

(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2005-298894

(P2005-298894A)

(43) 公開日 平成17年10月27日(2005.10.27)

(51) Int.Cl.⁷

C 2 3 C 14/34
H O 1 L 21/285
H O 1 L 21/3065
H O 1 L 43/12

F I

C 2 3 C 14/34 Z
 H O 1 L 21/285 S
 H O 1 L 43/12
 H O 1 L 21/302 I O 1 H

テーマコード (参考)

4 K O 2 9
 4 M 1 O 4
 5 F O O 4

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2004-116373 (P2004-116373)
 (22) 出願日 平成16年4月12日 (2004.4.12)

(71) 出願人 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
 (74) 代理人 100105337
 弁理士 眞鍋 潔
 (74) 代理人 100072833
 弁理士 柏谷 昭司
 (74) 代理人 100075890
 弁理士 渡邊 弘一
 (74) 代理人 100110238
 弁理士 伊藤 壽郎
 (72) 発明者 伊藤 竹志
 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

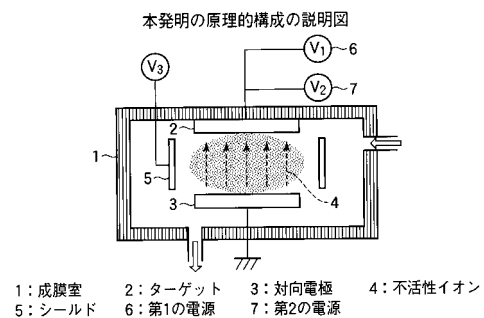
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ターゲットのクリーニング方法及び物理的堆積装置

(57) 【要約】

【課題】 ターゲットのクリーニング方法及び物理的堆積装置に関し、ダミーウェハを用いることなく且つターゲットを無駄に消費することなくターゲットの表面を清浄にする。【解決手段】 成膜を行わない時間に、ターゲット2の表面にターゲット2の構成物質の昇華エネルギーの6倍以下のエネルギーの不活性イオン4を照射してターゲット2の表面をクリーニングする。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

物理的堆積装置のターゲットのクリーニング方法において、成膜を行わない時間に、前記ターゲットの表面に前記ターゲットの構成物質の昇華エネルギーの 6 倍以下のエネルギーの不活性イオンを照射して前記ターゲットの表面をクリーニングすることを特徴とするターゲットのクリーニング方法。

【請求項 2】

上記物理的堆積装置が上記ターゲットから飛び出す物質を被成膜基板以外の箇所へ飛散することを防ぐシールドを備えており、クリーニング工程中に前記シールドに上記不活性イオンを排斥する極性の直流電圧を印加することを特徴とする請求項 1 記載のターゲットのクリーニング方法。 10

【請求項 3】

上記クリーニング工程を、物理的堆積装置の待機時間中に常時行うことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載のターゲットのクリーニング方法。

【請求項 4】

上記クリーニング工程を、必要な時のみ行うことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載のターゲットのクリーニング方法。

【請求項 5】

物理的堆積装置において、ターゲットに電力を供給する電源系が、成膜のためのスパッタリングを行う第 1 の電源と、クリーニングを行うための第 2 の電源とを備えていることを特徴とする物理的堆積装置。 20

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明はターゲットのクリーニング方法及び物理的堆積装置に関するものであり、特に、スパッタリング成膜装置等の物理的堆積装置においてターゲットを無駄に消費することなく成膜材料となるターゲットの表面を常に正常に保つための構成に特徴あるターゲットのクリーニング方法及び物理的堆積装置に関するものである。

【背景技術】**【0002】**

半導体装置や磁気抵抗素子等の製造工程における薄膜形成工程においては、CVD 装置、スパッタリング装置、或いは、蒸着装置等の成膜装置が使用されているが、これらの成膜装置においては、極力清浄な成膜環境が望まれる。 30

【0003】

しかしながら、超高真空で管理されているスパッタリング装置といえども、ターゲットへの不純分子の吸着は起こり、時間経過に伴ってターゲット表面での不純物層の生成や酸化膜の形成等が進行する。

【0004】

そして、このようなターゲット表面に水分等の不純物が付着した状態でスパッタリング成膜を行うと、被成長基板であるウェハ上に成膜された堆積膜の抵抗が上昇するなどの膜質への悪影響が顕在化するので、この事情を図 7 及び図 8 を参照して説明する。 40

【0005】

図 7 参照

図 7 は、3 枚のウェハ上に Al 合金を成膜した場合の Al 合金膜のシート抵抗の成膜回数依存性の説明図であり、ターゲット表面に水分等の不純物が付着した状態でスパッタリングを行う 1 枚目のウェハのシート抵抗が最も高くなっている。

【0006】

図 8 参照

図 8 は、3 枚のウェハ上に Al 合金を成膜した場合の Al 合金膜の反射率の成膜回数依存性の説明図であり、1 枚目のウェハの反射率が最も低くなっている。 50

【 0 0 0 7 】

この様な最初のスパッタリングにおける不純物の悪影響を回避するために、ターゲットの表面を Ar イオンによりクリーニングし、ターゲットの表面を清浄な状態にする必要が生じる。

【 0 0 0 8 】

そこで、通常は、スパッタリング成膜を行う場合は、ターゲットの表面に付着した水分や酸化膜を除去するため、製品形成用ウェハ上への成膜に先立って、ダミーウェハへの成膜を行い、それにより、ターゲット表面が清浄になった状態で製品形成用ウェハ上への成膜を行っている。

【 0 0 0 9 】

或いは、シャッター機構を備えたスパッタリング装置の場合には、製品形成用ウェハを搭載したウェハステージをシャッターで覆い、ダミーウェハを使用せずにシャッターにスパッタリングを行っており（例えば、特許文献 1 参照）、このように、製品形成用ウェハ上への成膜を行う直前に、プレスパッタリングを行うのが一般的な成膜方法である。

【 0 0 1 0 】

また、成膜を行わない装置待機時間中に、ダミーウェハ上への成膜を行い、ターゲットの表面を清浄に保つ方法もある。

【 特許文献 1 】 特開昭 6 2 - 1 7 7 1 7 0 号 公 報

【 発明の開示 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 1 1 】

上述のプレスパッタリングは、スパッタリング成膜においては不可欠な作業であり、いわば常識的なものとして扱われていることもあり、比較的問題視はされていないが、生産性の面から考えて、決して有益な作業とは言えない。

【 0 0 1 2 】

即ち、シャッター機構がない場合には、ダミーウェハが必要となり、そのダミーウェハへプレスパッタリングを実行する時間も必要となり、当然ながらその間、成膜装置は非生産時間となり生産性が低下する。

【 0 0 1 3 】

また、シャッター機構がある場合には、ダミーウェハは必要ではないが、シャッター上へプレスパッタリングを実行する時間が必要であることには変わりはなく、当然ながらその間、成膜装置は非生産時間となり生産性が低下する。

【 0 0 1 4 】

また、プレスパッタリングを実行するにあたり、ターゲットが消費されてターゲットの寿命が短くなるとともに、プレスパッタリングによる成膜が加わるため成膜装置内の洗浄周期が短くなり、加えて内部部品の交換周期も短くなる。

【 0 0 1 5 】

今後、生産性向上を鑑みて、ウェハの大口径化が進む中、スパッタリング装置等の成膜装置のランニングコストは、製品処理の増加に伴い大きくなることが予想され、特に、ダミーに用いるウェハの価格は決して無視できるものではない。

【 0 0 1 6 】

したがって、本発明は、ダミーウェハを用いることなく且つターゲットを無駄に消費することなく、ターゲットの表面を清浄にすることを目的とする。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 1 7 】

図 1 は本発明の原理的構成図であり、ここで図 1 を参照して、本発明における課題を解決するための手段を説明するが、図における符号 1 及び 3 は夫々成膜室及び対向電極である。

図 1 参照

上記課題を解決するために、本発明は、物理的堆積（PVD）装置のターゲット 2 のク

10

20

30

40

50

リーニング方法において、成膜を行わない時間に、ターゲット 2 の表面にターゲット 2 の構成物質の昇華エネルギーの 6 倍以下のエネルギーの不活性イオン 4 を照射してターゲット 2 の表面をクリーニングすることを特徴とする。

【0018】

このように、成膜を行わない時間に、ターゲット 2 の表面にターゲット 2 の構成物質の昇華エネルギーの 6 倍以下、好適には 5 倍以下、より好適には 4 倍以下のエネルギーの不活性イオン 4 を照射することにより、ターゲット 2 を無駄に消費することなくターゲット 2 の表面の清浄化が可能になるとともに、ダミーウェハを必要とすることなく、それによって、製造時間の短縮と低コスト化が可能になる。

【0019】

即ち、スパッタ率は、イオンエネルギーと相関関係があり、イオンエネルギーが 100 eV 以下の比較的低い領域では、スパッタ率はイオンエネルギーの 2 乗に比例し、イオンエネルギーを下げると、スパッタリングが起きなくなるイオンエネルギー値が存在することが知られている。

【0020】

このスパッタリングが起きなくなるイオンエネルギー値をしきい値エネルギーと言い、このイオンエネルギー以下では、スパッタ率は 0 となる。

このしきい値エネルギーは、スパッタリングの条件や、ターゲット 2 の材質により異なるが、一般的には、ターゲット 2 の材質の昇華エネルギーの 4 倍とされている。

【0021】

したがって、このしきい値エネルギー以下のイオンパワーで不活性イオン 4 をターゲット 2 の表面に照射することで、ターゲット母材のスパッタリングを起こすことなく、不純物の除去、あるいは不純分子の付着を防止することが可能となる。

【0022】

即ち、ターゲット母材はスパッタリングされないので、ターゲット 2 および内部治具の使用可能時間に影響せず、かつパーティクルが発生する問題も生じないので、パーティクルがスパッタリング工程における成膜に影響を与えることはなく、常に安定した特性の膜を成膜することができる。

【0023】

但し、照射するイオンエネルギーは厳密にしきい値エネルギー以下である必要はなく、しきい値エネルギーの 1.5 倍以下、即ち、昇華エネルギーとしては 6 倍以下であれば、スパッタリングは殆ど起こらないため、ターゲット 2 の消耗を従来に比べて大幅に低減することができる。

【0024】

また、物理的堆積装置にはターゲット 2 から飛び出す物質を被成膜基板以外の箇所へ飛散することを防ぐシールド 5 を備えることが望ましく、クリーニング工程中にシールド 5 に不活性イオン 4 を排斥する極性の直流電圧を印加することが望ましい。

【0025】

このように、シールド 5 を設け、このシールド 5 に直流電圧を印加することによって、低電圧下において安定な放電を維持しやすくなるとともに、放電を発生させるトリガーの作用も期待できる。

【0026】

また、クリーニング工程は、物理的堆積装置の待機時間中に常時行うことが望ましく、その場合には、ターゲット 2 の消費が極力起こらないように、昇華エネルギーの 4 倍以下のイオンエネルギーで行うことが望ましい。

【0027】

或いは、クリーニング工程は、必要な時のみ行うようにしても良く、この場合にはクリーニング時間が短くなるのでクリーニング効率を高めるために、昇華エネルギーの 6 倍以下のイオンエネルギーで行うことが望ましい。

【0028】

10

20

30

40

50

また、物理的堆積装置としては、ターゲット 2 に電力を供給する電源系を、成膜のためのスパッタリングを行う第 1 の電源 6 と、クリーニングを行うための第 2 の電源 7 とで構成することが望ましく、それによって、スパッタリング工程とクリーニング工程の切替えをスムーズに行うことができる。

【0029】

なお、本発明における物理的堆積装置としては、スパッタリング装置が最も典型的なものであるが、レーザアブレーション装置等にも適用されるものであり、その場合には、クリーニング用の放電電極を設ければ良い。

【0030】

また、照射する不活性ガスとしては Ar ガスが典型的なものであるが、Kr 或いは Xe 等の他の希ガスを用いても良いものである。

また、ターゲット母材としては、金属が典型的なものであるが、酸化物等の非金属ターゲットにも適用されるものである。

【発明の効果】

【0031】

本発明においては、ダミーウェハを使用することなく、ターゲットを消費することなく、且つ、生産時間を低減することなく、ターゲット表面を常時清浄な状態に保つことができ、それによって、成膜した膜の性質を再現性良く良好に保つことができ、ひいては、製品の低コスト化・高品質化に寄与するところが多い。

【発明を実施するための最良の形態】

【0032】

本発明は、成膜していない待機時間中に、ターゲットの表面をスパッタリングが起きないイオンパワーで Ar イオンを照射して、不純物の除去、あるいは不純分子の付着を防止するものである。

【0033】

この場合、ターゲットから飛び出す物質を基板以外の箇所へ飛散することを防ぐためのシールドを設け、このシールドに直流電圧を印加することによって、低電圧においても安定な放電状態を実現するものである。

【実施例 1】

【0034】

ここで、図 2 乃至図 6 を参照して、本発明の実施例 1 のターゲットのクリーニング方法を説明するが、まず、図 2 を参照して本発明の実施例 1 に用いるスパッタリング装置を説明する。

図 2 参照

図 2 は、本発明の実施例 1 のスパッタリング装置の概略的構成図であり、例えば、Al 合金製のチャンバー 11、一方の放電電極を兼ねるターゲット 12、ターゲット 12 に対向する他方の放電電極を兼ねるとともに被処理基板となるウェハ 14 を載置するための基板ステージ 13、チャンバー 11 内を高真空に排気するクライオポンプ 15、チャンバー 11 内の Ar ガスを供給する MFC (マスフローコントローラ) 16、スパッタリングされたターゲット母材が、ウェハ 14 以外の個所に飛散することを防ぐシールド 17、シールド 17 に Ar イオン 18 の衝突を防ぐ電圧を印加するための DC 電源 19、成膜用電源 20、及び、クリーニング用電源 21 から構成される。

【0035】

この場合、成膜用電源 20 は、10 kW 以上の条件で使用できるものであり、クリーニング用電源 21 は、100 W 以下の条件で使用できるものである。

また、基板ステージ 13 は接地して使用する。

【0036】

次に、図 3 乃至図 6 を参照して、本発明の実施例 1 のターゲットのクリーニング工程を含むスパッタリング工程を説明するが、ここでは、Al 合金製のターゲットを用いた Al 合金膜の成膜工程として説明する。

10

20

30

40

50

図 3 参照

まず、ウェハ 14 を基板ステージ 13 に載置した状態で、MFC 16 からチャンバー 11 内へ Ar ガスを例えば、50 sccm 流し、チャンバー 11 内の圧力を例えば 2 mTorr に安定させてから、成膜用電源 20 を用いて Al 合金製のターゲット 12 に 500 V で 15 kW の DC パワーを印加して、ウェハ 14 上にスパッタリング成膜を行う。

なお、この時、シールド 17 に対しては無バイアスである。

【0037】

図 4 参照

次いで、成膜終了したウェハ 14 をチャンバー 11 の外に取り出したのち、チャンバー 11 内をクライオポンプ 15 を用いて 1×10^{-8} Torr 以下のベース圧力に排気する。

この場合、高真空であるほど、不純分子のターゲット表面への付着は促進するため、ウェハ 14 からの脱ガスを含めて、成膜時の残留ガスを極力排気する。

【0038】

図 5 参照

次いで、MFC 16 からチャンバー 11 内へ Ar ガスを例えば、500 sccm 流し、チャンバー 11 内の圧力を例えば、10 mTorr に安定させてから、クリーニング用電源 21 を用いてターゲット 12 に -100 V で 50 W の DC パワーを印加するとともに、シールド 17 に +30 V の電圧を印加してターゲット 12 の表面に Ar イオン 18 を照射してクリーニングを行う。

【0039】

この場合、Ar イオン 18 のイオンエネルギーはしきい値エネルギー以下となるので、スパッタ率が 0 の状態でイオンクリーニングが開始され、次の成膜工程までの待機時間の間、常に放電を維持してクリーニングを継続して行う。

なお、しきい値エネルギーはターゲット 11 の材質等により異なるが、ターゲット母材の昇華エネルギーの 4 倍であり、通常は 20 ~ 100 eV の範囲内である。

【0040】

また、クリーニングに際して、シールド 17 には正の電荷を有する Ar イオン 18 を排斥する極性の正の直流電圧を印加しているので、低電圧においても放電を安定に維持することができるとともに、クリーニング用の放電を発生させる場合のトリガー作用も期待できる。

【0041】

図 6 参照

次いで、クリーニング用電源 21 をオフにしたのち、次のウェハ 14 を基板ステージ 13 に載置した状態で、再び、MFC 16 からチャンバー 11 内へ Ar ガスを例えば、50 sccm 流し、チャンバー 11 内の圧力を例えば 2 mTorr に安定させてから、成膜用電源 20 を用いてターゲット 12 に 500 V で 15 kW の DC パワーを印加して、ウェハ 14 上にスパッタリング成膜を行う。

【0042】

以上、説明したように、本発明においては、「成膜 イオンクリーニング 成膜」のように、成膜終了後に直ちにイオンクリーニングを開始して、次の成膜を行うまでの待機時間の間、継続しているので、不純物、特に水分子が付着して、ターゲット 11 の表面にアルミナ系の酸化物が形成されるのを防止することができる。

因に、アルミナ系の酸化物が形成されてしまうと、スパッタ率 0 のイオンクリーニングで除去することは困難となる。

【0043】

また、このイオンクリーニングはスパッタ率 0 の条件で行っているため、イオンクリーニング中にターゲット 12 が消費されることがなく、したがって、イオンクリーニング中にターゲット母材がスパッタリングされることがないので成膜装置の内部部品の交換周期を長くすることができる。

【0044】

10

20

30

40

50

さらに、待機時間を利用して常にクリーニングを行っているので、成膜工程をウェハ挿入後直ちに開始することができ、従来のように成膜工程に先立ってプレスパッタリングを行う必要がないので生産性を向上することができる。

【0045】

以上、本発明の実施例を説明してきたが、本発明は実施例に記載した条件・構成に限られるものではなく、各種の変更が可能であり、例えば、実施例に記載した印加電圧、圧力等の数値は記載した数値に限られるものではない。

【0046】

また、上記の実施例の説明においては、Al合金の成膜工程として説明しているが、Al合金の成膜工程に限られるものではなく、TiN, Ti等の他の金属の成膜工程、NiFeやPdPtMn等の磁性膜の成膜工程にも適用されるものであり、さらには、酸化物超伝導体等の酸化物或いは他の絶縁体等の成膜工程にも適用されるものである。

【0047】

また、上記の実施例の説明においてはイオンクリーニングを待機時間中常に行っているが、スパッタリング装置の運用に応じては、ある一定周期でイオンクリーニングを実行するように、即ち、「成膜 待機 イオンクリーニング 待機 成膜」というサイクルで行っても良いものである。

【0048】

また、上記の実施例の説明においては、イオンクリーニングをスパッタ率0の条件で行っているが、必ずしもスパッタ率0である必要はなく、例えば、しきい値エネルギーの1.5倍以下であればターゲットの消費が少ないので問題はなく、特に、上述の「成膜 待機 イオンクリーニング 待機 成膜」というサイクルの場合には、クリーニング時間が短いのでしきい値エネルギーの1.5倍以下の範囲内でより高いイオンエネルギーで行った方がクリーニング効果が高まる。

【0049】

また、上記の実施例の説明においては、Arガスを用いているが、Arガスに限られるものではなく、XeガスやKrガス等の希ガスを用いても良いものである。

【0050】

また、上記の実施例の説明においては、成膜用のガスとイオンクリーニング用のガスを同じガス種としているが、互いに異なったガス種を用いても良いものである。

【0051】

また、上記の実施例の説明においては、成膜用電源とクリーニング用電源を別電源としているが、単一の可変電圧電源を用いても良いものである。

【0052】

また、上記の実施例の説明においては、イオンクリーニング工程においてシールドに直流電圧を印加しているが、必ずしもシールドに電圧を印加する必要はないものであり、さらには、シールドを具備しないタイプのスパッタリング装置にも適用されるものである。

【0053】

また、上記の実施例の説明においては、直流電力を用いてスパッタリングを行っているが、交流電力を用いてスパッタリングを行っても良いことが言うまでもない。

【0054】

また、上記の実施例の説明においては、成膜装置をスパッタリング装置として説明しているが、スパッタリング装置に限られるものではなく、レーザアブレーション装置等のターゲットを用いて成膜を行う他の物理的堆積装置にも適用されるものであり、当該装置が放電用電極を具備していない場合には、ターゲットが一方の電極となるようにクリーニング用の放電電極構造を設ければ良い。

【0055】

また、上記の実施例の説明においては、シングルターゲットの成膜装置として説明しているが、マルチターゲットを用いる成膜装置にも適用されることはいうまでもない。

【産業上の利用可能性】

【0056】

本発明の活用例としては、スパッタリング装置のターゲットのイオンクリーニング工程が典型的なものであるが、ターゲットを用いて成膜を行う他の物理的堆積装置にも適用されるものである。

【図面の簡単な説明】

【0057】

【図1】本発明の原理的構成の説明図である。

【図2】本発明の実施例1のスパッタリング装置の概略的構成図である。

【図3】本発明の実施例1の途中までのスパッタリング工程の説明図である。

10

【図4】本発明の実施例1の図3以降の途中までのスパッタリング工程の説明図である。

【図5】本発明の実施例1の図4以降の途中までのスパッタリング工程の説明図である。

【図6】本発明の実施例1の図5以降のスパッタリング工程の説明図である。

【図7】成膜したAl合金膜のシート抵抗の成膜回数依存性の説明図である。

【図8】成膜したAl合金膜の反射率の成膜回数依存性の説明図である。

【符号の説明】

【0058】

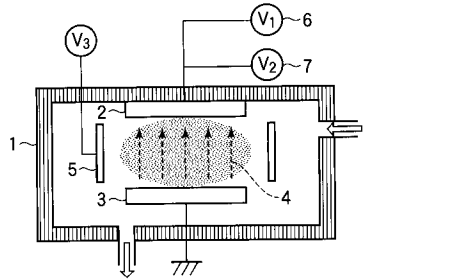
- 1 成膜室
- 2 ターゲット
- 3 対向電極
- 4 不活性イオン
- 5 シールド
- 6 第1の電源
- 7 第2の電源
- 11 チャンバー
- 12 ターゲット
- 13 基板ステージ
- 14 ウェハ
- 15 クライオポンプ
- 16 MFC
- 17 シールド
- 18 Arイオン
- 19 DC電源
- 20 成膜用電源
- 21 クリーニング用電源

20

30

【 図 1 】

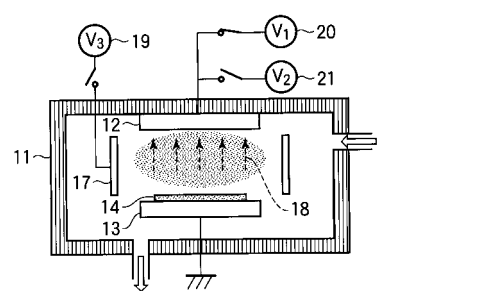
本発明の原理的構成の説明図



- 1: 成膜室 2: ターゲット 3: 対向電極 4: 不活性イオン
5: シールド 6: 第1の電源 7: 第2の電源

【 図 3 】

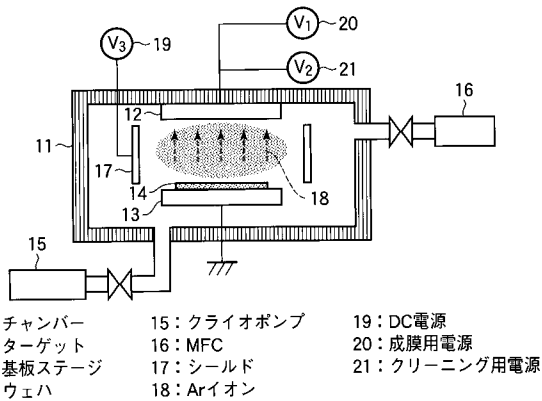
本発明の実施例1の途中までのスパッタリング工程の説明図



- 11: チャンバー 14: ウェハ 19: DC電源
12: ターゲット 17: シールド 20: 成膜用電源
13: 基板ステージ 18: Arイオン 21: クリーニング用電源

【 図 2 】

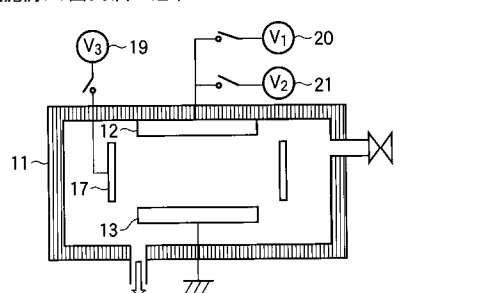
本発明の実施例1のスパッタリング装置の概念的構成図



- 11: チャンバー 15: クライオポンプ 19: DC電源
12: ターゲット 16: MFC 20: 成膜用電源
13: 基板ステージ 17: シールド 21: クリーニング用電源
14: ウェハ 18: Arイオン

【 図 4 】

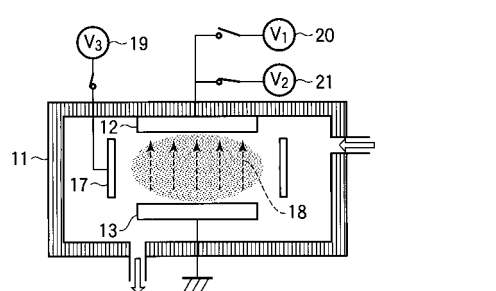
本発明の実施例1の図3以降の途中までのスパッタリング工程の説明図



- 11: チャンバー 17: シールド 20: 成膜用電源
12: ターゲット 19: DC電源 21: クリーニング用電源
13: 基板ステージ

【 図 5 】

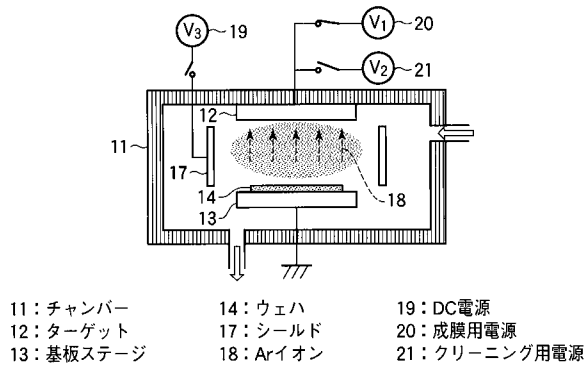
本発明の実施例1の図4以降の途中までのスパッタリング工程の説明図



- 11: チャンバー 17: シールド 20: 成膜用電源
12: ターゲット 18: Arイオン 21: クリーニング用電源
13: 基板ステージ 19: DC電源

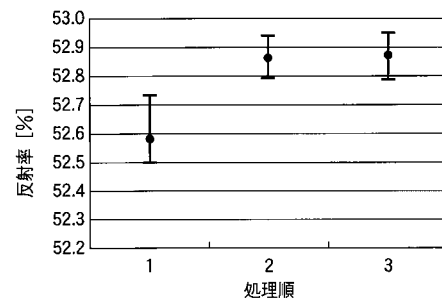
【 図 6 】

本発明の実施例1の図5以降のスパッタリング工程の説明図



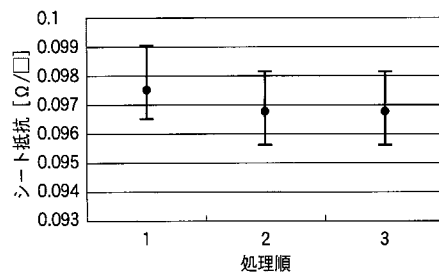
【 図 8 】

成膜したAl合金膜の反射率の成膜回数依存性の説明図



【 図 7 】

成膜したAl合金膜のシート抵抗の成膜回数依存性の説明図



フロントページの続き

F ターム(参考) 4K029 AA06 BA23 CA05 DC34
4M104 BB02 BB14 BB30 DD39
5F004 AA15 BD05 CA03 DA00 DA23