

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2007-308808
(P2007-308808A)

(43) 公開日 平成19年11月29日(2007.11.29)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
C23C 14/34 (2006.01)	C23C 14/34 S	4K029
H01L 21/285 (2006.01)	H01L 21/285 S	4M104
H01L 21/3205 (2006.01)	H01L 21/88 R	5F033
H01L 23/52 (2006.01)		

審査請求 有 請求項の数 13 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2007-216826 (P2007-216826)	(71) 出願人	000227294 キヤノンアネルバ株式会社 神奈川県川崎市麻生区栗木2-5-1
(22) 出願日	平成19年8月23日 (2007.8.23)	(74) 代理人	100097548 弁理士 保立 浩一
(62) 分割の表示	特願平9-155980の分割	(72) 発明者	小林 正彦 神奈川県川崎市麻生区栗木2丁目5番1号 キヤノンアネルバ株式会社内
原出願日	平成9年5月28日 (1997.5.28)	(72) 発明者	沼沢 陽一郎 神奈川県川崎市麻生区栗木2丁目5番1号 キヤノンアネルバ株式会社内
		Fターム(参考)	4K029 AA06 AA24 BA17 BC03 BD02 CA05 CA13 CA15 DA10 DC03 DC27 DC39

最終頁に続く

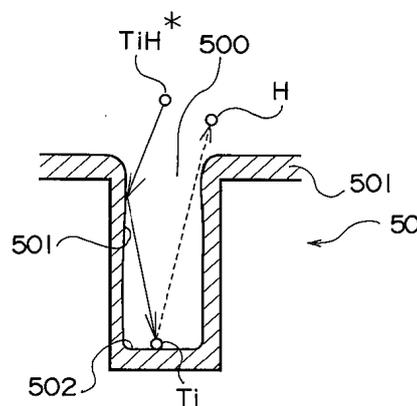
(54) 【発明の名称】 スパッタリング方法

(57) 【要約】

【課題】 アスペクト比4以上のホールの内面にボトムカバレッジ率よく成膜を行えるようにする。

【解決手段】 チタン等の金属製のターゲット2をスパッタして基板50に所定の薄膜を作成するスパッタチャンパー内に所定のガスを導入するガス導入手段4は、ターゲット2から放出されるスパッタ粒子に反応して、ホール500の側面501に対する付着性がスパッタ粒子単体の場合よりもより低く且つホール500の底面502において解離可能な化合物を生成する水素等の反応性ガスを導入することが可能である。狭いホール500の底面502まで効率よくスパッタ粒子が到達できるので、ホール500の底面502での膜堆積が促進され、ボトムカバレッジ率が向上する。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板の表面に薄膜を作成するスパッタリング方法であって、

基板が保持されたスパッタチャンバー内に、所定のスパッタ放電用のガスを導入してスパッタ放電を生じさせ、スパッタ放電によりターゲットから放出されるスパッタ粒子を前記表面に到達させて前記薄膜を作成する方法であり、

スパッタ粒子と反応して、基板の表面に対する付着性が当該スパッタ粒子単体の場合よりもより低く且つ基板の表面において解離する化合物を生成する反応性ガスを前記スパッタ用ガスとともに導入しながら行うことを特徴とするスパッタリング方法。

【請求項 2】

前記反応性ガスは、前記スパッタ粒子と反応した際に化合物を生成するガスであり、この化合物は、最初に基板の表面に達した際の表面に対する付着性がスパッタ粒子単体の場合よりもより低く且つ再度基板の表面に達した際に解離するものであることを特徴とする請求項 1 記載のスパッタリング方法。

【請求項 3】

表面に微細なホールが形成された基板に対し、そのホールの内面に薄膜を作成するスパッタリング方法であって、

基板が保持されたスパッタチャンバー内に、所定のスパッタ放電用のガスを導入してスパッタ放電を生じさせ、スパッタ放電によりターゲットから放出されるスパッタ粒子を前記表面に到達させて前記薄膜を作成する方法であり、

スパッタ粒子と反応して、当該スパッタ粒子単体よりも前記ホールの側壁に対する付着性がより低く且つホールの底面において解離する化合物を生成する反応性ガスを前記スパッタ用ガスとともに導入しながら行うことを特徴とするスパッタリング方法。

【請求項 4】

前記反応性ガスは、前記スパッタ粒子と反応した際に化合物を生成するガスであり、この化合物は、最初にホールの側壁に達した際の側壁に対する付着性がスパッタ粒子単体の場合よりもより低く且つその後ホールの底面に達した際に解離するものであることを特徴とする請求項 3 記載のスパッタリング方法。

【請求項 5】

前記反応性ガスは、イオン化した際にスパッタ粒子から電子を奪ってスパッタ粒子をイオン化させることが可能なものであることを特徴とする請求項 1 乃至 4 いずれかに記載のスパッタリング方法。

【請求項 6】

前記ターゲットはチタンから形成されており、前記反応性ガスは水素であることを特徴とする請求項 1 乃至 5 いずれかに記載のスパッタリング方法。

【請求項 7】

水素ガスよりなる反応性ガスとともに、アルゴンガスと窒素ガスを導入しながら行うことを特徴とする請求項 6 記載のスパッタリング方法。

【請求項 8】

前記ターゲットはチタンから形成されており、窒素を導入せずに前記反応性ガスとして水素を導入しながら行うことを特徴とする請求項 1 乃至 5 いずれかに記載のスパッタリング方法。

【請求項 9】

前記水素を活性化させて水素ラジカルを生成しながら行うことを特徴とする請求項 6、7 又は 8 記載のスパッタリング方法。

【請求項 10】

前記ターゲットから基板へのスパッタ粒子の飛行経路に、前記スパッタ放電によって形成されるプラズマとは別のプラズマを形成し、この別のプラズマ中で前記スパッタ粒子又は前記反応性ガスを活性化又はイオン化させることを特徴とする請求項 1 乃至 9 いずれかに記載のスパッタリング方法。

10

20

30

40

50

【請求項 1 1】

前記反応性ガスを活性化又はイオン化させた状態で導入することを特徴とする請求項 1 乃至 1 0 いずれかに記載のスパッタリング方法。

【請求項 1 2】

前記活性化又はイオン化させた反応性ガスを基板の表面近傍の空間に向けて導入することを特徴とする請求項 1 1 記載のスパッタリング方法。

【請求項 1 3】

基板に対して垂直にイオンを入射させるためのイオン入射用電界を設定しながら行うことを特徴とする請求項 1 乃至 1 2 いずれかに記載のスパッタリング方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本願の発明は、各種半導体デバイス等の製作に使用されるスパッタリング方法に関し、特に、高アスペクト比のホール内に成膜するのに適したスパッタリング方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

各種メモリやロジック等の半導体デバイスでは、各種配線膜の作成や異種層の相互拡散を防止するバリア膜の作成等の際にスパッタリングプロセスを用いており、スパッタリング装置が多用されている。このようなスパッタリング装置に要求される特性は色々あるが、基板に形成されたホールの内面にカバレッジ性よく被覆できることが、最近強く求められている。

20

【0003】

具体的に説明すると、例えばDRAMで多用されているCMOS-FET（電界効果トランジスタ）では、拡散層の上に設けたコンタクトホールの内面にバリア膜を設けてコンタクト配線層と拡散層とのクロスコンタミネーションを防止する構造が採用される。また、各メモリセルの配線を行う多層配線構造では、下層配線と上層配線とをつなぐため、層間絶縁膜にスルーホールを設けこのスルーホール内を層間配線で埋め込むことが行われるが、この際にも、スルーホール内にバリア膜を作成して、クロスコンタミネーションを防止した構造が採られる。

30

【0004】

このようなホールは、集積度の増加を背景として、そのアスペクト比（ホールの開口の直径又は幅に対するホールの深さの比）が年々高くなってきている。例えば、64メガビットDRAMでは、アスペクト比は4程度であるが、256メガビットでは、アスペクト比は5～6程度になる。

【0005】

バリア膜の場合、ホールの周囲の面への堆積量に対して10から15%の量の薄膜をホールの底面に堆積させる必要があるが、高アスペクト比のホールについては、ボトムカバレッジ率（ホールの周囲の面への成膜速度に対するホール底面への堆積速度の比）を高くして成膜を行うことが困難である。ボトムカバレッジ率が低下すると、ホールの底面でバリア膜が薄くなり、ジャンクションリーク等のデバイス特性に致命的な欠陥を与える恐れがある。

40

【0006】

ボトムカバレッジ率を向上させるスパッタリングの手法として、コリメートスパッタや低圧遠隔スパッタ等の手法がこれまで開発されてきた。コリメートスパッタは、ターゲットと基板との間に基板に垂直な方向の穴を多数開けた板（コリメーター）を設け、基板にはほぼ垂直に飛行するスパッタ粒子のみを選択的に基板に到達させる手法である。

【0007】

また、低圧遠隔スパッタは、ターゲットと基板との距離を長くして（通常の約3倍から

50

5倍)基板にほぼ垂直に飛行するスパッタ粒子を相対的によく基板に入射させるようにするとともに、通常より圧力を低くして(0.8mTorr程度以下)平均自由行程を長くすることでこれらのスパッタ粒子が散乱されないようにする手法である。

【0008】

上記コリメートスパッタでは、アスペクト比2のホールに対して20~30%程度のボトムカバレッジ率が得られており、通常のスパッタリング装置よりは優れた結果が得られる。しかしながら、コリメートスパッタではコリメーターの部分にスパッタ粒子が堆積して損失になるために成膜速度が低下したり、コリメーターに堆積した薄膜が剥離してパーティクル発生の原因となったりする問題がある。このため、コリメートスパッタは、アスペクト比が3程度の16メガビットのクラスまでのデバイスが限界とされている。

10

【0009】

一方、低圧遠隔スパッタでは、アスペクト比2のホールに対して約40%、アスペクト比3.5のホールに対して約20%のボトムカバレッジ率が得られており、コリメートスパッタよりも優れた性能を示している。しかしながら、低圧遠隔スパッタでは、圧力を低くしターゲットと基板との距離を長くするため本質的に成膜速度が低下する問題があり、低圧遠隔スパッタでもアスペクト比4程度までのデバイスが限界とされている。

【特許文献1】特開平10-237662号公報

【特許文献2】特開昭58-158918号公報

【特許文献3】特開平9-120991号公報

【特許文献4】特開平1-259168号公報

20

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

本願の発明は、上述のような従来状況をふまえ、アスペクト比4以上のホールの内面にボトムカバレッジ率よく成膜を行えるようにすることを解決課題としている。

【課題を解決するための手段】

【0011】

上記課題を解決するため、本願の請求項1記載の発明は、基板の表面に薄膜を作成するスパッタリング方法であって、

基板が保持されたスパッタチャンバー内に、所定のスパッタ放電用のガスを導入してスパッタ放電を生じさせ、スパッタ放電によりターゲットから放出されるスパッタ粒子を前記表面に到達させて前記薄膜を作成する方法であり、

30

スパッタ粒子と反応して、基板の表面に対する付着性が当該スパッタ粒子単体の場合よりもより低く且つ基板の表面において解離する化合物を生成する反応性ガスを前記スパッタ用ガスとともに導入しながら行うという構成を有する。

また、上記課題を解決するため、請求項2記載の発明は、上記請求項1の構成において、前記反応性ガスは、前記スパッタ粒子と反応した際に化合物を生成するガスであり、この化合物は、最初に基板の表面に達した際の表面に対する付着性がスパッタ粒子単体の場合よりもより低く且つ再度基板の表面に達した際に解離するものであるという構成を有する。

40

また、上記課題を解決するため、請求項3記載の発明は、表面に微細なホールが形成された基板に対し、そのホールの内面に薄膜を作成するスパッタリング方法であって、

基板が保持されたスパッタチャンバー内に、所定のスパッタ放電用のガスを導入してスパッタ放電を生じさせ、スパッタ放電によりターゲットから放出されるスパッタ粒子を前記表面に到達させて前記薄膜を作成する方法であり、

スパッタ粒子と反応して、当該スパッタ粒子単体よりも前記ホールの側壁に対する付着性がより低く且つホールの底面において解離する化合物を生成する反応性ガスを前記スパッタ用ガスとともに導入しながら行うという構成を有する。

また、上記課題を解決するため、請求項4記載の発明は、上記請求項3の構成において、前記反応性ガスは、前記スパッタ粒子と反応した際に化合物を生成するガスであり、こ

50

の化合物は、最初にホールの側壁に達した際の側壁に対する付着性がスパッタ粒子単体の場合よりもより低く且つその後ホールの底面に達した際に解離するものである。

また、上記課題を解決するため、請求項 5 記載の発明は、上記請求項 1 乃至 4 いずれかの構成において、前記反応性ガスは、イオン化した際にスパッタ粒子から電子を奪ってスパッタ粒子をイオン化させることが可能なものであるという構成を有する。

また、上記課題を解決するため、請求項 6 記載の発明は、上記請求項 5 の構成において、前記ターゲットはチタンから形成されており、前記反応性ガスは水素であるという構成を有する。

また、上記課題を解決するため、請求項 7 記載の発明は、上記請求項 6 の構成において、水素ガスよりなる反応性ガスとともに、アルゴンガスと窒素ガスを導入しながら行うという構成を有する。 10

また、上記課題を解決するため、請求項 8 記載の発明は、上記請求項 1 乃至 5 いずれかの構成において、前記ターゲットはチタンから形成されており、窒素を導入せずに前記反応性ガスとして水素を導入しながら行うという構成を有する。

また、上記課題を解決するため、請求項 9 記載の発明は、上記請求項 6 乃至 8 いずれかの構成において、前記水素を活性化させて水素ラジカルを生成しながら行うという構成を有する。

また、上記課題を解決するため、請求項 10 記載の発明は、上記請求項 1 乃至 9 いずれかの構成において、前記ターゲットから基板へのスパッタ粒子の飛行経路に、前記スパッタ放電によって形成されるプラズマとは別のプラズマを形成し、この別のプラズマ中で前記スパッタ粒子又は前記反応性ガスをイオン化させるという構成を有する。 20

また、上記課題を解決するため、請求項 11 記載の発明は、上記請求項 1 乃至 10 いずれかの構成において、前記反応性ガスを活性化又はイオン化させた状態で導入する、という構成を有する。

また、上記課題を解決するため、請求項 12 記載の発明は、上記請求項 11 の構成において、前記活性化又はイオン化させた反応性ガスを基板の表面近傍の空間に向けて導入するという構成を有する。

また、上記課題を解決するため、請求項 13 記載の発明は、上記請求項 1 乃至 12 いずれかの構成において、基板に対して垂直にイオンを入射させるためのイオン入射用電界を設定しながら行うという構成を有する。 30

【発明の効果】

【0012】

以下に説明する通り、本願の請求項 1 の発明によれば、基板の表面の特定の領域に効率よくスパッタ粒子を到達させることができ、特定領域における成膜速度の低下を補ったり、特定の領域にのみ選択的に薄膜を堆積させようにすることが可能となる。

また、請求項 3 の発明によれば、ホールの底面に効率よくスパッタ粒子を到達させて薄膜を堆積させることができるので、ボトムカバレッジ率が向上する。このため、アスペクト比 4 以上のホールに対して十分なボトムカバレッジ率で成膜を行うことができ、256メガビット以降の次世代のデバイスの製作に特に好適なものとなる。

また、請求項 5 の発明によれば、上記効果に加え、スパッタ粒子がイオン化されるので、イオン化スパッタリングの効果も期待でき、この点でさらにボトムカバレッジ率の高い成膜が可能となる。 40

また、請求項 6、7、8 又は 9 の発明によれば、上記効果に加え、二つの層の相互拡散を防止するバリア膜を作成する場合に特に好適なものになる。

また、請求項 10 の発明によれば、スパッタ放電によるプラズマとは別にプラズマが形成されて当該プラズマ中で反応性ガスがイオン化したり活性化したりするので、上記効果がさらに増進される。

また、請求項 11 の発明によれば、反応性ガスがイオン化したり活性化したりした状態で導入されるので、上記請求項 1 又は 3 の発明の効果がさらに高く得られる。

また、請求項 12 の発明によれば、イオン化したり活性化したりした反応性ガスが基板に 50

向けて供給されるので、上記請求項 1 1 の発明の効果がさらに高く得られる。

また、請求項 1 3 の発明によれば、基板に垂直なイオン入射用電界が設定されるので、イオンした反応性ガスを効率よく基板の表面近傍の空間に引きつけたり、イオン化スパッタリングの効果をより向上させたりする効果がある。このため、上記各請求項の発明の効果がさらに増進される。

【発明を実施するための最良の形態】

【0013】

以下、本願発明を実施するための最良の形態（実施形態）について説明する。

図 1 は、本願発明の第一の実施形態のスパッタリング方法の実施に使用されるスパッタリング装置の構成を説明する正面概略図である。図 1 に示すスパッタリング装置は、排気系 1 1 を備えたスパッタチャンバー 1 と、このスパッタチャンバー 1 内に設けられたターゲット 2 と、このターゲット 2 をスパッタするスパッタ電源 3 と、スパッタチャンバー 1 内に所定のガスを導入するガス導入手段 4 と、ターゲット 2 から放出されたスパッタ粒子が入射する位置に基板 5 0 を保持する基板ホルダー 5 とを備えている。

10

【0014】

まず、スパッタチャンバー 1 は、不図示のゲートバルブを備えた気密な容器である。このスパッタチャンバー 1 は、ステンレス等の金属製であり、電気的には接地されている。排気系 1 1 は、ターボ分子ポンプや拡散ポンプ等を備えた多段の真空排気システムで構成されており、スパッタチャンバー 1 内を 10^{-8} Torr 程度まで排気可能になっている。また、排気系 1 1 は、バリアブルオリフィス等の不図示の排気速度調整器を備え、排気速度を調整することが可能になっている。

20

【0015】

ターゲット 2 は、金属製であり、本実施形態ではチタンで形成されている。ターゲット 2 は、例えば厚さ 6 mm、直径 300 mm 程度の円板状であり、金属製のターゲットホルダー 2 1 及び絶縁体 2 2 を介してスパッタチャンバー 1 に取付けられている。ターゲット 2 の背後には、磁石機構 3 0 が設けられており、マグネトロンスパッタを行うようになっている。磁石機構 3 0 は、中心磁石 3 1 と、この中心磁石 3 1 を取り囲む周辺磁石 3 2 と、中心磁石 3 1 及び周辺磁石 3 2 とを繋ぐ円板状のヨーク 3 3 とから構成されている。尚、各磁石 3 1, 3 2 は、いずれも永久磁石であるが、電磁石でこれらを構成することも可能である。

30

スパッタ電源 3 は、所定の負の高電圧をターゲット 2 に印加するよう構成される。例えばチタンのスパッタの場合、700 V 程度の負の直流電圧を印加するよう構成されることが多い。

【0016】

さて、図 1 に示す装置の大きな特徴点を成すガス導入手段 4 は、スパッタ放電を生じさせるためのスパッタ放電用ガスとしてのアルゴンと、反応性ガスとしての水素と、窒素ガスをスパッタチャンバー 1 内に導入することが可能になっている。具体的には、ガス導入手段 4 は、アルゴンガス導入系 4 1 と、水素ガス導入系 4 2 と、窒素ガス導入系 4 3 とを有している。それぞれのガス導入系 4 1, 4 2, 4 3 は、それぞれのガスを溜めたボンベ 4 1 1, 4 2 1, 4 3 1 と、配管上に設けられたバルブ 4 1 2, 4 2 2, 4 3 2 及び流量調整器 4 1 3, 4 2 3, 4 3 3 等から構成されている。

40

【0017】

アルゴンガス導入系 4 1、水素ガス導入系 4 2 及び窒素ガス導入系 4 3 は、同一の主配管 4 0 に接続されており、所定の混合比に混合したり、バルブ 4 1 2, 4 2 2, 4 3 2 の切替えによっていずれかのガスを選択したりしてスパッタチャンバーに導入することが可能になっている。尚、ガス導入手段 4 の主配管 4 0 は、スパッタチャンバー 1 を気密に貫通し、ターゲット 2 の下方のスパッタ放電空間に向けてガスを導入するよう構成されている。

【0018】

基板ホルダー 5 は、絶縁体 5 3 を介してスパッタチャンバー 1 に気密に設けられており

50

、ターゲット2に対して平行に基板50を保持するようになっている。基板ホルダー5には、基板50を静電気によって吸着する不図示の静電吸着機構が設けられる。静電吸着機構は、基板ホルダー5内に設けられた吸着電極と吸着電極に直流電圧を印加する吸着電源とから構成される。尚、成膜中に基板50を加熱して成膜を効率的にする不図示の加熱機構等が基板ホルダー5内に設けられる場合がある。

【0019】

また、図1に示す装置では、基板50に対して垂直にイオンを入射させるためのイオン入射用電界を設定する電界設定手段6が設けられている。この電界設定手段6は、本実施形態では、高周波とプラズマとの相互作用によって基板50にセルフバイアス電圧を与える基板バイアス用電源61によって構成されている。基板バイアス用電源61は、例えば周波数13.56MHzで出力200W程度の高周波を発生させるものが使用され、不図示の整合器を介して基板ホルダー5に高周波電力を供給するようになっている。尚、基板バイアス用電源61は、60~100MHz程度の周波数でもよい。

10

【0020】

スパッタ電源3によってスパッタ放電が生ずると、ターゲット2の下方に放電によるプラズマPが生成されるが、基板バイアス用電源61によって基板50に高周波電圧が印加されると、基板50の上方の空間にも弱いプラズマP'が生成される。このうち、基板50の表面にはこのプラズマP'中の荷電粒子が周期的に引き寄せられる。このうち、移動度の高い電子は正イオンに比べて多くが基板50の表面に引き寄せられ、その結果、基板50の表面は負の電位にバイアスされたのと同じ状態になる。具体的には、上述した例の基板バイアス用電源61の場合、平均値で-100V程度のバイアス電圧を基板50に与えることができる。

20

【0021】

上記基板バイアス電圧が与えられた状態は、直流二極放電でプラズマを形成した場合の陰極シース領域と同様であり、プラズマP'と基板50との間に基板50に向かって下がる電位傾度を有するイオン入射用電界が設定された状態となる。このイオン入射用電界によって、基板50の上方に存在するイオンが引き出されて基板50に効率良く入射するようになっている。

【0022】

尚、図1に示す装置は、スパッタ粒子の不必要な場所への付着を防止する防着シールド8がスパッタチャンバー1内に設けられている。防着シールド8はほぼ円筒状の部材であり、ターゲット2と基板ホルダー5との間の空間を取り囲むようにして設けられている。

30

【0023】

スパッタ粒子がスパッタチャンバー1の器壁等の不必要な場所に付着すると、経時的に薄膜を堆積する。この薄膜がある程度の量に達すると内部ストレス等によって剥離し、スパッタチャンバー1内をパーティクルとなって浮遊する。このパーティクルが基板50に達すると、局所的な膜厚異常等の不良を発生させる。このため、本実施形態の方法は、ターゲット2と基板ホルダー5との間の空間を防着シールド8で取り囲み、不要な場所へのスパッタ粒子の付着を防止している。防着シールド8の表面には、堆積した薄膜の剥離を防止する凹凸が形成されている。また、防着シールド8は、交換可能に設けられており、薄膜が所定の厚さになると新品のもの又は薄膜を除去したものと交換される。

40

【0024】

次に、上記構成に係る装置の動作を説明しながら、実施形態のスパッタリング方法について説明する。まず、基板50が不図示のゲートバルブを通してスパッタチャンバー1内に搬入され、基板ホルダー5上に載置される。スパッタチャンバー1内は予め 10^{-8} Torr程度まで排気されおり、基板50の載置後にガス導入手段4が動作し、スパッタ放電用ガスとしてのアルゴンと反応性ガスとしての水素とを所定の流量でスパッタチャンバー1内に導入する。

【0025】

排気系11の排気速度調整器を制御してスパッタチャンバー1内を例えば60mTorr

50

r 程度に維持し、この状態でスパッタ放電を始動させる。即ち、スパッタ電源 3 によってターゲット 2 に所定の電圧を与え、イオン化したアルゴンガスがターゲット 2 を叩くことによってマグネトロンスパッタ放電が生じる。これによって、ターゲット 2 の下方にプラズマ P が形成される。並行して、電界設定手段 6 としての基板バイアス用電源 6 1 を動作させ、イオン入射用電界を設定する。

【0026】

スパッタによってターゲット 2 から放出されたスパッタ粒子は、基板 5 0 に達して基板 5 0 の表面に所定の薄膜を堆積する。薄膜が所定の厚さに達すると、基板バイアス用電源 6 1、スパッタ電源 3 及びガス導入手段 4 の動作を停止させ、スパッタチャンパー 1 内を再度排気した後、基板 5 0 をスパッタチャンパー 1 から搬出する。尚、メタルのスパッタでは、スパッタ粒子は殆どの場合原子の状態ターゲットから放出されるので、以下の説明では、適宜「スパッタ粒子」を「スパッタ原子」と言い換える。

10

【0027】

上記実施形態の方法により集積回路用のバリア膜を作成する例について説明すると、まず、最初にスパッタ放電用ガスとしてアルゴンを導入して上述のようにチタン薄膜を成膜する。そして、その後スパッタ放電用ガスを窒素に切り替えて導入し、チタンと窒素との反応を補助的に利用しながら窒化チタン薄膜を成膜する。これによって、チタン薄膜の上に窒化チタン薄膜を積層したバリア膜が得られる。

【0028】

さて、上記構成に係る本実施形態のスパッタリング方法の大きな特徴点は、基板 5 0 の表面に形成された微細なホールに対するボトムカバレッジ率を向上させるため、基板 5 0 の表面に対するスパッタ原子の付着性を制御している。この点を以下に詳説する。図 2 は、反応性ガスの効果について説明する断面概略図である。

20

【0029】

発明者の研究によると、上述した水素ガスのような反応性ガスをアルゴン等のスパッタ放電用ガスに所定の比率で混合して導入すると、スパッタ原子と反応性ガスとの反応によってスパッタ粒子の基板 5 0 に対する付着性を下げることができ、結果的に、微細なホールに対するボトムカバレッジ率を向上できることが判明した。

【0030】

上述したチタン製のターゲット 2 のスパッタにおいて、アルゴンガスと水素ガスとの流量比を例えば 9 : 1 程度に設定し、60 mTorr 程度の圧力にてスパッタを行うと、アルゴンガス 100 % の場合に比べ、アスペクト比 4 のホールに対するボトムカバレッジ率は 40 % から 60 % 程度へと改善される。この原因については、完全に解明された訳ではないが、以下のように推察される。

30

【0031】

即ち、例えば、導入された水素ガスは、アルゴンガスによるスパッタ放電で形成されたプラズマ中によって活性化して、水素ラジカルが生成される。この水素ラジカルは、ターゲット 2 から放出されたチタン原子と反応し、TiHラジカルが生成される。

【0032】

このTiHラジカルは、蒸気圧が高く、従って、基板 5 0 の表面に対する付着係数（表面に到達した際にその表面に付着する度合い）が小さい。このため、このようなTiHラジカルが基板 5 0 の表面のホール 5 0 0 内に入射すると、TiHラジカルはホール 5 0 0 の側壁 5 0 1 には付着せず、その多くがホール 5 0 0 の底面 5 0 2 にまで落下してくる。そして、底面 5 0 2 において基板 5 0 の材料を触媒としてTiHはTiとHに解離し、Tiはチタン薄膜 5 1 0 を堆積させる。Hは水素ガス分子となって揮発し、最終的には排気系 1 1 によってスパッタチャンパー 1 から排気されることになる。

40

【0033】

このように、反応性ガスとしての水素ガスは、Tiスパッタ原子を付着係数の低いTiHラジカルに変え、Tiをホール 5 0 0 の底面 5 0 2 にまで効率良く導く作用を有している。このような作用のため、ホール 5 0 0 に対するボトムカバレッジ率が向上するものと

50

考えられる。

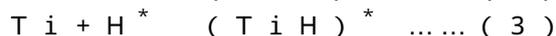
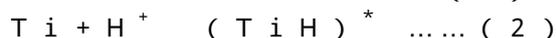
【0034】

尚、付着係数は、一般に蒸気圧に依存する。従って、請求項1にいう「付着性がより低く」は、「蒸気圧がより高く」と言い換えることも可能である。300程度におけるTiの飽和蒸気圧は 10^{-11} Torr以下であり、TiHの飽和蒸気圧は760 Torr以上である。TiHラジカルの飽和蒸気圧はTiHより高いと考えられるから、TiHラジカルは、Tiより飽和蒸気圧はるかに高く、従って、付着係数が低い。

【0035】

次に、上記のように反応性ガスとして水素を導入した場合のTiスパッタ原子の反応について、より詳細に検討する。まず、気相中では、以下のような反応が生じていることが

10



式(1)は、Tiスパッタ原子が水素イオンに電子を奪われることによってTiイオンに変化する反応、式(2)は、Tiスパッタ原子が水素イオンと反応してTiHラジカルを生成する反応、式(3)は、Tiスパッタ原子が水素ラジカルと反応してTiHラジカルを生成する反応をそれぞれ示している。

【0036】

一方、基板50の表面では、以下のような反応が生じていることが予想される。

20



式(4)は、TiHラジカルが基板50の表面への衝突によって失活する過程を表しており、式(5)は、TiHがTi(固体)とH(気体)に解離する反応を表している。尚、Tiはチタン薄膜を堆積する素となり、HはH₂となって再び空間に放出され、上記のような反応に再び利用されるか、又は、最終的に排気系11によって排気される。

【0037】

多くの場合、式(4)と式(5)は連続的であると考えられる。つまり、式(2)又は式(3)の反応によって生成されたTiHラジカルは、基板50の表面に対する一回又は数回の衝突によって失活してTiHとなり、それが再び基板50の表面に達した際、TiとHに解離するものと考えられる。上述のように、水素を反応性ガスとして使用するとボトムカバレッジ率が向上するのは、この式(4)の反応が専らホールの側面への衝突の際に頻繁に起こり、式(5)がホールの底面への到達の際に頻繁に起こるものと考えられる。

30

【0038】

また、式(1)によって生成されたイオン化Tiスパッタ原子は、イオン化スパッタリングの作用も生じさせているものと考えられる。図3は、イオン化スパッタリングの作用を説明する断面概略図である。

【0039】

図3(a)に示すように、基板50の表面に形成された微細なホール500内に薄膜510を堆積させる際、ホール500の開口の縁503の部分に薄膜が盛り上がり堆積する傾向がある。この盛り上がりの部分の薄膜510は「オーバーハング」と呼ばれるが、オーバーハングが形成されると、ホール500の開口が小さくなって見かけ上アスペクト比が高くなってしまふ。このため、ホール500内に達するスパッタ原子の量が少なくなり、ボトムカバレッジ率が低下してしまふ。

40

【0040】

ここで、図3(b)に示すように、イオン化Tiスパッタ原子が基板50に達すると、このイオン化Tiスパッタ原子はオーバーハングの部分の薄膜510を再スパッタして崩し、ホール500内に落とし込むように作用する。このため、ホール500の開口が小さくなるのを防止するとともに、ホール500の底面502への膜堆積を促進するため、ボ

50

トムカバレッジ率が向上する。尚、このようなオーバーハングの再スパッタは、イオン化Tiスパッタ原子のみならず、上述した水素イオンや、スパッタ放電用ガスとしてのアルゴンガスのイオンによっても生じ得る。

【0041】

また、本実施形態の方法では、上述した通り電界設定手段6によって基板50に垂直な基板50に向かって電位が下がるイオン入射用電界が設定されるので、上記イオン化Tiスパッタ原子は、このイオン入射用電界によって導かれて基板50に垂直に入射し易くなる。このため、イオン化Tiスパッタ粒子は深いホール500の底面502にまで到達し易くなり、この点もトムカバレッジ率の向上に貢献しているものと考えられる。このように、本実施形態の方法では、基板50の表面へのスパッタ原子の付着性を下げる反応を補助的に利用するとともに、イオン化スパッタリングの作用も利用することで、トムカバレッジ率の高い成膜を達成している。

10

【0042】

次に、本願発明の第二の実施形態について説明する。図4は、第二の実施形態のスパッタリング方法の実施に使用されるスパッタリング装置の構成を説明する正面概略図である。この第二の実施形態の方法が第一の実施形態の方法と異なるのは、ターゲット2から基板50へのスパッタ粒子の飛行経路に、スパッタ放電によって形成されるプラズマPとは別のプラズマP''を形成してスパッタ原子又は反応性ガスをイオン化させるプラズマ形成手段7が設けられている点である。

【0043】

プラズマ形成手段7は、本実施形態では、スパッタ粒子の飛行経路に設定されたプラズマ形成空間に高周波電界を誘起することでプラズマP''を形成するよう構成されている。より具体的には、プラズマ形成手段7は、プラズマ形成空間を取り囲むよう配置された高周波コイル71と、高周波コイル71に不図示の整合器を介して所定の高周波電力を供給するプラズマ用高周波電源72とから構成されている。プラズマ用高周波電源72は、例えば周波数13.56MHzで出力は3kW程度である。

20

【0044】

ガス導入手段4によって導入されたスパッタ放電用ガスとしてのアルゴンガスや反応性ガスとしての水素ガスは、高周波コイル71によって誘起された高周波電界からエネルギーを与えられてプラズマ化し、プラズマP''を形成する。プラズマP''中では、水素イオンや水素ラジカルが盛んに生成される。これらの水素イオンや水素ラジカルは、前述した式(1)から式(5)に示すようにTiHラジカルやTiイオンを生成し、前述したのと同様にトムカバレッジ率の向上に貢献する。

30

【0045】

前述したように、水素イオンや水素ラジカルは、スパッタ放電によって形成されるプラズマP中でも生成されるが、本実施形態では、プラズマP''中でもさらに生成されるため、より多くの量の水素イオンや水素ラジカルを得て、上記トムカバレッジ率向上の効果をより高く得ることができる。

【0046】

また、プラズマP''はTiスパッタ原子の飛行経路に形成されるので、ターゲット2から飛来するTiスパッタ原子のうちには、プラズマP''中で直接イオン化するものを多くある。このため、上述したイオン化スパッタリングの効果も本実施形態の方法では増進されており、この点でもトムカバレッジ率のさらなる向上に貢献している。

40

【0047】

次に、本願発明の第三の実施形態について説明する。図5は、第三の実施形態のスパッタリング方法の実施に使用されるスパッタリング装置の構成を説明する正面概略図である。この第三の実施形態の方法が第一及び第二の実施形態の方法と異なるのは、ガス導入手段4が、反応性ガスを活性化又はイオン化させた状態で導入する点である。

【0048】

まず、本実施形態のガス導入手段4では、アルゴンガス導入系41と窒素ガス導入系4

50

3とは同一の主配管40に接続されており、所定の混合比に混合したり、バルブ412, 432の切替えによってどちらか一方のみを選択したりしてスパッタチャンバーに導入することが可能になっている。

【0049】

また、図5に示すように、水素ガス導入系42の配管420は複数に分岐し、各々の先端にはエネルギー供給管424が接続されている。エネルギー供給管424は、内径30mm程度の円管状であり、内部をスパッタチャンバー1内に連通させた状態でスパッタチャンバー1に気密に接続されている。尚、エネルギー供給管424は、例えば4本程度設けられ、スパッタチャンバー1の側壁に等間隔をおいて接続される。

【0050】

そして、各エネルギー供給管424内には高周波アンテナ425が設けられており、高周波アンテナ425には反応性ガス用高周波電源426が接続されている。高周波アンテナ425としては、本実施形態では、シングルループタイプのアンテナが使用されており、反応性ガス用高周波電源426から高周波電力が供給されて励振され、エネルギー供給管424内に高周波電界を放射するようになっている。尚、反応性ガス用高周波電源426としては、例えば周波数60MHzで出力200W程度ものが使用される。

【0051】

高周波アンテナ425から放射された高周波電界は、配管420から導入された水素ガスにエネルギーを与えてイオン化させたり活性化させたりする。この結果、エネルギー供給管424からは水素イオンや水素ラジカルが豊富に供給される。このため、前述した式(1)から式(5)に従った反応がより多く行われ、ボトムカバレッジ率改善の効果がさらに高く得られる。

【0052】

尚、この実施形態では、上述のように水素イオンや水素ラジカルが豊富に供給されるので、第二の実施形態におけるようなプラズマ形成手段7は採用されていない。しかしながら、この第三の実施形態においてもプラズマ形成手段7を採用することには効果がある。

【0053】

例えば、エネルギー供給管424から供給された水素イオンが再結合して中性水素ガスになったり、水素ラジカルが失活して定常状態の水素ガスになったりした場合、プラズマ形成手段7が形成するプラズマはこれらの水素ガスを再びイオン化したり活性化したりすることができる。このため、上記式(1)から式(5)の過程をより効率的に維持することができ、ボトムカバレッジ率改善の効果をより効率的に得ることができる。尚、水素イオンの再結合や水素ラジカルの失活の問題は、水素イオンや水素ラジカルの供給個所が基板から離れている場合に起こり得るので、この第三の実施形態においてプラズマ形成手段7を採用することは特に効果がある。

【0054】

また、この第三の実施形態においても、プラズマ形成手段7を採用することによって、ターゲット2から飛来するTiスパッタ原子を効率よくイオン化させるが可能となり、前述したイオン化スパッタの効果を得ることができる。

【0055】

次に、本願発明の第四の実施形態について説明する。図6は、第四の実施形態のスパッタリング方法の実施に使用されるスパッタリング装置の構成を説明する正面概略図である。この装置は、上述した第三の実施形態の構成において、ガス導入手段4の構成を変更している。即ち、第四の実施形態では、ガス導入手段4は活性化又はイオン化させた反応性ガスを基板50の表面近傍の空間に向けて導入することが可能に構成されている。

【0056】

より具体的には、図6に示すように、各エネルギー供給管424は、スパッタチャンバー1内の露出した先端開口が、基板ホルダー5上の基板50に向かうようにスパッタチャンバー1に気密に接続されている。このため、水素イオンや水素ラジカルが効率よく基板50の表面近傍の空間に供給され、上述した式(1)から式(5)の過程をより効率的に

10

20

30

40

50

維持することができる。このため、ボトムカバレッジ率改善の効果をより効率的に得ることができる。

【0057】

この第四の実施形態では、水素イオンや水素ラジカルの供給個所が基板50に近いので、第二の実施形態におけるようなプラズマ形成手段7を設ける必要性は第三の実施形態ほど高くはない。しかし、この第四の実施形態においても、プラズマ形成手段7を設けることでTiスパッタ原子をイオン化させ、イオン化スパッタリングの効果をj得ることができる。

【0058】

上述した各実施形態の例では、金属製のターゲット2の例としてチタンを採り挙げたが、アルミニウムや銅等の他の金属でもよいことは勿論である。さらに、上述した各実施形態では、反応性ガスとは別にスパッタ放電用ガスを導入したが、反応性ガス自体でスパッタ放電が持続できる場合があり、このような場合はスパッタ放電用ガスを導入しない場合もある。

【0059】

さらに、前述した例では、反応性ガスは、基板50の表面に形成されたホール500の側壁501に対する付着性がより低く且つホール500の底面502において解離可能な化合物を生成するものであったが、これ以外の構成も考えられる。例えば、特定の領域にのみ選択的に薄膜を堆積する必要がある場合、当該領域以外の表面では付着性を低くし、当該領域に到達した際に解離して薄膜を堆積するような化合物を生成する反応性ガスを使用する。このような選択的な薄膜の堆積は、タングステンの選択成長法によってコンタクホールを埋め込むプラグ配線等に類似しているが、このような選択的な薄膜堆積をCVD（化学蒸着）ではなく、スパッタリングで出来る可能性がある。

【0060】

尚、本願発明のスパッタリング方法は、各種半導体デバイスその他、液晶ディスプレイやその他の各種電子製品の製作に利用することができる。

【図面の簡単な説明】

【0061】

【図1】本願発明の第一の実施形態のスパッタリング方法の実施に使用されるスパッタリング装置の構成を説明する正面概略図である。

【図2】反応性ガスの効果について説明する断面概略図である。

【図3】イオン化スパッタリングの作用を説明する断面概略図である。

【図4】第二の実施形態のスパッタリング方法の実施に使用されるスパッタリング装置の構成を説明する正面概略図である。

【図5】第三の実施形態のスパッタリング方法の実施に使用されるスパッタリング装置の構成を説明する正面概略図である。

【図6】第四の実施形態のスパッタリング方法の実施に使用されるスパッタリング装置の構成を説明する正面概略図である。

【符号の説明】

【0062】

- 1 スパッタチャンバー
- 1 1 排気系
- 2 ターゲット
- 3 スパッタ電源
- 3 0 磁石機構
- 4 ガス導入手段
- 4 1 アルゴンガス導入系
- 4 2 水素ガス導入系
- 4 3 窒素ガス導入系
- 4 2 4 エネルギー供給管

10

20

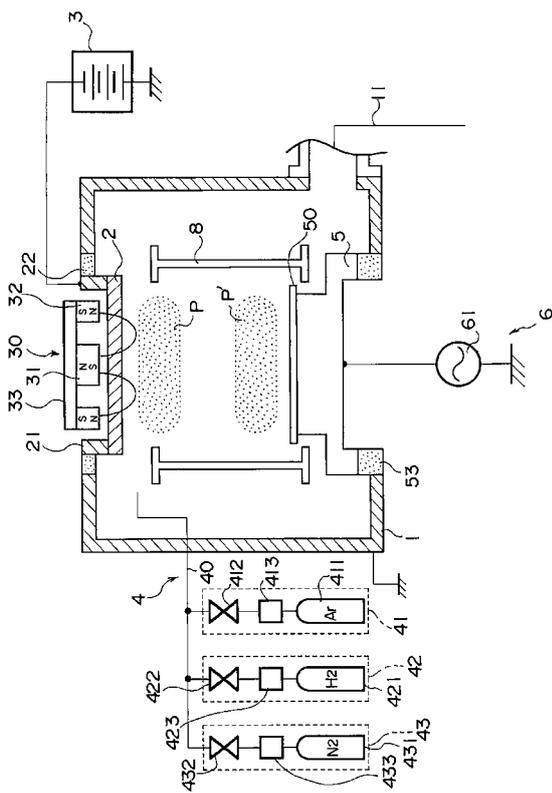
30

40

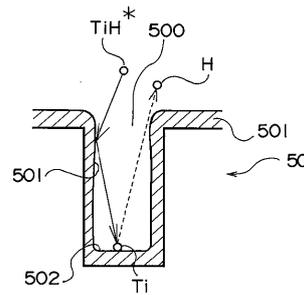
50

- 4 2 5 高周波アンテナ
- 4 2 6 反応性ガス用高周波電源
- 5 基板ホルダー
- 5 0 基板
- 6 電界設定手段
- 6 1 基板バイアス用電源
- 7 プラズマ形成手段
- 7 1 高周波コイル
- 7 2 プラズマ用高周波電源
- 8 防着シールド

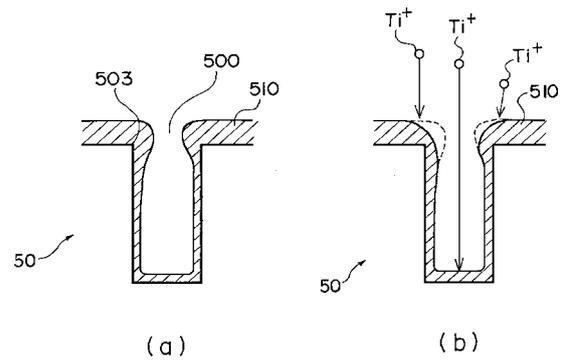
【 図 1 】



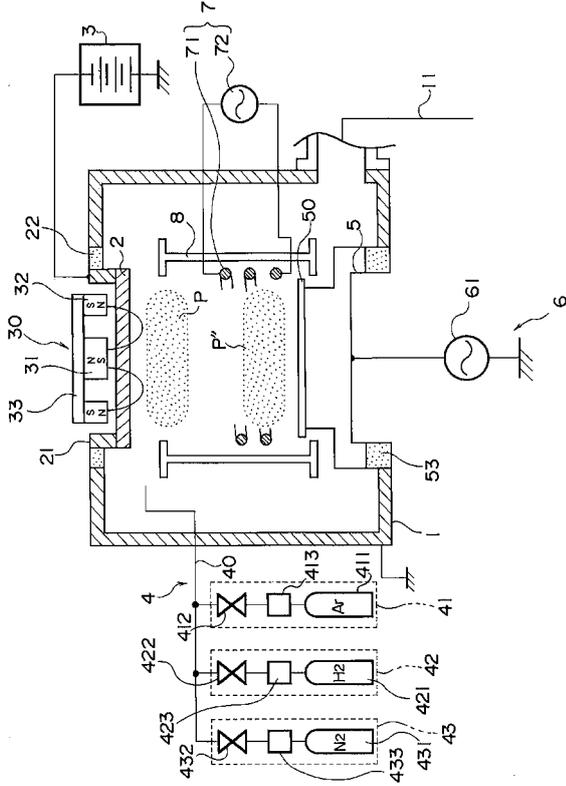
【 図 2 】



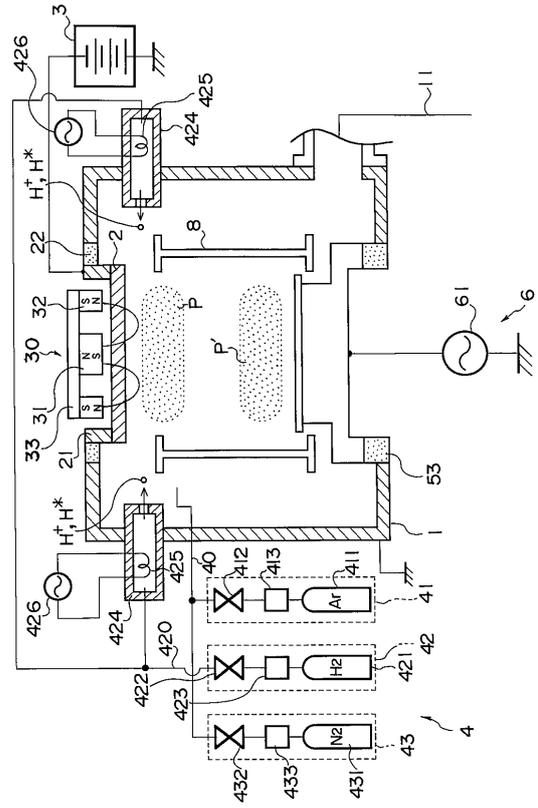
【 図 3 】



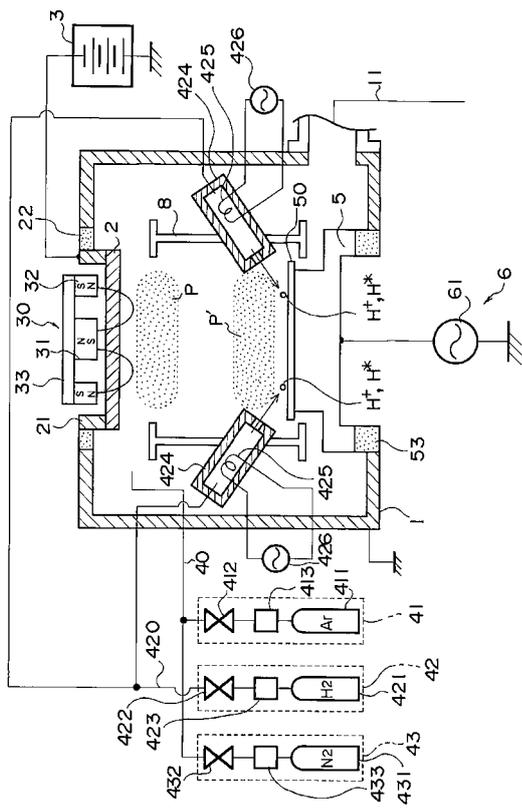
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



フロントページの続き

Fターム(参考) 4M104 BB14 BB30 DD37 DD42 FF17 FF18 HH13
5F033 JJ18 JJ33 NN06 NN07 PP15 PP16 XX02