

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4792381号
(P4792381)

(45) 発行日 平成23年10月12日(2011.10.12)

(24) 登録日 平成23年7月29日(2011.7.29)

(51) Int.CI.

H01L 21/3065 (2006.01)

F 1

H01L 21/302 101G

請求項の数 5 (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2006-348379 (P2006-348379)
 (22) 出願日 平成18年12月25日 (2006.12.25)
 (65) 公開番号 特開2008-159931 (P2008-159931A)
 (43) 公開日 平成20年7月10日 (2008.7.10)
 審査請求日 平成21年10月5日 (2009.10.5)

(73) 特許権者 000219967
 東京エレクトロン株式会社
 東京都港区赤坂五丁目3番1号
 (74) 代理人 100125254
 弁理士 別役 重尚
 (74) 代理人 100118278
 弁理士 村松 聰
 (72) 発明者 林 大輔
 東京都港区赤坂五丁目3番6号 TBS放送センター 東京エレクトロン株式会社内
 (72) 発明者 永闇 一也
 東京都港区赤坂五丁目3番6号 TBS放送センター 東京エレクトロン株式会社内

審査官 長谷部 智寿

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】基板処理装置、フォーカスリングの加熱方法及び基板処理方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板を収容する収容室と、該収容室内に配置されて前記基板を載置する載置台とを備え、前記収容室内は減圧され、前記載置台には高周波電力が印加される基板処理装置であつて、

磁力線による誘導加熱により発熱する環状の誘導発熱部を内部に有し、前記載置台に載置された基板の周縁部を囲うように前記載置台に載置される環状のフォーカスリングと、電力が供給されることにより磁力線を発生する磁力線発生装置と、

電源と接続され、前記電源から前記磁力線発生装置に前記磁力線を発生させるための電力を供給する電力供給部と、

前記載置台に前記高周波電力が印加される前に、前記電力供給部を前記高周波電力が印加される領域から退避させる退避手段とを有し、

前記磁力線発生装置は、断熱・絶縁材によって全面が覆われた環状のコイルであり、前記フォーカスリング、前記誘導発熱部及び前記コイルはそれぞれ、各中心軸が一致するように配置されると共に、前記コイルが発生する磁力線が前記誘導加熱部と交差するよう前記コイルは前記フォーカスリングと前記載置台との間に配置され、

前記コイルで発生させた磁力線による誘導加熱により前記誘導発熱部を発熱させることで前記フォーカスリングが加熱されることを特徴とする基板処理装置。

【請求項 2】

前記誘導発熱部は、鉄、ステンレス、アルミニウム、シリコン、炭化珪素及び炭素の少

なくとも1つからなることを特徴とする請求項1記載の基板処理装置。

【請求項3】

基板を収容する収容室と、該収容室内に配置されて前記基板を載置する載置台と、磁力線による誘導加熱により発熱する環状の誘導発熱部を内部に有し、前記載置台に載置された基板の周縁部を囲うように前記載置台に載置される環状のフォーカスリングと、電力が供給されることにより磁力線を発生する磁力線発生装置と、電源から前記磁力線発生装置に前記磁力線を発生させるための電力を供給する電力供給部とを備え、前記磁力線発生装置は、断熱・絶縁材によって全面が覆われた環状のコイルであり、前記フォーカスリング、前記誘導発熱部及び前記コイルはそれぞれ各中心軸が一致するように配置され、前記コイルが発生する磁力線が前記誘導加熱部と交差するように前記コイルは前記フォーカスリングと前記載置台との間に配置され、前記収容室内は減圧され、前記載置台には高周波電力が印加される基板処理装置における前記フォーカスリングの加熱方法であって、

前記誘導発熱部と交差するように前記コイルに磁力線を発生させて、前記誘導発熱部を前記磁力線による誘導加熱によって発熱させることにより、前記フォーカスリングを加熱する磁力線交差ステップと、

前記磁力線と前記誘導発熱部との交差を終了する交差終了ステップと、

前記交差終了ステップ後に、前記電力供給部を前記高周波電力が印加される領域から退避させる電力供給部退避ステップと、

前記電力供給部退避ステップ後に、前記載置台に前記高周波電力を印加する高周波電力印加ステップとを有することを特徴とするフォーカスリングの加熱方法。

【請求項4】

基板を収容する収容室と、該収容室内に配置されて前記基板を載置する載置台と、磁力線による誘導加熱により発熱する環状の誘導発熱部を内部に有し、前記載置台に載置された基板の周縁部を囲うように前記載置台に載置される環状のフォーカスリングと、電力が供給されることにより磁力線を発生する磁力線発生装置と、電源から前記磁力線発生装置に前記磁力線を発生させるための電力を供給する電力供給部とを備え、前記磁力線発生装置は、断熱・絶縁材によって全面が覆われた環状のコイルであり、前記フォーカスリング、前記誘導発熱部及び前記コイルはそれぞれ各中心軸が一致するように配置され、前記コイルが発生する磁力線が前記誘導加熱部と交差するように前記コイルは前記フォーカスリングと前記載置台との間に配置され、前記載置台には高周波電力が印加される基板処理装置において、前記高周波電力に起因して発生するプラズマを用いて複数の前記基板へ枚葉毎にプラズマ処理を施す基板処理方法であって、

前記誘導発熱部と交差するように前記コイルに磁力線を発生させ、前記磁力線による誘導加熱によって前記誘導発熱部を発熱させることにより、前記フォーカスリングを所定の温度まで昇温させる昇温ステップと、

前記昇温ステップ後に、前記電力供給部を前記高周波電力が印加される領域から退避させる電力供給部退避ステップと、

前記フォーカスリングが前記所定の温度まで昇温され、前記電力供給部を前記高周波電力が印加される領域から退避させた後、前記フォーカスリングへ外部からの熱や電力を供給することなく、1枚目の前記基板に前記プラズマ処理を施す第1の処理ステップと、

前記フォーカスリングへ外部からの熱や電力を供給することなく、2枚目以降の前記基板へ枚葉毎に前記プラズマ処理を施す第2の処理ステップとを有し、

前記所定の温度は2枚目以降の前記基板の前記プラズマ処理における前記フォーカスリングの初期温度と同じであることを特徴とする基板処理方法。

【請求項5】

前記昇温ステップでは、前記フォーカスリングを前記所定の温度より高温に昇温し、

前記第1の処理ステップ前に、前記高温に昇温された前記フォーカスリングを前記所定の温度まで放置冷却する放置冷却ステップを有することを特徴とする請求項4記載の基板処理方法。

【発明の詳細な説明】

10

20

30

40

50

【技術分野】**【0001】**

本発明は、基板処理装置、フォーカスリングの加熱方法及び基板処理方法に関し、特にフォーカスリングの温度を制御する基板処理装置、フォーカスリングの加熱方法及び基板処理方法に関する。

【背景技術】**【0002】**

基板としてのウエハにプラズマ処理、例えばエッチング処理を施す場合、エッチングによってウエハ表面に形成される溝の幅や深さはウエハの温度の影響を受けるため、エッチング処理中においてウエハの全表面の温度を均一に保つことが要求されている。 10

【0003】

ウエハにエッチング処理を施す基板処理装置は、ウエハを収容するチャンバと、エッチング処理中にウエハを載置する載置台（以下、「サセプタ」という。）とを備え、チャンバ内にはプラズマが発生して該プラズマがウエハをエッチングし、サセプタは調温機構を有し且つウエハの温度を制御する。ウエハにエッチング処理が施される際、ウエハはプラズマから熱を受けて温度が上昇するため、サセプタの調温機構はウエハを冷却してその温度を一定に維持する。

【0004】

また、サセプタには、ウエハの周縁部を囲うように、例えば、シリコンからなる環状のフォーカスリングが載置される。該フォーカスリングはチャンバ内のプラズマをウエハ上に収束させるが、フォーカスリングもエッチング処理の際にプラズマから熱を受けて温度が、例えば、300 ~ 400 まで上昇する。 20

【0005】

エッチング処理の際、ウエハの大部分はサセプタの調温機構によって冷却されるが、ウエハの周縁部はフォーカスリングの放射熱の影響を受けるため、ウエハの全表面の温度を均一に保つことが困難である。したがって、フォーカスリングの温度を制御する必要がある。そして、フォーカスリングの温度を制御するために、フォーカスリング内部にヒータを設けることが知られている（例えば、特許文献1参照。）。

【0006】

また、基板処理装置において、複数のウエハに枚葉でエッチング処理を施す場合、各ウエハのエッチング結果を同じにするために、各ウエハのエッチング処理においてフォーカスリング温度の時間変化を同じにする必要がある。 30

【0007】

ところで、チャンバ内は真空排気されるため、フォーカスリング及びサセプタの境界が真空断熱層を形成する。したがって、フォーカスリングをサセプタに載置しただけでは、フォーカスリングからサセプタに熱が伝わらないために、各ウエハのエッチング処理においてフォーカスリングの温度は、例えば、300 ~ 400 まで上昇するが、1枚目のウエハのエッチング処理では、フォーカスリングがエッチング処理前に熱を受けていないため、初期温度が低く、フォーカスリングの温度は300 まで上昇しない。すなわち、1枚目のウエハのエッチング処理におけるフォーカスリングの初期温度と、2枚目以降のウエハのエッチング処理におけるフォーカスリングの初期温度とが異なるため、1枚目のウエハのエッチング処理におけるフォーカスリング温度の時間変化と、2枚目以降のウエハのエッチング処理におけるフォーカスリング温度の時間変化とが異なる（図7(A)参照。）。その結果、1枚目のウエハにおけるエッチング結果と2枚目以降のウエハのエッティング結果とが異なる。 40

【0008】

これに対応して、フォーカスリング及びサセプタの熱伝達効率を改善し、サセプタの温調機構によってフォーカスリングを積極的に冷却して温調することにより、各ウエハのエッティング処理におけるフォーカスリング温度の時間変化をほぼ同じにする手法が開発されている（図7(B)参照。）。この手法では、フォーカスリング及びサセプタの熱伝達効 50

率を改善するために、フォーカスリング及びサセプタの間に伝熱シートを配置し、若しくは、フォーカスリングをサセプタに静電吸着させる。

【特許文献1】特開2005-353812号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

しかしながら、フォーカスリング及びサセプタの熱伝達効率を改善する手法では、各ウエハのエッチング処理において、フォーカスリングの温度が比較的低く保たれるため、フォーカスリングが高温であることが必要なエッチング処理等を実行することができず、実行可能なエッチング処理の種類が制限される。

10

【0010】

また、フォーカスリングを静電吸着する場合、エッチング処理中に亘りサセプタに直流電圧を印加する必要があるが、エッチング処理中にはサセプタに高周波電力も印加されるため、直流電圧の供給路に向けて異常放電が発生する可能性があり、また、直流電圧の供給路を伝って高周波電力がグラウンド（接地）へ逆流する可能性もある。

【0011】

さらに、フォーカスリング及びサセプタの間に伝熱シートを配置する場合、フォーカスリング及び伝熱シート、並びに伝熱シート及びサセプタの間にそれぞれ真空断熱層が形成される可能性もあり、フォーカスリングの温度を正確に制御することは困難である。

20

【0012】

上述した問題点のうち、実行可能なエッチング処理の種類が制限されることを解消するために、エッチング処理中にフォーカスリングを積極的に加熱する手法も開発されつつある。具体的には、フォーカスリングをランプやレーザによって照射加熱する手法、サセプタのフォーカスリング載置面にヒータを配置して該ヒータによって加熱する方法や、上述したフォーカスリング内部にヒータを設ける手法等が該当する。

【0013】

ところが、フォーカスリングをランプによって照射加熱する場合、フォーカスリングだけでなく他の構成部品も加熱するため、加熱された他の構成部品からの放射熱等によってフォーカスリングの温度を正確に制御することは困難である。

【0014】

30

フォーカスリングをレーザによって照射加熱する場合、加熱効率が安定せず、フォーカスリングの温度を正確に制御することは困難である。

【0015】

サセプタのフォーカスリング載置面にヒータを配置する場合、フォーカスリング及びヒータの間に真空断熱層が形成されるため、フォーカスリングの温度を正確に制御することは困難である。

【0016】

フォーカスリング内部にヒータを設ける場合、ヒータへ電極を供給する必要があるが、サセプタからフォーカスリングへ配線等を接続する必要があるため、該配線の存在により、異常放電が発生する可能性があり、また、配線を伝って高周波電力がグラウンド（接地）へ逆流する可能性もある。

40

【0017】

本発明の第1の目的は、高周波電力の印加中に異常放電や高周波電力の逆流を発生させることなく、フォーカスリングの温度を正確に制御することができる基板処理装置及びフォーカスリングの加熱方法を提供することにある。

【0018】

本発明の第2の目的は、高周波電力の印加中に異常放電や高周波電力の逆流を発生させることなく、各基板のプラズマ処理の結果を同じにすることができる基板処理方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

50

【0019】

請求項1記載の基板処理装置は、基板を収容する収容室と、該収容室内に配置されて前記基板を載置する載置台とを備え、前記収容室内は減圧され、前記載置台には高周波電力が印加される基板処理装置であって、磁力線による誘導加熱により発熱する環状の誘導発熱部を内部に有し、前記載置台に載置された基板の周縁部を囲うように前記載置台に載置される環状のフォーカスリングと、電力が供給されることにより磁力線を発生する磁力線発生装置と、電源と接続され、前記電源から前記磁力線発生装置に前記磁力線を発生させるための電力を供給する電力供給部と、前記載置台に前記高周波電力が印加される前に、前記電力供給部を前記高周波電力が印加される領域から退避させる退避手段とを有し、前記磁力線発生装置は、断熱・絶縁材によって全面が覆われた環状のコイルであり、前記フォーカスリング、前記誘導発熱部及び前記コイルはそれぞれ、各中心軸が一致するように配置されると共に、前記コイルが発生する磁力線が前記誘導加熱部と交差するように前記コイルは前記フォーカスリングと前記載置台との間に配置され、前記コイルで発生させた磁力線による誘導加熱により前記誘導発熱部を発熱させることで前記フォーカスリングが加熱されることを特徴とする。

【0022】

請求項2記載の基板処理装置は、請求項1記載の基板処理装置において、前記誘導発熱部は、鉄、ステンレス、アルミニウム、シリコン、炭化珪素及び炭素の少なくとも1つからなることを特徴とする。

【0025】

請求項3記載のフォーカスリングの加熱方法は、基板を収容する収容室と、該収容室内に配置されて前記基板を載置する載置台と、磁力線による誘導加熱により発熱する環状の誘導発熱部を内部に有し、前記載置台に載置された基板の周縁部を囲うように前記載置台に載置される環状のフォーカスリングと、電力が供給されることにより磁力線を発生する磁力線発生装置と、電源から前記磁力線発生装置に前記磁力線を発生させるための電力を供給する電力供給部とを備え、前記磁力線発生装置は、断熱・絶縁材によって全面が覆われた環状のコイルであり、前記フォーカスリング、前記誘導発熱部及び前記コイルはそれぞれ各中心軸が一致するように配置され、前記コイルが発生する磁力線が前記誘導加熱部と交差するように前記コイルは前記フォーカスリングと前記載置台との間に配置され、前記収容室内は減圧され、前記載置台には高周波電力が印加される基板処理装置における前記フォーカスリングの加熱方法であって、前記誘導発熱部と交差するように前記コイルに磁力線を発生させて、前記誘導発熱部を前記磁力線による誘導加熱によって発熱させることにより、前記フォーカスリングを加熱する磁力線交差ステップと、前記磁力線と前記誘導発熱部との交差を終了する交差終了ステップと、前記交差終了ステップ後に、前記電力供給部を前記高周波電力が印加される領域から退避させる電力供給部退避ステップと、前記電力供給部退避ステップ後に、前記載置台に前記高周波電力を印加する高周波電力印加ステップとを有することを特徴とする。

【0028】

請求項4記載の基板処理方法は、基板を収容する収容室と、該収容室内に配置されて前記基板を載置する載置台と、磁力線による誘導加熱により発熱する環状の誘導発熱部を内部に有し、前記載置台に載置された基板の周縁部を囲うように前記載置台に載置される環状のフォーカスリングと、電力が供給されることにより磁力線を発生する磁力線発生装置と、電源から前記磁力線発生装置に前記磁力線を発生させるための電力を供給する電力供給部とを備え、前記磁力線発生装置は、断熱・絶縁材によって全面が覆われた環状のコイルであり、前記フォーカスリング、前記誘導発熱部及び前記コイルはそれぞれ各中心軸が一致するように配置され、前記コイルが発生する磁力線が前記誘導加熱部と交差するように前記コイルは前記フォーカスリングと前記載置台との間に配置され、前記載置台には高周波電力が印加される基板処理装置において、前記高周波電力に起因して発生するプラズマを用いて複数の前記基板へ枚葉毎にプラズマ処理を施す基板処理方法であって、前記誘導発熱部と交差するように前記コイルに磁力線を発生させ、前記磁力線による誘導加熱に

10

20

30

40

50

よって前記誘導発熱部を発熱させることにより、前記フォーカスリングを所定の温度まで昇温させる昇温ステップと、前記昇温ステップ後に、前記電力供給部を前記高周波電力が印加される領域から退避させる電力供給部退避ステップと、前記フォーカスリングが前記所定の温度まで昇温され、前記電力供給部を前記高周波電力が印加される領域から退避させた後、前記フォーカスリングへ外部からの熱や電力を供給することなく、1枚目の前記基板に前記プラズマ処理を施す第1の処理ステップと、前記フォーカスリングへ外部からの熱や電力を供給することなく、2枚目以降の前記基板へ枚葉毎に前記プラズマ処理を施す第2の処理ステップとを有し、前記所定の温度は2枚目以降の前記基板の前記プラズマ処理における前記フォーカスリングの初期温度と同じであることを特徴とする。

【0029】

10

請求項5記載の基板処理方法は、請求項4記載の基板処理方法において、前記昇温ステップでは、前記フォーカスリングを前記所定の温度より高温に昇温し、前記第1の処理ステップ前に、前記高温に昇温された前記フォーカスリングを前記所定の温度まで放置冷却する放置冷却ステップを有することを特徴とする。

【発明の効果】

【0031】

請求項1記載の基板処理装置によれば、磁力線発生装置から発生した磁力線はフォーカスリングの誘導発熱部と交差するので、フォーカスリングを誘導加熱によって確実に自己発熱させることができる。これにより、フォーカスリング及び載置台の熱伝達効率を改善する必要が無く、さらに、外部からの熱や電力の供給装置を配する必要がない。したがって、高周波電力の印加中に異常放電や高周波電力の逆流が発生するのを防止することができる。また、フォーカスリング及び載置台の間に真空断熱層が形成されても、フォーカスリングの温度制御には影響が無く、基板処理装置の他の構成部品が昇温することも無い。したがって、フォーカスリングの温度を正確に制御することができる。

20

【0033】

また、請求項1記載の基板処理装置によれば、載置台に高周波電力が印加される前に、電力供給部は高周波電力が印加される領域から退避する。したがって、電力供給部が高周波電力のアンテナとして機能することが無く、異常放電や高周波電力の逆流が発生するのを確実に防止することができる。また、磁力線発生装置は環状のコイルであり、環状のフォーカスリングに対向するように配されるので、コイルから発生した磁力線をフォーカスリングに満遍なく交差させることができ、もって、フォーカスリングを円周方向に沿って均一に発熱させることができる。更に、コイルは断熱・絶縁材によって全面が覆われるのを、高周波電力がコイルを介して逆流するのを防止することができ、また、全面が断熱・絶縁材によって覆われたコイルが、フォーカスリングと載置台との間に配置されるので、フォーカスリングの熱が載置台に伝わるのを防止することができる。

30

【0034】

請求項2記載の基板処理装置によれば、誘導発熱部は、鉄、ステンレス、アルミニウム、シリコン、炭化珪素及び炭素の少なくとも1つからなるので、磁力線との交差によって誘導発熱部に渦電流を発生させて、該渦電流に起因するジュール熱によってフォーカスリングをより確実に自己発熱させることができる。

40

【0037】

請求項3記載のフォーカスリングの加熱方法によれば、磁力線がフォーカスリングと交差するので、フォーカスリングは誘導加熱によって自己発熱する。これにより、フォーカスリング及び載置台の熱伝達効率を改善する必要が無く、さらに、外部からの熱や電力の供給装置を配する必要がない。したがって、高周波電力の印加中に異常放電や高周波電力の逆流が発生するのを防止することができる。また、フォーカスリング及び載置台の間に真空断熱層が形成されても、フォーカスリングの温度制御には影響が無く、基板処理装置の他の構成部品が昇温することも無い。したがって、フォーカスリングの温度を正確に制御することができる。

【0038】

50

また、請求項3記載のフォーカスリングの加熱方法によれば、磁力線と誘導発熱部との交差が終了した後に、載置台に高周波電力を印加するので、高周波電力の印加中に磁力線発生装置へ磁力線を発生させるための電力を供給する電線等を断絶することができる。したがって、電線等に向けて異常放電が発生するのを確実に防止することができると共に、電線等を伝って高周波電力が逆流するのを確実に防止することができる。

【0039】

更に、請求項3記載のフォーカスリングの加熱方法によれば、高周波電力の印加前に電力供給部を高周波電力が印加される領域から退避させてるので、電力供給部に向けて異常放電が発生するのを確実に防止することができると共に、電力供給部を伝って高周波電力が逆流するのを確実に防止することができる。

10

【0040】

請求項4記載の基板処理方法によれば、フォーカスリングが2枚目以降の基板のプラズマ処理におけるフォーカスリングの初期温度まで昇温されたときに、1枚目の基板にプラズマ処理が施されるので、各基板のプラズマ処理における初期温度を同じにすることができます、もって、各基板のプラズマ処理の結果を同じにすることができます。また、フォーカスリングへ外部からの熱や電力を供給することなく、各基板へ枚葉毎にプラズマ処理を施すので、高周波電力の印加中に外部から熱や電力を供給する供給路等を断絶することができる。したがって、高周波電力の印加中に供給路等に向けて異常放電が発生するのを防止することができると共に、供給路等を伝って高周波電力が逆流するのを防止することができる。また、磁力線発生装置から発生した磁力線はフォーカスリングの誘導加熱部と交差するので、フォーカスリングを誘導加熱によって確実に自己発熱させることができます。これにより、フォーカスリング及び載置台の熱伝達効率を改善する必要を無くすことができ、外部からの熱や電力の供給装置を配する必要をなくすことができる。更に、載置台に高周波電力が印加される前に、電力供給部が高周波電力が印加される領域から退避するため、電力供給部が高周波電力のアンテナとして機能することが無く、異常放電や高周波電力の逆流が発生するのを確実に防止することができる。

20

【0041】

請求項5記載の基板処理方法によれば、フォーカスリングは、2枚目以降の基板のプラズマ処理におけるフォーカスリングの初期温度である所定の温度より高温に昇温された後、前記第1の処理ステップ前に、該所定の温度まで放置冷却される。すなわち、フォーカスリングは一度所定の温度より高温に昇温されるため、フォーカスリング全体を確実に所定の温度にすることができます。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0043】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照しながら説明する。

【0044】

まず、本発明の実施の形態に係る基板処理装置について説明する。

【0045】

図1は、本実施の形態に係る基板処理装置の構成を概略的に示す断面図である。この基板処理装置は基板としての半導体ウエハWにRIE(Reactive Ion Etching)処理を施すように構成されている。

40

【0046】

図1において、基板処理装置10は円筒形状の収容室11を有し、該収容室11は内部上方に処理空間PSを有する。処理空間PSには後述するプラズマが発生する。また、収容室11内には、例えば、直径が300mmの半導体ウエハW(以下、単に「ウエハW」という。)を載置する載置台としての円柱状のサセプタ12が配置されている。収容室11の内壁面は絶縁性材料からなる側壁部材13で覆われる。

【0047】

基板処理装置10では、収容室11の内側壁とサセプタ12の側面とによって、サセプタ12上方のガスを収容室11の外へ排出する流路として機能する排気流路14が形成さ

50

れる。この排気流路 14 には、多数の通気穴を有する板状部材である排気プレート 15 が配置される、該排気プレート 15 は排気流路 14 及び収容室 11 の下部空間である排気空間 E S を仕切る。また、排気空間 E S には粗引き排気管 16 及び本排気管 17 が開口する。粗引き排気管 16 には D P (Dry Pump) (図示しない) が接続され、本排気管 17 には T M P (Turbo Molecular Pump) (図示しない) が接続される。

【0048】

粗引き排気管 16、本排気管 17、D P 及び T M P 等は排気装置を構成し、該排気装置は処理空間 P S のガスを、排気流路 14 及び排気空間 E S を介して収容室 11 の外部へ排出し、処理空間 P S を高真空状態まで減圧する。

【0049】

サセプタ 12 は、内部に導電性材料、例えば、アルミニウムからなる高周波電力板 18 を有し、該高周波電力板 18 には第 1 の高周波電源 19 が第 1 の整合器 (Matcher) 20 を介して接続されており、該第 1 の高周波電源 19 は第 1 の高周波電力を高周波電力板 18 に印加する。第 1 の整合器 20 は、高周波電力板 18 からの高周波電力の反射を低減して第 1 の高周波電力の高周波電力板 18 への供給効率を最大にする。また、高周波電力板 18 には第 2 の高周波電源 32 が第 2 の整合器 33 を介して接続されており、該第 2 の高周波電源 32 は、第 1 の高周波電力とは周波数が異なる第 2 の高周波電力を高周波電力板 18 に印加する。また、第 2 の整合器 33 の機能は第 1 の整合器 20 の機能と同じである。これにより、サセプタ 12 は下部高周波電極として機能し、第 1 及び第 2 の高周波電力を処理空間 P S に印加する。なお、サセプタ 12 において高周波電力板 18 の下方には絶縁性材料、例えば、アルミナ (Al_2O_3) からなる基台 21 が配されている。

【0050】

サセプタ 12 において、高周波電力板 18 の上方には静電チャック 23 が配されている。該静電チャック 23 は直流電源 29 が電気的に接続されている電極板 22 を内部に有する。サセプタ 12 がウエハ W を載置するとき、該ウエハ W は静電チャック 23 上に載置される。静電チャック 23 上に載置されたウエハ W は、電極板 22 に印加された直流電圧に起因するクーロン力又はジョンソン・ラーベック (Johnsen-Rahbek) 力によって吸着保持される。

【0051】

サセプタ 12 上には、サセプタ 12 の上面に吸着保持されたウエハ W の周縁部を囲うように環状のフォーカスリング 24 が載置されている。該フォーカスリング 24 はシリコン (Si)、シリカ (SiO_2) 又は炭化珪素 (SiC) からなり、処理空間 P S に露出し、該処理空間 P S のプラズマをウエハ W の表面に向けて収束し、R I E 処理の効率を向上させる。また、フォーカスリング 24 の周りには、該フォーカスリング 24 の側面を保護する、クォーツからなる環状のカバーリング 25 が配置されている。

【0052】

また、サセプタ 12 には、フォーカスリング 24 の温度を制御するフォーカスリング温度制御装置 26 が配されている。フォーカスリング温度制御装置 26 の構成・作用については後に詳述する。

【0053】

サセプタ 12 の内部には所定温度の冷媒が供給される冷媒室 (図示しない) が設けられ、供給された冷媒の温度によってサセプタ 12 上面に吸着保持されたウエハ W の処理温度が制御される。さらに、サセプタ 12 の上面のウエハ W が吸着保持される部分には、複数の伝熱ガス供給穴 (図示しない) が開口している。これら複数の伝熱ガス供給穴は、伝熱ガスとしてのヘリウム (He) ガスをサセプタ 12 及びウエハ W の裏面の間隙に供給してウエハ W 及びサセプタ 12 の熱伝達効率を改善する。

【0054】

収容室 11 の天井部には、サセプタ 12 と対向するようにガス導入シャワーヘッド 27 が配置されている。ガス導入シャワーヘッド 27 はバッファ室 28 が内部に形成された電極板支持体 30 と、該電極板支持体 30 に釣支される上部電極板 31 とを備える。上部電

10

20

30

40

50

極板 3 1 は導電性材料、例えば、シリコンからなる円板状の部材であり、電極板支持体 3 0 も導電性材料からなる。また、収容室 1 1 の天井部と電極板支持体 3 0 との間には絶縁性材料からなる絶縁リング 3 0 a が介在する。絶縁リング 3 0 a は電極板支持体 3 0 を収容室 1 1 の天井部から絶縁する。なお、電極板支持体 3 0 は接地する。

【 0 0 5 5 】

ガス導入シャワー ヘッド 2 7 のバッファ室 2 8 には処理ガス供給部（図示しない）からの処理ガス導入管 3 4 が接続されている。また、ガス導入シャワー ヘッド 2 7 は、バッファ室 2 8 を処理空間 P S に導通させる複数のガス穴 3 5 を有する。ガス導入シャワー ヘッド 2 7 は、処理ガス導入管 3 4 からバッファ室 2 8 へ供給された処理ガスを、ガス穴 3 5 を経由して処理空間 P S へ供給する。

10

【 0 0 5 6 】

基板処理装置 1 0 の収容室 1 1 内では、上述したように、サセプタ 1 2 がサセプタ 1 2 及び上部電極板 3 1 の間の空間である処理空間 P S に第 1 及び第 2 の高周波電力を印加することにより、該処理空間 P S においてガス導入シャワー ヘッド 2 7 から供給された処理ガスを高密度のプラズマにして陽イオンやラジカルを発生させ、該発生した陽イオンやラジカルによってウエハ W に R I E 処理を施す。

【 0 0 5 7 】

図 2 は、図 1 におけるフォーカスリング温度制御装置の構成を示す断面図である。

【 0 0 5 8 】

通常、図 2 に示すように、サセプタ 1 2 に載置されたウエハ W の周縁部はフォーカスリング 2 4 の内周縁部 2 4 a に覆い被さる。したがって、ウエハ W の周縁部はフォーカスリング 2 4 からの放射熱の影響を受ける。これに対応して、フォーカスリング温度制御装置 2 6 はフォーカスリング 2 4 の温度を制御し、ウエハ W の周縁部が受けけるフォーカスリング 2 4 からの放射熱の影響を最小限化する。

20

【 0 0 5 9 】

フォーカスリング温度制御装置 2 6 は、環状の誘導コイル 3 6（磁力線発生装置）と、該誘導コイル 3 6 の全面を覆う断熱・絶縁部 3 7 a と、誘導コイル 3 6 に接触する電力供給棒 3 8（電力供給部）と、該電力供給棒 3 8 を覆う断熱・絶縁部 3 7 b と、電力供給棒 3 8 を図中上下方向に昇降させる昇降装置 3 9 とを備える。

【 0 0 6 0 】

30

一方、フォーカスリング 2 4 は内周縁部 2 4 a の内部に環状の板状部材である誘導発熱部 4 0 を有する。誘導発熱部 4 0 は導電体又は半導体からなり、例えば、鉄、ステンレス、アルミニウム、シリコン、炭化珪素及び炭素の少なくとも 1 つからなる。

【 0 0 6 1 】

誘導コイル 3 6 は、フォーカスリング 2 4 の内周縁部 2 4 a の直径とほぼ同等の直径を有し、フォーカスリング 2 4 の中心軸が誘導コイル 3 6 の中心軸と一致するように配されている。したがって、誘導コイル 3 6 はフォーカスリング 2 4 の内周縁部 2 4 a と対向する。また、誘導コイル 3 6 は、静電チャック 2 3 上に配されているので、静電チャック 2 3 及びフォーカスリング 2 4 の間に介在する。

【 0 0 6 2 】

40

誘導コイル 3 6 は電力供給棒 3 8 から電力を供給されると磁力線を発生する。誘導コイル 3 6 は内周縁部 2 4 a と対向するので、発生した磁力線は誘導発熱部 4 0 と交差する。磁力線が誘導発熱部 4 0 と交差すると、誘導発熱部 4 0 内には磁場誘導によって渦電流が発生し、該渦電流及び誘導発熱部 4 0 が有する電気抵抗に起因するジュール熱によって誘導発熱部 4 0 は発熱する。これにより、フォーカスリング 2 4 は自己発熱する。

【 0 0 6 3 】

断熱・絶縁部 3 7 a は、フォーカスリング 2 4 及び静電チャック 2 3 を断熱し、また、誘導コイル 3 6 及び高周波電力板 1 8 を絶縁する。断熱・絶縁部 3 7 a を構成する材料は、低誘電率の材料が好ましく、例えば、その誘電率は 1 2 以下であるのが好ましく、また、その熱伝達係数は 3 0 W / m · K 以下であるのが好ましい。

50

【 0 0 6 4 】

電力供給棒 38 は電源（図示しない）と誘導コイル 36 を電気的に接続し、誘導コイル 36 に電力を供給する。電力供給棒 38 は、サセプタ 12 の基台 21 の下方に配された基板 41 から突出し、基台 21、高周波電力板 18、静電チャック 23 及び断熱・絶縁部 37a を貫通して誘導コイル 36 に到達する。

【 0 0 6 5 】

基板処理装置 10 がウエハ W に RIE 処理を施す場合、高周波電力板 18 に第 1 及び第 2 の高周波電力が印加される。このとき、高周波電力板 18 に印加された第 1 及び第 2 の高周波電力は静電チャック 23 にも印加される。したがって、電力供給棒 38 が、図 2 において、高周波電力板 18 や静電チャック 23 と同じ高さまで突出している場合、電力供給棒 38 が第 1 及び第 2 の高周波電力のアンテナとして機能し、高周波電力板 18 等に印加された第 1 及び第 2 の高周波電力が電源等に逆流する可能性がある。一方、基台 21 はアルミナからなるため、第 1 及び第 2 の高周波電力を遮断し、その結果、基板 41 に第 1 及び第 2 の高周波電力が印加されることがない。10

【 0 0 6 6 】

基板処理装置 10 では、高周波電力板 18 に第 1 及び第 2 の高周波電力が印加される場合に、図 3 に示すように、昇降装置 39 が電力供給棒 38 を下降させて、第 1 及び第 2 の高周波電力が印加される領域である、高周波電力板 18 や静電チャック 23 の近傍から退避させ、電力供給棒 38 の先端を基板 41 まで下降させる。これにより、電力供給棒 38 がアンテナとして機能するのを防止する。20

【 0 0 6 7 】

上述した基板処理装置 10 によれば、誘導コイル 36 から発生した磁力線はフォーカスリング 24 における内周縁部 24a 内の誘導発熱部 40 と交差するので、フォーカスリング 24 は自己発熱する。これにより、フォーカスリング 24 及びサセプタ 12 の熱伝達効率を改善する必要が無く、さらに、外部からフォーカスリング 24 への熱や電力の供給装置を媒介した異常放電や高周波電力の逆流が発生するのを防止することができる。また、フォーカスリング 24 やサセプタ 12 の密着度を向上する必要がないため、フォーカスリング 24 やサセプタ 12 の表面状態を任意に設定することができる。さらに、処理空間 PS は減圧されるため、フォーカスリング 24 及びサセプタ 12 の間に真空断熱層が形成される可能性があるが、フォーカスリング 24 は自己発熱するので、真空断熱層が形成されてもフォーカスリング 24 の温度制御には影響が無く、基板処理装置 10 の他の構成部品が昇温することも無いため、フォーカスリング 24 が他の構成部品からの放射熱の影響を受けることがほとんど無い。したがって、フォーカスリング 24 の温度を正確に制御することができる。30

【 0 0 6 8 】

上述した基板処理装置 10 では、電力供給棒 38 が、高周波電力板 18 に第 1 及び第 2 の高周波電力が印加される場合に高周波電力板 18 や静電チャック 23 の近傍から退避する。したがって、電力供給棒 38 が第 1 及び第 2 の高周波電力のアンテナとして機能することが無く、異常放電や高周波電力の逆流が発生するのを確実に防止することができる。40

【 0 0 6 9 】

また、上述した基板処理装置 10 では、環状の誘導コイル 36 はフォーカスリング 24 の内周縁部 24a と対向するので、誘導コイル 36 から発生した磁力線を環状の誘導発熱部 40 の円周方向に沿って満遍なく交差させることができ、もって、フォーカスリング 24 を円周方向に沿って均一に発熱させることができる。

【 0 0 7 0 】

上述した基板処理装置 10 では、誘導コイル 36 は断熱・絶縁部 37a によって全面が覆われるので、高周波電力が誘導コイル 36 を介して逆流するのを防止することができ、また、誘導コイル 36 が、静電チャック 23 及びフォーカスリング 24 の間に介在するので、フォーカスリング 24 の熱がサセプタ 12 に伝わるのを断熱・絶縁部 37a によって50

防止することができる。

【0071】

上述した基板処理装置10では、フォーカスリング24の内周縁部24aを発熱させたが、フォーカスリング24を構成する材料の熱伝達係数は大きいので、フォーカスリング24のどの部分を発熱させててもよい。例えば、フォーカスリング温度制御装置26の誘導コイル36をフォーカスリング24の外周縁部と対向するように配置し、フォーカスリング24の外周縁部を発熱させててもよく、この場合も内周縁部24aの温度を容易に制御することができる。

【0072】

また、磁力線が内周縁部24a内の誘導発熱部40と交差すれば該フォーカスリング24は自己発熱するので、誘導コイル36からの磁力線が誘導発熱部40と交差する限り、誘導コイル36は静電チャック23上に配されてもよく、若しくは、静電チャック23に内蔵されてもよい。

【0073】

次に、本実施の形態に係るフォーカスリングの加熱方法及び基板処理方法について説明する。

【0074】

図4は、本実施の形態に係るフォーカスリングの加熱方法及び基板処理方法におけるフォーカスリング温度の時間変化を示すグラフである。

【0075】

本実施の形態に係るフォーカスリングの加熱方法及び基板処理方法では、まず、フォーカスリング温度制御装置26の誘導コイル36から磁力線を発生させ、該磁力線をフォーカスリング24における誘導発熱部40と交差させる(磁力線交差ステップ)ことによってフォーカスリング24を自己発熱させ、フォーカスリング24の温度を冷媒室内の冷媒の温度によって約60℃に維持されているサセプタ12の温度からT₀(所定の温度)まで上昇させる(昇温ステップ)(図4(1))。ここで、T₀は2枚目以降の各ウエハWのRIE処理におけるフォーカスリング24の初期温度と同じ温度である。

【0076】

その後、誘導コイル36への電力の供給を中止し、磁力線及び誘導発熱部40の交差を終了させ(交差終了ステップ)、フォーカスリング24の昇温を中止する。このとき、電力供給棒38は昇降装置39によって下降し、高周波電力板18や静電チャック23の近傍から退避する(電力供給部退避ステップ)。なお、以降において、誘導コイル36へ電力が供給されることなく、また、フォーカスリング24そのものに外部から熱や電力が供給されることはない。

【0077】

次いで、高周波電力板18に第1及び第2の高周波電力を印加し(高周波電力印加ステップ)、処理空間PS内に陽イオンやラジカルを発生させ、1枚目のウエハWにRIE処理を施し(第1の処理ステップ)(図4(2))、続けて、2枚目以降の各ウエハWへ枚葉毎にRIE処理を施す(第2の処理ステップ)(図4(3))。

【0078】

本実施の形態に係る基板処理方法によれば、フォーカスリング24が、2枚目以降の各ウエハWのRIE処理におけるフォーカスリング24の初期温度(T₀)まで昇温されたときに、1枚目のウエハWにRIE処理が施されるので、各ウエハWのRIE処理における初期温度を同じにすることができる、もって、各ウエハWのRIE処理の結果を同じにすることができる。また、フォーカスリング24そのものへ外部からの熱や電力を供給することなく各ウエハWへ枚葉毎にRIE処理を施すので、例え、基板処理装置10がフォーカスリング24に外部から熱や電力を供給する供給路等を備えていたとしても、第1及び第2の高周波電力の印加中に上記供給路等を断絶することができる。したがって、第1及び第2の高周波電力の印加中に供給路等に向けて異常放電が発生するのを防止することができると共に、供給路等を伝って高周波電力が逆流するのを防止することができる。

10

20

30

40

50

【0079】

また、上述した基板処理方法では、各ウエハWのR I E処理において、フォーカスリング24の温度制御を積極的に行う必要がないため、R I E処理の外乱要素を減じることができ、もって、各ウエハWのR I E処理を安定して行うことができる。

【0080】

上述した本実施の形態に係る基板処理方法では、フォーカスリング24の温度をサセプタ12の温度からTまで上昇させただけで1枚目のウエハWにR I E処理を施したが、フォーカスリング24内における熱伝達性の問題から、昇温だけでフォーカスリング24全体の温度をTまで上昇させることが困難な場合がある。

【0081】

そこで、これに対応して、まず、フォーカスリング24の温度をTよりも高い温度に上昇させ(図5(1))、次いで、所定時間に亘ってフォーカスリング24の温度を高い温度に維持した(図5(2))後、誘導コイル36への電力の供給を中止して磁力線及び誘導発熱部40の交差を終了させ、フォーカスリング24を放置冷却し(図5(3))、該放置冷却されたフォーカスリング24の温度がTに達したときに、高周波電力板18に第1及び第2の高周波電力を印加して1枚目のウエハWにR I E処理を施してもよい。これにより、フォーカスリング24は一度Tより高温に昇温されるため、1枚目のウエハWのR I E処理開始時には、フォーカスリング24全体を確実にTまで上昇させることができる。

【0082】

また、本実施の形態に係るフォーカスリングの加熱方法によれば、磁力線及び誘導発熱部40の交差が終了した後に、高周波電力板18に第1及び第2の高周波電力を印加するので、第1及び第2の高周波電力の印加中に電力供給棒38を誘導コイル36に接続する必要がなく、これにより、第1及び第2の高周波電力の印加前に電力供給棒38を高周波電力板18や静電チャック23の近傍から退避させることができる。したがって、電力供給棒38に向けて異常放電が発生するのを確実に防止することができると共に、電力供給棒38を伝って高周波電力が逆流するのを確実に防止することができる。

【0083】

上述した基板処理装置10では、電力供給棒38が昇降装置39によって昇降されたが、電力供給棒38は昇降することなく誘導コイル36に接続されたままでもよい。この場合、図6に示すように、電力供給棒38の途中に該電力供給棒38の接続・断絶を制御する制御部、例えば、真空フィルタ42が設けられる。なお、真空フィルタ42は基台21の近傍に設けられる。高周波電力板18に第1及び第2の高周波電力が印加される場合、真空フィルタ42は電力供給棒38を断絶する。このとき、断絶された電力供給棒38の下部における先端は高周波電力板18や静電チャック23の近傍に存在しないので、該電力供給棒38の下部はアンテナとして機能することができない。これにより、異常放電や高周波電力の逆流が発生するのを確実に防止することができる。

【0084】

また、上述した基板処理装置10では、フォーカスリング24が誘導発熱部40を有したが、フォーカスリング24はシリコン等からなる半導体であり、フォーカスリング24は誘導コイル36からの磁力線と交差すると磁場誘導によって自己発熱するので、フォーカスリング24は誘導発熱部40を有さなくてもよい。

【0085】

また、本発明の第1及び第2の目的は、上述した実施の形態の機能を実現するソフトウェアのプログラムコードを記録した記憶媒体を、コンピュータや外部サーバに供給し、コンピュータ等のC P Uが記憶媒体に格納されたプログラムコードを読み出して実行することによっても達成される。

【0086】

この場合、記憶媒体から読み出されたプログラムコード自体が上述した実施の形態の機能を実現することになり、プログラムコード及びそのプログラムコードを記憶した記憶媒

10

20

30

40

50

体は本発明を構成することになる。

【0087】

また、プログラムコードを供給するための記憶媒体としては、例えば、RAM、NVRAM、フロッピー（登録商標）ディスク、ハードディスク、光磁気ディスク、CD-ROM、CD-R、CD-RW、DVD（DVD-ROM、DVD-RAM、DVD-RW、DVD+RW）等の光ディスク、磁気テープ、不揮発性のメモリカード、他のROM等の上記プログラムコードを記憶できるものであればよい。或いは、上記プログラムコードは、インターネット、商用ネットワーク、若しくはローカルエリアネットワーク等に接続される不図示の他のコンピュータやデータベース等からダウンロードすることによりコンピュータ等に供給されてもよい。

10

【0088】

また、コンピュータ等が読み出したプログラムコードを実行することにより、上記実施の形態の機能が実現されるだけでなく、そのプログラムコードの指示に基づき、CPU上で稼動しているOS（オペレーティングシステム）等が実際の処理の一部又は全部を行い、その処理によって上述した実施の形態の機能が実現される場合も含まれる。

【0089】

更に、記憶媒体から読み出されたプログラムコードが、コンピュータ等に挿入された機能拡張ボードやコンピュータ等に接続された機能拡張ユニットに備わるメモリに書き込まれた後、そのプログラムコードの指示に基づき、その機能拡張ボードや機能拡張ユニットに備わるCPU等が実際の処理の一部又は全部を行い、その処理によって上述した実施の形態の機能が実現される場合も含まれる。

20

【0090】

上記プログラムコードの形態は、オブジェクトコード、インタプリタにより実行されるプログラムコード、OSに供給されるスクリプトデータ等の形態から成ってもよい。

【図面の簡単な説明】

【0091】

【図1】本発明の実施の形態に係る基板処理装置の構成を概略的に示す断面図である。

【図2】図1におけるフォーカスリング温度制御装置の構成を示す断面図である。

【図3】図2のフォーカスリング温度制御装置において電力供給棒が下降した場合を示す図である。

30

【図4】本発明の実施の形態に係るフォーカスリングの加熱方法及び基板処理方法におけるフォーカスリング温度の時間変化を示すグラフである。

【図5】本発明の実施の形態に係るフォーカスリングの加熱方法及び基板処理方法の変形例におけるフォーカスリング温度の時間変化を示すグラフである。

【図6】図2のフォーカスリング温度制御装置の変形例を示す図である。

【図7】従来の各ウエハのエッチング処理におけるフォーカスリング温度の時間変化を示すグラフであり、図7(A)は、フォーカスリングをサセプタに載置しただけの場合を示し、図7(B)は、フォーカスリングを積極的に冷却して温調することにより、各ウエハのエッチング処理におけるフォーカスリング温度の時間変化をほぼ同じにした場合を示す。

40

【符号の説明】

【0092】

W ウエハ

P S 処理空間

1 0 基板処理装置

1 1 収容室

1 2 サセプタ

1 8 高周波電力板

1 9 第1の高周波電源

2 3 静電チャック

50

2 4 フォーカスリング

2 4 a 内周縁部

2 6 フォーカスリング温度制御装置

3 2 第2の高周波電源

3 6 誘導コイル

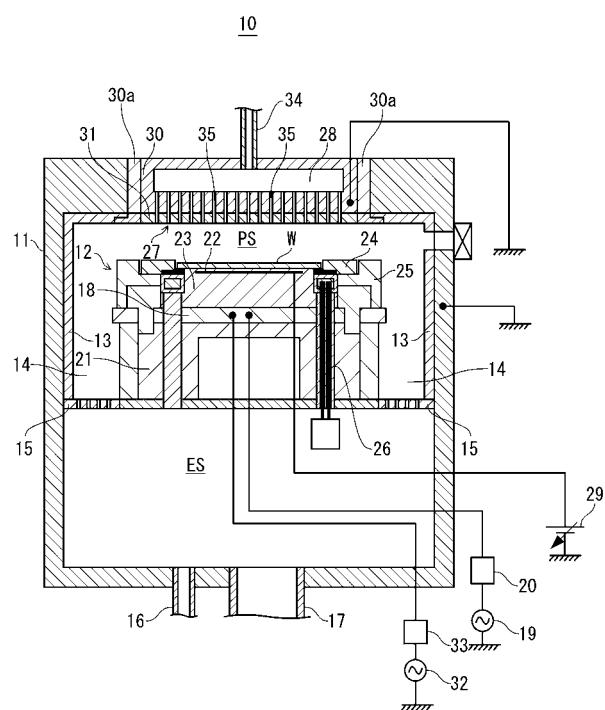
3 7 a , 3 7 b 断熱・絶縁部

3 8 電力供給棒

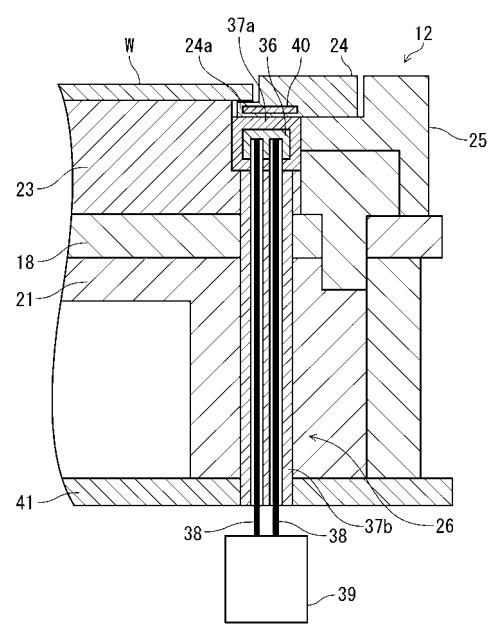
3 9 昇降装置

4 0 誘導発熱部

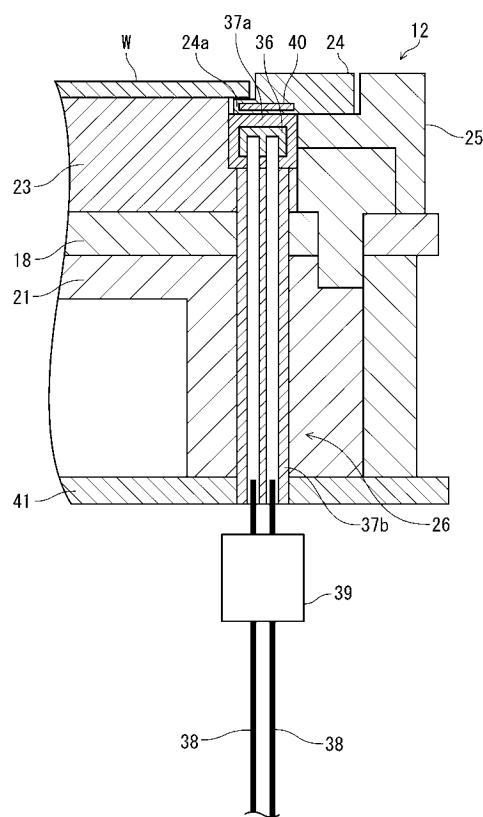
【図1】



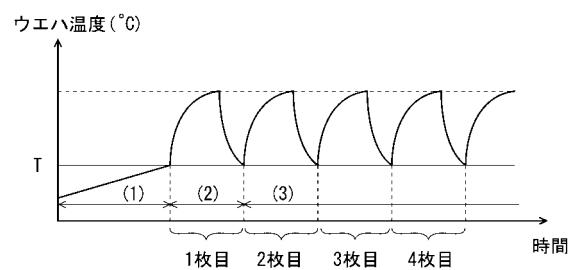
【図2】



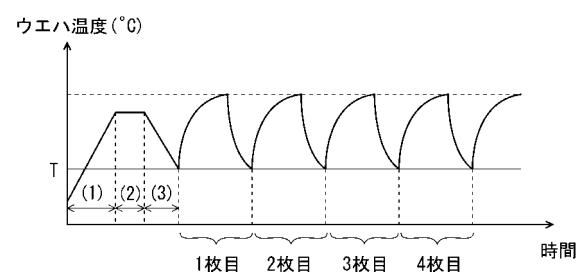
【図3】



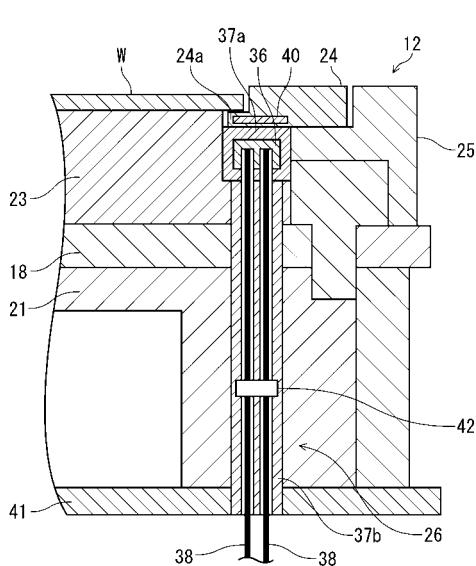
【図4】



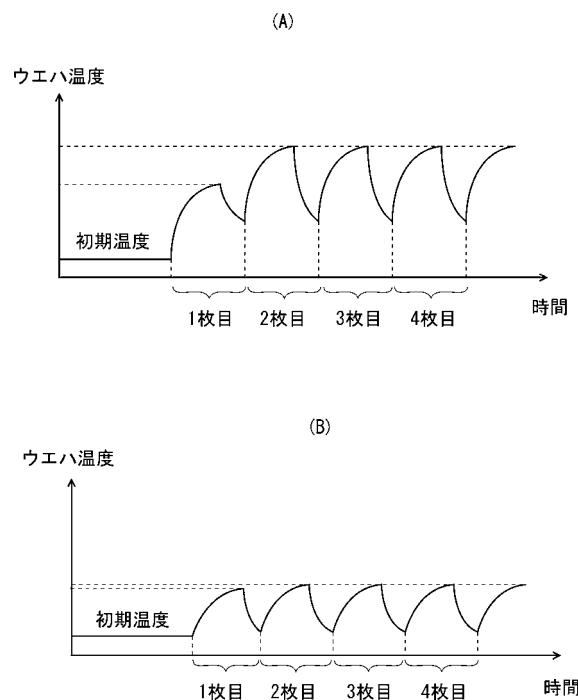
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平10-064882(JP,A)
特開2004-505446(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H 01 L 21 / 3065
H 01 L 21 / 205
C 23 F 4 / 00
H 05 H 1 / 46
J S T P l u s (J D r e a m I I)