｅｎｔｒａｌａ Ｐｒｅｃｅｓｓｉｎｇａ Ｕｎｉｔ）２０１およびメモリ２０２などを含むコンピュータ本体２０３と、通信部としての通信ＩＦ（Ｉｎｔｅｒａ ｆａｃｅ）２０４と、記憶部としての記憶装置２０５と、操作部としての表示・入力装置２０６とを有する。つまり、コントローラ２００は一般的なコンピュータとしての構成部分を含んでいる。

[0050] ＣＰＵ２０１は、操作部の中枢を構成し、記憶装置２０５に記憶された制

御プログラムを実行し、表示・入力装置２０６からの指示に従って、記憶装置２０５に記録されているレシピ（例えば、プロセス用レシピ）を実行する。尚、プロセス用レシピは、図９に示す後述するステップＳ１からステップＳ９までの処理を含むのは言うまでもない。図１０に示す後述するステップＳ１からステップＳ９までの処理を含むのは言うまでもない。

[0051] また、一時記憶部としてのメモリ２０２は、フラッシュメモリ、ＲＡＭ（Ｒａｎｄｏｍ　Ａｃｃｅｓｓ　Ｍｅｍｏｒｙ）等であり、特に、ＲＡＭは、ＣＰＵ２０１のワークエリアなどとして機能する。

[0052] 通信部２０４は、圧力コントローラ２１、ガス流量コントローラ２４、駆動コントローラ２８、温度コントローラ６４(これらをまとめてサブコントローラということもある)と電気的に接続されている。コントローラ２００は、この通信部２０４を介してサブコントローラと各部品の動作に関するデータをやり取りすることができる。ここで、サブコントローラは、本体２０３を少なくとも有する構成であり、コントローラ２００と同様な構成であってもよい。

[0053] 本開示の実施形態において、コントローラ２００を例に挙げて説明したが、これに限らず、通常のコンピュータシステムを用いて実現可能である。例えば、汎用コンピュータに、上述の処理を実行するためのプログラムを格納したＵＳＢ等の外部記録媒体２０７から当該プログラムをインストールすることにより、上述の処理を実行することもできる。また、通信回線、通信ネットワーク、通信システム等の通信ＩＦ２０４を用いてもよい。この場合、例えば、通信ネットワークの掲示板に当該プログラムを掲示し、これをネットワークを介して搬送波に重畳して提供してもよい。そして、このように提供されたプログラムを起動し、ＯＳ（Ｏｐｅｒａｔｉｎｇ　Ｓｙｓｔｅｍ）の制御下で、他のアプリケーションプログラムと同様に実行することにより、上述の処理を実行することができる。

[0054] （成膜処理）

次に、上述の基板処理装置１０を用い、半導体装置（デバイス）の製造工

程の一工程として、基板上に膜を形成する処理（以下、成膜処理ともいう）のシーケンス例について説明する。

[0055] 本実施形態における成膜処理では、処理室１４の基板１に対して原料ガスを供給する工程と、処理室１４の基板１に対して反応ガスを供給する工程と、を少なくとも一定期間同時に行うことで、基板１上に膜を形成する。また、処理室１４の基板１に対して原料ガスや反応ガスを供給する工程と、処理室１４から未反応の残留ガスを除去する工程と、を有するサイクルを所定回数（１回以上）行うようにしてもよい。

[0056] また、本明細書において「基板」という言葉を用いた場合も、「ウエハ」という言葉を用いた場合と同義である。

[0057] 本実施形態における成膜処理では、処理室１４の基板１に対して原料ガスを供給する工程と、処理室１４の基板１に対して反応ガスを供給する工程と、を同時に行うことで、基板１上に膜を形成する。ここでは、原料ガスと反応ガスを供給する全期間同時に供給する場合について以下説明する。

[0058]（基板搬入：ステップＳ１）

基板１と反射部材付断熱板１２０が保持されたボート３１は、駆動コントローラ２８によりボートエレベータ２６を動作させてプロセスチューブ１１内に装入され、処理室１４に搬入（ボートロード）される。このとき、シールキャップ２５は、不図示のＯリングを介して処理室１４を気密に閉塞（シール）した状態となる。

[0059] なお、ボート３１の基板処理領域３５には、駆動コントローラ２８により図示しない移載装置及び移載装置エレベータを動作させて、複数枚の基板１を装填（ウエハチャージ）することができる。また、ボート３１の断熱板領域３６には、予め、複数枚の反射部材付断熱板１２０を装填しておく。

[0060]（圧力調整および温度調整：ステップＳ２）

処理室１４が所定の圧力（真空度）となるように、圧力コントローラ２１によって排気装置１９が制御される。この際、処理室１４の圧力は、圧力センサ２０で測定され、この測定された圧力情報に基づき排気装置１９が、フ

ィードバック制御される。排気装置１９は、少なくとも基板１に対する処理が終了するまでの間は常時作動させた状態を維持する。

[0061] また、処理室１４の基板１が所定の処理温度となるように、ヒータユニット４０によって加熱される。この際、温度コントローラ６４により処理室１４が所定の温度分布となるように、ヒータユニット４０に設けた熱電対６５が検出した温度情報に基づきヒータユニット４０の電熱ヒータへの通電具合がフィードバック制御される。ヒータユニット４０による処理室１４の加熱は、少なくとも基板１に対する処理が終了するまでの間は継続して行われる。ここでは、処理温度として、６５０℃以上８００℃以下、好ましくは、６５０℃以上７００℃以下の温度で維持される。

[0062] また、ボート回転機構２９のモータによるボート３１および基板１の回転を開始する。具体的には、駆動コントローラ２８によりボート回転機構２９のモータを回転させると、ボート３１が回転されるに伴い、基板１が回転される。このボート回転機構２９のモータの回転によるボート３１および基板１の回転は、少なくとも、基板１に対する処理が終了するまでの間は継続して行われる。

[0063] （原料ガス供給：ステップＳ３）

処理室１４の温度が予め設定された処理温度に安定すると、処理室１４の基板１に対する原料ガスの供給と、処理室１４の基板１に対する反応ガスの供給を同時に行う。

[0064] このステップでは、ガス流量コントローラ２４によって、それぞれ流量制御された原料ガスと反応ガスとの混合ガスが、ガス導入管２２から処理室１４に導入される。そして、この混合ガスは処理室１４の気相中で熱分解され、基板１に膜を形成する。未反応の混合ガスは、排気側流路１７を流通して排気管１８から排気される。このとき、同時に、ガス導入管２２内へN_2ガスを流してもよい。また、原料ガス用のガス導入管と反応ガス用のガス導入管をそれぞれ個別に設けるようにし、処理室１４で原料ガスと反応ガスを混合させ、基板１上に膜を形成するようにしてもよい。

[0065]（パージガス供給：ステップＳ４）

膜が形成された後、原料ガスと反応ガスの供給を停止する。そして、このとき、排気装置１９により処理室１４を真空排気し、処理室１４に残留する未反応もしくは膜の形成に寄与した後の原料ガス、反応ガス、またはこれらの混合ガスを処理室１４から排出する。このとき、N_2ガスの処理室１４へ供給してもよい。N_2ガスはパージガスとして作用し、これにより、処理室１４に残留するガスを処理室１４から排出する効果を高めることができる。

[0066]（所定回数実施）

図示しないが、上述したステップを非同時に、すなわち、同期させることなく行うサイクルを所定回数（ｎ回）行うことにより、基板１上に、所定膜厚の膜を形成するようにしてもよい。

[0067]（パージおよび大気圧復帰：ステップＳ５）

成膜処理が完了した後、ガス導入管２２からN_2ガスを処理室１４へ供給し、排気管１８から排気する。N_2ガスはパージガスとして作用する。これにより、処理室１４がパー

ジされ、処理室１４に残留するガスや反応副生成物が処理室１４から除去される（パージ）。同時に、冷却ガスとしての冷却エア９０がチェックダンパ１０４を介してガス導入路１０７に供給される。供給された冷却エア９０はバッファ部１０６内で一時的に溜められ、複数個の開口穴１１０からガス供給流路１０８を介して空間７５に吹出す。そして、開口穴１１０から空間７５に吹き出した冷却エア９０は排気孔８１および排気ダクト８２によって排気される。その後、処理室１４の雰囲気が不活性ガスに置換され（不活性ガス置換）、処理室１４の圧力が常圧に復帰される（大気圧復帰）。

[0068]（基板搬出：ステップＳ６）

駆動コントローラ２８によりボートエレベータ２６を下降させることによりシールキャップ２５が下降され、プロセスチューブ１１の下端が開口される。そして、処理済の基板１が、ボート３１に支持された状態で、プロセスチューブ１１の下端からプロセスチューブ１１の外部に搬出される（ボート

アンロード）。処理済の基板１は、ボート３１より取出される（ウエハディスチャージ）。以上により、基板１の処理が完了する。

[0069]（基板処理装置の構成による作用、効果）

次に、本実施形態の基板処理装置１０の構成による作用、効果を説明する。

本実施形態の基板処理装置１０によれば、ヒータユニット４０は、処理室１４を囲繞するように設けられており、基板１は側方から加熱される。このため、特に、処理室１４下方の基板１の中心部が加熱され難く、又、温度が下がり易く、処理室１４の昇温に時間が掛かり、リカバリ時間（温度安定時間）が長くなる傾向であったが、上述のように断熱板領域３６に、赤外線の反射率の高い第１高反射部材１２０を配置することにより、断熱作用と、赤外線の反射作用とによって、基板処理領域３５の下方(炉口部１５)への熱の逃げが抑制され、温度低下を低減することができた。

[0070] つまり、本実施形態によれば、断熱板領域３６に赤外線の反射率の高い第１高反射部材１２０を配置することにより、第１高反射部材１２０を通過する放射エネルギーが減少し、ボート３１の下方であって、断熱板領域３６上方の基板１中心部付近の受熱量を増加させることができる。これにより、処理室１４下方の基板中心部の温度の低下によって発生する面内温度偏差を低減することが可能となる。

[0071] また、本実施形態の基板処理装置１０では、アウタチューブ１２とインナチューブ１３との間の排気側流路１７に、赤外線の反射率の高い反射板１２４が配置されているため、ガスの排気経路を確保しつつ、基板処理領域３５の下方へ通過する放射エネルギーが減少する。したがって、反射板１２４が配置されていない場合に比較して、ボート３１の下方側の温度低下が抑制され、ボート３１の下方側に配置される基板１の受熱量を増加させることができる。なお、反射板１２４は、上下方向の断熱強化もしており、そのため、複数の反射体１２４Ｃが上下方向に一定の間隔を開けて支持されている。

[0072] また、本実施形態の基板処理装置１０では、アウタチューブ１２の径方向

外側に、赤外線の反射率の高い第３高反射部材１２８が配置されている。この第３高反射部材１２８は、側面方向への熱逃げを抑制し断熱を行っている。

[0073] さらに、本実施形態の基板処理装置１０では、第２高反射部材１２４が、アウタチューブ１２とインナチューブ１３との間の排気側流路１７内において、アウタチューブ１２の下部で、且つアウタチューブ１２の内壁側に設けられるように、炉口部１５の上端に設けられる保持部に配置され、アウタチューブ１２の径方向外側に、第３高反射部材１２８が配置されている。これら第２高反射部材１２４および第３高反射部材１２８により、冷却リング１３０への熱逃げを抑制しつつ断熱を行っている。

[0074] このようにして、本実施形態の基板処理装置１０では、基板処理領域３５の下方へ設けられるマニホールド１６、及び冷却リング１３０への熱逃げ、及び側面方向への熱逃げを、第１高反射部材１２２を有する反射部材付断熱板１２０、第２高反射部材１２６を有する反射板１２４、及び第３高反射部材１２８によって効果的に抑制することが可能となった。

[0075] また、本実施形態の熱逃げ抑制効果により、ヒータ出力を低減することも可能となり、省エネルギー化が可能となる。

[0076] また、第１高反射部材１２２、第２高反射部材１２６、及び第３高反射部材１２８は、一例として、反射部材付断熱板１２０の円板１２１よりも薄く形成されて熱容量が小さくされていため、昇温時には温度が上がり易くなり、冷却時には温度が下がり易くなり、温度追従性が向上し、ヒータ出力を低減することも可能となる。

[0077] さらに、基板処理時において、基板処理領域３５の下方に位置するマニホールド１６、及び冷却リング１３０への熱逃げ、及び側面方向への熱逃げが抑制されるので、安定時のヒータの出力を下げることが可能となり、省エネになる。

[0078] また、マニホールド１６への熱逃げが抑制されることで、マニホールド１６の温度上昇が抑制され、ボート回転機構２９を構成するモータ、回転軸３

０の磁気シール等の熱に対する耐久性を向上させることができる。

[0079] ＜実験例＞

本実施形態の効果を確かめるために、上記実施形態の構成が適用された実施例の基板処理装置と、比較例の基板処理装置とを試作し、熱逃げの比較を行った。

比較例の基板処理装置は、実施例の基板処理装置から、反射板１２４、及び第３高反射部材１２８を取り除き、反射部材付断熱板１２０の代わりに、反射部材の形成されていない石英の円板１２１を取り付けたものである。

[0080] 実験は、ヒータユニット４０で処理室１４を加熱すると共に、冷却リング１３０に冷却水を流し、処理室１４の温度(ここでは、８００℃)が一定の定常状態となった状態で、冷却リング１３０から排出される冷却水の水温を計測した。

[0081] 実験の結果、比較例の基板処理装置から排出される冷却水に対して、実施例の基板処理装置から排出される冷却水は、温度が約１．５°Ｃ低下していた。この温度を熱量に換算すると３００W相当の低減となっており、本実施形態の構成による熱逃げの効果が得られていることが分かった。

[0082] また、処理室１４の温度を計測した結果、ヒータユニット４０で処理室１４を加熱して処理室１４の温度が所定の温度に達するまでの時間、及びヒータユニット４０による加熱を停止し、処理室１４が所定の温度に低下するまでの時間を計測した結果、実施例の基板処理装置は、比較例の基板処理装置に比較して、温度変化が早くなっていることが分かった。

[0083] （その他の実施形態）

以上、本開示の実施形態について具体的に説明した。しかしながら、本開示は上述の実施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変更可能である。

[0084] 上述の形態では処理温度が６００℃以上８００℃以下について記載したが、高反射部材の材質等を変更するなどして処理温度の変更にも適用できるのは言うまでもない。以下、原料ガスと、反応ガスを用い、基板１上に膜を形

成する例について図１０を用いて説明する。なお、ここでの処理温度は、５００℃以上６００℃以下である。

[0085] 本実施形態における成膜処理では、処理室１４の基板１に対して原料ガスを供給する工程と、処理室１４から原料ガス（残留ガス）を除去する工程と、処理室１４の基板１に対して反応ガスを供給する工程と、処理室１４から反応ガス（残留ガス）を除去する工程と、を非同時に行うサイクルを所定回数（１回以上）行うことで、基板１上に膜を形成する。

[0086] なお、図９に示す処理と異なる処理(サイクリック成膜)のところを説明し、図９に示す同じ処理は、ここでは説明を省略する。よって、基板搬入工程(ステップＳ１）、圧力調整および温度調整工程(ステップＳ２）は、既に詳述しているのでここでは省略する。

[0087] ＜成膜処理＞

処理室１４の温度・圧力等が予め設定された処理温度・圧力に安定すると、次の４つのステップ、すなわち、ステップＳ３～Ｓ６を順次実行する。

[0088] （原料ガス供給：ステップＳ３）

このステップでは、処理室１４の基板１に対し、原料ガスを供給する。

[0089] このステップでは、ガス導入管２２から処理室１４に導入された原料ガスが、ガス流量コントローラ２４によって流量制御され、インナチューブ１３の処理室１４を流通して排気側流路１７を通って排気管１８から排気される。このとき、同時に、ガス導入管２２内へN_2ガスを流す。N_2ガスは、ガス流量コントローラ２４により流量調整され、原料ガスと一緒に処理室１４へ供給され、排気管１８から排気される。基板１に対して原料ガスを供給することにより、基板１の最表面上に、第１の層（例えば１原子層未満から数原子層の厚さの薄膜）が形成される。

[0090] （パージガス供給：ステップＳ４）

第１の層が形成された後、原料ガスの供給を停止する。このとき、排気装置１９により処理室１４を真空排気し、処理室１４に残留する未反応もしくは第１の層の形成に寄与した後の原料ガスを処理室１４から排出する。この

とき、N_2ガスの処理室１４への供給を維持する。N_2ガスはパージガスとして作用し、これにより、処理室１４に残留するガスを処理室１４から排出する効果を高めることができる。

[0091]（反応ガス供給：ステップＳ５）

ステップＳ４が終了した後、処理室１４の基板１、すなわち、基板１上に形成された第１の層に対して反応ガスを供給する。反応ガスは熱で活性化されて基板１に対して供給されることとなる。

[0092] このステップでは、ガス導入管２２から処理室１４に導入された反応ガスが、ガス流量コントローラ２４によって流量制御され、インナチューブ１３の処理室１４を流通して排気側流路１７を通って排気管１８から排気される。このとき、同時に、ガス導入管２２内へN_2ガスを流す。N_2ガスは、ガス流量コントローラ２４により流量調整され、反応ガスと一緒に処理室１４へ供給され、排気管１８から排気される。このとき、基板１に対して反応ガスが供給されることとなる。基板１に対して供給された反応ガスは、ステップＳ３で基板１上に形成された第１の層の少なくとも一部と反応する。これにより第１の層は、ノンプラズマで熱的に窒化され、第２の層へと変化させられる（改質される）。

[0093]（パージガス供給：ステップＳ６）

第２の層が形成された後、反応ガスの供給を停止する。そして、ステップＳ４と同様の処理手順により、処理室１４に残留する未反応もしくは第２の層の形成に寄与した後の反応ガスや反応副生成物を処理室１４から排出する。このとき、処理室１４に残留するガス等を完全に排出しなくてもよい点は、ステップＳ４と同様である。

[0094]（所定回数実施：ステップＳ７）

上述した４つのステップを非同時に、すなわち、同期させることなく行うサイクルを所定回数（ｎ回）行うことにより、基板１上に、所定膜厚の膜を形成することができる。なお、上述のサイクルを１回行う際に形成される第２の層の厚さを所定の膜厚よりも小さくし、第２の層を積層することで形成

される膜の膜厚が所定の膜厚になるまで、上述のサイクルを複数回繰り返すのが好ましい。

[0095] そして、パージおよび大気圧復帰工程(ステップＳ８）および基板搬出工程(ステップＳ９）についても図９に示すステップＳ５およびステップＳ６と同様であり、記載は省略する。

[0096] 本実施の形態においても断熱板領域３６に赤外線の反射率の高い第１高反射部材１２０を配置され、第２高反射部材１２４が、マニホールド１６の上端の内側に設けられる保持部に配置され、第３高反射部材１２８がアウタチューブ１２の径方向外側に配置されることにより、基板処理領域３５の下方へ設けられるマニホールド１６、及び冷却リング１３０への熱逃げ、及び処理室１４の側面方向への熱逃げを抑制することができる。

[0097] また、上述の実施形態では、基板上に膜を形成する例について説明したが、膜種は特に限定されない。例えば、シリコン窒化膜（ＳｉＮ）、金属窒化膜等の窒化膜、シリコン酸化膜（ＳｉＯ膜）、金属酸化膜等の酸化膜等の種々の膜種に適用することができる。

[0098] また、上述の実施形態では、基板処理装置について説明したが、半導体製造装置全般に適用することができる。また、半導体製造装置に限らずＬＣＤ（Ｌｉｑｕｉｄ　Ｃｒｙｓｔａｌ　Ｄｉｓｐｌａｙ）装置のようなガラス基板を処理する装置にも適用することができる。

[0099] ２０２０年３月１９日に出願された日本国特許出願２０２０－５０１４４号の開示は、その全体が参照により本明細書に取り込まれる。

本明細書に記載されたすべての文献、特許出願、及び技術規格は、個々の文献、特許出願、及び技術規格が参照により取り込まれることが具体的かつ個々に記された場合と同程度に、本明細書中に参照により取り込まれる。

符号の説明

[0100] １　基板（ウエハ）

１０　基板処理装置

１２１　円板

１２２　　第１高反射部材

１２６　　第２高反射部材

１２８　　第３高反射部材