

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2013 年 12 月 27 日(27.12.2013)



(10) 国際公開番号
WO 2013/190765 A1

- (51) 国際特許分類:
C23C 14/34 (2006.01) H01L 21/3205 (2006.01)
C23C 14/06 (2006.01) H01L 21/768 (2006.01)
H01L 21/28 (2006.01) H01L 23/532 (2006.01)
H01L 21/285 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/003012
- (22) 国際出願日: 2013 年 5 月 10 日(10.05.2013)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2012-141440 2012 年 6 月 22 日(22.06.2012) JP
- (71) 出願人: 株式会社アルバック (ULVAC, INC.)
[JP/JP]; 〒2538543 神奈川県茅ヶ崎市萩園 2 5 0
0 番地 Kanagawa (JP).
- (72) 発明者: 中野 賢明 (NAKANO, Katsuaki); 〒
4101231 静岡県裾野市須山 1 2 2 0 - 1 4 株
式会社アルバック 富士裾野工場内 Shizuoka
(JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人青莪 (SEIGA PATENT AND
TRADEMARK CORPORATION); 〒1410031 東京都
品川区西五反田 8 - 1 - 1 4 最勝ビル 9 階
Tokyo (JP).

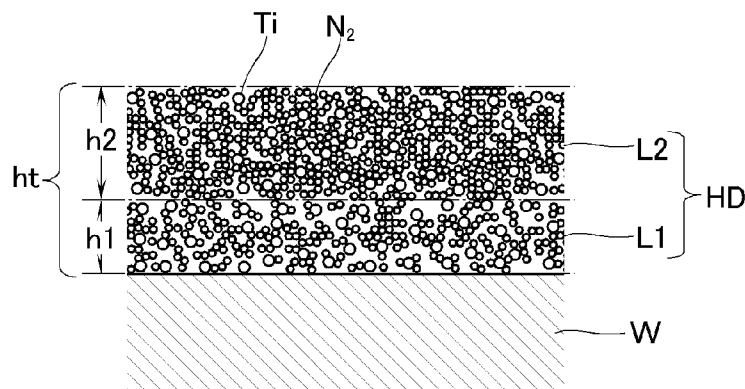
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA,
BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN,
CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES,
FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN,
IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR,
LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX,
MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH,
PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保
護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW,
MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシ
ア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ
(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR,
GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT,
NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI
(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR,
NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: HARD MASK AND PROCESS FOR PRODUCING HARD MASK

(54) 発明の名称: ハードマスク及びハードマスクの製造方法



(57) Abstract: Provided is a hard mask which has a film density that enables the hard mask to exhibit etching resistance and which, despite this, has reduced film stress. This hard mask (HD) is to be disposed, when an object (W) to be treated is subjected to a given treatment, in order to limit the range of the surface of the object that is to be treated. The hard mask is constituted of a titanium nitride film, and this titanium nitride film has a two-layer structure in which the lower layer (L1) has a film thickness (h1) that is within the range of 5-50% of the overall film thickness (ht) of the hard mask and has a film density in the range of 3.5-4.7 g/cm³ and the upper layer has a film density in the range of 4.8-5.3 g/cm³.

(57) 要約: エッチング耐性を発揮する膜密度を持ちながら、その膜ストレスの低いハードマスクを提供する。処理対象物Wに対して所定の処理を施す際に、処理対象物表面への処理範囲を制限するために設けられる本発明のハードマスクHDは、窒化チタン膜で構成され、この窒化チタン膜を二層構造とし、下側層L1が、ハードマスクの全膜厚htの5～50%の範囲内の膜厚h1を有すると共に3.5 g/cm³～4.7 g/cm³の範囲内の膜密度を有し、上側層が4.8 g/cm³～5.3 g/cm³の範囲内の膜密度を有する。



WO 2013/190765 A1

明 細 書

発明の名称：ハードマスク及びハードマスクの製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、ハードマスク及びハードマスクの製造方法に関し、より詳しくは、半導体装置の製造工程にて処理対象物への処理範囲を制限するために用いられるものに関する。

背景技術

[0002] この種のハードマスクは、例えば、半導体装置の製造工程において所定の配線パターンを得るために処理対象物としての層間絶縁膜をドライエッチングする際、そのエッチング範囲を制限するために用いられ、このようなハードマスクとしては、単一層からなる、窒化チタン膜、チタン膜、タンタル膜または窒化タンタル膜で構成されるものが一般に知られている（例えば、特許文献1参照）。このような用途のハードマスクは、エッチング耐性が必要とされるため、膜密度は高いことが望ましい。一方で、膜ストレスが高いと、層間絶縁膜をドライエッチングしたときにそのエッチング形状が全体的または局所的に変化し、ひいては、配線パターンが変形してしまうため、膜ストレスは可能な限り低いことが望ましい。

[0003] ここで、上記ハードマスクを構成する膜は、例えば量産性を考慮して、チタンまたはタンタル製のターゲットを用い、必要に応じて窒素ガスを導入したスパッタリング（または反応性スパッタリング）により成膜することが一般である。然し、例えば、窒化チタン膜を反応性スパッタリングにより成膜する場合を例に説明すると、この窒化チタン膜が、このエッチング耐性を発揮する程度の膜密度を持つように、スパッタ条件（投入電力、窒素のガス導入量、排気速度等）を設定すると、その膜ストレスは1000MPa程度となる。逆に、窒化チタン膜を低ストレス、例えば-100MPa以上となるようにスパッタ条件（投入電力、窒素のガス導入量、排気速度等）を設定すると、エッチング耐性を発揮するような膜密度は得られない。

[0004] 即ち、図3に示すように、反応性スパッタリングにより成膜した窒化チタン膜において膜ストレスと膜密度との間には、膜ストレスが低下すれば、これに略比例して膜密度も低下するという関係がある。これは窒化チタン膜の物性的な性質に起因するものであると考えられる。このため、エッチング耐性を発揮する膜密度を持ちながら、その膜ストレスの低い窒化チタン膜を反応性スパッタリングで形成することはできないとされていた。そこで、本発明者は、鋭意研究を重ね、ハードマスクを窒化チタン膜で構成し、このとき、比較的膜密度は低く、膜ストレスも低い窒化チタンの下側層と、比較的膜密度が高く、膜ストレスも高い窒化チタンの上側層との二層構造で構成すれば、エッチング耐性を発揮する膜密度を持ちながら、その膜ストレスの低い窒化チタン膜を得ることができるとの知見を得た。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2011-61041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、上記点に鑑み、エッチング耐性を発揮する膜密度を持ちながら、その膜ストレスの低いハードマスク及びハードマスクの製造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

[0007] 上記課題を解決するために、処理対象物に対して所定の処理を施す際に、処理対象物表面への処理範囲を制限するために設けられる本発明のハードマスクは、窒化チタン膜で構成され、窒化チタン膜を二層構造とし、下側層が、ハードマスクの全膜厚の5～50%の範囲内の膜厚を有すると共に $3.5 \text{ g/cm}^3 \sim 4.7 \text{ g/cm}^3$ の範囲内の膜密度を有し、上側層が $4.8 \text{ g/cm}^3 \sim 5.3 \text{ g/cm}^3$ の範囲内の膜密度を有することを特徴とする。

[0008] これによれば、処理対象物に $3.5 \text{ g/cm}^3 \sim 4.7 \text{ g/cm}^3$ の範囲内

の膜密度を有する窒化チタンからなる下側層を先ず備えるため、当該層にとって比較的安定な原子間距離にチタンや窒素の原子が存在することで、膜ストレスが0に近いものとなる。そして、この下側層表面に、 $4.8 \text{ g/cm}^3 \sim 5.3 \text{ g/cm}^3$ の範囲内の膜密度を有する上側層が備えられる。上側層は、チタンや窒素の原子間距離が狭く、膜ストレスが高いが、下側層表面に形成されていることで、上側層の原子間距離が適切になるうとのびたとき、下側層が上側層ののびを吸収する。その結果、膜ストレスが軽減され、処理対象物に対して影響を及ぼさない。つまり、処理対象物がシリコンウエハや層間絶縁膜である場合、これらに反りは生じない。なお、下側層の膜密度が上記範囲から外れていると、十分にストレスが緩和されない一方で、上側層の膜密度が上記範囲から外れていると、マスクとして十分な膜密度が得られない、という不具合がある。

[0009] このように本発明では、ハードマスクを構成する窒化チタン膜を二層構造にすることで、膜ストレスについては大幅な低減（若しくは、引張応力または圧縮応力から他方への膜ストレス方向の反転）が可能となり、しかも、比較的膜密度が低い下側層を、ハードマスクの全膜厚の5～50%の範囲内の膜厚に制限し、その上、その残余の膜厚で比較的膜密度が高い上側層を形成しているため、窒化チタン膜全体としての膜密度を、エッチング耐性を発揮するものとすることができる。

[0010] また、上記課題を解決するために、本発明のハードマスクの製造方法は、チタン製のターゲットと処理対象物とを配置した真空処理室を真空引きし、真空処理室内が $0.5 \sim 30 \text{ Pa}$ の範囲の圧力となるように希ガスと窒素ガスを導入し、ターゲットに電力投入して真空処理室内にプラズマ雰囲気を形成し、ターゲットをスパッタリングして反応性スパッタリングにより処理対象物表面に下側層を成膜する第1工程と、チタン製のターゲットと下側層が成膜された処理対象物とを配置した真空処理室を真空引きし、真空処理室内が第1工程時より $0.02 \sim 0.9$ 倍の圧力となるように希ガスと窒素ガスを導入し、ターゲットに、第1工程時の投入電力と同等以上の電力を投

入して真空処理室内にプラズマ雰囲気を形成し、ターゲットをスパッタリングして反応性スパッタリングにより下側層表面に上側層を成膜する第2工程と、を含むことを特徴とする。

[0011] これによれば、エッチング耐性を発揮する膜密度を持ちながら、その膜ストレスの低い二層構造の窒化チタン膜で構成されるハードマスクを量産性よく形成することができる。なお、第1工程での圧力（全圧）が上記範囲から外れていると、十分にストレスが緩和されない一方で、第2工程での圧力（全圧）が、上記範囲から外れていると、マスクとして十分な膜密度が得られない、という不具合がある。

[0012] 第1工程でのターゲットへの単位面積当たりの投入電力を $0.5 \sim 5.0 \text{ W/cm}^2$ とし、第2工程で、第1工程時の圧力と同等以下の圧力となるように希ガスと窒素ガスとを導入し、ターゲットへの投入電力を、第1工程の $1.1 \sim 4.0$ 倍とすればよい。なお、第1工程での投入電力が、 0.5 W/cm^2 より低いと、生産性が得られない一方で、 5.0 W/cm^2 を超えると、十分にストレスが緩和されない、という不具合がある。また、量産性を向上させるには、本発明において、第1工程と第2工程とは同一の真空処理室内で連続して行うことが好ましい。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]本発明のハードマスクの模式的断面図。

[図2]本発明のハードマスクの製造に用いられるスパッタリングの装置の構成例を説明する模式図。

[図3]窒化チタン膜の膜ストレスと膜密度との関係を示すグラフ。

発明を実施するための形態

[0014] 以下、図面を参照して、処理対象物をシリコンウエハ（以下、「基板W」という）とし、このシリコン基板にハードマスクを形成する場合を例にハードマスク及びその製造方法の実施形態について説明する。

[0015] 図1を参照して、HDは、基板W表面に形成されたハードマスクである。ハードマスクHDは、後述の如く、反応性スパッタリングにより成膜される

窒化チタン膜 L_1 、 L_2 を同一の真空処理室内で連続して積層し、二層構造としたものである。下側層 L_1 は、ハードマスク HD の全膜厚 h_t の5～50%の範囲内の膜厚 h_1 を備え、 $3.5\text{ g/cm}^3 \sim 4.7\text{ g/cm}^3$ の範囲内の膜密度を有する。この場合、ハードマスク HD の膜厚 h_t は、例えばこのハードマスク HD をシリコンウエハや層間絶縁膜の処理対象物表面に形成して処理範囲を制限した後、エッチング工程でこの処理対象物をエッチングするときのエッチング条件に応じて適宜選択されるものである。上側層 L_2 は、その残余の膜厚 h_2 を備え、 $4.8\text{ g/cm}^3 \sim 5.3\text{ g/cm}^3$ の範囲内の膜密度を有する。なお、下側層 L_1 の膜密度が上記範囲から外れていると、十分にストレスが緩和されない一方で、上側層 L_2 の膜密度が上記範囲から外れると、マスクとして十分な膜密度が得られない、という不具合がある。以下に、本実施形態のハードマスク HD の製造方法を説明する。

[0016] 図2は、本実施形態のハードマスク HD の製造方法を実施することができるスパッタリング装置 SM の一例を示す。スパッタリング装置 SM は、マグネトロン方式のものであり、真空処理室 $1a$ を画成する真空チャンバ 1 を備える。真空チャンバ 1 の天井部にカソードユニット C が取付けられている。以下においては、図2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。

[0017] カソードユニット C は、ターゲット 2 と、このターゲット 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 2 は、チタン製（例えば、チタンと不可避的な元素とを含むもの）で、基板 W の輪郭に応じて、公知の方法で平面視円形に形成されたものである。ターゲット 2 の上面（スパッタ面 $2a$ と背向する面）には、スパッタリングによる成膜中、ターゲット 2 を冷却するバックングプレート 21 が装着され、そのスパッタ面 $2a$ を下側にして図外の絶縁体を介して真空チャンバ 1 に取り付けられている。ターゲット 2 にはまた、 DC 電源等のスパッタ電源 E からの出力が接続され、成膜時、ターゲット 2 に負の電位を持った直流電力（ 30 kW 以下）が投入されるようにしている。ターゲット 2 の上方に配置される磁石ユニット 3

は、ターゲット2のスパッタ面2aの下方空間に磁場を発生させ、スパッタ時にスパッタ面2a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2のスパッタ面2aに対向させてステージ4が配置され、基板Wがその成膜面を上側にして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2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45～100mmの範囲に設定される。また、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第1ガス管5aと、窒素ガスたる反応ガスを導入する第2ガス管5bとが接続されている。第1及び第2の両ガス管5a, 5bには、マスフローコントローラ51, 51が夫々介設され、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及び反応ガスが、後述の真空排気手段により一定の排気速度で真空引きされている真空処理室1a内に導入でき、成膜中、真空処理室1aの圧力（全圧）が略一定に保持されるようにしている。

[0019] 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図示省略の真空排気装置に通じる排気管6が接続されている。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、制御手段により上記電源Eの稼働、マスフローコントローラ51, 51の稼働や真空排気装置の稼働等を統括管理するようになっている。以下に、スパッタリング装置SMを用いたハードマスクHDの製造方法を具体的に説明する。

[0020] 先ず、チタン製のターゲット2が装着された真空チャンバ1内のステージ4に基板Wをセットした後、真空排気手段を作動させて真空処理室1a内を所定の真空度（例えば、 10^{-5} Pa）まで真空引きする。真空処理室1a内が所定圧力に達すると、マスフローコントローラ51, 51を夫々制御してアルゴンガスと窒素ガスとを所定の流量で導入する。このとき、真空処理室

1 a が 0.5 ～ 30.0 Pa の範囲の圧力（全圧）となるようにアルゴンガスと窒素ガスとの流量が制御される。真空処理室 1 a 内の圧力が上記範囲から外れていると、十分にストレスが緩和されない、という不具合がある。また、一定圧力下で、より低ストレス膜を得ようとする場合には、アルゴンガスと窒素ガスとの流量比は、同等またはアルゴンガスの流量の方が 1.1 ～ 1.5 倍の範囲で多くなるようにすればよい。アルゴンガスの流量の方が上記範囲で多くすると、単位体積あたりにチタン元素が多く含まれて、膜ストレスをより小さくすることができる。

[0021] これに併せて、スパッタ電源 E よりターゲット 2 に所定の負の電位を持つ直流電力を投入して真空チャンバ 2 内にプラズマ雰囲気を作成する。これにより、反応性スパッタリングにより、基板 W 表面に下側層 L 1 の窒化チタン膜が成膜される（第 1 工程）。この場合、ハードマスク HD の全膜厚 h_t の 5 ～ 50 % の範囲の膜厚 h_1 となるようにスパッタ時間が設定される。膜厚 h_1 がハードマスク HD の全膜厚 h_t の 5 ～ 50 % の範囲から外れていると、効果的に膜ストレスを小さくできない。また、ターゲット 2 への単位面積当たりの投入電力を 0.5 ～ 5.0 W / cm² とする。

[0022] 次に、下側層 L 1 の成膜が終了すると、マスフローコントローラ 51, 51 を夫々制御してアルゴンガスと窒素ガスとの流量を夫々減少させ、真空処理室 1 a の圧力（全圧）が、第 1 工程時より 0.02 ～ 0.9 倍の全圧となるようにする。この操作は下側層 L 1 の成膜の終了から連続して行なわれるが、ターゲット 2 への電力投入を停止すると共にガス導入を停止した後、真空処理室 1 a を所定圧力まで真空引きした後に行うようにしてもよい。第 2 工程での圧力が、上記範囲から外れていると、マスクとして十分な膜密度が得られない、という不具合がある。これに併せて、ターゲット 2 への単位面積当たりの投入電力を第 1 工程で設定した投入電力より高いか同等となるよう、電源 E の出力を調整する。この場合、第 1 工程より低いと、マスクとして十分な膜密度が得られない、という不具合がある。これにより、反応性スパッタリングにより、下側層 L 1 表面に、上側層 L 2 の窒化チタン膜が成膜

される（第2工程）。この場合、ハードマスクHDの全膜厚 h_t に達する膜厚 h_2 となるようにスパッタ時間が設定される。なお、特に図示して説明しないが、上記の如く、二層構造の窒化チタン膜が形成された後、制限しようとする範囲に応じてこの窒化チタン膜が局所的にエッチングされてパターンニングされる。これは、リソグラフィー工程等、公知のものが利用できるように、ここでは詳細な説明を省略する。

[0023] 他方、ハードマスクHDは次のように製造してもよい。即ち、上記同様、真空処理室1aが0.5～30.0Paの範囲の圧力（全圧）となるようにアルゴンガスと窒素ガスとの流量を制御し、スパッタ電源Eよりターゲット2に0.5～5.0W/cm²となるよう電力を投入して真空チャンバ2内にプラズマ雰囲気を形成する。これにより、反応性スパッタリングにより、基板W表面に下側層L1の窒化チタン膜が成膜される（第1工程）。この場合、ハードマスクHDの全膜厚 h_t の5～50%の範囲の膜厚 h_1 となるようにスパッタ時間が設定される。膜厚 h_1 がハードマスクHDの全膜厚 h_t の5～50%の範囲から外れていると、効果的に膜ストレスを小さくできない。

[0024] 次に、下側層L1の成膜が終了すると、マスフローコントローラ51, 51を夫々制御してアルゴンガスと窒素ガスとの流量を調整して、真空処理室1aの圧力（全圧）が、第1工程時と同等、若しくは低い全圧となるようにする。この操作は下側層L1の成膜の終了から連続して行なわれるが、ターゲット2への電力投入を停止すると共にガス導入を停止した後、真空処理室1aを所定圧力まで真空引きした後に行うようにしてもよい。これに併せて、ターゲット2への単位面積当たりの投入電力を 第一工程に対し1.1～4.0倍となるようにスパッタ電源Eの出力を変更する。投入電力が、第1工程より1.1倍より低いと、マスクとして十分な膜密度が得られない、という不具合があり、4.0倍を超えると、十分にストレスが緩和されない、という不具合がある。これにより、反応性スパッタリングにより、下側層L1表面に、上側層L2の窒化チタン膜が成膜される（第2工程）。この場合

、ハードマスクHDの全膜厚 h_t に達する膜厚 h_2 となるようにスパッタ時間が設定される。

[0025] 以上の実施形態によれば、エッチング耐性を発揮する膜密度を持ちながら、その膜ストレスの低い二層構造の窒化チタン膜L1、L2で構成されるハードマスクHDを量産性よく形成することができる。具体的には、基板Wに $3.5\text{ g/cm}^3 \sim 4.7\text{ g/cm}^3$ の範囲内の膜密度を有する窒化チタンからなる下側層L1を先ず備えるため、当該下側層L1にとって比較的安定な原子間距離にチタンや窒素の原子が存在することで、膜ストレスが0に近いものとなる。そして、この下側層L1表面に、 $4.8\text{ g/cm}^3 \sim 5.3\text{ g/cm}^3$ の範囲内の膜密度を有する上側層L2が備えられる。上側層L2は、チタンや窒素の原子間距離が狭く、膜ストレスが高いが、下側層L1表面に形成されていることで、上側層L2の原子間距離が適切になるうとのびたとき、下側層L1が上側層L2ののびを吸収する。この場合、膜ストレスが軽減され、基板Wに対して影響を及ぼさない。その結果、膜ストレスについては大幅な低減（若しくは、引張応力または圧縮応力から他方への膜ストレス方向の反転）が可能となり、しかも、比較的膜密度が低い下側層L1を、ハードマスクHDの全膜厚の5～50%の範囲内の膜厚に制限し、その上、その残余の膜厚で比較的膜密度が高い上側層L2を形成しているため、窒化チタン膜L1、L2全体としての膜密度を、エッチング耐性を発揮するものとすることができる。なお、膜密度は、XRR（X線反射率法）などを用いて求めればよい。また、膜ストレスは、公知の測定器を用いて測定される。

[0026] 次に、本発明の上記効果を確認するために、上記構成の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、基板Wとしてシリコンウエハを用い、この基板W表面に二層構造の窒化チタン膜を成膜した。この場合、ターゲット2としてチタン製のものを用い、ターゲット2と基板Wとの間の距離を60mmに設定した。また、第1工程時のスパッタ条件として、アルゴンガスと窒素ガスとの流量を夫々200sccmとし、真空処理室1a内の圧力（全圧）が約1.4Paに保持されるようにした。また、ターゲッ

ト2への投入電力を7 kWに設定すると共に、成膜時間を9秒に設定した（下側層L1の膜厚が約5 nm）。他方で、第2工程時のスパッタ条件として、アルゴンガスと窒素ガスとの流量を夫々60 sccmとし、真空処理室1a内の圧力（全圧）が約0.4 Paに保持されるようにした。また、ターゲット2への投入電力を7 kWに設定すると共に、成膜時間を30秒に設定した（下側層L1の膜厚が約28 nm）。これによれば、膜ストレスが、+10 MPa（引張応力）であり、膜密度が4.85 g/cm³の窒化チタン膜が成膜されていたことが確認された。

[0027] 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、下側層L1と上側層L2とを同一の真空処理室1a内で連続して形成するものを例に説明したが、下側層L1と上側層L2とは異なるスパッタリング装置を用いて別々に成膜するようにしてもよい。また、上記実施形態では、ハードマスクHDをスパッタリング装置SMにて成膜するものを例に説明したが、上記所定の膜密度を持つ窒化チタン層を成膜できるものであれば、例えばイオンプレーティング装置や蒸着装置を用いることができる。更に、上記実施形態では、処理対象物としてシリコンウエハを例としたが、例えば層間絶縁膜表面に形成するような場合に、本発明を適用することが可能である。

符号の説明

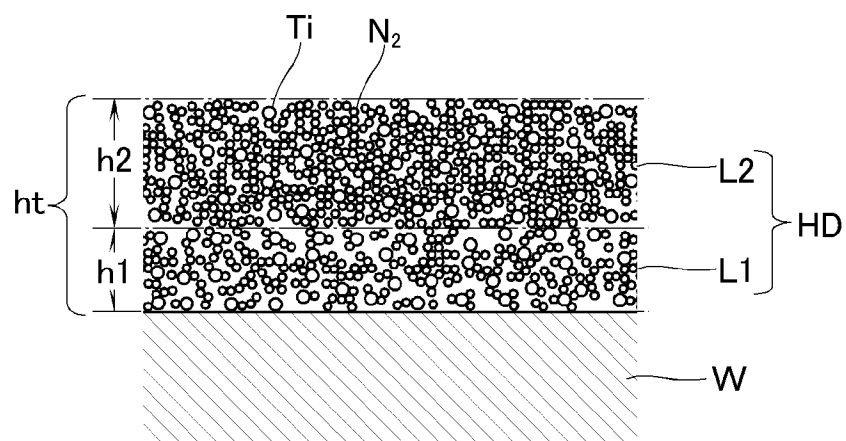
[0028] HD…ハードマスク、L1…下側層、L2…上側層、SM…スパッタリング装置、1a…真空処理室、2…Tiターゲット、51, 51…マスフローコントローラ、W…シリコンウエハ(処理対象物)。

請求の範囲

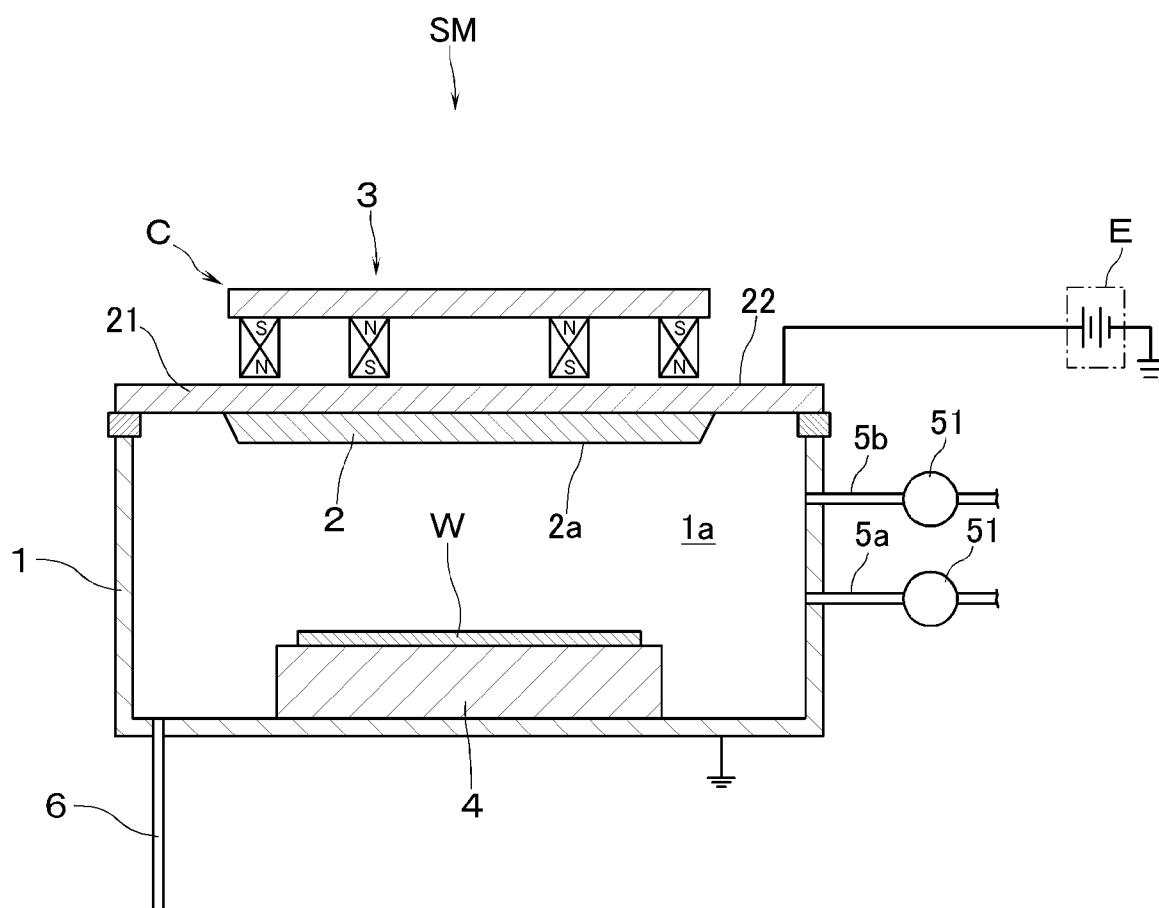
- [請求項1] 処理対象物に対して所定の処理を施す際に、処理対象物表面への処理範囲を制限するために設けられるハードマスクであって、窒化チタン膜で構成されるものにおいて、
窒化チタン膜を二層構造とし、下側層が、ハードマスクの全膜厚の5～50%の範囲内の膜厚を有すると共に $3.5\text{ g/cm}^3 \sim 4.7\text{ g/cm}^3$ の範囲内の膜密度を有し、上側層が $4.8\text{ g/cm}^3 \sim 5.3\text{ g/cm}^3$ の範囲内の膜密度を有することを特徴とするハードマスク。
- [請求項2] 請求項1記載のハードマスクの製造方法であって、
チタン製のターゲットと処理対象物とを配置した真空処理室を真空引きし、真空処理室内が $0.5 \sim 30\text{ Pa}$ の範囲の圧力となるように希ガスと窒素ガスとを導入し、ターゲットに電力投入して真空処理室内にプラズマ雰囲気を形成し、ターゲットをスパッタリングして反応性スパッタリングにより処理対象物表面に下側層を成膜する第1工程と、
チタン製のターゲットと下側層が成膜された処理対象物とを配置した真空処理室を真空引きし、真空処理室内が第1工程時より $0.02 \sim 0.9$ 倍の圧力となるように希ガスと窒素ガスとを導入し、ターゲットに、第1工程時の投入電力と同等以上の電力を投入して真空処理室内にプラズマ雰囲気を形成し、ターゲットをスパッタリングして反応性スパッタリングにより下側層表面に上側層を成膜する第2工程と、
を含むことを特徴とするハードマスクの製造方法。
- [請求項3] 第1工程でのターゲットへの単位面積当たりの投入電力を $0.5 \sim 5.0\text{ W/cm}^2$ とし、第2工程で、第1工程時の圧力と同等以下の圧力となるように希ガスと窒素ガスとを導入し、ターゲットへの投入電力を、第1工程の $1.1 \sim 4.0$ 倍としたことを特徴とする請求項2記載のハードマスクの製造方法。

[請求項4] 第1工程と第2工程とを同一の真空処理室内で連続して行うことを特徴とする請求項2または請求項3記載のハードマスクの製造方法。

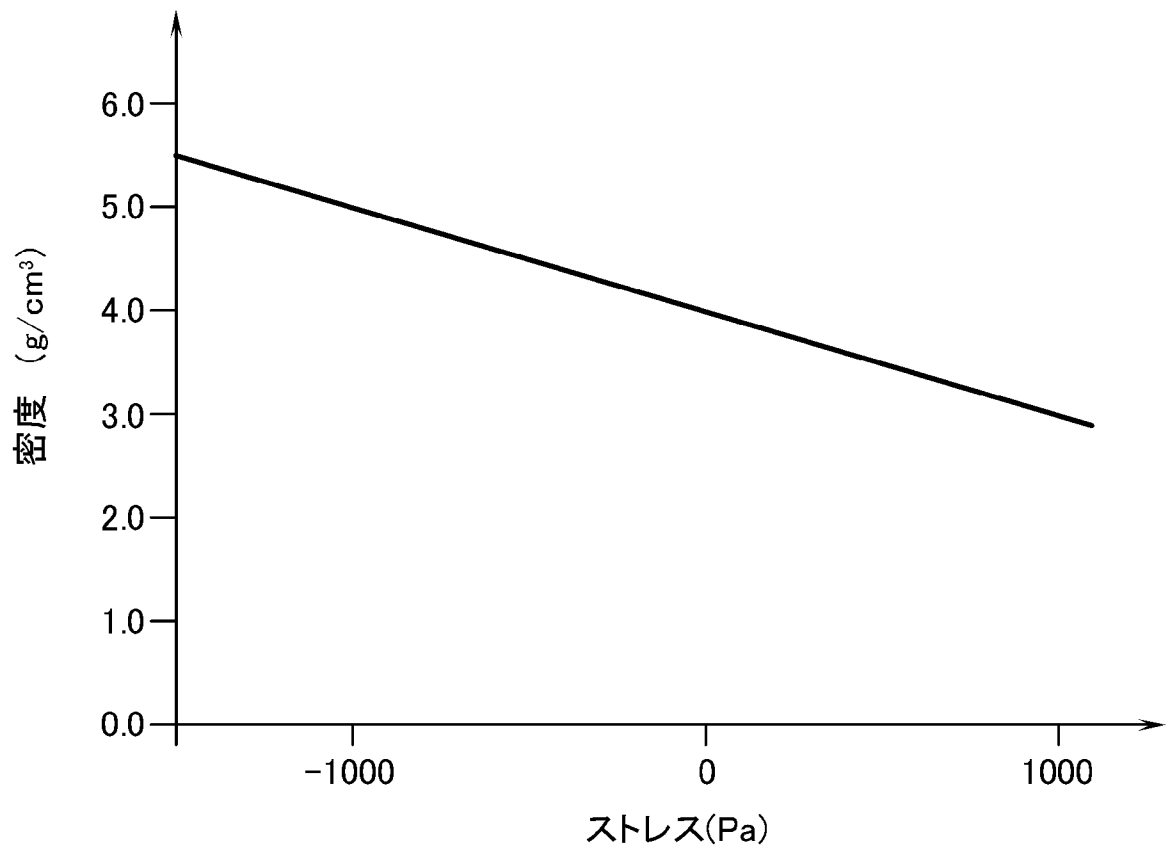
[図1]



[図2]



[図3]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/003012

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C23C14/34(2006.01)i, C23C14/06(2006.01)i, H01L21/28(2006.01)i, H01L21/285(2006.01)i, H01L21/3205(2006.01)i, H01L21/768(2006.01)i, H01L23/532(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

C23C14/34, C23C14/06, H01L21/28, H01L21/285, H01L21/3205, H01L21/768, H01L23/532

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 06-240450 A (Kobe Steel, Ltd.), 30 August 1994 (30.08.1994), entire text; all drawings (Family: none)	1 2-4
Y	JP 11-031669 A (Fujitsu Ltd.), 02 February 1999 (02.02.1999), paragraph [0034] (Family: none)	1
A	JP 05-121358 A (Matsushita Electronics Corp.), 18 May 1993 (18.05.1993), (Family: none)	1-4

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
21 June, 2013 (21.06.13)

Date of mailing of the international search report
09 July, 2013 (09.07.13)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/003012

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 10-230558 A (Asahi Glass Co., Ltd.), 02 September 1998 (02.09.1998), & US 5976684 A & EP 854202 A2 & DE 69720401 D	1-4
A	JP 08-162531 A (Sony Corp.), 21 June 1996 (21.06.1996), (Family: none)	1-4
A	JP 04-286112 A (Fujitsu Ltd.), 12 October 1992 (12.10.1992), (Family: none)	1-4

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. C23C14/34(2006.01)i, C23C14/06(2006.01)i, H01L21/28(2006.01)i, H01L21/285(2006.01)i, H01L21/3205(2006.01)i, H01L21/768(2006.01)i, H01L23/532(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. C23C14/34, C23C14/06, H01L21/28, H01L21/285, H01L21/3205, H01L21/768, H01L23/532

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 3 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 3 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 3 年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y A	JP 06-240450 A (株式会社神戸製鋼所) 1994. 08. 30, 全文、全図 (ファミリーなし)	1 2-4
Y	JP 11-031669 A (富士通株式会社) 1999. 02. 02, 段落 0034 (ファミリーなし)	1
A	JP 05-121358 A (松下電子工業株式会社) 1993. 05. 18, (ファミリーなし)	1-4

☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の 1 以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

2 1 . 0 6 . 2 0 1 3

国際調査報告の発送日

0 9 . 0 7 . 2 0 1 3

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)
郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5
東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号

特許庁審査官 (権限のある職員)

塩谷 領大

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 4 1 6

4 G

4 6 6 5

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 10-230558 A (旭硝子株式会社) 1998.09.02, & US 5976684 A & EP 854202 A2 & DE 69720401 D	1-4
A	JP 08-162531 A (ソニー株式会社) 1996.06.21, (ファミリーなし)	1-4
A	JP 04-286112 A (富士通株式会社) 1992.10.12, (ファミリーなし)	1-4