

(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



(10) 国際公開番号

WO 2010/116560 A1

(43) 国際公開日

2010年10月14日(14.10.2010)

PCT

(51) 国際特許分類:

H01L 21/285 (2006.01) H01L 21/318 (2006.01)
C23C 14/34 (2006.01) H01L 29/423 (2006.01)
H01L 21/28 (2006.01) H01L 29/49 (2006.01)
H01L 21/31 (2006.01) H01L 29/78 (2006.01)

(21) 国際出願番号:

PCT/JP2009/068579

(22) 国際出願日:

2009年10月29日(29.10.2009)

(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 2009-081834 2009年3月30日(30.03.2009) JP

(71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): キヤノンアネルバ株式会社(CANON ANELVA CORPORATION) [JP/JP]; 〒2158550 神奈川県川崎市麻生区栗木2-5-1 Kanagawa (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 池本 学(IKEMOTO Manabu) [JP/JP]; 〒2158550 神奈川県川崎市麻生区栗木2-5-1 キヤノンアネルバ株式会社内 Kanagawa (JP). 山口 述夫(YAMAGUCHI Nobuo) [JP/JP]; 〒2158550 神奈川県川崎市麻生区栗木2-5-1 キヤノンアネル

バ株式会社内 Kanagawa (JP). 真下 公子(MASHIMO Kimiko) [JP/JP]; 〒2158550 神奈川県川崎市麻生区栗木2-5-1 キヤノンアネルバ株式会社内 Kanagawa (JP). 松尾 和昭(MATSUO Kazuaki) [JP/JP]; 〒2158550 神奈川県川崎市麻生区栗木2-5-1 キヤノンアネルバ株式会社内 Kanagawa (JP).

(74) 代理人: 岡部 正夫, 外(OKABE Masao et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内3-2-3 富士ビル602号室 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, 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, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

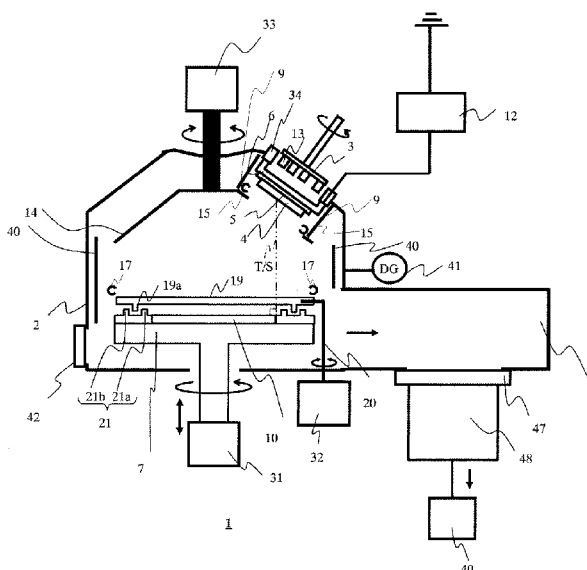
(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア

[続葉有]

(54) Title: PROCESS FOR MANUFACTURING SEMICONDUCTOR DEVICE AND SPUTTERING DEVICE

(54) 発明の名称: 半導体装置の製造方法及びスパッタ装置

[図1]



(57) Abstract: Disclosed is a process for manufacturing a semiconductor device, in which the contents of a metal and reactive gases in a film can be improved without the need of increasing the number of steps. Also disclosed is a sputtering device. One embodiment of the process comprises: a step of placing a substrate on a substrate holder in a treatment chamber; and a film formation step of applying an electric power to a target in the treatment chamber while introducing a first reactive gas and a second reactive gas having higher reactivity than that of the first reactive gas into the treatment chamber to sputter the target, thereby forming a film containing the target material on the substrate. In the film formation step, at least the first reactive gas is introduced through a first gas inlet which is arranged adjacent to the target, and the second reactive gas is introduced through a second gas inlet which is arranged at a position which is more distant from the target compared to the first gas inlet.

(57) 要約: 本発明は、工程を増やすことなく金属と反応性ガスとの膜組成を改善した半導体装置の製造方法及びスパッタ装置を提供する。本発明の一実施形態は、処理チャンパー内の基板ホルダーに基板を載置する工程と、前記処理チャンパーに第1反応性ガスおよび該第

1 反応性ガスよりも反応性が高い第2反応性ガスを導入しながら、前記処理チャンパー内のターゲットに電力を印加してスパッタリングし、ターゲット材料を含有した膜を前記基板に成膜する成膜工程とを有する。前記成膜工程は、前記ターゲットの近傍に設けられた第1ガス導入口から少なくとも前記第1反応性ガスを導入し、前記ターゲットからの距離が前記第1ガス導入口より離れた位置に設けられた第2ガス導入口から前記第2反応性ガスを導入する。



(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ
(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, 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))

明 細 書

発明の名称：半導体装置の製造方法及びスパッタ装置

技術分野

[0001] 本発明は、半導体素子等の作製に使用される半導体装置の製造方法、及びスパッタ装置に関する。

背景技術

[0002] 半導体素子における誘電体や電極などとして、金属を含有した酸窒化膜の用途は広く、例えば、コンタクトバリア層としては、そのバリア性の高さからTiONが使用されてきた。また、近年の半導体デバイスの微細化に伴って多用されている高誘電率膜としてはその耐熱性の高さから、例えばHfやZrを含んだ酸窒化膜が有望視されている。また、ゲート電極として従来多結晶シリコンが用いられてきたが、半導体材料であるため空乏化が避けられない。このため、耐熱性に優れ良好な仕事関数が得られかつ金属材料であるTiなどの酸窒化膜を使用することが、特許文献1に開示されている。

[0003] これら酸窒化された金属含有膜を作製するための方法としては、物理的方法と化学的方法がある。工業的に実用性の高い方法は、物理的方法としてはスパッタリング方法があり、化学的方法としてはALD法を含むCVD法がある。CVD法は多くの場合有機金属化合物を原料ガスとして使用するもので、作製した膜に炭素が混入しがちであるという問題がある。またCVDで使用する原料ガスは多くの場合有毒であり、未使用原料や副生成物の除害が必要である。スパッタリング法による成膜は、CVD法のような炭素の混入の問題や未使用原料や副生成物の除害といった問題がないので、デバイス性能やコストの点で有利である。

[0004] スパッタリング法を使用して金属含有酸窒化膜を作製する場合には大きく分けて次の3種類の方法がある。

(1) 金属ターゲットを使用し、酸素と窒素を含んだ雰囲気中で反応性スパッタリング法により成膜して金属酸窒化膜を形成する方法

(2) 酸化金属ターゲットや窒化金属ターゲットなどの誘電体ターゲットを用いてスパッタリング法により金属酸窒化膜を形成する方法

(3) 基板上にスパッタリング法により金属又は金属含有膜を形成し、その後、形成された金属又は金属含有膜に酸窒化処理を施して金属酸窒化膜又は金属含有酸窒化膜を作製する方法

[0005] 第1の方法(1)としては、例えば水や酸素ガスなどの酸素元素を含むガスと窒素ガスとが存在する雰囲気中でTiをターゲットとして薄膜抵抗体としてTiON膜を形成する方法が、特許文献2に開示されている。また、窒素と酸素を含む雰囲気中でTiやTaそしてその他の金属をターゲットとして、TiやTaそしてその他の酸窒化膜を高誘電率膜上の電極膜として形成する方法が、特許文献1に開示されている。また、酸素と窒素の混合雰囲気中でZr又はHfをターゲットとしてZrON又はHfONを形成する方法が、特許文献3に開示されている。また、これらの酸窒化膜を形成することが可能な装置としては、反応性ガスを基板近傍に導入し、不活性ガスをターゲット近傍に導入することで、ターゲット表面にターゲット材と反応ガスとの化合物を形成されにくくして、薄膜形成速度の低下を抑制して基板上へ成膜できる反応性スパッタ装置が特許文献4に開示されている。

[0006] 第2の方法(2)としては、例えば窒素ガス、又は不活性ガスと窒素ガスの混合ガスを用い、酸化チタンをターゲットとしてTiON膜を形成する方法が、特許文献5に開示されている。

[0007] 第3の方法(3)では、金属又は金属含有膜を形成してから次に酸窒化する。このような方法の一例として、特許文献6には、TiN膜を形成してから該TiN膜を励起酸素と反応させてTiON膜を形成することが開示されている。また、他の例として、特許文献7には、ZrN、ZrSiN、HfNやHfSiNをArとN₂との混合ガスの反応性スパッタで形成してから酸化を行ない、ZrON、ZrSiON、HfONやHfSiONを形成することが開示されている。

先行技術文献

特許文献

- [0008] 特許文献1：特開2007-173796号公報
特許文献2：特開2000-294738号公報
特許文献3：特開2000-58832号公報
特許文献4：特開平5-65642号公報
特許文献5：特開平11-286773号公報
特許文献6：特開平5-6825号公報
特許文献7：特開2002-314067号公報

発明の概要

- [0009] 前述の第1の方法では、金属酸窒化膜を1工程で形成でき、金属ターゲットを使用するので成膜速度も速く3つの手法の中では最も好ましい。しかしゲート電極膜の形成に適用しようとする、と、特許文献1に開示されており、酸素リーク弁を使用して酸素を導入し、あるいはスパッタ前に反応室内に残留する 1×10^{-4} トール程度の酸素を（文献ではバックグラウンド圧力と表現されている）反応に利用することが要求される。これは、酸素は窒素と比較して反応性が高く、所望の組成を得るためには、窒素と比較して酸素や酸素含有ガスの分圧を非常に低い程度で制御する必要があるからである。しかし、こうした制御は、非常に困難であり、半導体素子の量産方法としては、不向きである。

- [0010] また、第2の手法では、第1の方法と同様に金属酸窒化膜が1工程でできるメリットはあるが、誘電体ターゲットを使用するために成膜速度が遅いという問題があった。

また第3の手法は、成膜が2工程以上になり工程数が増えてしまい、これに伴い、チャンバ数の増加による製造コストの増大という問題があった。

以上のように、酸窒化膜の形成においてコストを増大させる工程の増加などを伴わずに膜組成の制御性を上げることは困難であった。

- [0011] そこで、本発明は、工程を増やすことなく金属と反応性ガスとの組成の制御性を改善した半導体装置の製造方法とスパッタ装置を提供することを目的

とする。

このような目的を達成するために、本発明は、半導体装置の製造方法であって、処理チャンバー内の基板ホルダーに基板を載置する工程と、前記処理チャンバーに第 1 反応性ガスおよび該第 1 反応性ガスよりも反応性が高い第 2 反応性ガスを導入しながら、前記処理チャンバー内のターゲットに電力を印加してスパッタリングし、ターゲット材料を含有した膜を前記基板に成膜する成膜工程とを有し、前記成膜工程は、前記ターゲットの近傍に設けられた第 1 ガス導入口から少なくとも前記第 1 反応性ガスを導入し、前記ターゲットからの距離が前記第 1 ガス導入口より離れた位置に設けられた第 2 ガス導入口から前記第 2 反応性ガスを導入することを特徴とする。

[0012] また、本発明は、スパッタ装置であって、処理チャンバーと、処理チャンバーに設けられ、ターゲットを保持するためのターゲットホルダーと、前記ターゲットホルダーに所定の電圧を印加するための電圧供給機構と、前記ターゲットホルダーの近傍に磁場を形成するための磁場形成機構と、前記ターゲットホルダーの近傍に設けられ、第 1 反応性ガスを前記処理チャンバー内に導入する第 1 ガス導入口と、前記ターゲットホルダーからの距離が前記第 1 ガス導入口より離れた位置に設けられ、前記第 1 反応性ガスより反応性が高い第 2 反応性ガスを前記処理チャンバー内に導入する第 2 ガス導入口とを備えることを特徴とする。

[0013] 本発明によれば、ターゲットと複数の反応性ガスを用いた半導体装置の製造方法（例えば、反応性スパッタリング方法）において、工程を増やすことなく、金属と反応性ガスの組成の制御性を改善した成膜をすることができる。

図面の簡単な説明

[0014] [図1]本発明に係る反応性スパッタリング装置の概略断面図である。

[図2]第 1 ガス導入口 15 付近の詳細な縦断面図である。

[図3]第 1 ガス導入口 15 及び第 2 ガス導入口 17 の詳細な横断面図である。

[図4]第 2 ガス導入口付近の詳細な縦断面図である。

[図5]基板周辺カバーリング21に対向した基板シャッター19の概略を示す図である。

[図6]基板シャッター19に対向した基板周辺カバーリング21の概略を示す図である。

[図7]ゲートスタック構造の半導体装置の膜構成を説明する図である。

[図8]本製造工程を実施する際に用いられる、クラスタタイプの製造装置の一例を示す概略図である。

[図9]図7に示すゲートスタック構造の半導体装置の製造方法の一例を説明するためのプロセスフロー図である。

[図10]XPSによりゲートスタック構造の深さ方向の酸素濃度分布を評価した結果を説明する図である。

[図11]スパッタリングチャンバー1を用いてゲート電極膜を形成する際の手順を説明する図である。

[図12]図7に示すゲートスタック構造をもつ半導体装置の、別の製造方法を説明するためのプロセスフロー図である。

発明を実施するための形態

[0015] 以下、図面を参照して、本発明の好適な実施形態を例示的に詳しく説明する。ただし、この実施の形態に記載されている構成要素は例示であり、本発明の技術的範囲は特許請求の範囲によって確定されるのであって、以下の個別の実施形態によって限定されない。

[0016] 図1を参照して、スパッタ成膜装置1の全体構成について説明する。図1は、本発明の実施形態に係るスパッタリング装置1の概略図である。スパッタ成膜装置1は、真空排気可能な真空チャンバー2と、真空チャンバー2と排気口を介して隣接して設けられた排気チャンバー8と、排気チャンバー8を介して真空チャンバー2内を排気する排気装置と、を備えている。ここで、排気装置はターボ分子ポンプ48を有する。また、排気装置のターボ分子ポンプ48には、更に、ドライポンプ49を接続する。なお、排気チャンバー8の下方に排気装置が設けられているのは、装置全体のフットプリント（

占有面積)を出来るだけ小さくするためである。

[0017] 真空チャンバー２内には、ターゲット４を、バックプレート５を介して保持するターゲットホルダー６が設けられている。ターゲットホルダー６の近傍には、ターゲットシャッター１４がターゲットホルダー６を覆うように設置されている。ターゲットシャッター１４は、回転シャッターの構造を有している。ターゲットシャッター１４は、基板ホルダー７とターゲットホルダー６との間を遮蔽する閉状態（遮蔽状態）、または基板ホルダー７とターゲットホルダー６との間を開放する開状態（退避状態）にするための遮蔽部材として機能する。ターゲットシャッター１４には、ターゲットシャッター１４の開閉動作を行うためのターゲットシャッター駆動機構３３が設けられている。ターゲットホルダー６とターゲットシャッター１４の間における空間の、ターゲットホルダー６の周囲には、ターゲットホルダー６の周囲を取り囲むように筒状シールドであるチムニー９が取り付けられている。ターゲットホルダー６に取り付けられたターゲット４の、スパッタ面前面のマグネトロン放電空間はチムニー９で取り囲まれ、シャッターの開状態においてはターゲットシャッター１４の開口部に開口している。

[0018] スパッタ面から見たターゲット４の背後には、マグネトロンスパッタリングを実現するためのマグネット１３が配設されている。マグネット１３は、マグネットホルダー３に保持され、図示しないマグネットホルダー回転機構により回転可能となっている。ターゲットのエロージョンを均一にするため、放電中には、このマグネット１３は回転している。

[0019] ターゲット４は、基板１０に対して斜め上方に配置された位置（オフセット位置）に設置されている。すなわち、ターゲット４のスパッタ面の中心点は、基板１０の中心点の法線に対して所定の寸法ずれた位置にある。ターゲットホルダー６には、スパッタ放電用電力を印加する電源１２が接続されている。電源１２によりターゲットホルダー６に電圧が印加されると、放電が開始され、スパッタ粒子が基板に堆積される。ターゲット４の中心を通る基板ホルダー７の上面を含む平面の法線が該平面と交差する交点とターゲット

4の中心点との距離をT/S距離と定義する（図1参照）と、本例ではT/S距離は240mmである。なお、本実施形態においては、図1に示す成膜装置1は、DC電源を備えているが、これに限定されるものではなく、例えば、RF電源を備えていてもよい。RF電源を用いた場合は電源12とターゲットホルダー6との間に整合器を設置する必要がある。

[0020] ターゲットホルダー6は、絶縁体34により接地電位の真空チャンバー2から絶縁されており、またCu等の金属製であるのでDC又はRFの電力が印加された場合には電極とする。なお、ターゲットホルダー6は、図示しない水路を内部に持ち、図示しない水配管から供給される冷却水により冷却可能に構成されている。ターゲット4は、基板10へ成膜したい材料成分を含んでいる。ターゲット4は、堆積する膜の純度に影響するため、高純のものが望ましい。

[0021] ターゲット4とターゲットホルダー6との間に設置されているバックプレート5は、Cu等の金属から出来ており、ターゲット4を保持している。

[0022] また、真空チャンバー2内には、基板10を載置するための基板ホルダー7と、基板ホルダー7とターゲットホルダー6の間に設けられた基板シャッター19と、基板シャッター19を開閉駆動する基板シャッター駆動機構32と、を備えている。ここで、基板シャッター19は、基板ホルダー7の近傍に配置され、基板ホルダー7とターゲットホルダー6との間を遮蔽する閉状態、または基板ホルダー7とターゲットホルダー6との間を開放する開状態にするための遮蔽部材として機能する。

[0023] 基板ホルダー7の面上で、かつ基板10の載置部分の外縁側（外周部）には、リング形状を有する遮蔽部材（以下、「基板周辺カバーリング21」という）が設けられている。基板周辺カバーリング21は、基板ホルダー7上に載置された基板10の成膜面以外の場所へスパッタ粒子が付着することを防止する。ここで、成膜面以外の場所とは、基板周辺カバーリング21によって覆われる基板ホルダー7の表面のほかに、基板10の側面や裏面が含まれる。基板ホルダー7には、基板ホルダー7を上下動し、所定の速度で回転

するための基板ホルダー駆動機構 31 が設けられている。基板ホルダー駆動機構 31 は、基板ホルダー 7 を上下動させ、適切な位置に固定することが可能である。

[0024] 真空チャンバー 2 は、真空チャンバー 2 内へ第 1 反応性ガスを導入するための第 1 ガス導入口 15 と、第 2 反応性ガスを導入するための第 2 ガス導入口 17 と、真空チャンバー 2 の圧力を測定するための圧力計 41 とを備えている。第 1 ガス導入口 15 は、少なくとも第 1 反応性ガス（例えば、窒素ガス）を導入するための配管と、第 1 反応性ガスの流量を制御するためのマスフローコントローラーと、第 1 反応性ガスの流れを遮断したり開始したりするためのバルブ類とを有するガス導入手段 501（後述）に接続されている。このガス導入手段 501 は、必要に応じて減圧弁やフィルターなどを有しても良い。このような第 1 ガス導入口 15 は、図示しない制御装置により指定されるガス流量を安定して流すことができる構成となっている。第 1 ガス導入口 15 はターゲット 4 の近傍に位置している。第 1 ガス導入口 15 は、ターゲット 4 の前面のマグネトロン放電がおこる空間に向けて第 1 反応性ガスを導入できるようになっている。

なお、第 1 ガス導入口 15 からは、第 1 反応性ガスおよび不活性ガス（例えば、アルゴン）の混合ガスを導入しても良い。

[0025] 図 2、及び図 3 を参照して、ターゲットの近傍から反応性ガスを導入するための第 1 ガス導入口 15 の詳細な構成を説明する。図 2 は、第 1 ガス導入口付近の詳細な縦断面図を示す。反応性ガス（窒素ガス N_2 ）と不活性ガス（アルゴンガス Ar ）を供給するためのガス導入手段 501 は、ガス導入管 502 を通じ、チムニー 9 の内部を通して、チムニー 9 の先端部に設けられたガス導入口 15 と連通されている。このガス導入口 15 はターゲットの近傍に設けられ、ターゲットの中心軸に向かってガスが放出されるように構成されている。ここでいうターゲット（ターゲットホルダー）の近傍とは、少なくとも、ターゲット（ターゲットホルダー）と基板との中間位置よりもターゲット（ターゲットホルダー）側を意味する。より詳細にはガス導入口 15

を、ターゲット表面から所定距離（10mm～200mm）だけ離れた筒状シールドであるチムニー9の先端部に設ける。この構成によって、マグネット13が作る磁場のターゲット表面に対する平行成分の磁束密度が大きくなる部分であって、磁場の平行成分の磁束密度が少なくとも0.2mT（ミリテスラ）以上である部分に、反応性ガス、あるいは不活性ガスおよび反応性ガスの混合ガスを導入する。これは、平行成分の磁束密度が高くなる部分では、プロセス中にプラズマ密度が高くなり、導入された反応性ガスを活性化しやすくするためである。なお、本例では、このマグネット13が本発明に係る磁場形成機構に相当するが、これに限定されるものではなく、例えば、磁場形成機構としては電磁石などを用いて磁場を印加するものでもよい。

[0026] 図3は、第1ガス導入口15の横断面図である。図3に示すように、環状のガス導入管502には、複数の第1ガス導入口15が、ターゲット4の前面の放電空間に向けて均等に（シンメトリーに）導入できるように点対称に配置されている。そのような構造であるガス導入口15の例としては、例えばガスリングの複数の導入穴や、一様に細く空けたスリットでも良い。

[0027] 図4を参照して、基板ホルダーの近傍から反応性ガスを導入するための第2ガス導入口17の詳細な構造を説明する。図4は第2反応性ガス（酸素ガス O_2 ）を供給するための第2ガス導入口付近の詳細な縦断面図である。ガス導入手段601は、ガス導入管602を通じ、基板シャッター19の上部に設けられたガス導入口17と連通している。ガス導入口17は、基板に向かってガスがチャンバー内に導入されるように、配置されている。また、図3で示した第1ガス導入口15と同様に、環状のガス導入管602には、複数の第2ガス導入口17が点対称に配置されている。こうすることで基板近傍に均等にガスを導入することができる。

ガス導入手段601は、第2反応性ガスの流量を制御するためのマスフローコントローラーと、第2反応性ガスの流れを遮断したり開始したりするためのバルブ類とを有している。このガス導入手段601は、必要に応じて減圧弁やフィルターなどを有しても良い。第2ガス導入口17は図示しない制

御装置により指定されるガス流量を安定して流すことができる構成となっている。第2ガス導入口17は、基板10を保持する基板ホルダー7近傍に位置している。つまり、第2ガス導入口17は、ターゲット表面からの距離が第1ガス導入口より離れた位置に設けられている。第2ガス導入口17は、基板ホルダー7に保持された基板10の近傍に第2反応性ガスを導入できるようになっている。第2ガス導入口は、基板前面10の堆積面に向けて均等に（シンメトリーに）導入できるような構造であることが好ましい。そのような構造であるガス導入口17の例としては、例えばガスリングの複数の導入穴や、細く一様に空けたスリットでも良い。

[0028] 第1反応性ガスは少なくとも窒素を含んだガスである。本発明の一実施形態では、第1反応性ガスとしての窒素と、アルゴン等の不活性ガスとの混合ガスなどを、第1ガス導入口15から真空チャンバー2へと導入しても良い。第2反応性ガスは、第1反応性ガスより活性度が高いガスであり、より具体的には少なくとも酸素を含んだガスである。上述したように、第1ガス導入口15をターゲットホルダー6の近傍に設けたのは、活性度の低いガス、つまり反応性の低いガスを、ターゲットホルダー6に印加される電力によって、活性化し、反応性を向上させるためである。また、プロセスガスとは、成膜処理において真空チャンバー2内に供給されるガスの総称であって、特定のガスを指すものではない。例えば、プロセスガスには、第1反応性ガス、第2反応性ガス、および不活性ガスが含まれる。

[0029] 逆に、ターゲットからの距離が第1ガス導入口15より離れた位置に第2ガス導入口を設けた、つまり第2ガス導入口17を基板ホルダー7の近傍に設けたのは、活性度の高いガス、つまり反応性の高いガスの供給を、ターゲットホルダー6から離して行うことにより、上記反応性の高いガスが過度に活性化されるのを防止、ないしは抑制するためである。

このように、本発明では、ターゲットホルダー6に印加されるスパッタのための電力を流用して反応性の低い第1反応性ガスを活性化し、かつ反応性の高い第2反応性ガスについては上記電力による活性化を抑制するために、

第1ガス導入口15をターゲットホルダー6の近傍に設け、第2ガス導入口17を基板ホルダー7の近傍に設けている。すなわち、第1ガス導入口15と第2ガス導入口17とをこのように配置することで、活性化したい第1反応性ガスにターゲットホルダー6にて発生されるプラズマを作用させて活性化させ、過度に活性化したくない第2反応性ガスについては、上記ターゲットホルダー6からのプラズマの作用を抑制することができる。

[0030] よって、第1反応性ガスを活性化するための機構を別途に設けなくても、ターゲット4をスパッタするのに用いるターゲットホルダー6に供給される電力により第1反応性ガスを活性化できるので、コスト増大を招かずに効率良く膜生成を行うことができる。また、第1反応性ガスよりも反応性の高い第2反応性ガスを真空チャンバー2に導入するための第2ガス導入口17を、電力が供給されるターゲットホルダー6から離れて配置しているので、第2反応性ガスの不意の活性化を抑制することができ、第2反応性ガスの反応を想定通りに行うことができ、形成される膜組成の制御性を向上することができる。

なお、反応性ガスとは、ターゲットからのスパッタ粒子、ターゲット表面又は成膜された膜と反応するガスをいう。また、基板ホルダーの近傍とは、ターゲットと基板ホルダーとの中間位置よりも少なくとも基板ホルダー側をいう。

[0031] 第1反応性ガスと第2反応性ガスは、真空チャンバー2に導入され、膜を形成するために使用されたのち、膜を形成する一部を除き、排気チャンバー8を通過してターボ分子ポンプ48及びドライポンプ49により排気される。

[0032] 真空チャンバー2の内面は接地されている。ターゲットホルダー6と基板ホルダー7の間の真空チャンバー2の内面には接地された筒状シールド部材（シールド40）が設けられている。ここでいうシールドとは、ターゲット4から放出されたスパッタ粒子が真空チャンバー2の内面に直接付着するのを防止し、真空チャンバーの内面を保護するために真空チャンバー2とは別

体で形成され、定期的に交換したり、洗浄後再利用したりすることができる部材をいう。

[0033] 排気チャンバー 8 は、真空チャンバー 2 とターボ分子ポンプ 4 8 との間を繋いでいる。排気チャンバー 8 とターボ分子ポンプ 4 8 の間には、メンテナンスを行うときに、成膜装置 1 とターボ分子ポンプ 4 8 との間を遮断するためのメインバルブ 4 7 が設けられている。

[0034] 図 5 及び図 6 を参照して、基板周辺カバーリング 2 1 及び基板シャッター 1 9 の形状を詳細に説明する。図 6 は、基板シャッター 1 9 に対向した基板周辺カバーリング 2 1 の概略を示す図である。基板周辺カバーリング 2 1 には、基板シャッター 1 9 の方向に伸びたリング形状を有する突起部が形成されている。このように、基板周辺カバーリング 2 1 はリング状であり、そして基板周辺カバーリング 2 1 の基板シャッター 1 9 に対向した面には、同心円状の突起部（突起 2 1 a、2 1 b）が設けられている。

[0035] 図 5 は、基板周辺カバーリング 2 1 に対向した基板シャッター 1 9 の概略を示す図である。基板シャッター 1 9 には、基板周辺カバーリング 2 1 の方向に伸びたリング形状を有する突起部が形成されている。基板周辺カバーリング 2 1 に対向した基板シャッター 1 9 の面には突起部（突起 1 9 a）が設けられている。なお、突起 2 1 a、突起 1 9 a、突起 2 1 b の順に、その円周は大きく形成されている。

[0036] 基板ホルダー駆動機構 3 1 により基板ホルダーが上昇した位置で、突起 1 9 a と突起 2 1 a および 2 1 b とが、非接触の状態で嵌り合う。あるいは、基板シャッター駆動機構 3 2 により基板シャッター 1 9 が降下した位置で、突起 1 9 a と突起 2 1 a および 2 1 b とが、非接触の状態で嵌り合う。この場合、複数の突起 2 1 a、2 1 b により形成される凹部に、他方の突起 1 9 a が非接触の状態で嵌り合う。

なお、複数の突起の数は、上述したものに限定されず、例えば、基板周辺カバーリングに設けられた突起が 1 つ以上で、基板シャッターに設けられた突起が 2 つ以上であってもよいし、逆に基板シャッター 1 9 に設けられた突

起が2つ以上で、基板周辺カバーリングに設けられた突起が1つ以上であってもよい。このように突起によりラビリンスを構成するようにすることで、スパッタ粒子が基板ホルダーの基板載置面に付着するのを防止することができる。

[0037] 次に、図7、図8、図9、及び図12を参照して、本発明の一実施形態に係る半導体装置の製造方法を説明する。本例では、一例として金属を含有した酸窒化膜の製造工程を説明する。

図7は、本製造工程によって作製されるゲートスタック構造をもつ半導体装置の一例の断面図である。図7に示す半導体装置は、基板901上に、インターフェース層902、高誘電体膜903、ゲート電極904が積層された構造である。

[0038] 半導体基板901としてシリコンSiを用いるが、これに限定されるものではなく、例えばGe、SiGe、SiC、などの半導体材料や、シリコンオンインシュレータ構造を用いても良い。インターフェース層902としては酸化シリコンSiO₂が好ましいが、これに限定されない。インターフェース層902の膜厚は0.1nmから5nmである。高誘電率膜903としては酸化物、窒化物、酸窒化物またはこれらの組み合わせであり、例えばHfO₂、ZrO₂、Al₂O₃、TiO₂、La₂O₃、SrTiO₃、LaAlO₃、Y₂O₃、Ga₂O₃、GdGaO₃、HfONあるいはこれらの混合物である。高誘電体膜の膜厚は0.5から3nmである。ゲート電極904としては、酸窒化チタンTiO_xN_yが用いられ、 $5 \leq x \leq 40$ 、 $5 \leq y \leq 40$ である。なお、本例では酸窒化チタンを用いたが、これに限定されるものではなく、例えば、Si、Hf、Al、LaやTaその他の金属の酸窒化膜形成にも使用することができる。なお、本明細書において組成を示すために用いる数値は、すべて原子% (at%) に基づく。

[0039] 図8は、本製造工程を実施する際に用いられる、クラスタタイプの製造装置の一例を示す概略図である。

製造装置800は、中心部にトランスファーチャンバー802を有し、ト

ランスファーチャンバー 802 の周辺には、ゲートバルブを介してロードロックチャンバー 801 と、酸化処理チャンバー 803 と、スパッタリングチャンバー 804 と、加熱チャンバー 805 と、本発明に特徴的なスパッタリングチャンバー（スパッタリング装置）1 とが設けられている。ランスファーチャンバー 802 は、搬送ロボット（不図示）を有しており、基板をチャンバー間に搬送可能に構成されている。各チャンバー 801、802、803、804、805 及び 1 は、それぞれ真空排気可能な排気手段が設けられている。また各チャンバー間は、ゲートバルブを介して真空連結されているので、基板を大気中に露出させることなく全ての工程を真空中で処理することができる。

[0040] （実施例 1）

図 9 は、図 7 に示すゲートスタック構造の半導体装置の製造方法を説明するためのプロセスフロー図である。

ステップ S 1 では、半導体基板 901 が、ロードロック室 801 より製造装置 801 に搬入される。ステップ S 2 では、半導体基板 901 はランスファーチャンバー 802 の搬送ロボットにより、ロードロック室 801 から大気に晒すことなく酸化処理チャンバー 803 に搬送され、半導体基板 901 の表面に酸化シリコン SiO_2 からなるインターフェース層 902 が熱酸化プロセスにより形成される。このプロセスは熱酸化に限定されず、ALD 等の成膜プロセス、あるいはプラズマ酸化プロセスを用いても良い。

ステップ S 3 及びステップ S 4 では、インターフェース層 902 の上面に高誘電率膜 903 を形成する。まずステップ 3 においては、搬送ロボットによってインターフェース層 902 が形成された半導体基板 901 がスパッタリングチャンバー 804 に搬入され、スパッタリングなどの物理的气相成長法によりインターフェース層 902 の上面に Hf からなる金属層が形成される。ステップ S 4 においては、上記搬送ロボットにより、金属層が形成された半導体基板 901 をスパッタリングチャンバー 804 から大気に晒すことなく加熱チャンバー 805 に搬入し、熱プロセスを行う。この熱プロセスに

より、金属層とインターフェース層 902 が熱反応し高誘電率膜 903 として酸化ハフニウム HfO_2 が形成される。

ステップ 5 では、搬送ロボットにより高誘電率膜 903 が形成された半導体基板 901 をスパッタリングチャンバー 1 に搬入し、高誘電率膜 903 の上面に、反応性スパッタリング法によりゲート電極膜 904 を形成する。

[0041] 具体的には、ステップ 5 では、ターゲット 4 のターゲット材として Ti を用意し、アルゴンガス Ar および第 1 反応性ガスとしての窒素ガス N_2 、ならびに第 2 反応性ガスとしての酸素ガス O_2 雰囲気中でスパッタリング法により TiON 膜（ゲート電極膜 904）を成膜する。プロセスガスの 1 つであるアルゴンガス Ar と、活性度が低い第 1 反応性ガスとして窒素ガス N_2 はターゲット 4 近傍に置かれたチムニー 9 の先端部に設けられた第 1 ガス導入口 15 からスパッタリングチャンバー 1 の真空チャンバー 2 内に導入した。アルゴンガスと窒素ガスの流量はそれぞれ 20 sccm （ sccm は 1 分間あたり供給されるガス流量を 0°C 1 気圧の体積で表した単位）、および 15 sccm とした。第 2 反応性ガスとしての酸素ガス O_2 は基板ホルダー 7 近傍に設置された第 2 ガス導入口 17 から導入した。 O_2 流量を 2 sccm とした。アルゴンガスによって、 Ti ターゲット 4 がスパッタされ、スパッタ粒子が、窒素ガス及び酸素ガスと反応して、酸窒化チタン膜が形成される。このように窒素ガスをターゲット 4 近傍に導入することで、ターゲットホルダー 6 からの電力により窒素ガスを活性化し、反応しやすい状態にすることができる。ターゲットに 1000 W の DC 電力を印加した。DC 電力の印加時間を調整することにより、 7 nm の TiON 膜を作製した。

[0042] ここでステップ 5 の TiON 膜（ゲート電極膜）の形成工程について図 11 を用いてより詳細に説明する。

図 11 はスパッタリングチャンバー 1 を用いてゲート電極膜 904 を形成する際の手順を示す。具体的には、各処理における時間、ターゲット印加電力、ターゲットシャッター 14 の位置、基板シャッター 19 の位置、および Ar ガス流量、窒素ガス流量、酸素ガス流量を示している。

[0043] 図 1 1 を参照して成膜の手順を説明する。

まず、ガススパイクを行う。この工程により、真空チャンバー 2 内の圧力を高くし、次のプラズマ着火工程で放電開始をしやすい状態を作る。この条件はターゲットシャッター 1 4 および基板シャッター 1 9 は閉状態であり、アルゴンガス流量は 2 0 0 s c c m、窒素ガス流量は 5 0 s c c m、酸素ガス流量は 2 s c c m とする。すなわち、不図示の制御装置は、ターゲットシャッター駆動機構 3 3 および基板シャッター駆動機構 2 0 を制御して、ターゲットシャッター 1 4 および基板シャッター 1 9 を閉状態にする。また、上記制御装置は、各マスフローコントローラーを制御して、第 1 ガス導入口 1 5 からアルゴンガスを流量 2 0 0 s c c m、窒素ガスを流量 5 0 s c c m で導入し、第 2 ガス導入口 1 7 から酸素ガスを流量 2 s c c m で導入する。この手順によりターゲット 4 近傍のアルゴンガス圧力を高くすると共に反応性ガスの圧力をアルゴンガス圧力に比べ低い状態とする。このように真空チャンバー 2 に供給されるプロセスガスの総流量（アルゴンガス、第 1 反応性ガス及び第 2 反応性ガスの総流量）に対する、第 1 反応性ガス及び第 2 反応性ガスの総量の比は、次のプラズマ着火工程でターゲット表面をメタルモードにするために、3 0 % 以下であるのが好ましい。

[0044] 次に、プラズマ着火工程を行う。各シャッター位置およびガス条件を保持したまま T i ターゲット 4 に 1 0 0 0 W の DC 電力を印加して、プラズマを発生させる（プラズマ着火）。このガス条件を用いることにより、低圧力で生じ易いプラズマの発生不良を防止することができる。また、望ましくはターゲット表面がメタルモードとするような反応性ガス流量比の条件を選ぶことで、ターゲット 4 表面に反応性ガスにより酸化物、窒化物、あるいは酸窒化物が形成されることを防止することができる。このようにターゲット 4 表面をメタルモードとするための条件は、具体的には反応性ガス（第 1 反応性ガスおよび第 2 反応性ガス）とアルゴンガスをあわせたプロセスガスの総流量に対する反応性ガス（第 1 反応性ガスおよび第 2 反応性ガス）の総流量の比率が 3 0 % 以下であることが望ましく、また同様の観点により、ターゲット印

加電力は500W以上であることが望ましい。

[0045] ついで、プリスパッタ1を行う。プリスパッタ1ではターゲット電力を維持したままガス条件をアルゴン20sccm、窒素15sccm、酸素2sccmに変更する。すなわち、不図示の制御装置は、各マスフローコントローラーを制御して、第1ガス導入口15からアルゴンガスを流量20sccm、窒素ガスを流量15sccmで導入し、第2ガス導入口17から酸素ガスを流量2sccmで導入する。この手順によりプラズマが失われる事無く維持する事ができる。

[0046] 本実施例では、ターゲットシャッター14により、プリスパッタ1中に、ターゲットホルダー6（ターゲット4）と第1ガス導入口15とを含む空間と、基板ホルダー7（基板10）と第2ガス導入口とを含む空間とを遮断することができる。よって、ターゲット4をスパッタしたり第1反応性ガスである窒素を活性化する際に、反応性が高い第2反応性ガスである酸素が、電力が印加されている基板ホルダー6近傍に到来することを抑制することができる。従って、上記基板ホルダー6から生じたプラズマにより反応性が低い窒素を活性化することができ、過度に活性化したくない酸素への上記プラズマの作用を低減させることができる。

[0047] ついで、プリスパッタ2を行う。プリスパッタ2ではターゲット電力、ガス条件および基板シャッター19を閉じた状態に維持したままターゲットシャッター14を開く。すなわち、不図示の制御装置は、ターゲットシャッター駆動機構33を制御して、ターゲットシャッター14を開状態にする。こうすることで、T i ターゲット4からのスパッタ粒子と反応性ガスである酸素と窒素が反応し、シールド40内壁を含む真空チャンバー2の内壁に酸窒化膜を付着させることにより、次基板成膜工程に移行するときに真空チャンバー2内のガス状態の急激な変化を防止できる。真空チャンバー2内のガス状態の急激な変化を防止することで、次の基板成膜工程における成膜を初期より安定して行うことができる。特にゲートスタック製造においてゲート絶縁膜上にゲート電極を堆積する場合のように界面特性が重要な場合には、そ

のデバイス製造においてデバイス特性の向上とその製造安定性の向上について大きな改善効果がある。

- [0048] 次に、基板成膜を行う。基板成膜工程では、ターゲット電力、ガス状件、ターゲットシャッター 14 の位置を維持したまま、基板シャッター 19 を開く。すなわち、不図示の制御装置は、基板シャッター駆動機構 20 を制御して、基板シャッター 19 を開状態にする。この手順により基板 10 とターゲット 4 間を遮蔽する機構が取り除かれるため基板 10 へのゲート電極膜 904 としての酸化窒化膜 (TiON 膜) の堆積が開始される。以上の各手順に要する時間は最適な値に設定されるが、本実施例ではガススパイクを 0.1 秒、プラズマ着火を 1 秒、プリスパッタ 1 を 4 秒、プリスパッタ 2 を 10 秒、基板成膜を 288.8 秒とした。

以上の手順により 7 nm の TiON 膜を作製した。

- [0049] ターゲット材のスパッタリングのためのマグネトロン放電の条件は、圧力 0.1 Pa 未満の極低圧放電であることが好ましい。一般に窒素など反応性の低いガスを解離するためには、プラズマの電子温度が高いことが望ましい。放電圧力が 0.1 Pa 未満である場合、その電子温度は十分高くなる。放電圧力の下限については、放電可能である圧力であればいずれの値でも良い。

基板 10 の近傍には、ガスを活性化させる電子温度の高い放電は広がらないことが望ましい。従ってマグネトロン放電のための有効な磁場はターゲット 4 の近傍に限られることが望ましい。また、同じ理由でターゲット 4 と基板 10 の距離はなるべく離れていることが望ましい。

- [0050] (実施例 2)

実施例 2 では、上述の実施例 1 のステップ 5 と異なり、基板ホルダー近傍に設置されたガス導入口 17 から導入した酸素ガス (O_2) の流量を 3 sccm とした。それ以外は、実施例 1 と同様のプロセスで 7 nm の TiON 膜を作製した。

- [0051] (比較例 1)

比較例 1 では上述の実施例 1 のステップ 5 と異なり、チムニー 9 先端部に設けられた第 1 ガス導入口 15 からはアルゴンガスのみを導入し、基板ホルダー 7 の近傍に設けられた第 2 ガス導入口 17 からは、酸素ガス (O_2) ガスを 3 s c c m、窒素 (N_2) ガスを 15 s c c m で導入した。それ以外は、実施例 1 と同様のプロセスで、7 n m の T i O N 膜を成膜した。

[0052] (比較例 2)

比較例 2 では上述の実施例 1 のステップ 5 と異なり、基板ホルダー 7 の近傍に設けられた第 2 ガス導入口 17 を使用せず、チムニー 9 先端部に設けられた第 1 ガス導入口 15 から酸素ガス (O_2) ガスを 3 s c c m、窒素 (N_2) ガスを 15 s c c m、A r ガス 20 s c c m で導入した。それ以外は、実施例 1 と同様のプロセスで、7 n m の T i O N 膜を成膜した。

[0053] 以上の各ステップにより S i 半導体、高誘電率膜、及びメタルゲート電極膜を有するスタック構造が形成される。

[0054] 図 10 は、上述の方法で形成されたゲートスタック構造を、X P S (エックス線電子分光分析) により深さ方向の酸素濃度分布を評価した結果を説明する図である。図中、膜表面の酸素は成膜後基板を大気中に取り出したときに表面が酸化したものであり、半導体素子の特性には影響しない。

比較例 1 による T i O N 膜は、40% を超える量の酸素が混入しており、ゲート電極としての十分な機能を有さない。

比較例 2 による T i O N 膜は、50% を超える量の酸素が混入しており、ゲート電極としての十分な機能を有さない。

[0055] 一方、実施例 1 (スパッタ中の酸素流量 2 s c c m) により作製された T i O N 膜は、1% 程度の酸素濃度であり、比較例に比べ、大幅に酸素の混入濃度を抑制することができる。さらに実施例 2 (スパッタ中の酸素流量 3 s c c m) により作製された T i O N 膜は、5% 程度の酸素濃度であり、比較例に比べ、大幅に酸素の混入濃度を抑制することができる。

以上のように、本実施形態の方法と装置を、T i O N 膜を高誘電率膜上の電極膜として使用したところ、酸素と窒素の比率の制御性が改良された。ま

た、TiONにおいて、酸素と窒素の比率を制御することにより、TiON膜の仕事関数値を所望の値に制御することができた。また、バックグラウンドの残留酸素や、容易にゲッタリングされるため不安定に成り易い少量の酸素導入と比較して再現性にも優れていることがわかった。

[0056] (実施例3)

本実施例では図7に示すゲートスタック構造の作成方法において、ターゲット4の近傍に設けられた第1ガス導入口15からアルゴンガスと窒素ガスを導入し、ターゲット4からの距離が上記第1ガス導入口15より離れた位置に設けられた第2ガス導入口17から窒素ガスよりも反応性が高い酸素ガスを導入する方法と装置を使用して、高誘電率膜903を作成した場合について説明する。

[0057] 図12は、図7に示すゲートスタック構造の半導体装置の実施例3における製造方法を説明するためのプロセスフロー図である。

[0058] ステップS21では、半導体基板901が、ロードロックチャンバー801より製造装置800に搬入される。ステップS22では、トランスファーチャンバー802の搬送ロボットにより、半導体基板901がロードロックチャンバー801から大気に晒すことなく酸化処理チャンバー803に搬送され、半導体基板901の表面に酸化シリコンSiO₂からなるインターフェース層902が熱酸化プロセスにより形成される。このプロセスは熱酸化に限定されず、ALD等の成膜プロセス、あるいはプラズマ酸化プロセスを用いても良い。

[0059] ステップS23では、インターフェース層902の上面に高誘電率膜903を形成する。ステップS23においては、上記搬送ロボットによってインターフェース層902が形成された半導体基板901がスパッタリングチャンバー804に搬入され、反応性スパッタリング法によりインターフェース層902の上面にHfONからなる高誘電率膜が形成される。なお、スパッタリングチャンバー804は、図1に示すスパッタリング装置1と同様の構成のものを使用した。具体的には、ステップS23では、ターゲット材とし

てHfを用意し、Hfのターゲットパワー600W、Arガス流量12sccm、窒素ガス流量1.5sccm、酸素ガス流量1sccmとして、アルゴンガスAr、窒素ガスN₂、酸素ガスO₂雰囲気中でスパッタリング法によりHfON膜を成膜した。

[0060] アルゴンガスArと、活性度が低い反応性ガスとして窒素ガスN₂とを、ターゲット近傍に置かれたチムニーの先端部に設けられたガス導入口（スパッタリング装置1のガス導入口15に相当）から真空チャンバー（スパッタリング装置1の真空チャンバー2に相当）内に導入した。基板ホルダー近傍に設置されたガス導入口（スパッタリング装置1のガス導入口17に相当）から活性度の高い反応性ガスとして酸素ガス（O₂）を導入した。

[0061] ステップS24では、ステップS23にて高誘電率膜903が形成された半導体基板901を、搬送ロボットによってスパッタリング装置1に搬送する。ターゲット4のターゲット材としてTiを用意し、スパッタリング装置1は、アルゴンガスAr、窒素ガスN₂、酸素ガスO₂雰囲気中でスパッタリング法によりゲート電極膜904としてのTiON膜を成膜する。アルゴンガスArと、活性度が低い反応性ガスとして窒素ガスN₂はターゲット4近傍に置かれたチムニー9の先端部に設けられたガス導入口15から真空チャンバー2内に導入した。基板ホルダー7近傍に設置されたガス導入口17から活性度の高い反応性ガスとして酸素ガス（O₂）を導入した。なお、TiONの作成条件は、実施例1と同様である。

以上により、作成されたゲートスタック構造を有する半導体装置では、HfON膜の組成制御性が向上したことにより、リーク電流を抑制しながら、EOT1.4nmの良質な高誘電率膜を安定に作成できた。

[0062] なお、本実施形態では、T/S距離が240mmのスパッタリング装置1を用いて実験したが、これに限定されるものではない。しかしながら、本発明は、T/S距離が100mm以上の場合に特に有効である。この理由は以下の通りである。すなわち、処理チャンバーの中には、通常、残留酸素ガスが存在する。この残留酸素は、スパッタ粒子と反応する。T/S距離が長く

なると、ターゲットから飛散したスパッタ粒子と、残留酸素とが反応する確率が増大するため、形成された膜も酸素の混入濃度が増加しやすい。本発明による製造方法を用いればT/S距離が増大することで顕著になる酸素混入の問題の改善に対して特に有効である。

[0063] 本実施の形態では、ターゲット4にTiあるいはHfを使用してTiあるいはHfの酸窒化膜を基板10の表面に形成したが、これに限定されるものではなく、例えば、Si、Zr、Al、La、Co、Fe、Ni、B、Mg及びTaその他、金属の酸窒化膜の形成にも使用することができる。

[0064] 本実施形態では、第1反応性ガスとして窒素を、第2反応性ガスとして酸素を用いたが、これに限定されるものではなく、例えば、第1反応性ガスとして、メタンやプロパンガス等を用いることもできる。

請求の範囲

- [請求項1] 処理チャンバー内の基板ホルダーに基板を載置する工程と、
前記処理チャンバーに第1反応性ガスおよび該第1反応性ガスよりも反応性が高い第2反応性ガスを導入しながら、前記処理チャンバー内のターゲットに電力を印加してスパッタリングし、ターゲット材料を含有した膜を前記基板に成膜する成膜工程とを有し、
前記成膜工程は、前記ターゲットの近傍に設けられた第1ガス導入口から少なくとも前記第1反応性ガスを導入し、前記ターゲットからの距離が前記第1ガス導入口より離れた位置に設けられた第2ガス導入口から前記第2反応性ガスを導入することを特徴とする半導体装置の製造方法。
- [請求項2] 前記第2ガス導入口は、前記基板ホルダーの近傍に設けられていることを特徴とする請求項1に記載の半導体装置の製造方法。
- [請求項3] 前記ターゲットの近傍に磁界が形成されていることを特徴とする請求項1に記載の半導体装置の製造方法。
- [請求項4] 前記ターゲットは、Ti、Ta、Hf、Zr、Si、La、Co、Fe、Ni、B、Mg及びAlからなる群から選ばれることを特徴とする請求項1に記載の半導体装置の製造方法。
- [請求項5] 前記第1反応性ガスは、窒素を含有するガスであり、前記第2反応性ガスは、酸素を含有するガスであることを特徴とする請求項1に記載の半導体装置の製造方法。
- [請求項6] 前記成膜工程は、
前記第1ガス導入口からさらに不活性ガスを導入することを特徴とする請求項1に記載の半導体装置の製造方法。
- [請求項7] 前記成膜工程の前に、
前記ターゲットと前記基板との間を開閉可能なシャッターで遮蔽しながら、前記第1ガス導入口から前記不活性ガスおよび前記第1反応性ガスを導入し、前記第2ガス導入口から前記第2反応性ガスを導入

するプラズマ着火工程であって、前記成膜工程において導入する前記不活性ガスの流量よりも大きな流量で前記不活性ガスを導入するプラズマ着火工程をさらに有することを特徴とする請求項 6 に記載の半導体装置の製造方法。

[請求項 8] 前記プラズマ着火工程において、前記不活性ガス、前記第 1 反応性ガス及び前記第 2 反応性ガスの総流量に対する、前記第 1 反応性ガスおよび第 2 反応性ガスの総流量の比は、30%以下であることを特徴とする請求項 7 に記載の半導体装置の製造方法。

[請求項 9] 前記プラズマ着火工程における、前記ターゲットへの印加電力は 500W 以上であることを特徴とする請求項 8 に記載の半導体装置の製造方法。

[請求項 10] 前記成膜工程の前に、
前記ターゲットと前記基板との間を開閉可能なシャッターで遮蔽しながら前記成膜工程と同じ条件で前記処理チャンバー内に成膜を行うことを特徴とする請求項 1 に記載の半導体装置の製造方法。

[請求項 11] 前記成膜工程は、ゲート絶縁膜上のゲート電極膜を成膜する工程であることを特徴とする請求項 1 に記載の半導体装置の製造方法。

[請求項 12] 処理チャンバーと、
処理チャンバーに設けられ、ターゲットを保持するためのターゲットホルダーと、
前記ターゲットホルダーに所定の電圧を印加するための電圧供給機構と、
前記ターゲットホルダーの近傍に磁場を形成するための磁場形成機構と、
前記ターゲットホルダーの近傍に設けられ、第 1 反応性ガスを前記処理チャンバー内に導入する第 1 ガス導入口と、
前記ターゲットホルダーからの距離が前記第 1 ガス導入口より離れた位置に設けられ、前記第 1 反応性ガスより反応性が高い第 2 反応性

ガスを前記処置チャンバー内に導入する第２ガス導入口と
を備えることを特徴とするスパッタ装置。

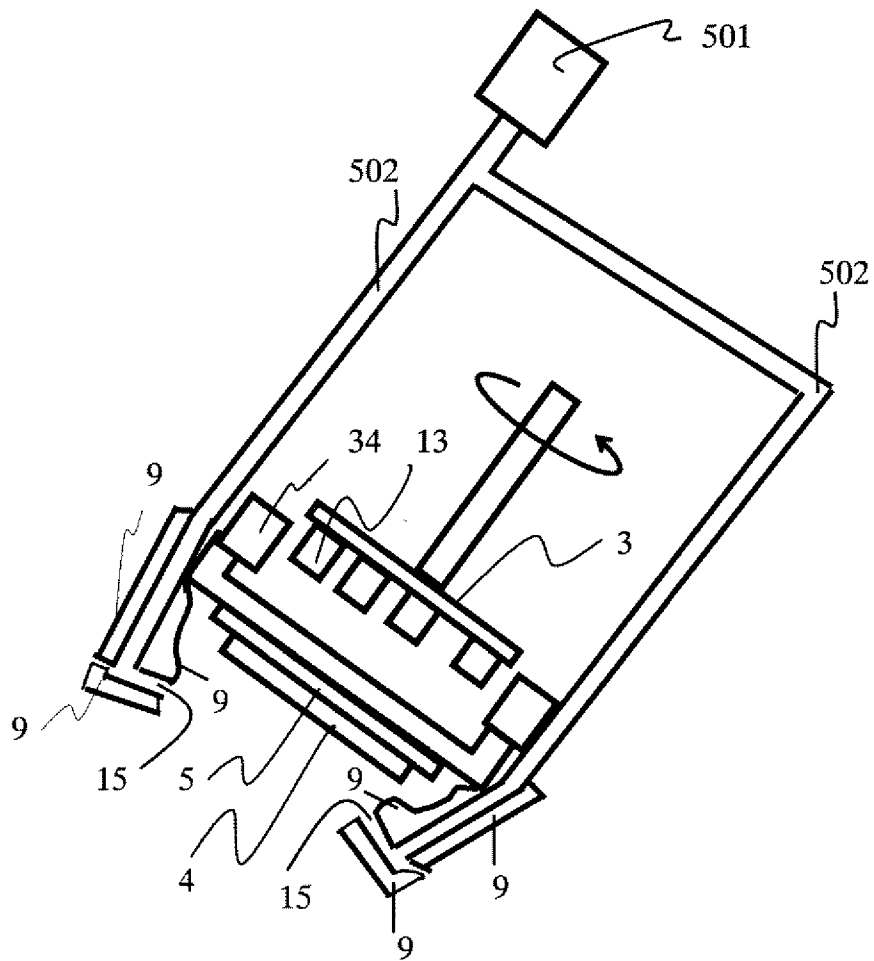
[請求項13] 前記処理チャンバー内に設けられ、基板を載置するための基板ホルダーをさらに備え、

前記第２ガス導入口は、前記基板ホルダーの近傍に設けられることを特徴とする請求項１２に記載のスパッタ装置。

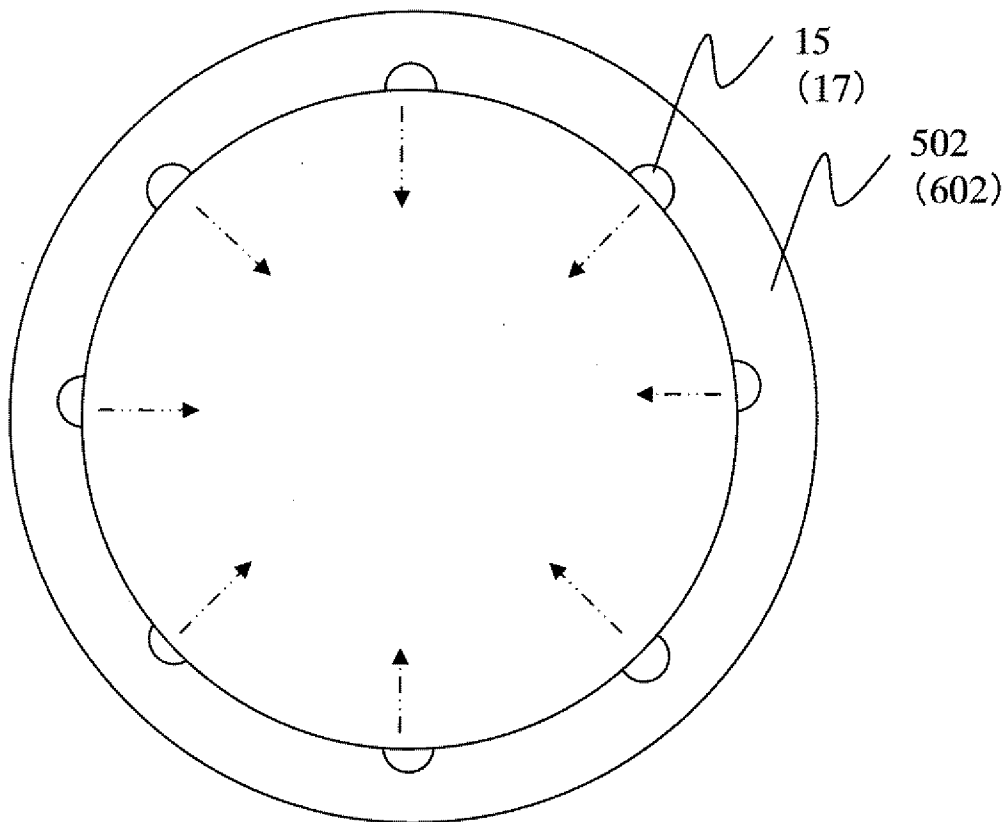
[請求項14] 前記ターゲットホルダーの周囲を囲む筒状シールドをさらに備え、
前記第１ガス導入口は、前記筒状シールドの開口された先端部に設けられていることを特徴とする請求項１２に記載のスパッタ装置。

[請求項15] 前記ターゲットホルダーと前記第２ガス導入口との間を遮断可能なシャッターをさらに備えることを特徴とする請求項１２に記載のスパッタ装置。

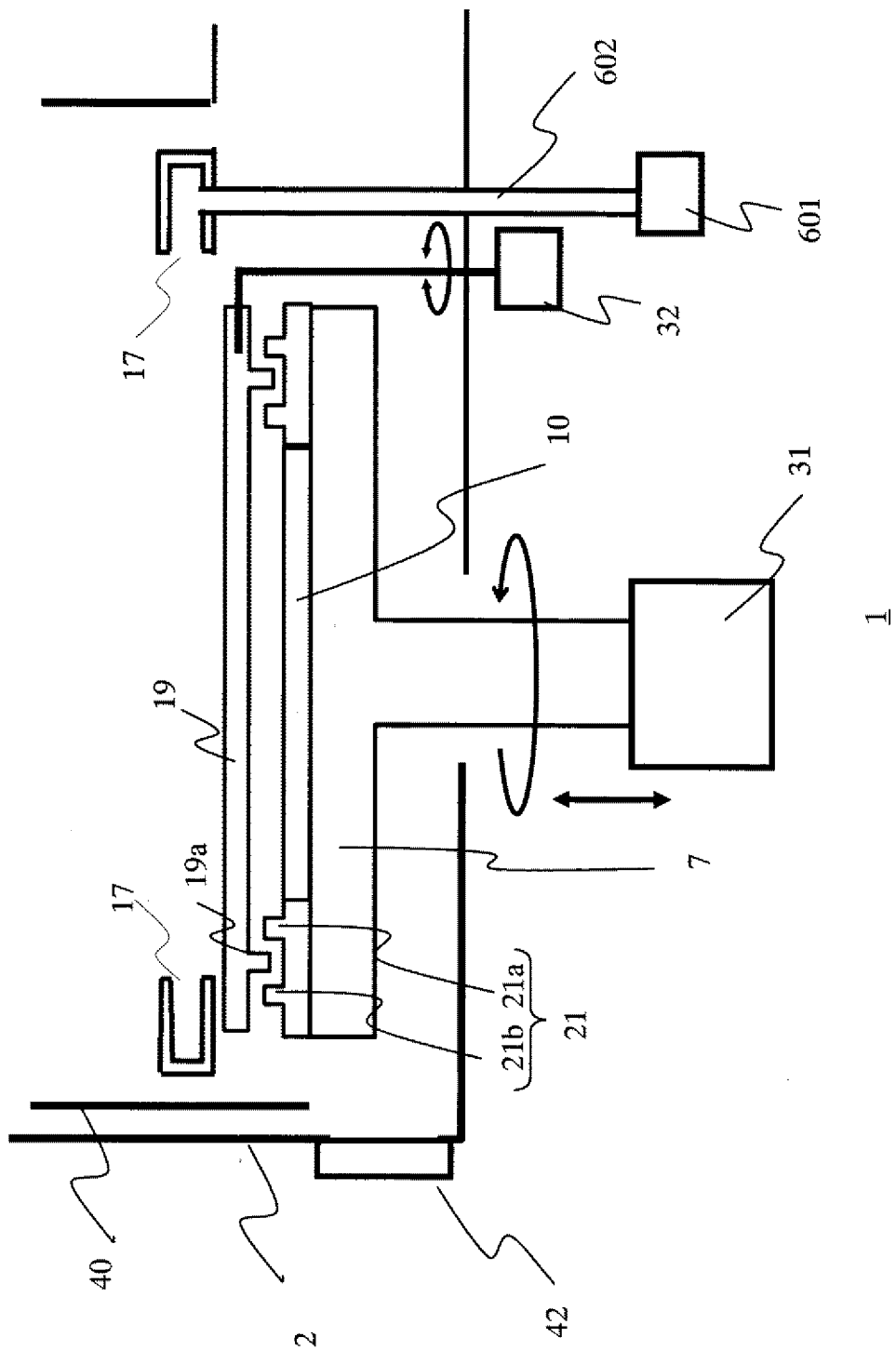
[図2]



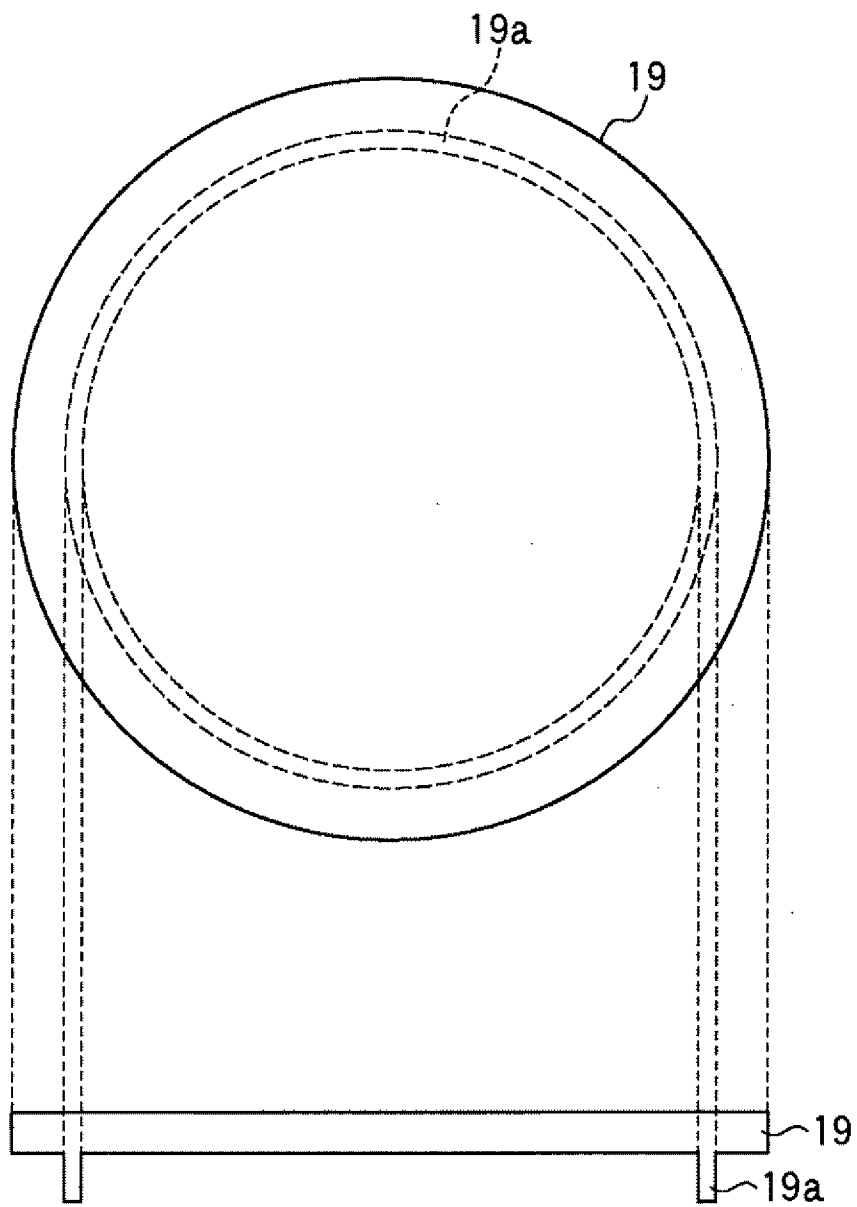
[図3]



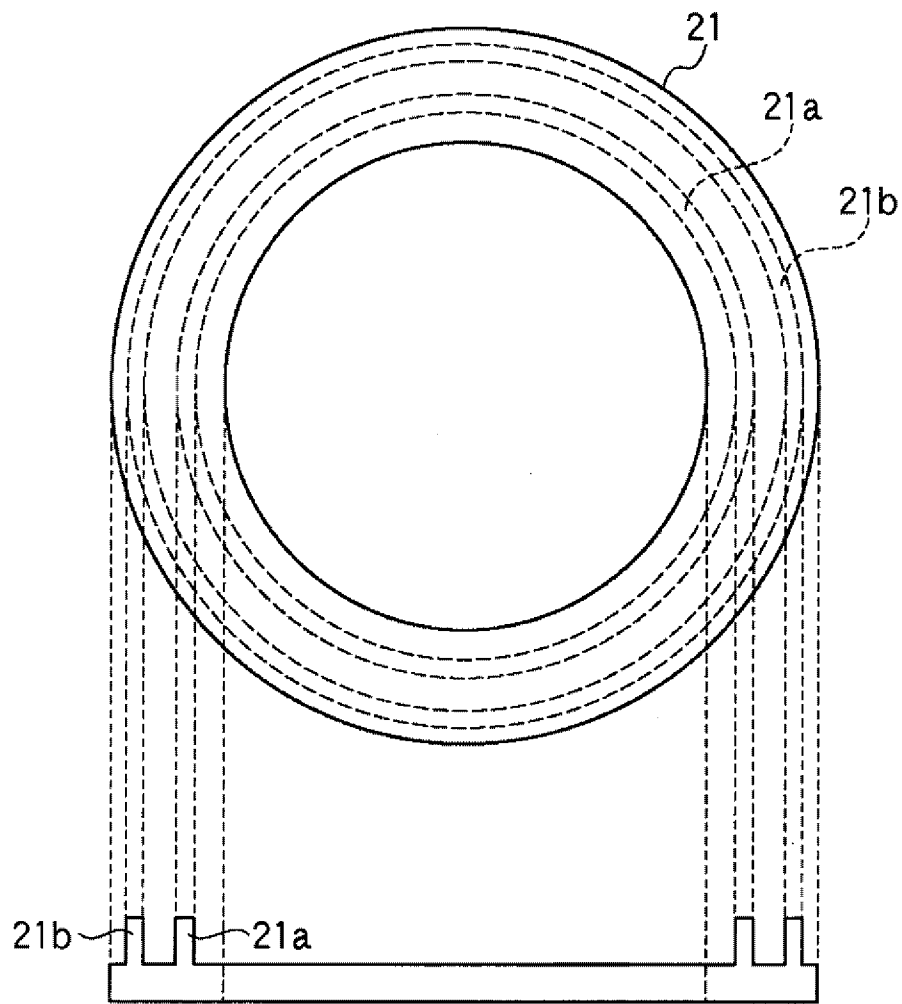
[図4]



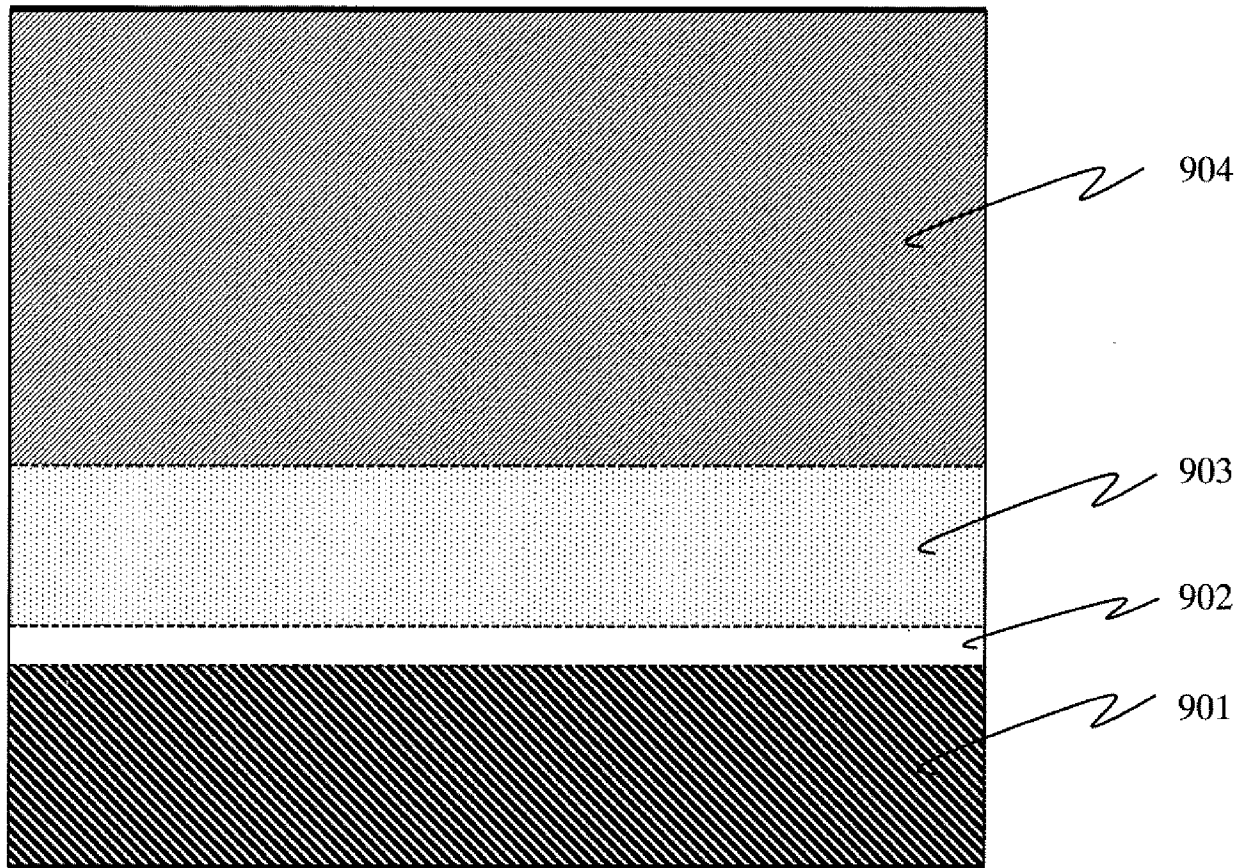
[図5]



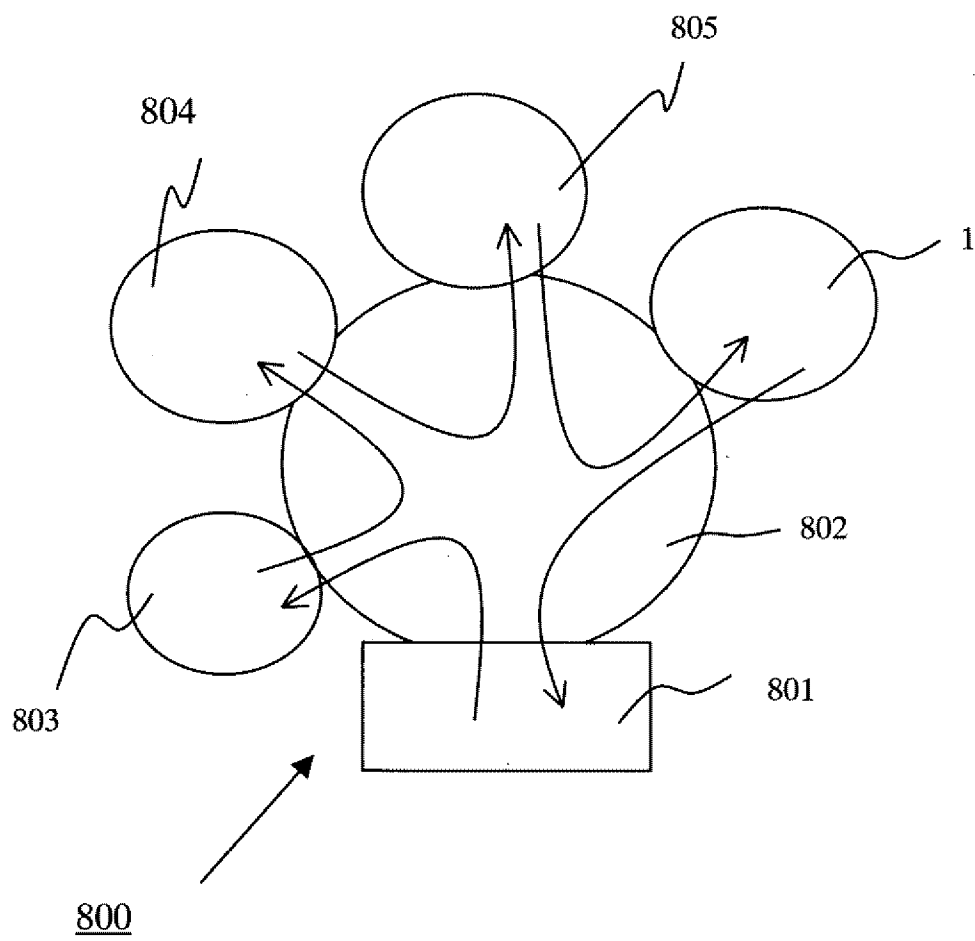
[図6]



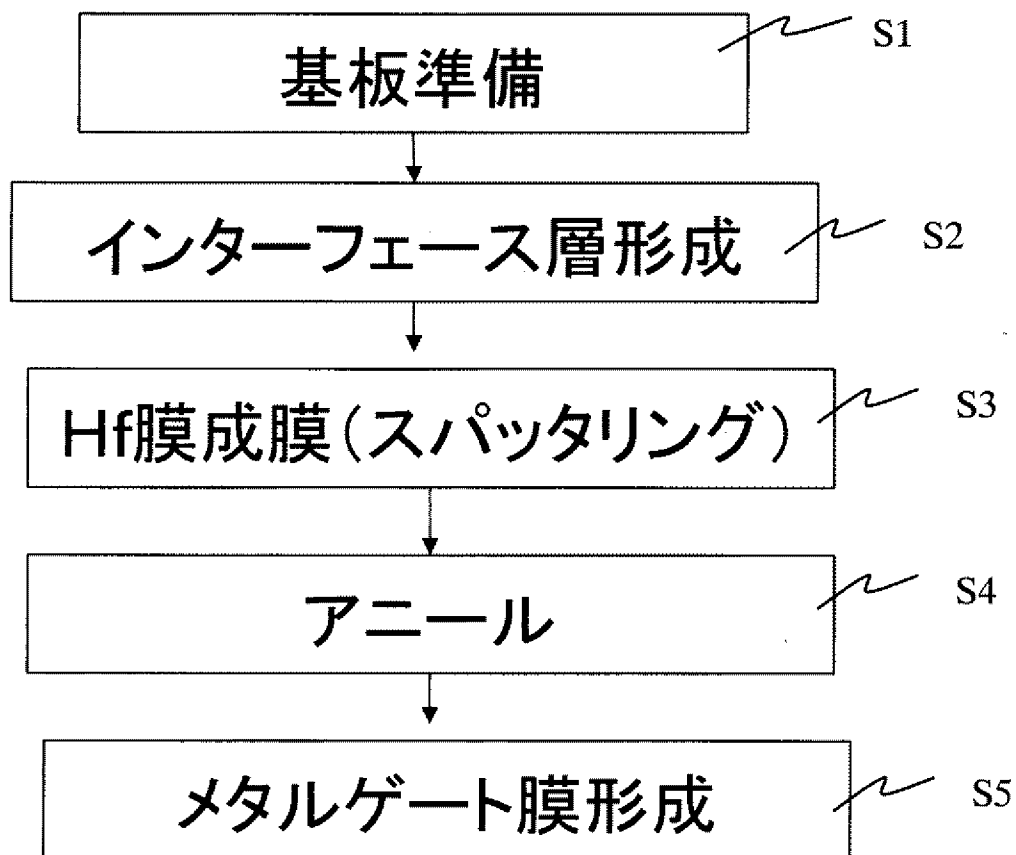
[図7]



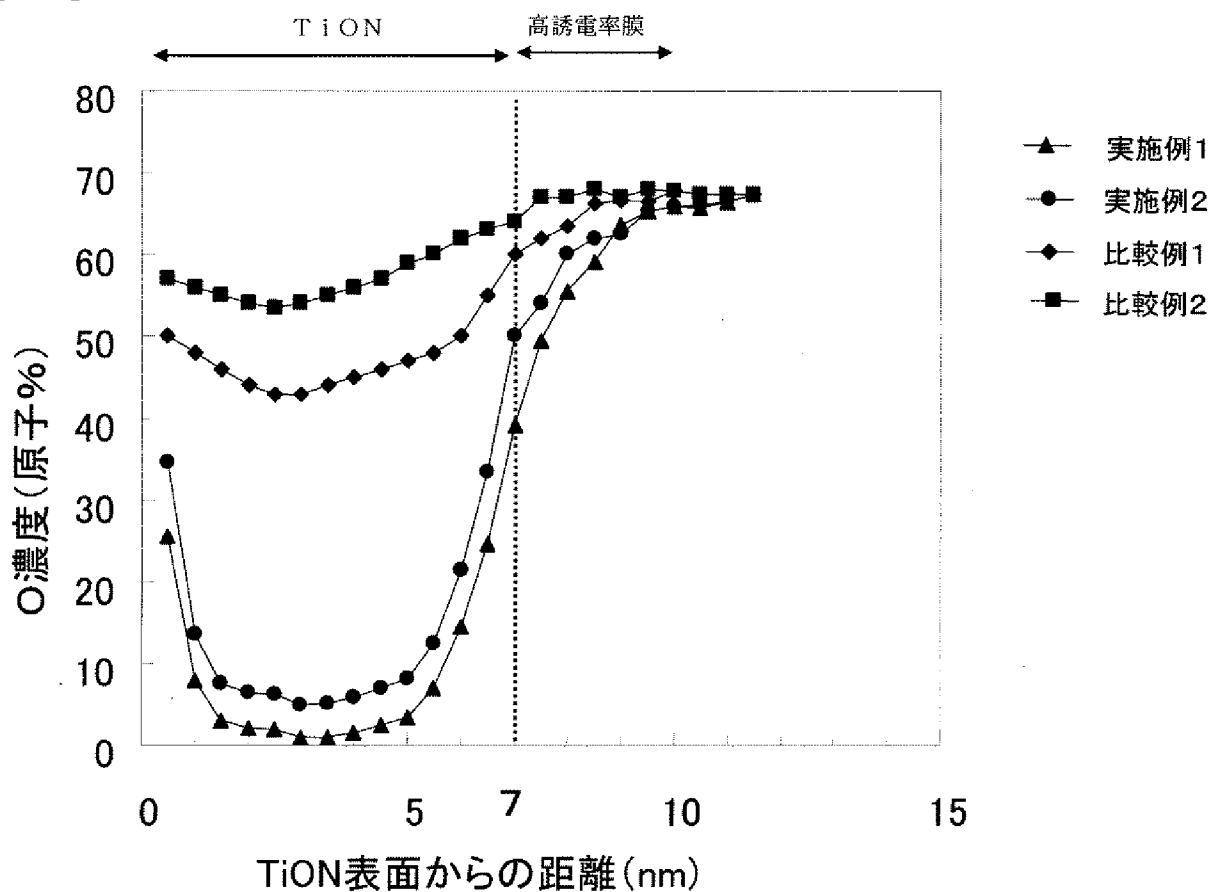
[図8]



[図9]



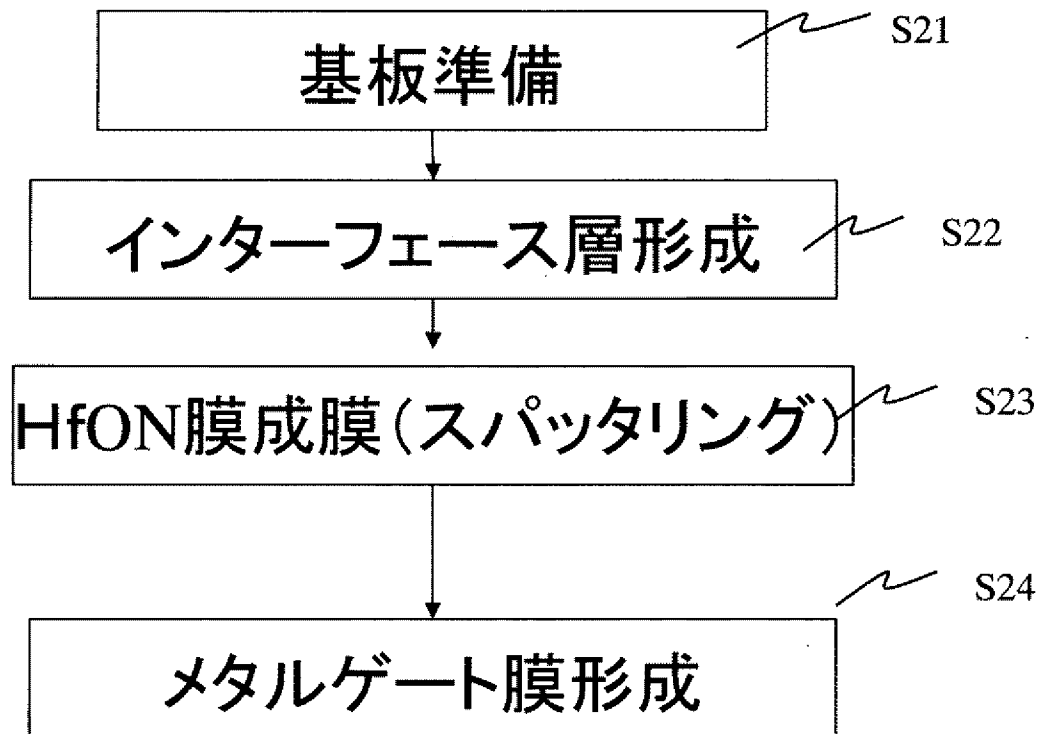
[図10]



[図11]

	ガススパイク	プラズマ着火	プリスパッタ1	プリスパッタ2	基板成膜
時間 (秒)	0.1	1.0	4.0	10.0	288.8
ターゲット印加電力(W)	0	1000	1000	1000	1000
ターゲットシャッター位置	閉	閉	閉	開	開
基板シャッター位置	閉	閉	閉	閉	開
Arガス 流量 (sccm)	200.0	200.0	20.0	20.0	20.0
窒素ガス 流量 (sccm)	50.0	50.0	15.0	15.0	15.0
酸素ガス 流量 (sccm)	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00

[図12]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/068579

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L21/285(2006.01)i, C23C14/34(2006.01)i, H01L21/28(2006.01)i, H01L21/31(2006.01)i, H01L21/318(2006.01)i, H01L29/423(2006.01)i, H01L29/49(2006.01)i, H01L29/78(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)

H01L21/285, C23C14/34, H01L21/28, H01L21/31, H01L21/318, H01L29/423, H01L29/49, H01L29/78

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	1996-2010
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2010	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2010

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.
A	JP 11-286773 A (Yamaha Corp.), 19 October 1999 (19.10.1999), paragraphs [0009], [0013] to [0026]; fig. 1 (Family: none)	1-15
A	JP 5-239636 A (Sony Corp.), 17 September 1993 (17.09.1993), paragraphs [0005] to [0008], [0015] to [0019]; fig. 1 (Family: none)	1-15
A	JP 62-056570 A (TDK Corp.), 12 March 1987 (12.03.1987), entire text; all drawings (Family: none)	1-15

☒ 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
06 January, 2010 (06.01.10)

Date of mailing of the international search report
19 January, 2010 (19.01.10)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/068579

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 04-002770 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 07 January 1992 (07.01.1992), entire text; all drawings (Family: none)	1-15
A	JP 05-148634 A (NEC Corp.), 15 June 1993 (15.06.1993), entire text; all drawings & US 5340459 A	1-15
A	JP 63-050467 A (Fujitsu Ltd.), 03 March 1988 (03.03.1988), entire text; all drawings (Family: none)	1-15
A	JP 63-151355 A (Fuji Electric Co., Ltd.), 23 June 1988 (23.06.1988), entire text; all drawings (Family: none)	1-15

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01L21/285(2006.01)i, C23C14/34(2006.01)i, H01L21/28(2006.01)i, H01L21/31(2006.01)i, H01L21/318(2006.01)i, H01L29/423(2006.01)i, H01L29/49(2006.01)i, H01L29/78(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. H01L21/285, C23C14/34, H01L21/28, H01L21/31, H01L21/318, H01L29/423, H01L29/49, H01L29/78

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 0 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 0 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 0 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
A	JP 11-286773 A（ヤマハ株式会社）1999.10.19, 段落番号【0009】、【0013】 - 【0026】、図1（ファミリーなし）	1-15
A	JP 5-239636 A（ソニー株式会社）1993.09.17, 段落番号【0005】 - 【0008】、【0015】 - 【0019】、図1（ファミリーなし）	1-15
A	JP 62-056570 A（ティーディーケー株式会社）1987.03.12, 全文、全図（ファミリーなし）	1-15

☒ 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

0 6 . 0 1 . 2 0 1 0

国際調査報告の発送日

1 9 . 0 1 . 2 0 1 0

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100-8915

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）

4 L

3 2 3 9

▲辻▼ 弘輔

電話番号 03-3581-1101 内線 3498

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 04-002770 A (松下電器産業株式会社) 1992.01.07, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-15
A	JP 05-148634 A (日本電気株式会社) 1993.06.15, 全文、全図 & US 5340459 A	1-15
A	JP 63-050467 A (富士通株式会社) 1988.03.03, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-15
A	JP 63-151355 A (富士電機株式会社) 1988.06.23, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-15