

明 細 書

発明の名称：成膜方法及び成膜装置

技術分野

[0001] 本発明は、成膜方法及び成膜装置に関し、より詳しくは、成膜対象物を表面に複数の微細凹部が形成されたものとし、各微細凹部の内面に、S I S (Self Ionized Sputter) 技術を利用してスパッタリング法により金属膜をカバレッジよく成膜するためのものに関する。

背景技術

[0002] 半導体デバイスの製造工程には、微細凹部としてのトレンチの内面（内側面及び内底面）にシード層としてのCu膜や、Cu膜の下地層としてのTa膜といった金属膜を成膜する工程がある。このような金属膜の成膜には、所謂セルフイオンスパッタリング装置が利用される。このものは、CuやTa製といった金属製のターゲットと成膜対象物とが正対配置される真空チャンバを有し、ターゲットから基板に向かう方向を下として、ターゲットの上方に配置されてその下方空間に漏洩磁場を発生させる磁場発生手段と、真空チャンバ内に希ガスを含むスパッタガスを導入するガス導入手段と、ターゲットに負の電位を持つ電力を投入するスパッタ電源と、ターゲットの下方空間を囲繞するように配置されて正の電位が印加されるリフレクタ板とを備える。真空チャンバ内にはまた、成膜対象物が設置されるステージが設けられ、高周波電源からプラズマのインピーダンスと高周波電源側のインピーダンスとを整合するインピーダンス整合器を介して高周波バイアス電力が連続投入される。

[0003] 上記セルフイオンスパッタリング装置を用いて金属膜を成膜するのに際しては、真空雰囲気中の真空チャンバ内にスパッタガスを導入し、ターゲットに負の電位を持つ電力を投入すると共にリフレクタ板に正の電位を印加する。すると、ターゲットの下方空間にプラズマが発生し、磁場発生手段により発生させた磁場により当該下方空間にプラズマが封じ込められ、この状態でス

パッタガスの導入を停止すると、低圧力で自己放電する。そして、プラズマ中のスパッタガスのイオン等がターゲットのスパッタ面に衝突してスパッタリングされ、ターゲットから飛散し、リフレクタ板で適宜反射されたCu原子や電離したCuイオンが、高周波バイアス電位が印加されている成膜対象物に向かって強い直進性を持って引き付けられながら各微細凹部の内面を含む成膜対象物の表面に付着、堆積してCu膜が成膜される。

[0004] ところで、成膜対象物としての微細凹部の中には、高アスペクト比のものがあり、しかも、微細凹部の内側面（サイドウォール）が平滑でない（言い換えると、微細な凹凸がある）ものがある。その上、微細凹部の内側面に成膜する金属膜の薄膜化（例えば、300 Å～500 Åの範囲の膜厚）も進んでいる。このような場合、上記セルフイオンスパッタリング装置によりCu膜を成膜すると、所謂オーバーハングが発生するだけでなく、微細凹部の内側面に成膜されるCu膜（薄膜）の連続性が損なわれる場合がある（サイドカバレッジが悪い）。このようにCu膜の連続性が損なわれていると、後工程でメッキ法によりCu配線を良好に埋め込むことができないという問題がある。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2010-209453号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 本発明は、以上の点に鑑み、微細凹部の内側面に連続性を持ってカバレッジ良く金属膜を成膜することができる成膜方法及び成膜装置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

[0007] 上記課題を解決するために成膜対象物を表面に複数の微細凹部が形成されたものとし、真空チャンバ内に設置された成膜対象物の各微細凹部の内面に

金属膜を成膜するための本発明の成膜方法は、真空雰囲気中の真空チャンバ内に希ガスを含むスパッタガスを導入し、金属製のターゲットに負の電位を持つ電力を投入してプラズマを発生させた後に、スパッタガスの導入を停止し、低圧力下で自己放電させながらターゲットをスパッタリングする工程と、成膜対象物とターゲットとの間の空間を囲繞するように配置されたリフレクタ板に対して正の電位を印加する工程と、成膜対象物が設置されるステージに、高周波電源からプラズマのインピーダンスと高周波電源側のインピーダンスとを整合するインピーダンス整合器を介して高周波バイアス電力を投入する工程とを含み、高周波バイアス電力の投入工程では、インピーダンス整合器として電子制御される可変リアクトルを有する電子マッチャーを用い、ステージに高周波バイアス電力を所定周波数で間欠的に投入することを特徴とする。

[0008] ここで、インピーダンス整合器としての電子マッチャーは、可変コンデンサを機械駆動するマッチャーと比較して、数msという比較的短時間でインピーダンスを整合できるという特性を持つ。また、インピーダンス整合器を介して高周波バイアス電力を投入する当初に高いV_{dc}が瞬間的に発生することが知られている。このことに着目して、本発明では、インピーダンス整合器として電子マッチャーを用い、ステージに高周波バイアス電力を投入する際に、高周波バイアス電力を所定周波数で間欠的に（例えば、電力投入をオンオフしながら）投入する構成を採用することとした。

[0009] これによれば、ターゲット側からの金属原子やそのイオンが微細凹部の内面に付着するだけでなく、高周波バイアス電力が投入される毎に瞬間的に生ずる高いV_{dc}により微細凹部の内底面（ボトム）の金属膜がリスパッタされ、このリスパッタされたものが、ターゲット側からのものと逆方向から微細凹部の内側面に付着、堆積する。これにより、仮に微細凹部の内側面が平滑でないような場合でも、微細凹部の内側面に連続性を持ってカバレッジ良く金属膜を所定膜厚で成膜することができる。このとき、投入する高周波バイアス電力を変化させれば、主としてリスパッタされたものが付着する、微

細凹部の内底面からの高さ位置を調整することができる。

[0010] また、高周波バイアス電力を所定周波数で間欠的に投入すると、オーバーハングの発生も可及的に抑制できることが確認された。これは、リフレクタ板に正の電位を印加しながら、ステージに高周波バイアス電力を連続して投入すると、Cuイオンは強い直進性を持ったまま直接成膜対象物へと引き付けられ、そのときのCuイオンは、成膜対象物の表面に対して垂直な方向だけでなく、垂直方向に対して傾いた状態で成膜対象物へと引き付けられる（即ち、成膜対象物に対して斜入射する）ものもあり、その上、成膜対象物の表面と微差凹部との角部に電界が集中し易いことに起因する。それに対して、本発明では、高周波バイアス電力を間欠的に投入することでそのような電界集中を抑制することができる。しかも、高周波バイアス電力投入のオフ状態では、Cuイオンの成膜対象物への引き付けが瞬間的になくなることで、基板Sw表面に対して垂直な方向から入射するようにCuイオンが軌道修正される。その結果、オーバーハングの発生が可及的に抑制されることが考えられる。

[0011] ところで、本発明のように微細凹部の内底面に堆積する金属膜をリスパッタして微細凹部の内側面にカバレッジ良く金属膜を成膜しようする場合、当初に微細凹部の内底面に優先的に金属膜を成膜することが好ましい。そこで、本願発明では、前記高周波バイアス電力の投入工程は、成膜開始当初に前記高周波バイアス電力を第1電力（例えば、微細凹部のアスペクト比に応じて10W～100Wの範囲、好ましくは50W）に設定して各微細凹部の内底面に金属膜を優先的に成膜する第1工程と、第1電力より大きい第2電力（例えば、500W～900Wの範囲、好ましくは700W）に変更して高周波バイアス電力を投入する第2工程とを含む構成を採用した。

[0012] これにより、微細凹部の内側面に連続性を持ってカバレッジ良く金属膜を所定の膜厚で成膜することを確実に実現できる。このとき、微細凹部のアスペクト比が3以上の場合には、高周波バイアス電力を間欠的に投入するときの前記周波数が1kHz～20kHzの範囲に設定され、また、高周波バイ

アス電力を間欠的に投入するときのデューティ比が50%～90%の範囲に設定されていればよい。また、第1電力を投入して成膜するときの膜厚と、第2電力を投入するときの膜厚の比は例えば1：3に設定できる。なお、高周波バイアス電力を投入する際に連続してまたは段階的に高周波バイアス電力を高めていくことも考えられるが、全体的な成膜時間が短いような場合（例えば、10秒以下）、高周波バイアス電力が比較的小さい状態での成膜時間が長くなってしまい、サイドカバレッジを効果的に高めることができない虞がある。そのため、成膜しようとする膜厚に応じて設定される成膜時間が短いような場合には、高周波バイアス電力を二段階に変化させて電力投入することが好ましい。

[0013] 本発明において、前記金属膜が、シード層として形成されるCu含有膜または前記Cu含有膜の下地層として形成されるTa含有膜である場合、微細凹部の内側面に膜の連続性を持ってカバレッジ良くCu含有膜またはTa含有膜を比較的薄い膜厚（例えば、200Å～700Åの範囲の膜厚）で成膜できることが確認された。なお、本願にいう「Cu含有膜」は、主としてCu元素からなる膜をいい、90at%以上のCu元素からなる。また、「Ta含有膜」には、純Ta膜のほかにTaの窒化物膜、酸化物膜及び酸窒化物膜を含む。

[0014] また、上記課題を解決するために、成膜対象物を表面に複数の微細凹部が形成されたものとし、真空チャンバ内に設置された成膜対象物の各微細凹部の内面に金属膜を成膜するための本発明の成膜装置は、真空雰囲気中の真空チャンバ内に希ガスを含むスパッタガスを導入するガス導入手段と、金属製のターゲットに負の電位を持つ電力を投入するスパッタ電源と、成膜対象物とターゲットとの間の空間を囲繞するように配置されて正の電位が印加されるリフレクタ板と、成膜対象物が設置され、高周波電源からプラズマのインピーダンスと高周波電源側のインピーダンスとを整合するインピーダンス整合器を介して高周波バイアス電力が投入されるステージとを備え、ターゲットのスパッタ面の前方空間にプラズマを発生させた後に、スパッタガスの導入

を停止し、低圧力下で自己放電させながらターゲットをスパッタリングし、インピーダンス整合器が、電子制御される可変リアクトルを有する電子マッチャーで構成され、高周波電源が高周波バイアス電力を所定周波数で間欠的に投入するように構成されることを特徴とする。

図面の簡単な説明

[0015] [図1]本実施形態の成膜装置を模式的に示す断面図。

[図2]成膜時の高周波バイアス電力の投入を説明する図。

[図3] (a) 及び (b) は、イオン化されたスパッタ粒子が成膜対象物へと引き付けられる様子を説明する図。

[図4] (a) 及び (b) は、本発明の効果を示す実験結果のSEM像。

発明を実施するための形態

[0016] 以下、図面を参照して、成膜対象物をシリコンウエハ等の半導体基板（以下、「基板Sw」という）の表面に絶縁層を形成し、この絶縁層に所定のパターンで複数の微細凹部Sfが形成されたものとし、また、成膜装置をセルフイオンスパッタリング装置SMとして、微細凹部Sfの内側面Sf1や内底面Sf2にCu膜やTa膜といった金属膜をカバレッジ良く成膜する場合を例に、本発明の成膜方法及び成膜装置の実施形態を説明する。なお、本発明は、「微細凹部」として、例えば、その開口径d1が $0.65\mu\text{m}$ 以下で且つアスペクト比が3以上のものに好適に利用でき、このような微細凹部の形成方法としては、公知のものが利用できるため、ここでは詳細な説明は省略する。以下において、セルフイオンスパッタリング装置SMを設置姿勢で示す図1を基準に方向を示す用語を使用するものとする。

[0017] 図1を参照して、本実施形態のセルフイオンスパッタリング装置SMは、真空雰囲気形成可能な真空チャンバ1を備える。真空チャンバ1の上部にはカソードユニットUcが設けられている。カソードユニットUcは、所定純度の銅製またはタンタル製のターゲット2と、ターゲット2の上方に配置される磁石ユニット3とを備える。ターゲット2は、バックアッププレート21aに装着した状態でそのスパッタ面21bを下方に向けた姿勢で絶縁体

11aを介して真空チャンバ1の上部開口に着脱自在に取り付けられる。磁石ユニット3は、スパッタ面21bの下方空間に磁場を発生させ、スパッタ時にスパッタ面21bの下方で電離した電子等を捕捉してターゲット2から飛散したスパッタ粒子を効率よくイオン化するものである。このような磁石ユニット3としては公知のものが利用できるため、ここでは詳細な説明を省略する。ターゲット2にはスパッタ電源としての第1の直流電源E1からの出力が接続され、成膜中、ターゲット2に負の電位を持つ所定電力（18kW以上）を投入することができる。

[0018] 真空チャンバ1内には、導電性を有するリフレクタ板4が配置されている。リフレクタ板4は、ターゲット2の周囲を覆って下方に延びる筒状の部材であり、その下端が、ターゲット2と基板Swとの間のTS間距離の略半分の高さ位置まで伸びるように設定される。リフレクタ板4には第2の直流電源E2から出力が接続され、成膜中、正の電位（5V～100V）が印加されて、イオン化したスパッタ粒子を反射し、強い直進性を持って基板Swへと向けて放出されることをアシストする。真空チャンバ1の下部には、ターゲット2に正対させてステージ5が配置されている。特に図示して説明しないが、ステージ5の上面には静電吸着機構が設けられ、基板Swを位置決めして吸着保持できる。また、ステージ5には加熱冷却機構が組み込まれ、例えば、Cu膜を成膜する場合には、凝集が生じない温度範囲に制御することができる。ステージ5には、高周波バイアス電源61から出力がプラズマのインピーダンスとのインピーダンスとを整合するインピーダンス整合器62を介して接続され、成膜中、ステージ5、ひいては、基板Swに高周波バイアス電力が投入され、主として金属原子のイオンを基板Sw側に積極的に引き付けるようにしている。

[0019] 高周波バイアス電源61としては、例えば13.56MHzの周波数で10kW以下の電力を出力できる公知のものが利用され、公知のパルス発生回路（図示せず）を更に備えている。そして、図2に示すように、パルス発生回路のスイッチング素子（図示せず）をオンオフ制御して所定周波数で高周

波バイアス電力を出力できるようにしている。インピーダンス整合器62としては、数ms短時間でプラズマのインピーダンスと高周波バイアス電源61側のインピーダンスとが整合できる、電子制御される可変リアクトル62a, 62bを有する電子マッチャーが利用される（図1中の拡大箇所参照）。このような電子マッチャーとしては公知のものが利用できるため、その制御回路や制御方法を含め、ここでは詳細な説明を省略する。

[0020] 真空チャンバ1の側壁には、ガス導入手段を構成する、アルゴン等の希ガスであるスパッタガスを導入するガス管7が接続され、ガス管7に介設したマスフローコントローラ71で流量制御したスパッタガスを真空雰囲気の真空チャンバ1内に導入することができる。上記セルフスパッタリング装置SMは、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コントローラCrを有し、制御コントローラCrは、第1及び第2の各直流電源E1, E2、高周波バイアス電源61やマスフローコントローラ71といった各種機器の作動を統括管理する。以下に、セルフイオンスパッタリング装置SMを用いてCu膜を成膜する場合を例にその成膜方法を具体的に説明する。

[0021] ターゲット2として所定純度の銅製のものが取り付けられた真空チャンバ1内のステージ5に基板Swを位置決め保持させた後、図外の真空排気手段によって真空チャンバ1内を所定圧力（例えば、 10^{-5} Pa）まで真空排気する。真空チャンバ1内の圧力が所定値に達すると、マスフローコントローラ71を制御して真空チャンバ1内にArガスを所定流量（例えば、10sccm～20sccmの範囲）で導入する。そして、リフレクタ板4に第2の直流電源E2より正電位（例えば、5V～100Vの範囲）を印加し、ターゲット2に第1の直流電源E1より負電位を持つ所定電力（例えば、18kW～24kWの範囲）を投入すると共に、ステージ5に高周波バイアス電源61によりインピーダンス整合器62を介して高周波バイアス電力（例えば、50W～1300Wの範囲）を投入する。すると、ターゲット2の下方空間にプラズマが発生し、この下方空間に磁石ユニット3からの漏洩磁場でプラズマが封じ込められる。この状態でマスフローコントローラ71を制

御してスパッタガスの導入を停止すると、低圧力下で自己放電する。そして、プラズマ中のスパッタガスのイオン等がターゲット2のスパッタ面21bに衝突してスパッタリングされ、ターゲット2から飛散し、リフレクタ板4で適宜反射されたCu原子や電離したCuイオンが、基板Sw表面に向かって強い直進性を持って引き付けられながら、各微細凹部Sfの内面Sf1, Sf2にて付着、堆積してCu膜が成膜される。

[0022] 本実施形態では、Cu膜の成膜中に高周波バイアス電源61によりステージ5に高周波バイアス電力を投入するときに、パルス発生回路のスイッチング素子（図示せず）をオンオフ制御して所定周波数で高周波バイアス電力を間欠的に投入すると共に、高周波バイアス電力を大小二段回に分けて投入している（図2参照）。即ち、Cu膜の成膜開始当初には、高周波バイアス電力を第1電力（例えば、10W～100Wの範囲、好ましくは50W）に設定し（第1工程）、所定時間経過すると、第1電力より大きい第2電力（例えば、500W～900Wの範囲、好ましくは700W）に変更して高周波バイアス電力を継続投入する（第2工程）。このとき、第1電力の投入時間と第2電力の投入時間とは、成膜しようとするCu膜の膜厚を基準とし、第1電力を投入して成膜するときの膜厚と、第2電力を投入するときの膜厚の比が、例えば1：3の範囲になるように設定することができる。また、高周波バイアス電力を間欠的に投入するときの周波数は、1kHz～20kHzの範囲に設定され、高周波バイアス電力を間欠的に投入するときのデューティ比（1cycleにおけるオン時間）が50%～90%の範囲に設定される。なお、周波数が1kHzより低い、または、デューティ比が50%より小さいと、リスパッタにより内側面Sf1への付着効果を有効に発揮させることができず、一方、デューティ比が90%より大きくなると、膜厚分布の面内均一性が損なわれる。また、周波数が20kHzより高くなると、後工程でメッキ法によりCu配線を埋め込む際に微細凹部Sf内にボイド（空隙）が発生するという問題が生じる。

[0023] これによれば、Cu膜の成膜当初には、ターゲット2から飛散するものが

各微細凹部S fの内底面S f 2に優先的に付着、堆積してCu膜が成膜される。そして、第1電力から第2電力に高周波バイアス電力が変更されると、ターゲット2側のからCu原子や電離したCuイオンに加えて、高周波バイアス電力が投入される毎に瞬間的に生ずる高いVdcにより、微細凹部S fの内底面S f 2のCu膜がリスパッタされ、このリスパッタされたものが、ターゲット側からのものと逆方向（下方）から微細凹部S fの内側面S f 1に付着、堆積するようになる。これにより、仮に微細凹部S fの内側面S f 1が平滑でないような場合でも、内側面S f 1に連続性を持ってカバレッジ良くCu膜を所定膜厚で成膜することができる。このとき、投入する高周波バイアス電力を変化させれば、主としてリスパッタされたものが付着する、微細凹部S fの内底面S f 2からの高さ位置を調整することができる。

[0024] また、上記のようにしてCu膜を成膜すると、オーバーハングの発生も可及的に抑制することができる。これは、上記従来例のようにリフレクタ板4に正の電位を印加しながら、ステージ5に高周波バイアス電力を連続して投入すると、Cuイオンは強い直進性を持ったまま直接基板Swへと引き付けられるが、そのときのCuイオンの中には、図3（a）に示すように、基板Sw表面（上面）に対して垂直な方向だけでなく、垂直方向に対して傾いた状態で引き付けられる（即ち、基板Swに対して斜入射する）ものもあり、その上、基板Sw表面と微差凹部の内側面との角部に電界が集中し易いことに起因すると考えられる。

[0025] それに対して、本実施形態では、高周波バイアス電力を間欠的に投入することでそのような電界集中を抑制することができる。しかも、図3（b）に示すように、高周波バイアス電力投入のオフ状態になる毎に、Cuイオンの基板Swへの引き付けが瞬間的になくなることで、基板Sw表面に対して垂直な方向から入射するようにCuイオンが軌道修正されることで、オーバーハングの発生が可及的に抑制されるものと考えられる。その結果、仮に微細凹部S fの内側面S f 1が平滑でないような場合でも、内側面S f 1に連続性を持ってカバレッジ良くCu膜を比較的薄い膜厚（例えば、200 Å～7

00 Åの範囲の膜厚)で成膜することができる。なお、上記成膜方法は、ターゲット2を所定純度のタンタル製のものとし、各微細凹部Sfの内面Sf1, Sf2にTa膜を成膜する場合にも有効であることが確認された。また、所定周波数で高周波バイアス電力を間欠的に投入する際に、リフレクタ板4に印加する電位を変化させると、それに応じて成膜レートを変化させることができ、このとき、リフレクタ板4に印加する電位に依存せずに、基板Sw面内の膜厚分布を略一定にできることが確認された。

[0026] 以上の効果を確認するために、図1に示すセルフスパッタリング装置SMを用い、Cu膜を成膜した。基板Swとして、Φ300mmのSiウエハ表面全体に亘ってシリコン酸化物膜を形成した後、このシリコン酸化物膜中に公知の方法で微細凹部(幅70nm、深さ210nm)をパターンニングして形成し、その後、微細凹部Sfの内面Sf1, Sf2にTa及びTaを13nmの膜厚で成膜したものを用いた。ターゲットとしては、組成比99.9999%のCu製のものを用いた。成膜条件として、ターゲット2のスパッタ面21bと基板Swとの間の距離を300mm、ターゲット2への投入電力を16kW(電流38A)、リフレクタ板4への投入電圧を100V、当初に導入するアルゴンガスの流量を10sccmに設定し、基板Swの温度が室温以下に維持しながら、所定時間だけCu膜の成膜することとした。

[0027] 比較実験1では、高周波バイアス電力を700Wに設定し、成膜開始当初から連続して投入した。それに対して、発明実験1では、周波数を1kHz、デューティ比を50%に設定して高周波バイアス電力を間欠的に投入した。これに加えて、成膜開始当初、高周波バイアス電力を50Wとして所定時間だけCu膜を成膜し、その後に高周波バイアス電力を700Wに変更し、Cu膜を成膜した。図4(a)及び(b)は、発明実験1及び比較実験での基板Sw中央部におけるSEM像である。これによれば、比較実験1では、基板Swの表面膜厚が36nm、微細凹部Sfの内底面Sf2の膜厚が7.1nm、内側面Sf1の膜厚の平均値が6.2nm、オーバーハング(即ち、基板Swの表面と微細凹部Sfの内側面Sf1上端とが交わる位置での微

細凹部S f 内側へと突出するCu膜の膜厚)が19.1nmであった(図4(b)参照)。それに対して、発明実験1では、基板Swの表面の膜厚が39.7nm、微細凹部S f の内底面S f 2の膜厚が12.7nm、内側面S f 1の膜厚の平均値が7.5nm、オーバーハングが13.9nmであり、比較実験1のものとは比べて、サイドカバレッジが向上し、その上、オーバーハングも抑制され、非対称性も小さく、しかも、内側面S f 1に連続性を持ってCu膜が成膜されていることが確認された(図4(a)参照)。

[0028] 次に、発明実験2として、周波数を10kHzとし、デューティ比を10%、50%及び90%に設定し、その他の成膜条件は発明実験1と同一としてCu膜を成膜し、SEM像により解析した。これによれば、デューティ比が10%の場合、基板面内の位置によっては、上記比較実験1のものと比較して内底面の膜厚が薄くなる箇所があり、しかも、オーバーハングの然程小さくならないことが確認された。他方で、デューティ比が50%または90%の場合はいずれも、上記比較実験のものとは比較して内側面の膜厚が1nm以上厚くなり、しかも、オーバーハングも5nm以上小さくなることが確認された。次に、発明実験3として、デューティ比を50%とし、周波数を1kHz、10kHz及び20kHzに設定し、その他の成膜条件は発明実験1と同一としてCu膜を成膜した。これによれば、周波数が1kHzから20kHzの範囲にあれば、上記比較実験1のものとは比較して内側面の膜厚が1nm以上厚くなって内側面S f 1に連続性を持ってCu膜が成膜され、しかも、オーバーハングも5nm以上小さくなり、非対称性も小さいことが確認された。

[0029] 次に、発明実験4として、高周波バイアス電力を30Wに設定し、成膜開始当初から連続して投入してCu膜を成膜した場合(発明実験4)と、高周波バイアス電力を0Wに設定してCu膜を成膜した場合(比較実験2)とを比較した。これによれば、微細凹部の内側面の膜厚は発明実験4と比較実験2とで殆ど同一であったが、発明実験4での微細凹部の内側面の膜厚は、比較実験2のものとは比較して1.3倍～1.6倍向上し、オーバーハングも抑

制されることが確認できた。これから、成膜開始当初に前記高周波バイアス電力を比較的小さい第1電力で投入すれば、微細凹部の内底面に金属膜を優先的に成膜できることが確認された。

[0030] 以上、本発明の実施形態について図面を参照して説明したが、本発明の技術思想の範囲を逸脱しない限り、種々の変形が可能である。上記実施形態では、高周波バイアス電源61に公知のパルス発生回路設けて所定周波数でオンオフするものを例に説明したが、ステージ5に間欠的に高周波バイアス電力を投入できるものであれば、これに限定されるものではない。また、インピーダンス整合器62として電子マッチャーを用いる場合を例に説明したが、数ms短時間でプラズマのインピーダンスと高周波バイアス電源61側のインピーダンスとを整合できるものであれば、これに限定されるものではない。更に、上記実施形態では、Cu膜やTa膜といった金属膜を成膜する場合を例に説明したが、これに限定されるものではない。例えば、ターゲット2を所定純度のタンタル製のものとし、また、成膜中には窒素ガスや酸素ガスといった反応性ガスも導入して微細凹部Sfの内面にカバレッジよくTaの窒化物膜、酸化物膜や酸窒化物膜（Ta含有膜）を成膜することにも本発明は広く適用できる。

符号の説明

[0031] SM…セルフスパッタリング装置、Sw…基板（成膜対象物）、Sf…微細凹部、Sf1…内側面、Sf2…内底面、1…真空チャンバ、2…ターゲット、4…リフレクタ板、5…ステージ、61…高周波バイアス電源、62…電子マッチャー（インピーダンス整合器）、7…ガス管（ガス導入手段の構成要素）。

請求の範囲

- [請求項1] 成膜対象物を表面に複数の微細凹部が形成されたものとし、真空チャンバ内に設置された成膜対象物の各微細凹部の内面に金属膜を成膜するための成膜方法において、
- 真空雰囲気中の真空チャンバ内に希ガスを含むスパッタガスを導入し、金属製のターゲットに負の電位を持つ電力を投入してプラズマを発生させた後に、スパッタガスの導入を停止し、低圧力下で自己放電させながらターゲットをスパッタリングする工程と、
- 成膜対象物とターゲットとの間の空間を囲繞するように配置されたリフレクタ板に対して正の電位を印加する工程と、
- 成膜対象物が設置されるステージに、高周波電源からプラズマのインピーダンスと高周波電源側のインピーダンスとを整合するインピーダンス整合器を介して高周波バイアス電力を投入する工程とを含み、
- 高周波バイアス電力の投入工程では、インピーダンス整合器として電子制御される可変リアクトルを有する電子マッチャーを用い、ステージに高周波バイアス電力を所定周波数で間欠的に投入することを特徴とする成膜方法。
- [請求項2] 前記高周波バイアス電力の投入工程は、成膜開始当初に前記高周波バイアス電力を第1電力に設定して各微細凹部の内底面に金属膜を優先的に成膜する第1工程と、第1電力より大きい第2電力に変更して高周波バイアス電力を投入する第2工程とを含むことを特徴とする請求項1記載の成膜方法。
- [請求項3] 高周波バイアス電力を間欠的に投入するときの前記周波数が1kHz～20kHzの範囲に設定されることを特徴とする請求項1記載の成膜方法。
- [請求項4] 高周波バイアス電力を間欠的に投入するときのデューティ比が50%～90%の範囲に設定されることを特徴とする請求項1記載の成膜方法。

[請求項5] 前記金属膜は、シード層として形成されるCu含有膜または前記Cu含有膜の下地層として形成されるTa含有膜であることを特徴とする請求項2～請求項4のいずれか1項に記載の成膜方法。

[請求項6] 成膜対象物を表面に複数の微細凹部が形成されたものとし、真空チャンバ内に設置された成膜対象物の各微細凹部の内面に金属膜を成膜するための成膜装置であって、

真空雰囲気中の真空チャンバ内に希ガスを含むスパッタガスを導入するガス導入手段と、金属製のターゲットに負の電位を持つ電力を投入するスパッタ電源と、成膜対象物とターゲットとの間の空間を囲繞するように配置されて正の電位が印加されるリフレクタ板と、成膜対象物が設置され、高周波電源からプラズマのインピーダンスと高周波電源側のインピーダンスとを整合するインピーダンス整合器を介して高周波バイアス電力が投入されるステージとを備え、ターゲットのスパッタ面の前方空間にプラズマを発生させた後に、スパッタガスの導入を停止し、低圧力下で自己放電させながらターゲットをスパッタリングするものにおいて、

インピーダンス整合器が、電子制御される可変リアクトルを有する電子マッチャーで構成され、高周波電源が高周波バイアス電力を所定周波数で間欠的に投入するように構成されることを特徴とする成膜装置。