明　細　書

発明の名称 ： 高周波スパッタリング装置及びスパッタリング方法

技術分野

[0001] 本発明は、高周波スパッタリング装置及びスパッタリング方法に関する。

背景技術

[0002] この種の高周波スパッタリング装置は、例えば特許文献１で知られている。このものは、真空チャンバ内に処理基板の片面を開放しかつ電気的に絶縁した状態で処理基板を保持するステージを備える。そして、所定圧力に真空引きした真空チャンバ内にアルゴンガスなどの希ガスを導入し、ターゲットに高周波電力を投入してターゲットをスパッタリングし、これにより生じたスパッタ粒子を処理基板の片面に付着、堆積させて所定の薄膜の成膜を行う。

[0003] ここで、高周波電力を投入してターゲットをスパッタリングすると、ステージで保持された処理基板には自己バイアス電位が印加される。このため、自己バイアス電位によりプラズマ中の希ガスのイオンなどが処理基板へと引き込まれ、処理基板に堆積したものがスパッタリングされるという所謂逆スパッタリングが発生することが一般に知られている。このような場合、逆スパッタリング量が多くなると、成膜レートが低下する（成膜時間が長くなる）ため、逆スパッタリング量を可及的に抑制することが重要になる。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開２０１４－９１８６１号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 本発明は、以上に基づき、成膜処理中、処理基板での逆スパッタリング量を可及的に抑制して効率よく成膜することができる高周波スパッタリング装置及びスパッタリング方法を提供することをその課題とするものである。

課題を解決するための手段

[0006] 上記課題を解決するために、真空中でターゲットに高周波電力を投入し、処理基板の片面に対し成膜処理する本発明の高周波スパッタリング装置は、処理基板の片面を開放しかつ電気的に絶縁した状態で処理基板を保持するステージを備え、ステージは、その処理基板の保持面に窪み部を有し、処理基板の外周縁部がステージの保持面に当接するように処理基板を保持したときに処理基板の他面と窪み部の輪郭とで区画される空間に、処理基板に対して近接方向または離間方向に移動自在なアースに接続される可動体を設けることを特徴とする。

[0007] 本発明によれば、ステージに設けた可動体を処理基板から離間した位置から近接するように移動させると、処理基板の他面と可動体との間の距離が短くなって処理基板と可動体との間の静電容量が増加するため、これに応じて、高周波電力を投入してターゲットをスパッタリングするときに処理基板に印加される自己バイアス電位を下げることができる。その結果、処理基板での逆スパッタリング量を可及的に抑制して効率よく成膜することができる。

[0008] 本発明において、可動体とアースとの間に、所定の又は可変のインピーダンスを有する回路を介在させることが好ましい。可変のインピーダンスを有する回路としては、インピーダンスを調整し得るマッチングボックスを用いることができる。

[0009] 本発明において、前記可動体は、処理基板の中央領域に対峙する対峙面を持つ第１の可動部分を有することが好ましい。これによれば、第１の可動部分を処理基板に対して近接方向または離間方向に移動させて第１の可動部分と処理基板との間の距離を制御することにより、処理基板の中央領域に印加される自己バイアス電位を局所的に変化させて逆スパッタリング量を制御できるため、膜厚面内分布を調整するときに有利である。この場合、前記対峙面と処理基板との間の静電容量を測定する測定手段を備え、その測定結果に基づき第１の可動部分の移動量を求めれば、膜厚面内分布を精度よく調整することができる。尚、対峙面は、平面で構成されるものだけでなく、湾曲面

で構成されるものを含む。

[0010] また、本発明において、前記第１の可動部分の周囲に同心で配置され、処理基板の中央領域を除く領域に対峙する所定面積のリング状面を持つ少なくとも１個の第２の可動部分を更に有し、第１及び第２の両可動部分は夫々が駆動手段で駆動されることが好ましい。これによれば、第１の可動部分から独立して第２の可動部分を処理基板に対して近接方向または離間方向に移動させて各可動部分と処理基板との間の距離を夫々制御することにより、より一層細やかに膜厚面内分布を制御することができて有利である。

[0011] 上記高周波スパッタリング装置を用いた本発明のスパッタリング方法は、前記可動体を処理基板に対して近接方向または離間方向に移動させて可動体の位置を調整する調整工程と、可動体の位置を調整した後、ターゲットに高周波電力を投入してスパッタリングし、スパッタ粒子を処理基板の片面に付着、堆積させて成膜する成膜工程とを含むことを特徴とする。

[0012] 本発明において、前記調整工程は、前記対峙面と処理基板との間の静電容量を測定する工程を有し、その測定結果に基づき可動体の移動量を求めることが好ましい。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]本発明の実施形態の高周波スパッタリング装置を示す模式的断面図。

[図2]可動体の変形例を示す断面図。

[図3]（ａ）は可動体の変形例を示す断面図であり、（ｂ）は可動体の変形例を示す平面図。

[図4]本発明の効果を確認する実験結果を示すグラフ。

発明を実施するための形態

[0014] 以下、図面を参照して、処理基板Ｗをシリコン基板とし、このシリコン基板の表面に絶縁膜たるアルミナ膜を成膜する場合に用いられるものを例として、本発明の実施形態の高周波スパッタリング装置について説明する。

[0015] 図１を参照して、ＳＭは、マグネトロン方式のスパッタ装置であり、このスパッタ装置ＳＭは、処理室１ａを画成する真空チャンバ１を備える。真空

チャンバ１の側壁には、アルゴン等の希ガスたるスパッタガスを導入するガス管１１が接続され、ガス管１１にはマスフローコントローラ１２が介設され、図示省略のガス源に連通している。これにより、流量制御されたスパッタガスが、後述する真空排気手段Ｐにより一定の排気速度で真空引きされている処理室１ａ内に導入でき、成膜処理中、処理室１ａの圧力が略一定に保持されるようにしている。真空チャンバ１の底部には、ターボ分子ポンプやロータリーポンプなどからなる真空排気手段Ｐに通じる排気管１２が接続されている。真空チャンバ１の天井部にはカソードユニットＣが取付けられている。以下においては、図１中、真空チャンバ１の天井部側を向く方向を「上」とし、その底部側を向く方向を「下」として説明する。

[0016] カソードユニットＣは、ターゲットアッセンブリ２と、ターゲットアッセンブリ２の上方に配置された磁石ユニット３とから構成されている。ターゲットアッセンブリ２は、基板Ｗの輪郭に応じて、公知の方法で平面視円形の板状に形成された酸化アルミニウム製のターゲット２１と、ターゲット２１の上面にインジウム等のボンディング材（図示省略）を介して接合されるバッキングプレート２２とで構成され、スパッタリングによる成膜中、バッキングプレート２２の内部に冷媒（冷却水）を流すことでターゲット２１を冷却できるようになっている。ターゲット２１を装着した状態でバッキングプレート２２下面の周縁部が、絶縁体Ｉを介して真空チャンバ１の側壁上部に取り付けられる。ターゲット２１には高周波電源Ｅからの出力が接続され、成膜処理時、ターゲット２１に高周波電力が投入される。

[0017] 磁石ユニット３は、ターゲット２１のスパッタ面たる下面の下方空間に磁場を発生させ、スパッタ時にスパッタ面の下方で電離した電子等を捕捉してターゲット２１から飛散したスパッタ粒子を効率よくイオン化する公知の構造を有するものであり、ここでは詳細な説明を省略する。

[0018] 真空チャンバ１の底部には、ターゲット２１に対向させて例えば金属製のステージ４が配置され、基板Ｗがその成膜面たる上面を開放した状態で位置決め保持されるようにしている。この場合、ターゲット２１と基板Ｗとの間

の間隔は、生産性や散乱回数等を考慮して２５～８０ｍｍの範囲に設定される。尚、ステージ４を公知の静電チャックで構成してもよい。

[0019] ステージ４は、処理基板Ｗの保持面４１に窪み部４２を有し、処理基板Ｗの外周縁部が保持面４１に当接するように処理基板Ｗを保持したときに処理基板Ｗの他面Ｗｂと窪み部４２の輪郭とで空間４３が区画されるようにしている。この空間４３には、アースに接続される可動体４４が設けられている。可動体４４には、公知の駆動手段４５の駆動軸４５ａが接続されており、後述する制御手段を用いて駆動軸４５ａを上下方向に駆動することで、処理基板Ｗに対して可動体４４が進退自在に構成されている。可動体４４とアースとの間には、所定の又は可変のインピーダンスを有する回路４６を介在させている。回路４６としては、図示省略する抵抗、コイル、コンデンサ等の素子を有する公知のものを用いることができる。可変のインピーダンスを有する回路４６としては、インピーダンスを調整し得る公知のマッチングボックスを用いることができる。尚、回路４６を介在させずに、可動体４４をアースに接続してもよい（図２参照）。また、処理室１ａ内の真空状態を保持するために、図示省略の真空ベローズ等の公知の真空シール手段が設けられている。

[0020] 上記スパッタリング装置ＳＭは、特に図示しないが、マイクロコンピュータやシーケンサ等を備えた公知の制御手段を有し、制御手段により高周波電源Ｅの稼働、マスフローコントローラ１２の稼働、真空排気手段Ｐの稼働や駆動手段４５の稼働等を統括管理するようになっている。以下、図３も参照して、上記スパッタリング装置ＳＭを用いて、シリコン基板Ｗの表面に酸化アルミニウム膜を成膜する場合を例として、本実施形態のスパッタリング方法について説明する。

[0021] 先ず、駆動手段４５を駆動してステージ４に設けた可動体４４を処理基板Ｗから離間した位置から近接するように移動させて可動体４４の位置を調整すると、処理基板Ｗの他面Ｗｂと可動体４４との間の距離ｇが短くなって処理基板Ｗと可動体４４との間の静電容量が増加する（調整工程）。そして、

マスフローコントローラ１２を制御してアルゴンガスを所定の流量（例えば、１００ｓｃｃｍ）で導入し（このとき、処理室１ａの圧力が１．３Ｐａとなる）、これと併せて、高周波電源Ｅからターゲット２１に例えば、周波数１３．５６ＭＨｚの高周波電力を５００～５０００W投入して真空チャンバ１内にプラズマを形成し、ターゲット２１をスパッタリングする。このとき、上記静電容量が増加することで、処理基板Wに印加される自己バイアス電位（Ｖｄｃ）を下げることができ、その結果として、処理基板Wでの逆スパッタリング量を可及的に抑制して効率よく酸化アルミニウム膜を成膜することができる（成膜工程）。

[0022] ここで、可動体４４たる第１の可動部分は、処理基板Wの中央領域Ｒｃに対峙する対峙面４４ｆを持つため、この第１の可動部分４４を処理基板Wに対して近接方向または離間方向に移動させれば、処理基板Wの中央領域Ｒｃに印加される自己バイアス電位を局所的に変化させることができ、当該中央領域Ｒｃでの逆スパッタリング量を制御できるため、膜厚面内分布を調整することができる。

[0023] 尚、可動体４４の対峙面４４ｆは、図１に示すように平面で構成されるものだけでなく、図２に示すように湾曲面で構成されるものを含む。対峙面４４ｆを湾曲面で構成すれば、処理基板Wの中央領域Ｒｃにて逆スパッタリング量をその湾曲に応じて細やかに制御でき、ひいては、膜厚面内分布を細やかに制御できる。

[0024] また、図３に示すように、可動体４４は、第１の可動部分４４ａの周囲に同心で配置され、処理基板Wの中央領域Ｒｃを除く領域に対峙する所定面積のリング状面を持つ少なくとも１個（図３に示したものでは２個）の第２の可動部分４４ｂ，４４ｃを更に有し、第１及び第２の両可動部分４４ａ，４４ｂ，４４ｃは夫々が駆動手段で駆動されることが好ましい。駆動手段は公知であるため、図３では図示を省略している。これによれば、各可動部分４４ａ，４４ｂ，４４ｃを移動させて処理基板Wとの間の距離を夫々制御することにより、逆スパッタリング量の調整箇所が径方向で増えるため、より一

層細やかに膜厚面内分布を制御することができる。ここで、逆スパッタリング量の面内分布を制御するために、図示省略の測定手段を用いて各可動部分４４ａ，４４ｂ，４４ｃとそれに対峙する処理基板Ｗの部分との間の静電容量を測定し、測定した静電容量が所望の値となるように（例えば相互に一致するように）各可動部分４４ａ，４４ｂ，４４ｃの移動量を求め、求めた移動量に応じて各駆動手段を駆動し、各可動部分４４ａ，４４ｂ，４４ｃと処理基板Ｗとの間の距離を制御するようにしてもよい。測定手段は、例えば、レーザ変位計のように処理基板Ｗとの間の間隔から静電容量を求めるものや、１極を接触させた状態で測定する極に交流電圧（ＡＣ）を印加して流れる電流から静電容量を求めるものなど公知のものを用いることができるため、ここでは詳細な説明を省略する。

[0025] 以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明は上記に限定されるものではない。上記実施形態においては、アルミナのような絶縁物製のターゲットを用いて絶縁物膜を成膜する場合を例に説明したが、金属製のターゲットを用いて金属膜を成膜する場合にも当然に本発明を適用することができる。

[0026] 次に、上記効果を確認するために、上記スパッタリング装置ＳＭを用いて次の実験を行った。本実験では、処理基板Ｗとしてφ３００ｍｍのシリコン基板を用い、真空チャンバ１内のステージ４に処理基板Ｗをセットした後、可動体４４を上動させて処理基板Ｗの他面Ｗｂと可動体４４との間の距離を０．４ｍｍに調整した。そして、アルゴンガスを流量１００ｓｃｃｍで処理室１ａ内に導入し（このときの処理室１ａ内の圧力は約１．３Ｐａ）、ステージ４への１３．５６ＭＨｚの高周波電力を６００Ｗ投入した。これにより、処理室１内にプラズマが形成され、アルミナ製ターゲット２１をスパッタリングして、処理基板Ｗの片面Ｗａにアルミナ膜を成膜した。このときの成膜レートを測定し、その結果を図４に実線Ｌ１で示す。横軸は、処理基板Ｗの径方向での位置を示す。このときの成膜レートの面内分布は２．０４％であることが確認された。可動体４４を更に処理基板Ｗに近接させて両者間の

距離を０．１ｍｍに調整し、上記と同様の条件でスパッタリングを行った。このときの成膜レートを測定し、その結果を図４に破線Ｌ２で示す。このときの成膜レートの面内分布は１．２７％であり、可動体４４と処理基板Ｗとの間の距離を変化させることで、膜厚面内分布を調整できることが判った。これは、処理基板Ｗに印加される自己バイアス電位が調整でき、逆スパッタリング量を調整できることによるものと推察される。また、可動体４４を更に上動させて処理基板Ｗに当接させ（両者間の距離は０．０ｍｍ）、上記と同様の条件でスパッタリングを行い、そのときの成膜レートを測定した。図４に線Ｌ３で示すように、成膜レートの面内分布は１．３９％であることが確認された。

符号の説明

[0027] ＳＭ…高周波スパッタリング装置、Ｗ…処理基板、Ｗａ…処理基板Ｗの片面、Ｗｂ…処理基板Ｗの他面、Ｒｃ…処理基板Ｗの中央領域、４…ステージ、４１…保持面、４２…窪み部、４３…空間、４４…可動体，４４ａ…第１の可動部分、４４ｂ，４４ｃ…第２の可動部分、４４ｆ…対峙面、４５…駆動手段、４６…回路。

請求の範囲

[請求項1] 真空中でターゲットに高周波電力を投入し、処理基板の片面に対し成膜処理を施す高周波スパッタリング装置であって、処理基板の片面を開放しかつ電気的に絶縁した状態で処理基板を保持するステージを備えるものにおいて、

ステージは、その処理基板の保持面に窪み部を有し、処理基板の外周縁部がステージの保持面に当接するように処理基板を保持したときに処理基板他面と窪み部の輪郭とで区画される空間に、処理基板に対して近接方向または離間方向に移動自在なアースに接続される可動体を設けることを特徴とする高周波スパッタリング装置。

[請求項2] 可動体とアースとの間に、所定の又は可変のインピーダンスを有する回路を介在させることを特徴とする請求項１記載の高周波スパッタリング装置。

[請求項3] 前記可動体は、処理基板の中央領域に対峙する所定面積の対峙面を持つ第１の可動部分を有することを特徴とする請求項１又は２記載の高周波スパッタリング装置

[請求項4] 前記対峙面と処理基板との間の静電容量を測定する測定手段を備えることを特徴とする請求項３記載の高周波スパッタリング装置。

[請求項5] 前記可動体は、前記第１の可動部分の周囲に同心で配置され、処理基板の中央領域を除く領域に対峙する所定面積のリング状面を持つ少なくとも１個の第２の可動部分を更に有し、第１及び第２の両可動部分は夫々が駆動手段で駆動されることを特徴とする請求項３又は４記載の高周波スパッタリング装置。

[請求項6] 請求項１～５のいずれか１項記載の高周波スパッタリング装置を用いたスパッタリング方法において、

前記可動体を処理基板に対して近接方向または離間方向に移動させて可動体の位置を調整する調整工程と、可動体の位置を調整した後、ターゲットに高周波電力を投入してスパッタリングし、スパッタ粒子

を処理基板の片面に付着、堆積させて成膜する成膜工程とを含むことを特徴とするスパッタリング方法。

[請求項7] 前記調整工程は、前記対峙面と処理基板との間の静電容量を測定する工程を有し、その測定結果に基づき可動体の移動量を求めることを特徴とする請求項６記載のスパッタリング方法。