(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3575240号
(P3575240)
(45)発行日　平成16年10月13日(2004.10.13)　(24)登録日　平成16年7月16日(2004.7.16)

(51)Int.Cl.[7]	F I		
H01L 21/3065	H01L	21/302	H
C23F 4/00	C23F	4/00	A
H01L 21/027	H01L	21/30	572A
H01L 21/3205	H01L	21/88	N

請求項の数 22　(全 31 頁)

(21)出願番号　特願平9-243117
(22)出願日　平成9年9月8日(1997.9.8)
(65)公開番号　特開平10-189550
(43)公開日　平成10年7月21日(1998.7.21)
審査請求日　平成12年11月9日(2000.11.9)
審判番号　不服2003-672(P2003-672/J1)
審判請求日　平成15年1月9日(2003.1.9)
(31)優先権主張番号　特願平8-292095
(32)優先日　平成8年11月1日(1996.11.1)
(33)優先権主張国　日本国(JP)

(73)特許権者　000005223
富士通株式会社
神奈川県川崎市中原区上小田中４丁目１番１号
(73)特許権者　000237617
富士通ヴィエルエスアイ株式会社
愛知県春日井市高蔵寺町２丁目１８４４番２
(74)代理人　100091672
弁理士　岡本　啓三
(72)発明者　小澤　聡一郎
神奈川県川崎市中原区上小田中４丁目１番１号　富士通株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】半導体装置の製造方法

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
半導体を含むウェハにおいてアルミニウム又はアルミニウム含有材料よりなる金属膜の上にレジストパターンを形成する工程と、
前記レジストパターンに覆われない前記金属膜をエッチングガスを用いてエッチングすることにより前記金属膜よりなる配線を形成する工程と、
前記レジストパターンをアッシングする工程を有し、
前記アッシングする工程は、
３０流量％以上の割合で水を含むガスをプラズマ化して得られた中性活性種である第１の生成物を含む第１の雰囲気中に前記レジストパターン、前記配線及びその周辺をダウンフローによって晒す工程と、
ガス状の水が３０流量％よりも低い量で含有された酸素ガスを主成分とする酸素混合ガスをプラズマ化して得られた第２の生成物を含む第２の雰囲気中に前記レジストパターンを置いて該第２の生成物により前記レジストパターンをアッシングする工程とを順不同で含んでなり、かつ前記アッシング工程の後に、レジスト剥離液を前記配線に供給する工程を有することを特徴とする半導体装置の製造方法。
【請求項２】
半導体を含むウェハにおいてアルミニウム又はアルミニウム含有材料よりなる金属膜の上にレジストパターンを形成する工程と、
前記レジストパターンに覆われない前記金属膜をエッチングガスを用いてエッチングする

ことにより前記金属膜よりなる配線を形成する工程と、
前記レジストパターンをアッシングする工程を有し、
前記アッシングする工程は、
３０流量％以上の割合で水を含むガスをプラズマ化して得られた中性活性種である第１の生成物を含む第１の雰囲気中に前記レジストパターン、前記配線及びその周辺をダウンフローによって晒す工程と、
ガス状の水が３０流量％よりも低い量で含有された酸素ガスを主成分とする酸素混合ガスをプラズマ化して得られた第２の生成物を含む第２の雰囲気中に前記レジストパターンを置いて該第２の生成物により前記レジストパターンをアッシングする工程とを大気に曝さずに順不同で含んでなる半導体装置の製造方法。

【請求項３】
前記エッチング工程と前記アッシング工程との間で大気に曝さずに前記基板が搬送されることを特徴とする請求項１乃至２のいずれかに記載の半導体装置の製造方法。

【請求項４】
前記エッチングガスは、塩素含有ガスであることを特徴とする請求項１乃至２のいずれかに記載の半導体装置の製造方法。

【請求項５】
前記３０流量％以上の割合で前記水を含むガスは、１００流量％の水であることを特徴とする請求項１乃至２いずれかに記載の半導体装置の製造方法。

【請求項６】
前記第１の雰囲気中に前記レジストパターン、前記配線及びその周辺を晒す工程は、前記第２の雰囲気中で前記レジストパターンをアッシングする工程の前であることを特徴とする請求項１乃至２いずれかに記載の半導体装置の製造方法。

【請求項７】
前記第１の雰囲気中に前記レジストパターン、前記配線及びその周辺を晒す工程は、前記第２の雰囲気中で前記レジストパターンをアッシングする工程の後であることを特徴とする請求項１乃至２いずれかに記載の半導体装置の製造方法。

【請求項８】
半導体を含むウェハにおいてアルミニウム又はアルミニウム含有材料よりなる金属膜の上にレジストパターンを形成する工程と、
前記レジストパターンに覆われない前記金属膜をエッチングガスを用いてエッチングすることにより前記金属膜よりなる配線を形成する工程と、
前記レジストパターンをアッシングする工程を有し、
前記アッシングする工程は、
３０流量％以上の割合で水を含むガスをプラズマ化して得られた中性活性種である第１の生成物を含む第１の雰囲気中に前記レジストパターン、前記配線及びその周辺をダウンフローによって晒す工程と、
酸素ガスを主成分とする酸素混合ガスをプラズマ化して得られた第２の生成物を含む第２の雰囲気中に前記レジストパターンを置いて該第２の生成物により前記レジストパターンをアッシングする工程とを含んでなり、前記第１の雰囲気中に前記レジストパターン、前記配線及びその周辺を晒す工程は、前記第２の雰囲気中に前記レジストパターンをアッシングする工程の前と後であり、かつ前記アッシング工程の後に、レジスト剥離液を前記配線に供給する工程を有することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項９】
半導体を含むウェハにおいてアルミニウム又はアルミニウム含有材料よりなる金属膜の上にレジストパターンを形成する工程と、
前記レジストパターンに覆われない前記金属膜をエッチングガスを用いてエッチングすることにより前記金属膜よりなる配線を形成する工程と、
前記レジストパターンをアッシングする工程を有し、
前記アッシングする工程は、

３０流量％以上の割合で水を含むガスをプラズマ化して得られた中性活性種である第１の生成物を含む第１の雰囲気中に前記レジストパターン、前記配線及びその周辺をダウンフローによって晒す工程と、
酸素ガスを主成分とする酸素混合ガスをプラズマ化して得られた第２の生成物を含む第２の雰囲気中に前記レジストパターンを置いて該第２の生成物により前記レジストパターンをアッシングする工程とを大気に曝さずに含んでなり、前記第１の雰囲気中に前記レジストパターン、前記配線及びその周辺を晒す工程は、前記第２の雰囲気中に前記レジストパターンをアッシングする工程の前と後であることを特徴とする半導体装置の製造方法。
【請求項１０】
第１の雰囲気中に前記レジストパターン、前記配線及びその周辺を晒す工程と、第２の雰囲気中で前記レジストパターンをアッシングする工程とを終えた後に、前記ウェハを前記第１及び第２の雰囲気以外で１mTorr 以下の第３の雰囲気に２０秒間以上晒す工程を、さらに有することを特徴とする請求項１、請求項２、請求項８及び請求項９のいずれかに記載の半導体装置の製造方法。
【請求項１１】
前記第１の雰囲気は前記第１の生成物中の中性活性粒子のみで構成されるとともに、前記第２の雰囲気は前記第２の生成物中の中性活性粒子のみで構成されることを特徴とする請求項１、請求項２、請求項８及び請求項９のいずれかに記載の半導体装置の製造方法。
【請求項１２】
前記第１の生成物には、ハロゲンを含まないことを特徴とする請求項１、請求項２、請求項８及び請求項９のいずれかに記載の半導体装置の製造方法。
【請求項１３】
前記第１の生成物による前記レジストパターンのアッシングと前記第２の生成物による前記レジストパターンのアッシングは交互に複数回行われることを特徴とする請求項１、請求項２、請求項８及び請求項９のいずれかに記載の半導体装置の製造方法。
【請求項１４】
前記レジストパターンのアッシングの工程は、前記金属膜の上に前記レジストパターンを形成する工程の後に前記ウェハを大気に曝すことなく搬送した場所で行われることを特徴とする請求項１、請求項２、請求項８及び請求項９のいずれかに記載の半導体装置の製造方法。
【請求項１５】
半導体を含むウェハ上にアルミニウム又はアルミニウム含有材料よりなる金属膜の上にレジストパターンを形成する工程と、
前記レジストパターンに覆われない前記金属膜をエッチングガスを用いてエッチングすることにより前記金属膜よりなる配線を形成する工程と、
酸素ガスを主成分とする酸素含有ガスのプラズマによって得られた生成物の雰囲気中に前記ウェハを晒す工程と、
加熱手段により温度制御することによって前記ウェハの温度を初期には１３０℃以下に設定し、その後に加熱温度を１３０℃より高く上昇させて前記レジストパターンを前記生成物によりアッシングする工程と
を有することを特徴とする半導体装置の製造方法。
【請求項１６】
前記加熱手段による前記ウェハの加熱は、前記雰囲気中のウェハステージの下に配置されたヒータによる加熱であることを特徴とする請求項１５記載の半導体装置の製造方法。
【請求項１７】
前記ウェハの前記温度の上昇は、前記ウェハを前記ウェハステージから距離を置いて前記ウェハ温度の加熱を１３０℃以下となるように設定した後に、前記ウェハステージ上に前記ウェハを接触させることによって前記ウェハの温度を１３０℃よりも高く上昇させることによって行われることを特徴とする請求項１６記載の半導体装置の製造方法。
【請求項１８】

前記加熱手段による前記ウェハの加熱は、光を照射することによる前記ウェハの加熱であることを特徴とする請求項１５記載の半導体装置の製造方法。
【請求項１９】
前記ウェハの前記温度の上昇は、前記光の光照射量を増加させるか、前記光の照射を停止した状態から照射を開始することによって行われることを特徴とする請求項１８記載の半導体装置の製造方法。
【請求項２０】
前記ウェハの温度を上昇させる際には、一時的または継続的に前記雰囲気の圧力を上昇させることを特徴とする請求項１５記載の半導体装置の製造方法。
【請求項２１】
前記雰囲気は、前記酸素含有合ガスをプラズマ化して得られた生成物中の中性活性種のみで構成された雰囲気であることを特徴とする請求項１６記載の半導体装置の製造方法。
【請求項２２】
前記酸素含有ガスには、ハロゲンを含まないことを特徴とする請求項１６記載の半導体装置の製造方法。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明は、半導体装置の製造方法に関し、より詳しくは、金属膜のパターニングの際にマスクとして使用したレジストをアッシングする工程を含む半導体装置の製造方法に関する。
【０００２】
【従来の技術】
半導体デバイスの配線を形成する場合には、例えば、アルミニウムを主成分とした金属膜上にレジストのパターンを形成した後に、金属膜のうちレジストに覆われない部分を異方性にエッチングして金属膜を配線形状にする。このエッチングでは、一般に塩素のようなハロゲン原子を含んだガスが使用される。
【０００３】
配線のパターンを形成した後に配線上のレジストをアッシングにより除去し、ついで、配線表面とその周辺を酸やアルカリ等の薬液或いは水によってウェット処理することが行われている。そのアッシングに用いるガスは、多くの場合、酸素（O_2）を主成分として、水（H_2O）や四フッ化炭素（CF_4）などを添加したガスである。
【０００４】
ところで、塩素を含むガスを使用してアルミニウムを主成分とした金属膜を異方性にドライエッチングすると、その金属膜の表面やその周辺の下地表面に塩素原子が残っていることが知られている。
このため、配線が形成されたウェハを大気中に取り出すと、ウェハ上では塩素原子が大気中の水分と反応して塩酸が生成される。その塩酸は、配線を構成するアルミニウムと反応して配線にコロージョン（腐食）を発生させる。このコロージョンは、半導体デバイスの信頼性を低下させたり、歩留りの低下を引き起こす原因となる。
【０００５】
コロージョンの発生を防止するために、種々の方法が考えられている。その例を以下に説明する。
特開平３－１３８１２２号、特開平　２－８０５８５号公報には、エッチング後或いはアッシング後にウェハ表面にポリマー等の膜を形成し、その後にウェハを大気中に取り出すことにより、ポリマー等の膜によって塩素と大気の接触を防止することが提案されている。しかし、この方法では、エッチング装置に膜堆積装置を取付ける必要があり、装置が高額になってしまう。また、膜堆積装置のメンテナンス、例えばゴミ対策のための洗浄等の処理が増えることになる。しかも、ポリマー等のその膜は、次の工程の前に除去しなければならず手間がかかる。

【０００６】
特開平２－１６５６５６　号公報では、エッチングとアッシングを行った後に、ウェハを大気中に取り出すことなく、同一装置中でSiO_2等の層間膜を堆積するという方法が記載されている。この方法では、ウェハ上において塩素原子が付いた部分を大気に晒さないという点で有効であるが、コロージョンの原因となっている塩素原子をウェハ上に残したままであり、エッチング残渣をウェット処理で除去できないという問題がある。しかも、エッチング装置に層間膜堆積装置を取付けなければならず、装置が高額になる。
【０００７】
また、特開平３－１６６７２４号、特開平３－１８００４０号には、エッチング後又はアッシング後に、ウェハを水、有機溶剤等を用いてウェットで後処理する方法が提案されている。ウェット処理は、塩素除去に対して大きな効果があるが、ウェハを大気に晒すことは避けられない。もとより、ウェット処理を真空下で行うことも考えられるが、装置が高額になってしまうので現実的でない。　さらに、特開昭５７－８９４７７号、特開平４－６４２３３　号公報には、エッチング後又はアッシング後であって、ウェハを装置から取り出す前に真空雰囲気中でウェハにレーザ光を照射したり加熱したりして、塩素をウェハ上から除去するという方法が記載されている。しかし、エッチング装置やアッシング装置にレーザを搭載したり、或いはレーザ光を搭載するステージや別のチャンバが必要になり、これにより装置構成が複雑になったり、高額になるという問題がある。
【０００８】
一方、エッチングやアッシングの装置を複雑且つ高額にしない塩素除去方法としては、以下のような方法が提案されている。
例えば、特開平４－２５９２２０号、特開平７－２５４５８９号公報では、レジストのアッシング時に酸素やメタノールやイソプロピルアルコールを混ぜたガスを用いて、アッシングと同時に塩素をウェハ上から取り除くという方法が提案されている。
【０００９】
さらに、特開平　３－４１７２８号公報には、CF_4　とO_2を用いてアッシングした後に、H_2O　ガスをプラズマ化せずにウェハに供給してその上の塩素を取り去る方法が記載されている。しかし、この方法によれば、塩素を完全に除去できないことが、Ｋｏｎｄｏ　ｅｔ　ａｌ．，　Ｐｒｏｃ．　ｏｆ　１３ｔｈ　Ｓｙｍｐｏｓｉｕｍ　ｏｎ　Ｄｒｙ　Ｐｒｏｃｅｓｓ，　１０，　２４，　１９９１に報告されている。
【００１０】
これに対して、Ｋｏｎｄｏ　の文献や特許公報　２５１００５３号には、O_2とH_2O　を用いたダウンフローアッシングによって、コロージョンの発生を防止することが述べられている。この方法は、ウェハ上の塩素原子の除去に大きな効果があるが、Ｋｏｎｄｏ　の文献や特許公報　２５１００５３号には、O_2とH_2O　を用いたダウンフローアッシング中のH_2O　ガスの添加量がコロージョンの発生防止にどのような影響を及ぼすかは述べられていない。また、O_2とH_2O　を用いたダウンフローアッシングとウェハの加熱温度との組み合わせが、コロージョンの発生防止やアッシング残渣の発生にどのような影響を持つかについても述べられていない。
【００１１】
O_2／H_2O　ダウンフローアッシングについては特開平６－３３３９２４号公報にも記載があり、この公報では、エッチング前に紫外線（ＵＶ）キュアすることにより、エッチング中にレジスト表面に形成される変質層がO_2／H_2O　ダウンフローアッシング後に残渣としてウェハ上に残らなくなることが示されている。その変質層は、エッチングガス中の塩素やエッチングされたアルミニウム原子がそれぞれレジスト表面に付着し、さらにウェハ加熱の温度によって塩素とアルミニウム原子とレジストが反応して形成されたものである。ＵＶキュアのない場合には、その変質層は残渣として残り易い。
【００１２】
【発明が解決しようとする課題】
しかし、コロージョンの原因となっている塩素は、レジストの残渣の中に含まれているだ

けでなく、例えばパターニングされたアルミニウム配線の側壁部分などに吸着しており、レジストの残渣が発生しないようにするだけではコロージョン発生防止の効果は不十分である。また、ＵＶキュアによる変質層の除去は、塩素の除去の効果はあるが、ＵＶ照射手段が必要になって構造が複雑化する。

【００１３】

本発明の目的は、装置を複雑にすることなく、アッシング後のコロージョン発生の防止効果をさらに高めることができる半導体装置の製造方法を提供することにある。

【００１４】

【課題を解決するための手段】

（１）上記した課題は、図３～図５に例示するように、半導体層を含むウェハ１０においてアルミニウム又はアルミニウム含有材料よりなる金属膜１２の上にレジストパターン１３を形成する工程と、前記レジストパターン１３に覆われない前記金属膜１２をエッチングガスを用いてエッチングすることにより前記金属膜１２よりなる配線１２ａ を形成する工程と、前記レジストパターン１３をアッシングする工程と、３０流量％以上の割合で水を含むガスをプラズマ化して得られた中性活性種である第１の生成物を含む第１の雰囲気中に前記レジストパターン１３、前記配線１２ａ 及びその周辺をダウンフローによって晒す工程と、ガス状の水が３０流量％よりも低い量で含有された酸素ガスを主成分とする酸素混合ガスをプラズマ化して得られた第２のガスを含む第２の雰囲気中に前記レジストパターン１３を置いて第２の生成物により前記レジストパターン１３をアッシングする工程とを順不同に含んでなり、かつ前記アッシング工程の後に、レジスト剥離液を前記配線１２ａに供給する工程を有することを特徴とする半導体装置の製造方法によって解決する。

また、上記した課題は、半導体を含むウェハ１０においてアルミニウム又はアルミニウム含有材料よりなる金属膜１２の上にレジストパターン１３を形成する工程と、前記レジストパターン１３に覆われない前記金属膜１２をエッチングガスを用いてエッチングすることにより前記金属膜１２よりなる配線１２ａを形成する工程と、前記レジストパターン１３をアッシングする工程を有し、前記アッシングする工程は、３０流量％以上の割合で水を含むガスをプラズマ化して得られた第１の生成物を含む第１の雰囲気中に前記レジストパターン１３、前記配線１２ａ及びその周辺をダウンフローによって晒す工程と、ガス状の水が３０流量％よりも低い量で含有された酸素ガスを主成分とする酸素混合ガスをプラズマ化して得られた第２の生成物を含む第２の雰囲気中に前記レジストパターン１３を置いて該第２の生成物により前記レジストパターン１３をアッシングする工程とを大気に曝さずに順不同で含んでなる半導体装置の製造方法によって解決される。この場合、前記エッチング工程と前記アッシング工程との間で大気に曝さずに前記基板１０が搬送されることが好ましい。

【００１５】

上記の半導体装置の製造方法において、前記エッチングガスは、塩素含有ガスであることを特徴とする。

上記の半導体装置の製造方法において、前記酸素混合ガスには、ガス状の水が３０流量％よりも低い量で含有されていることを特徴とする。

上記の半導体装置の製造方法において、前記３０流量％以上の割合で前記水を含むガスは、１００流量％の水であることを特徴とする。

【００１６】

上記の半導体装置の製造方法において、図３、図５に例示するように、前記第１の雰囲気中に前記レジストパターン１３、前記配線１２ａ　及びその周辺を晒す工程は、前記第２の雰囲気中で前記レジストパターン１３をアッシングする工程の前であることを特徴とする。

【００１７】

上記の半導体装置の製造方法において、図４、図５に例示するように、前記第１の雰囲気中に前記レジストパターン１３、前記配線１２ａ　及びその周辺を晒す工程は、前記第２の雰囲気中で前記レジストパターン１３をアッシングする工程の後であることを特徴とす

る。
上記した課題は、図３～図５に例示するように、半導体層を含むウェハ１０においてアルミニウム又はアルミニウム含有材料よりなる金属膜１２の上にレジストパターン１３を形成する工程と、前記レジストパターン１３に覆われない前記金属膜１２をエッチングガスを用いてエッチングすることにより前記金属膜１２よりなる配線１２ａ　を形成する工程と、前記レジストパターン１３をアッシングする工程と、３０流量％以上の割合で水を含むガスをプラズマ化して得られた中性活性種である第１の生成物を含む第１の雰囲気中に前記レジストパターン１３、前記配線１２ａ　及びその周辺をダウンフローによって晒す工程と、酸素ガスを主成分とする酸素混合ガスをプラズマ化して得られた第２のガスを含む第２の雰囲気中に前記レジストパターン１３を置いて第２の生成物により前記レジストパターン１３をアッシングする工程とを含んでなり、前記第１の雰囲気中に前記レジストパターン１３、前記配線及びその周辺を晒す工程は、前記第２の雰囲気中に前記レジストパターン１３をアッシングする工程の前と後であり、かつ前記アッシング工程の後に、レジスト剥離液を前記配線１２ａに供給する工程を有することを特徴とする半導体装置の製造方法によって解決する。また、上記した課題は、半導体を含むウェハ１０においてアルミニウム又はアルミニウム含有材料よりなる金属膜１２の上にレジストパターン１３を形成する工程と、前記レジストパターン１３に覆われない前記金属膜１２をエッチングガスを用いてエッチングすることにより前記金属膜１２よりなる配線１２ａを形成する工程と、前記レジストパターン１３をアッシングする工程を有し、前記アッシングする工程は、３０流量％以上の割合で水を含むガスをプラズマ化して得られた第１の生成物を含む第１の雰囲気中に前記レジストパターン１３、前記配線１２ａ及びその周辺をダウンフローによって晒す工程と、酸素ガスを主成分とする酸素混合ガスをプラズマ化して得られた第２の生成物を含む第２の雰囲気中に前記レジストパターン１３を置いて該第２の生成物により前記レジストパターン１３をアッシングする工程とを大気に曝さずに含んでなり、前記第１の雰囲気中に前記レジストパターン１３、前記配線及びその周辺を晒す工程は、前記第２の雰囲気中に前記レジストパターン１３をアッシングする工程の前と後であることを特徴とする半導体装置の製造方法によって解決される。
【００１８】
上記の半導体装置の製造方法において、前記酸素混合ガスとして、酸素と水の混合ガスを用いることを特徴とする。上記の半導体装置の製造方法において、第１の雰囲気中に前記レジストパターン１３、前記配線１２ａ　及びその周辺を晒す工程と、第２の雰囲気中に前記レジストパターン１３を置いて前記レジストパターン１３をアッシングする工程とを終えた後に、前記ウェハ１０を前記第１及び第２の雰囲気以外で１ｍＴｏｒｒ　以下の第３の雰囲気に２０秒間以上晒す工程をさらに有することを特徴とする。
【００１９】
上記の半導体装置の製造方法において、前記第１の雰囲気は、前記第１の生成物中の中性活性粒子のみで構成されるとともに、前記第２の雰囲気は前記第２の生成物中の中性活性粒子のみで構成されることを特徴とする。
上記の半導体装置の製造方法において、前記第１の生成物には、ハロゲンを含まないことを特徴とする。
【００２０】
上記の半導体装置の製造方法において、前記第１の生成物による前記レジストパターン１３のアッシングと前記第２の生成物による前記レジストパターン１３のアッシングは交互に複数回行われることを特徴とする。
上記の半導体装置の製造方法において、前記レジストパターン１３のアッシングの工程は、前記金属膜１２の上に前記レジストパターン１３を形成する工程の後に前記ウェハ１０を大気に曝すことなく搬送した場所で行われることを特徴とする。
（２）上記した課題は、図９、図１５に例示するように、半導体を含むウェハ１０上にアルミニウム又はアルミニウム含有材料よりなる金属膜１２の上にレジストパターン１３を形成する工程と、前記レジストパターン１３に覆われない前記金属膜１２をエッチングガ

スを用いてエッチングすることにより前記金属膜１２よりなる配線１２ａ　を形成する工程と、加熱手段７ｍ，９Ｌにより温度制御することによって前記ウェハ１０の温度を初期には１３０℃以下に設定し、その後に加熱温度を１３０℃より高く上昇させて前記レジストパターン１３を前記生成物によりアッシングする工程とを有することを特徴とする半導体装置の製造方法によって解決する。

【００２１】

上記した半導体装置の製造方法において、前記加熱手段７ｍ、９Ｌによる前記ウェハ１０の加熱は、前記雰囲気中のウェハステージ７ｋの下に配置されたヒータ７ｍによる前記ウェハ１０の加熱であることを特徴とする。この場合、前記ウェハ１０の前記温度の上昇は、前記ウェハ１０を前記ウェハステージ７ｋから距離を置いて前記ウェハ温度の加熱を１３０℃以下となるように設定した後に、前記ウェハステージ７ｋ上に前記ウェハ１０を接触させることによって前記ウェハ１０の温度を１３０℃よりも高く上昇させることによって行われることを特徴とする。

【００２２】

上記した半導体装置の製造方法において、前記加熱手段７ｋによる前記ウェハ１０の加熱は、光を照射することによる前記ウェハ１０の加熱であることを特徴とする。この場合、前記ウェハ１０の前記温度の上昇は、前記光の光照射量を増加させるか、前記光の照射を停止した状態から照射を開始することによって行われることを特徴とする。

【００２３】

上記した半導体装置の製造方法において、前記ウェハ１０の温度を上昇させる際には、一時的または継続的に、前記雰囲気の圧力を上昇させることを特徴とする。

上記した半導体装置の製造方法において、前記雰囲気は、前記酸素含有ガスをプラズマ化して得られた生成物中の中性活性種のみで構成された雰囲気であることを特徴とする。

【００２４】

上記した半導体装置の製造方法において、前記酸素含有ガスには、ハロゲンを含まないことを特徴とする。なお、上記した図番、符号は、発明の理解を容易にするために引用されたものであって、発明を限定するものではない。次に、本発明の作用について説明する。

本発明によれば、レジストパターンを用いるエッチングによってアルミニウム又はアルミニウム含有材よりなる金属膜をパターニングした後に、酸素混合ガスをプラズマ化してレジストパターンをアッシングするとともに、そのアッシングの前、後又はその前後の工程において、３０流量％以上の割合で水を含むガスをプラズマ化して得られた生成物の雰囲気中にウェハを置くようにした。

【００２５】

これにより、ウェハ上に存在する塩素等のコロージョン発生の原因となる塩素が、水のプラズマから得られた生成物によって除去されることが、実験的に確かめられた。その生成物としては、中性の活性粒子（活性種）やイオンや電子などがある。

また、その水を含むガスは、水を多くするほど塩素除去の効果が高くなり、１００流量％の場合に塩素除去の効果は顕著になる。

【００２６】

これにより、金属膜からなる配線にコロージョンが発生しにくくなることがわかった。しかも、そのような生成物のウェハ処理によって、金属と有機物の変質層によって生じたレジスト残渣が容易に除去できることが明らかになった。

また、別の発明によれば、レジストパターンをアッシングする際に、アッシング開始時のウェハ温度を１３０℃以下にし、その後に、ウェハ温度を１３０℃以上に上昇するようにしている。

【００２７】

これによれば、レジストパターンの表面に形成されるレジスト変質層の発生を抑制しながらそのレジストパターンの表面がアッシングされて除去されることが実験により明らかになった。この結果、レジストパターンの変質層の残渣の発生が防止され、塩素のウェハ上からの離脱がレジスト残渣によって妨げられるなくなり、塩素によるコロージョンの発生

が抑制される。また、レジスト残渣に起因するゴミの発生も防げる。

【００２８】

なお、１３０℃以下のウェハ加熱温度でレジストパターンをアッシングするとアッシング速度が遅いので、ウェハ加熱温度を１３０℃以下にするのは、アッシング工程の初期だけで行うのが好ましい。

【００２９】

【発明の実施の形態】

そこで、以下に本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。

（第１の実施の形態）

図１は、本発明の実施に使用される枚葉式のウェハ処理装置の概要構成を示す平面図である。

【００３０】

図１に示すウェハ処理装置１は、ウェハ搬送ロボット２が取付けられたウェハ搬送室３を有し、そのウェハ搬送室３には、未処理のウェハを収納するロードチャンバ４と処理済みのウェハを収納するアンロードチャンバ５が隣接している。さらに、ウェハ搬送室３にはエッチング装置６とアッシング装置７が隣接している。

【００３１】

ウェハ搬送室３のうちロードチャンバ４、アンロードチャンバ５、エッチング装置６及びアッシング装置７との各接続部分には、それぞれゲートバルブ８ａ，８ｂ，８ｃ，８ｄが取り付けられている。また、ロードチャンバ４、アンロードチャンバ５のうちウェハ搬送室３と反対側にはそれぞれ別のゲートバルブ８ｅ，８ｆが取り付けられている。それらのゲートバルブ８ａ～８ｆにより、各室及び各チャンバ内が個々に機密性を保てるようになっている。

【００３２】

エッチング装置６として、例えば電子サイクロトロン共鳴エッチング（ＥＣＲ）装置が用いられ、そのＥＣＲ装置のチャンバにはエッチング用のガスを導入するためのガス導入管６ａが接続されている。このエッチング装置６には、ガス導入管６ａとマスフローコントローラ６ｂを介して反応ガス源６ｃが接続されている。

【００３３】

アッシング装置７として、例えば図２に示すようなマイクロ波ダウンフロー型のアッシング装置が使用される。

図２において、チャンバ７ａの上部にはマイクロ波導入室７ｂが形成され、そのマイクロ波導入室７ｂの下方には石英、ＡｌＮ　又はAl_2O_3　よりなる仕切板７ｃを介してプラズマ発生室７ｄが設けられている。そのプラズマ発生室７ｄには第１及び第２のガス導入管７ｅ，７ｆが接続されており、第１及び第２のガス導入管７ｅ，７ｆからプラズマ発生室７ｄに導入されたガスはマイクロ波によってプラズマ化される。また、プラズマ発生室７ｄの下方には、直径２～３ｍｍ程度の小孔が多数個形成されたシャワーヘッド７ｇが配置され、そのさらに下方には反応室７ｈが設けられている。

【００３４】

また、反応室７ｈの底部にはヒータ７ｍを内蔵したウェハステージ７ｋが配置され、ウェハステージ７ｋのさらに下方では排気管７ｎがチャンバ７ａに接続されている。

なお、第１のガス導入管７ｅにはマスフローコントローラ７ｒを介してH_2O　のガス源７ｓが接続され、また、第２のガス導入管７ｆには、マスフローコントロータ７ｇ，７ｐを介してO_2とCF_4　のガス源７ｔ，７ｕが接続されている。そのCF_4　のガス源７ｕは、アッシングの際に要求される場合に開閉弁７ｖの開閉によってプラズマ発生室７ｄに繋げられる。

【００３５】

次に、上記したウェハ処理装置１を使用してシリコンウェハ上に配線を形成する工程を説明する。

第１例

配線形成の工程は、図示しない成膜装置を用いた金属膜の形成から始まる。
まず、図３（ａ）　に示すように、直径６インチのシリコンウェハ（半導体ウェハ）１０上の絶縁膜１１の上に、膜厚１００ｎｍのＴｉＮ　、膜厚６００ｎｍのＡｌＣｕＴｉ、膜厚１００ｎｍのＴｉＮ　からなる三層構造の金属膜１２を形成する。続いて、金属膜１２上にレジストを１．７μｍ程度の厚さに塗布した後に、レジストを露光、現像してレジストパターン１３を形成する。レジストの材料として、ポジ型のｉ線レジスト（商品名；ＴＨＭＲ－　ＩＰ２１００、東京応化製）を使用した。また、レジストパターン１３として０．５μｍのライン＆スペースのパターンを形成した。

【００３６】
その後に、図２に示したロードチャンバ４にシリコンウェハ１０を入れ、その両側のゲートバルブ８ａ，８ｅを閉じた状態でロードチャンバ４内を減圧し、ついでウェハ搬送室３側のゲートバルブ８ａを開く。そして、ロードチャンバ４内のシリコンウェハ１０を、ロボット２により取り出してこれをエッチング装置６のチャンバ内に搬送する。

【００３７】
ついで、エッチング装置６側のゲートバルブ８ｂを閉じ、そのガス導入管６ａから塩素（Cl_2）を１００ｓｃｃｍ、塩化ホウ素（BCl_3）を１００ｓｃｃｍ及びアルゴン（Ａｒ）を２ｓｃｃｍの流量で導入した状態で、エッチング装置６の反応室（不要図）その内部圧力を４　ｍＴｏｒｒに保持する。なお、シリコンウェハ１０の温度は室温、例えば２５℃に設定される。

【００３８】
このようなエッチング条件によって、レジストパターン１３に覆われない金属膜１２を除去すると、図３（ｂ）　に示すように、レジストパターン１３の下にだけ金属膜１２が残ってその金属膜１２のパターンは配線１２ａとなる。
そのようなエッチングを終えた後に、エッチング装置６のゲートバルブ８ｂを開いてその中からシリコンウェハ１０を取り出し、続いてアッシング装置７に搬送する。

【００３９】
次に、ウェハステージ７ｋの温度をヒータ７ｍによって２００℃に設定してシリコンウェハ１０を加熱した状態にする。続いて、アッシング装置７のゲートバルブ８ｃを閉じた後に、アッシング装置７の第１のガス導入管７ｅからガス状の水（H_2O　）を流量３００ｓｃｃｍでプラズマ発生室７ｄに導入し、それ以外のガスを導入しない。即ち、プラズマ発生室７ｄに供給されたガスは、H_2O　が１００％含まれることになる。そして、プラズマ発生室７ｄと反応室７ｈ内の圧力を１Ｔｏｒｒにすると、そのプラズマ発生室７ｄ内ではマイクロ波によってH_2O　がプラズマ化する。

【００４０】
そして、プラズマ化したH_2O　のうちの中性活性種（第１の中性活性種）のみがシャワーヘッド７ｇの多数の小孔を通ってガス下流の反応室７ｈに供給され、反応室７ｈ内のウェハステージ７ｋ上では、図３（ｃ）　に示すように、シリコンウェハ１０及びレジストパターン１３に中性活性種が供給される。
その中性活性種には、酸素（Ｏ）、水素（Ｈ）の原子、又は水（H_2O）の励起分子が含まれ、さらに、ＯＨ遊離基のような活性種が含まれている。

【００４１】
このようなH_2O　の中性活性種のシリコンウェハ１０への供給を２０秒間行った後に、第２のガス導入管７ｆから酸素を流量１２３５ｓｃｃｍでプラズマ発生室７ｄに導入し、同時に、第１のガス導入管７ｅから少なくともH_2O　からなるガスを流量６５ｓｃｃｍでプラズマ発生室７ｄ内に導入する。この場合、ウェハステージ７ｋの温度を２００℃に保持し、また、ガス中にハロゲンを導入しない。

【００４２】
これにより、プラズマ発生室７ｄ内では酸素を主成分としたガスのプラズマが発生する。プラズマ化した酸素や水のうちの中性活性種（第２の中性活性種）のみが、シャワーヘッド７ｇの多数の小孔を通ってガス下流の反応室７ｈに供給される。その反応室７ｈ内のウ

ェハステージ７ｋ上では、図３（ｄ）　に示すように、シリコンウェハ１０の上にその中性活性種が供給され、シリコンウェハ１０上のレジストパターン１３は、その中性活性種と反応して灰化して除去される。

【００４３】

その中性活性種には、酸素（Ｏ）、水素（Ｈ）の原子、又は酸素（O_2）水（H_2O　）などの励起分子が含まれ、さらに、ＯＨ遊離基のような活性種が含まれている。そして、そのような励起分子、活性種などがレジストと反応し、特に、原子状酸素（Ｏ）や励起酸素分子（O_2）による反応が主であると考えられる。

このようなH_2O　とO_2の混合ガスのプラズマ発生室７ｄへの導入を８０秒間行った後に、その混合ガスの導入を停止する。

【００４４】

次に、プラズマ発生室７ｄ内のガスを排気し、ついでアッシング装置７のゲートバルブ８ｃを開いてロボット２によりシリコンウェハ１０を取り出し、ついで、そのシリコンウェハ１０をアンロードチャンバ５を通して外部に搬出する。

そして、配線１２ａのコロージョン発生を加速するために水蒸気で飽和した雰囲気中にシリコンウェハ１０を２４時間放置し、その後に配線１２ａ表面のコロージョンの発生の有無を調べたところ、約２５μｍ×２０ｃｍの範囲においてコロージョンが４箇所に発生していることがわかった。コロージョンの数は、顕微鏡を通して目視して数えられたものである。コロージョンの調査は、以下の例でも同じ方法で行っている。

【００４５】

これに対して、H_2O　だけをプラズマ発生室７ｄに導入する処理を行わなかったところ、約２５μｍ×２０ｃｍの範囲においてコロージョンの発生数が１２箇所となった。

これらのことから、レジストパターン１３のアッシング工程の初期において、１００流量％のH_2O　をプラズマ化して得られた中性活性種によってコロージョンの発生が抑制されることが明らかになった。

【００４６】

第２例

この第２例では、シリコンウェハ１０上での配線１２ａの形成からアッシング装置７内へのシリコンウェハ１０の搬送までの工程を第１例と同じにしている。そして、アッシング装置７内での処理は以下のようにして行われる。

まず、ウェハステージ７ｋの温度を２００℃に設定し、その上のシリコンウェハ１０を加熱した状態にする。

【００４７】

続いて、第２のガス導入管７ｆからO_2を流量１２３５ｓｃｃｍでプラズマ発生室７ｄに導入し、同時に、第１のガス導入管７ｅからH_2O　の混合ガスを流量６５ｓｃｃｍでプラズマ発生室７ｄ内に導入する。

これにより、プラズマ発生室７ｄ内では酸素を主成分としたガスのプラズマが発生する。プラズマ化したO_2やH_2O　のうちの中性活性種（第２の中性活性種）のみが、シャワーヘッド７ｇの多数の小孔を通ってガス下流の反応室７ｈに導入される。その反応室７ｈ内のウェハステージ７ｋ上では、図４（ａ），（ｂ）　に示すように、中性活性種がシリコンウェハ１０上に供給され、その中性活性種によってシリコンウェハ１０上のレジストパターン１３が灰化し、除去される。

【００４８】

その中性活性種には、酸素（Ｏ）、水素（Ｈ）の原子、又は酸素（O_2）水（H_2O）などの励起分子が含まれ、さらに、ＯＨ遊離基のような活性種が含まれている。そして、そのような励起分子、活性種などがレジストと反応する。特に、原子状酸素（Ｏ）や励起酸素分子（O_2）によるアッシングが主であると考えられる。

このようなレジストパターン１３のアッシングを行った後に、ウェハステージ７ｋの温度を２００℃に保持した状態で、第２のガス導入管７ｆからO_2ガスの供給を停止しアッシング装置７の第１のガス導入管７ｅからガス状の水（H_2O　）だけを流量３００ｓｃｃ

ｍでプラズマ発生室７ｄに導入するとともに、プラズマ発生室７ｄと反応室７ｈ内の圧力を１Ｔｏｒｒにすると、そのプラズマ発生室７ｄ内ではマイクロ波によってH_2O　がプラズマ化する。

【００４９】

そして、プラズマ化したH_2O　のうちの中性活性種（第１の中性活性種）のみが、シャワーヘッド７ｇの多数の小孔を通ってガス下流の反応室７ｈ内に導入される。その中性活性種は、図４（ｃ）　に示すように、ウェハステージ７ｋ上のシリコンウェハ１０に向けて供給される。

その中性活性種には、酸素（Ｏ）、水素（Ｈ）の原子、又は水（H_2O）の励起分子が含まれ、さらに、ＯＨ遊離基のような活性種が含まれている。

【００５０】

このような、水のプラズマ発生室７ｄへの導入を２０秒間行い、その内部のガスを排気した後に、アッシング装置７のゲートバルブ８ｃを開いてロボット２によってシリコンウェハ１０を搬送室３に取り出し、ついで、そのシリコンウェハ１０をアンロードチャンバ５を通して外部に搬出する。

そして、第１例と同じ方法によって、シリコンウェハ１０上の配線１２ａ表面のコロージョンの発生を調べたところ、約２５μｍ×２０ｃｍの範囲においてコロージョンが３箇所に発生していた。

【００５１】

これに対して、アッシングの後処理として、プラズマ発生室７ｄ内のガスを１００流量％のH_2O　とした上記処理を入れなかったところ、約２５μｍ×２０ｃｍの範囲において配線１２ａの表面にコロージョンが１２箇所に発生した。

以上のことから、レジストパターン１３をアッシングにより除去した後に、ガス中の濃度１００流量％のH_2O　をプラズマ化して生成した中性活性種によってコロージョンの発生が抑制されることが明らかになった。

【００５２】

第３例

上述した第１例では、酸素と水の混合ガスによるレジストパターン１３のアッシングの前に、水だけをプラズマ化してそのうちの中性活性種だけをガス下流のシリコンウェハ１０上に供給するようにしている。また、第２例では、酸素と水の混合ガスによるレジスト１３のアッシングの後に、水だけをプラズマ化してそのうちの中性活性種だけをガス下流のシリコンウェハ１０上に供給するようにしている。

【００５３】

そこで、本例では、図５（ａ）　～（ｃ）　に示すように、レジストパターン１３のアッシングの前と後の双方に、水だけをプラズマ化してそのうちの中性活性種だけをガス下流のシリコンウェハ１０上に供給した。そして、アッシングを終えた後に、第１例と同様な方法によりシリコンウェハ１０上の配線１２ａ表面のコロージョンを調査したところ、約２５μｍ×２０ｃｍの範囲で１箇所だけ存在した。これにより、第１例と第２例よりもコロージョン発生抑制効果は大きかった。

【００５４】

本例において、酸素と水の混合ガスをプラズマ化してその下流で中性活性種を用いてレジストパターン１３ａをアッシングする条件と、水をプラズマ化してその中性活性種を下流のシリコンウェハ１０上に供給する条件は、それぞれ第１例及び第２例で示した条件と同じに設定した。

第４例

第３例と同じように、図５（ａ）　～（ｃ）　に示すように、水をプラズマ化してその中性活性種を下流のシリコンウェハ１０上に供給し、ついで、酸素と水の混合ガスをプラズマ化してその下流で中性活性種を用いてレジストパターン１３をアッシングし、さらに、水をプラズマ化してその中性活性種を下流のシリコンウェハ１０上に供給した。次に、プラズマ発生室７ｄ及び反応室７ｈ内のガスを排気しながら、ウェハステージ７ｋの温度を

２００℃とし、図５（ｄ）　に示すように、反応室７ｈ内の圧力を１　ｍＴｏｒｒ以下に下げてその状態を２０～４０秒間放置した。

【００５５】

その後に、アッシング装置７のゲートバルブ８ｃを開いてその中からシリコンウェハ１０を取り出した。

そして、第１例と同じ方法によって配線１２ａ表面のコロージョンの発生を調べたところ、約２５μｍ×２０ｃｍの範囲においてコロージョンの発生は全く見られず発生箇所が零であった。これにより、第３例に示すようなアッシング処理後に、減圧雰囲気下にシリコンウェハ１０を一定時間だけ放置した方がコロージョンの発生を大幅に低減できる。

【００５６】

次に、上記した第１～第４例において、レジストパターン１３をアッシングした後のシリコンウェハ１０上の塩素の量を調べるために、シリコンウェハ１０を昇温脱離質量分析（ＴＤＳ）法により分析したところ、図６に示すような結果が得られた。

ところで、ＴＤＳ法により調査された塩素原子とコロージョンの関係は、次のような４つの文献に記載されている。

【００５７】

（１）　電子情報通信学会、信学技報、ＳＤＭ－９４－７（１９９４－０４）

（２）　応用物理学会、９４年春予稿集、３１ａ－ＺＦ－７

（３）　Ｐｒｏｃｅｅｄｉｎｇ　ｏｆ　ｔｈｅ　Ｅｌｅｃｔｒｏｃｈｅｍｉｃａｌ　Ｓｏｃｉｅｔｙ，　９５－０１　Ａｂｓｔｒａｃｔ　Ｎｏ．３２３

（４）　応用物理学会、９６年秋予稿集、７ａ－Ｔ－４

これらの文献には、レジストパターン１３をアッシングした後のシリコンウェハ１０上には水溶性と非水溶性の２種類のＣｌ素があり、そのうちの水溶性のＣｌ原子がコロージョンの原因であることが記載されている。さらに、水溶性のＣｌ原子の量は、ＴＤＳではＨＣｌ　のピークの高さに比例していることがわかる。即ち、ＴＤＳ法によるＨＣｌ　の量に基づいて水溶性Ｃｌの量の多寡を評価でき、さらにコロージョンの発生の有無を予測できる。

【００５８】

したがって、図６において、塩酸（ＨＣｌ　）の量は、水溶性のＣｌの原子量に対応することになる。

図６において、▲１▼～▲４▼の線は、上記した第１例から第４例による処理後のシリコンウェハ表面の塩素量を示している。また▲５▼の線は、プラズマ発生室７ｄ内にH_2O　だけの導入を行わない場合のシリコンウェハ表面の塩素量を示している。

【００５９】

従って、図６によれば、水と酸素の混合ガスを用いたレジストのアッシングの前、後又は前後双方において、水をプラズマ化した得られた生成物のうち中性活性種のみで構成された雰囲気に配線１２ａ及び絶縁膜１１を晒すことによって水溶性の塩素の含有量が大幅に低減し、水溶性のＣｌを除去するために有効であることがわかる。特に、シリコンウェハ１０の温度が２００℃以上の場合にはきわめて有効である。

【００６０】

第５例

第１例～第４例では、プラズマ発生室７ｄにH_2O　だけを導入してそのプラズマから得られた中性活性種の雰囲気にシリコンウェハ１０を置くことによって、シリコンウェハ１０上の水溶性塩素の量を減らして配線１２ａのコロージョンの発生を抑制するようにした。

【００６１】

そのH_2O　の含有量は、必ずしも１００流量％でなくてもよく、少なくとも３０流量％存在させることによってコロージョン抑制の効果は顕著になる。その一例を図３（ｃ）（ｄ）及び図７に基づいて以下に説明する。

まず、配線１２ａとレジストパターン１３が存在しているシリコンウェハ１０をアッシン

グ装置７に搬送した後に、ウェハステージ７ｋの温度を２００℃に設定してシリコンウェハ１０を加熱した状態にする。

【００６２】

続いて、アッシング装置７側のゲートバルブ８ｃを閉じた後に、第１のガス導入管７ｅからH_2O　を３００ｓｃｃｍ、第２のガス導入管７ｆからO_2を７００ｓｃｃｍの流量でプラズマ発生室７ｄに導入するとともに、プラズマ発生室７ｄと反応室７ｈ内の圧力を１Ｔｏｒｒにすると、そのプラズマ発生室７ｄ内ではマイクロ波によってH_2O　とO_2がプラズマ化する。

【００６３】

そして、プラズマ化したH_2O　とO_2のうちの中性活性種（第１の中性活性種）のみが、シャワーヘッド７ｇの多数の小孔を通ってガス下流の反応室７ｈに供給される。そして、その中性活性種は、図３（ｃ）　に示すように、ウェハステージ７ｋ上のシリコンウェハ１０に向けて供給される。

その中性活性種には、酸素（Ｏ）、水素（Ｈ）の原子、酸素（O_2）又は水（H_2O　）の励起分子が含まれ、さらに、ＯＨ遊離基のような活性種が含まれている。このような中性活性種のシリコンウェハ１０への供給を２０秒間行う。

【００６４】

次に、第２のガス導入管７ｆからO_2を流量１２３５ｓｃｃｍでプラズマ発生室７ｄに導入し、同時に、第１のガス導入管７ｅからH_2O　のガスを流量６５ｓｃｃｍでプラズマ発生室７ｄ内に導入する。この場合のウェハステージ７ｋの温度は２００℃に保持した状態にする。

これにより、プラズマ発生室７ｄ内では酸素を主成分としたガスのプラズマが発生する。プラズマ化したO_2やH_2O　のうちの中性活性種（第２の中性活性種）のみが反応室７ｈに供給される。そして、図３（ｄ）　に示すように、その中性活性種によってシリコンウェハ１０上のレジストパターン１３が灰化して除去される。

【００６５】

このような水と酸素の混合ガスのプラズマ発生室７ｄへの導入を８０秒間行った。

その後に、第１実施形態の第１例で示した条件によって、シリコンウェハ１０上の配線１２ａ表面のコロージョンの発生を調べたところ、コロージョンが８箇所に発生していることがわかった。

【００６６】

これらのことから、レジストをアッシングによって除去する前に、導入ガスの３０流量％以上のH_2O　を含むダウンフローによる処理を行うことによってコロージョンの発生が従来に比べて抑制されることが明らかになった。

ところで、O_2とH_2O　の混合ガスにおけるH_2O　の含有量を変えてコロージョンの発生箇所の数を調べたところ、図８に示すような特性が得られた。図８において、H_2O　の含有量が多いほどコロージョンの発生を抑制する効果があることがわかる。特に、H_2O　の含有量を３０流量％以上とすると、H_2O　の含有量を５流量％にした場合に比べてコロージョンの発生箇所を２／３以下に低減することができた。

【００６７】

本実施形態では、O_2とH_2O　の混合ガスのダウンフローによるレジストのアッシングを１回の工程で行っているが、３０流量％以上のH_2O　のダウンフローでのウェハ処理と酸素を主成分としたガスのダウンフローでのウェハ処理を交互に複数回繰り返すことによればコロージョン発生を防止する効果はさらに高くなる。

ところで、H_2O　をプラズマ化して得られた生成物の雰囲気中にシリコンウェハ１０を晒してシリコンウェハ１０上の塩素原子を取り除く際に、その生成物中にも酸素原子が存在するので、アッシングレートは小さいがレジストは僅かにアッシングされる。しかし、上記した説明では塩素原子を除去する能力に注目したので、その生成物によってアッシングされるという表現ではなく、その生成物の雰囲気にレジストパターン１３を晒すという表現を使用した。

（第２の実施の形態）
第１の実施の形態で示したように金属膜１２を異方性エッチングして配線１２ａを形成した後のウエハでは、レジストパターン１３の表面にＡｌ原子やＣｌ原子を含んだレジストの変質層が形成されている。また、配線１２ａの表面にはＡｌ原子やＣｌ原子を含んだ有機膜が形成されている。これらレジスト変質層や有機膜は、レジストそのものと比較してアッシングされにくい。従って、異方性エッチング後のアッシングではこれらレジスト変質層や有機膜を完全に除去できない場合がある。さらにエッチングとアッシングの後の薬液や水によるウェット処理でも除去できない場合がある。一方レジスト変質層や有機膜はゴミの原因となって歩留りの低下させたり、配線１２ａからのＣｌの除去を妨げコロージョンを発生し易くしたりするので、アッシングによってできる限り除去し、またアッシングとウェット処理で完全に除去する必要がある。このため、レジスト変質層や有機膜がアッシング残渣として残らないようなアッシング方法が必要となる。
【００６８】
発明者らは、第１の実施の形態で説明したH_2O　プラズマダウンフローによる残留塩素の低減の有効性について調査している際に、H_2O　プラズマで生成されたガスがアッシング残渣の低減にも有効であることを発見した。そこで、そのアッシング残渣の低減の効果について説明する。
まず、図３（ａ），（ｂ）　に示すと同じように、レジストパターン１３を用いてシリコンウェハ１０上に配線１２ａを形成したもの、これを試料として複数個用意して、従来技術によるアッシングと本実施形態によるアッシングを行ったところ、以下のような結果が得られた。
【００６９】
なお、レジストパターン１３を構成するレジスト材料は、第１の実施の形態と異なる材料からなるｉ線レジスト（住友化学株式会社製、商品名ＰＦＩ－４７）を使用した。また、レジストパターン１３の幅を０．５μｍとし、配線１２ａを構成する金属膜として、膜厚１０００ÅのＴｉＮ　と膜厚６０００ÅのＡｌＣｕＴｉと膜厚１０００ÅのＴｉＮ　を順に形成した多層金属膜を使用した。
【００７０】
従来方法
まず、図２に示すチャンバ７ａ内のウェハステージ７ｋ上に試料を載置した後に、従来方法として第２のガス導入管７ｆから酸素を流量１２３５ｓｃｃｍ（９５流量％）でプラズマ発生室７ｄに導入し、同時に、第１のガス導入管７ｅからガス状のH_2O　を流量６５ｓｃｃｍ（５流量％）でプラズマ発生室７ｄ内に導入する。この場合、ウェハステージ７ｋの温度を２００℃に保持する。
【００７１】
これにより、プラズマから生成された中性活性種を試料のレジストパターン１３に１００秒間供給したところ、図９に示すように、配線１２ａ上のレジストパターン１３が殆ど灰化されずに残った。これは、レジストパターン１３の表面にある変質層の影響によるものと考えられる。
配線１２ａ上の一部にレジストパターン１３が残った状態を顕微鏡写真で示すと図１０のようになる。また、図１１は、その配線１２ａの別な部分をＳＥＭ（走査電子顕微鏡）によって撮影した写真であり、レジストパターン１３の除去が不完全となっている状態がより明確に現れている。
【００７２】
このようなレジストパターン１３の残渣を除去するために、レジスト剥離液（ＡＣＴ社、商品名ＡＣＴ９３５）をウェハ１０に供給した後に、イソプロピルアルコールと純水によって配線１２ａの表面を洗浄した。このようなウェット処理の後に、配線１２ａの一部をＳＥＭによって撮影したところ、図１２に示すような像が得られ、図１１に示したレジストパターン１３がウェット処理によって殆ど除去されていないことがわかる。
【００７３】

第１例

図２に示すチャンバ７ａ内のウェハステージ７ｋ上に試料を載置した後に、ウェハステージ７ｋの温度をヒータ７ｍによって２００℃に設定してシリコンウェハ１０を加熱した状態にする。続いて、アッシング装置７のゲートバルブ８ｃを閉じた後に、アッシング装置７の第１のガス導入管７ｅからガス状の水（H_2O　）を流量３００ｓｃｃｍでプラズマ発生室７ｄに導入し、その他のガスをプラズマ発生室７ｄに導入しないようにする。即ち、プラズマ発生室７ｄには１００流量％のガス状のH_2O　が導入されることになる。そして、プラズマ発生室７ｄと反応室７ｈ内の圧力を１Ｔｏｒｒにしてマイクロ波によってH_2O　をプラズマ化する。

【００７４】

そして、図１３（ａ）　に示すように、プラズマ化したH_2O　のうちの中性活性種（第１の中性活性種）がウェハステージ７ｋ上でシリコンウェハ１０及びレジストパターン１３に供給される。

第１の中性活性種のシリコンウェハ１０への供給を２０秒間行った後に、第２のガス導入管７ｆから酸素を流量１２３５ｓｃｃｍでプラズマ発生室７ｄに導入し、同時に、第１のガス導入管７ｅからH_2O　を流量６５ｓｃｃｍでプラズマ発生室７ｄ内に導入する。この場合、ウェハステージ７ｋの温度を２００℃に保持する。

【００７５】

これにより、プラズマ発生室７ｄ内では酸素を主成分としたのプラズマが発生し、図１３（ｂ）　に示すように、プラズマ化した酸素や水のうちの中性活性種（第２の中性活性種）をウェハステージ７ｋ上のシリコンウェハ１０に向けて供給する。このようなプラズマ発生室７ｄへの酸素を主成分とするガスの導入を８０秒間行った後に、その混合ガスの導入を停止する。

【００７６】

このような条件でレジストパターン１３のアッシングを終えた後に配線１２ａの表面を顕微鏡写真で撮影したところ図１４のような像が得られ、配線１２ａの上には殆どレジストパターン１３が残っていなかった。さらに、その配線１２ａの他の部分をＳＥＭによって写真を撮ったところ図１５に示すような像が得られ、僅かながらレジストの残渣が発見された。図１５において星形状がレジスト残渣の一部である。

【００７７】

さらに、レジストの残渣を除去するために、レジスト剥離液（ＡＣＴ社、商品名ＡＣＴ９３５）とイソプロピルアルコールと純水を順に用いてウェット処理したところ、図１６に示すＳＥＭ像が得られ、図１５に見られるレジストの残渣が消滅していた。即ち、H_2O　をプラズマ化して得られた生成物はレジストの残渣を少なくして、レジスト剥離液による剥離効果を高くすることになる。

【００７８】

したがって、H_2O　をプラズマ化して得られた活性種をレジストパターン１３に供給することは、塩素を除去するだけでなく、レジストパターン１３の表面に形成された有機系変質層を除去する効果もあることがわかった。

第２例

図２に示すチャンバ７ａ内のウェハステージ７ｋ上に試料を載置した後に、ウェハステージ７ｋの温度をヒータ７ｍによって２００℃に設定してシリコンウェハ１０を加熱した状態にする。続いて、アッシング装置７のゲートバルブ８ｃを閉じた後に、アッシング装置７の第２のガス導入管７ｆから酸素を流量７００ｓｃｃｍでプラズマ発生室７ｄに導入し、同時に、第１のガス導入管７ｅからガス状のH_2O　を流量３００ｓｃｃｍでプラズマ発生室７ｄ内に導入する。そして、プラズマ発生室７ｄと反応室７ｈ内の圧力を１Ｔｏｒｒにしてマイクロ波によってH_2O　をプラズマ化する。

【００７９】

これにより、図１７（ａ）　に示すように、プラズマ化した水と酸素のうちの中性活性種（第１の中性活性種）のみがウェハステージ７ｋ上でシリコンウェハ１０及びレジストパ

ターン１３に供給される。
第１の中性活性種のシリコンウェハ１０への供給を２０秒間行った後に、第２のガス導入管７ｆから酸素を流量１２３５ｓｃｃｍでプラズマ発生室７ｄに導入し、同時に、第１のガス導入管７ｅから少なくともＨ$_2$Ｏ　からなるガスを流量６５ｓｃｃｍでプラズマ発生室７ｄ内に導入する。この場合、ウェハステージ７ｋの温度を２００℃に保持する。この場合、プラズマ発生室７ｄにはその他のガスを導入しない。
【００８０】
これにより、プラズマ発生室７ｄ内では酸素を主成分としたプラズマが発生し、図１７（ｂ）　に示すように、プラズマ化した酸素や水のうちの中性活性種（第２の中性活性種）をウェハステージ７ｋ上のシリコンウェハ１０に供給する。このようなガスのプラズマ発生室７ｄへの導入を８０秒間行った後に、そのガスの導入を停止する。
【００８１】
このような条件でレジストパターン１３のアッシングを終えた後に配線１２ａの表面を顕微鏡写真で撮影したところ図１８のような像が得られ、配線１２ａの上には殆どレジストパターン１３が残っていなかった。さらに、その配線１２ａの他の部分をＳＥＭによって写真を撮ったところ図１９に示すような像が得られ、僅かながらレジストの残渣が存在した。図１９において星形状がレジストの残渣である。なお、本例でのレジスト残渣は、第１例のレジスト残渣よりも多かった。
【００８２】
その残渣を除去するために、レジスト剥離液（ＡＣＴ社、商品名ＡＣＴ９３５）とイソプロピルアルコールと純水を順に用いてウェット処理したところ、図２０に示すＳＥＭ像が得られ、図１９に見られるレジストの有機系残渣が完全に消滅していた。
これにより、３０流量％以上のＨ$_2$Ｏ　をプラズマ化して得られた活性種をアッシングの前処理工程としてレジストパターン１３に供給することは、塩素を除去するだけでなく、レジストパターン１３の表面に形成された有機系変質層を除去する効果もあることがわかった。有機系変質層が除去されるメカニズムは判っていないが、ＯＨ基が有機系変質層を除去する能力が大きいからと考えられる。
【００８３】
なお、アッシングの前処理工程としてＨ$_2$Ｏ　を３０流量％よりも少なくするとレジスト残渣除去の効果が急激に低下する。
（第３の実施の形態）
アッシング装置では、アッシング速度を高くするためにアッシングの際にウェハステージ７ｋを約２００℃に設定してウェハを加熱している。
【００８４】
しかし、２００℃程度の温度でシリコンウェハを加熱しながらその上のレジストをアッシングすると、レジストの表面に変質層が形成され易くなる。これは、レジストの下の金属膜をエッチングしたときに金属元素や塩素がレジストの表面に付着してレジストが変質するからである。その変質層は、アッシング後にシリコンウェハ上で残渣となり易く、しかも、その残渣は塩素を配線１２ａから離脱させる妨げとなったり半導体素子製造過程においてゴミの原因となる。
【００８５】
したがって、レジストのアッシングの際には、アッシング速度を比較的高くし且つ変質層の残渣を生じさせない技術が重要になる。その目的を達成するためのアッシング条件を以下に説明する。
本実施形態においては、配線１２ａを構成する金属膜として第１実施形態の金属膜とその構造を異にしている。即ち、本実施形態の金属膜として、膜厚２０ｎｍのＴｉ、膜厚１５０ｎｍのＴｉＮ　、膜厚３５０ｎｍのＡｌＣｕＴｉを順に形成した多層構造を使用している。なお、ＡｌＣｕＴｉの上には膜厚１６ｎｍのシリコンがスパッタにより形成されて、レジストを露光する際の金属膜の光（ｉ線）の反射を抑制している。そのシリコンは、以下にＳ－Ｓｉとして表示する。なお、Ｓ－Ｓｉはレジストアッシング後に除去される。

【００８６】
また、本実施形態においては、レジスト形成条件、エッチング条件は第１実施形態と同じにしたので、アッシング前の工程についての説明は省略する。
第１例
図２１（ａ）　に示すシリコンウェハは、第１実施形態にしたがって、その上の絶縁膜１１上に配線１２ａを形成した後の状態を示している。ただし、配線１２ａを構成する金属膜の構造は、Ｔｉ、ＴｉＮ　、ＡｌＣｕＴｉの多層構造となっている。
【００８７】
そして、配線１２ａを形成した後に、アッシング装置７のウェハステージ７ｋ上にシリコンウェハ１０を載せ、さらに、ウェハステージ７ｋの温度を内蔵のヒータ７ｍによって１３０℃以下に加熱する。アッシング装置７は、図２に示した構造を有している。
次に、第１のガス導入管７ｅからプラズマ発生室７ｄに　H_2Oを６５ｓｃｃｍの流量で導入し、第２のガス導入管７ｆからプラズマ発生室７ｄにO_2を１２３５ｓｃｃｍで導入するとともに、反応室７ｈ内の圧力を１Ｔｏｒｒまで減圧する。そして、図２１（ｂ）に示すように、プラズマ発生室７ｄから下流の反応室７ｈ内に流れる中性活性種によってシリコンウェハ１０上のレジストパターン１３の上層を２０秒間アッシングして除去する。
【００８８】
その後に、ウェハステージ７ｋの温度を２００℃まで上昇させて、図２１（ｃ）　に示すように中性活性種によって８０秒間レジストをアッシングする。続いて、第１及び第２のガス導入管７ｅ，７ｆからの　H_2O及びO_2の導入を停止する。
加熱温度変化を示すと、図２２の実線のようになり、温度T_1　（１３０℃以下）から温度T_2　（１３０℃より大）に上昇させている。
【００８９】
以上のようにアッシングの初期の段階においてレジストパターン１３を加熱する温度を１３０℃以下となし、その後に、レジストパターン１３の加熱温度を２００℃としてアッシングを行ったところ、配線１２ａとその周囲の領域では図２３、図２４に示すような平面形状が得られた。
図２３は、加熱温度を１００℃として２０秒間アッシングした後に、加熱温度を２００℃まで上昇させて８０秒間アッシングした後の配線及びその周辺の平面を示す図である。また、図２４は、１３０℃で２０秒間アッシングした後に２００℃で８０秒間アッシングした後の配線及びその下地層の上面を示す図である。図２３及び図２４の色の淡い部分は配線を示している。
【００９０】
図２３、図２４によれば、配線表面にはレジスト残渣が全く残っておらず、これにより配線表面から塩素を離脱する際の障害が取り除かれ、ゴミの原因となる残渣が取り除かれたことになる。
これに対して、レジストの加熱温度をアッシングの始めから終わりまで２００℃と一定に保持したアッシング結果の図を図２５に示す。図２５によれば、表面にレジストの変質層が残っているので、ゴミ発生の原因となったり配線表面から塩素を除去する障害となる。なお、アッシング温度以外は上記したと同じ条件にしている。
【００９１】
なお、図２３から図２５において、細い配線の部分でのライン＆スペースの幅は０．５μｍである。
ところで、本例では、シリコンウェハ１０を加熱する温度を変化させる方法として、ウェハステージ７ｋの温度を調整している。しかし、シリコンウェハ、即ちレジストの温度を変化させるために次のような方法を採用してもよい。
【００９２】
例えば、図２６（ａ）　に示すように、シリコンウェハ１０をリフトピン２０によってウェハステージ７ｋから上方に離して保持し、この状態で、中性活性種によりレジストパタ

ーン１３のアッシングを開始する。その後、例えば２０秒後に、図２６（ｂ）　に示すように、シリコンウェハ１０をウェハステージ７ｋにおいて２００℃に加熱しても、レジスト残渣を無くす効果がある。

【００９３】

また、ウェハ加熱構造としては、ウェハステージ７ｋ内蔵のヒータ７ｍに限るものではなく、例えば図２７に示すように、シリコンウェハ１０に光を照射するランプ９Ｌを設けることによってウェハ温度（レジスト温度）を変化させることができる。ランプは反応室７ｈの外部において石英板９ｃを通してシリコンウェハ１０に照射する位置に配置する。

【００９４】

温度を変化させるためには、アッシングの初期にランプ９Ｌを消しその後にランプ９Ｌを点灯させる方法や、或いは、ランプ９Ｌの出射光量を初期に弱くその後に強く照射させる方法を採用すればよい。

第２例

第１例では、図２２に示すように、アッシングの加熱温度を第１の温度T_1　から第２の温度T_2　に上昇させており、その第１の温度T_1　を１３０℃以下とし、第２の温度を２００℃としている。しかし、第２の温度T_2　は特に２００℃に限定されるものではなく、その一例を説明する。

【００９５】

図２に示す第１のガス導入管７ｅからプラズマ発生室７ｄに　H_2Oを６５ｓｃｃｍの流量で導入し、第２のガス導入管７ｆからプラズマ発生室７ｄにO_2を１２３５ｓｃｃｍで導入するとともに反応室７ｈ内の圧力を１Ｔｏｒｒまで減圧する。そして、プラズマ発生室７ｄからその下流の反応室７ｈに流れる中性活性種によって図２１（ａ）　と同様に、シリコンウェハ１０上のレジストパターン１３の表層を２０秒間アッシングして除去する。

【００９６】

その後に、　H_2OとO_2のガスの導入の停止によりアッシングを一時的に停止させて反応室７ｈ内の圧力を１０Ｔｏｒｒに上げる。そして、圧力が安定したら、ウェハステージ７ｋの温度を１８０℃まで上昇させる。その後に、　H_2OとO_2のガスの導入を再開し、中性活性種によるレジストパターンのアッシングを再開する。再開したレジストのアッシング時間は、８０秒である。そのウェハ断面は、図２１（ｂ）　と同じである。

【００９７】

反応室７ｈ内の圧力を１０Ｔｏｒｒまで上げたのは、シリコンウェハ１０とウェハステージ７ｋの熱伝導を良くして短時間でレジストの温度を上昇させるためである。従って、圧力は１０Ｔｏｒｒに限定されるものではなく、また、時間をかけてウェハ温度を上げる場合には反応室７ｈ内の圧力を変えなくてもよい。さらに、ウェハ温度が安定したら圧力を元に戻してもよい。圧力の変化の一例を示すと、図２２の一点鎖線のようになる。

【００９８】

この後に、図２１（ｃ）　に示すと同様に、第１及び第２のガス導入管７ｅ，７ｆからの　H_2O及びO_2の導入を停止する。このようなアッシングによっても、配線１２ａ表面で残渣を生じることなくレジストパターン１３を除去できた。

ところで、本例では、シリコンウェハ１０を加熱する温度を変化させる方法として、ヒータ７ｍによりウェハ温度を調整している。しかし、シリコンウェハ１０、即ちレジストの温度を変化させるために次のような方法を採用してもよい。

【００９９】

例えば、図２６（ａ）　に示すと同様に、シリコンウェハ１０をリフトピンによってウェハステージ７ｋから上方に離して保持し、この状態で、中性活性種によりレジストパターン１３のアッシングを開始する。その２０秒後にアッシングを一時停止し、ついで図２６（ｂ）　に示すように、シリコンウェハ１０をウェハステージ７ｋに置いて２００℃に加熱し、この状態でアッシングを再開する。これによっても、残渣無くアッシングできた。

【０１００】

また、加熱構造としては、ウェハステージ７ｋのヒータ７ｍに限るものではなく、例えば第１例で説明したような図２７のランプ９Ｌを設ける構造を採用してもよい。
温度を変化させるためには、アッシングの初期にランプ９Ｌを消しその後にランプ９Ｌを点灯させる方法や、或いは、ランプ９Ｌの出射光量を初期に弱くその後に強く照射させる方法を採用すればよい。

【０１０１】

例えば、ランプ９Ｌを点灯させずにウェハステージ７ｋ上でレジスト１３のアッシングを開始し、その後にアッシングを一時的に停止し、シリコンウェハ１０に光を照射して加熱し温度が安定した後にアッシングを再開しても残渣のないアッシングが達成される。
なお、第１の実施形態で説明したように、１００％H_2O　をプラズマ発生室７ｄに導入する技術と、アッシング初期に加熱温度を下げる技術を組み合わせると、コロージョンの抑制する効果は顕著に現れる。

（その他の実施の形態）

上記した第１～第３の実施形態においては、３０％以上でH_2O　を含ませたガスをプラズマ化してそこから生成された中性活性種をウェハに供給する工程の前又は後に、酸素を主成分としたガスを用いるアッシング工程を行っている。また、酸素を主成分としたガスを用いるアッシング工程の際に含ませる酸素以外のガスとしては、H_2O　の代わりにフッ素系ガス、例えば図２に示したCF_4　を用いてもよい。そのようなフッ素系ガスを用いた場合でも、３０流量％以上のH_2O　を含むガスから得られた中性活性種によるＣｌ除去の効果に悪影響を与えることはない。

【０１０２】

さらに、３０％以上でH_2O　を含ませたガスから得られる第１の中性活性種をウェハに供給する工程と、酸素を主成分とするガスから得られる第２の中性活性種をウェハに供給する工程は、それぞれ交互に複数回供給してもよい。
なお、酸素を主成分とするガスを使用してアッシングする際に、酸素に含ませるH_2O　の含有量によってアッシングレートが変わる。そのH_2O　含有量量は図２８に示すように、O_2とH_2O　の総流量の３～１０流量％の範囲ではアッシングレートが高くなる。

【０１０３】

ところで、第１の実施形態では、配線のパターンとしてＴｉＮ　、ＡｌＣｕＴｉ、ＴｉＮ　という多層構造を採用し、第２の実施形態では配線のパターンとしてＴｉ、ＴｉＮ　、ＡｌＣｕＴｉ、Ｓｉを順に形成した構造を採用している。しかし、これは、第１及び第２の実施形態に示した方法が、各々の配線構造のみに適用されることを示すものではなく、他の配線構造であってもよい。

【０１０４】

例えば、大塚等、応用物理学会、１９９６年秋予稿集、７ａ－Ｔ－４の文献では、コロージョンの発生はエッチング装置洗浄後のウェハの処理枚数に依存することが示されている。このように処理後のウェハの状態（コロージョンの有無、アッシング残渣の有無など）は、装置の状態に大きく依存する。本出願人が行った実験でもＴｉＮ　／ＡｌＣｕＴｉ／ＴｉＮ　のサンプルの場合にもアッシング残渣が残ることがあり、第２の実施形態に示した方法を用いてもアッシング残渣をなくすことができた。

【０１０５】

また、Ｓ－Ｓｉ／ＡｌＣｕＴｉ／ＴｉＮ　／Ｔｉのサンプルを使用した場合にもコロージョンが発生することがあり、この場合にも第１の実施形態に示した方法を用いるとコロージョンの発生を防止できた。
さらに、第１の実施形態に示した方法と、第２の実施形態に示した方法を組み合わせると、コロージョンを抑制する効果とアッシング残渣を防ぐ効果は顕著になる。

【０１０６】

また、配線の構造は、Ｓ－Ｓｉ／ＡｌＣｕＴｉ／ＴｉＮ　／Ｔｉの構造や、ＴｉＮ　／ＡｌＣｕＴｉ／ＴｉＮ　の構造、或いは上記したような膜厚に限るものではなく、Ａｌ又はＡｌ合金の単層膜、或いは、これらにＴｉＮ　、Ｔｉ、スパッタＳｉなどを組み合わせた

多層構造であってもよい。Ａｌ合金としては、Ｓｉ、Ｃｕ、Ｔｉ、Ｇｅ、Ｓｅ、Ｈｆ等を含有したものがある。
アルミニウムやアルミ合金をエッチングする場合には、Cl_2　、BCl_3 以外のＣｌ原子を含んだガスを反応ガスとして使用してもよく、この場合にも、パターニングにより形成された配線の表面には水溶性の塩素が付着する。
【０１０７】
塩素以外のハロゲン原子を含んだガスでＡｌを主成分とした金属膜をエッチングする場合にも、その金属膜の表面にはコロージョンが発生することがある。このコロージョン発生を抑制するために第１、第２の実施形態に示したようなアッシング装置内での処理を行ってもよい。
また、塩素原子を含んだガスにより、アルミニウムを主成分としない金属膜をエッチングし、この結果としてコロージョンが発生するような場合に、第１、第２の実施形態に示したようなアッシング装置内での処理を行ってもよい。
【０１０８】
あるいは、塩素以外のハロゲン原子を含んだガスにより、アルミニウムを主成分としない金属膜をエッチングしてコロージョンが発生するような場合にも、１００％のH_2O　を用いたダウンフローの領域にウェハを置いて金属膜のコロージョンの発生を抑制することができる。
さらに、レジストの材料としては、上記した以外のエキシマレーザ用レジスト、電子線用レジスト等を使用する場合においても、上記したようなアッシング方法を適用できる。
【０１０９】
また、第１及び第２実施形態では、プラズマ発生室７ｄの下流側に存在する中性活性種の雰囲気中にウェハを置く、いわゆるダウンフロー型のアッシング装置を用いている。しかし、アッシング装置としては、プラズマアッシングのような装置も適用してもよい。この場合にも、アッシングに３０％以上のH_2O　を用いた処理を加えることによりコロージョンの発生を抑制でき、また、アッシング初期のウェハ加熱温度を１３０℃以下に設定することによりレジスト残渣を無くすことができる。プラズマアッシング装置によればH_2O　を含むガスをプラズマ化して得られたガスには中性活性種以外の生成物も含まれ、この生成物がウェハに供給されることになる。
【０１１０】
また、アッシング装置におけるプラズマの発生方法としては、マイクロ波を用いる方法の他に、高周波（ＲＦ）電圧を平行平板間に印加する方法や、高周波電圧をコイル状のアンテナに印加する方法などがあり、このような方法を採用してもよい。
例えば、コイル状のアンテナを有する誘導結合プラズマ（ＩＣＰ（Ｉｎｄｕｃｔｉｖｅ　Ｃｏｕｐｌｅｄ　Ｐｌａｓｍａ））型のアッシング装置としては図２９に示すようなものがある。図２９のアッシング装置３１の石英製のベルジャ３２内はプラズマ発生室７ｄに該当し、そのベルジャ３２の周囲にはコイル状のアンテナ３４が巻かれている。また、アンテナ３４にはマッチング回路３５を介して１３．５６ＭＨｚ　の高周波電源が接続されている。さらに、プラズマ発生室３３の下方のウェハステージ３６は、ブロッキングコンデンサ３７とマッチング回路３８を介して１００ｋＨｚ　～１３．５６ＭＨｚ　のウェハバイアス電源３９に接続されている。
【０１１１】
また、アッシング装置において、ベルジャ３２の上部には、第１のガス導入管４０ａと第２のガス導入管４０ｂが接続され、ベルジャ３２の下部には排気管４１が接続されている。なお、図２９中、図２と同じ符号は同じ要素である。
このようなアッシング装置３１におけるアッシングの際には、H_2O　のみをプラズマ化して水溶性塩素を除去する処理が含まれ、または、アッシング初期のウェハ加熱温度を１３０℃以下に設定する処理が含まれる。
【０１１２】
このように、アッシング装置には種々のタイプがあるが、配線やその下の絶縁膜のダメー

ジを少なくしたい場合には、ダウンフロー型を採用することが好ましい。
なお、エッチングの開始からアッシングの終了までに、水分を含んだガス中にウェハを晒さない条件であれば配線のコロージョンは発生し難いので、この条件を満たせば、第１及び第２実施形態で説明したようなプロセスを１台の装置で行うか複数台の装置で行うかは問題にならない。

【０１１３】

【発明の効果】

以上述べたように本発明によれば、塩素を含むガスとレジストパターンを使用してアルミニウムを含むウェハ上の金属膜をパターニングした後に、酸素混合ガスをプラズマ化してレジストパターンをアッシングする前、後又はその前後の工程において、３０流量％以上の割合で水を含むガスをプラズマ化して得られたガスを含む雰囲気中にウェハを置くようにしたので、水のプラズマから得られたガスによってウェハ上の塩素を除去できる。これにより、金属膜からなる配線にコロージョンの発生を防止できるとともに、レジストパターン表面の変質層の除去を容易にする。

【０１１４】

また、その水を含むガスは、水を多くするほど塩素除去の効果が高くなり、１００流量％の場合に塩素除去の効果は顕著になる。
また、別の発明によれば、レジストパターンをアッシングする際に、アッシング開始時のウェハ温度を１３０℃以下にし、その後に、ウェハ温度を１３０℃以上に上昇させているので、レジストパターンの表面に形成される変質層の発生を抑制しながらそのレジストパターンの表面をアッシングして除去できる。この結果、レジストパターンの変質層の残渣の発生を防止でき、これにより、ゴミの発生を防止でき、塩素のウェハ上からの離脱がレジスト残渣によって妨げられることがなくなり、塩素によるコロージョンの発生を抑制できる。

【図面の簡単な説明】

【図１】図１は、本発明の実施形態で使用される枚葉式のウェハ処理装置の概要構成を示す平面図である。

【図２】図２は、本発明の実施形態に使用されるアッシング装置の第１例を示す概要構成図である。

【図３】図３（ａ）　～図３（ｄ）　は、本発明の第１実施形態におけるレジストのアッシング工程の第１例を示す断面図である。

【図４】図４（ａ）　～図４（ｃ）　は、本発明の第１実施形態におけるレジストのアッシング工程の第２例を示す断面図である。

【図５】図５（ａ）　～図５（ｃ）　は、本発明の第１実施形態におけるレジストのアッシング工程の第３例を示す断面図、図５（ｄ）　は、本発明のの実施形態におけるレジストのアッシング工程の第３例の要部を示す断面図である。

【図６】図６は、本発明の第１実施形態の第１～第４例のレジストのアッシング方法を行った場合の塩素の含有量と、従来のレジストのアッシング方法による塩素の含有量をそれぞれウェハ加熱温度の関係で調査した図である。

【図７】図７は、本発明の第１実施形態の第５例のレジストのアッシング方法におけるガスの流量の変化を示す図である。

【図８】図８は、本発明の第１実施形態の第５例のレジストのアッシング方法におけるガスのうちH_2O　の流量比とコロージョンの発生数の関係を示す図である。

【図９】図９は、従来方法によるアッシング後に配線上の残渣を示す断面図である。

【図１０】図１０は、従来方法によるアッシング後の配線を示す顕微鏡写真である。

【図１１】図１１は、従来方法によるアッシング後の配線を示すＳＥＭ写真である。

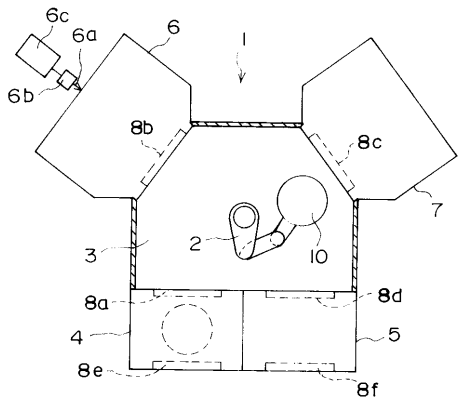
【図１２】図１２は、従来方法によるアッシング後にレジスト剥離液によるウェット処理後の配線を示すＳＥＭ写真である。

【図１３】図１３（ａ），（ｂ）　は、本発明の第２実施形態におけるレジスト残渣を除去するためのレジストアッシング工程の第１例を示す断面図である。

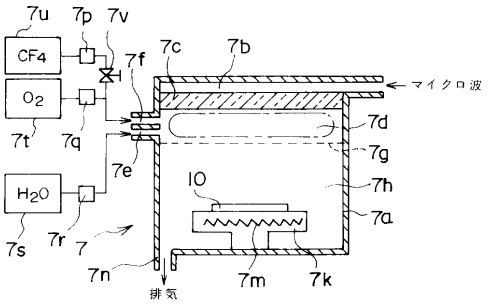
【図１４】図１４は、図１３（ａ），（ｂ）　に示したアッシング後の配線を示す顕微鏡写真である。
【図１５】図１５は、図１３（ａ），（ｂ）　に示したアッシング後の配線を示すＳＥＭ写真である。
【図１６】図１６は、図１５に示す配線をさらにレジスト剥離液によって処理した後の状態を示すＳＥＭ写真である。
【図１７】図１７（ａ），（ｂ）　は、本発明の第２実施形態におけるレジスト残渣を除去するためのレジストアッシング工程の第２例を示す断面図である。
【図１８】図１８は、図１７（ａ），（ｂ）　に示したアッシング後の配線を示す顕微鏡写真である。
【図１９】図１９は、図１７（ａ），（ｂ）　に示したアッシング後の配線を示すＳＥＭ写真である。
【図２０】図２０は、図１９に示す配線をさらにレジスト剥離液によって処理した後の状態を示すＳＥＭ写真である。
【図２１】図２１（ａ）　～（ｃ）　は、本発明の第２実施形態の第１例のアッシング行程を示す断面図である。
【図２２】図２２は、本発明の第２実施形態のアッシングの際のウェハ加熱温度の時間的変化とアッシング雰囲気中の圧力の変化を示す図である。
【図２３】図２３は、本発明の第２実施形態の第１例によってアッシングされた後の配線及びその周辺を示す図（その１）である。
【図２４】図２４は、本発明の第２実施形態の第１例によってアッシングされた後の配線及びその周辺を示す図（その２）である。
【図２５】図２５は、従来の技術によってアッシングされた後の配線及びその周辺を示す図である。
【図２６】図２６（ａ），（ｂ）　は、本発明の第２実施形態でのウェハ温度調整方法の例を示す図である。
【図２７】図２７は、本発明の実施形態に使用されるアッシング装置の第２例を示す概要構成図である。
【図２８】図２８は、本発明の実施形態においてアッシングの際に使用する酸素を主成分とするガス中に含まれる水の流量とアッシングレートの関係を示す図である。
【図２９】図２９は、本発明の実施形態に使用されるアッシング装置の第３例を示す概要構成図である。
【符号の説明】
１　　ウェハ処理装置、
２　　ロボット、
３　　ウェハ搬送室、
６　　エッチング装置、
７　　アッシング装置、
７ａ　アッシングチャンバ、
７ｂ　マイクロ波導入室、
７ｃ　仕切板、
７ｄ　プラズマ発生室、
７ｅ　第１のガス導入管、
７ｆ　第２のガス導入管、
７ｇ　シャワーヘッド、
７ｈ　反応室、
７ｋ　ウェハステージ、
７ｍ　ヒータ、
７ｎ　排気管、
８ａ～８ｆ　ゲートバルブ、

９Ｌ　ランプ、
９ｃ　石英板、
１０　シリコンウェハ、
１１　絶縁膜、
１２　金属膜、
１２ａ　配線、
１３　レジストパターン。

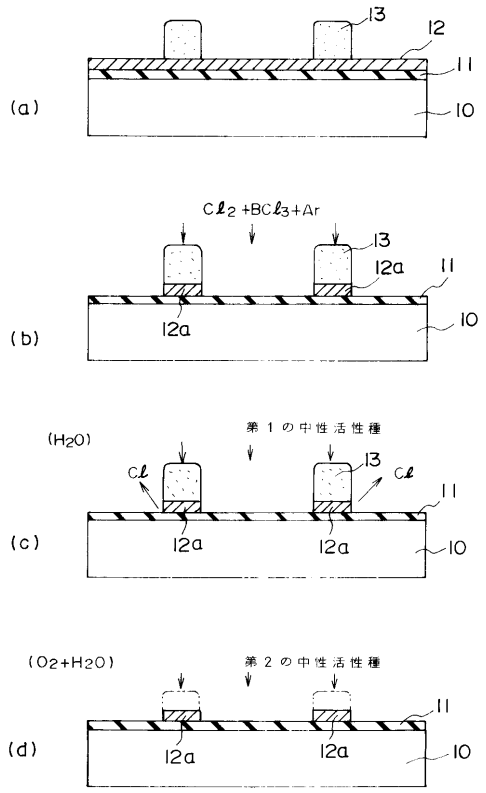
【図１】



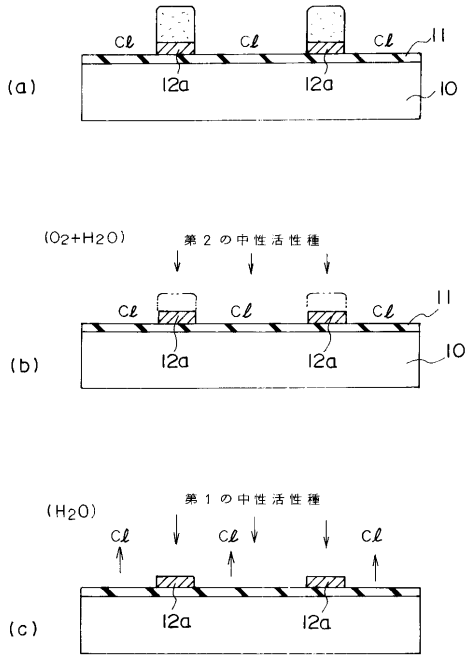
【図２】



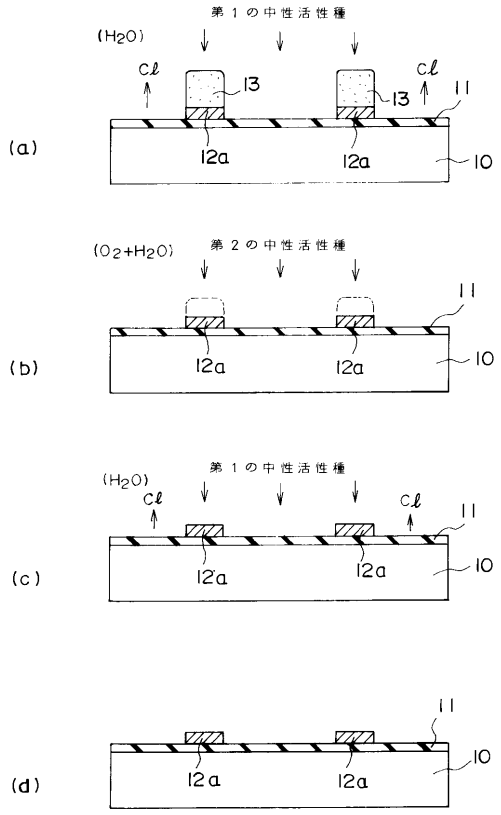
【図３】


(a)
13
12
11
10
(b)
Cℓ2 +BCℓ3+Ar
13
12a
11
10
12a
(c)
(H2O)
第１の中性活性種
Cℓ
13
Cℓ
11
12a
12a
10
(d)
(O2+H2O)
第２の中性活性種
11
12a
12a
10

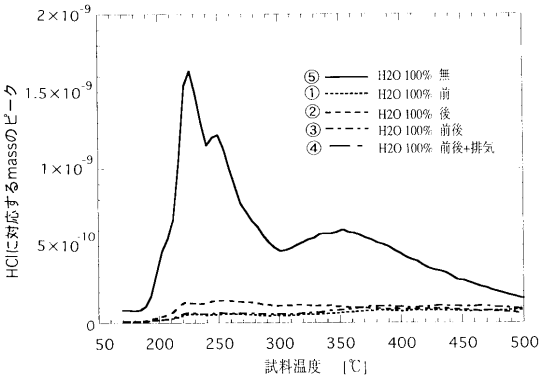
【図４】


(a)
Cℓ
Cℓ
Cℓ
11
12a
12a
10
(b)
(O2+H2O)
第２の中性活性種
Cℓ
Cℓ
Cℓ
11
12a
12a
10
(c)
(H2O)
第１の中性活性種
Cℓ
Cℓ
Cℓ
12a
12a

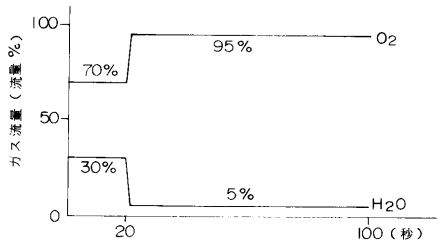
【図５】


(a)
第１の中性活性種
(H2O)
Cℓ
13
13
Cℓ
11
12a
12a
10
(b)
(O2+H2O)
第２の中性活性種
11
12a
12a
10
(c)
(H2O)
第１の中性活性種
Cℓ
Cℓ
11
12a
12a
10
(d)
11
12a
12a
10

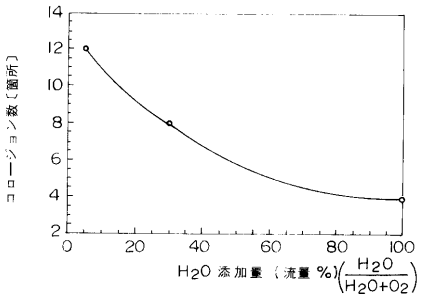
【図６】


2×10-9
1.5×10-9
1×10-9
5×10-10
0
HClに対応するmassのピーク
⑤ H2O 100% 無
① H2O 100% 前
② H2O 100% 後
③ H2O 100% 前後
④ H2O 100% 前後+排気
50
200
250
300
350
400
450
500
試料温度 [℃]

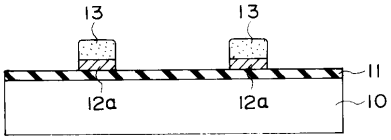
【図７】



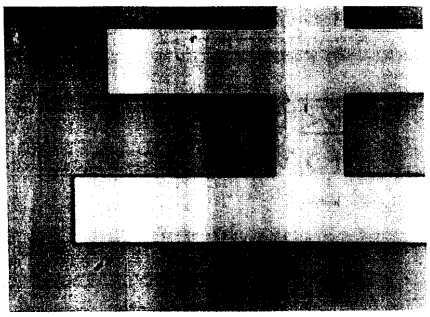
【図８】



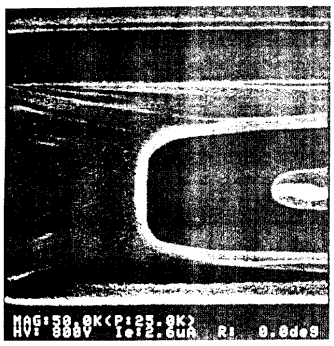
【図９】



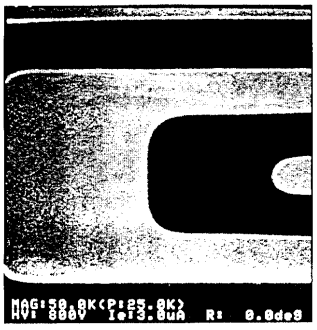
【図１０】



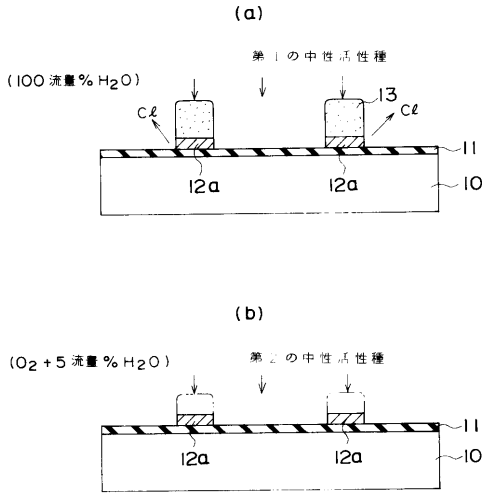
【図１１】



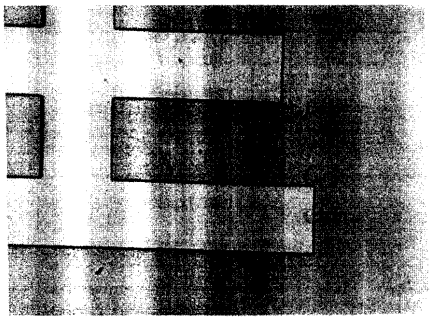
【図１２】



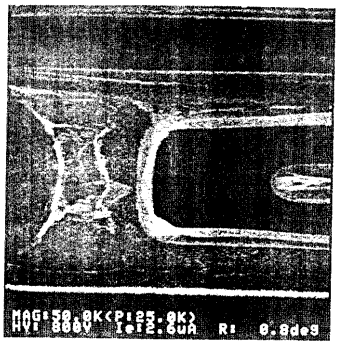
【図１３】



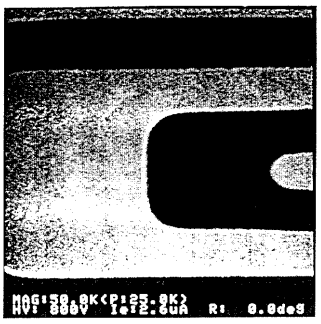
【図１４】



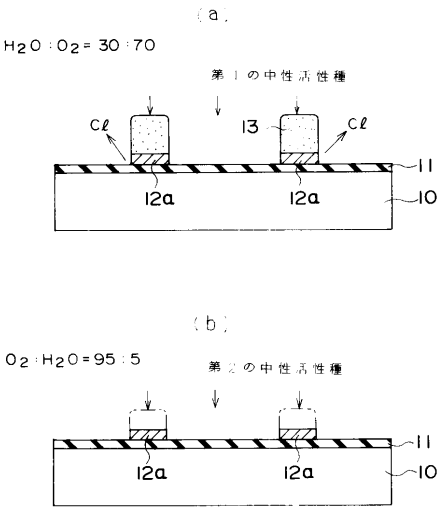
【図１５】



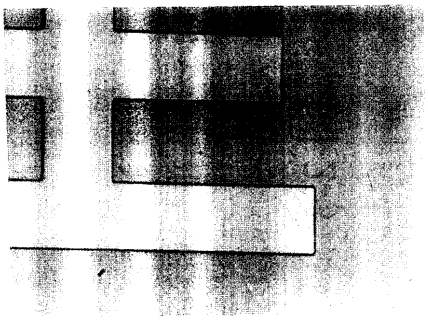
【図１６】



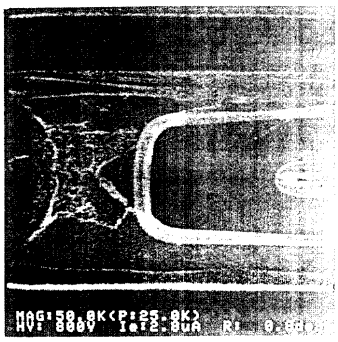
【図１７】



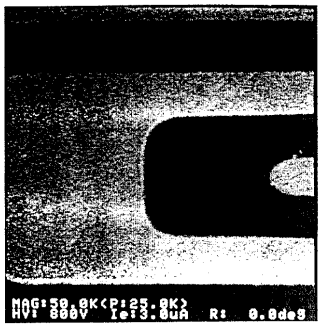
【図１８】



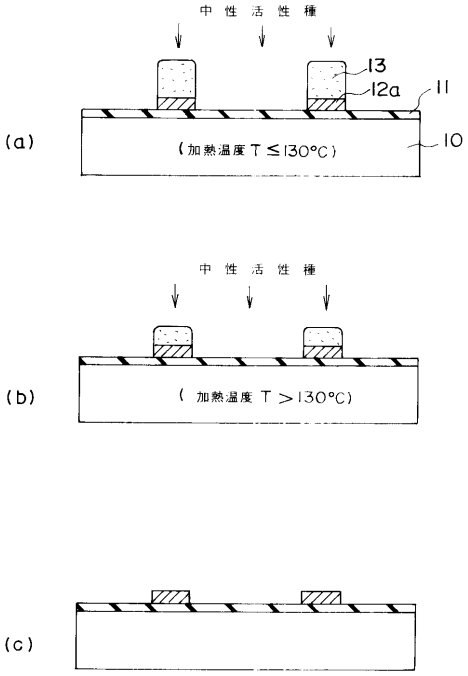
【図１９】



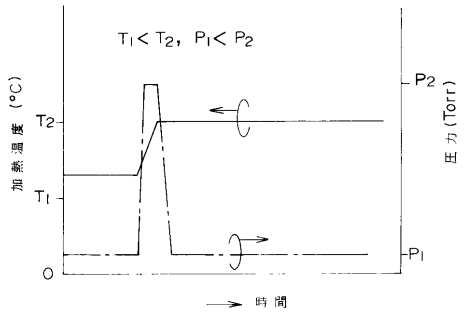
【図２０】



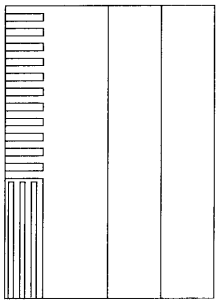
【図２１】



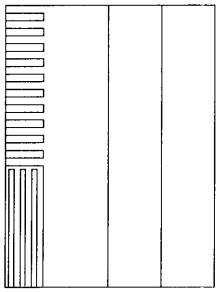
【図２２】



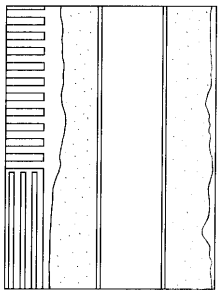
【図２３】



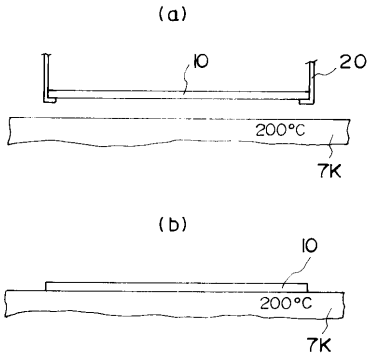
【図２４】



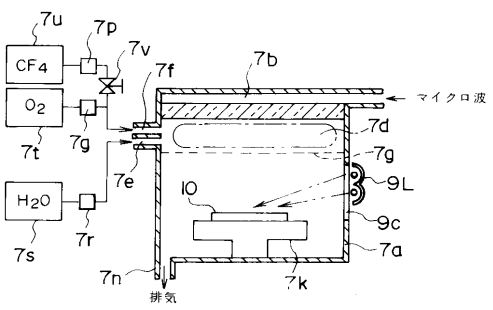
【図２５】



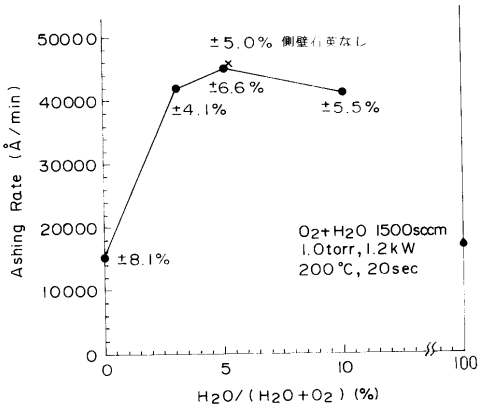
【図２６】



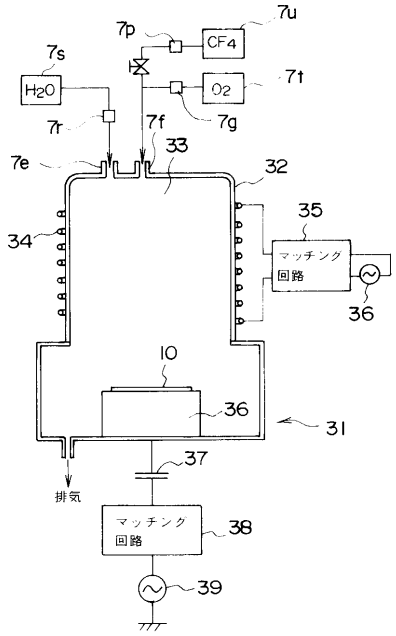
【図２７】



【図２８】



【図２９】


7u
7p
CF4
7s
H2O
7t
O2
7r
7g
7f
33
7e
32
35
34
マッチング
回路
36
10
36
31
37
排気
マッチング
回路
38
39

フロントページの続き

(72)発明者　三原　智
神奈川県川崎市中原区上小田中４丁目１番１号　富士通株式会社内
(72)発明者　青山　正明
愛知県春日井市高蔵寺町二丁目１８４４番２　富士通ヴィエルエスアイ株式会社内
(72)発明者　長瀬　邦彦
神奈川県川崎市中原区上小田中４丁目１番１号　富士通株式会社内
(72)発明者　西田　直樹
愛知県春日井市高蔵寺町二丁目１８４４番２　富士通ヴィエルエスアイ株式会社内

合議体
審判長　池田　正人
審判官　中西　一友
審判官　川真田　秀男

(56)参考文献　特開平９－６９５２５（ＪＰ，Ａ）
特開平３－８３３３７（ＪＰ，Ａ）
特開平６－１８１１９１（ＪＰ，Ａ）
特開平７－８６２５２（ＪＰ，Ａ）
特開平７－２９８８５（ＪＰ，Ａ）
特開平３－２８０５３５（ＪＰ，Ａ）
特開昭６２－２８１３３１（ＪＰ，Ａ）